

Département Dynamiques de l'environnement côtier
Laboratoire PELAGOS

Anne Daniel, Dominique Soudant, Nicolas Goudard

Rapport interne DYNECO/PELAGOS/10.04

Avril 2010

Influence de la fréquence et de la période d'échantillonnage sur la classification des masses d'eaux dans le cadre de la DCE



Sommaire

1. Introduction.....	2
2. Paramètres hydrologiques étudiés.....	2
2.1. Chlorophylle.....	2
2.2. Oxygène dissous.....	4
2.3. Température.....	4
2.4. Turbidité.....	5
2.5. Salinité.....	6
3. Filtrage.....	6
3.1. Qualification des données haute fréquence.....	6
3.2. Filtres « Fréquence de prélèvement ».....	6
3.3. Filtres « Période de prélèvement ».....	7
3.3.1. Filtre « Week-end ».....	7
3.3.2. Filtre « Horaire ».....	7
3.3.3. Filtre « Pleine Mer ».....	7
3.3.4. Filtre « Débit ».....	7
3.3.5. Filtre « Période ».....	7
4. Ré-échantillonnage.....	7
5. Programmation.....	8
6. Résultats.....	9
6.1. Fluorescence.....	9
6.1.1. Evolution saisonnière.....	9
6.1.2. Application des filtres « fréquence de prélèvement ».....	10
6.1.3. Application des filtres « Période de prélèvement ».....	13
6.2. Oxygène dissous.....	15
6.2.1. Evolution saisonnière.....	15
6.2.2. Application des filtres « Fréquence de prélèvement ».....	15
6.2.3. Application des filtres « Période de prélèvement ».....	18
6.3. Turbidité.....	20
6.3.1. Evolution saisonnière.....	20
6.3.2. Application des filtres « Fréquence de prélèvement ».....	20
6.3.3. Application des filtres « Période de prélèvement ».....	23
6.4. Salinité.....	24
6.4.1. Evolution saisonnière.....	24
6.4.2. Application des filtres « Fréquence de prélèvement ».....	25
6.4.3. Application des filtres « Période de prélèvement ».....	27
6.5. Température.....	28
6.5.1. Evolution saisonnière.....	28
6.5.2. Application des filtres « Fréquence de prélèvement » et « Période de prélèvement ».....	28
7. Conclusion.....	29
8. Bibliographie.....	30

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 biologiques : 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.

Une révision du plan de surveillance de la DCE est prévue en 2011. Dans ce cadre, les données haute fréquence acquises par la bouée MOLIT en baie de Vilaine permettent de réaliser une étude sur l'influence de la fréquence et de la période d'échantillonnage des paramètres physico-chimiques sur la classification des masses d'eaux. Les séries de données acquises en 2008 ont donc été ré-échantillonnées à l'aide de la technique du bootstrap en utilisant des filtres modélisant les contraintes d'un prélèvement classique.

2. Paramètres hydrologiques étudiés

Les paramètres hydrologiques mesurés en 2008 par la bouée MOLIT 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 permettant leur mesure ont été installés courant 2009.

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 ». Les métriques et grilles servant à la classification d'un élément de qualité ont été définis (biomasse chlorophyllienne, oxygène dissous, température, nutriments) dans différents rapports (Soudant et Belin 2009, Daniel et Soudant 2009^{ab}) ou sont toujours en cours d'élaboration (salinité, turbidité).

2.1. 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 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
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.

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.

2.2. 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). La grille et les valeurs de référence pour toutes les masses d'eau françaises est listée dans le Tableau 3.

Masses d'eau	Très bon état	Bon état	Etat moyen	Etat médiocre	Etat mauvais
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).

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.

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.

2.3. 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	Bon état	Mauvais état
Ecological Quality ratio (EQR)	[0 – 0.95[[0.95 – 1]

Tableau 5 : 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 5).

Une mesure de température 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).

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 température.

2.4. 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.

L'étude pour la détermination de l'indicateur turbidité étant en cours, la métrique utilisée dans ce travail pour la turbidité est le percentile 90 (P90). Une mesure de turbidité 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).

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 turbidité.

2.5. 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.

L'étude pour la détermination de l'indicateur salinité étant en cours, la métrique utilisée dans ce travail pour la turbidité est le percentile 10. Une mesure de salinité est effectuée en parallèle à tout prélèvement pour détermination de la chlorophylle, de l'oxygène dissous et des nutriments (Tableau 8) : ce paramètre est donc mesuré toute l'année avec une fréquence mensuelle (au minimum).

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

3. Filtrage

3.1. 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, ...).

3.2. Filtres « Fréquence de prélèvement »

L'influence de la fréquence de prélèvement a été évaluée à l'aide de 4 filtres simulant un prélèvement bimestriel, un prélèvement mensuel, un prélèvement bimensuel et un prélèvement hebdomadaire.

3.3. 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.

3.3.1. Filtre « Week-end »

Le filtre *Week-end* ne permet pas d'effectuer des prélèvements le samedi et le dimanche.

3.3.2.. Filtre « Horaire »

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

3.3.3. Filtre « Pleine Mer »

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

3.3.4. Filtre « Débit »

Le filtre *Débit* ne permet pas de prélèvement les jours où le débit journalier de la Vilaine est supérieur à 100 m³.

3.3.5. Filtre « Période »

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

4. Ré-échantillonnage

Le ré-échantillonnage est effectué à l'aide de la technique du bootstrap (Davidson A., Hinkley D.V., 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 1000 fois dans cette étude 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 métrique « moyenne » et la métrique « médiane » sont calculées pour être comparées à la métrique « réelle » (c'est-à-dire calculée à partir des valeurs vraies).

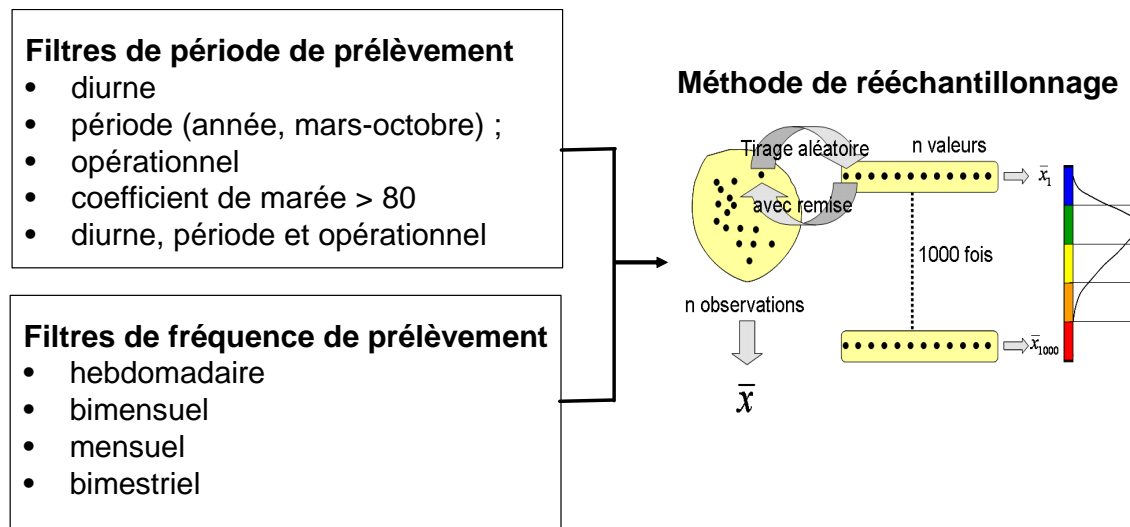


Figure 1 : Schéma de la méthode de ré-échantillonnage basée sur le bootstrap.

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 A.C., Hinkley D.V., 1997). Cette méthode est équivalente aux méthodes utilisées dans le cas de grands échantillons.

5. 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 le manuel d'utilisation du programme.

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. Le partitionnement du travail permet également à plusieurs personnes de travailler autour d'un même projet avec une plus grande facilité de communication et sans se gêner dans l'utilisation des ressources du projet.

6. Résultats

Les données brutes sont présentées sous forme de graphique. La métrique « réelle » a été déterminée avec l'ensemble de ces données.

Des valeurs de métrique de « référence » (sous forme de moyenne et de médiane des 1000 échantillons créés par le bootstrap) sont obtenues en appliquant uniquement les filtres « fréquence de prélèvement » (bimestriel, mensuel, bimensuel, hebdomadaire) : la répartition de ces 4 lots d'échantillons est représentée sur quatre histogrammes.

Les filtres « période de prélèvement » sont ensuite ajoutés individuellement puis par combinaison (ex : *Horaire* + *Week end*). La taille de chaque échantillon filtré et les résultats obtenus sont présentés dans des tableaux récapitulatifs.

6.1. Fluorescence

6.1.1. Evolution saisonnière

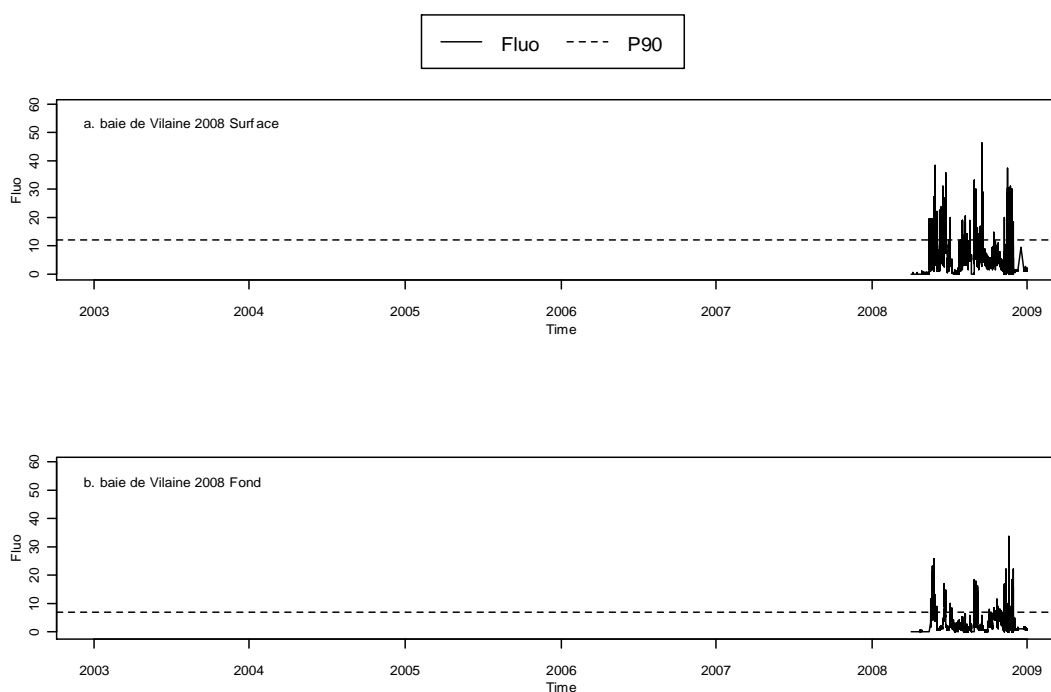


Figure 2 : Evolution des données de fluorescence en surface (a) et au fond (b) en 2008.

Les mesures de fluorescence sont caractérisées par des variations à haute fréquence, notamment en surface, selon un cycle jour/nuit, avec des valeurs de fluorescence plus fortes la nuit. Ces cycles nycthémeraux (Figure 3) ont déjà été mis en évidence par Blasco (1973) et Estrada (1974). Ils ont également été observés sur la bouée Marel Iroise située au niveau du goulet de la rade de Brest. D'après Blain *et al.* (2004), les valeurs nocturnes « reflètent » mieux les concentrations en chlorophylle.

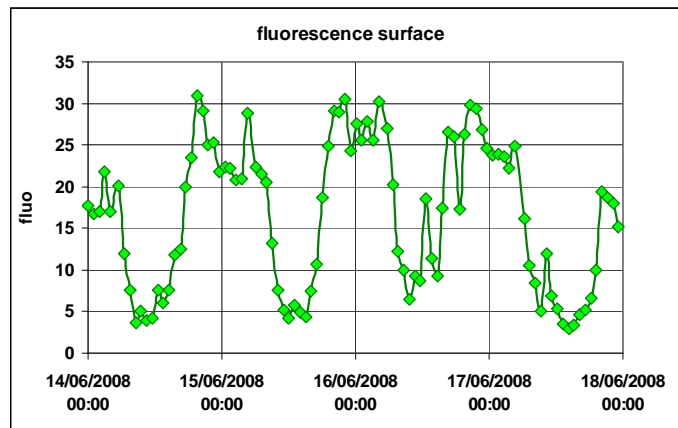


Figure 3 : Variations nycthémerales de la fluorescence en surface (bouée MOLIT)

6.1.2. Application des filtres « fréquence de prélèvement »

L'application des 4 filtres « Fréquence de prélèvement » aux données de fluorescence de surface et de fond (Figures 4 et 5) montre que, plus la fréquence de prélèvement est élevée, plus le percentile 90 calculé est comparable à la valeur du percentile 90 « réel ». Les intervalles de confiance sont également plus faibles lorsque la fréquence de prélèvement est hebdomadaire.

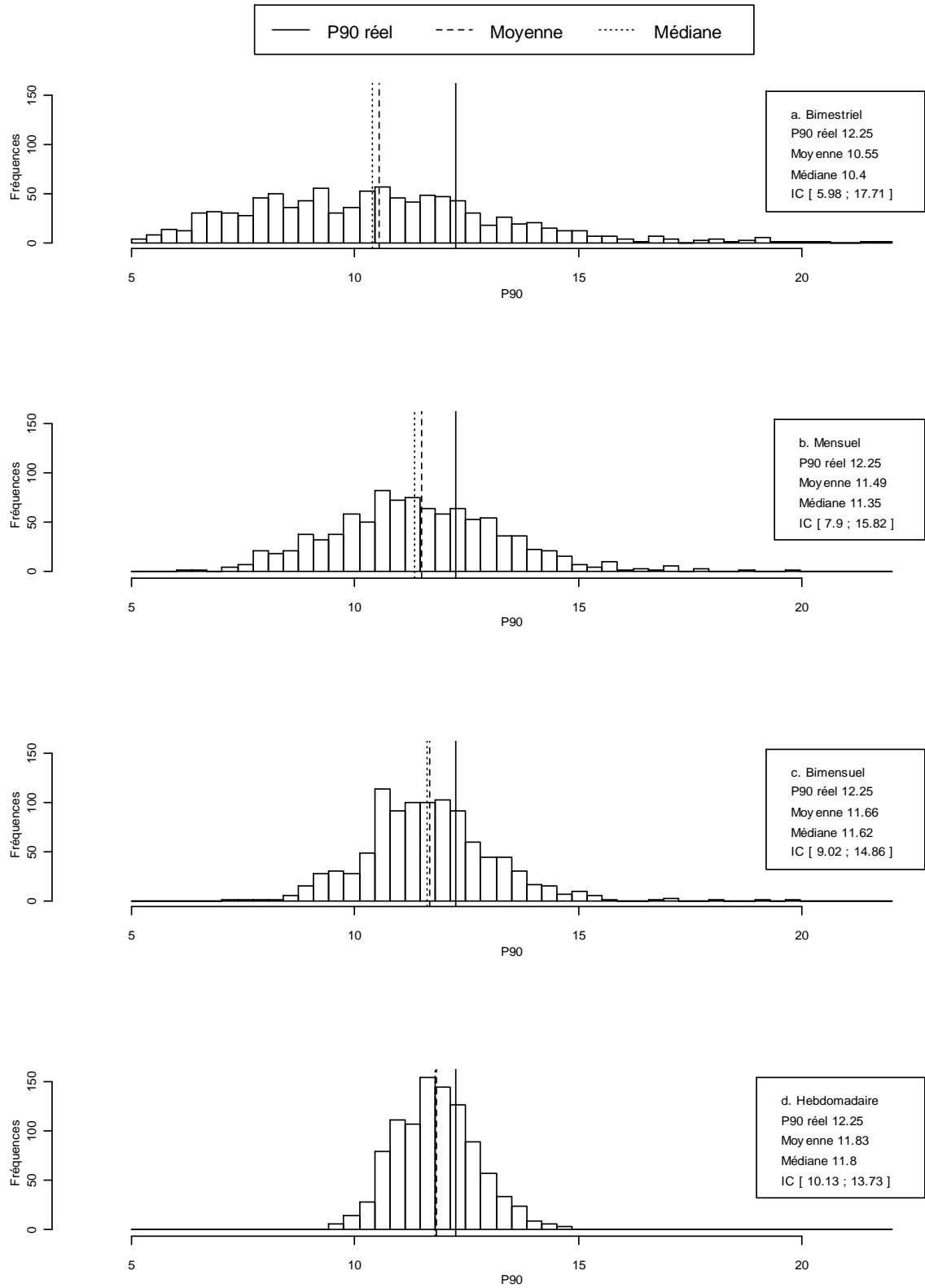


Figure 4 : Graphes de répartition des P90 estimés pour le paramètre "fluorescence" (FFU) dans les eaux de surface de la baie de Vilaine en 2008.

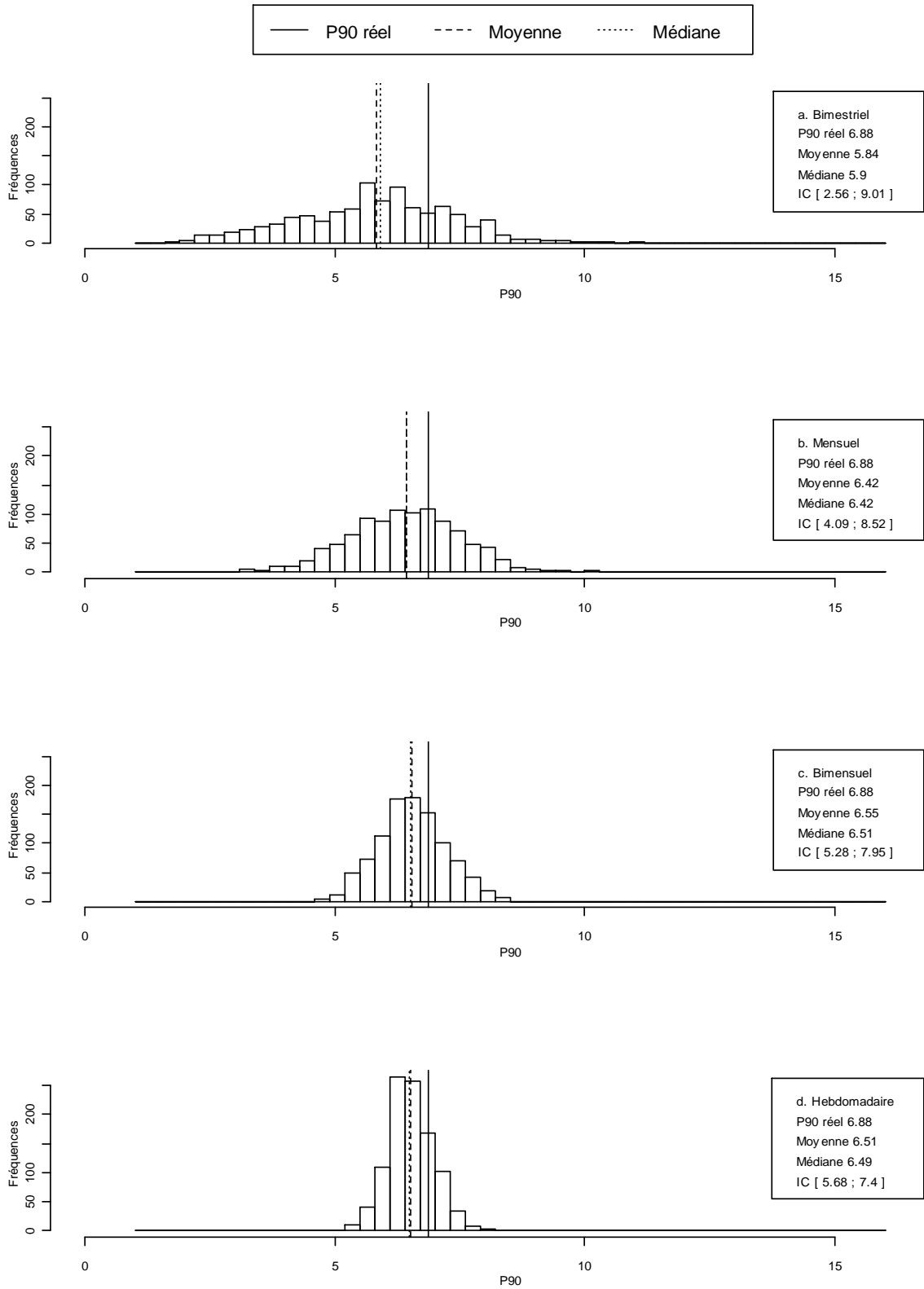


Figure 5 : Graphes de répartition des P90 estimés pour le paramètre "fluorescence" (FFU) dans les eaux de fond de la baie de Vilaine en 2008.

6.1.3. Application des filtres « Période de prélèvement »

Les filtres « Week end » et « Débit » n'ont pas d'influence notable sur l'évaluation du P90 de fluorescence (Tableau 10).

Le filtre « Pleine mer » sous-estime légèrement les P90 obtenus en surface (masse d'eau plus instable lors des forts coefficients de marée et à marée haute) mais a une influence mineure sur les P90 obtenus au fond. L'intervalle de confiance est par contre plus important.

Le filtre « Horaire » a une grande influence sur l'évaluation du P90 : en raison des valeurs de fluorescence plus fortes observées la nuit que le jour, les P90 calculés avec ce filtre sont donc sous estimés pour les 4 fréquences de prélèvement.

Les filtres « Période » avril-octobre et avril-août ont deux influences opposées : si le filtre avril-octobre donne des P90 légèrement supérieurs au P90 réel (surface et fond), le filtre avril-août produit des P90 plus faibles notamment au fond.

Les combinaisons [« pleine mer » + « horaire » + « week end »], [« pleine mer » + horaire » + « période avril-octobre » + « week end »] et [« pleine mer » + « débit » + « horaire » + « période avril-octobre » + « weekend »] permettent d'obtenir les P90 les plus proches des P90 réels.

Filtre	Vilaine 2008 Surface	Vilaine 2008 Fond
Sans filtre (N)	5851	5783
<i>PleineMer</i> (PM.85)	356	348
<i>Horaire</i> (H.7.19)	3235	3201
<i>Période</i> : avril/octobre (P.4.10)	4781	4711
<i>Période</i> : avril/août (P.4.8)	3387	3316
<i>Weekend</i> (WE)	5660	5585
<i>Débit</i> (D.100)	5173	5092
H.7.19 + WE	3133	3095
H.7.19 + P.4.10 + WE	2559	2523
H.7.19 + P.4.8 + WE	1814	1776
PM.85 + H.7.19 + WE	201	198
D.100 + H.7.19 + WE	2762	2722
PM.85 + H.7.19 + P.4.10 + WE	201	198
PM.85 + H.7.19 + P.4.8 + WE	162	159
D.100 + H.7.19 + P.4.8 + WE	1455	1415
D.100 + H.7.19 + P.4.10 + WE	2200	2162
PM.85 + D.100 + H.7.19 + WE	167	162
PM.85 + D.100 + H.7.19 + P.4.10 + WE	167	162
PM.85 + D.100 + H.7.19 + P.4.8 + WE	127	123

Tableau 9 : Taille des échantillons pour le paramètre "fluorescence".

P90 réel	Vilaine 2008 Surface	Vilaine 2008 Fond
	12.25	6.88
Sans filtre (N)	10.55 [5.98 ; 17.71]	5.84 [2.56 ; 9.01]
	11.49 [7.9 ; 15.82]	6.42 [4.09 ; 8.52]
	11.66 [9.02 ; 14.86]	6.55 [5.28 ; 7.95]
	11.83 [10.13 ; 13.73]	6.51 [5.68 ; 7.4]
PleineMer (PM.85)	10.77 [6.86 ; 14.7]	6.44 [4.84 ; 7.87]
	9.85 [6.75 ; 13.58]	6.34 [5.04 ; 7.42]
	10.76 [8.13 ; 13.55]	6.68 [5.86 ; 7.46]
	10.82 [8.89 ; 13.62]	6.5 [5.76 ; 7.17]
Horaire (H.7.19)	8.99 [5.23 ; 14.3]	5.73 [2.59 ; 9.09]
	9.91 [6.63 ; 13.99]	6.27 [3.85 ; 8.51]
	10.14 [7.69 ; 12.94]	6.41 [5.07 ; 7.87]
	10.3 [8.58 ; 12.2]	6.36 [5.54 ; 7.32]
Periode : avril/octobre (P.4.10)	11.45 [6.47 ; 18.43]	6.13 [2.76 ; 9.76]
	12.5 [8.44 ; 18.47]	6.9 [4.12 ; 9.68]
	12.64 [9.94 ; 16.33]	7.03 [5.56 ; 8.33]
	12.9 [11.04 ; 15.18]	6.91 [5.99 ; 7.83]
Periode : avril/août (P.4.8)	10.03 [4.64 ; 18.7]	4.63 [1.55 ; 9.55]
	11.85 [7.02 ; 19.44]	5.77 [2.29 ; 9.87]
	11.83 [8.41 ; 16.88]	6.19 [3.68 ; 8.55]
	12.22 [9.69 ; 15.06]	5.83 [4.18 ; 7.36]
Weekend (WE)	10.56 [6.31 ; 18.12]	5.84 [2.65 ; 9.12]
	11.56 [7.81 ; 15.99]	6.43 [4.06 ; 8.9]
	11.61 [8.99 ; 14.67]	6.55 [5.1 ; 7.95]
	11.88 [10.26 ; 13.75]	6.44 [5.56 ; 7.31]
Debit (D.100)	10.89 [6.22 ; 19.04]	5.63 [2.54 ; 9.15]
	11.64 [7.88 ; 16.26]	6.22 [3.7 ; 8.92]
	11.87 [9.24 ; 14.8]	6.33 [4.91 ; 7.97]
	11.79 [10.22 ; 13.68]	6.72 [5.76 ; 7.72]
H.7.19 + WE	9.21 [5.33 ; 14.56]	5.76 [2.75 ; 9.09]
	10.05 [6.92 ; 14.02]	6.3 [4.05 ; 8.75]
	10.19 [7.61 ; 12.89]	6.43 [5.01 ; 8.02]
	10.41 [8.74 ; 12.14]	6.35 [5.55 ; 7.38]
H.7.19 + P.4.10 + WE	10.03 [5.81 ; 16.08]	6.02 [2.72 ; 9.17]
	11.02 [7.44 ; 15.91]	6.77 [4.32 ; 9.55]
	11.24 [8.21 ; 14.19]	6.89 [5.5 ; 8.37]
	11.4 [9.4 ; 13.41]	6.74 [5.82 ; 7.78]
H.7.19 + P.4.8 + WE	8.35 [3.74 ; 14.47]	4.55 [1.61 ; 9.59]
	9.55 [5.66 ; 14.8]	5.62 [2.27 ; 9.89]
	9.7 [6.65 ; 13.53]	6.08 [3.82 ; 8.98]
	9.88 [7.74 ; 12.21]	5.6 [4.12 ; 7.17]
PM.85 + H.7.19 + WE	11.59 [7.71 ; 14.98]	6.49 [4.77 ; 7.8]
	10.61 [7.12 ; 14.11]	6.3 [4.89 ; 7.33]
	12.28 [9.94 ; 14.05]	6.84 [6.26 ; 7.37]
	12.31 [10.3 ; 14.05]	6.62 [5.89 ; 7.28]
D.100 + H.7.19 + WE	9.26 [5.19 ; 15.17]	5.57 [2.35 ; 9.62]
	10.11 [6.85 ; 14.02]	6.13 [3.72 ; 8.87]
	10.34 [7.9 ; 13.16]	6.24 [4.76 ; 7.9]
	10.48 [8.8 ; 12.16]	6.62 [5.71 ; 7.68]
PM.85 + H.7.19 + P.4.10 + WE	11.66 [7.66 ; 14.81]	6.48 [4.78 ; 7.83]
	10.59 [7.01 ; 14.05]	6.28 [4.9 ; 7.34]
	12.39 [9.76 ; 14.19]	6.85 [6.26 ; 7.46]
	12.24 [10.19 ; 14.05]	6.61 [5.87 ; 7.28]
PM.85 + H.7.19 + P.4.8 + WE	9.44 [5.41 ; 16.6]	2.77 [1.05 ; 6.39]
	7.96 [5.39 ; 13.14]	4.72 [3.2 ; 6.39]
	8.7 [5.82 ; 13]	4.24 [2.82 ; 6.34]
	10.43 [6.77 ; 13.6]	3.89 [2.4 ; 5.88]
D.100 + H.7.19 + P.4.10 + WE	8.45 [3.62 ; 15.08]	4.4 [1.54 ; 10.44]
	9.57 [5.46 ; 14.6]	5.22 [2.02 ; 10.41]
	9.9 [6.79 ; 14.12]	5.59 [3.21 ; 9.09]
	10.01 [7.86 ; 12.12]	6.12 [4.25 ; 8.71]
D.100 + H.7.19 + P.4.8 + WE	10.28 [5.96 ; 16.71]	5.8 [2.42 ; 9.78]
	11 [7.46 ; 15.38]	6.65 [4.07 ; 9.88]
	11.29 [8.63 ; 14.29]	6.8 [5.28 ; 8.72]
	11.43 [9.6 ; 13.25]	7.11 [6.01 ; 8.12]
PM.85 + D.100 + H.7.19 + WE	11.42 [7.35 ; 14.86]	6.46 [4.74 ; 7.91]
	11.06 [7.38 ; 14.3]	6.62 [5.09 ; 7.8]
	12.83 [10.64 ; 14.6]	7.16 [6.42 ; 8.08]
	12.55 [10.64 ; 14.26]	6.92 [6.16 ; 7.71]
PM.85 + D.100 + H.7.19 + P.4.10 + WE	11.44 [7.47 ; 14.81]	6.48 [4.64 ; 8.08]
	11.15 [7.38 ; 14.42]	6.58 [5.06 ; 7.8]
	12.73 [10.51 ; 14.36]	7.18 [6.42 ; 8.08]
	12.55 [10.62 ; 14.25]	6.91 [6.29 ; 7.72]
PM.85 + D.100 + H.7.19 + P.4.8 + WE	9.19 [4.46 ; 17.13]	2.88 [0.71 ; 6.47]
	9.23 [5.31 ; 15.81]	5.31 [3.49 ; 7.08]
	10.65 [6.58 ; 15.15]	5.18 [3.29 ; 6.9]
	11.78 [7.36 ; 15.06]	4.62 [2.94 ; 6.38]

Tableau 10 : Moyennes et intervalles de confiance des valeurs de P90 estimées pour le paramètre "fluorescence" (FFU).

6.2. Oxygène dissous

6.2.1. Evolution saisonnière

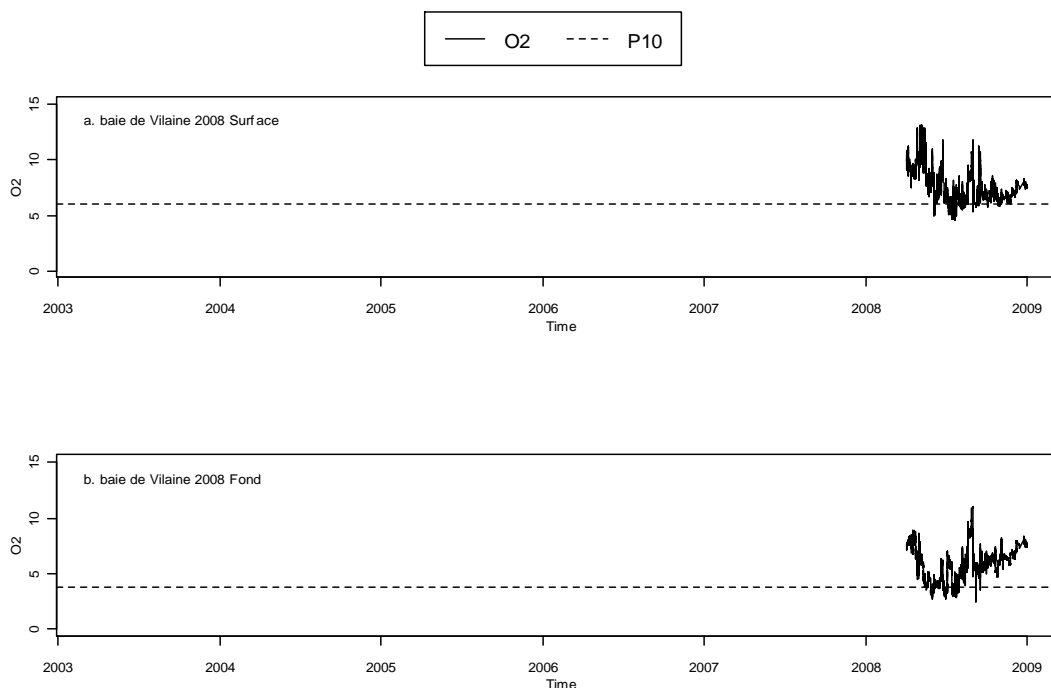


Figure 6 : Evolution des données d'oxygène dissous en surface (a) et au fond (b) en 2008.

Une nette stratification des concentrations en oxygène dissous est observée entre mai et août avec des teneurs en surface comprises entre 5 et 10 mg/l, alors que les valeurs du fond peuvent descendre à 3 mg/l reflétant un début d'hypoxie.

6.2.2. Application des filtres « Fréquence de prélèvement »

L'application des 4 filtres « Fréquence de prélèvement » aux données d'oxygène dissous de surface et de fond (Figures 7 et 8) 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.

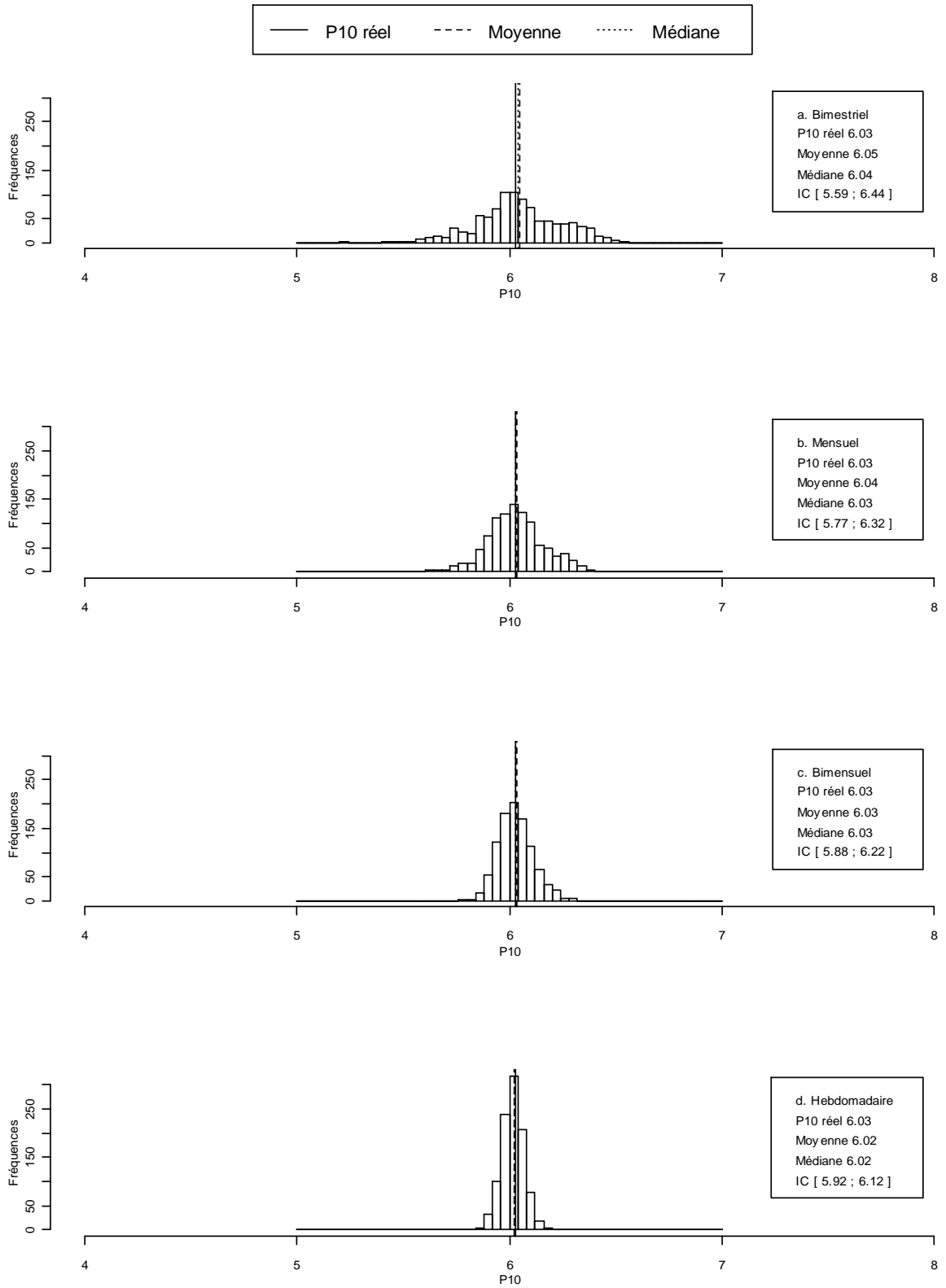


Figure7 : Graphes de répartition des P10 estimés pour le paramètre "oxygène dissous" (mg/l) dans les eaux de surface de la baie de Vilaine en 2008.

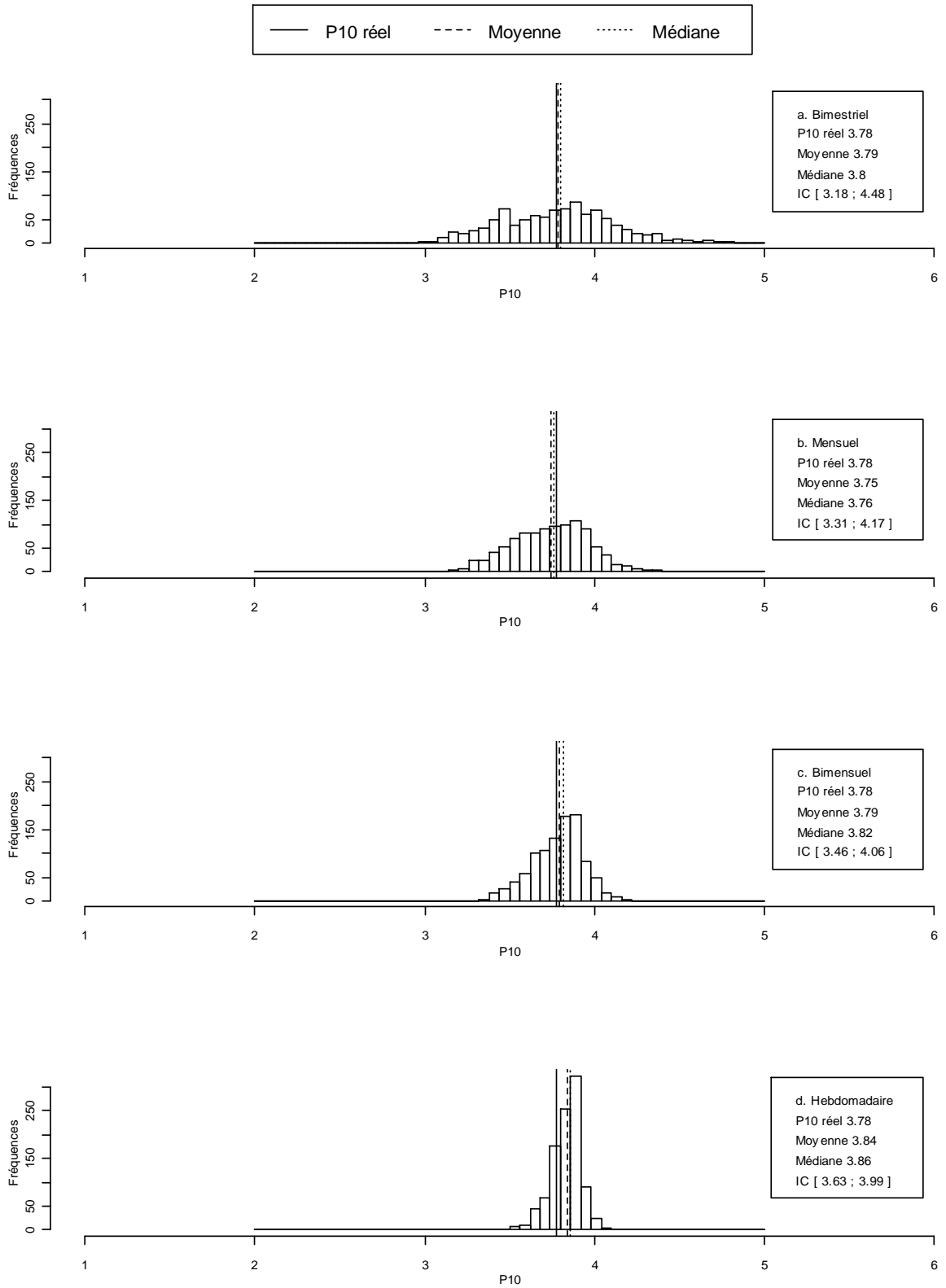


Figure8 : Graphes de répartitions des P10 estimés pour le paramètre "oxygène dissous" (mg/l) dans les eaux de fond de la baie de Vilaine en 2008.

6.2.3. Application des filtres « Période de prélèvement »

Filtre	Vilaine 2008 Surface	Vilaine 2008 Fond
Sans filtre (N)	5797	5838
<i>PleineMer</i> (PM.85)	361	360
<i>Horaire</i> (H.7.19)	3198	3230
<i>Période</i> : avril/octobre (P.4.10)	4712	4752
<i>Période</i> : avril/août (P.4.8)	3308	3348
<i>Weekend</i> (WE)	5606	5641
<i>Débit</i> (D.100)	5139	5146
H.7.19 + WE	3095	3122
H.7.19 + P.4.10 + WE	2514	2539
H.7.19 + P.4.8 + WE	1762	1787
PM.85 + H.7.19 + WE	204	208
D.100 + H.7.19 + WE	2742	2750
PM.85 + H.7.19 + P.4.10 + WE	200	205
PM.85 + H.7.19 + P.4.8 + WE	161	165
D.100 + H.7.19 + P.4.8 + WE	1420	1428
D.100 + H.7.19 + P.4.10 + WE	2174	2180
PM.85 + D.100 + H.7.19 + WE	171	170
PM.85 + D.100 + H.7.19 + P.4.10 + WE	167	167
PM.85 + D.100 + H.7.19 + P.4.8 + WE	127	129

Tableau 11 : Taille des échantillons pour le paramètre "oxygène dissous".

Les filtres « week end » et « Débit » n'ont pas d'influence notable sur les calculs de P10 d'oxygène dissous (Tableau 12).

Si le filtre « Pleine mer » surestime légèrement les P10 obtenus en surface, il surestime plus fortement ceux obtenus au fond. Les intervalles de confiance sont légèrement plus forts.

Le filtre « Horaire » surestime les P10 obtenus en surface mais n'a pas d'influence sur les P10 observés au fond. Les intervalles de confiance sont comparables aux intervalles de référence.

Les filtres « Période » avril-octobre et avril-août sous-estiment les P10, notamment celui de la période avril-octobre.

Les combinaisons de filtres permettant d'obtenir des P10 très proches des P10 réels de surface et de fond sont [« horaire » + « période avril-octobre » + « week end »] et [« débit » + « horaire » + « période avril-octobre » + « week end »].

P10 réel	Vilaine 2008 Surface	Vilaine 2008 Fond
	6.03	3.78
Sans filtre (N)	6.05 [5.59 ; 6.44]	3.79 [3.18 ; 4.48]
	6.04 [5.77 ; 6.32]	3.75 [3.31 ; 4.17]
	6.03 [5.88 ; 6.22]	3.79 [3.46 ; 4.06]
	6.02 [5.92 ; 6.12]	3.84 [3.63 ; 3.99]
PleineMer (PM.85)	6.14 [5.84 ; 6.52]	4.22 [3.8 ; 5.11]
	6.08 [5.84 ; 6.38]	4 [3.72 ; 4.38]
	6.07 [5.88 ; 6.35]	4.14 [3.82 ; 4.62]
	6.12 [5.94 ; 6.34]	4.68 [4.07 ; 5.06]
Horaire (H.7.19)	6.12 [5.71 ; 6.49]	3.79 [3.21 ; 4.53]
	6.11 [5.89 ; 6.4]	3.75 [3.31 ; 4.14]
	6.1 [5.95 ; 6.3]	3.81 [3.48 ; 4.06]
Periode : avril/octobre (P.4.10)	6.09 [5.98 ; 6.24]	3.85 [3.65 ; 3.99]
	5.94 [5.42 ; 6.39]	3.62 [3.1 ; 4.26]
	5.94 [5.58 ; 6.25]	3.61 [3.19 ; 4.05]
Periode : avril/août (P.4.8)	5.95 [5.74 ; 6.13]	3.63 [3.34 ; 3.93]
	5.96 [5.84 ; 6.06]	3.7 [3.49 ; 3.89]
	5.85 [5.2 ; 6.46]	3.49 [2.96 ; 4.14]
	5.84 [5.31 ; 6.3]	3.43 [3.02 ; 3.9]
Weekend (WE)	5.87 [5.57 ; 6.14]	3.46 [3.19 ; 3.8]
	5.87 [5.67 ; 6.03]	3.51 [3.32 ; 3.73]
	6.05 [5.61 ; 6.42]	3.79 [3.18 ; 4.51]
	6.04 [5.76 ; 6.33]	3.74 [3.3 ; 4.14]
Debit (D.100)	6.03 [5.87 ; 6.23]	3.8 [3.47 ; 4.07]
	6.03 [5.92 ; 6.13]	3.83 [3.64 ; 3.96]
	6.07 [5.67 ; 6.45]	3.88 [3.24 ; 4.5]
	6.07 [5.81 ; 6.34]	3.86 [3.47 ; 4.22]
H.7.19 + WE	6.06 [5.9 ; 6.27]	3.93 [3.73 ; 4.12]
	6.04 [5.94 ; 6.14]	3.95 [3.83 ; 4.11]
	6.12 [5.7 ; 6.5]	3.8 [3.21 ; 4.54]
	6.11 [5.86 ; 6.42]	3.76 [3.31 ; 4.16]
H.7.19 + P.4.10 + WE	6.1 [5.94 ; 6.32]	3.81 [3.47 ; 4.07]
	6.09 [5.98 ; 6.23]	3.86 [3.68 ; 4]
	6.02 [5.56 ; 6.45]	3.65 [3.1 ; 4.26]
	6.02 [5.74 ; 6.32]	3.6 [3.18 ; 4.04]
H.7.19 + P.4.8 + WE	6.01 [5.85 ; 6.22]	3.64 [3.32 ; 3.93]
	6.02 [5.91 ; 6.14]	3.73 [3.47 ; 3.89]
	5.97 [5.29 ; 6.6]	3.48 [2.96 ; 4.1]
	5.95 [5.47 ; 6.44]	3.44 [3.05 ; 3.93]
PM.85 + H.7.19 + WE	5.96 [5.69 ; 6.25]	3.45 [3.19 ; 3.84]
	5.96 [5.79 ; 6.13]	3.52 [3.31 ; 3.78]
	6.36 [5.9 ; 6.67]	4.16 [3.8 ; 5.11]
	6.31 [5.99 ; 6.59]	3.96 [3.75 ; 4.36]
D.100 + H.7.19 + WE	6.27 [5.98 ; 6.46]	4.13 [3.82 ; 4.39]
	6.28 [6.04 ; 6.42]	4.52 [4.01 ; 5.12]
	6.14 [5.81 ; 6.49]	3.88 [3.22 ; 4.53]
	6.13 [5.89 ; 6.42]	3.88 [3.45 ; 4.18]
PM.85 + H.7.19 + P.4.10 + WE	6.12 [5.95 ; 6.33]	3.94 [3.81 ; 4.12]
	6.11 [6 ; 6.23]	3.95 [3.84 ; 4.1]
	6.26 [5.86 ; 6.57]	4.06 [3.78 ; 4.7]
	6.24 [5.91 ; 6.53]	3.9 [3.62 ; 4.35]
PM.85 + H.7.19 + P.4.8 + WE	6.22 [5.94 ; 6.44]	4.06 [3.82 ; 4.38]
	6.25 [6 ; 6.39]	4.42 [3.9 ; 5.07]
	6.27 [5.86 ; 6.57]	3.93 [3.5 ; 4.36]
	6.24 [5.97 ; 6.53]	3.85 [3.45 ; 4.3]
D.100 + H.7.19 + P.4.10 + WE	6.2 [5.98 ; 6.41]	3.95 [3.75 ; 4.36]
	6.31 [6.11 ; 6.41]	4.18 [3.86 ; 4.47]
	6.02 [5.43 ; 6.71]	3.6 [3.05 ; 4.14]
	6 [5.57 ; 6.48]	3.57 [3.13 ; 3.97]
D.100 + H.7.19 + P.4.8 + WE	5.99 [5.73 ; 6.29]	3.67 [3.31 ; 3.91]
	5.98 [5.8 ; 6.17]	3.66 [3.42 ; 3.86]
	6.06 [5.63 ; 6.49]	3.75 [3.19 ; 4.36]
	6.04 [5.77 ; 6.36]	3.75 [3.27 ; 4.09]
PM.85 + D.100 + H.7.19 + WE	6.04 [5.86 ; 6.23]	3.84 [3.54 ; 4.01]
	6.03 [5.91 ; 6.14]	3.85 [3.66 ; 3.97]
	6.43 [5.88 ; 7.19]	5.56 [4.03 ; 6.09]
	6.23 [5.84 ; 6.63]	4.78 [3.67 ; 5.88]
PM.85 + D.100 + H.7.19 + P.4.10 + WE	6.16 [5.85 ; 6.44]	4.85 [3.86 ; 5.59]
	6.22 [5.95 ; 6.37]	5.27 [4.96 ; 5.79]
	6.3 [5.84 ; 6.82]	5.31 [4.05 ; 6]
	6.15 [5.83 ; 6.53]	4.48 [3.45 ; 5.8]
PM.85 + D.100 + H.7.19 + P.4.8 + WE	6.1 [5.84 ; 6.4]	4.69 [3.76 ; 5.39]
	6.18 [5.88 ; 6.35]	5.21 [4.73 ; 5.73]
	6.35 [5.8 ; 7.18]	4.98 [3.73 ; 5.96]
	6.12 [5.74 ; 6.52]	4.21 [3.41 ; 5.62]
PM.85 + D.100 + H.7.19 + P.4.8 + WE	6.07 [5.73 ; 6.38]	4.24 [3.45 ; 5.22]
	6.24 [5.97 ; 6.36]	4.91 [3.88 ; 5.39]

Tableau 12 : Moyennes et intervalles de confiance des valeurs de P10 estimées pour le paramètre "oxygène dissous" (mg/l).

6.3. Turbidité

6.3.1. Evolution saisonnière

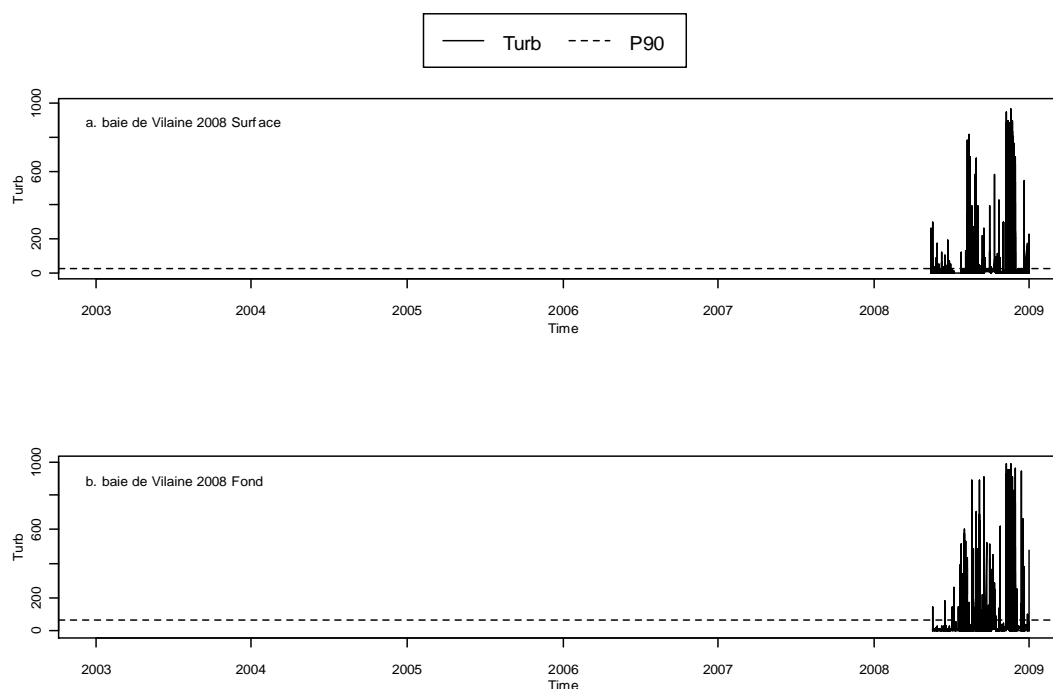


Figure 9 : Evolution des données de turbidité en surface (a) et au fond (b) en 2008.

L'évolution de la turbidité révèle le passage de périodes agitées, notamment début juillet (confirmée par les valeurs fortes de vent de sud ouest par le modèle Arpège de Météo-France entre le 1^{er} et le 11 juillet). Les fortes valeurs de turbidité observées lors de ces périodes agitées en surface et au fond sont provoquées par une remise en suspension par les houles (Figure 9). Les concentrations peuvent alors s'élever à 100 NTU, soit de l'ordre de 200 mg/l de MES.

6.3.2. Application des filtres « Fréquence de prélèvement »

L'application des 4 filtres « Fréquence de prélèvement » aux données de turbidité de surface et de fond (Figures 10 et 11) induit des P90 plus forts que le P90 réel, notamment pour le filtre bimestriel.

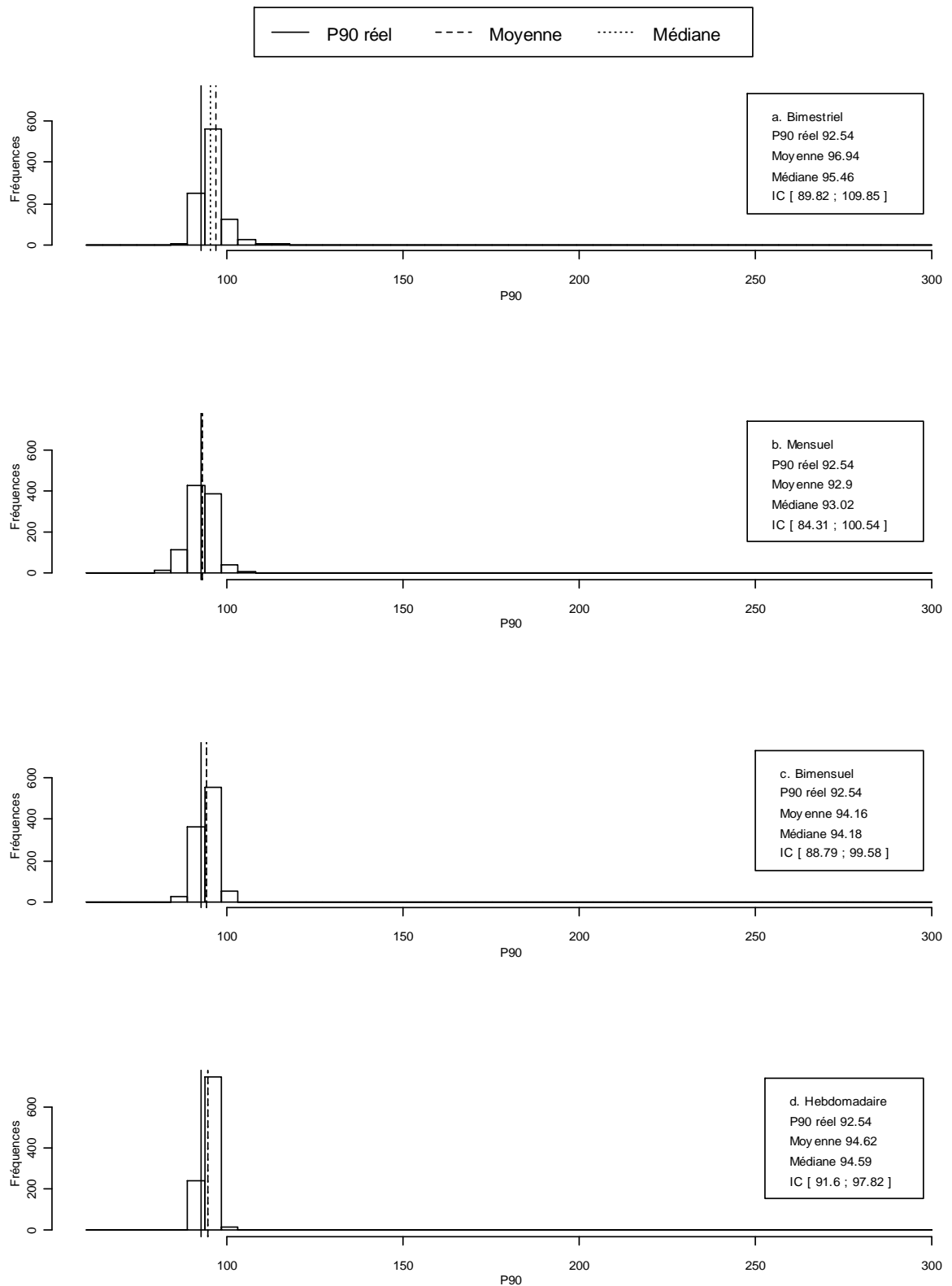


Figure 10 : Graphes de répartitions des P90 estimés pour le paramètre "turbidité" (NTU) dans les eaux de surface de la baie de Vilaine en 2008.

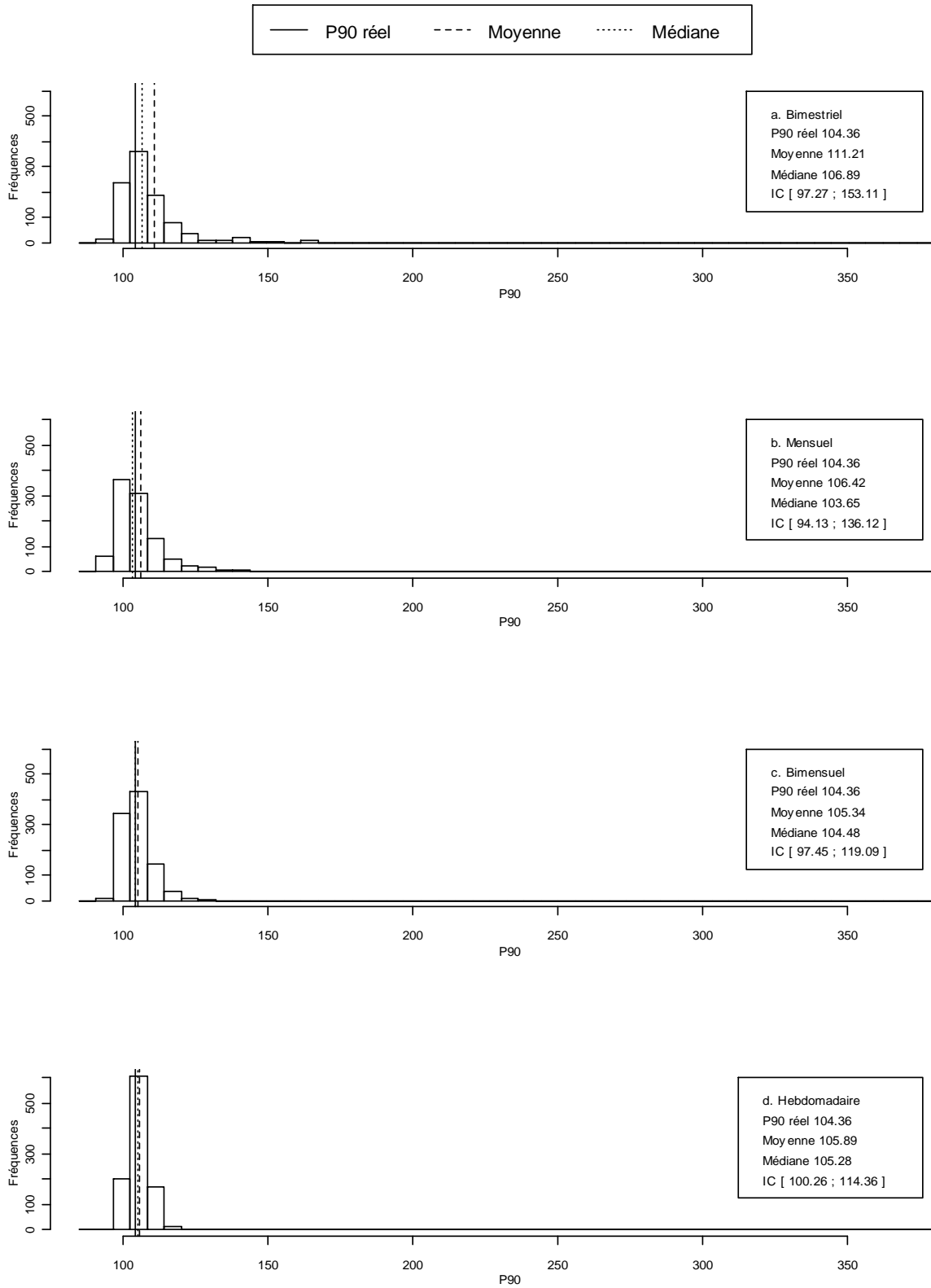


Figure 11 : Graphes de répartitions des P90 estimés pour le paramètre "turbidité" (NTU) dans les eaux de fond de la baie de Vilaine en 2008.

6.3.3. Application des filtres « Période de prélèvement »

	Vilaine 2008 Surface	Vilaine 2008 Fond
P10 réel	92.54	104.36
Sans filtre (N)	96.94 [89.82 ; 109.85]	111.21 [97.27 ; 153.11]
	92.9 [84.31 ; 100.54]	106.42 [94.13 ; 136.12]
	94.16 [88.79 ; 99.58]	105.34 [97.45 ; 119.09]
	94.62 [91.6 ; 97.82]	105.89 [100.26 ; 114.36]
PleineMer (PM.85)	96.57 [90.85 ; 103.56]	107.66 [98.79 ; 114.36]
	93.88 [88.37 ; 100.67]	104.27 [96.98 ; 112.32]
	95.93 [92.35 ; 98.9]	107.1 [101.22 ; 112.75]
	96.3 [94.05 ; 100.47]	108.12 [103.01 ; 112.74]
Horaire (H.7.19)	96.69 [89.74 ; 110.68]	112.48 [97.27 ; 159.26]
	93.34 [84.74 ; 105.23]	108.07 [94.06 ; 145.74]
	93.89 [88.15 ; 98.99]	107.11 [98.2 ; 125.64]
	94.84 [91.5 ; 98.03]	107.15 [101.05 ; 117.24]
Weekend (WE)	97.65 [89.86 ; 108.29]	111.51 [97.05 ; 163.71]
	92.99 [85.07 ; 101.59]	106.49 [93.7 ; 138.92]
	93.95 [88.89 ; 99.11]	105.31 [96.91 ; 120]
	94.68 [91.4 ; 98.11]	105.77 [99.91 ; 114.79]
Debit (D.100)	97.49 [89.74 ; 112.49]	108.35 [95.48 ; 164.26]
	92.94 [84.73 ; 100.77]	104.35 [91.22 ; 146.49]
	93.57 [88.25 ; 98.14]	103.21 [95.61 ; 115.76]
	94.13 [90.54 ; 97.12]	103.88 [98.76 ; 112.82]
H.7.19 + WE	98.58 [89.62 ; 115.34]	113.35 [97.92 ; 172.64]
	92.97 [84.6 ; 102.64]	108.01 [94.79 ; 144.7]
	93.75 [88.37 ; 98.9]	106.46 [97.67 ; 120.25]
	94.74 [91.14 ; 97.93]	107.2 [100.91 ; 117.66]
PM.85 + H.7.19 + WE	97.01 [90.27 ; 103.56]	109.48 [98.06 ; 154.08]
	94.44 [88.21 ; 100.76]	106.56 [97.52 ; 113.58]
	96.26 [94.75 ; 100.39]	108.63 [102.32 ; 114.74]
	97.41 [94.9 ; 102.26]	107.7 [103.82 ; 111.36]
D.100 + H.7.19 + WE	98.07 [89.91 ; 113.86]	109.17 [95.56 ; 169.86]
	93.71 [85.12 ; 106.45]	105.03 [91.9 ; 143.76]
	93.69 [88.3 ; 98.25]	104.7 [96.64 ; 121.08]
	94.31 [90.54 ; 97.82]	105 [99.68 ; 115.09]
PM.85 + D.100 + H.7.19 + WE	95.38 [88.37 ; 103.56]	103.78 [97.32 ; 112.7]
	93.78 [87.89 ; 102.95]	102.38 [96.43 ; 110.92]
	88.83 [84.95 ; 99.57]	100.73 [95.2 ; 109.91]
	96.21 [89.51 ; 103.56]	104.96 [98.51 ; 109.73]

Tableau 13 : Moyennes et intervalles de confiance des valeurs de P90 estimées pour le paramètre "turbidité" (NTU).

Filtre	Vilaine 2008 Surface	Vilaine 2008 Fond
Sans filtre (N)	5224	5541
PleineMer (PM.85)	392	391
Horaire (H.7.19)	3334	3278
Weekend (WE)	5827	5717
Debit (D.100)	5343	5229
H.7.19 + WE	3225	3164
PM.85 + H.7.19 + WE	221	223
D.100 + H.7.19 + WE	2852	2794
PM.85 + D.100 + H.7.19 + WE	187	189

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

Aucun des filtres « Période de prélèvement » n'a une influence notable sur les P90 de turbidité.

6.4. Salinité

6.4.1. Evolution saisonnière

Le débit de la Vilaine est présenté parallèlement à la salinité mesurée par Molit car il contribue largement à expliquer ses variations. Par rapport à un débit moyen annuel de $80 \text{ m}^3/\text{s}$, la Vilaine a connu début mai et fin mai/début juin 2008 deux épisodes de débits soutenus, respectivement voisins $200 \text{ m}^3/\text{s}$ et de $250 \text{ m}^3/\text{s}$. 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 (Figure 12). En fin de période, la stratification haline est peu marquée du fait de la faiblesse des apports d'eau douce. Similairement, de forts débits seront observés en automne provoquant toutefois des dessalures de fond plus importantes qu'en mai.

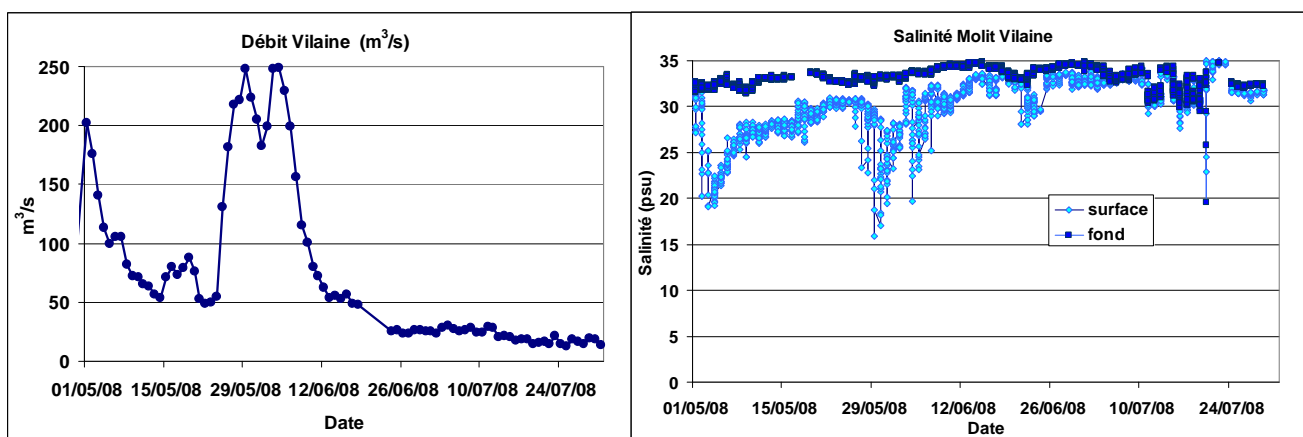


Figure 12 : Zoom sur la période juin-juillet du débit de la Vilaine et de la salinité mesurée en surface et au fond par la bouée MOLIT.

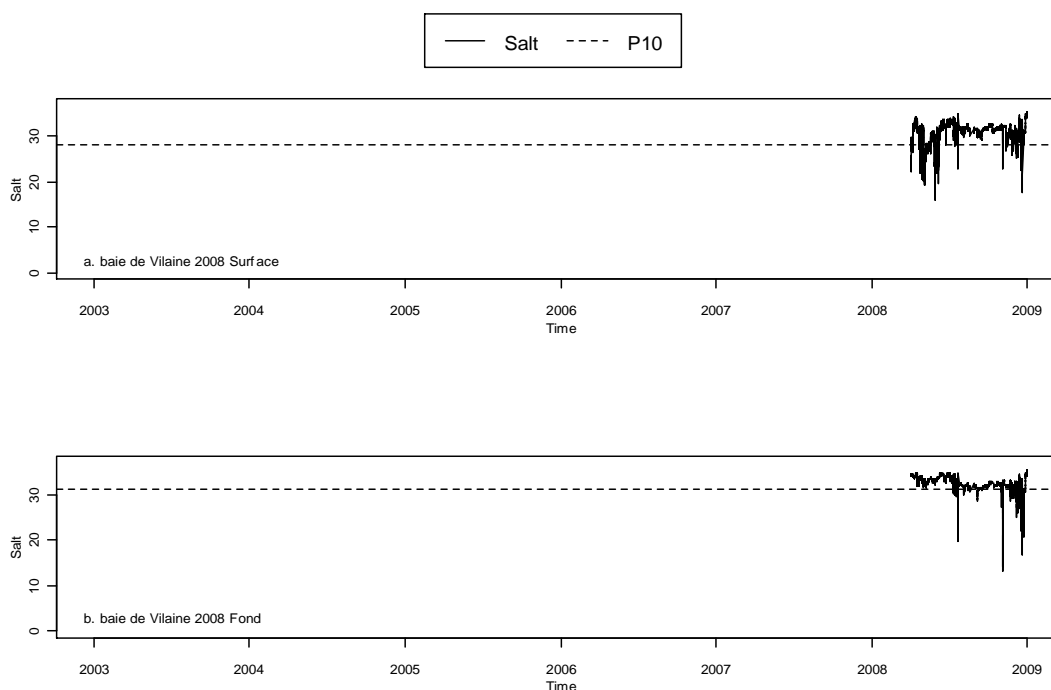


Figure13 : Evolution des données de salinité en surface (a) et au fond (b) en 2008.

6.4.2. Application des filtres « Fréquence de prélèvement »

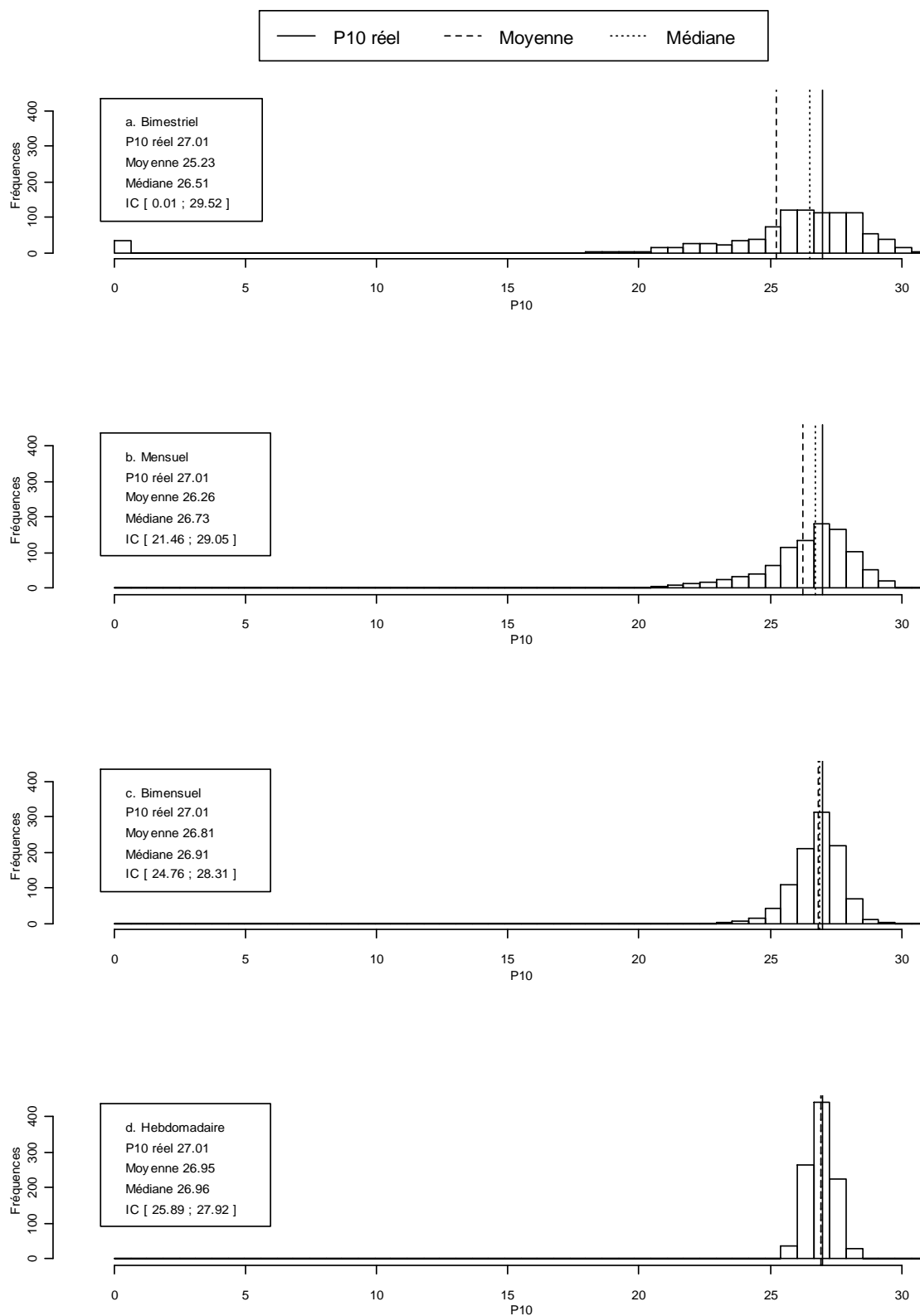


Figure14 : Graphes de répartitions des P10 estimés pour le paramètre "salinité" (dans les eaux de surface de la baie de Vilaine en 2008).

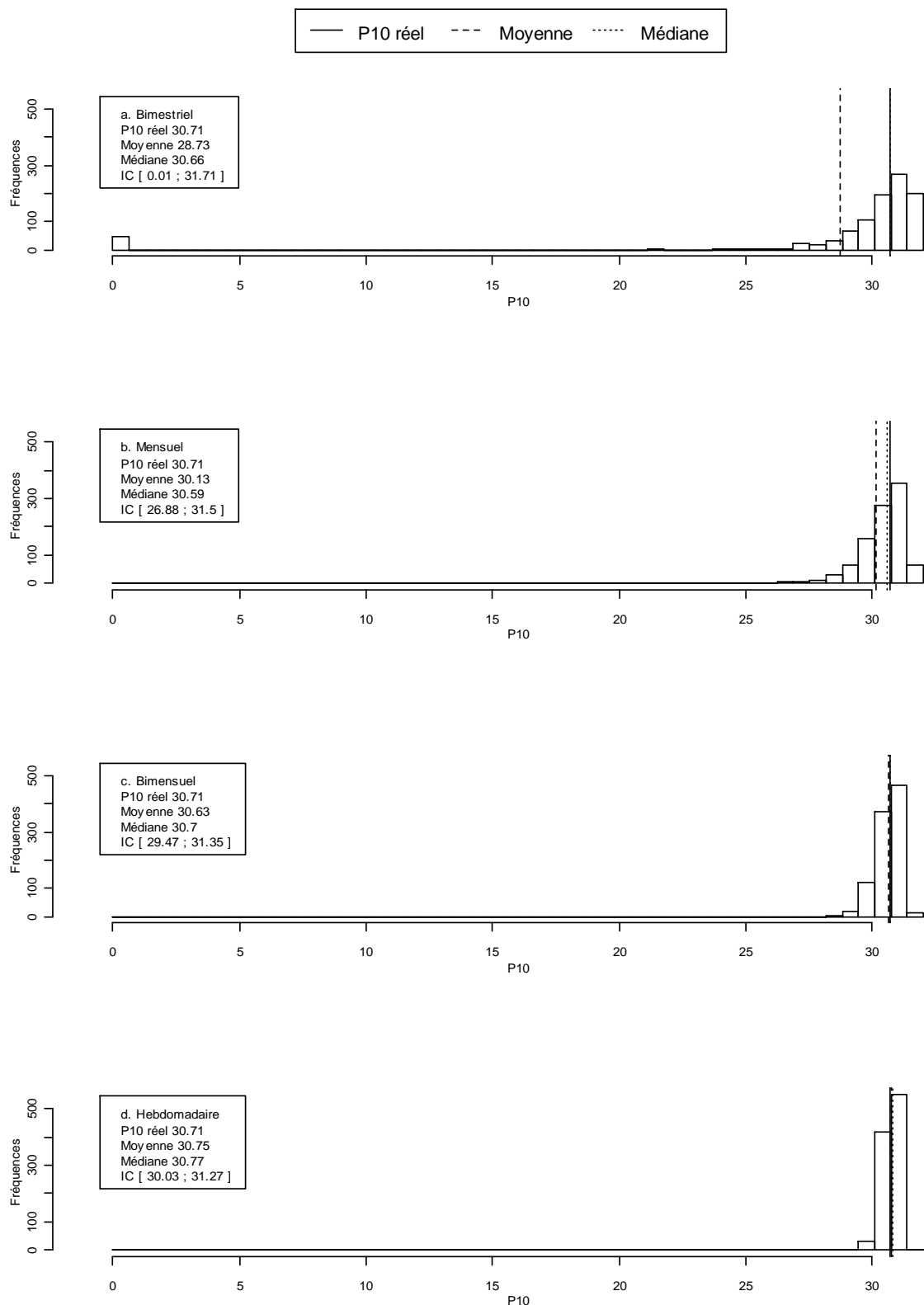


Figure 15 : Graphes de répartitions des P10 estimés pour le paramètre "salinité" dans les eaux de fond de la baie de Vilaine en 2008.

L'application des 4 filtres « Fréquence de prélèvement » aux données de salinité de surface et de fond (Figures 14 et 15) montre que, plus la fréquence de prélèvement est élevée, plus le percentile 10 calculé est comparable à la valeur du

percentile 10 « réel ». Les intervalles de confiance sont également plus faibles lorsque la fréquence de prélèvement est hebdomadaire.

6.4.3. Application des filtres « Période de prélèvement »

	Vilaine 2008 Surface	Vilaine 2008 Fond
P10 réel	27.01	30.71
Sans filtre (N)	25.23 [0.01 ; 29.52]	28.73 [0.01 ; 31.71]
	26.26 [21.46 ; 29.05]	30.13 [26.88 ; 31.5]
	26.81 [24.76 ; 28.31]	30.63 [29.47 ; 31.35]
	26.95 [25.89 ; 27.92]	30.75 [30.03 ; 31.27]
PleineMer (PM.85)	25.14 [0.02 ; 29.29]	30.4 [0.02 ; 31.98]
	24.16 [20.49 ; 27.69]	31.41 [31.03 ; 31.93]
	26.47 [21.86 ; 28.03]	31.61 [31.29 ; 31.84]
	24.69 [21.55 ; 27.67]	31.56 [31.38 ; 31.65]
Horaire (H.7.19)	25.24 [0.01 ; 29.52]	28.73 [0.01 ; 31.71]
	26.49 [22.61 ; 29.04]	30.13 [27 ; 31.45]
	26.91 [24.97 ; 28.28]	30.53 [29.18 ; 31.34]
	27.02 [25.95 ; 27.96]	30.61 [29.73 ; 31.22]
Weekend (WE)	25.1 [0.01 ; 29.55]	28.95 [0.01 ; 31.69]
	26.31 [21.38 ; 29.01]	30.15 [27.33 ; 31.44]
	26.79 [25.12 ; 28.22]	30.63 [29.36 ; 31.37]
	26.95 [25.87 ; 27.94]	30.77 [30.09 ; 31.28]
Debit (D.100)	25.21 [0.01 ; 29.78]	28.54 [0.01 ; 31.7]
	26.86 [22.4 ; 29.17]	30.33 [28.03 ; 31.48]
	27.41 [26.08 ; 28.56]	30.69 [29.67 ; 31.36]
	27.2 [26.31 ; 28.09]	30.73 [29.9 ; 31.24]
H.7.19 + WE	25.27 [0.01 ; 29.53]	29.11 [0.01 ; 31.7]
	26.63 [22.66 ; 28.94]	30.04 [26.85 ; 31.41]
	26.92 [25.22 ; 28.27]	30.49 [29.21 ; 31.35]
	27.05 [25.98 ; 27.94]	30.64 [29.81 ; 31.24]
PM.85 + H.7.19 + WE	26.17 [20.62 ; 29.62]	30.73 [30.64 ; 31.93]
	24.02 [20.82 ; 27.8]	31.43 [30.97 ; 31.82]
	26.46 [21.96 ; 28.49]	31.52 [31.15 ; 31.76]
	25 [21.64 ; 27.4]	31.5 [31.25 ; 31.73]
D.100 + H.7.19 + WE	25.47 [0.01 ; 29.73]	29.02 [0.01 ; 31.68]
	26.79 [22.64 ; 29.21]	30.09 [27.09 ; 31.44]
	27.36 [26.02 ; 28.53]	30.57 [29.34 ; 31.35]
	27.07 [26.15 ; 27.99]	30.6 [29.76 ; 31.22]
PM.85 + D.100 + H.7.19 + WE	22.35 [20.62 ; 26.73]	30.93 [30.64 ; 31.79]
	23.01 [12.38 ; 27.46]	31.12 [28 ; 31.77]
	25.18 [21.24 ; 28]	31.34 [30.84 ; 31.7]
	23.58 [21.03 ; 26.65]	31.42 [31.13 ; 31.7]

Tableau 15 : Moyennes et intervalles de confiance des valeurs de P90 estimées pour le paramètre salinité.

Filtre	Vilaine 2008 Surface	Vilaine 2008 Fond
Sans filtre (N)	6056	5974
PleineMer (PM.85)	394	360
Horaire (H.7.19)	3345	3230
Weekend (WE)	5849	5641
Debit (D.100)	5391	5146
H.7.19 + WE	3231	3122
PM.85 + H.7.19 + WE	222	208
D.100 + H.7.19 + WE	2869	2750
PM.85 + D.100 + H.7.19 + WE	186	170

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

Les filtres « Week end » et « Horaire » n'ont pas d'influence sur les calculs des P10 de salinité.

Le filtre « Pleine mer » produit un P10 plus faible en surface et plus fort au fond que les P10 de référence.

L'application du filtre « Débit » augmente le P10 de surface mais reste sans influence sur le P10 du fond.

C'est la combinaison [« Pleine mer » + « Débit » + « Horaire » + « Week end »] qui produit un P10 le plus proche du P10 réel pour un prélèvement hebdomadaire.

6.5. Température

6.5.1. Evolution saisonnière

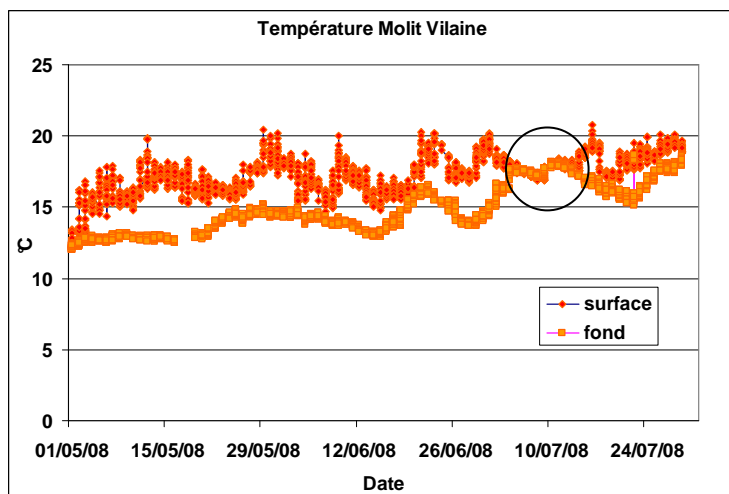


Figure 16 : Boîtes à moustaches des variations du paramètre "températures" des eaux de surface de la baie de Vilaine en 2008 par rapport au modèle.

Une seule stratification thermique est observée pendant quelques jours entre mai et juillet (Figure 16). En période estivale, la stratification thermique semble assez robuste.

6.5.2. Application des filtres « Fréquence de prélèvement » et « Période de prélèvement »

L'application des filtres « Fréquence de prélèvement » et « Période de prélèvement » n'a aucune influence sur la métrique de l'indicateur température (Figures 17 et 18).

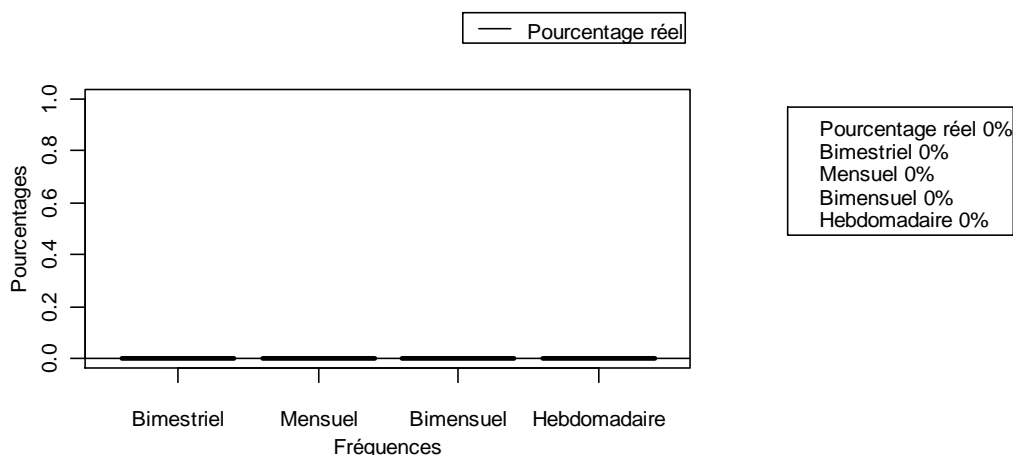


Figure 17 : Boîtes à moustaches des variations du paramètre "températures" des eaux de surface de la baie de Vilaine en 2008 par rapport au modèle.

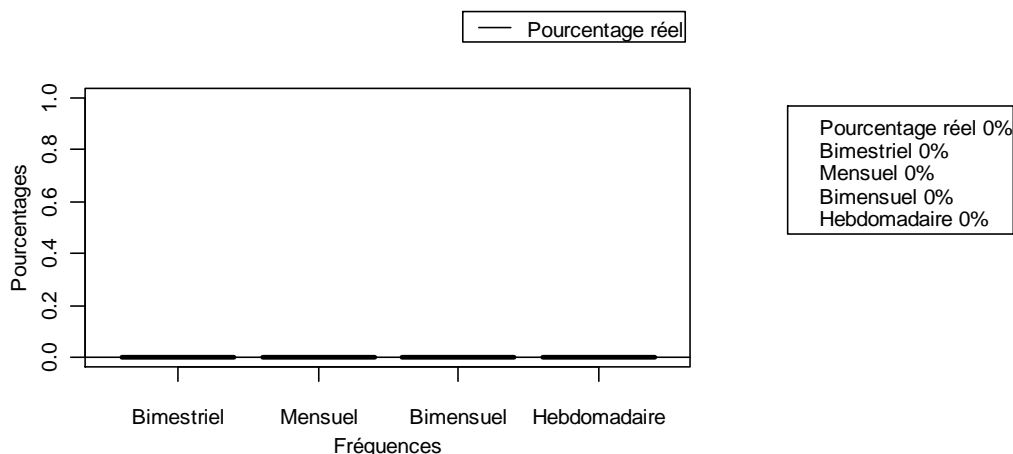


Figure 18 : Boîtes à moustaches des variations du paramètre "températures" des eaux de fond de la baie de Vilaine en 2008 par rapport au modèle.

Filtre	Vilaine 2008 Surface	Vilaine 2008 Fond
Sans filtre (N)	6124	6060
PleineMer (PM.85)	394	393
Horaire (H.7.19)	3386	3351
Weekend (WE)	5914	5851
Debit D.100	5435	5368
H.7.19 + WE	3275	3238
PM.85 + H.7.19 + WE	222	225
D.100 + H.7.19 + WE	2902	2866
PM.85 + D.100 + H.7.19 + WE	186	187

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

7. Conclusion

Cette première étude montre que l'augmentation de la fréquence de prélèvement de mensuel à hebdomadaire permettrait d'améliorer l'estimation des métriques des indicateurs fluorescence et salinité. Les périodes de prélèvement actuellement en cours pour la DCE ne sont pas aberrantes pour la fluorescence, la salinité, la température. Par contre, l'allongement de la période de prélèvement de l'oxygène dissous de juin-septembre à avril-octobre, et en dehors de période de forts débits, permettrait de mieux approcher le P10 réel.

Cette étude a été effectuée à partir de la seule année 2008 : il s'agit de résultats préliminaires qui demandent à être approfondis en utilisant les données acquises sur Molit en 2009 et 2010 de façon à prendre en compte la variabilité interannuelle du site. L'influence des filtres sur les paramètres salinité et turbidité devra être à nouveau évaluée lorsque les métriques et grilles de ces indicateurs seront officiellement définis.

Les résultats obtenus en Vilaine devront également être comparés aux données haute fréquence acquises sur d'autres sites (Brest, Boulogne) moins menacés par les symptômes d'eutrophisation.

8. Bibliographie

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. Élément de qualité température, Rapport Ifremer DYNECO/PELAGOS/09.03

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

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