

Luis LAMPERT

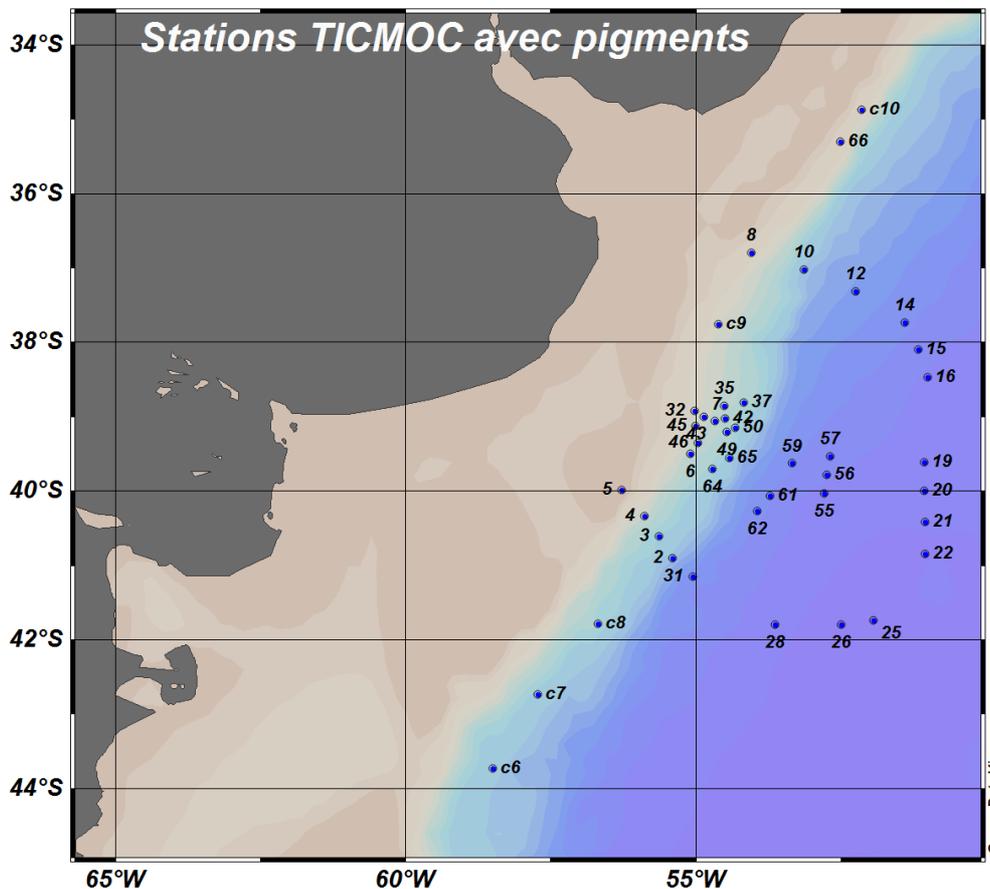
Laurie PERROT

Daniel DELMAS

Février 2016 R.INT.DIR ODE/DYNECO/PELAGOS 2016-01

# Analyse chémotaxonomique de la campagne TIC-MOC (mars 2015)

## Projet CALHIS



Stations échantillonnées lors de la campagne TIC-MOC près des côtes argentines







# SOMMAIRE

---

<b>1. INTRODUCTION .....</b>	<b>1</b>
<b>2. ECHANTILLONNAGE ET ANALYSES .....</b>	<b>3</b>
<b>3. DISTRIBUTION PIGMENTAIRE .....</b>	<b>4</b>
<i>Matrice pigmentaire.....</i>	<i>4</i>
<i>Corrélations pigmentaires.....</i>	<i>6</i>
<i>Approche chémotaxonomique préliminaire .....</i>	<i>7</i>
<b>4. ANALYSES CHEMOTAXONOMIQUES PAR CHEMTAX .....</b>	<b>8</b>
<i>Méthode CHEMTAX .....</i>	<i>8</i>
<i>Matrice pigmentaire initiale Fo .....</i>	<i>9</i>
<i>Calculs CHEMTAX .....</i>	<i>10</i>
<i>Optimisation de CHEMTAX.....</i>	<i>11</i>
<i>Résultats de CHEMTAX .....</i>	<i>12</i>
<i>Comparaison des résultats CHEMTAX avec les observations au microscope .....</i>	<i>13</i>
<b>5. ETUDE DES CLASSES DE TAILLE PIGMENTAIRES .....</b>	<b>17</b>
<b>6. DISCUSSION .....</b>	<b>20</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>21</b>
<b>ANNEXES .....</b>	<b>23</b>
I. <i>Position des stations échantillonnées</i>	
II. <i>Distribution des paramètres physiques</i>	
III. <i>Distribution des pigments</i>	
IV. <i>Distribution des dominances des classes algales</i>	
V. <i>Distribution des classes de taille pigmentaires</i>	
VI. <i>Matrice de concentrations pigmentaires (ng/L)</i>	
VII. <i>Dénombrements au microscope optique</i>	
VIII. <i>Abréviations utilisées</i>	



# Projet CALHIS

## 1.- INTRODUCTION

Ce travail est réalisé dans le cadre des études de télédétection par des capteurs couleur de l'eau et de la thèse de Mlle. Laurie PERROT au sein du laboratoire IFREMER/Dyneco-EP. Mlle. PERROT est co-encadrée scientifiquement par Francis GOHIN (Dyneco-EP) et par Mme. Diana RUIZ-PINO du laboratoire LOCEAN de Paris VI sur la thématique de la télédétection spatiale et les efflorescences de coccolithophoridés. Chacun des encadrants étant spécialiste de l'un de ces deux domaines.

Les études des images satellite doivent être confrontées à des données terrain pour valider les algorithmes proposés. C'est ainsi que une campagne d'échantillonnage a été mise en place au début 2015. La participation à la campagne TIC-MOC en fin 2014 sur le plateau argentin, dans le cadre du projet CALHIS (ANR blanc), avait été évoquée rapidement. Cette date correspondait au moment où les efflorescences de coccolithophores détectées depuis le satellite sont les plus fréquentes. Malheureusement, cette campagne a été ajournée à mars 2015, au moment où ces efflorescences ne sont plus visibles.

Le projet CALHIS, intitulé « Histoire de la calcification pélagique durant les 300 dernières années » est coordonné par M. Luc BEAUFORT et les partenaires du projet sont les laboratoires CEREGE de Marseille, le laboratoire LOCEAN de Paris et la Station Biologique de Roscoff. Ce projet compte six ateliers d'étude repartis dans le monde entier dont celui du plateau patagonien argentin. Le but est de faire le point sur l'impact de la baisse du pH en milieu marin sur la calcification des organismes tels que les coccolithophoridées et les foraminifères.

Le « Instituto de Ciencias del Mar » (ICM) de Barcelona, avec la participation du *BO Hespérides* de la marina espagnole, ont organisé la campagne TIC-MOC et mis à disposition des places pour le projet CALHIS et ses partenaires. Mlle PERROT a participé à cette campagne et réalisé les échantillons et les analyses HPLC nécessaires à cette étude chémotaxonomique avec l'aide de Daniel Delmas au sein du laboratoire Ifremer/Dyneco-pélagos.

### **Approche chémotaxonomique par HPLC :**

L'approche du compartiment phytoplanctonique a été abordée depuis de longues années par le biais des comptages microscopiques. Ils permettent de quantifier finement jusqu'à l'espèce, mais présente quelques inconvénients : faible reproductibilité des résultats en fonction de l'expérience de l'opérateur, très consommateur de temps et impossibilité d'évaluer les classes de taille nano et picophytoplanctoniques. Différentes techniques ont vu le jour ces dernières décennies pour pallier à ces inconvénients, entre autres l'approche pigmentaire. Jeffrey a suggéré pour la première fois l'utilisation des pigments pour l'étude taxonomique du phytoplancton en utilisant la chromatographie à couche mince (Jeffrey 1961 ; Jeffrey 1968).

Les études de la structure des communautés phytoplanctoniques des années suivantes ont intégré davantage l'utilisation des pigments (TLC et HPLC) pour expliquer leur distribution dans la mer. Sans recourir aux longs comptages microscopiques, il devenait possible d'avoir une information globale

synthétique de la structure des communautés. L'identification de nouveaux pigments à partir des souches algales isolées a mis en évidence le rapport entre groupes phytoplanctoniques et pigments ; ainsi chaque année la liste de nouveaux pigments s'allonge, permettant l'identification de nouveaux groupes. Il a été alors possible de définir des biomarqueurs capables de représenter des catégories taxonomiques ou fonctionnelles qui soient suffisamment spécifiques et discriminants d'une classe algale. Des nouveaux groupes phytoplanctoniques ont été découverts, ainsi que leur pigment marqueur ; nous pouvons citer le prasinoxanthine pour les pranisophycées (Foss et *al.* (1984), la 19BF pour les pélagophycées (Andersen et *al.* (1993) ou la DVchl $\alpha$  pour les prochlorophycées (Goericke et Repeta (1993), qui ont ainsi été ajoutées à la liste de classes algales.

Le présent travail permet d'apporter la réponse de la chémotaxonomie, en parallèle des autres méthodes, sur un échantillonnage à grande emprise spatio-temporelle sur le plateau patagonien argentin et tenter de donner le cadre des assemblages phytoplanctoniques présents au moment de la campagne.

# Campagne TIC-MOC (mars 2015)

## 2.- ÉCHANTILLONNAGE ET ANALYSES

L'ensemble des échantillons nécessaires à cette étude ont été prélevés entre le 8 et le 22 mars 2015 au moyen de rosettes CTD avec bouteilles Niskin. Quelques échantillons ont été prélevés au moyen des pompes du réseau d'incendie du bateau quand les points d'échantillonnage étaient trop distants les uns des autres (Figure 1 et annexe I).

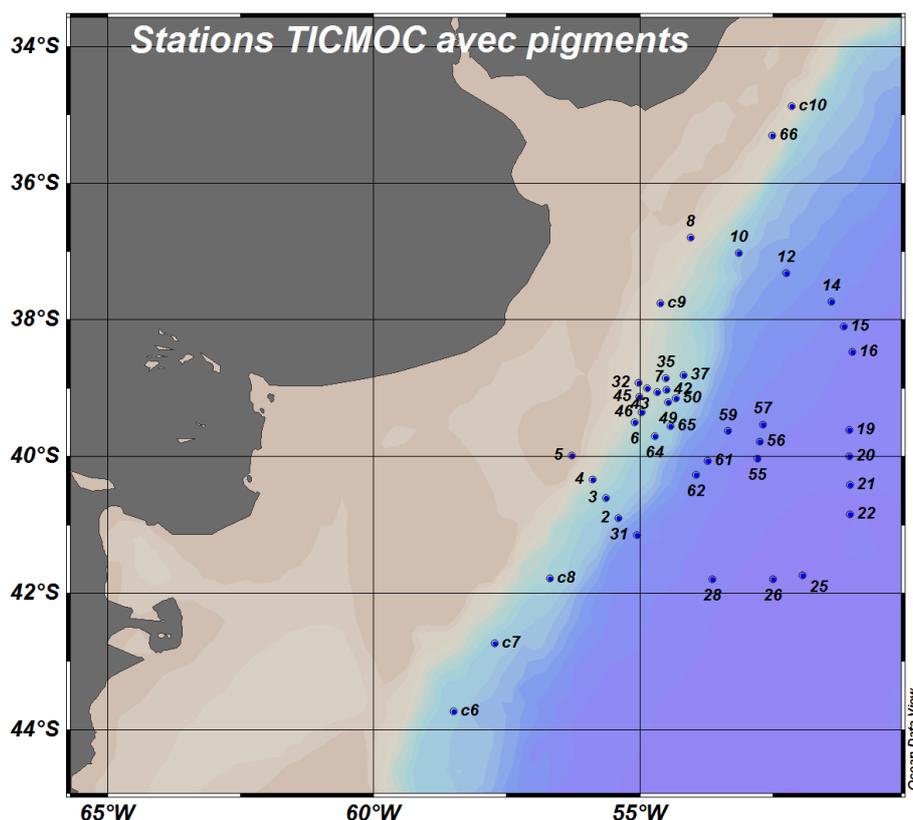


Figure 1 : Distribution spatiale des stations de prélèvement pour les analyses pigmentaires

Le réseau de stations échantillonnées avec la bathysondes CTD a été plus serré que celui des analyses pigmentaires. Ce réseau CTD permet d'avoir une image plus fine des variations spatiales des paramètres physiques dans le plan horizontal et vertical (annexe II).

Les analyses pigmentaires par HPLC ont été réalisées dans le laboratoire Dyneco-EP de Brest par Mlle. PERROT et M. DELMAS avec la méthode mise au point par Mme. van Heukelem (van Heukelem et Thomas 2001).

### 3.- DISTRIBUTION PIGMENTAIRE

Les biomasses chlorophylliennes ont varié entre 69.7 ng/L (st 12) et 2815 ng/L (st 2). Ceci montre la forte variabilité observée lors de cette campagne qui se trouve de part et d'autre de la confluence du courant chaud du Brésil, venant du nord, et du courant froid des Malouines, qui remonte le long des côtes argentines. Les plus fortes concentrations se situent dans cette zone de confluence.

Des fortes concentrations en fucoxanthine (583.9 ng/L dans la station 2), souvent utilisé comme indicateur des diatomées, sont observées sur les stations proches de la confluence. Ce pigment se trouve présent également chez les haptophytes, chrysophytes et quelques dinoflagellés, le rendant peu discriminant si ces classes algales sont présentes (Roy 2011). C'est bien notre cas, car lors des dénombrements au microscope, nous constatons la présence de *Phaeocystis* sp. (probablement *Phaeocystis antarctica*) et des coccolithophoridés (probablement *Emiliana huxleyi* [Ehux]). Dans ce type de situations, l'inférence chémotaxonomique aurait été plus aisée avec l'utilisation de la méthode HPLC de Zapata (Zapata, Rodríguez, et Garrido, 2000) car celle-ci permet de séparer les composants de la chlorophylle-c et accéder à des pigments caractéristiques de différentes classes d'haptophytes (Higgins, Wright, et Schlüter 2011).

La DVchl<sub>a</sub> et la zéaxanthine, marqueurs des cyanobactéries, sont davantage présentes dans les eaux chaudes du courant du Brésil. La présence de fortes concentrations en DVchl<sub>a</sub> (jusqu'à 306 ng/L à la station 57) met en évidence la présence des cyanobactéries prochlorophycées.

Avec des concentrations qui atteignent 105.1 ng/L, la péridinine, biomarqueur des dinophycées, est présente dans la plupart des échantillons. Nous retiendrons cette classe algale pour l'étude chémotaxonomique.

La chlorophylle<sub>b</sub> est présente dans la plupart des stations échantillonnées, atteignant 313 ng/L dans la station 2. Elle est corrélée avec la prasinoxantine, marqueur de la classe des prasinophytes. Nous observons la présence des pigments tels que la violaxanthine, la néoxanthine et la lutéine, présents également dans les prasinophytes, ce qui suggère que c'est la principale classe algale représentant les « algues vertes ». Une faible partie des échantillons présente des concentrations en chlorophylle<sub>b</sub> avec absence de prasinoxantine, mais reste minoritaire et ne justifie pas d'inclure une autre classe algale dans l'étude.

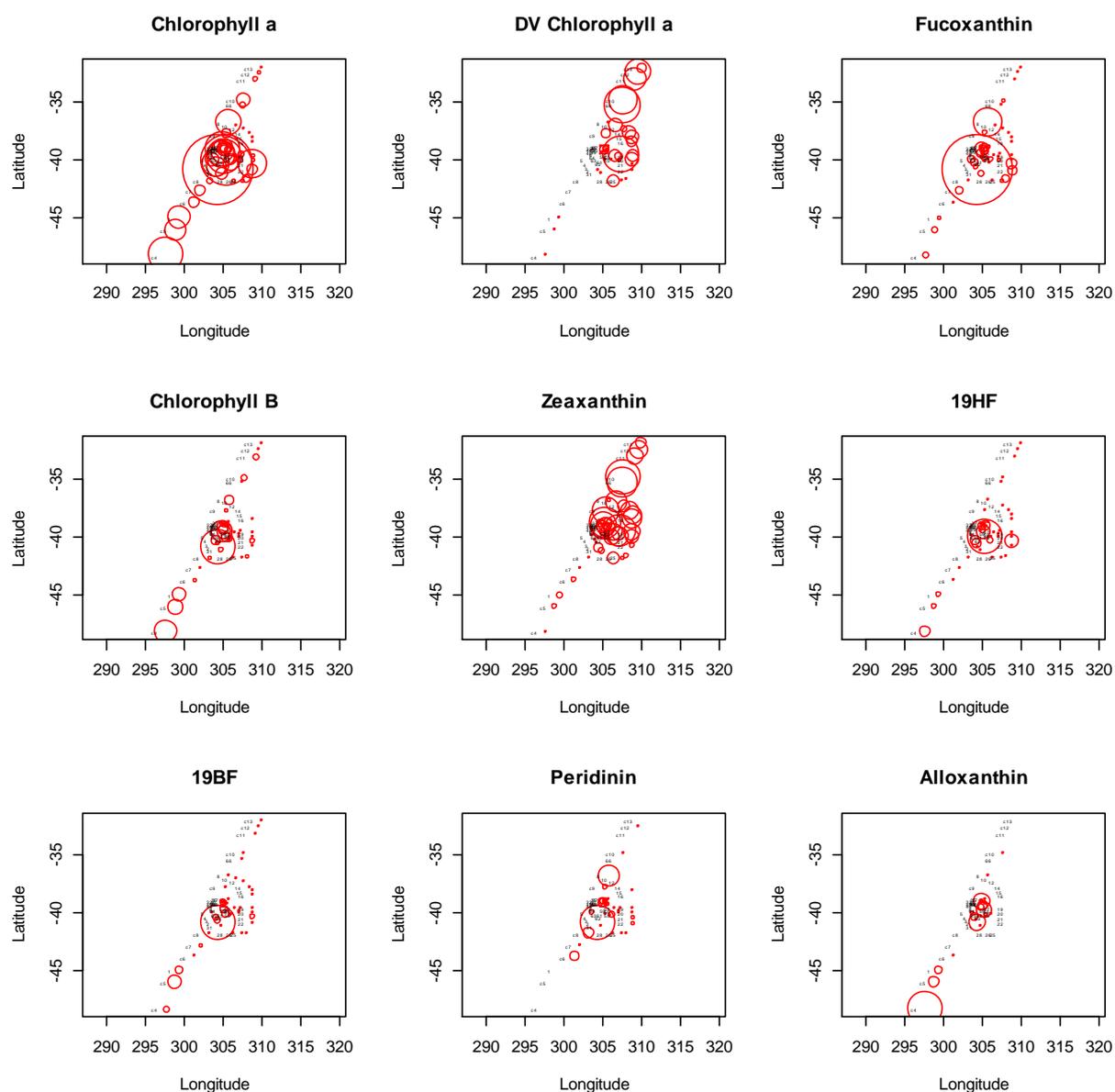
La présence d'alloxantine, bien qu'en quantités modérées, est cependant un signal sans équivoque de la présence de Cryptophytes dans l'ensemble des échantillons. La distribution spatiale des pigments présentée dans l'annexe III a été réalisée avec le logiciel Ocean Data View (Schlitzer 2014).

#### Matrice pigmentaire

La matrice pigmentaire utilisée pour les analyses chémotaxonomiques englobe tous les échantillons pris sur les côtes argentines et uruguayennes. Ils sont également inclus les échantillons pris au moyen des pompes à eau de mer du bord (échantillons c4 à c10). Tous les échantillons ont été pris au niveau surface/sub-surface (1 à 5m de profondeur).

Sur l'ensemble de pigments quantifiés par l'HPLC (Annexe VI), nous retiendrons les pigments suivants pour les analyses chémotaxonomiques : **C3, peri, BF, fuco, prasi, HF, allo, zea, chl<sub>b</sub>, DVchl<sub>a</sub> et chl<sub>a</sub>**

Dans la figure 2 est présentée la distribution relative (qualitative) de tous les pigments analysés afin d'apprécier rapidement leur distribution spatiale.



**Figure 2 : Distribution spatiale de la concentration des principaux pigments biomarqueurs (qualitative). La taille des cercles représente proportionnellement la quantité présente dans chaque station pour chaque pigment**

Etant donné que les prochlorophycées contiennent de la DVchl<sub>a</sub> à la place de la chl<sub>a</sub> nous ne pouvons pas utiliser directement les rapports chl<sub>a</sub>/pigment pour cette classe. Nous obtiendrons directement le pourcentage de prochlorophycées par le rapport entre DVchl<sub>a</sub> et chl<sub>a</sub>. Puis, nous

réalisons une étude chémotaxonomique séparée pour les autres classes algales qui contiennent de la chla comme proxy de la biomasse. A la fin, nous ajustons le pourcentage de ces dernières en fonction de la chlorophylle *a* totale (Tchl<sub>a</sub>). Cette procédure sera utilisée pour toutes les méthodes chémotaxonomiques mises en œuvre (Not et al. 2008).

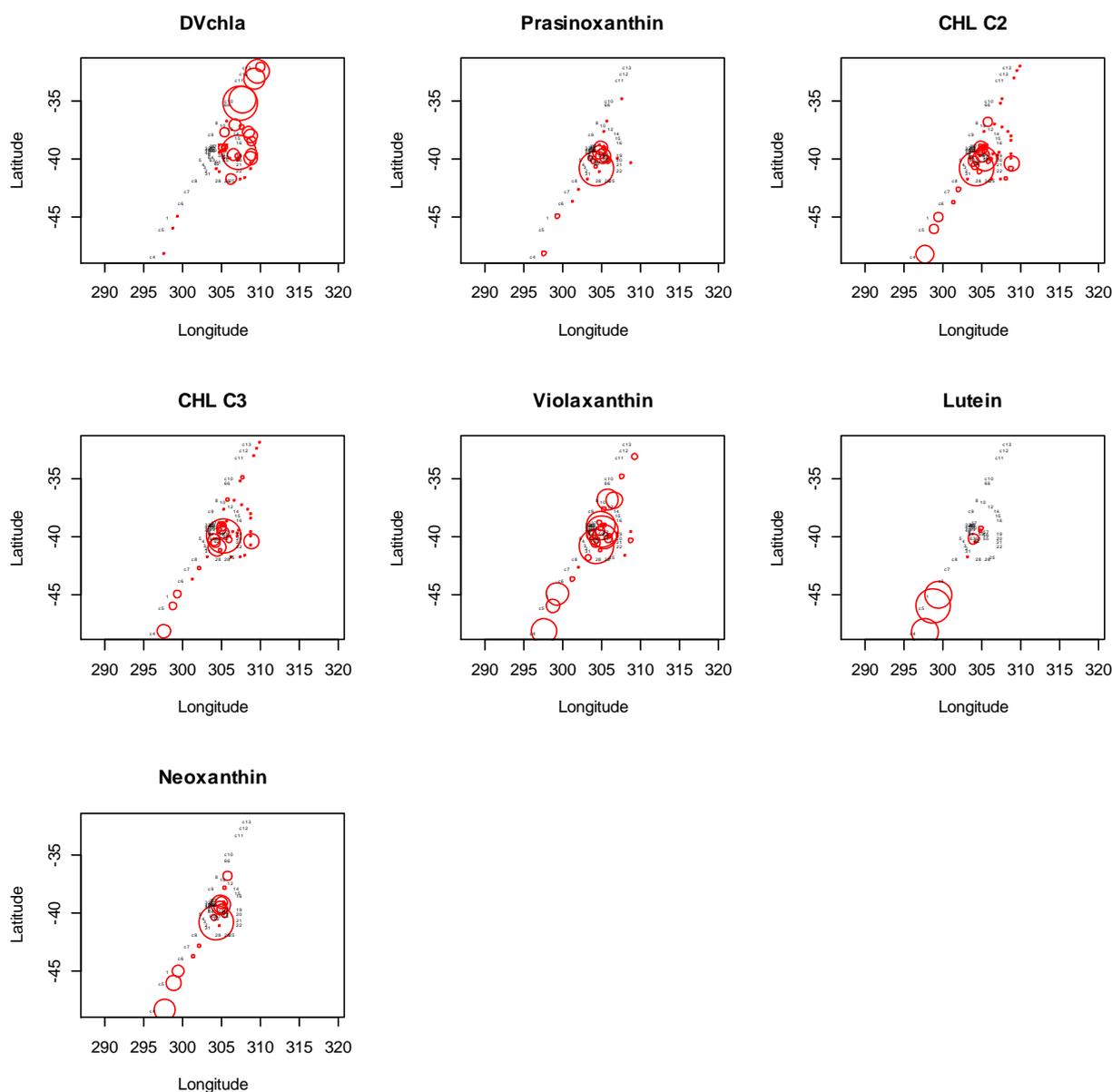


Figure 2 : (suite)

### Corrélations pigmentaires

La matrice de corrélations effectuée sur les pigments retenus montre que la chla est fortement corrélée avec la 19BF la prasincoxanthine et la chlB (tableau 1). La péridinine, fucoxanthine, 19HF et alloxanthine présentent des coefficients de corrélation supérieurs à 0.5. Seul la zéaxanthine et la

DVchla montrent des coefficients inférieurs à 0.5, ce qui peut s'expliquer par le fait que la zea est en grande partie présente dans les prochlorophycées, qui elles même ne contiennent pas de la chla, mais de la DVchla. Ceci est plus facilement visible dans la figure 3 où les corrélations sont illustrées au moyen d'un dendrogramme. Dans cette figure la chla a été exclue afin de mieux apprécier les corrélations entre pigments biomarqueurs.

Tableau 1 : Corrélations entre la biomasse chlorophyllienne et les pigments présents dans les échantillons

	peri	BF	fuco	prasi	HF	allo	zea	chlb	dvchla
BF	0.59								
fuco	0.86	0.81							
prasi	0.59	0.82	0.78						
HF	-0.06	0.36	0.1	0.39					
allo	0.19	0.61	0.41	0.62	0.43				
zea	-0.16	-0.27	-0.18	-0.23	-0.4	-0.27			
chlb	0.45	0.82	0.69	0.84	0.39	0.81	-0.23		
dvchla	-0.24	-0.26	-0.26	-0.33	-0.31	-0.34	0.75	-0.3	
chla	0.52	0.83	0.73	0.87	0.68	0.71	-0.34	0.87	-0.41

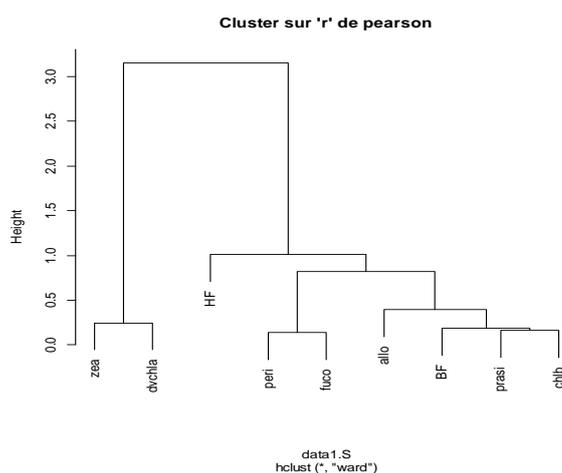


Figure 3 : Dendrogramme de hiérarchisation des pigments selon leur coefficient de corrélation 'r' de Pearson. La chla a été exclue de cette analyse

### Approche chémotaxonomique préliminaire

Une première approche par la méthode des « Diagnostic pigments » (DP) (Hervé Claustre et al. 1994) a été réalisée en considérant les rapports pigmentaires chla/biomarqueur de la littérature. Plusieurs hypothèses de travail ont été effectuées avec des rapports pigmentaires différents. Bien que la corrélation entre chla et pigments utilisés soit significative ( $R^2=0.93$ ), l'ajustement des dominances (% de chaque classe algale sur la biomasse totale) présente de très fortes variations. L'une des causes probables de ces variations est la forte hétérogénéité des assemblages phytoplanctoniques, qu'en fonction de la masse d'eau concernée présentent des rapports pigmentaires trop éloignés.

L'utilisation de la méthode de régressions multiples s'est heurtée au même problème, ce qui nous pousse à mettre en œuvre la méthode CHEMTAX, développée par le CSIRO en Australie.

## 4.- ANALYSES CHEMOTAXONOMIQUES PAR CHEMTAX

La méthode CHEMTAX nous permettra de mieux discriminer les classes algales par des rapports multi-pigmentaires, ce qui était impossible avec les méthodes DP et de régressions multiples.

### Méthode CHEMTAX

Pour éviter les problèmes de valeurs négatives et incohérentes qui peuvent être obtenues par les régressions multiples, Mackey et al. 1997 ont développé **CHEMTAX** (CHEMical TAXonomy) sous environnement Matlab® (Mathworks, Inc.), puis sous Excel® (Microsoft, Inc.) pour la version Chemtax 1.95. Ce programme d'analyse factoriel permet d'obtenir la contribution de chaque classe algale par rapport à la biomasse totale. La matrice de pigments [S] est factorisée en une matrice de rapports pigmentaires [F] et une autre matrice qui donne l'abondance de chaque classe algale par échantillon [C]. Une matrice initiale de rapports pigmentaires [F<sub>0</sub>], issue de la littérature, est définie afin de commencer les calculs itératifs. Le nombre infini de factorisations possibles implique une absence de solution analytique. Néanmoins, à partir d'une première estimation des abondances de classes algales [C<sub>0</sub>] le résidu  $\varepsilon_0$  est calculé.

$$\varepsilon_0 = \|S - \hat{C}_0 F_0\|$$

Afin de minimiser  $\varepsilon_0$ , les valeurs de [F<sub>0</sub>] vont varier à un pas régulier, calculant  $\hat{C}$  et  $\varepsilon$  chaque fois. Le système est cependant limité par :

$$[\hat{C}_0]_{ij} \geq 0 \quad \forall_{ij}$$

$$\sum_j [\hat{C}_0]_{ij} = 1 \quad \forall_j$$

Ce qui veut dire qu'il n'accepte pas les valeurs négatives et que la somme des abondances [dominances] devra être égale à 100%. Les itérations s'arrêtent quand  $\varepsilon_0$  est minimisé.

Pratiquement, il faut rentrer dans le programme les matrices de pigments échantillonnées [S], la matrice des rapports pigmentaires [F<sub>0</sub>], exprimé en chl*a*/biomarqueur, biomarqueur/chl*a* ou biomarqueur/nombre de cellules, et finalement la matrice de rapports limites qui permet de donner les écarts maximum dans la plage de variation de chaque pigment [RLM]. Une nouvelle matrice [F<sub>0</sub>] est ainsi calculée.

Plusieurs options au niveau de la paramétrisation des itérations, du calcul et du type de matrice de résultats voulus sont possibles. Le résultat peut être demandé en pourcentage de classe algale par station (dominance en % sur la biomasse chlorophyllienne), ou de poids relatifs en ng·L<sup>-1</sup> chl*a*.

Il est essentiel d'ajuster au mieux les rapports initiaux [F<sub>0</sub>] de ceux qui sont susceptibles d'être rencontrés dans les échantillons, et donc d'avoir la meilleure connaissance possible des classes algales dominantes et leurs rapports pigmentaires. Il est toujours préférable de disposer des échantillons d'eau de mer pour connaître les espèces présentes dans les échantillons avant de définir la matrice de rapports pigmentaires F<sub>0</sub> (Irigoiien et al. 2004) ainsi que l'environnement physico-chimique dans lequel ils ont évolué.

### Matrice pigmentaire initiale Fo

Avant de commencer le travail de calcul, nous nous sommes renseignés sur les travaux qui ont été réalisés sur cette même zone d'études et de préférence ceux qui ont été menés avec des pigments phytoplanctoniques. Concernant les études des phénomènes physiques et biologiques qui ont lieu dans cette zone de mélange nous retiendrons celles qui pourraient nous donner des indications des évolutions des masses d'eau et tout particulièrement celles qui ont utilisé la méthode CHEMTAX (de Souza et al. 2012 ; Gonçalves-Araujo et al. 2012 ; J. I. Carreto et al. 2003 ; José I. Carreto et al. 2008 ; Moreno et al. 2012 ; Gayoso et Podestá 1996 ; Gayoso 1995).

Ces auteurs ont mis en œuvre des matrices initiales Fo avec les rapports pigmentaires utilisés par Carreto (2003, 2008). De Souza et al. (2011) ont cependant utilisé une matrice Fo qui différencie les haptophytes du type 6 (Ehux) de celles du type 8 (Phaeocystis) sans faire appel aux pigments issus de la méthode de Zapata (2000) tels que MGDG-chlC2 ou Mg-DVP. Nous avons adopté cette matrice Fo pour nos calculs dans un premier temps, puis nous avons réalisé une vingtaine de calculs avec des variantes de la matrice Fo en fonction de celles déjà publiées et avec des modifications spécifiques aux peuplements observés. Nous avons retenu (Tableau 2) celle qui donnait les résultats de CHEMTAX les plus cohérents avec les observations au microscope optique.

La présence de *Pseudonitzschia* sp. et *Rhizosolenia setigera* dans nos échantillons nous ont permis d'ajuster la matrice de 'de Souza' avec l'inclusion des classes Diatomées 1 et Diatomées 2 (Higgins, Wright, et Schlüter 2011). Pour les dinoflagellés il va de même car des nombreuses cellules de petite taille de *Gymnodinium*, *Karenia* et *Amphidinium* ont été également observées.

**Tableau 2 : Matrice de rapports pigmentaires initiaux Fo utilisé pour notre calcul avec CHEMTAX**

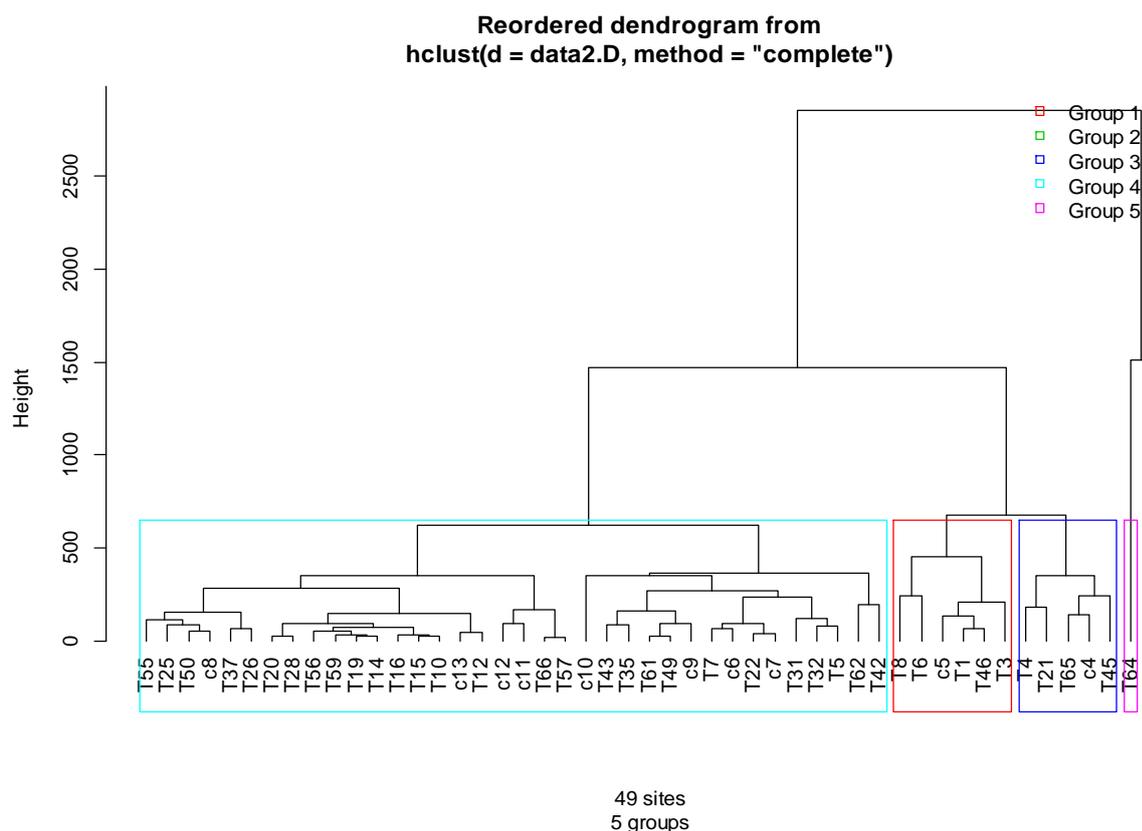
	c3	peri	BF	fuco	prasi	HF	allo	chl_b	chl_a
<b>Diatomées 1</b>	0	0	0	0.863	0	0	0	0	1
<b>Diatomées 2</b>	0.083	0	0	0.998	0	0	0	0	1
<b>Dinoflagellés 1</b>	0	0.800	0	0	0	0	0	0	1
<b>Dinoflagellés 2</b>	0.035	0	0	0.190	0	0	0	0	1
<b>Emiliana huxleyi</b>	0.181	0	0	0.212	0	0.739	0	0	1
<b>Phaeocystis</b>	0.154	0	0.105	0.174	0	0.396	0	0	1
<b>Cryptophycées</b>	0	0	0	0	0	0	0.700	0	1
<b>Prasinophycées</b>	0	0	0	0	0.372	0	0	1.156	1

Contrairement à la matrice Fo de 'de Souza', nous n'avons pas gardé la zéaxanthine car elle présente une forte corrélation avec la DVchl<sub>a</sub>, ce qui suggère que l'essentiel de ce pigment est associé au groupe des prochlorophycées. D'autres cyanophycées contenant de la zéaxanthine peuvent être présentes en faible quantité dans ces eaux, mais nous ne tiendrons pas compte.

La présence de DVchl<sub>a</sub> est prise séparément du calcul de CHEMTAX. Certains auteurs l'incluent dans la matrice Fo, mais des erreurs de calcul ne sont pas à exclure. Pour cette raison nous calculons séparément la dominance des prochlorophycées (% prochloros) comme le pourcentage de la DVchl<sub>a</sub>/Tchl<sub>a</sub> (Not et al. 2008).

### Calculs CHEMTAX

Pour optimiser les calculs sur CHEMTAX il est préférable de scinder la matrice de données pigmentaires [S] en fractions homogènes. Ceci peut être réalisé en fonction de la période d'échantillonnage, du secteur géographique ou selon la composition pigmentaire elle-même. Nous adoptons une première approche en réalisant une analyse par groupements hiérarchiques (clusters) sur la matrice pigmentaire totale en utilisant la distance euclidienne D1 (Legendre et Legendre 1998) afin de déceler des discontinuités dans le pool pigmentaire. Cette méthode, qui permet d'améliorer l'inférence chénotaxonomique, a abouti à la séparation présentée dans la figure 4.



**Figure 4 : Résultat du groupement hiérarchique mené sur la matrice pigmentaire totale avec la distance euclidienne D1**

Cette sectorisation présente un cluster avec plus de la moitié de stations et des clusters avec une seule station. Mais pour que CHEMTAX calcule correctement les résultats il faut que la matrice de données [S] ait au moins 10 stations. Nous utilisons donc la matrice entière dans un premier calcul préliminaire afin d'évaluer les résultats. Nous constatons dans ce calcul de CHEMTAX de trop fortes dominances de *Phaeocystis* en comparaison avec les observations qualitatives réalisés au microscope optique.

Nous avons alors testé une séparation de la matrice de données selon i) la présence de *DVchl a* et ii) selon la position des stations dans le diagramme TS (Figure 5). Ces deux approches présentent une forte similarité et un grand nombre de stations en commun, nous avons alors choisi le fractionnement qui fait appel au diagramme TS.

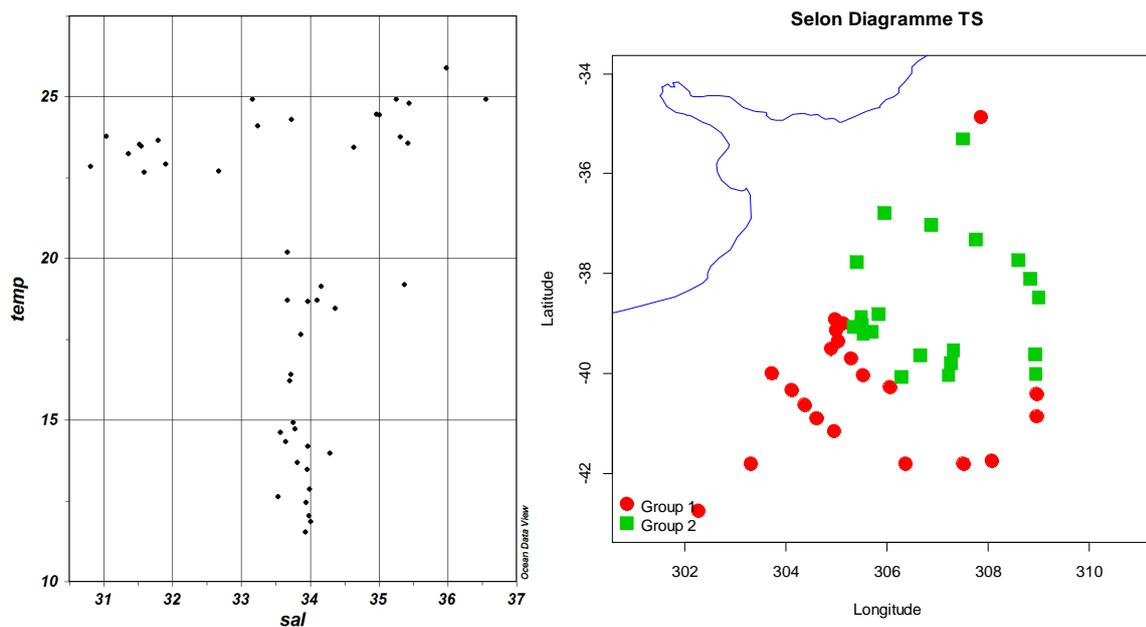


Figure 5 : Diagramme TS des échantillons de surface où des analyses pigmentaires ont été effectuées et leur position géographique

La matrice de rapports limites [RLM] adoptée est fixée à une valeur de 500 sur tous les pigments, chla incluse (Mackey et al. 1996). Des tests avec des valeurs de RLM=200 ont été également réalisés, mais nous avons constaté de très faibles différences par rapport aux valeurs de RLM=500. La même matrice Fo est appliquée pour chacun de deux clusters, mais la matrice de rapports pigmentaires finale F1 sera différente.

### Optimisation de CHEMTAX

Une première série de calculs permet de fixer les bons paramètres et les meilleures combinaisons tout en ayant un résultat adéquat sur la distribution des classes algales. Cependant il est possible que le calcul ne donne pas le meilleur résultat s'il trouve un minimum local. Ce problème est résolu avec la version CHEMTAX 1.95, qui permet d'effectuer plusieurs calculs en utilisant des matrices de rapports pigmentaires Fo qui varient autour des valeurs initiaux. 61 matrices aléatoires Fo sont alors créées avec une variation contrôlée (d'environ 35%) autour de ses valeurs. Ces points de départ divers permettent de s'assurer que le résultat n'est pas entaché d'un minimum local d'une part, et d'obtenir une vision de la dispersion des résultats autour d'une moyenne sur les six ou dix meilleurs résultats (moindre erreur  $\epsilon_0$  = RMS dans CHEMTAX), d'autre part.

La matrice de rapports pigmentaires Fo est alors recalculée pour aboutir à la matrice ajustée F1. Le tableau 3 présente les valeurs moyennes des 6 meilleurs résultats obtenus après calcul, pour les clusters du groupe 1 et du groupe 2 (figure 3).

Ces résultats restent dans la plage des valeurs observées dans la littérature (Higgins, Wright, et Schlüter 2011). Pour le groupe 1, le rapport fuco/chla des Dinoflagellés 2 est de 0.047 et pour le

groupe 2 cette valeur descend à 0.039 ; ils sont en dessous des valeurs minimales obtenues en laboratoire, mais restent dans la plage de valeurs constatés dans le terrain. Cette même situation est observée avec le rapport C3/chla dans *Emiliana huxleyi* du groupe 2. A l'opposé de ces faibles valeurs de rapports pigmentaires, nous constatons des valeurs du rapport chlB/chla de la classe de Prasinophycées, qui se situent juste au-dessus des valeurs maximales des rapports constatés en laboratoire, mais toujours très en dessous de celles mises en évidence sur le terrain.

**Tableau 3 : Matrice finale de rapports pigmentaires F1 après optimisation (moyenne des 6 meilleurs résultats) pour les groupes 1 (zone froide) et 2 (zone chaude)**

Groupe 1	c3	peri	BF	fuco	prasi	HF	allo	chlB	chl_a
Diatomées 1	0	0	0	0.818	0	0	0	0	1
Diatomées 2	0.102	0	0	1.015	0	0	0	0	1
Dinoflagellés 1	0	0.913	0	0	0	0	0	0	1
Dinoflagellés 2	0.028	0	0	0.047	0	0	0	0	1
<i>Emiliana huxleyi</i>	0.174	0	0	0.040	0	0.920	0	0	1
Phaeocystis	0.106	0	0.140	0.034	0	0.205	0	0	1
Cryptophycées	0	0	0	0	0	0	0.648	0	1
Prasinophycées	0	0	0	0	0.159	0	0	1.494	1

Groupe 2	c3	peri	BF	fuco	prasi	HF	allo	chlB	chl_a
Diatomées 1	0	0	0	0.81	0	0	0	0	1
Diatomées 2	0.103	0	0	0.958	0	0	0	0	1
Dinoflagellés 1	0	0.843	0	0	0	0	0	0	1
Dinoflagellés 2	0.008	0	0	0.039	0	0	0	0	1
<i>Emiliana huxleyi</i>	0.097	0	0	0.22	0	1.084	0	0	1
Phaeocystis	0.132	0	0.15	0.083	0	0.087	0	0	1
Cryptophycées	0	0	0	0	0	0	0.618	0	1
Prasinophycées	0	0	0	0	0.067	0	0	1.172	1

L'utilisation des mêmes pigments pour les classes de Diatomées 2 et Dinoflagellés 2 peut provoquer des problèmes de calcul au moment de l'ajustement des matrices de résultats. Nous avons observé un phénomène de flipping dans l'évolution des valeurs de dominances sur les derniers 5 résultats au moment de l'optimisation avec les 61 matrices aléatoires. C'est-à-dire que sur les 61 calculs réalisés, nous observons une tendance au croisement des résultats entre ces deux classes quand ils sont ordonnés de façon décroissante par rapport à leur ajustement (RMS). Ceci ne pose pas de problèmes pour les résultats du groupe 1, mais pour le groupe 2 nous avons éliminé les 5 derniers résultats qui présentaient des fortes variations dans les rapports pigmentaires.

Les tableaux de résultats finaux présentent alors les moyennes des 6 meilleures analyses pour chaque groupe. Les pourcentages de dominances des classes algales autres que les prochlorophycées ont été ajustés en fonction de la Tchla pour que la somme de 'prochlorophycées + autres classes' soit égale à 100%.

Tableau 4 : Pourcentages de dominance des classes algales sur la biomasse chlorophyllienne totale (Tchl<sub>a</sub>) par station et par groupe

St	GROUPE 1								
	PROCH	DIATO1	DIATO2	DINO1	DINO2	EHUX	PHAEO	CRYPT	PRASINO
1	0	0	1	0	20	21	44	2	12
2	1	13	7	5	6	0	56	2	11
3	0	2	1	0	10	45	37	1	4
4	0	0	3	0	27	34	28	2	7
5	0	10	0	3	42	18	19	2	5
6	0	2	2	1	59	7	12	2	16
7	0	0	4	7	27	16	42	1	3
21	2	0	4	2	16	50	22	0	4
22	3	15	1	4	36	7	31	0	2
25	7	2	16	3	38	4	22	0	7
26	12	3	12	5	39	2	22	0	4
28	36	0	5	3	23	5	24	0	3
31	2	0	7	2	49	12	18	1	9
32	0	3	0	5	36	17	30	2	7
45	0	6	0	3	34	21	24	3	8
46	1	0	1	0	37	30	20	3	9
62	0	1	0	1	24	43	22	0	8
64	0	0	0	0	6	69	19	1	4
65	0	1	0	0	23	38	25	3	10
c4	0	0	2	0	23	32	25	7	12
c5	0	2	2	0	0	12	68	4	13
c6	0	3	0	8	40	13	27	1	7
c7	0	0	13	3	36	6	38	0	5
c8	0	3	0	16	30	16	26	0	9
c10	29	1	2	2	36	6	17	1	7
c11	44	0	1	0	28	6	9	0	12
c12	56	1	0	1	26	4	10	0	2
c13	47	0	3	0	20	6	21	0	4
MOY==>	11	2	3	3	29	19	25	1	7
Min	0	0	0	0	0	2	9	0	2
Max	56	15	16	16	49	69	68	7	13

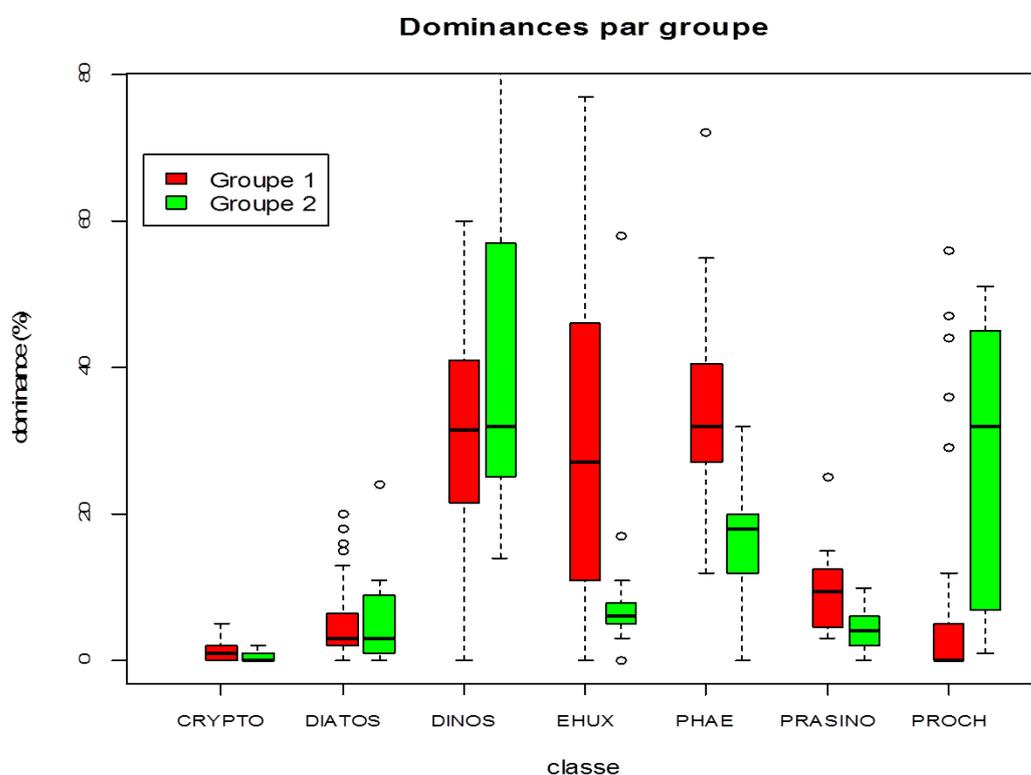
St	GROUPE 2								
	PROCH	DIATO1	DIATO2	DINO1	DINO2	EHUX	PHAEO	CRYPT	PRASINO
8	1	1	23	8	51	3	5	1	8
10	51	2	0	0	29	0	18	0	0
12	45	0	4	0	14	8	29	0	0
14	46	1	0	0	32	8	13	0	0
15	51	1	0	2	23	5	18	0	0
16	43	0	0	0	29	5	20	0	4
19	40	1	0	2	25	7	23	0	2
20	38	0	0	2	29	5	19	0	7
35	3	2	4	2	81	3	0	1	4
37	3	0	10	3	53	11	18	0	1
42	11	1	0	4	12	58	7	1	6
43	12	0	10	1	56	3	10	1	7
49	7	4	7	4	46	5	20	1	6
50	3	0	9	6	26	17	32	1	6
55	10	1	8	4	58	5	11	0	4
56	32	3	0	2	36	8	15	0	4
57	51	0	2	2	14	7	20	0	4
59	43	0	2	3	11	7	24	0	10
61	6	1	8	6	55	6	12	2	5
66	51	0	0	0	19	7	18	0	4
c9	17	0	5	4	47	6	12	0	7
MOY==>	27	1	4	3	36	9	16	0	4
Min	1	0	0	0	11	0	0	0	0
Max	51	4	23	8	81	58	32	2	10

## Résultats CHEMTAX

Le tableau 4 et l'annexe IV présentent les résultats obtenus avec CHEMTAX. Il s'agit des pourcentages de chaque classe algale sur la biomasse totale Tchl<sub>a</sub> (dominance) en fonction de leur distribution spatiale (et par groupe de calcul CHEMTAX). Dans les eaux plus froides du groupe 1, l'essentiel de la biomasse chlorophyllienne est représentée par les dinoflagellés, les Haptophytes du type 6 (Ehux)

celles du type 8 (Phaeocystis) et les cyanophycées (Prochlorophycées et cyanobactéries). Les eaux plus chaudes du groupe 2 présentent une nette dominance de Prochlorophycées, avec des valeurs qui dépassent 50%. Les dinoflagellés de type 2 sont très nombreux dans les deux groupes, avec des valeurs moyennes de 29 % et 36% respectivement pour les groupes 1 et 2. EHUX est mieux représenté dans les eaux froides du groupe 1, avec une moyenne de 19% et une dominance maximale de 69% pour la station 64. Phaeocystis, bien que représenté dans les deux groupes, il présente des dominances supérieures dans les eaux froides du groupe 1, où la moyenne est de 25%. Les Cryptophycées sont faiblement représentées dans les deux groupes, avec des plus fortes valeurs dans le groupe 1 (7% maximum). C'est également le cas de prasinophycées, qui présentent respectivement des dominances de 7% et 4% pour les groupes 1 et 2.

Les plus fortes différences entre les deux groupes est plus aisément lisible dans la figure 6, où les écarts des classes algales EHUX, PHAEO et PROCH selon le groupe est nettement plus manifeste.



**Figure 6 : Boîte à moustaches avec les médianes et dispersion des pourcentages de dominance par classe algale et par groupe (rouge=1, vert=2) sur l'ensemble des échantillons**

### Comparaison des résultats CHEMTAX avec les observations au microscope

Des observations au microscope optique ont été effectuées sur un nombre restreint d'échantillons afin d'améliorer l'étude chémotaxonomique et mieux définir les rapports pigmentaires à introduire dans la matrice initiale Fo (figure 7). Les échantillons ont été préalablement fixés au Lugol tamponné afin de préserver au mieux les structures calcaires des coccolithophoridés et stockés au frais et à l'abri de la lumière jusqu'à leur observation 7 mois plus tard. Le calcul des biovolumes a été réalisé

selon la procédure HELCOM (Olenina et al. 2006) avec conversion des biovolumes en biomasse en carbone par les équations de Eppley (Strickland 1970). Ces dénombrements et les biomasses en carbone qui en découlent ne se veulent pas un travail exhaustif, mais un appui à la validation des résultats obtenus par CHEMTAX (annexe VII).

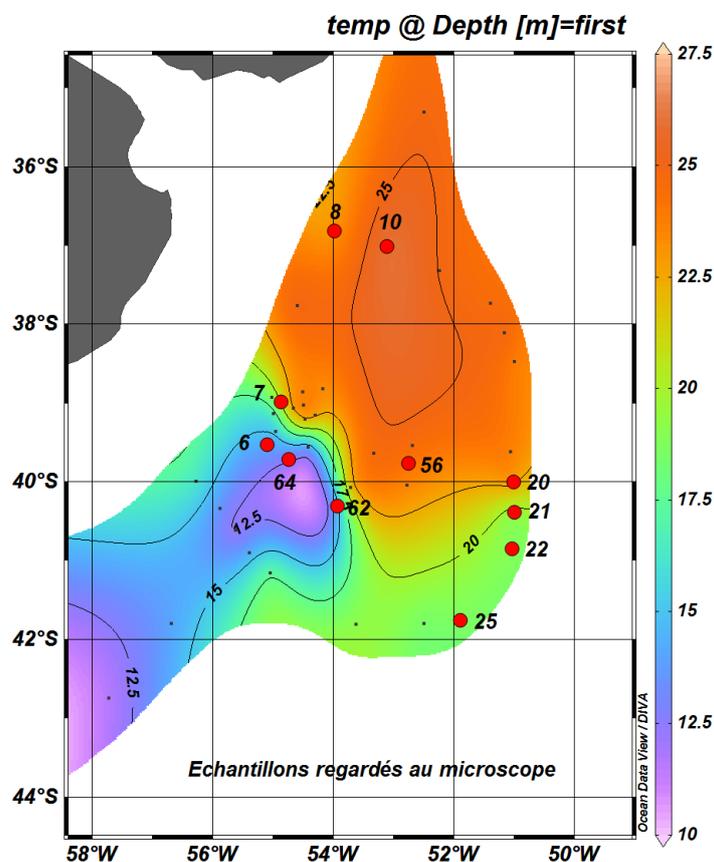


Figure 7 : Echantillons qui ont été observés au microscope optique

La comparaison entre résultats de CHEMTAX et les dénombrements cellulaires au microscope doit être prise avec précaution. Les dénombrements au microscope ne reflètent que la partie microphytoplanctonique et parfois une partie du nanophytoplancton, mais dans des eaux oligotrophes où des petites cellules du pico- et nanophytoplancton sont majoritaires, le microscope ne donne pas une vision complète des assemblages présents. De plus, les abondances cellulaires ne sont pas directement comparables avec les biomasses chlorophylliennes obtenues par CHEMTAX, et même la conversion des abondances cellulaires en biovolume produit des fortes distorsions car les rapports en carbone et/ou chlorophylle des protoplastes ne sont pas constants.

De plus, les rapports pigments/chla utilisés par CHEMTAX, qui varient en fonction des conditions environnementales (nutriments, lumière, état physiologique des algues) sont considérés invariables lors des calculs de CHEMTAX. Au mieux il est possible de découper la matrice pigmentaire en zones homogènes, mais rapidement nous arrivons aux tailles de matrice incompatibles avec un bon calcul (idéalement plus de 10 échantillons avec CHEMTAX).

La zone d'étude de la campagne TIC-MOC, très étendue, présente une forte variabilité dans les assemblages pigmentaires, où des fortes différences entre les rapports pigment/chla existent et augmentent les incertitudes de l'inférence chémotaxonomique.

**Tableau 5 : Synthèse des résultats des biomasses (en carbone) obtenues au microscope optique sur les stations de la figure 7. Chaque croix (+) correspond à un intervalle de 20% de dominance dans la biomasse en carbone (+=0-10% ; +=20-40% ;...)**

Dominance selon comptages (biomasse C)								Dominance selon CHEMTAX (biomasse chla)					
Group	st	DIATO	DINO	EHUX	PHAEO	CRYPT	cellules	st	DIATO	DINO	EHUX	PHAEO	CRYPT
2	8	++	++++		+		grosses	8	++	++++	+	+	+
2	10	+	++++	+	+	+	grosses	10	+	+++		++	+
2	20	+	++++	+	+	+	petites	20		+++	+	++	+
2	56	++	+++		+	+	grosses	56	+	+++	+	++	+
1	6	+	++++		+	+	petites	6	+	++++	+	+	+
1	7	+	++++				petites	7	+	++	+	+++	+
1	21	+++	+	+	++		petites	21	+++	+		++	+
1	22	+++	++	+	+	+	petites	22	+	+++	+	++	+
1	25	+++	+++		+		grosses	25	++	+++	+	++	
1	62	++	++++		+	+	grosses	62	+	++	+++	++	+
1	64	+	+		++++		petites	64		+	++++	+	+
1	65		++++		+	+	petites	65	+	++	+++	++	+

Le tableau 5 présente un état des assemblages phytoplanctoniques où les dinoflagellés restent majoritaires (en biomasse) avec les diatomées et en moindre mesure Phaeocystis. Ce type d'observations favorise la présence des grandes cellules (diatomées et dinoflagellés) par rapport aux petites cellules difficilement identifiables. Les résultats obtenus avec CHEMTAX pour les dinoflagellés suivent les mêmes tendances que celles observées au microscope dans les eaux chaudes du groupe 2. Les tendances avec les échantillons des eaux froides du groupe 1 sont moins bonnes, probablement à cause de la forte présence de EHUX et Phaeocystis, qui partagent avec les diatomées et les dinoflagellés du type 2 le même pool pigmentaire. Nous avons observé dans les échantillons au microscope, des dinoflagellés du genre *Karenia*, qui eux peuvent contenir de la chlB, de la fucoxanthine et de la 19HF au lieu de la péridinine. Les dinophycées posent souvent des problèmes en chémotaxonomie par leur capacité à être autotrophes (avec des pools pigmentaires atypiques), hétérotrophes ou mixotrophes selon les conditions environnementales.

Chez les diatomées, nous avons observé une forte proportion de cellules de petite taille avec des frustules *quasi* transparents, difficilement observables ou tordus. La mesure du pH des échantillons au moment des dénombrements montrent une valeur qui oscille autour de 7.3. Cette valeur, particulièrement acide, aurait pu causer la dissolution des coccolites et frustules après un stockage de 7 mois. Il devient donc difficile de valider les résultats obtenus par CHEMTAX avec les dénombrements réalisés au microscope. Le partage des pigments similaires entre EHUX et PHAEO peut mener à une mauvaise distribution de dominances entre ces deux genres, tous les deux appartenant à la classe des Haptophytes. La somme des deux doit cependant présenter des résultats plus robustes si l'on considère les Haptophytes dans leur ensemble.

## 5.- ÉTUDE DES CLASSES DE TAILLE PIGMENTAIRES

Depuis une vingtaine d'années il a été démontré l'intérêt de l'utilisation des pigments pour estimer la distribution des biomasses chlorophylliennes par classes de taille (Claustre 1994 ; Vidussi et al. 2001 ; Uitz et al. 2006 ; Uitz et al. 2008). Nous appliquerons ici la méthode mise en place par Uitz et al. (2006), qui utilise comme biomarqueurs de classes de taille les pigments suivants :

Fuco et peri : microphytoplancton

19HF, 19BF et Allo : nanophytoplancton

Tchl<sub>b</sub> et zea : picophytoplancton

Ces biomarqueurs sont intégrés dans la formule générale des « diagnostic pigments » :

$$\Sigma DPw = 1.41[\text{fuco}] + 1.41[\text{peri}] + 1.27[19HF] + 0.35[19BF] + 0.6[\text{allo}] + 1.01[\text{Tchl}_b] + 0.86[\text{zea}]$$

La proportion de chaque classe de taille sur la somme des « diagnostic pigments » est définie comme :

$$f\text{-micro} = (1.41[\text{fuco}] + 1.41[\text{peri}]) / \Sigma DPw$$

$$f\text{-nano} = (1.27[19HF] + 0.35[19BF] + 0.6[\text{allo}]) / \Sigma DPw$$

$$f\text{-pico} = (1.01[\text{Tchl}_b] + 0.86[\text{zea}]) / \Sigma DPw$$

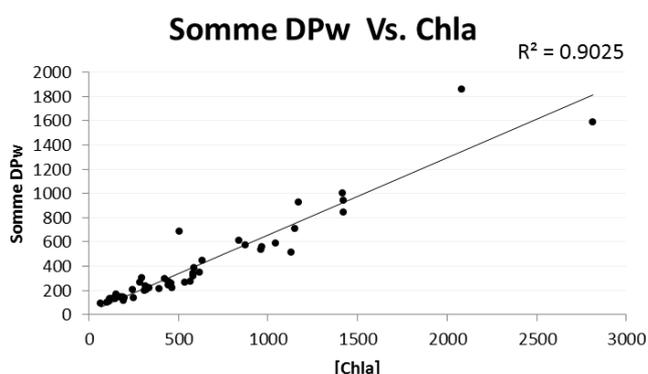
La biomasse chlorophyllienne de chaque classe de taille sera alors :

$$\text{Chla-micro} = f\text{-micro} * [\text{chla}]$$

$$\text{Chla-nano} = f\text{-nano} * [\text{chla}]$$

$$\text{Chla-pico} = f\text{-pico} * [\text{chla}]$$

La résolution de ces équations produit une matrice, où pour chaque station, nous aurons la décomposition de la biomasse chlorophyllienne (chla) dans ces trois classes de taille ainsi que le pourcentage de la biomasse par classe de taille. La qualité de ces résultats dépendra étroitement de la bonne corrélation entre la chla et  $\Sigma DPw$ . Dans notre cas nous obtenons une valeur de  $R^2=0.90$  (figure 8).



**Figure 8 : Relation entre la biomasse chlorophyllienne (chla) et la somme des « diagnostic pigments »**

La figure 9 présente la décomposition dans ces trois classes de taille sur l'ensemble de stations échantillonnées avec les pigments (voir également annexe VIII). Nous observons une forte variabilité dans les trois classes de taille. Une première partie de la figure, où le pourcentage du nanophytoplancton est supérieur à 50% (les premières 15 stations) ne montre pas de véritable

dynamique d'opposition entre micro- et picophytoplancton comme l'on peut observer dans les eaux tempérées françaises. A partir de la station N°2 le nanophytoplancton reste en dessous de 30% et le microphytoplancton est en nette opposition par rapport au picophytoplancton. Ceci est plus facilement visible dans les figures 10a et 10b, où les deux groupes sont clairement différenciés. Ces fortes dominances en nanophytoplancton correspondent aux forts pourcentages en Haptophytes (*Phaeocystis* et *Emiliania huxleyi*).

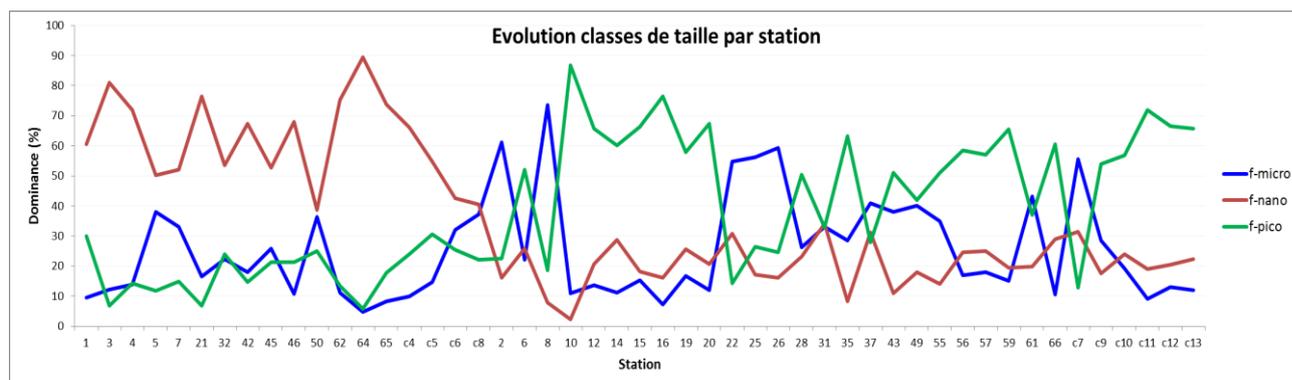


Figure 9 : Evolution du pourcentage des classes de taille sur la biomasse chlorophyllienne selon la station

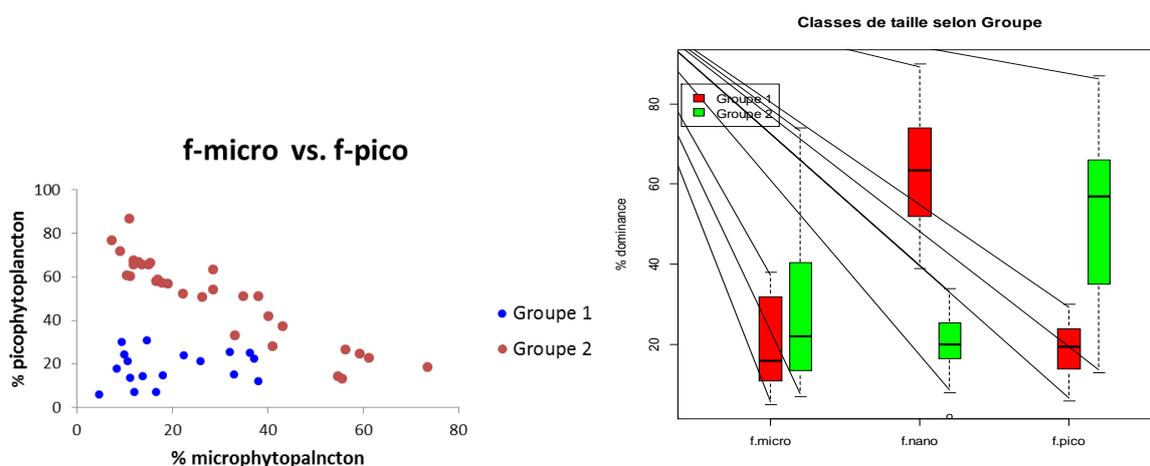


Figure 10 : Evolution des fractions micro et picophytoplanctonique en fonction du pourcentage en nanophytoplancton

En prenant les résultats obtenus par CHEMTAX (tableau 4), nous pouvons effectuer un regroupement de dominance (%) selon la classe de taille caractéristique des classes algales présentes :

- Microphytoplancton : Diato1-2 + Dino1-2
- Nanophytoplancton : Crypto + Phae + Ehux
- Picophytoplancton : Prasino + Proch

En comparant cette partition par rapport à celle obtenue en figure 9, nous constatons qu'elles suivent les mêmes tendances avec des différences qui dépassent rarement 20% dans la plupart de stations (figure 11). Ceci nous suggère que des grosses erreurs dans la matrice Fo n'ont pas été commises. De plus nous avons constaté qu'une forte proportion des diatomées et surtout des dinoflagellés était composé des cellules inférieures à 20µm, ce qui est de nature à compliquer la comparaison.

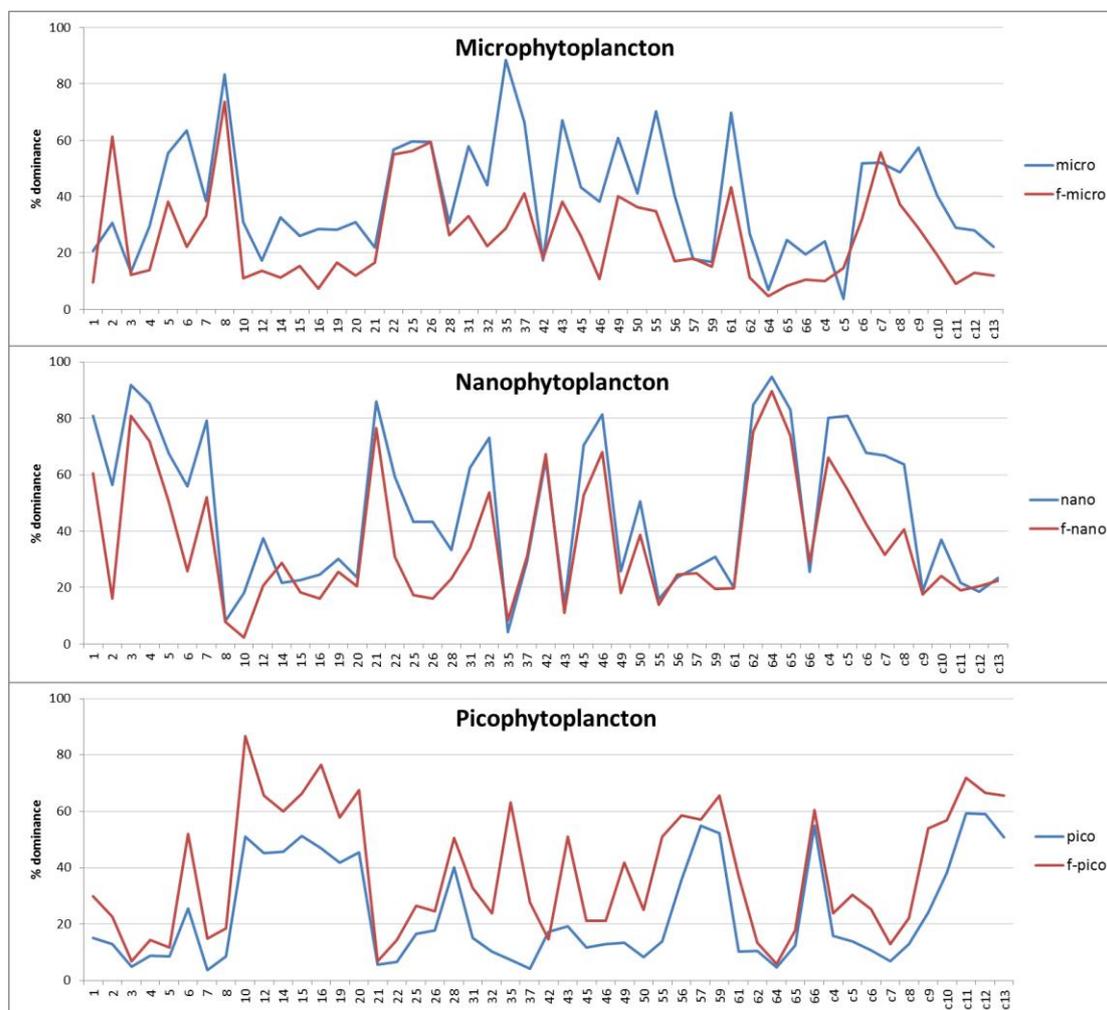


Figure 11 : Comparaison des regroupements en classes de taille selon les calculs de Uitz et al. (2006) et des résultats obtenus par CHEMTAX

La distribution spatiale des trois classes de taille obtenues avec les pigments est visible dans l'annexe V.

## 6.- DISCUSSION

A partir de la composition spécifique observée par microscopie, nous avons utilisé CHEMTAX avec une matrice de rapports pigmentaires Fo proche de celle utilisée par de Souza (de Souza et al. 2012) afin de séparer les Haptophytes du type 6 (EHUX) de celles de type 8 (PHAEO). La présence de ces deux types d'haptophytes, des diatomées et dinoflagellés, qui partagent la plupart des pigments biomarqueurs (tableau 2) complique la tâche de CHEMTAX et rend les résultats plus aléatoires. De plus les analyses réalisées par HPLC avec la méthode de van Heukelem (Van Heukelem et Thomas 2001) laissent peu de marge de manœuvre dans la discrimination des Haptophytes. En discriminant les diatomées et dinoflagellés en deux sous-groupes (DIATO 2 et DINO 2) nous avons adapté la matrice de rapports pigmentaires Fo présentée par de Souza aux peuplements observés. Les résultats de dominance obtenus par CHEMTAX suivent d'assez près ceux obtenus par microscopie dans les eaux chaudes où le picophytoplancton est dominant, mais dans les eaux froides il est impossible de trancher sur l'efficacité de CHEMTAX dans la discrimination des Haptophytes (PHAEO et EHUX) en fonction des dénombrements microscopiques à cause d'un défaut de fixation des échantillons d'eau de mer.

La distribution des classes algales est nettement différenciée en fonction de la masse d'eau échantillonnée. Les eaux chaudes du courant du Brésil sont dominées par les cyanobactéries et les cellules de petite taille, le plus souvent picophytoplanctoniques. Les Prochlorophycées peuvent alors représenter plus de 50% de la biomasse chlorophyllienne. Les eaux froides du courant des Malouines, présentent davantage de cellules nanophytoplanctoniques et tout particulièrement des Haptophytes (EHUX et PHAEO), mais également de dinoflagellés et diatomées. Ces dernières sont davantage présentes dans la zone d'influence du panache du 'Rio de la Plata' et les zones frontales.

Les dinoflagellés sont très présents dans toutes les eaux échantillonnées. Ils représentent en moyenne 39 % de la biomasse chlorophyllienne des eaux froides, et se trouvent à 32 % dans les eaux chaudes également, en faisant d'eux l'une des composantes principales des peuplements phytoplanctoniques observés.

Les résultats présentés sont ceux qui s'ajustent au mieux à ce qui a été observé à partir des quelques échantillons d'eau de mer, cependant il faut prendre avec précaution la répartition des pourcentages de dominance des Haptophytes entre *Phaeocystis* et *Emiliana huxleyi*.

Si d'autres dénombrements voient le jour dans les mois qui suivent, il serait toujours possible de refaire un nouveau calcul CHEMTAX avec une matrice plus adaptée.

## BIBLIOGRAPHIE

- Carreto, J. I., N. G. Montoya, H. R. Benavides, R. Guerrero, et M. O. Carignan. 2003. « Characterization of Spring Phytoplankton Communities in the Río de La Plata Maritime Front Using Pigment Signatures and Cell Microscopy ». *Marine Biology* 143 (5): 1013-27. doi:10.1007/s00227-003-1147-z.
- Carreto, José I., Nora Montoya, Rut Akselman, Mario O. Carignan, Ricardo I. Silva, et Daniel A. Cucchi Colleoni. 2008. « Algal pigment patterns and phytoplankton assemblages in different water masses of the Río de la Plata maritime front ». *Continental Shelf Research* 28 (13): 1589-1606. doi:10.1016/j.csr.2007.02.012.
- Claustre, H. 1994. « The trophic status of various oceanic provinces as revealed by phytoplankton pigment signatures ». *Limnology and Oceanography* 39 (5): 1206-10.
- Claustre, Hervé, Philippe Kerhervé, Jean Claude Marty, Louis Prieur, Christianne Videau, et Jean-Henri Hecq. 1994. « Phytoplankton dynamics associated with a geostrophic front: Ecological and biogeochemical implications ». *Journal of Marine Research* 52 (4): 711-42. doi:10.1357/0022240943077000.
- De Souza, Márcio Silva, Carlos Rafael Borges Mendes, Virgínia Maria Tavano Garcia, Ricardo Pollery, et Vanda Brotas. 2012. « Phytoplankton Community during a Coccolithophorid Bloom in the Patagonian Shelf: Microscopic and High-Performance Liquid Chromatography Pigment Analyses ». *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 92 (01): 13-27. doi:10.1017/S0025315411000439.
- Gayoso, Ana María. 1995. « Bloom of *Emiliania Huxleyi* (Prymnesiophyceae) in the Western South Atlantic Ocean ». *Journal of Plankton Research* 17 (8): 1717-22. doi:10.1093/plankt/17.8.1717.
- Gayoso, Ana María, et Guillermo P. Podestá. 1996. « Surface Hydrography and Phytoplankton of the Brazil-Malvinas Currents Confluence ». *Journal of Plankton Research* 18 (6): 941-51. doi:10.1093/plankt/18.6.941.
- Gonçalves-Araujo, Rafael, Márcio Silva De Souza, Carlos Rafael Borges Mendes, Virginia Maria Tavano, Ricardo Cesar Pollery, et Carlos Alberto Eiras Garcia. 2012. « Brazil-Malvinas Confluence: Effects of Environmental Variability on Phytoplankton Community Structure ». *Journal of Plankton Research*, mars, fbs013. doi:10.1093/plankt/fbs013.
- Higgins, Harry W., Simon W. Wright, et Louise Schlüter. 2011. « Quantitative Interpretation of Chemotaxonomic Pigment Data ». In *Phytoplankton Pigments: Characterization and Applications in Oceanography*, Cambridge University Press. Suzanne Roy, Carole Llewellyn, Einar Skarstad Egeland and Geir Johansen.
- Irigoien, X., Bettina Meyer, R. Harris, et D. Harbour. 2004. « Using HPLC pigment analysis to investigate phytoplankton taxonomy: the importance of knowing your species ». *Helgoland Marine Research*, 58:, 77-82.
- Jeffrey, S. W. 1961. « Paper-chromatographic separation of chlorophylls and carotenoids from marine algae ». *Biochemical Journal* 80 (2): 336-42.
- . 1968. « Quantitative thin-layer chromatography of chlorophylls and carotenoids from marine algae ». *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Bioenergetics* 162 (2): 271-85. doi:10.1016/0005-2728(68)90109-6.
- Legendre, Pierre, et Louis Legendre. 1998. *Numerical Ecology*. Elsevier Science B.V. Developments in Environmental Modelling 20. Amsterdam: Elsevier.
- Mackey, M.D., H.W. Higgins, D.J. Mackey, et S.W. Wright. 1997. « CHEMTAX user's manual: a program for estimating class abundances from chemical markers — application to HPLC measurements of phytoplankton pigments ». Scientific et technique Report 229. Australia: CSIRO.

- Mackey, M.D., D.J. Mackey, H.W. Higgins, et S.W. Wright. 1996. « CHEMTAX - a program for estimating class abundances from chemical markers: application to HPLC measurements of phytoplankton ». *Marine Ecology Progress Series* 144 (décembre): 265-83. doi:10.3354/meps144265.
- Moreno, D. Vega, J. Pérez Marrero, J. Morales, C. Llerandi García, M. G. Villagarcía Úbeda, M. J. Rueda, et O. Llinás. 2012. « Phytoplankton functional community structure in Argentinian continental shelf determined by HPLC pigment signatures ». *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Recent advances in biogeochemistry of coastal seas and continental shelves, 100 (mars): 72-81. doi:10.1016/j.ecss.2012.01.007.
- Not, Fabrice, Mikel Latasa, Renate Scharek, Manon Viprey, Pierre Karleskind, Vanessa Balague, Imelda Ontoria-Oviedo, et al. 2008. « Protistan Assemblages across the Indian Ocean, with a Specific Emphasis on the Picoeukaryotes ». *Deep-Sea Research. Part 1. Oceanographic Research Papers* 55 (11): 1456-73.
- Olenina, I., S. Hajdu, L. Edler, A. Andersson, N. Wasmund, S. Busch, J. Göbel, et al. 2006. « Biovolumes and size-classes of phytoplankton in the Baltic Sea ». No. 106. HELCOM Balt.Sea Environ. Proc.
- Roy, Suzanne. 2011. *Phytoplankton Pigments: Characterization, Chemotaxonomy and Applications in Oceanography*. Cambridge University Press.
- Schlitzer, R. 2014. « Ocean Data View ». <http://odv.awi.de>.
- Strickland, J. D. H. 1970. « The Ecology of the Plankton Off La Jolla, California, in the Period April Through September, 1967 ». *Scripps Institution of Oceanography*, novembre. <http://escholarship.org/uc/item/4q01m9gk>.
- Uitz, Julia, Hervé Claustre, André Morel, et Stanford B. Hooker. 2006. « Vertical Distribution of Phytoplankton Communities in Open Ocean: An Assessment Based on Surface Chlorophyll ». *Journal of Geophysical Research: Oceans* 111 (C8): n/a - n/a. doi:10.1029/2005JC003207.
- Uitz, Julia, Yannick Huot, Flavienne Bruyant, Marcel Babin, et Hervé Claustre. 2008. « Relating phytoplankton photophysiological properties to community structure on large scales ». *Limnology and Oceanography* 53 (2): 614-30. doi:10.4319/lo.2008.53.2.0614.
- Van Heukelem, Laurie, et Crystal S Thomas. 2001. « Computer-assisted high-performance liquid chromatography method development with applications to the isolation and analysis of phytoplankton pigments ». *Journal of Chromatography A* 910 (1): 31-49. doi:10.1016/S0378-4347(00)00603-4.
- Vidussi, Francesca, Hervé Claustre, Beniamino B. Manca, Anna Luchetta, et Jean-Claude Marty. 2001. « Phytoplankton Pigment Distribution in Relation to Upper Thermocline Circulation in the Eastern Mediterranean Sea during Winter ». *Journal of Geophysical Research: Oceans* 106 (C9): 19939-56. doi:10.1029/1999JC000308.
- Zapata, M, F Rodríguez, et JI Garrido. 2000. « Separation of chlorophylls and carotenoids from marine phytoplankton: a new HPLC method using a reversed phase C8 column and pyridine-containing mobile phases ». *Marine Ecology Progress Series* 195: 29-45. doi:10.3354/meps195029.

# ANNEXES

**I. Distribution des stations échantillonnées**

**II. Distribution des paramètres physiques**

**III. Distribution des pigments**

**IV. Distribution des dominances des classes algales**

**V. Distribution des classes de taille pigmentaires**

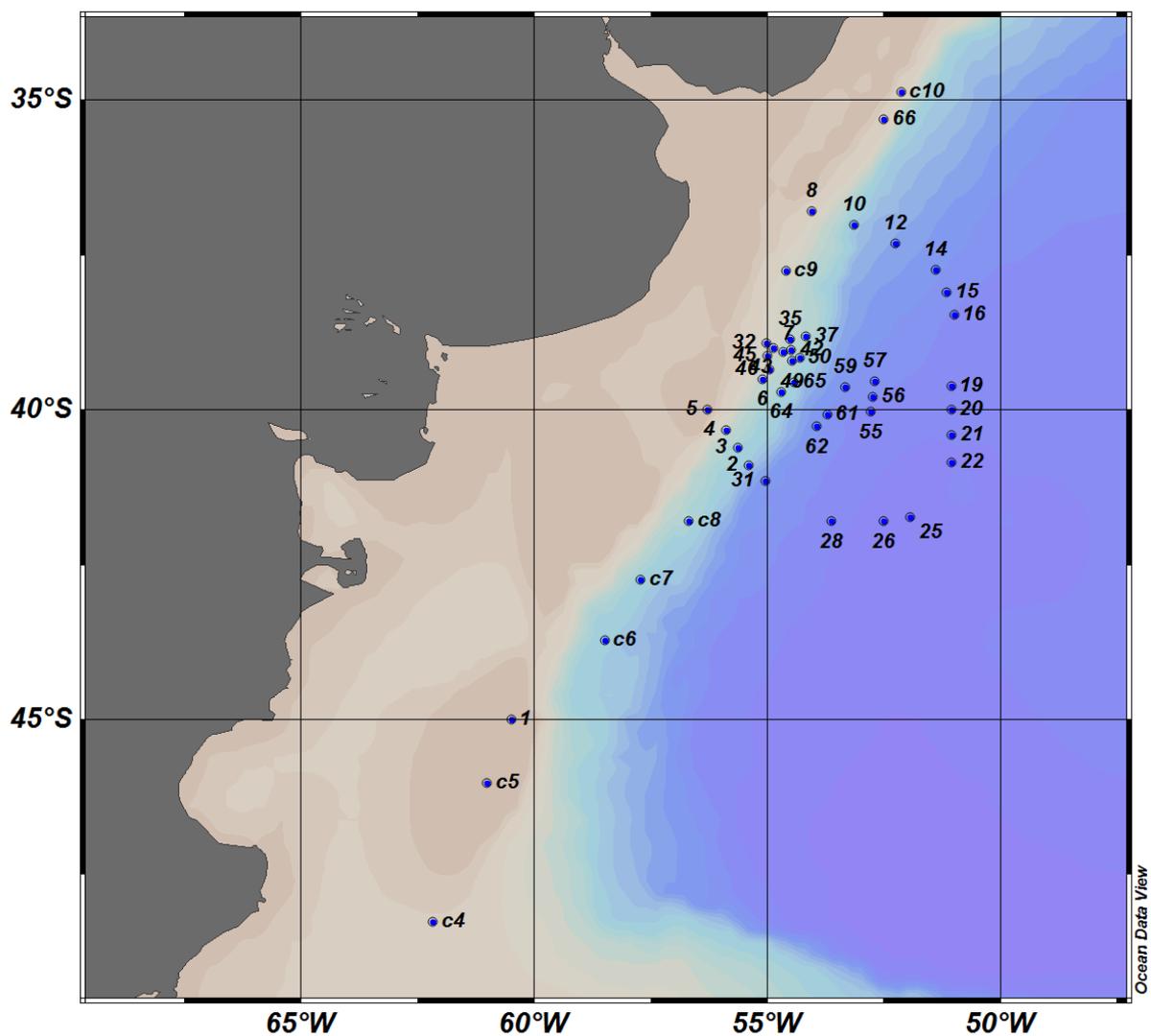
**VI. Matrice de concentrations pigmentaires (ng/L)**

**VII. Dénombrements au microscope optique**

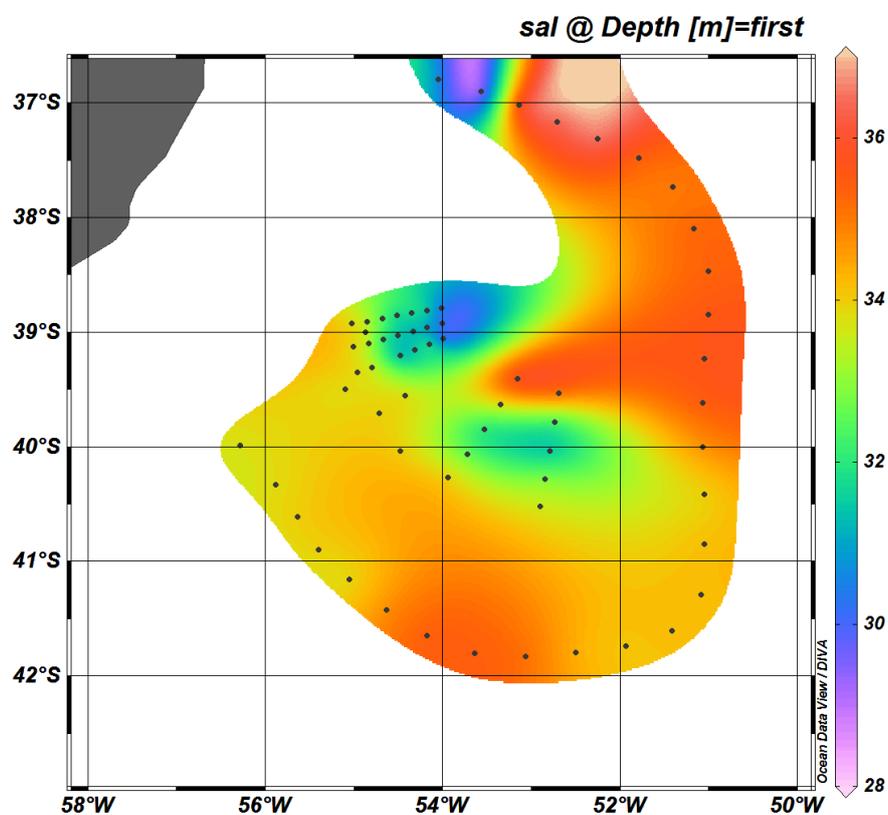
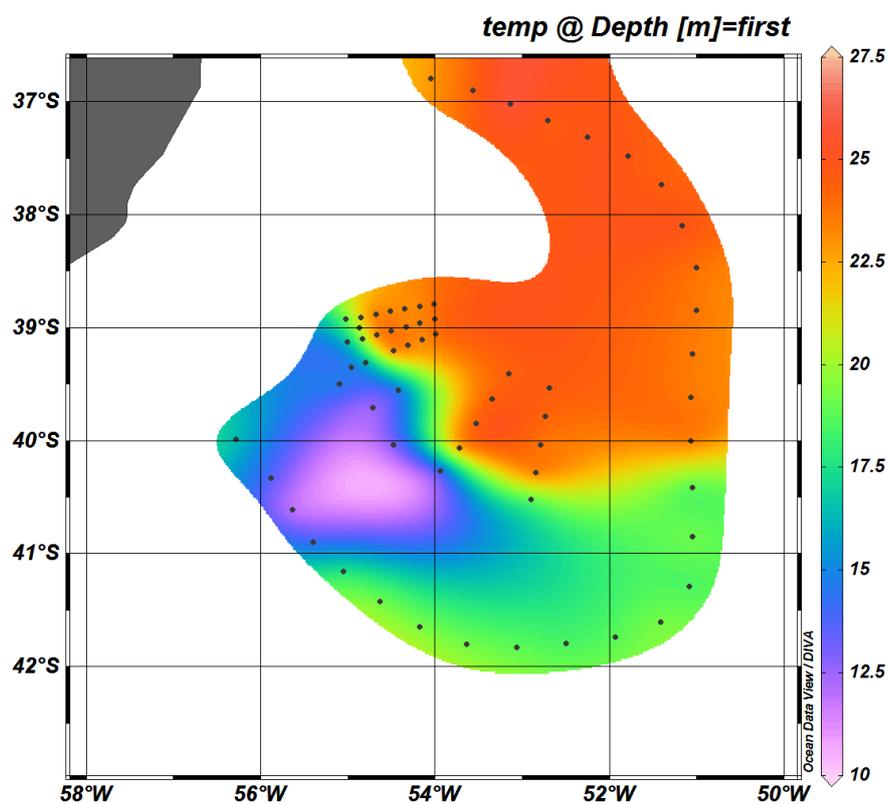
**VIII. Distribution des dominances par classe de taille**

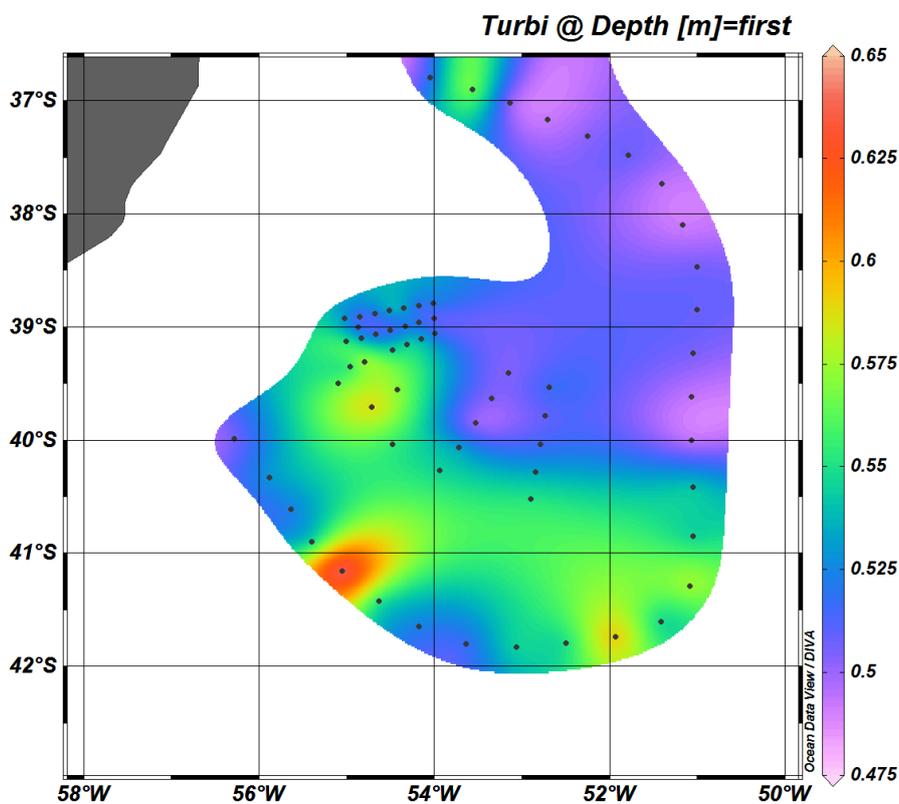
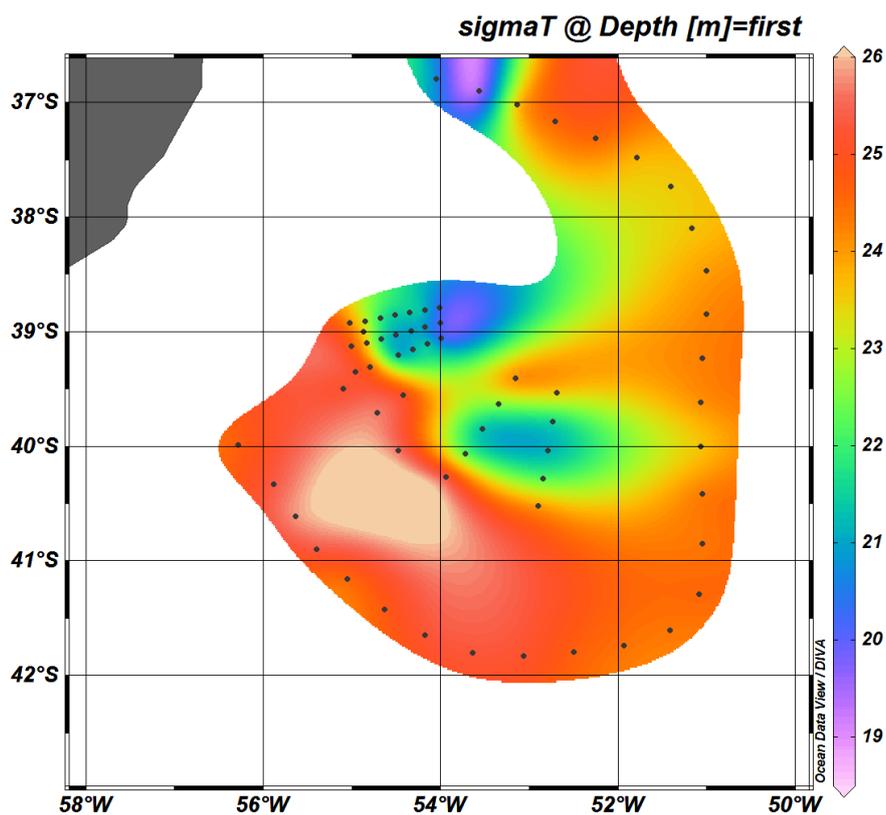
**IX. Abréviations utilisées**

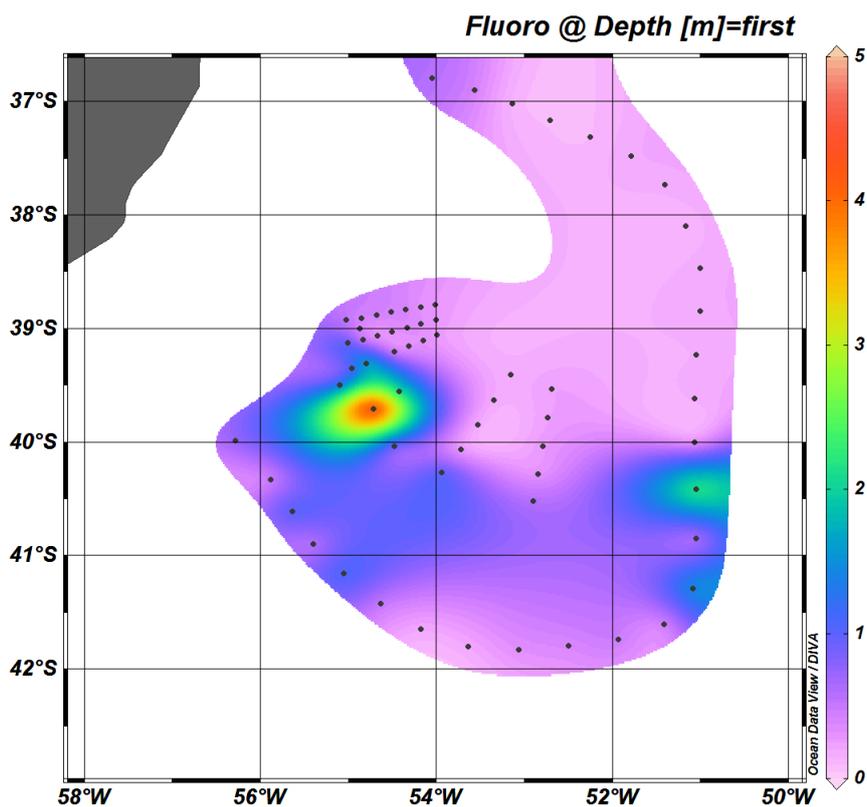
## I. Position des stations échantillonnées



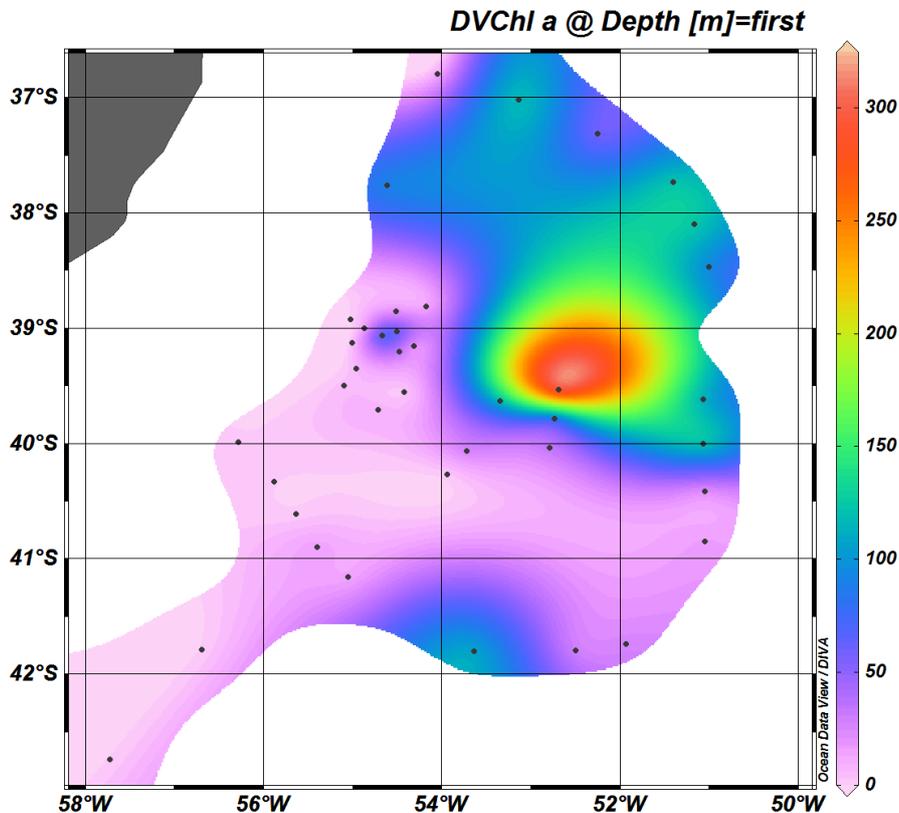
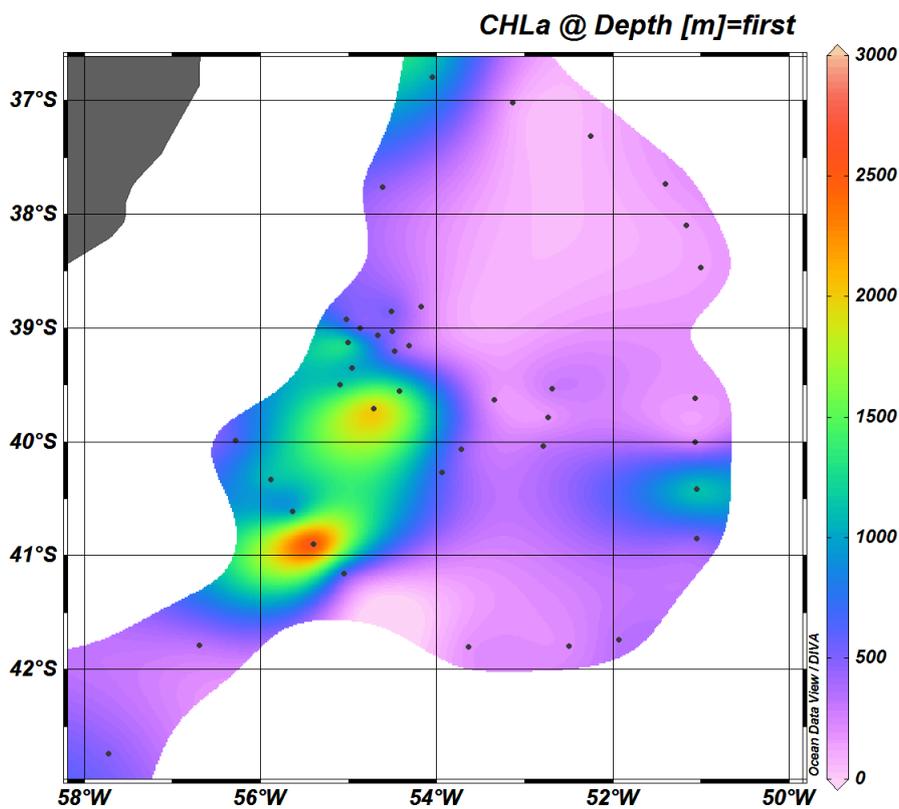
## II. Distribution des paramètres physiques

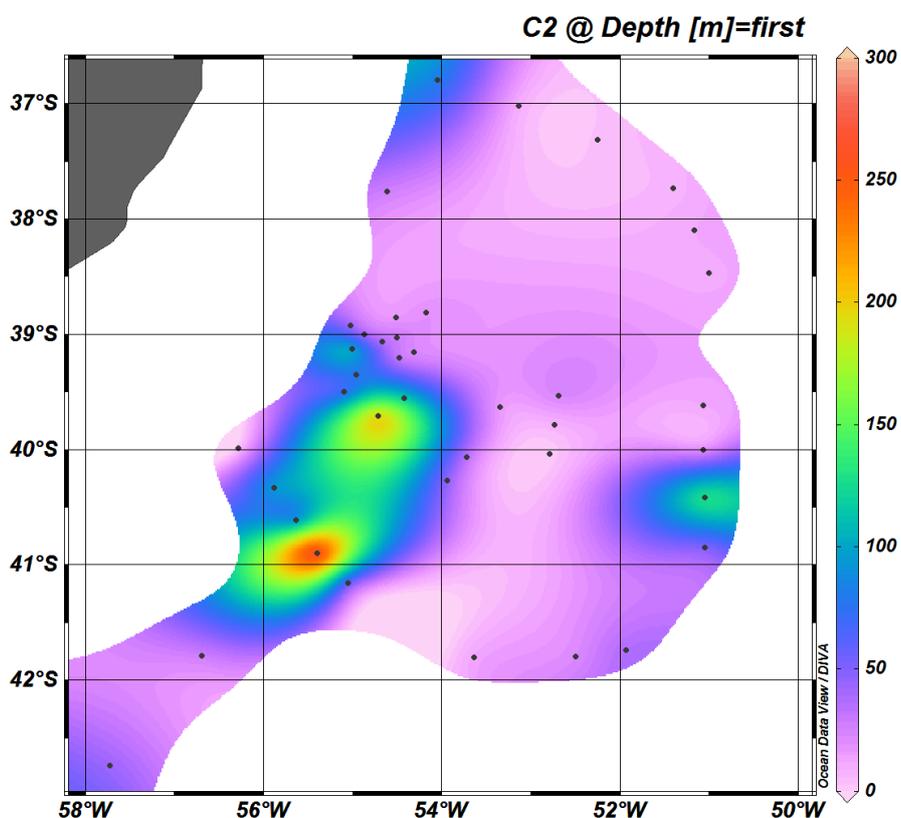
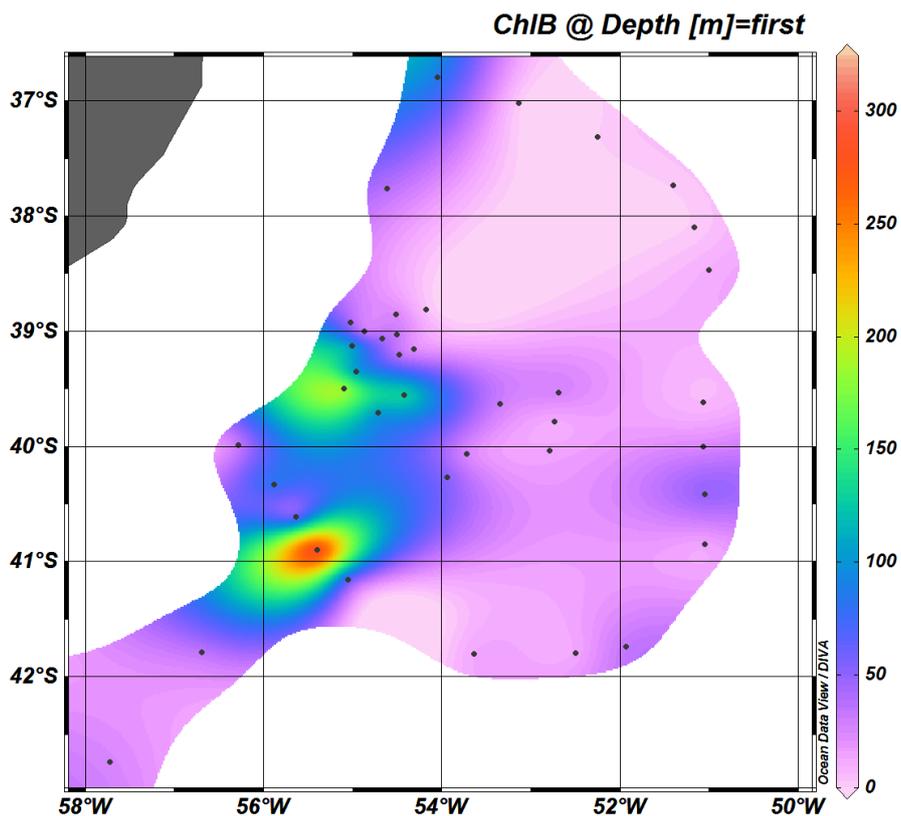


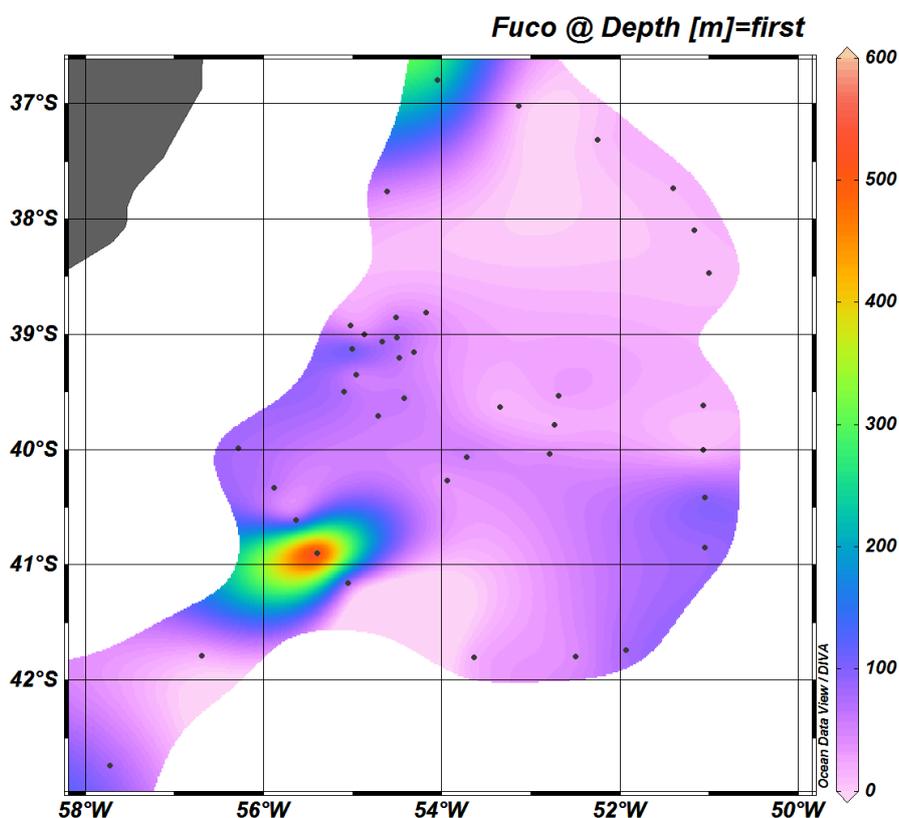
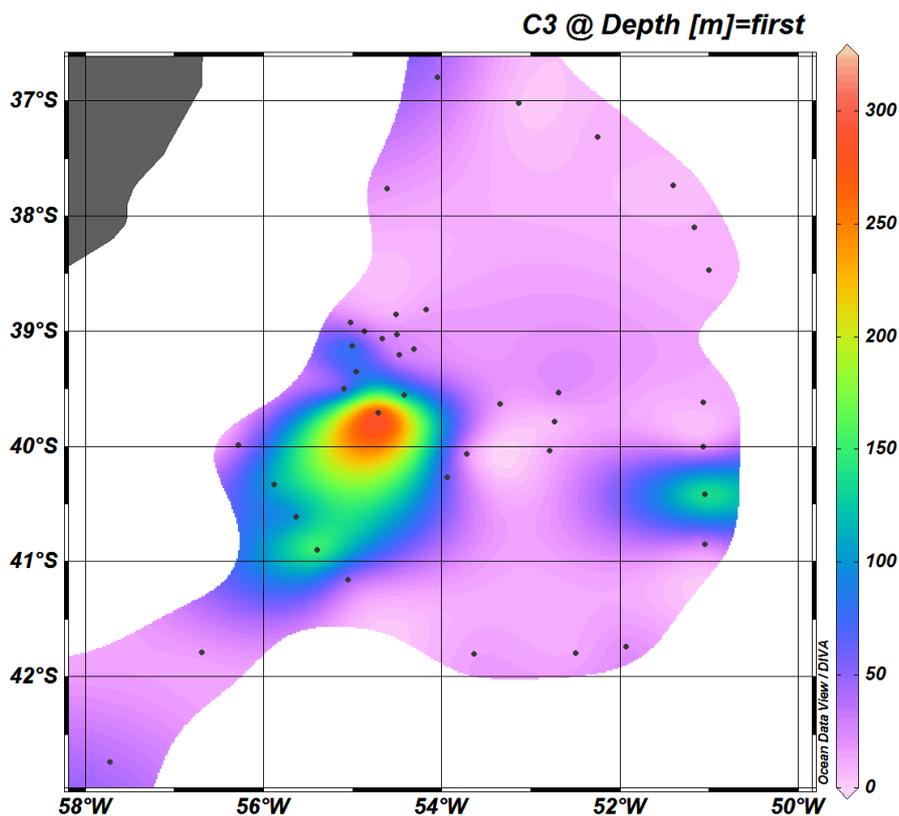


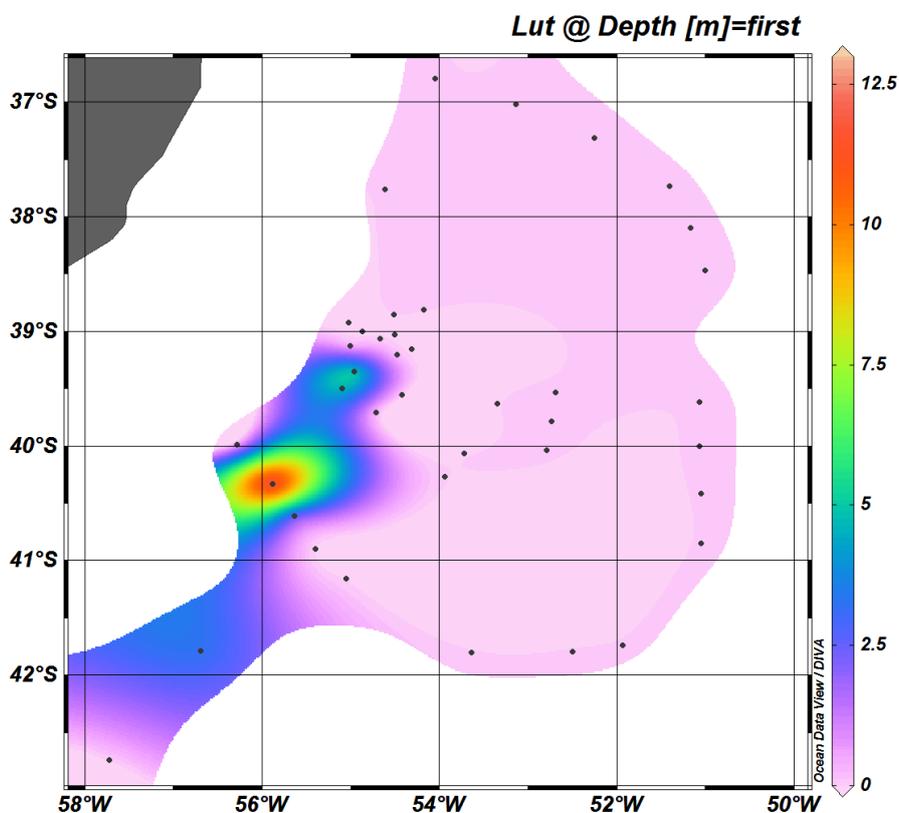
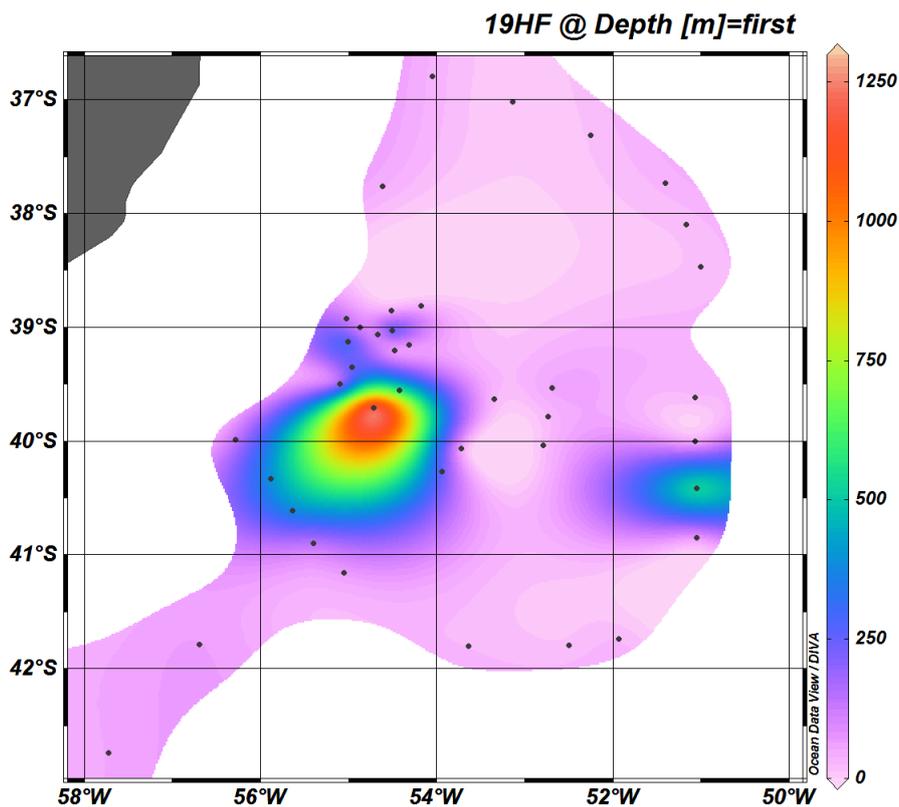


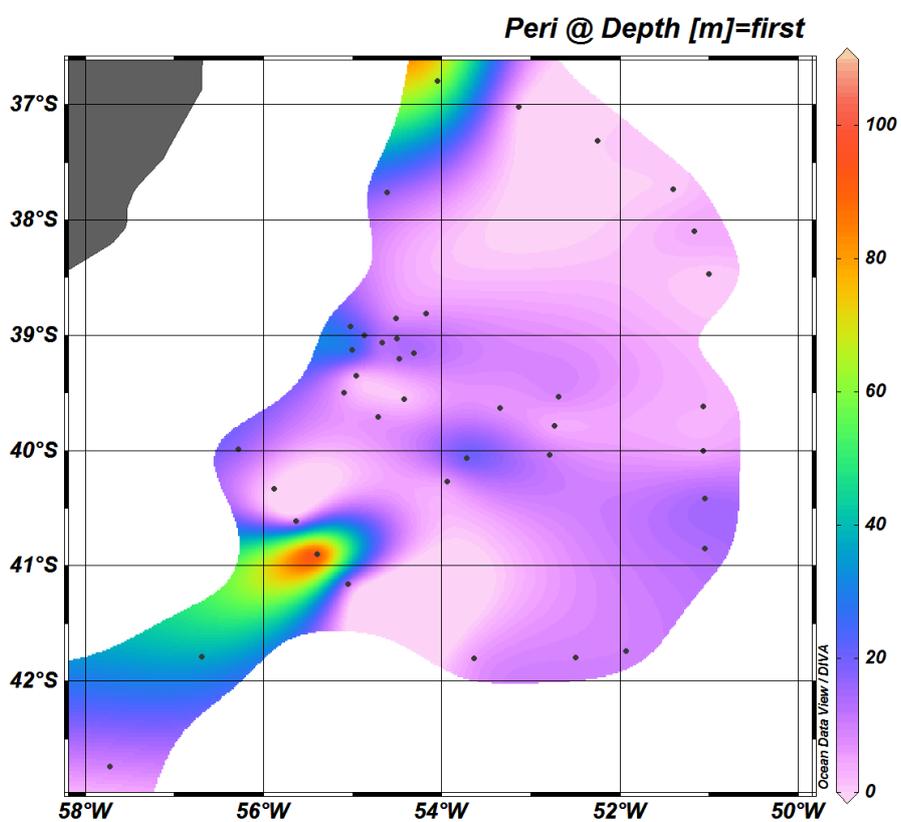
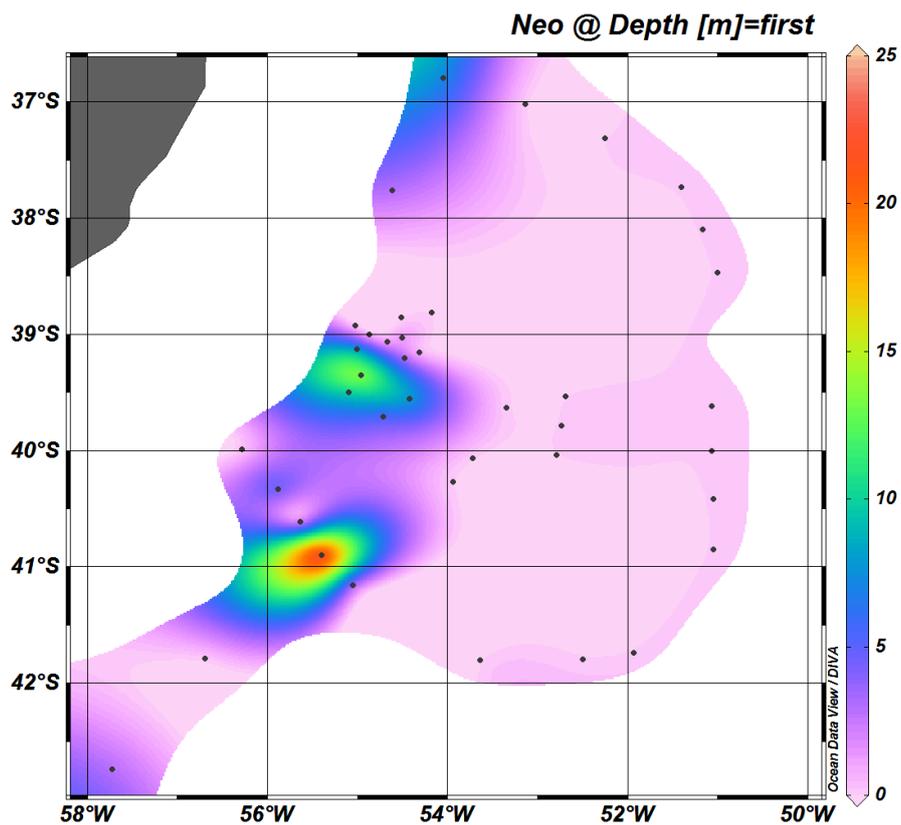
### III. Distribution des pigments

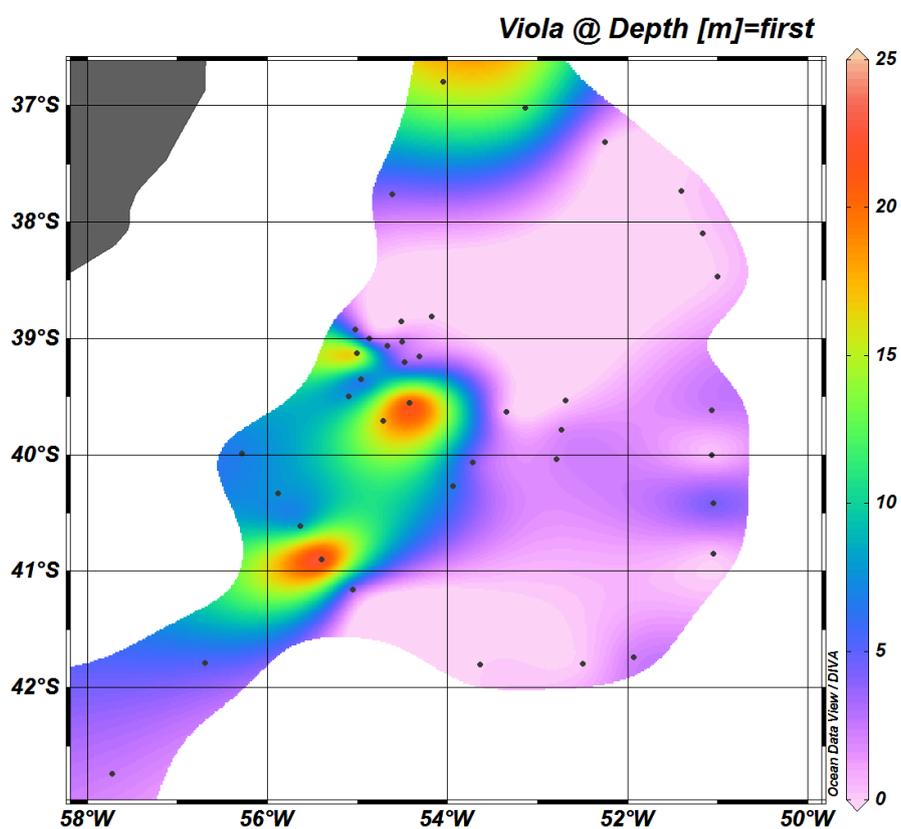
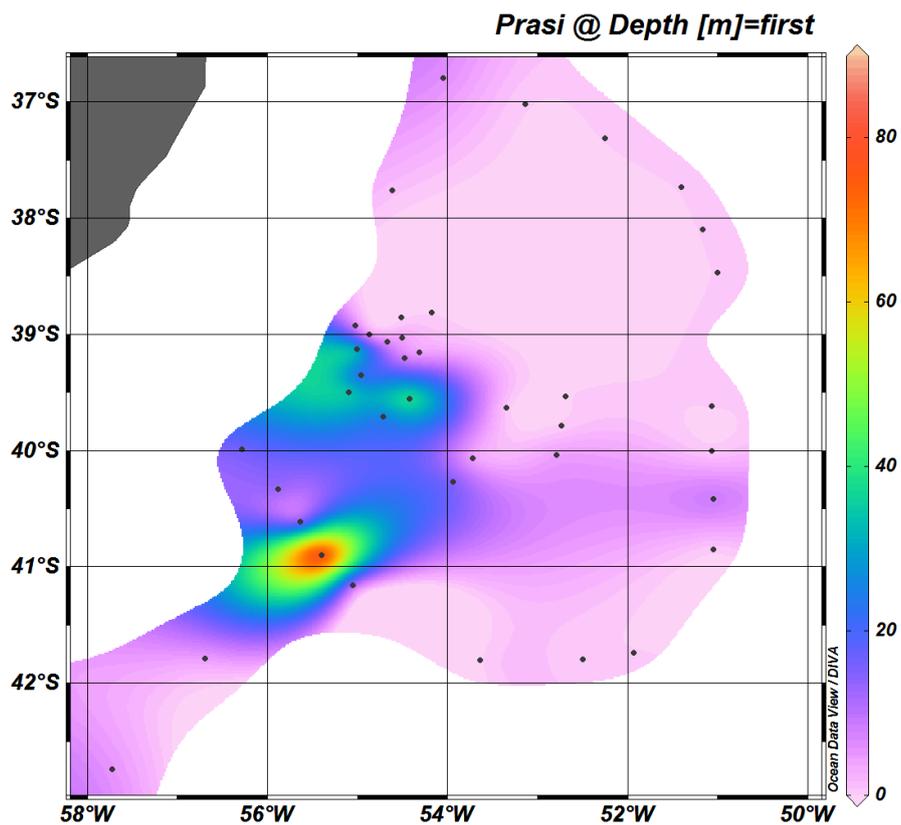


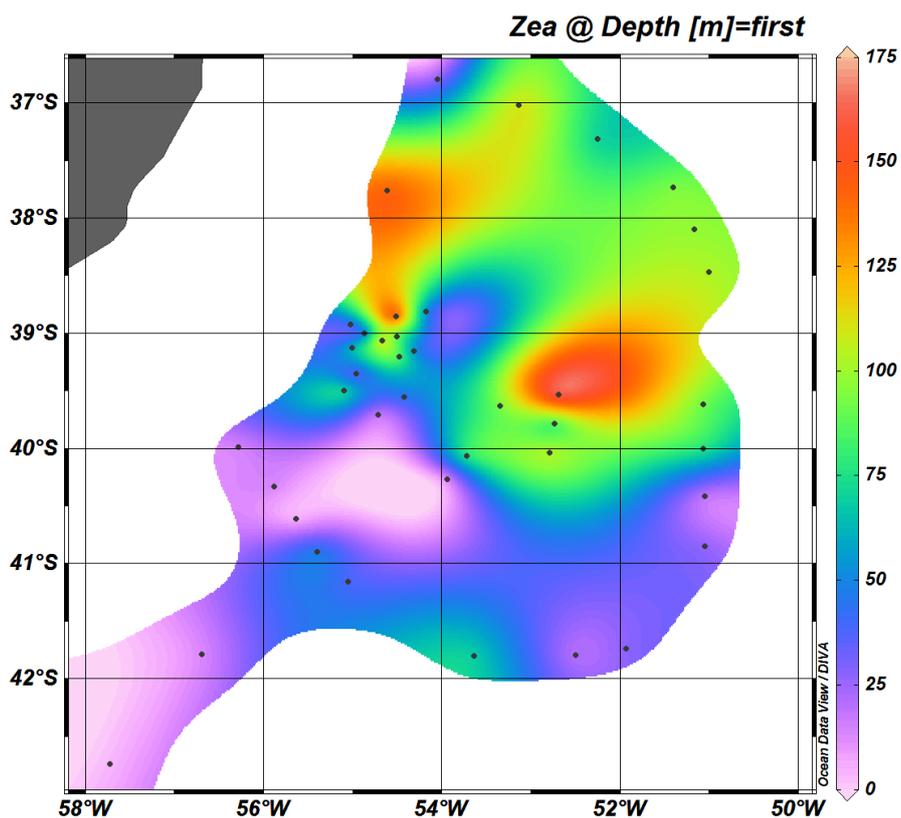




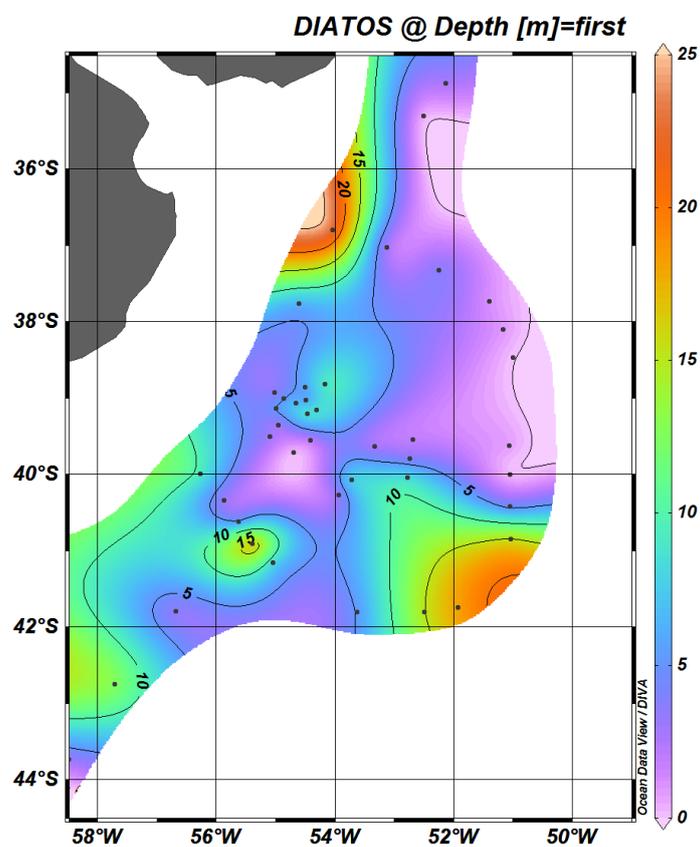
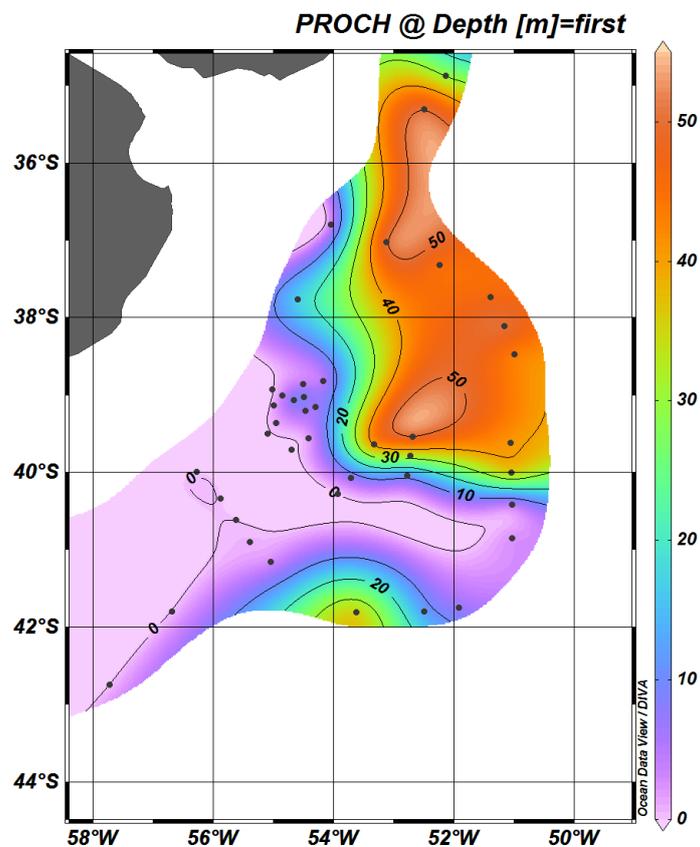


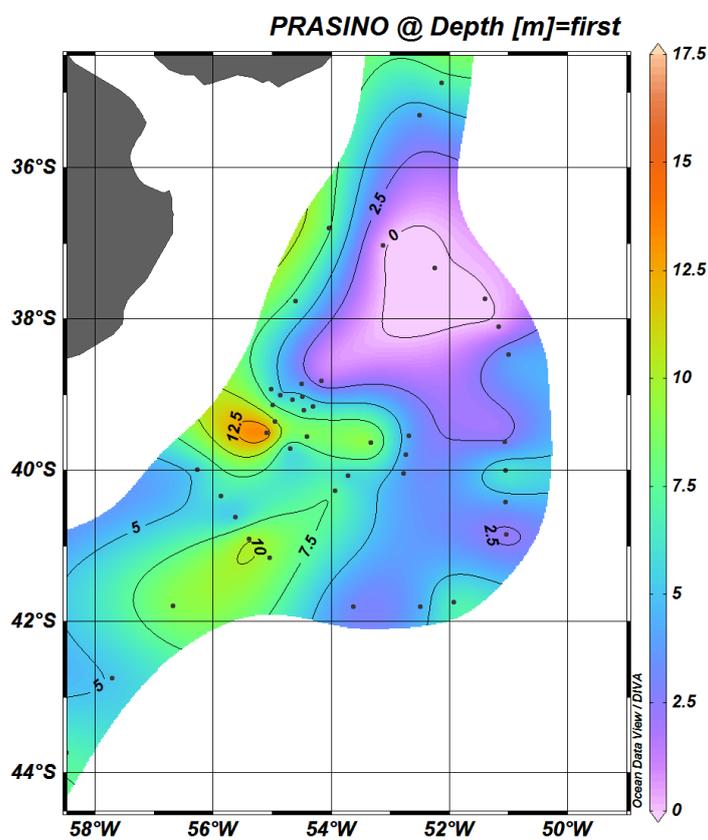
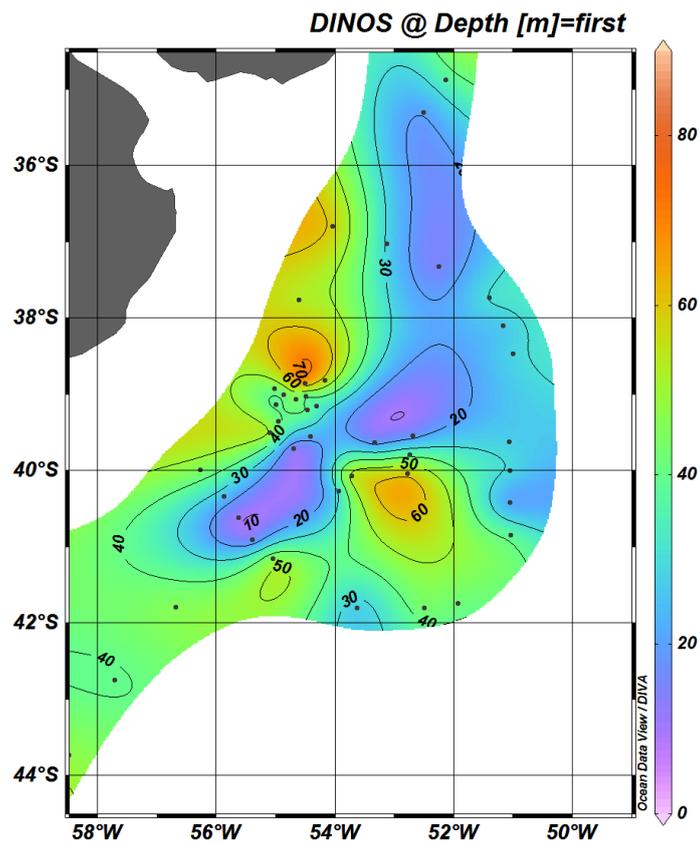


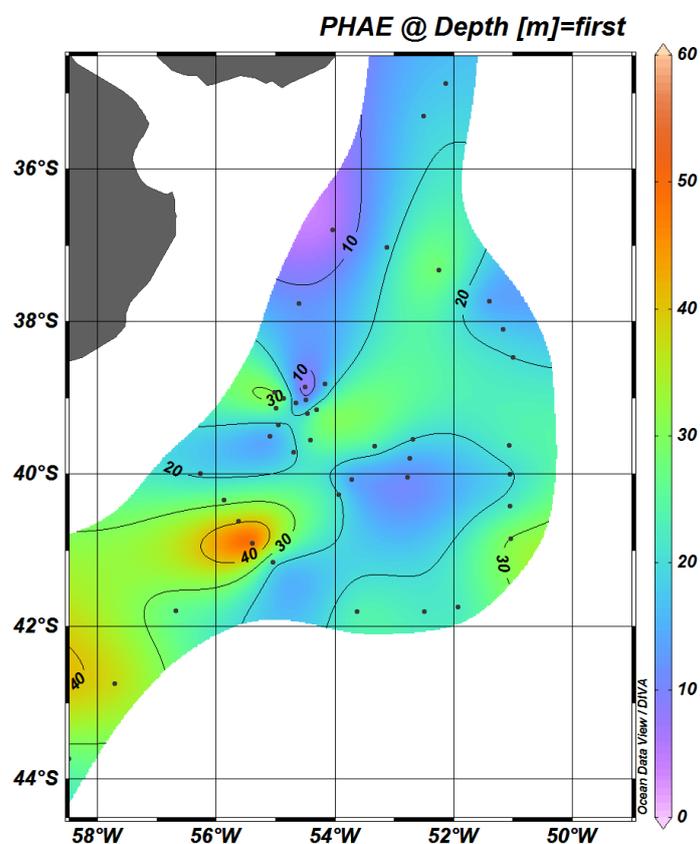
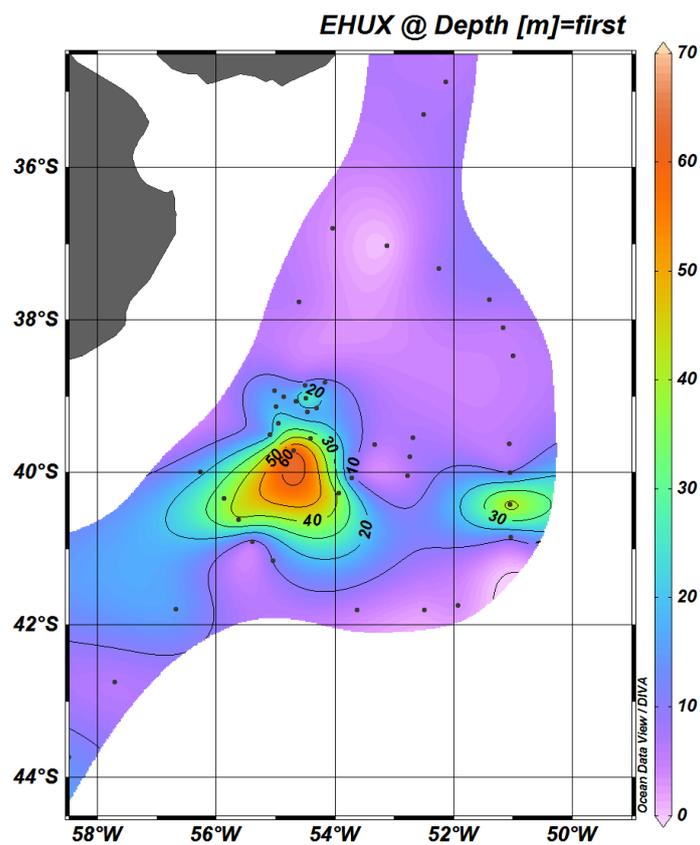


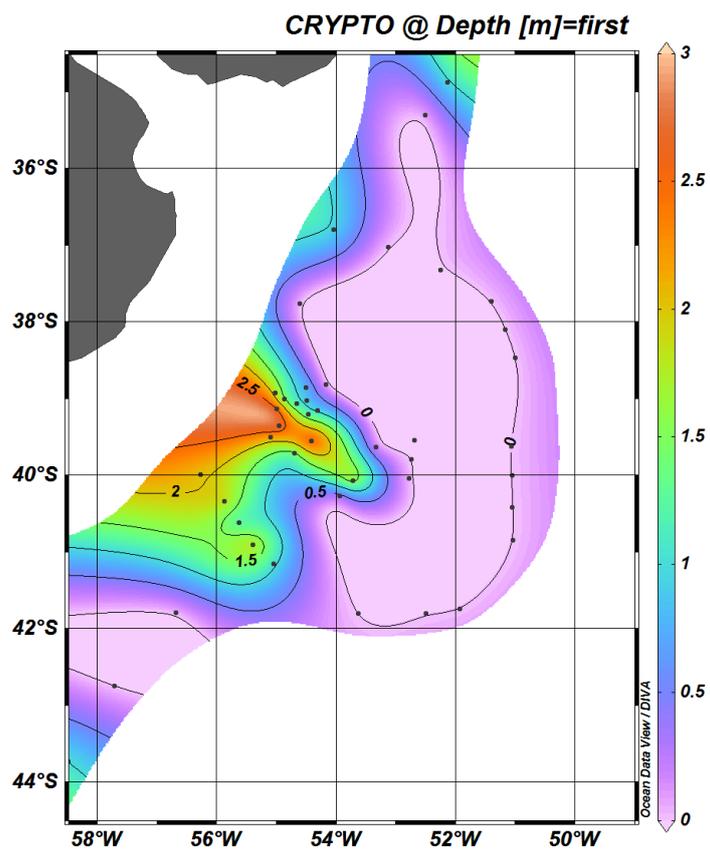


### IV. Distribution des dominances des classes algales

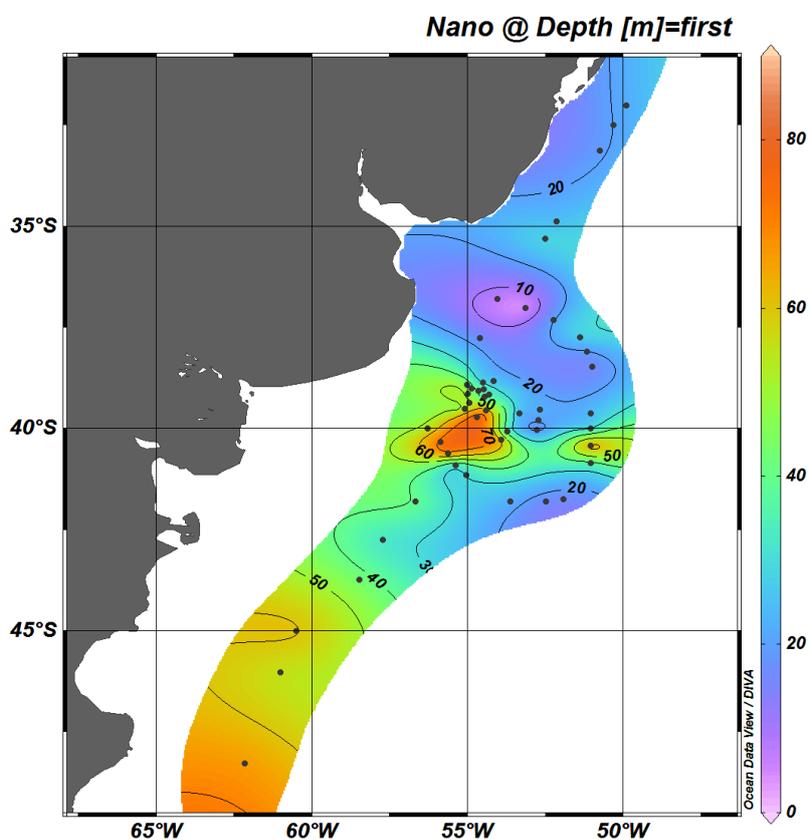
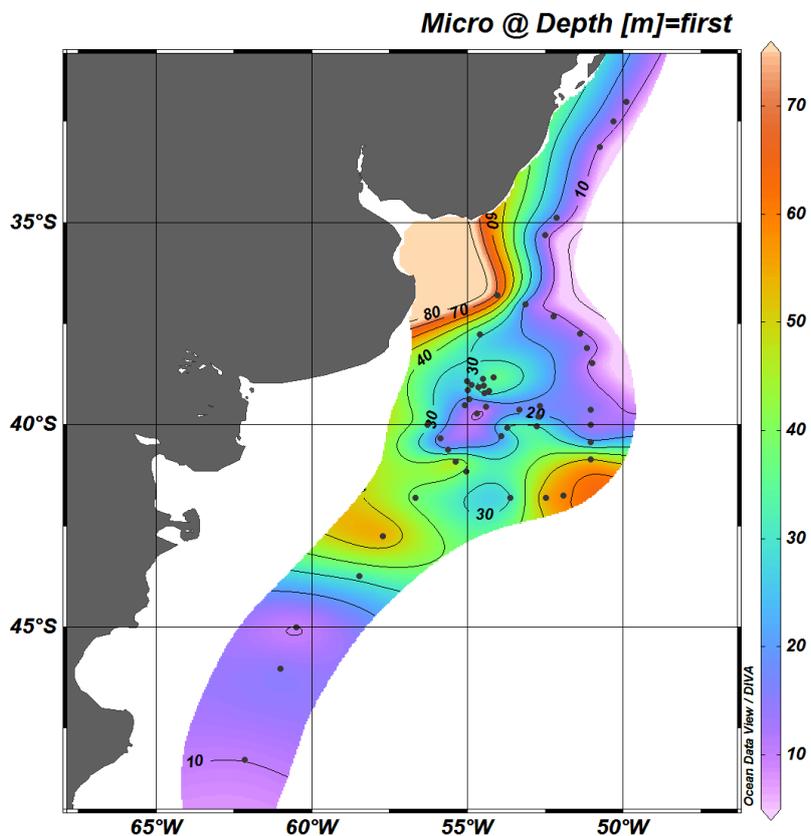


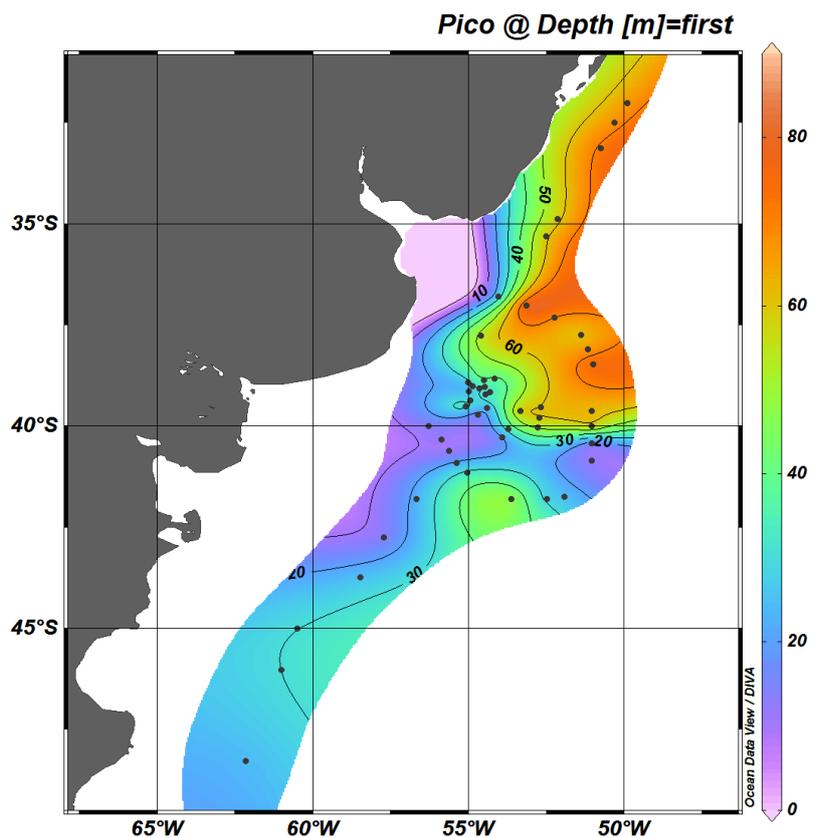






### V. Distribution des classes de taille pigmentaires





## VI. Matrice de concentrations pigmentaires (ng/L)

st	c3	c2	peri	BF	fuco	neo	prasi	viola	HF	ddx	allo	diato	zea	lute	chlB	bbCar	Dvchla	chla
1	82.2	82.4	0.0	56.4	37.5	8.8	15.4	16.5	244.3	36.3	14.4	6.3	36.8	28.0	134.4	18.4	3.8	966.2
2	162.1	282.0	105.1	207.9	583.9	24.3	85.4	24.8	131.5	94.0	29.2	8.2	49.6	0.0	313.3	60.3	15.3	2815.5
3	95.0	76.5	0.0	41.4	52.7	0.0	9.3	7.2	377.2	72.2	4.6	3.1	2.2	2.1	40.1	15.7	0.0	841.3
4	113.8	98.3	0.0	42.4	69.7	5.2	13.8	7.8	382.9	99.3	14.5	31.0	14.7	12.4	87.8	0.0	0.0	1150.7
5	30.8	0.1	16.0	16.0	76.7	0.0	16.1	6.8	127.8	20.7	7.4	5.6	13.7	0.0	28.2	13.0	0.0	621.0
6	48.0	63.8	5.7	17.9	75.3	9.4	35.8	7.7	94.4	11.9	11.5	0.0	80.2	4.6	197.4	28.0	5.6	1131.9
7	33.7	31.3	21.9	22.1	28.0	0.0	0.0	0.0	80.4	13.1	1.5	0.0	20.5	0.0	14.1	7.5	0.0	396.9
8	38.7	81.8	65.0	5.8	242.5	7.2	5.8	16.0	32.7	21.7	4.2	0.0	24.4	0.0	87.6	29.8	8.7	1042.4
10	2.2	8.7	0.0	7.2	8.5	0.0	0.0	12.3	0.0	4.6	0.0	0.0	110.9	0.0	0.0	16.3	118.9	114.3
12	7.7	3.5	0.0	4.7	8.8	0.0	0.0	0.0	13.5	3.9	0.0	0.0	69.4	0.0	0.0	13.2	57.4	69.7
14	3.2	6.6	0.0	6.6	10.7	0.0	0.0	0.0	28.5	8.0	0.0	0.0	93.9	0.0	0.0	19.1	122.0	144.7
15	6.5	11.1	4.3	6.3	9.5	0.0	0.0	0.0	16.5	5.1	0.0	2.0	97.8	0.0	0.0	14.8	124.5	118.8
16	6.3	9.7	0.0	6.3	6.6	0.0	0.0	0.0	14.7	4.5	0.0	0.0	102.8	0.0	9.7	12.2	93.1	125.0
19	10.0	11.9	3.1	8.9	13.9	0.0	0.0	2.4	26.6	5.2	0.0	0.0	90.5	0.0	5.5	20.0	110.2	166.1
20	11.5	14.9	3.6	7.6	7.8	0.0	0.0	0.0	19.7	3.3	0.0	0.0	77.6	0.0	23.9	15.9	123.9	198.2
21	146.5	132.5	14.5	35.1	94.1	0.0	8.5	4.6	547.2	32.7	0.0	2.9	17.0	0.0	48.7	19.2	19.4	1172.1
22	23.9	46.4	13.1	19.1	81.0	0.0	0.0	0.0	53.6	15.7	0.0	0.0	26.6	0.0	11.8	10.6	16.1	446.3
25	21.2	36.6	9.1	10.9	77.1	0.0	0.0	2.2	26.3	13.9	0.0	0.0	27.5	0.0	33.5	7.3	26.3	339.1
26	11.3	20.8	8.9	6.6	39.4	0.0	0.0	0.0	12.8	8.6	0.0	0.0	19.8	0.0	11.0	5.9	27.6	194.8
28	15.2	12.6	5.9	9.5	20.8	0.0	0.0	0.0	23.7	7.8	0.0	0.0	68.7	0.0	13.2	16.0	107.9	189.9
31	39.6	48.5	6.9	13.0	55.3	2.5	8.0	2.9	65.7	9.1	3.7	0.0	37.3	0.0	54.3	11.2	11.2	537.9
32	25.6	40.9	22.3	24.1	31.3	0.0	7.0	4.0	132.1	24.2	7.6	2.6	41.2	0.0	44.9	15.1	1.7	582.4
35	8.1	15.4	6.7	0.0	47.9	0.0	0.0	0.0	15.7	6.0	3.5	0.0	164.4	0.0	28.2	42.3	17.6	568.4
37	14.5	20.0	6.6	5.4	33.9	0.0	0.0	0.0	32.7	8.1	0.0	0.0	42.3	0.0	2.4	11.9	8.6	249.5
42	27.3	32.8	15.9	9.1	71.3	2.4	5.5	3.3	357.3	8.6	3.4	0.0	74.0	0.0	36.0	37.8	65.2	508.1
43	22.7	33.5	6.8	8.3	79.8	0.0	5.7	3.2	24.3	12.4	2.1	0.0	134.4	0.0	47.3	48.0	83.4	584.0
45	87.8	114.5	30.9	46.8	124.4	8.9	36.9	20.6	324.7	75.4	28.5	14.9	69.7	0.0	118.4	47.0	0.0	1421.3
46	83.2	76.2	0.0	25.6	40.6	14.0	18.8	4.4	271.1	43.2	17.3	5.8	24.7	5.4	91.1	20.5	5.0	961.0
49	19.6	23.6	12.9	13.3	64.0	3.1	6.4	2.5	33.2	8.4	2.8	0.0	96.0	0.0	30.4	28.5	36.0	446.3
50	26.8	23.4	13.9	12.7	45.7	0.0	3.4	2.1	66.0	11.3	2.1	0.0	44.3	0.0	19.5	18.5	8.9	319.5
55	11.8	0.9	9.8	5.2	40.6	0.0	4.4	2.0	21.1	8.5	0.0	0.0	105.3	0.0	13.7	22.6	36.2	321.4
56	3.8	7.4	2.8	5.8	12.8	0.0	0.0	1.9	23.4	5.7	0.0	0.0	76.9	0.0	9.7	18.5	68.9	148.8
57	22.4	24.2	8.6	16.2	29.6	0.0	0.0	0.0	54.9	9.4	0.0	0.0	167.3	0.0	27.1	47.7	306.0	295.5
59	16.9	14.4	6.1	6.7	11.4	0.0	0.0	0.0	23.2	4.2	0.0	0.0	92.1	0.0	28.3	20.9	116.3	156.1
61	16.3	32.5	21.6	7.9	54.2	0.0	3.3	3.8	33.6	11.5	5.6	0.0	79.2	0.0	23.1	23.0	27.3	454.2
62	62.7	45.4	4.5	19.1	30.6	0.0	15.5	6.6	257.6	48.1	0.0	4.4	7.5	0.0	52.9	12.2	0.0	633.1
64	303.0	205.0	6.9	53.4	55.1	5.2	23.3	17.3	1293.8	129.6	8.1	11.3	13.5	0.0	95.3	44.3	8.8	2084.5
65	110.5	115.1	0.0	48.7	59.1	8.2	40.6	22.9	554.8	59.7	26.4	5.2	45.0	0.0	137.8	48.9	0.0	1418.2
66	18.3	20.5	0.0	15.1	19.5	0.0	0.0	0.0	55.8	9.2	0.0	0.0	158.1	0.0	22.4	44.8	304.7	289.2
c4	124.7	152.9	0.0	47.0	66.5	15.6	13.9	18.7	448.3	48.9	56.9	3.9	17.0	29.1	208.4	26.9	6.2	1420.4
c5	74.3	88.7	0.0	83.6	60.1	11.5	0.0	10.0	215.4	45.8	19.9	10.8	30.2	35.7	147.8	23.7	2.1	874.1
c6	24.0	33.7	29.3	17.1	28.3	2.7	7.3	4.2	79.6	18.2	1.4	3.5	32.8	0.0	35.7	12.5	0.0	461.8
c7	36.4	42.1	8.8	23.2	77.8	2.9	5.3	2.3	48.1	25.4	0.0	23.8	3.5	0.0	25.1	7.1	0.0	466.9
c8	15.6	25.4	37.2	11.2	15.6	0.0	4.0	5.1	60.7	15.7	0.0	0.0	12.5	3.2	33.3	4.7	0.0	312.4
c9	17.0	25.8	15.8	8.3	44.5	2.9	1.2	3.8	38.6	13.0	0.0	2.9	143.0	0.0	36.6	29.9	89.8	425.7
c10	32.8	28.3	10.6	19.2	42.0	0.0	6.2	3.8	66.4	15.4	3.4	5.6	177.2	0.0	66.5	61.5	240.7	589.4
c11	13.7	13.7	0.0	5.0	12.9	0.0	0.0	4.9	28.9	4.2	0.0	0.0	88.2	0.0	68.1	31.6	195.4	247.1
c12	7.8	10.1	4.0	5.4	9.4	0.0	0.0	0.0	21.9	3.6	0.0	3.0	97.6	0.0	12.6	25.7	223.6	176.7
c13	8.1	8.5	0.0	5.3	8.4	0.0	0.0	0.0	16.0	3.1	0.0	1.7	63.3	0.0	10.5	11.7	89.9	102.8

## VII. Dénombrements au microscope optique

CAMPAGNE :		TICMOC 2015													
Station	6 surface	SORTIE DU		mars-2015											
Vol. cuve:	50	compte le :		01/10/2015											
comptage :	1/2 cuve	opérateur :		Luis											
coef. correc.:	40														
		Comptage	Cellules/litre	Fréquence	Fréq / diato	H	(ng/L)		Fréquence	Fréq/Diato					
MICROPHYTOPLANCTON		10 480				diversité1	Bvol. Ind	Bvol part/TOT	Biomass C						
						2.15	µm3								
BACILLARIOPHYCEAE															
<i>Leptocylindrus sp.</i>	8	320	0.03	24	0.15	155	1240	7	1	18					
<i>Nitzschia longissima</i>	18	720	0.07	55	0.27	150	2700	14	2	39					
<i>Rhizosolenia fragilissima</i>	6	240	0.02	18	0.12	667	4002	15	2	41					
indéterminées	1	40	0.00	3	0.03	150	150	1	0	2					
TOTAL DIATOS		1 320	0.13	100			8092	37	4	100					
DINOPHYCEAE															
<i>Dino &lt; 10 µm</i>	87	3480	0.33		0.53	370	32190	227	26						
<i>Dino &gt; 10µm</i>	1	40	0.00		0.03	2000	2000	13	1						
<i>Ceratium Sp.</i>	3	120	0.01		0.07	30000	90000	487	56						
TOTAL DINOS		3 640	0.35				124190	727	84						
EUGLENOPHYCEAE		0	0.00				0		0						
Autres															
<i>Cryptophycées</i>	21	840	0.08		0.29	308	6468	46	5						
TOTAL SILICOS		21	840	0.08			6468	46	5						
PRYMNESIOPHYCEES															
<i>Phaeocystis spp ?</i>	111	4440	0.42		0.52	65	7215	56	6						
<i>Emiliania huxleyi ?</i>	6	240	0.02		0.12	65	390	3	0						
TOTAL PRYMNESIO		4680	0.45				7605	59	7						
.....															
.....															
MICROZOOPLANCTON															
Ciliés	1	40													
Crotte cop		0													
REMARQUES		<p>Petites cellules de diatomées, à peine visibles et à miotée effacées et tordues          Petites cellules de dinos en quantité importante (&lt;10µm)          Chez les petits dinos : gymnos, amphi, gony, oxytoxum, prormin          Les Ehux difficiles à identifier. J'ai mis celles qui étaient les plus reperables... et encore !          Même chose pour Phaeo. De plus ,peu de cellules avaient la bonne forme de Phaeo.          Plein de toutes petites cellules de 2-3µm. Qui donc???? Impossible à voir avec le microscope optique          Moins que dans la station 7.          Mais pourquoi ces diatos sont rabougris et translucides ? J'ai mesuré le pH du Lugol et dans les échantillons l'eau est à 7.3 !!</p>													

## Rapport d'analyse chénotaxonomique TIC-MOC / CALHS

CAMPAGNE :		TICMOC 2015									
Station 7 surf		SORTIE DU mars-2015									
Vol. cuve:	50 ml	compte le :		30/09/2015							
comptage :	1/2 cuve	opérateur :		Luis							
coef. correc.:	40										
		Comptage	Cellules/litre	Fréquence	Fréq / diatc	H	Bvol. Ind	Bvol part/TOT	(ng)/L Biomass C	Fréquence	Freq/Diato
<b>MICROPHYTOPLANCTON</b>		<b>14 400</b>				diversité1 <b>2.50</b>	<b>µm3</b>	<b>0</b>	<b>7043</b>		
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>											
Cylindrotheca closterium	44	1760	0.12	32	0.37	90	3960	30	0	25	
Leptocylindrus sp.	90	3600	0.25	66	0.50	155	13950	74	1	63	
Thalassiosira sp.	1	40	0.00	1	0.02	1700	1700	5	0	4	
indéterminées	2	80	0.01	1	0.04	1500	3000	9	0	8	
<b>TOTAL DIATOS</b>		<b>5 480</b>	<b>0.38</b>	<b>100</b>			<b>22610</b>	<b>118</b>	<b>2</b>	<b>100</b>	
<b>DINOPHYCEAE</b>											
Dino < 10 µm	130	5200	0.36	86	0.53	309	40170	286	4		
Dino > 10µm	11	440	0.03	7	0.15	2000	22000	140	2		
Ceratium tripos	8	320	0.02	5	0.12	150000	1200000	5898	84		
Ceratium fusus	2	80	0.01	1	0.04	27000	54000	294	4		
Ceratium furca	1	40	0.00	1	0.02	50000	50000	262	4		
<b>TOTAL DINOS</b>		<b>6 080</b>	<b>0.42</b>	<b>100</b>			<b>1366170</b>	<b>6880</b>	<b>98</b>		
<b>EUGLENOPHYCEAE</b>											
<b>Autres</b>											
cryptophycées	5	200	0.01		0.09	308	1540	11	0		
<b>TOTAL Autres</b>	<b>5</b>	<b>200</b>	<b>0.01</b>				<b>1540</b>	<b>11</b>	<b>0</b>		
<b>PRYMNESIOPHYCEES</b>											
Phaeocystis spp.?	47	1880	0.13	71	0.38	65	3055	24	0		
Emiliana huxleyi ?	19	760	0.05	29	0.22	65	1235	10	0		
<b>TOTAL PRYMNESIO</b>		<b>2640</b>	<b>0.18</b>				<b>4290</b>	<b>34</b>	<b>0</b>		
*****											
*****											
<b>MICROZOOPLANCTON</b>											
Ciliés	28	1120									
Crotte cop		0									
<b>REMARQUES</b>											
<p>Petites cellules de diatomées, à peine visibles et à miotée effacées.</p> <p>Petites cellules de dinos en quantité importante (&lt;10µm)</p> <p>Chez Ceratium : tripos, fusus et lineatum</p> <p>Chez les petits dinos : gymnos, amphi, gony, protoperi, oxytoxum, prormin</p> <p>Les Ehux difficiles à identifier. J'ai mis celles qui étaient les plus reperables... et encore !</p> <p>Même chose pour Phaeo. De plus peu de cellules avaient la bonne forme de Phaeo.</p> <p>Plein de toutes petites cellules de 2-3 µm. Qui donc???? Impossible à voir avec le microscope optique</p>											

## Rapport d'analyse chénotaxonomique TIC-MOC / CALHS

CAMPAGNE :		TICMOC 2015									
Station 8 surf		SORTIE DU mars-2015									
Vol. cuve:	50 ml	compte le :	02/10/2015								
comptage :	9 diam X32	opérateur :	Luis								
coef. correc.:	219	Microscope :	Axiovert 135 avec loupex55								
	Comptage	Cellules/litre	Fréquence	Fréq / diatc	H	Bvol. Ind	Bvol part/TOT	(ng/L) Biomass C	Fréquence	Freq/Diato	
<b>MICROPHYTOPLANCTON</b>		<b>94 608</b>				µm3	<b>0</b>	<b>7181</b>			
					diversité1						
					<b>2.84</b>						
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>											
<i>Chaetoceros sp.</i>	79	17301	0.18	30	0.45	800	63200	1237	17	46	
<i>Leptocylindrus sp.</i>	7	1533	0.02	3	0.10	155	1085	31	0	1	
<i>Nitzschia longissima</i>	154	33726	0.36	59	0.53	177	27258	766	11	29	
<i>Pseudonitzschia</i>	19	4161	0.04	7	0.20	146	2774	82	1	3	
<i>Rhizosolenia fragilissima</i>	2	438	0.00	1	0.04	2800	5600	81	1	3	
<i>Rhizosolenia setigera</i>	1	219	0.00	0	0.02	70600	70600	472	7	18	
<b>TOTAL DIATOS</b>		<b>57 378</b>	<b>0.61</b>	<b>100</b>			<b>170517</b>	<b>2669</b>	<b>37</b>	<b>100</b>	
<b>DINOPHYCEAE</b>											
<i>Ceratium sp</i>	1	219	0.00	1	0.02	12000	12000	376	5		
<i>Dinophycées &lt; 10µm</i>	42	9198	0.10	44	0.33	335	14070	546	8		
<i>Dinophycées &gt;10µm</i>	11	2409	0.03	12	0.13	4600	50600	1678	23		
<i>Gymnodinium sp.</i>	13	2847	0.03	14	0.15	785	10205	376	5		
<i>Gyrodinium sp.</i>	3	657	0.01	3	0.05	4600	13800	458	6		
<i>Prorocentrum sp</i>	1	219	0.00	1	0.02	1200	1200	43	1		
<i>Scrippsella trochoidea</i>	3	657	0.01	3	0.05	3400	10200	344	5		
Indeterminé	21	4599	0.05	22	0.21	600	12600	472	7		
<b>TOTAL DINOS</b>		<b>20 805</b>	<b>0.22</b>	<b>100</b>			<b>124675</b>	<b>4294</b>	<b>60</b>		
<i>Cryptophyceae</i>	1	219	0.00			308	308	12	0		
<b>TOTAL Autres</b>	<b>1</b>	<b>219</b>	<b>0.00</b>		0.02		<b>308</b>	<b>12</b>	<b>0</b>		
<b>SILICOFLAGELLES</b>											
<i>Dictyocha sp.</i>	0	0	0.00			308	0	0	0		
<b>TOTAL SILICOS</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.00</b>				<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>		
<b>PRIMNESIOPHYCEES</b>											
<i>Phaeocystis sp</i>	65	14235	0.15		0.41	65	4225	181	3		
<i>Emiliania huxleyi</i>	9	1971	0.02		0.12	65	585	25	0		
<b>TOTAL PRYMNESIO</b>		<b>16206</b>	<b>0.17</b>				<b>4810</b>	<b>206</b>	<b>3</b>		
*****											
*****											
<b>MICROZOOPLANCTON</b>											
Ciliés	0	0									
Crotte cop		0									
<b>REMARQUES</b>											
<p>Contrairement aux st 6 et 7, nous avons ici des plus grosses cellules et bcp plus de diatomées (eaux Rio de la Plata ?)</p> <p>Il y a des cellules qui ressemblent à <i>Heterosigma akashiwo</i>, mais qui pourraient être des protoplastes des cellules cassées. Il y a des cellules cassées de grosse taille. <i>Chaetoceros</i> et <i>Rhizosolenia</i> par exemple.</p>											



Rapport d'analyse chénotaxonomique TIC-MOC / CALHIS

CAMPAGNE :		TICMOC 2015									
Station	20 surf	SORTIE DU mars-15									
Vol. cuve:	50 ml	compte le :		07/10/2015							
comptage :	8 diam X32	opérateur :		Luis							
coef. correc.:	260	Microscope :				Axiovert 135 avec loupex55					
		Comptage	Cellules/litre	Fréquence	Fréq / diatc	H	(ng/L)				
<b>MICROPHYTOPLANCTON</b>			<b>16 640</b>				Bvol. Ind	Bvol part/TOT	Biomass C	Fréquence	Freq/Diato
							µm3				
								<b>0</b>	<b>645</b>		
											diversité1
											<b>1.54</b>
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>											
Chaetoceros sp.	2	520	0.03	100	0.16	650	1300	32	5	100	
<b>TOTAL DIATOS</b>		<b>520</b>	<b>0.03</b>	<b>100</b>			<b>1300</b>	<b>32</b>	<b>5</b>	<b>100</b>	
<b>DINOPHYCEAE</b>											
Dinophycée < 10µm	31	8060	0.48		0.51	335	10385	478	74		
<b>TOTAL DINOS</b>		<b>8 060</b>	<b>0.48</b>				<b>10385</b>	<b>478</b>	<b>74</b>		
<b>EUGLENOPHYCEAE</b>											
		<b>0</b>	<b>0.00</b>				<b>0</b>		<b>0</b>		
<b>Autres</b>											
Cryptophycée	2	520	0.03		0.16	308	616	29	4		
<b>TOTAL SILICOS</b>	<b>2</b>	<b>520</b>	<b>0.03</b>				<b>616</b>	<b>29</b>	<b>4</b>		
<b>PRIMNESIOPHYCEES</b>											
Phaeocystis sp	29	7540	0.45		0.52	65	1885	96	15		
EHUX ?	3	780	0.05		0.21	65	195	10	2		
<b>TOTAL PRYMNESIO</b>		<b>7540</b>	<b>0.45</b>				<b>2080</b>	<b>106</b>	<b>16</b>		
.....											
.....											
<b>MICROZOOPLANCTON</b>											
Ciliés	1	260									
<b>REMARQUES</b>											
Beaucoup de petites cellules de 2 à 4 µm !! Phaeo ???											
Fond des cuves avec très peu de cellules.											
Milieu pauvre en microphyto.											

<b>CAMPAGNE :</b>		<b>TICMOC 2015</b>					
<b>Station</b>	<b>21 surface</b>		<b>SORTIE DU</b>	<b>mars-15</b>			
Vol. cuve:	20 ml		compte le :	08/10/2015			
comptage :	class abund		opérateur :	Luis			
coef. correc.:			Microscope :	Axiovert 135 avec loupex55			
		Comptage	Cellules/litre	Fréquence	Fréq / diatc	H	
<b>MICROPHYTOPLANCTON</b>		<b>0</b>				diversité1	
						<b>0.00</b>	
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>							
<i>Chaetoceros sp.</i>		+++					
<i>Leptocylindrus sp.</i>		++					
<i>Licmophora sp.</i>		p				p = présent	
<i>Nitzschia longissima</i>		+++					
<i>Pseudonitzschia</i>		++					
<i>Rhizosolenia imbricata</i>		p					
<i>Rhizosolenia fragilissima</i>		++					
<i>Skeletonema costatum</i>		p					
<i>Thalassiosira sp.</i>		p					
<b>TOTAL DIATOS</b>							
<b>DINOPHYCEAE</b>							
<i>Ceratium sp</i>		p					
<i>Dinophycees &lt; 10µm</i>		+					
<i>Gymnodinium sp.</i>		+					
<i>Gyrodinium sp.</i>		p					
<i>Gonyaulax sp</i>		p					
<i>Procentrum micans</i>		p					
<b>TOTAL DINOS</b>							
<b>EUGLENOPHYCEAE</b>							
<b>Autres</b>							
<i>cell 2-4µm</i>		+++++					
<b>TOTAL Autres</b>		<b>0</b>					
<b>PRIMNESIOPHYCEES</b>							
<i>Phaeocystis puchetii</i>		?					
<b>TOTAL PRYMNESIO</b>							
*****							
*****							
<b>MICROZOOPLANCTON</b>							
Ciliés		+					
Crotte cop		p					
<b>REMARQUES</b>							
Juste un aperçu des abondances (pas de comptage) et classes présentes dans l'échantillon.							
Pas mal de diversité par rapport aux autres échantillons plus pauvres.							
Frustules de diatos évanescents et tourdus. A peine visibles.							
Problème de Lugol ?							



## Rapport d'analyse chénotaxonomique TIC-MOC / CALHS

CAMPAGNE :		TICMOC 2015									
<b>Station</b>	<b>25 surf</b>	<b>SORTIE DU mars-15</b>									
Vol. cuve:	50 ml	compte le :	08/10/2015								
comptage :	6 diam X32	opérateur :	Luis								
coef. correc.:	396	Microscope :	Axiovert 135 avec loupex55								
	Comptage	Cellules/litre	Fréquence	Fréq / diatc	H		(ng/L)				
<b>MICROPHYTOPLANCTON</b>		<b>123 552</b>									
					diversité1						
					<b>3.04</b>						
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>											
<i>Bacteriastrium sp</i>	16	6336	0.05	7	0.22	320	5120	226	3	6	
<i>Chaetoceros sp.</i>	92	36432	0.29	42	0.52	300	27600	1236	15	34	
<i>Leptocylindrus sp.</i>	13	5148	0.04	6	0.19	155	2015	106	1	3	
<i>Navicula sp.</i>	1	396	0.00	0	0.03	350	350	15	0	0	
<i>Nitzschia longissima</i>	6	2376	0.02	3	0.11	130	780	43	1	1	
<i>Pseudonitzschia</i>	10	3960	0.03	5	0.16	220	2200	106	1	3	
<i>Rhizosolenia fragilissima</i>	70	27720	0.22	32	0.48	630	44100	1653	20	45	
<i>Rhizosolenia setigera</i>	2	792	0.01	1	0.05	4000	8000	192	2	5	
<i>Skeletonema costatum</i>	5	1980	0.02	2	0.10	20	100	9	0	0	
indéterminées	3	1188	0.01	1	0.06	650	1950	73	1	2	
<b>TOTAL DIATOS</b>		<b>86 328</b>	<b>0.70</b>	<b>100</b>			<b>92215</b>	<b>3658</b>	<b>44</b>	<b>100</b>	
<b>DINOPHYCEAE</b>											
<i>Dinophyceae &gt; 10µm</i>	26	10296	0.08		0.30	335	8710	611	7		
<i>Dinophyceae &gt; 10µm</i>	13	5148	0.04		0.19	3000	39000	2400	29		
<i>Gymnodinium sp.</i>	2	792	0.01		0.05	921	1842	122	1		
<i>Gyrodinium sp.</i>	4	1584	0.01		0.08	5600	22400	1328	16		
<b>TOTAL DINOS</b>		<b>17 820</b>	<b>0.14</b>				<b>71952</b>	<b>4460</b>	<b>53</b>		
<b>EUGLENOPHYCEAE</b>											
		<b>0</b>	<b>0.00</b>				<b>0</b>		<b>0</b>		
<b>AUTRES</b>											
<i>Cryptophyceae</i>	1	396	0.00		0.03	308	308	22	0		
<b>TOTAL Autres</b>	<b>1</b>	<b>396</b>	<b>0.00</b>				<b>308</b>	<b>22</b>	<b>0</b>		
<b>PRIMNESIOPHYCEES</b>											
<i>Phaeocystis sp</i>	48	19008	0.15		0.42	65	3120	242	3		
<i>EHUX ?</i>	3	1188	0.01		0.06	65	195	15	0		
<b>TOTAL PRYMNESIO</b>		<b>19008</b>	<b>0.15</b>				<b>3315</b>	<b>257</b>	<b>3</b>		
*****											
*****											
<b>MICROZOOPLANCTON</b>											
Ciliés	1	396									
Crotte cop		0									
<b>REMARQUES</b>	Frustules dissous										

## Rapport d'analyse chénotaxonomique TIC-MOC / CALHS

CAMPAGNE :		TICMOC 2015								
Station	25 surf	SORTIE DU mars-15								
Vol. cuve:	50 ml	compte le :		08/01/2016						
comptage :	7 diam X20	opérateur :		Luis						
coef. correc.:	808	Microscope :				Axiovert 135 avec loupex55				
		Comptage	Cellules/litre	Fréquence	Fréq / diatc	H	(ng)/L	Fréquence	Freq/Diato	
<b>MICROPHYTOPLANCTON</b>		<b>93 728</b>				diversité1				
						2.65	Bvol. Ind	Bvol part/TOT	Biomass C	
							µm3	0	4508	
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>										
<i>Rhizosolenia fragilissima</i>	2	1616	0.02	6	0.10		667	1334	101	2
<i>Chaetoceros sp. (15x7)</i>	4	3232	0.03	13	0.17		563	2252	177	4
<i>Chaetoceros sp. (5x3)</i>	1	808	0.01	3	0.06		30	30	5	0
<i>Thalassionema nitzschoide</i>	1	808	0.01	3	0.06		1040	1040	71	2
<i>Thalassiosira sp.</i>	1	808	0.01	3	0.06		1722	1722	103	2
<i>Navicula sp.</i>	10	8080	0.09	32	0.30		50	500	70	2
<i>Nitzschia longissima</i>	1	808	0.01	3	0.06		177	177	18	0
<i>Pseudonitzschia</i>	2	1616	0.02	6	0.10		100	200	24	1
<i>Eucampia sp.</i>	1	808	0.01	3	0.06		5000	5000	233	5
<i>Synedra sp.</i>	4	3232	0.03	13	0.17		700	2800	209	5
<i>Indetermine (20x15)</i>	1	808	0.01		0.06		3200	3200	166	4
<i>indetermineées (2x40)</i>	3	2424	0.03	10	0.14		500	1500	121	3
<b>TOTAL DIATOS</b>		<b>25 048</b>	<b>0.27</b>	<b>97</b>			<b>19755</b>	<b>1297</b>	<b>29</b>	<b>100</b>
<b>DINOPHYCEAE</b>										
<i>Dinophycee &gt; 10µm</i>	34	27472	0.29		0.52		335	11390	1631	36
<i>Dinophycee &gt; 10µm</i>	4	3232	0.03		0.17		2000	8000	1029	23
<b>TOTAL DINOS</b>		<b>30 704</b>	<b>0.33</b>				<b>19390</b>	<b>2660</b>	<b>59</b>	
<b>EUGLENOPHYCEAE</b>										
		<b>0</b>	<b>0.00</b>				<b>0</b>		<b>0</b>	
<b>AUTRES</b>										
<i>Cryptophycee</i>	2	1616	0.02		0.10		308	616	89	2
<b>TOTAL Autres</b>		<b>2</b>	<b>1616</b>	<b>0.02</b>			<b>616</b>	<b>89</b>	<b>2</b>	
<b>PRIMNESIOPHYCEES</b>										
<i>Phaeocystis sp</i>	45	36360	0.39		0.53		65	2925	462	10
<i>EHUX ?</i>	0	0	0.00				65	0	0	0
<b>TOTAL PRYMNESIO</b>		<b>36360</b>	<b>0.39</b>				<b>2925</b>	<b>462</b>	<b>10</b>	
*****										
<b>MICROZOOPLANCTON</b>										
Ciliés	1	808								
Crotte cop		0								
<b>REMARQUES</b>										
Frustules dissous										
Attention, la présence de RHIZSET peut faire passer le % de dominance des Diatos de 49% à 29%										

## Rapport d'analyse chénotaxonomique TIC-MOC / CALHIS

CAMPAGNE :		TICMOC 2015								
<b>Station</b>	62 surf	<b>SORTIE DU mars-15</b>								
Vol. cuve:	50 ml	compte le :	13/10/2015							
comptage :	5 diam X32	opérateur :	Luis							
coef. correc.:	518	Microscope :	Axiovert 135 avec loupex55							
		Comptage	Cellules/litre	Fréquence	Fréq / diatc	H	(ng)/L			
<b>MICROPHYTOPLANCTON</b>			<b>77 182</b>				<b>0</b>	<b>8242</b>		
						diversité1				
							µm3			
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>										
<i>Chaetoceros sp.</i>	3	1554	0.02	18	0.11	800	2400	111	1	6
<i>Pseudonitzschia</i>	9	4662	0.06	53	0.24	146	1314	92	1	5
<i>Rhizosolenia fragilissima</i>	2	1036	0.01	12	0.08	2800	5600	192	2	11
<i>Rhizosolenia setigera</i>	1	518	0.01	6	0.05	70600	70600	1115	14	62
<i>Synedra sp.</i>	1	518	0.01	6	0.05	700	700	33	0	2
<i>Thalassiosira sp.</i>	1	518	0.01	6	0.05	10000	10000	253	3	14
<b>TOTAL DIATOS</b>		<b>8 806</b>	<b>0.11</b>	<b>100</b>			<b>90614</b>	<b>1796</b>	<b>22</b>	<b>100</b>
<b>DINOPHYCEAE</b>										
<i>Dinophycée &lt;10µm</i>	54	27972	0.36		0.53	335	18090	1661	20	
<i>Dinophycée &gt; 10µm</i>	2	1036	0.01		0.08	4600	9200	722	9	
<i>Gymnodinium sp.</i>	1	518	0.01		0.05	785	785	68	1	
<i>Torodinium sp.</i>	1	518	0.01		0.05	50000	50000	3399	41	
<b>TOTAL DINOS</b>		<b>30 044</b>	<b>0.39</b>				<b>78075</b>	<b>5850</b>	<b>71</b>	
<b>EUGLENOPHYCEAE</b>										
		<b>0</b>	<b>0.00</b>				<b>0</b>			
<b>Autres</b>										
<i>Dictyochoa sp.</i>	1	518	0.01		0.05	308	308	28	0	
<i>crypto</i>	4	2072	0.03		0.14	308	1232	114	1	
<b>TOTAL SILICOS</b>	<b>1</b>	<b>2590.00</b>	<b>0.03</b>				<b>1540</b>	<b>142</b>	<b>2</b>	
<b>PRIMNESIOPHYCEES</b>										
<i>Phaeocystis sp</i>	66	34188	0.44		0.52	65	4290	435	5	
<i>Ehux ?</i>	3	1554	0.02		0.11	65	195	20	0	
<b>TOTAL PRYMNESIO</b>		<b>35742</b>	<b>0.46</b>				<b>4485</b>	<b>454</b>	<b>6</b>	
.....										
.....										
<b>MICROZOOPLANCTON</b>										
Ciliés	4	2072								
Crotte cop		0								
<b>REMARQUES</b>										
Grosses cellules										
Bcp de petits dinos, probablement des gymnodinium										
Diatomées semi dissoutes et tordues !!!										
Circles evanescents de 30 à 100 µm avec des traces grisâtres ! Pas de cellules à l'intérieur reconnaissables. Pas de Lugol qui les a coloré. Simples taches ou colonies ???										

Rapport d'analyse chénotaxonomique TIC-MOC / CALHIS

CAMPAGNE :		TICMOC 2015									
<b>Station</b> 64 surf		<b>SORTIE DU</b> mars-15									
Vol. cuve:	50 ml	compte le :	14/10/2015								
comptage :	1 diam cuve X32	opérateur :	Luis								
coef. correc.:	957	Microscope :	Axiovert 135 avec loupex55								
		Comptage	Cellules/litre	Fréquence	Fréq / diatc	H		(ng/L)			
<b>MICROPHYTOPLANCTON</b>		<b>1 856 814</b>						<b>0</b>	<b>26973</b>		
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>											
PSNZ ?	30	28710	0.02	100	0.09		309	9270	996	4	100
<b>TOTAL DIATOS</b>		<b>28 710</b>	<b>0.02</b>	<b>100</b>				<b>9270</b>	<b>996</b>	<b>4</b>	<b>100</b>
<b>DINOPHYCEAE</b>											
Dinophycée < 10µm	16	15312	0.01		0.06		335	5360	909	3	
Dinophycée > 10µm	3	2871	0.00		0.01		2000	6000	914	3	
Proto+Peridinium	1	957	0.00		0.01		8000	8000	1122	4	
<b>TOTAL DINOS</b>		<b>19 140</b>	<b>0.01</b>					<b>19360</b>	<b>2945</b>	<b>11</b>	
<b>EUGLENOPHYCEAE</b>		<b>0</b>	<b>0.00</b>					<b>0</b>		<b>0</b>	
<b>Autres</b>											
Cryptophycée	1	957	0.00		0.01		308	308	52	0	
<b>AUTRES</b>		<b>1</b>	<b>957</b>	<b>0.00</b>				<b>308</b>	<b>52</b>	<b>0</b>	
<b>PRIMNESIOPHYCEES</b>											
Ehux	2	1914	0.00		0.01		65	130	24	0	
Phaeocystis sp		1806093	0.97		0.04		65	0	22955	85	
<b>TOTAL PRYMNESIO</b>		<b>1808007</b>	<b>0.00</b>					<b>130</b>	<b>22979</b>	<b>85</b>	

Vol. cuve:	50 ml		
comptage :	9Ø		
coef. cor.:	8247		
<b>NANOPLANCTON</b>		<b>1 806 093</b>	
<b>DINOPHYCEAE</b>			
		0	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>0</b>	<b>0.00</b>
<b>CRYPTOPHYCEAE</b>			
		0	0.00
<b>AUTRES</b>			
Phaeocystis sp	219	1806093	1.00
<b>TOTAL</b>		<b>1806093</b>	<b>1.00</b>

<b>MICROZOOPLANCTON</b>	
Ciliés	1 957
copepode	1 957

<b>REMARQUES</b>	
On voit des Phaeo partout. Très peu de diatos, assez des petits dinos Echantillon propre avec des cellules bien visibles.	

Pour le calcul des Phaeocystis qui a été réalisé sur 9 diam seulement car très nombreuses cellules

## Rapport d'analyse chénotaxonomique TIC-MOC / CALHIS

CAMPAGNE :		TICMOC 2015								
Station 65 surf		SORTIE DU mars-15								
Vol. cuve:	50 ml	compte le :	15/10/2015							
comptage :	5 diam X32	opérateur :	Luis							
coef. correc.:	518	Microscope :	Axiovert 135 avec loupex55							
	Comptage	Cellules/litre	Fréquence	Fréq / diatc	H	Bvol. Ind	Bvol part/TOI	(ng)/L Biomass C	Fréquence	Freq/Diato
<b>MICROPHYTOPLANCTON</b>		<b>62 160</b>								
					diversité1					
					<b>0.87</b>					
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>										
<i>Nitzchia longissima</i>	1	518	0.01	100	0.06	150	150	10	0	100
<b>TOTAL DIATOS</b>		<b>518</b>	<b>0.01</b>	<b>100</b>		<b>150</b>	<b>150</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>100</b>
<b>DINOPHYCEAE</b>										
<i>Dinophycée &lt; 10µm</i>	12	6216	0.10		0.33	335	4020	369	8	
<i>Ceratium sp</i>	1	518	0.01		0.06	50000	50000	3399	75	
<b>TOTAL DINOS</b>		<b>6 734</b>	<b>0.11</b>				<b>54020</b>	<b>3768</b>	<b>83</b>	
<b>EUGLENOPHYCEAE</b>										
		<b>0</b>	<b>0.00</b>				<b>0</b>		<b>0</b>	
<b>Autres</b>										
<i>cryptophycée</i>	3	1554	0.03		0.13	308	924	85	2	
<b>TOTAL AUTRES</b>	<b>3</b>	<b>1554</b>	<b>0.03</b>				<b>924</b>	<b>85</b>	<b>2</b>	
<b>PRIMNESIOPHYCEES</b>										
<i>Phaeocystis sp.</i>	103	53354	0.86		0.19	65	6695	678	15	
<i>EHUX</i>	2	1036	0.02		0.10	65	130	13	0	
<b>TOTAL PRYMNESIO</b>		<b>53354</b>	<b>0.86</b>				<b>6825</b>	<b>691</b>	<b>15</b>	
.....										
<b>MICROZOOPLANCTON</b>										
Ciliés		0								
Crotte cop	1	518								
<b>REMARQUES</b>										
Cuve très propre, peu de cellules. En regardant partout j'ai juste vu une cellule de Nitzlon complètement tordue et à mi dissoute. Faible diversité micro et nanophyto. Qqs débris végétaux et crotte copépode=apports continentaux ?										

## VIII. Distribution de dominances par classe de taille

Groupe 2 : Eaux chaudes	st	%Micro	%Nano	%Pico
	8	74	8	19
	10	11	2	87
	12	14	21	66
	14	11	29	60
	15	15	18	66
	16	7	16	76
	19	17	26	58
	20	12	21	67
	35	29	8	63
	37	41	31	28
	42	18	67	15
	43	38	11	51
	49	40	18	42
	50	36	39	25
	55	35	14	51
	56	17	25	59
	57	18	25	57
	59	15	19	66
	61	43	20	37
66	10	29	60	
c9	29	17	54	

Groupe 1 : Eaux froides	st	%Micro	%Nano	%Pico
	1	9	61	30
	2	61	16	23
	3	12	81	7
	4	14	72	14
	5	38	50	12
	6	22	26	52
	7	33	52	15
	21	17	77	7
	22	55	31	14
	25	56	17	27
	26	59	16	25
	28	26	23	50
	31	33	34	33
	32	22	54	24
	45	26	53	21
	46	11	68	21
	62	11	75	14
	64	5	90	6
	65	8	74	18
	c4	10	66	24
	c5	15	55	30
	c6	32	43	25
	c7	56	32	13
	c8	37	41	22
	c10	19	24	57
c11	9	19	72	
c12	13	20	67	
c13	12	22	66	

## IX. Abréviations utilisées

Abv. Utilisé	SCOR WG78 abv.	Nom Pigment
c3	chl c3	Chlorophylle c3
MVc3	MV chl c3	Monovinyl chl c3
c2	chl c2	Chlorophylle c2
MgDVP	Mg DVP	Mg 3,8-divinyl pheoporphyryne
c1	chl c1	Chlorophylle c1
peri	perid	Peridinine
BF, 19BF	but-fuco	19'-Butanoyloxyfucoxanthine
fuco	fuco	Fucoxanthine
k-fuco	4 k-hex-fuco	4-Keto-19'-hexanoyloxyfucoxanthine
prasi	pras	Prasinoxanthine
viola	viola	Violaxanthine
HF, 19HF	hex-fuco	19'-Hexanoyloxyfucoxanthine
diadino	diadino	Diadinoxanthine
dino	dino	Dinoxanthine
allo	allo	Alloxanthine
diato	diato	Diatoxanthine
zea	zea	Zeaxanthine
lute	lut	Luteine
chlb	chl b	chlorophylle b totale
chla	chl a	chlorophylle a totale
bbCar	b,b-car	b,b-Carotene (b-carotene)
EHUX	<i>Emiliana huxleyi</i>	
DINO	Dinoflagellés	
DIATO	Diatomées	
PRASI	Prasinophycées	
PROCH	Prochlorophycées	
PHAEO	Phaeocystis sp.	