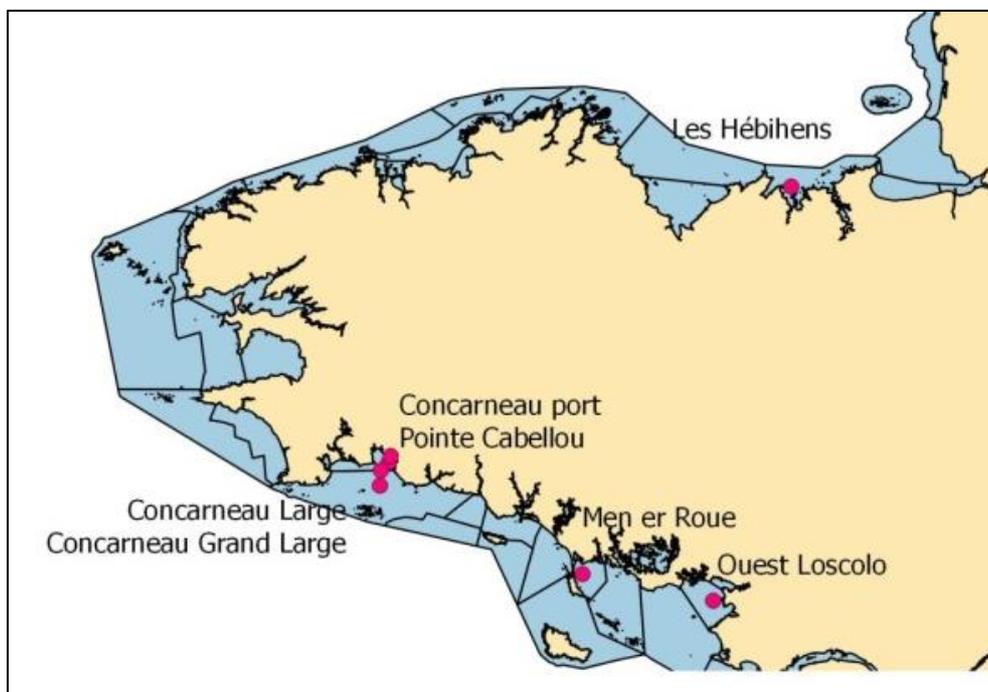


Distribution des pigments phytoplanctoniques sur les eaux côtières de Bretagne



Points d'échantillonnage des pigments phytoplanctoniques

SOMMAIRE

1.- INTRODUCTION	1
2.- METHODES	3
2.1 Zone d'études	3
2.3 Echantillonnage	5
2.4 Analyses (HPLC)	6
2.5 Analyses numériques et bancarisation	7
3.- RESULTATS	8
3.1 Distribution par pigment	8
3.1.1 Chlorophylle-a	18
3.1.2 Chlorophylle-b	19
3.1.3 Zéaxanthine	22
3.1.4 Péridinine	23
3.1.5 Fucoxanthine	26
3.1.6 Prasincoxanthine	27
3.1.7 19'-Hexanoyloxyfucoxanthine	22
3.1.8 Alloxanthine	23
3.1.9 19'-Butanoyloxyfucoxanthine	26
3.1.10 Phéophytine-a	27
3.2 Corrélations pigmentaires par point d'échantillonnage	21
3.3 Distribution des classes de taille pigmentaire	23
3.4 Distribution des classes algales par CHEMTAX	25
4.- DISCUSSION	29
BIBLIOGRAPHIE	30
ANNEXES	32

1.- INTRODUCTION

La mise en place de la directive cadre sur l'eau (DCE) en France a été progressive depuis le début des années 2000. En 2015, toutes les façades ont mis en place une surveillance permettant de qualifier l'état écologique des masses d'eau côtières. L'évolution des techniques analytiques des dernières années ouvre de nouvelles perspectives dans cette vision écologique des masses d'eau, intégrant davantage de domaines et jusqu'à présent ignorés. C'est le cas notamment pour le phytoplancton, qui avec les dénombrements au microscope optique, ne peut accéder qu'à la fraction microphytoplanctonique ($> 20 \mu\text{m}$). Nous savons actuellement que la fraction inférieure à cette taille joue un rôle écologique majeur, et qu'il est impossible de comprendre le fonctionnement de l'écosystème sans elle.

Les réseaux de surveillance (Rephy, DCE, DCSMM) ont compris l'enjeu et essaient d'évaluer les possibilités offertes par les nouvelles technologies telles que la cytométrie, l'imagerie numérique et satellite, la génétique et l'approche pigmentaire par les mesures en HPLC (chromatographie liquide haute performance). Cette dernière méthode permet, à partir des échantillons d'eau de mer filtrés, d'accéder à la composition phytoplanctonique de toutes les classes de taille, inclus les cyanobactéries.

L'Agence Française pour la Biodiversité (AFB, ex-Onema) finance un certain nombre d'études concernant ces nouvelles technologies, appliquées essentiellement au développement de nouveaux indicateurs pour la DCE en métropole et dans les DOM. Certains de ces nouveaux indicateurs semblent prometteurs de par leur facilité de mise en œuvre et leur capacité d'intégration de l'information. Les indicateurs pigmentaires se situent dans cette catégorie. Une étude préliminaire sur les eaux de la Manche et de l'Atlantique a permis de valider la pertinence de ce type d'indice (Lampert 2015). En Guyane française, le développement d'un indice de composition phytoplanctonique a été calculé et bientôt il sera mis en application (Lampert 2017). La phase suivante, dans les eaux de Bretagne, est de le tester dans des conditions réelles sur le terrain ; ainsi un projet a été soumis à l'AFB concernant les eaux de Manche-Atlantique, avec une stratégie d'échantillonnage permettant d'évaluer l'utilisation de cet indice dans le contexte de la DCE.

Il concerne deux zones atelier, une en Manche (Basse-Normandie et Nord Pas de Calais) et une en Atlantique (Région Bretagne), avec des prélèvements et analyses avec une fréquence bimensuelle sur deux années (2016, 2017) et concernant les points d'échantillonnage du réseau REPHY-OBS, puis une année d'étude et tests (2018). Trois points supplémentaires ont été ajoutés à Concarneau afin de mieux apprécier le gradient côte-large sur une radiale.

Lors de la commission Onema de 2015, ce projet a été accepté pour le volet « études » de l'année 2018 uniquement. Il restait alors à trouver les financements nécessaires pour les analyses et prélèvements en Manche et en Atlantique pour les années 2016 et 2017.

Pour les points concernant la région Bretagne, il a été demandé le cofinancement pour les prélèvements et analyses des points d'échantillonnage à l'Agence de l'Eau (AELB). Cette convention a été signée le 8 mai 2016 pour une durée de 2 ans.

Nous présenterons dans ce rapport les résultats des analyses pigmentaires obtenus lors des prélèvements qui ont eu lieu entre 2016 et 2017. Une petite partie des échantillons n'a pas encore été analysée, mais reste stockée à -80°C en attente de la prochaine fenêtre d'analyses, prévue dans le premier semestre de 2018.

2.- METHODES

2.1- Zone d'études

Sept points ont été retenus en Bretagne (Figure 2.1 et tableau 2.1). Quatre points appartiennent au REPHY Observation :

- 022-P-018 Les Hébihens (figure 2.2)
- 047-P-016 Concarneau large (figure 2.3)
- 055-P-001 Men er Roue (figure 2.4)
- 063-P-002 Ouest Loscolo (figure 2.4)

Les trois autres, ont été créés spécifiquement pour cette étude et font donc partie d'un programme « REPHY Etudes » destiné à héberger des études non pérennes ; ils seront utilisés avec le point 047-P-016 Concarneau large pour définir la radiale Concarneau, qui présente un gradient côte-large qui passe d'une zone très perturbée (point Concarneau port) à des points où les pressions anthropiques sont plus faibles :

- 047-P-022 Concarneau port (figure 2.3)
- 047-P-014 Pointe Cabellou (figure 2.3)
- 043-P-033 Concarneau grand large (figure 2.3)

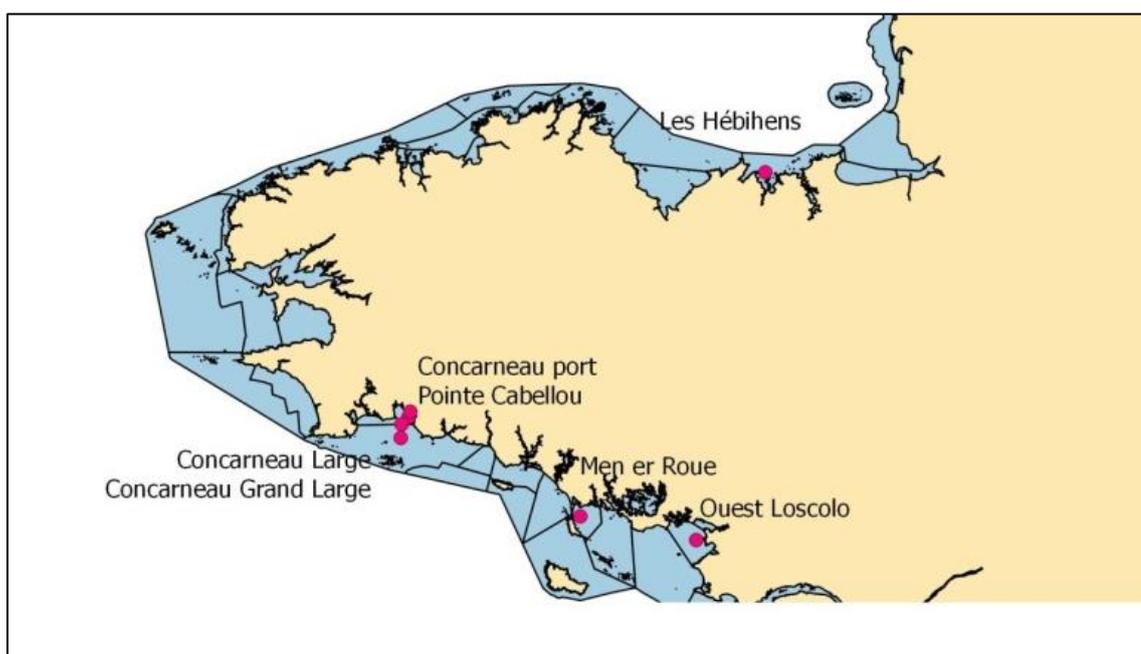


Figure 2.1 : Situation géographique de l'ensemble des points de prélèvement en Bretagne

Tableau 2.1 : Masses d'eau côtières et points échantillonnés

Masse d'eau	Point	Label point	Réseau
FRGC03	022-P-018	Les Hébihens	REPHY Obs
FRGC28	047-P-016	Concarneau large	REPHY Obs
FRGC28	047-P-033	Concarneau grand large	REPHY etudes
FRGC29	047-P-014	Pointe Cabellou	REPHY etudes
FRGC29	047-P-022	Concarneau port	REPHY etudes
FRGC36	055-P-001	Men er Roue	REPHY Obs
FRGC44	063-P-002	Ouest Loscolo	REPHY Obs

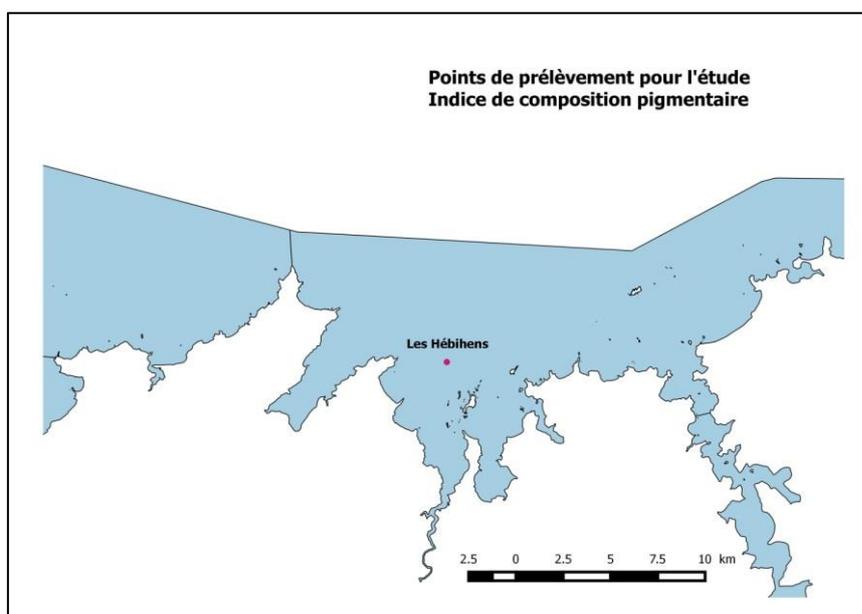


Figure 2.2 : Situation géographique du point Les Hébihens

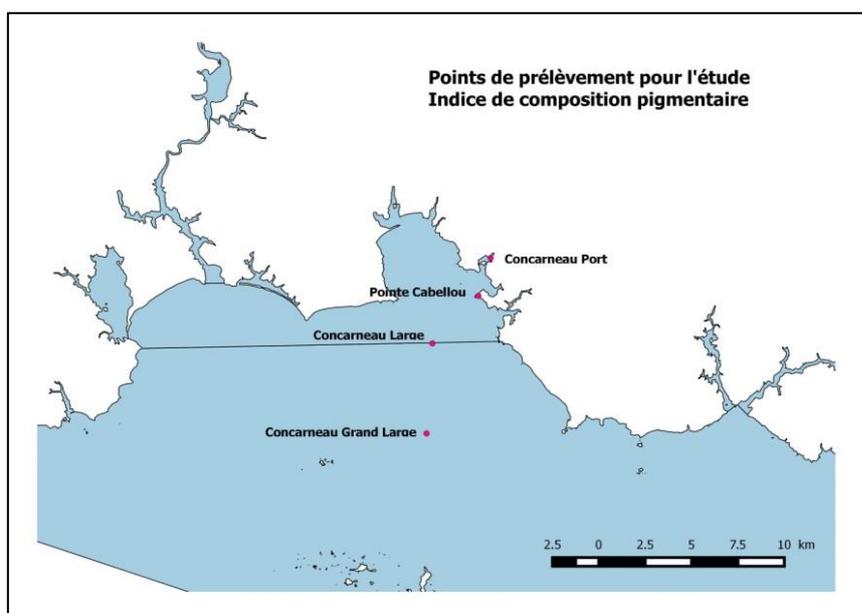


Figure 2.3 : Situation géographique des points de la radiale Concarneau

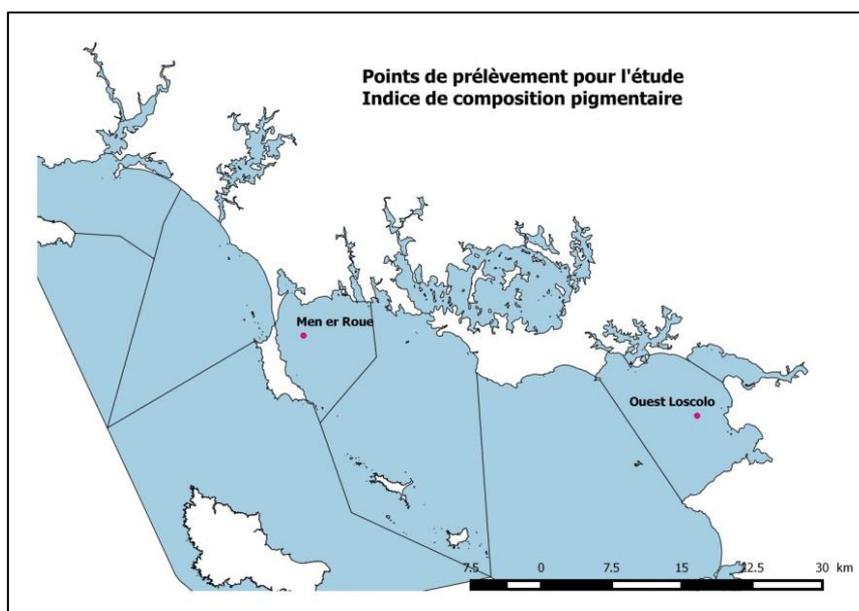


Figure 2.4 : Situation géographique des points Men er Roué et Ouest Loscolo

2.2- Echantillonnage

Sauf en raison des mauvaises conditions climatiques, l'échantillonnage de chaque point a été assuré tous les 15 jours (Tableau 2.2).

Tableau 2.2 : Prélèvement des échantillons pour analyses en HPLC et fréquence par mois

Label point	Code Point	Code ME	2016												2017											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Les Hébihens	022-P-018	FRGC03		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1			
Concarneau large	047-P-016	FRGC28			2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	3	1	2	2	1	1	2	3	2	2	1	
Concarneau grand large	047-P-033	FRGC28			2	1	2	2	2	3	2	2	2	2	3	1	2	2	1	2	1	3	2	2	1	
Pointe Cabellou	047-P-014	FRGC29			2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	3	1	2	2	1	2	2	3	2	2	1	
Concarneau port	047-P-022	FRGC29			2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	3	1	2	2	1	1	2	3	2	2	1	
Men er Roué	055-P-001	FRGC36	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	3	2			
Ouest Loscolo	063-P-002	FRGC44	1	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	1	3	2	2			
			échantillonné						2 échantillonné et 2 analyses réalisées																	

L'échantillonnage a été effectué de la même façon que ceux destinés aux analyses de chlorophylle-*a* pour le REPHY et selon les procédures en cours (Belin et Neaud-Masson 2017). 2 L d'eau de mer sont collectés à la profondeur de -1 m selon les moyens à la mer disponibles.

Entre le moment du prélèvement et la filtration (laboratoire, camion, bateau équipé,...), la bouteille, avec l'échantillon a été stockée à l'abri de la lumière et mise au frais. Ce délai a été le plus court possible selon le point de prélèvement.

La filtration a été effectuée avec une rampe de filtration sous vide modérée avec des filtres GF/F de 25 mm ou 47 mm. Une fois filtrée la quantité d'eau nécessaire, selon la charge en cellules phytoplanctoniques (coloration du filtre), et avant colmatage, le filtre a été plié dans un cryotube de 2 à 5 mL, puis congelé immédiatement à -176°C (azote liquide) ou -80°C

(surgélateur) jusqu'à leur analyse à l'HPLC. Ce filtre peut alors rester stocké jusqu'à un an si nécessaire.

2.3- Analyses (HPLC)

Les échantillons prélevés en 2016 ont été analysés par le laboratoire IRD de Brest, puis ceux de 2017 par le laboratoire Ifremer du LERN.

La méthode HPLC utilisée dans les deux laboratoires est celle décrite par van Heukelem (Van Heukelem et Thomas 2001), avec des légères variations (Hooker et al. 2005). Cette méthode permet de séparer, identifier et quantifier des nombreux pigments (chlorophylles, caroténoïdes, xanthophylles), et notamment ceux qui permettront de mettre en évidence les classes phytoplanctoniques dominantes dans la région atlantique française (Tableau 2.3).

Tableau 2.3 : Principaux pigments extraits par les analyses en HPLC

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 pheoporpyrine
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
DD	diadino	Diadinoxanthine
dino	dino	Dinoxanthine
allo	allo	Alloxanthine
DT	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)
pheoA	Phe a	Pheophytine a

Tous ces pigments ne seront pas retenus dans la matrice pigmentaire destinée aux études proposées à l'AFB car ils ne sont pas représentatifs des classes algales présentes ou dominantes dans les eaux de Manche-Atlantique.

La Phéophytine-*a* peut se révéler cependant fort intéressante pour caractériser une masse d'eau, à condition que la chaîne prélèvements-analyses, soit bien exécutée. Un mauvais stockage ou un long séjour du prélèvement au soleil, avant filtration, peut augmenter très fortement cette concentration et induire en erreur.

2.4- Analyses numériques et bancarisation

Classements hiérarchiques

Les classements hiérarchiques ont été réalisés avec la commande `hclust()` du package « stats » de R. Les distances D1 (euclidienne), et D14 (Bray-Curtis) ont été utilisées afin d'évaluer l'homogénéité des profils pigmentaires sur l'ensemble de la zone (Legendre et Legendre 1998 ; Borcard, Guillet, et Legendre 2011).

Projection NMDS

Cette méthode d'ordination permet de projeter dans un plan bidimensionnel, un ensemble de distances issues d'une matrice de données. Il a été utilisé le package « Vegan » sous R et tout particulièrement la commande `metaMDS()`.

Corrélations

Pour les corrélations, il a été utilisé le coefficient de corrélation de Pearson (r) avec le package de base de R. La commande utilisé est `cor()`.

Bancarisation

Toutes les concentrations analysées lors de cette convention ont été bancarisées dans la base de données **Quadrigé2** de l'Ifremer. Du moment qu'elles seront validées et qualifiées, elles resteront dans le domaine public (Belin et Neaud-Masson 2017).

3.- RESULTATS

Dans les eaux côtières de La Manche et de l'Atlantique, la classe algale dominante est celle des diatomées, souvent accompagné des efflorescences et des dominances estivales de dinoflagellés. Y sont observés également, des successions des algues vertes (Chlorophycées, Prasinophycées), des Cryptophycées, des Euglenophycées, etc. Pour mettre en évidence l'évolution de ces classes algales par leur pigment biomarqueur, les principaux pigments à étudier sont :

Chla : biomasse chlorophyllienne totale

Chlb : algues vertes

Zea : Cyanophycées, algues vertes

Peri : dinoflagellés

Fuco : diatomées

Prasi : Prasinophycées

19HF : Haptophycées

Allo : Cryptophycées

19BF : Chrysophycées, Pélagophycée, Haptophycées

PheoA : dégradation de la biomasse phytoplanctonique

3.1 Distribution par pigment

Dans ce chapitre est présentée, pour les pigments retenus ci-dessus, leur évolution temporelle dans chaque point échantillonné et sur la période 2016-2017.

3.1.1 Chlorophylle-*a* (CHLA)

La **chlorophylle-*a*** est le pigment utilisé pour définir la biomasse phytoplanctonique totale car il est présent dans tous les organismes végétaux.

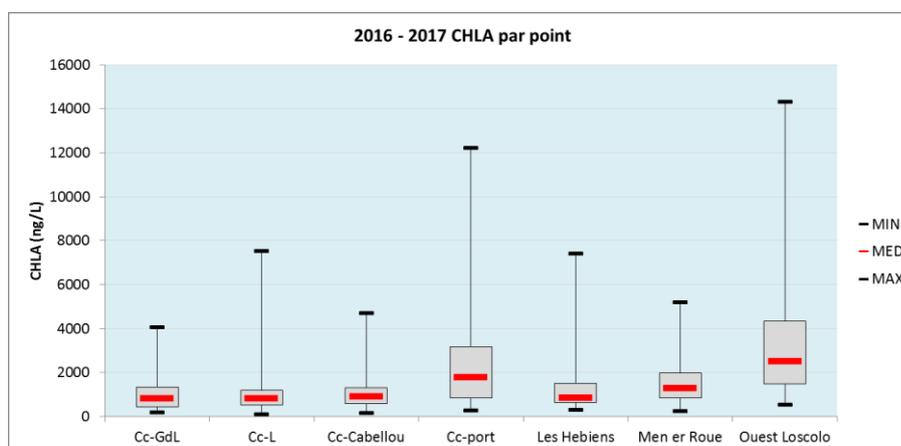


Figure 3.1 : Boîte à moustaches avec les concentrations en « chla » par point d'échantillonnage sur la période 2016-2017

Les plus fortes moyennes en chla sont observées aux points Concarneau-Port et Ouest Loscolo (figure 3.1), ce qui reste cohérent avec l'évolution des dernières années de l'indice de biomasse de la DCE (Belin, Lamoureux, et Soudant 2014a). Les plus faibles concentrations sont présentes dans la côte nord-Bretagne (Belin, Lamoureux, et Soudant 2014a, 2014b).

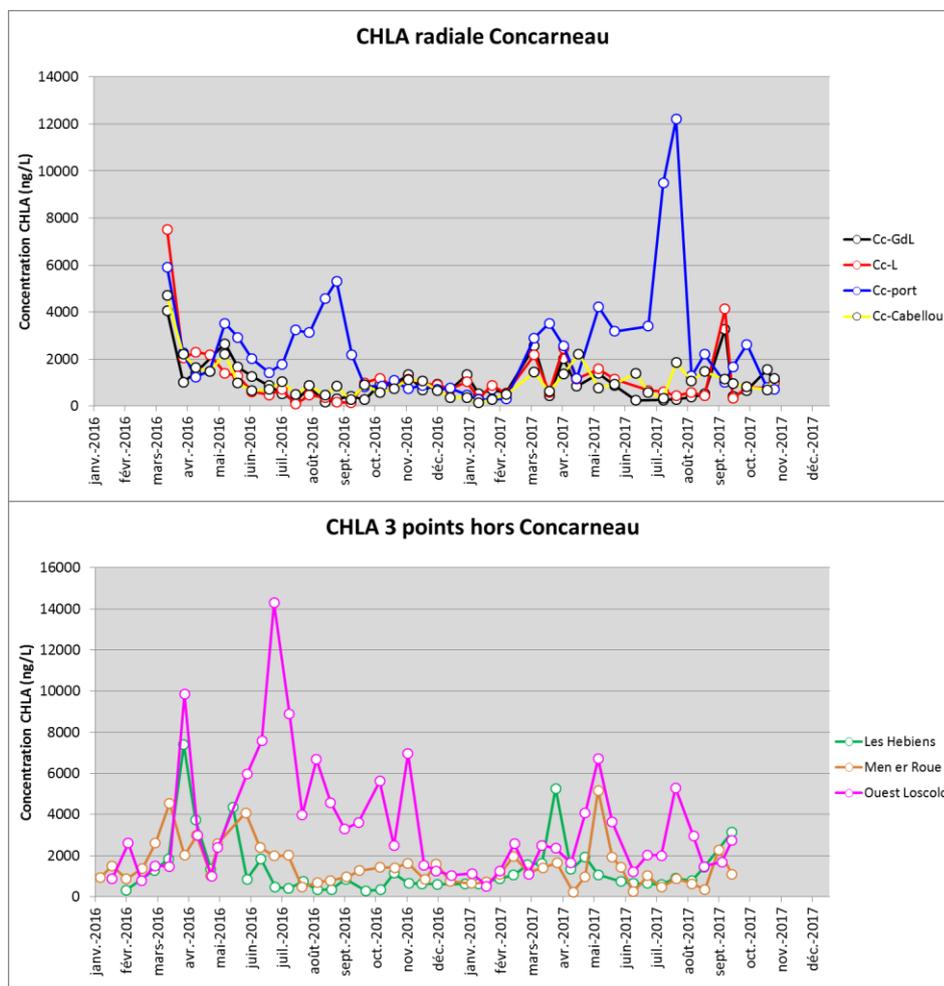


Figure 3.2 : Evolution de la « chla » entre 2016-2017 sur la radiale de Concarneau (en haut), puis les points des Hébihens, Men er Roué et Ouest Loscolo (en bas)

Sur la radiale de Concarneau, de fortes différences sont présentes entre le point Concarneau-Port et les trois autres points (figure 3.2 haut). Dans le même ordre de grandeur que Concarneau-Port, nous observons, plus au sud, de fortes biomasses à Ouest Loscolo, avec 14 000 ng chla/L au début de l'été 2016. A Concarneau-Port le maximum sur ces deux années est cependant observé à l'été 2017. Il ne semble pas y avoir de corrélation temporelle entre les séries de ces deux points.

3.1.2 Chlorophylle-*b* (CHLB)

La **Chlorophylle-*b*** se trouve majoritairement dans les « algues vertes », qui peuvent être nombreuses en été dans les eaux intérieures et dans les estuaires fermés ou semi fermés. Les plus fortes concentrations sont présentes dans le point Concarneau-Port avec une valeur maximale de 3120 ng chl*b*/L (figure 3.3). Les valeurs maximales des autres points se situent en-dessous de 700 ng chl*b*/L. La façade atlantique présente les plus fortes concentrations.

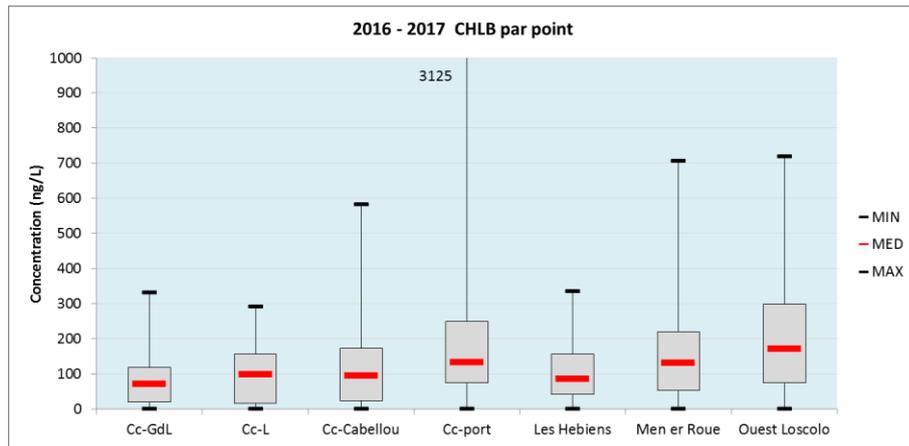


Figure 3.3 : Boîte à moustaches avec les concentrations en « chlb » par point d'échantillonnage sur la période 2016-2017

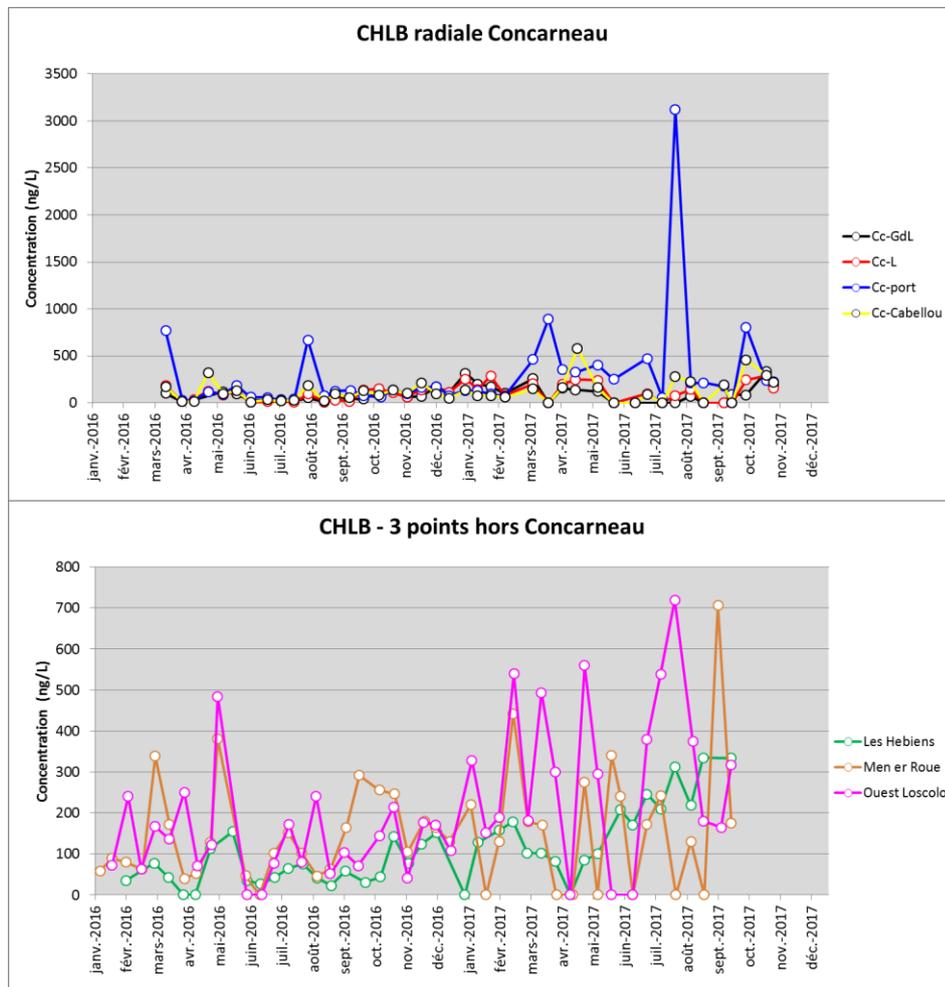


Figure 3.4 : Evolution de la « chlb » entre 2016-2017 sur la radiale de Concarneau (en haut), puis les points des Hébihens, Men er Roué et Ouest Loscolo (en bas)

Sur la radiale de Concarneau, les plus fortes valeurs sont observées au printemps-été ainsi que pendant l'automne 2017 (figure 3.4). Le point Les Hébihens présente une tendance temporelle croissante significative sur les deux années, avec des valeurs cependant assez

basses, inférieures à 300 ng chl_b/L. Aux points Ouest Loscolo et Men er Roué, l'année 2017 présente les plus forts pics de chl_b de la série.

3.1.3 Zéaxanthine (ZEA)

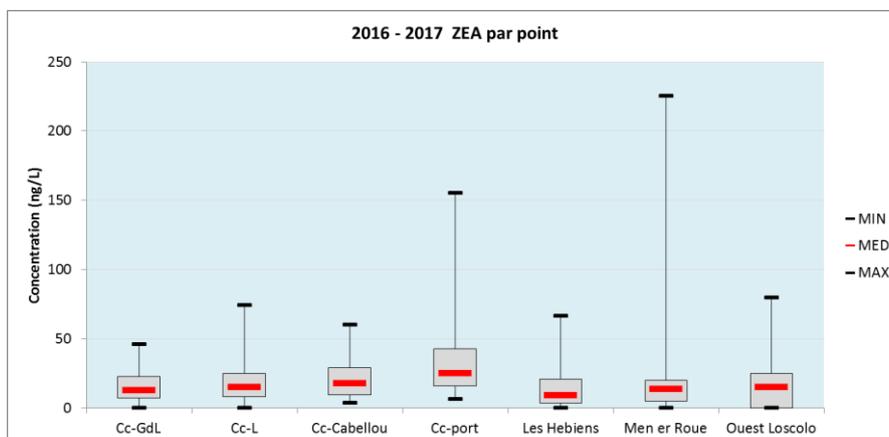


Figure 3.5 : Boîte à moustaches avec les concentrations en « zea » par point d'échantillonnage sur la période 2016-2017

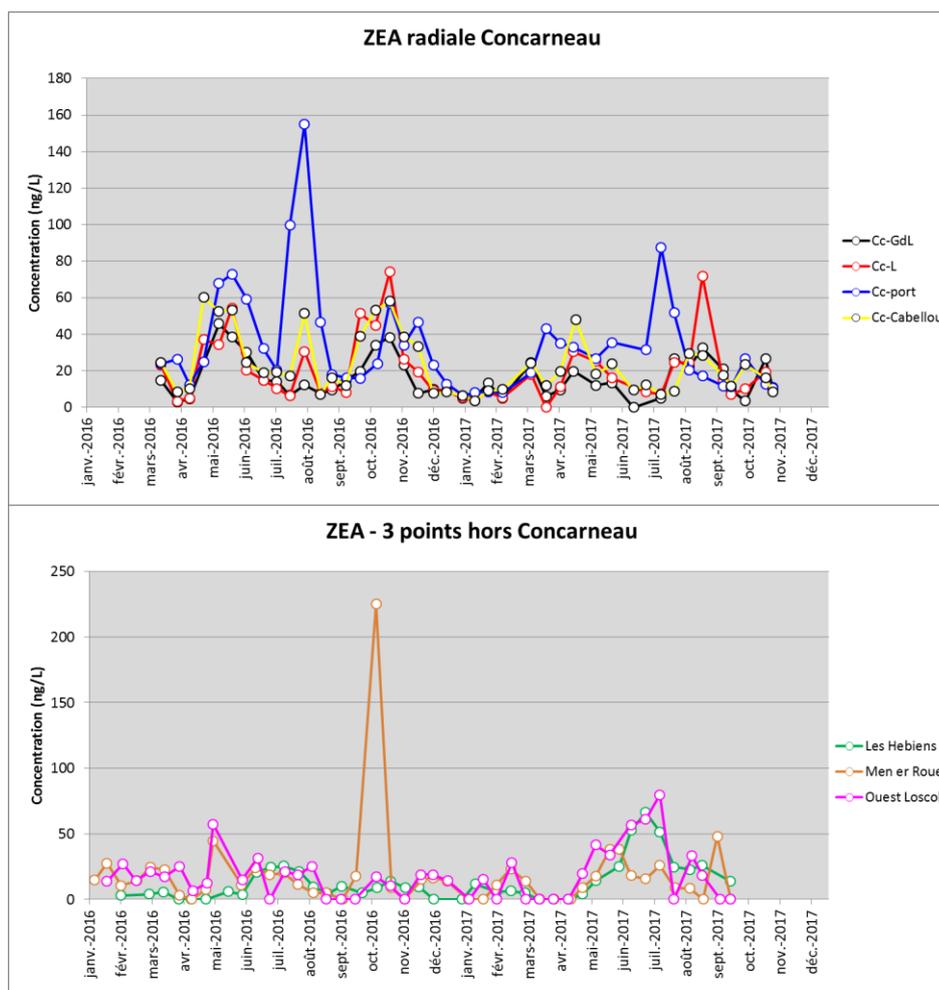


Figure 3.6 : Evolution de la « zea » entre 2016-2017 sur la radiale de Concarneau (en haut), puis les points des Hébihens, Men er Roué et Ouest Loscolo (en bas)

La **Zéaxanthine** est l'un des pigments caractéristiques des cyanobactéries, mais on peut en trouver également dans les algues vertes et dans certains dinoflagellés (Roy 2011).

Les valeurs maximales en zéaxanthine sont observées à Concarneau-Port et Men er Roué, où la valeur maximale de la série est de 230 ng zea/L (figure 3.6). Les plus fortes concentrations sont observées en été, mais le plus fort pic, à Men er Roué, s'est produit en octobre 2016 (figure 3.6 bas).

3.1.4 Péridinine (PERI)

La **Péridinine** est le marqueur par excellence des dinoflagellés autotrophes. Il est cependant difficile de suivre cette classe algale à cause des phénomènes d'hétérotrophie et de mixotrophie. Bien souvent, les efflorescences en Atlantique sont dues à des dinoflagellés qui contiennent des pigments caractéristiques des algues vertes ou des Cryptophycées.

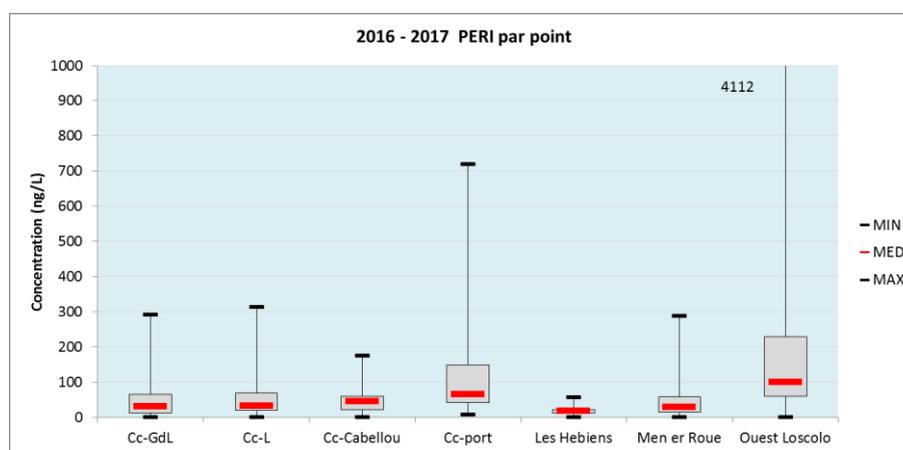


Figure 3.7 : Boîte à moustaches avec les concentrations en « peri » par point d'échantillonnage sur la période 2016-2017

Les plus fortes concentrations en Péridinine sont visibles au point Ouest Loscolo, avec 4112 ng peri/L, puis à Concarneau-Port, avec environ 700 ng peri/L (figure 3.7). Le point Les Hébihens présente les plus faibles valeurs. Les médianes des points restent en dessous de 100 ng peri/L, cependant les valeurs maximales des séries montrent une forte dispersion des valeurs. Ceci suggère des fortes variations de ce pigment dans le temps.

Les séries temporelles montrent des plus fortes concentrations de Péridinine en été, ce qui n'exclut pas des pics extrêmes en janvier ou mars, au moment des efflorescences printanières, sur les points extérieurs de la radiale de Concarneau (figures 3.8 haut et bas).

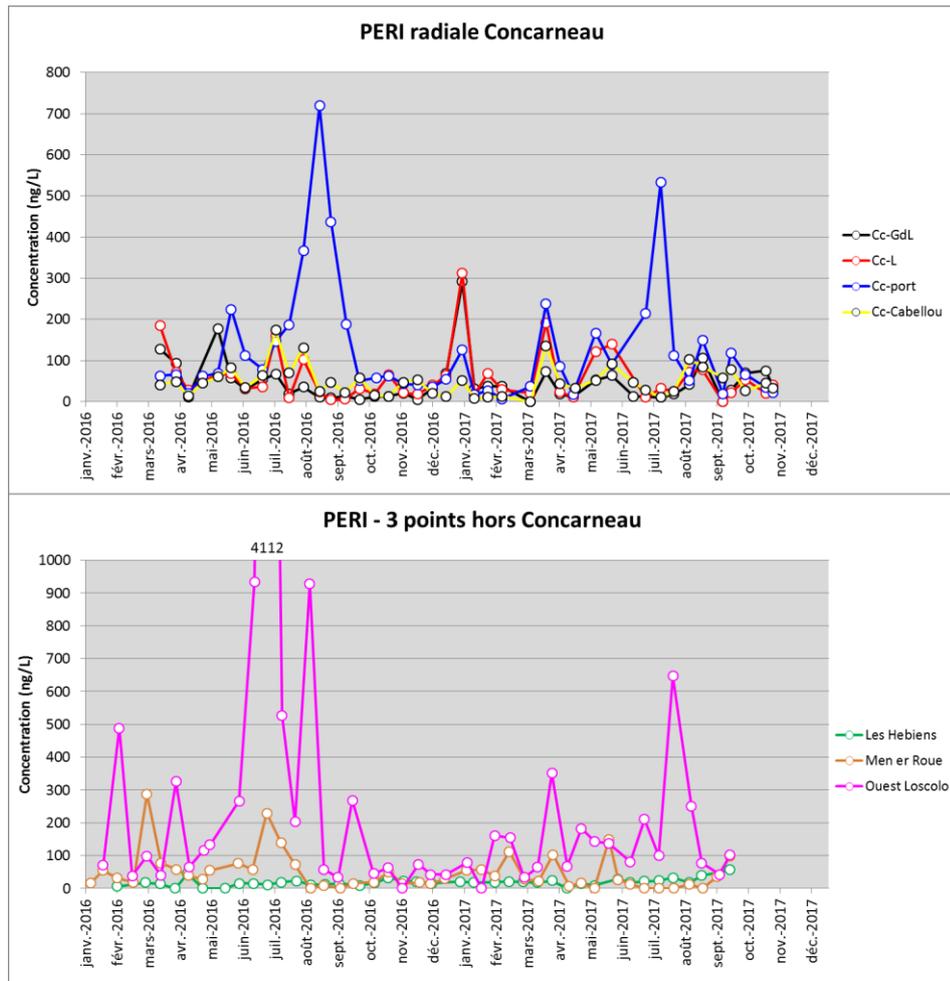


Figure 3.8 : Evolution de la « peri » entre 2016-2017 sur la radiale de Concarneau (en haut), puis les points des Hébihens, Men er Roué et Ouest Loscolo (en bas)

3.1.5 Fucoxanthine (FUCO)

La **Fucoxanthine** est souvent prise comme le biomarqueur des diatomées, bien que cette classe algale peut présenter des profils pigmentaires très contrastés (Higgins, Wright, et Schlüter 2011).

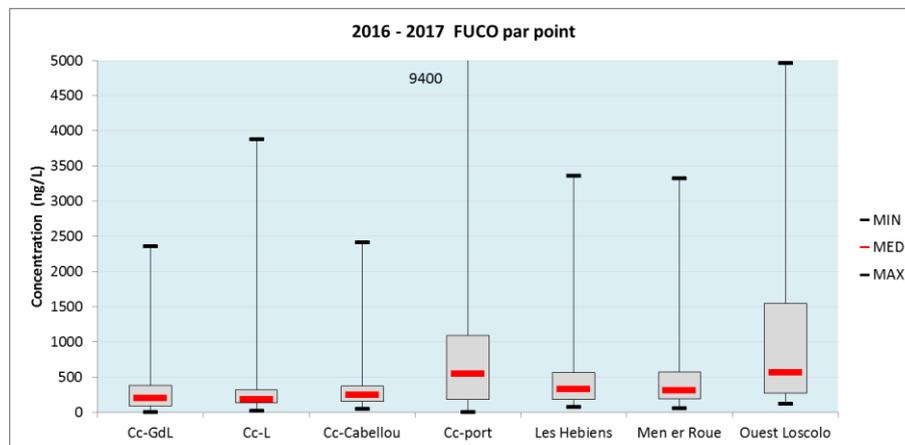


Figure 3.9 : Boîte à moustaches avec les concentrations en « fuco » par point d'échantillonnage sur la période 2016-2017

Du fait de la dominance des diatomées dans les eaux côtières de l'Atlantique nord-ouest, les concentrations en fucoxanthine sont élevées par rapport aux autres pigments (figure 3.9). Les plus fortes médianes, ainsi que les boîtes contenant le 50 % des valeurs, sont observées aux points Concarneau-Port et Ouest Loscolo.

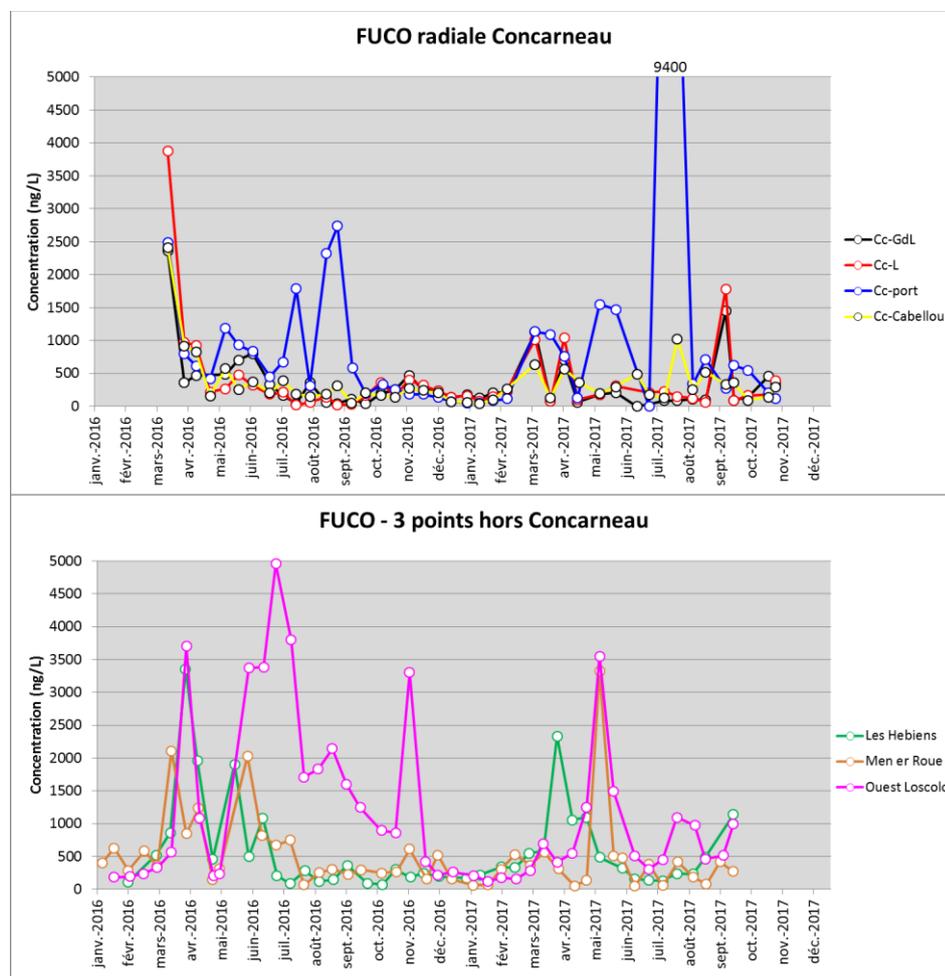


Figure 3.10 : Evolution de la « fuco » entre 2016-2017 sur la radiale de Concarneau (en haut), puis les points des Hébihens, Men er Roué et Ouest Loscolo (en bas)

La série temporelle met en évidence les plus fortes concentrations en printemps-été, ainsi qu'un pic secondaire en automne, ce qui est caractéristique des eaux tempérées atlantiques (figure 3.10). De fortes différences peuvent être appréciées entre le point Concarneau-Port et les autres trois points plus extérieurs de la radiale Concarneau. Malgré la proximité des points Men er Roué et Ouest Loscolo, leurs profils pigmentaires divergent, avec une plus forte concentration en Fucoxanthine sur ce dernier.

3.1.6 Prasinoxanthine (PRASI)

Les Prasinophycées font partie du groupe des « algues vertes ». Elles partagent la chl_b avec les algues vertes, et une partie de cette classe peut être isolée par leur pigment caractéristique, la **Prasinoxanthine**. Il existe cependant des genres de prasinophycées qui ne contiennent pas de Prasinoxanthine, mais Violaxanthine ou Néoxanthine. Il est alors difficile

de les identifier et quantifier sans des méthodes multi-pigmentaires plus élaborées tel que Chemtax (Mackey et al. 1996, 1997; Lampert 2014).

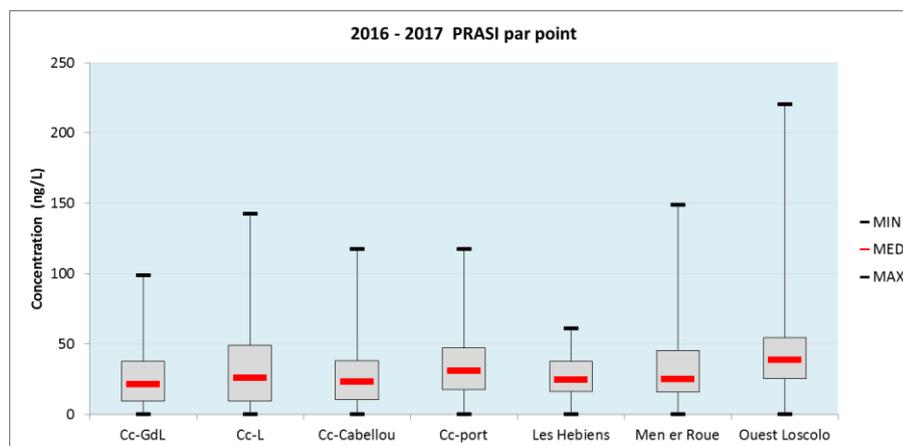


Figure 3.11 : Boîte à moustaches avec les concentrations en « prasi » par point d'échantillonnage sur la période 2016-2017

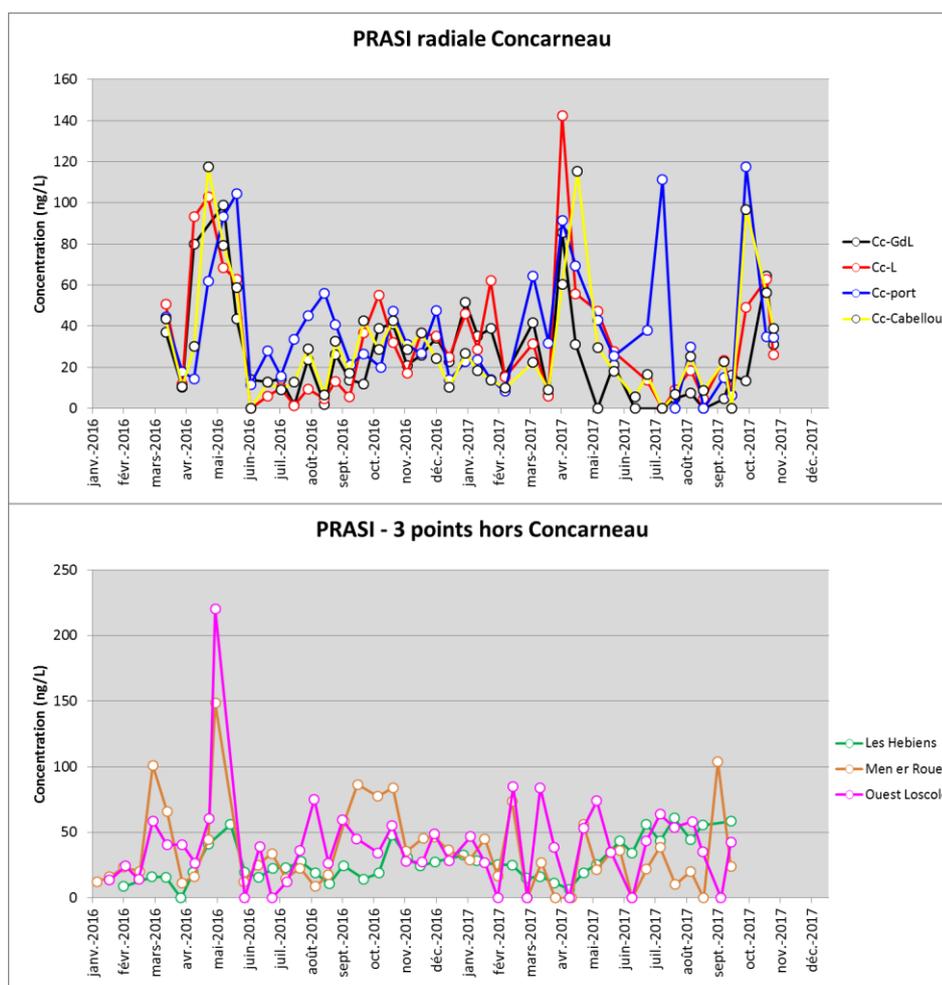


Figure 3.12 : Evolution de la « prasi » entre 2016-2017 sur la radiale de Concarneau (en haut), puis les points des Hébihens, Men er Roué et Ouest Loscolo (en bas)

La distribution pluriannuelle de la Prasinoxanthine est assez régulière sur l'ensemble de points de l'Atlantique et de La Manche (figure 3.11), avec des pics printaniers concomitants en 2016 pour tous les points. En 2017 la situation est moins claire, avec des pics en été et en automne, qui ne concernent pas tous les points. Ce phénomène est particulièrement remarquable sur les points Concarneau-Port et Concarneau Cabellou, qui se situent à très faible distance.

3.1.7 19'-Hexanoyloxyfucoxanthine (19HF)

La **19'-Hexanoyloxyfucoxanthine** est présente dans une partie des Hapthophycées, essentiellement dans les profils des HAPTO-6 à HAPTHO-8 tel que définis par Higgins, Wright, et Schlüter (2011).

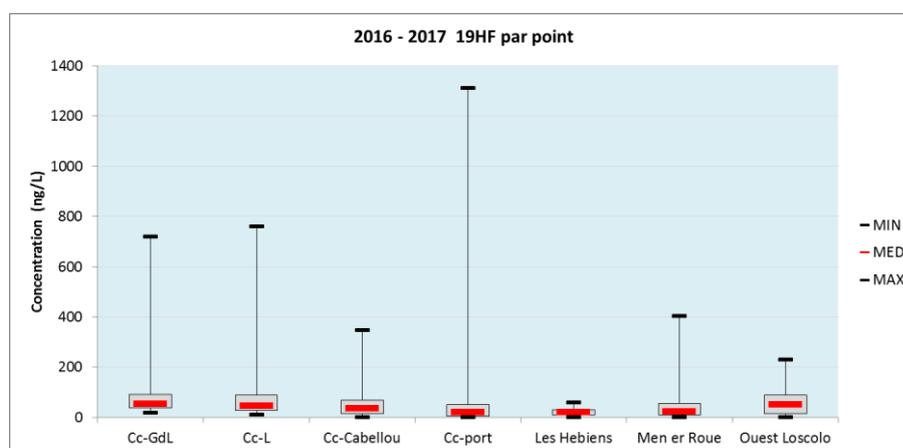


Figure 3.13 : Boîte à moustaches avec les concentrations en « 19HF » par point d'échantillonnage sur la période 2016-2017

Ces classes algales, souvent de petite taille, se trouvent plus souvent dans les eaux du large, mais peuvent également se développer dans les eaux côtières. Les médianes des boîtes à moustaches de la figure 3.13 montrent une forte stabilité, avec des dispersions assez similaires sur tous les points. Le plus fort maximum se situe sur le point Concarneau-Port, suivi des points extérieurs de cette radiale.

Le printemps est la saison où les plus forts pics sont visibles. L'évolution de ce pigment en 2016 et 2017 montre de différences, car en 2016 les plus fortes concentrations se trouvent au printemps, tandis qu'en 2017, elles se prolongent jusqu'à la fin de l'été (figure 3.14 haut). La radiale Concarneau ne présente pas de gradient côte-large pour ce pigment, et les concentrations dans le nord Bretagne (Les Hébihens) semblent inférieures à celles du sud Bretagne (figure 3.14 bas).

Pour comprendre l'évolution des pigments dans leur environnement, il est nécessaire de prendre en parallèle les dénombrements phytoplanctoniques afin de permettre de réaliser des profils pigments/genres caractéristiques des régions marines. Ce travail facilitera par la suite les interprétations dues aux analyses pigmentaires dans le futur.

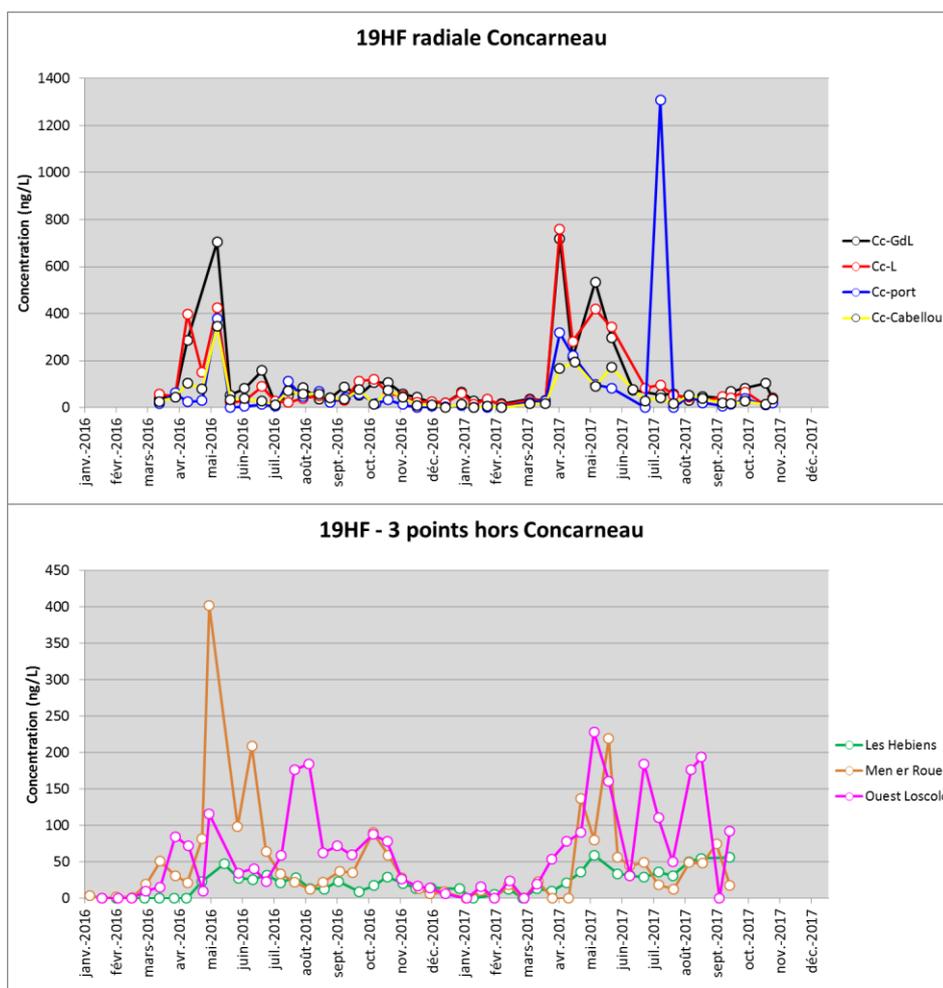


Figure 3.14 : Evolution de la « 19HF » entre 2016-2017 sur la radiale de Concarneau (en haut), puis les points des Hébihens, Men er Roué et Ouest Loscolo (en bas)

3.1.8 Alloxanthine (ALLO)

L'**Alloxanthine** est le pigment biomarqueur caractéristique des Cryptophycées (Mackey et al. 1997).

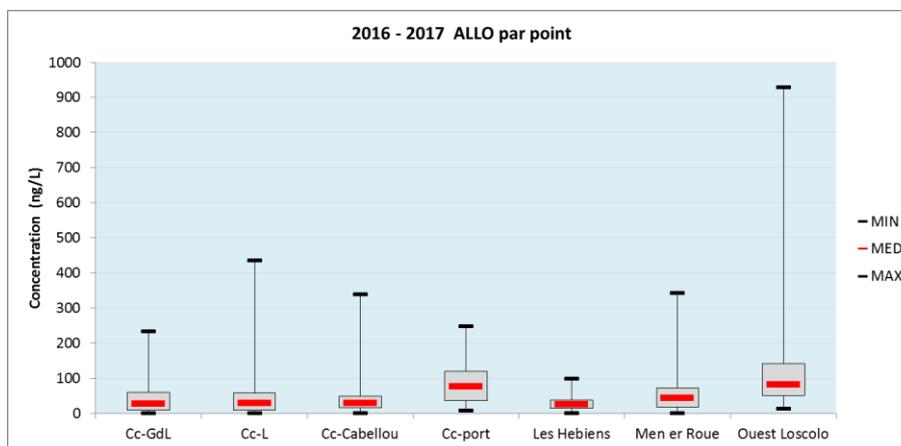


Figure 3.15 : Boîte à moustaches avec les concentrations en « ALLO » par point d'échantillonnage sur la période 2016-2017

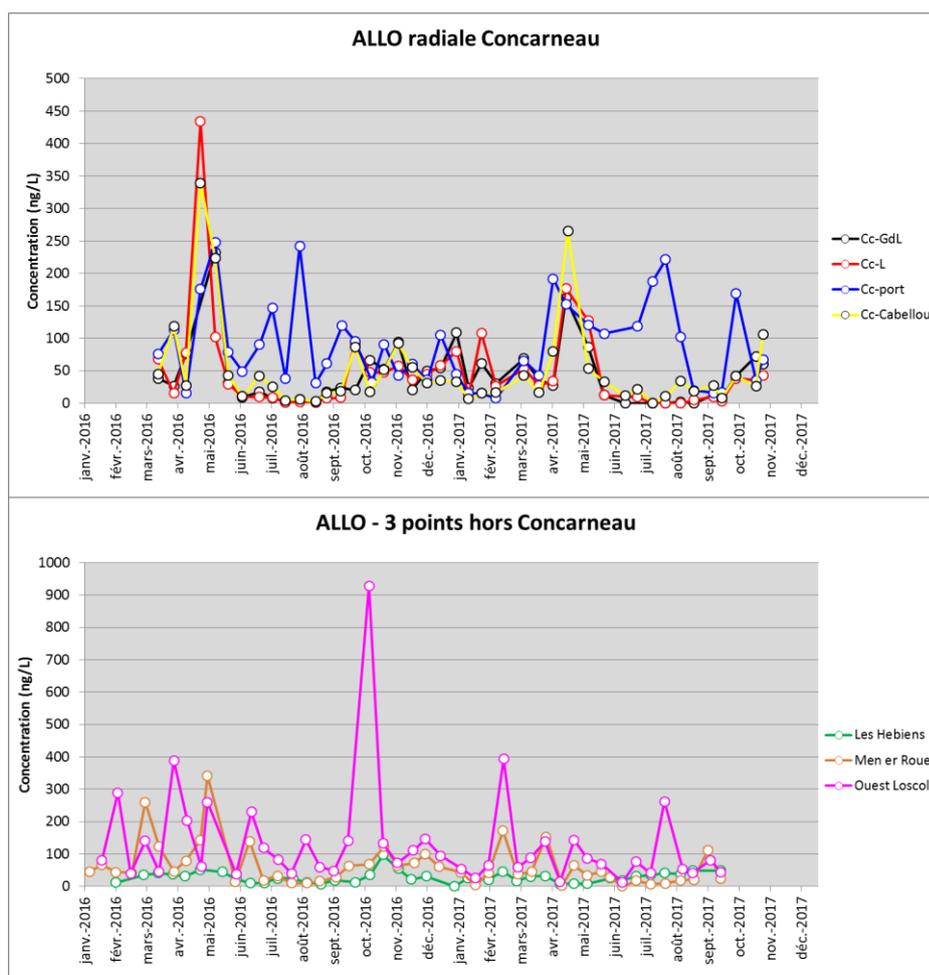


Figure 3.16 : Evolution de la « ALLO » entre 2016-2017 sur la radiale de Concarneau (en haut), puis les points des Hébihens, Men er Roué et Ouest Loscolo (en bas)

Les plus fortes concentrations en Alloxanthine sont observées dans les points Concarneau-Port et Ouest Loscolo (figure 3.15). Parfois considéré comme indicateur des eaux anthropisées à tort, cette classe algale peut être plus présente dans les sites où la qualité des masses d'eau est moins bonne. Sur la radiale Concarneau, les plus fortes valeurs sont observées au point Concarneau-Large (figure 3.16) au printemps 2016 et 2017. Le point Ouest Loscolo présente cependant sa valeur maximale en octobre 2016.

3.1.9 19'-Butanoyloxyfucoxanthine (19BF)

Le **19'-Butanoyloxyfucoxanthine** signe la présence des Pélagophycées, Dictyophycées et quelques Haptophycées : HAPTO-6 à HAPTO-8 (Higgins, Wright, et Schlüter 2011).

Le message chémotaxonomique est moins clair qu'avec d'autres pigments plus spécifiques, cependant il marque en général des petites cellules (nanophytoplancton) qui vivent plus au large qu'à la côte.

Les plus fortes valeurs sont observées sur les points Concarneau grand Large et Concarneau Large (figure 3.17).

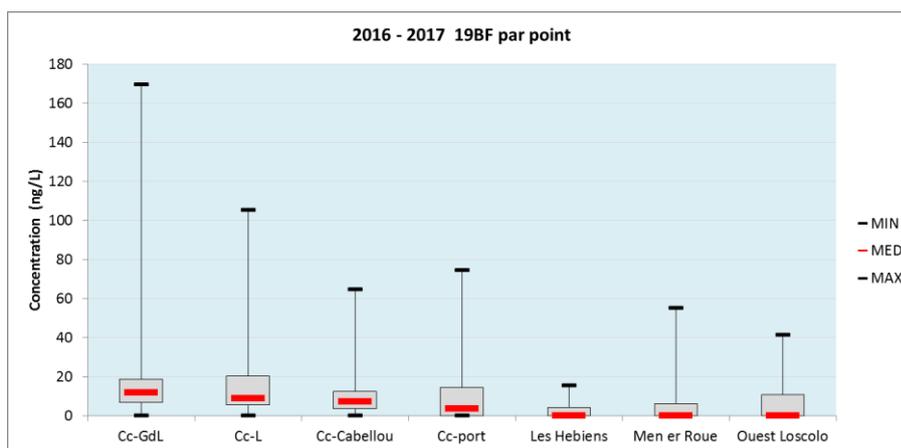


Figure 3.17 : Boîte à moustaches avec les concentrations en « 19BF » par point d'échantillonnage sur la période 2016-2017

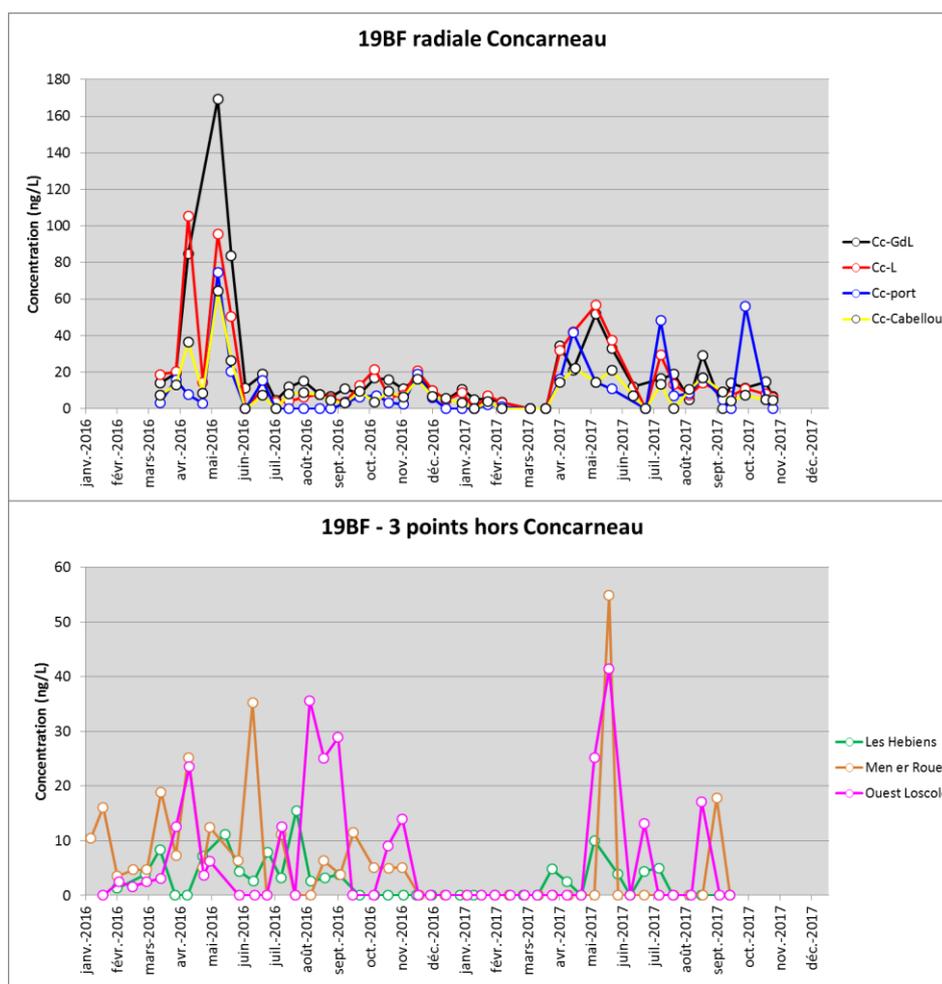


Figure 3.18 : Evolution de la « 19BF » entre 2016-2017 sur la radiale de Concarneau (en haut), puis les points des Hébihens, Men er Roué et Ouest Loscolo (en bas)

Leur distribution temporelle indique une préférence, au printemps, pour la radiale Concarneau, avec quelques pics secondaires à l'été 2017 (figure 3.18). Il est à remarquer la forte variabilité interannuelle de ce pigment. En 2016 les concentrations sont plus fortes et les poussées plus courtes, tandis qu'en 2017 elles sont divisées par un facteur x3 et s'étalent jusqu'au mois d'octobre 2017.

Au point Les Hébihens, la saisonnalité printanière est clairement définie, tandis qu'en sud Bretagne les pics présentent une étendue temporelle plus large, allant même jusqu'à l'hiver. La distribution de ce pigment est proche du **19'-Hexanoxyfucoxanthine**. Tous les deux représentants de la classe de taille nanophytoplanctonique. Voir plus de détail dans le chapitre 3.3 'Distribution des classes de taille pigmentaires'.

3.1.10 Phéophytine-*a* (PHEOA)

L'apparition de **Phéophytine-*a***, produit de l'altération de la chla, met en évidence des processus de dégradation.

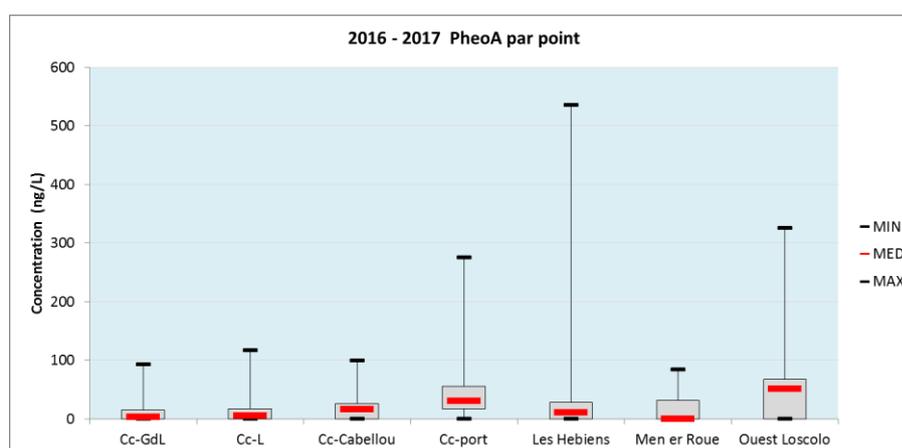


Figure 3.19 : Boîte à moustaches avec les concentrations en « PHEOA » par point d'échantillonnage sur la période 2016-2017

Il se trouve souvent en fortes concentrations lors de la sénescence des algues, lors du broutage par les herbivores ou tout autre processus de dégradation de la matière végétale. C'est donc des processus qui peuvent être naturels, liés à l'évolution de la biomasse algale, l'apparition des brouteurs ou au contraire, la conséquence d'une pollution ou altération du milieu marin par l'homme.

Bien que la plus forte valeur observée se situe au point Les Hébihens, la médiane et sa boîte, contenant 50 % des valeurs sur les deux années d'analyses, restent faibles par rapport aux autres points (figure 3.19). Les plus fortes médianes se situent à Concarneau-Port et Ouest Loscolo.

Sur la radiale de Concarneau, le point situé dans le port présente une nette augmentation de ce produit de dégradation, qui n'a pas un cycle saisonnier clairement établi (figure 3.20 haut). Il est à remarquer la similarité des valeurs au printemps 2016 pour tous les points de cette radiale. Bien que sur Concarneau-Port il a été enregistré une concentration d'environ 250 ng

pheoA/L en novembre 2016, la plus forte concentration observée se situe aux Hébihens en avril 2017 (figure 3.20 bas).

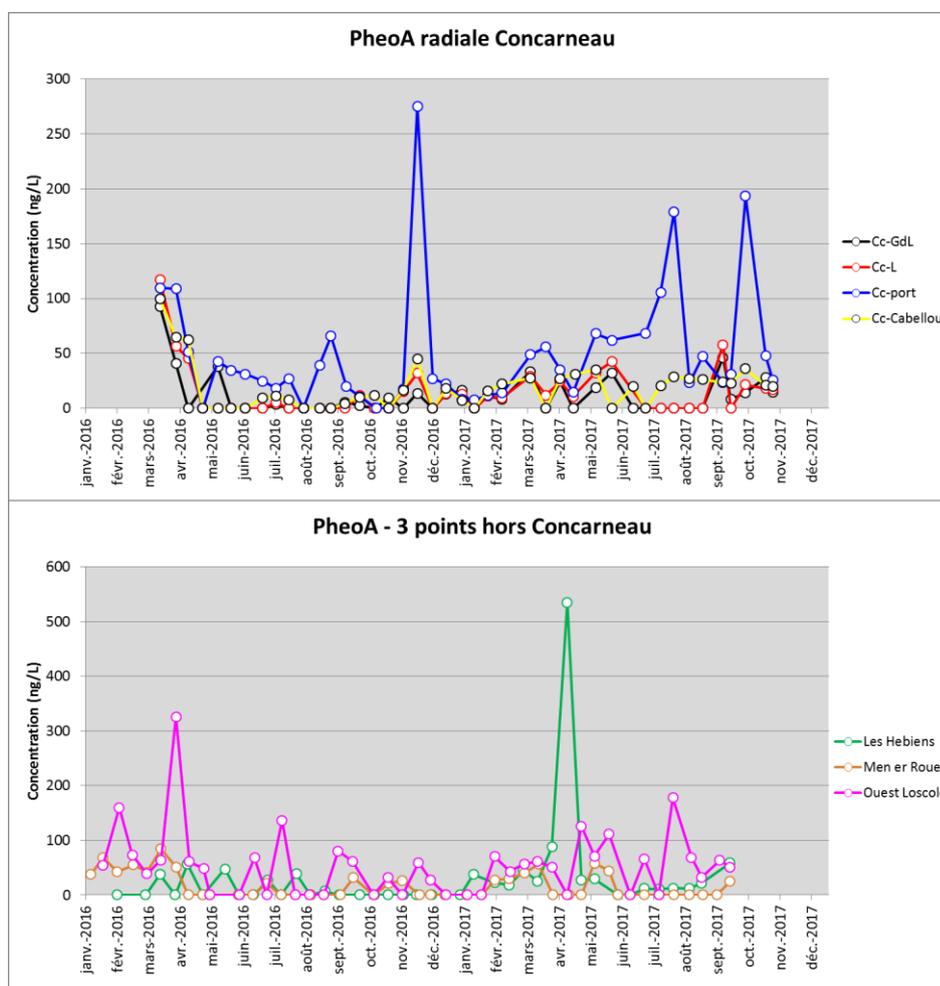


Figure 3.20 : Evolution de la « PHEOA » entre 2016-2017 sur la radiale de Concarneau (en haut), puis les points des Hébihens, Men er Roué et Ouest Loscolo (en bas)

3.2 Corrélations pigmentaires par point d'échantillonnage

Dans ce chapitre seront abordées, pour chaque point d'échantillonnage, les corrélations existantes entre les pigments retenus. Dans les annexes 1 à 7 sont présentées les matrices pigmentaires brutes, ainsi que celles des corrélations entre tous les pigments pour chacun des points. Il est intéressant de composer une matrice avec les lignes correspondantes à la chl_a (biomasse totale par rapport aux autres pigments) pour chaque point, et calculer la hiérarchisation déduite sur la distribution des points d'échantillonnage.

La nouvelle matrice, montre déjà quelques tendances intéressantes (figure 3.21). La Chlorophylle-*a* est corrélée à plus de 91 % avec la Fucoxanthine, qui est le marqueur principal des diatomées, puis aux Chlorophylles C2 et C3, présentes également chez les diatomées.

	C3	C2	peri	19BF	fuco	neo	prasi	viola	19HF	allo	zea	lute	chB
Cc-gdL	0.48	0.97	0.29	0.33	0.92	0.18	0.49	0.34	0.33	0.4	0.33	-0.01	0.3
Cc-L	0.37	0.99	0.23	0.23	0.96	0.01	0.41	0.4	0.23	0.24	0.05	0.04	0.19
Cc-cab	0.41	0.95	0.06	0.34	0.91	0.04	0.33	0.31	0.33	0.4	0.24	0.09	0.27
Cc-P	0.53	0.68	0.53	0.22	0.92	-0.04	0.24	0.28	0.47	0.48	0.4	0.29	0.68
Heb	0.44	0.99	0.02	0.04	0.98	-0.27	-0.13	-0.17	-0.08	0.22	-0.3	-0.03	-0.08
MeR	0.65	0.98	0.32	0.36	0.91	0.27	0.26	0.25	0.33	0.37	0.11	0.27	0.11
Losco	0.19	0.94	0.72	0.25	0.93	-0.09	-0.06	0.19	0.22	0.27	-0.04	0.15	-0.07

Figure 3.21 : Corrélations entre la chl_a et les autres pigments pour chaque point d'échantillonnage

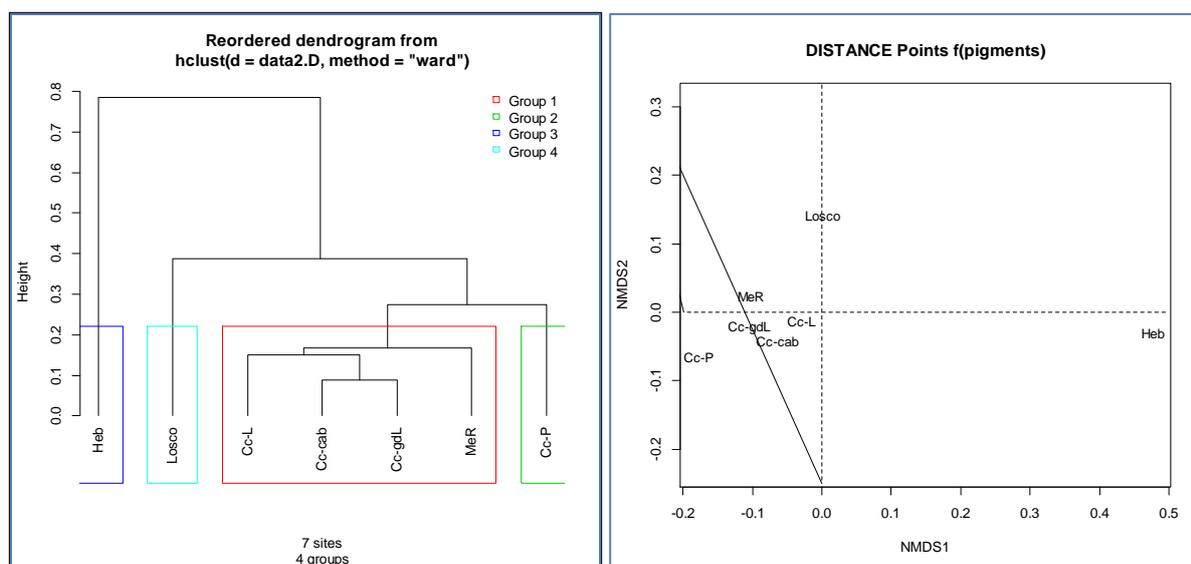


Figure 3.22 : classification hiérarchique des points d'échantillonnage en fonction de la matrice de la figure 3.21 avec une distance D1 (gauche). Représentation de ces distances sur deux axes par NMDS (à droite)

Les Hébihens présentent des corrélations négatives ou nulles avec les principaux caroténoïdes marqueurs de cyanophycées et algues vertes. A Concarneau-Port et à Ouest Loscolo, c'est la forte corrélation de la biomasse avec la Péridinine, marqueur des dinoflagellés, qui est plus frappante. A Concarneau-Port, la corrélation entre Chlorophylle-*a* et Chlorophylle-*b* est forte, ce qui suggère la présence des algues vertes et/ou des cyanobactéries. Ceci pourrait également être dû à des développements des dinoflagellés avec des chloroplastes des algues vertes (cas de *Lepidodinium chlorophorum*). Ce type d'ambiguïté peut être levé par des analyses chémotaxonomiques et/ou microscopiques.

Au-delà de ce premier constat, concernant les fortes dominances de diatomées, nous pouvons réaliser une hiérarchisation à partir des distances euclidiennes D1, puis effectuer une projection sur deux axes par non-metric multidimensional scaling, ou NMDS en abrégé (Legendre et Legendre 1998).

En fonction des corrélations observées dans la figure 3.21, le point Les Hébiens est clairement séparé du reste des autres, qui eux, sont situés dans le sud Bretagne (figure 3.22

gauche). Sur l'arbre suivant, les points Ouest Loscolo et Concarneau-Port se détachent également, pour laisser un pool de quatre points plus homogènes (cadre en rouge). Cette hiérarchisation est également visible sur la projection par NMDS sur deux axes (figure 3.22 à droite), où les distances sont plus aisément interprétées.

3.3 Distribution 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
chl_b et zea : picophytoplancton

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

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

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

$$\begin{aligned} f\text{-micro} &= (1.41[\text{fuco}] + 1.41[\text{peri}]) / \Sigma DPw \\ f\text{-nano} &= (1.27[19\text{HF}] + 0.35[19\text{BF}] + 0.6[\text{allo}]) / \Sigma DPw \\ f\text{-pico} &= (1.01[\text{chl}_b] + 0.86[\text{zea}]) / \Sigma DPw \end{aligned}$$

La biomasse chlorophyllienne de chaque classe de taille sera alors :

$$\begin{aligned} \text{Chla-micro} &= f\text{-micro} * [\text{chl}_a] \\ \text{Chla-nano} &= f\text{-nano} * [\text{chl}_a] \\ \text{Chla-pico} &= f\text{-pico} * [\text{chl}_a] \end{aligned}$$

La résolution de ces équations produit une matrice, où pour chaque station, nous aurons la décomposition de la biomasse chlorophyllienne (chl_a) dans ces trois classes de taille ainsi que leur dominance sur la biomasse par classe de taille (%). La qualité de ces résultats dépendra étroitement de la bonne corrélation entre **chl_a** et ΣDPw . Dans notre cas nous obtenons la valeur de $R^2=0.87$ (figure 3.23), hautement satisfaisante pour cette inférence.

Dans les figures 3.24 et 3.25 sont présentées les tendances, ainsi que la dispersion des valeurs des dominances par classe de taille selon le point d'échantillonnage. La fraction microphytoplanctonique, avec 60 à 80 % de la biomasse, est majoritaire sur tous les points. La dominance du nano- et picophytoplancton oscille entre 10 et 20 %. Sur la radiale Concarneau, le microphytoplancton diminue de la côte vers le large, tandis que le nanophytoplancton augmente. Le microphytoplancton présente une remarquable similarité dans la dispersion des valeurs sur la période 2016-2017 (boîtes figure 3.24), le

picophytoplancton est un peu plus bruité, et c'est la nanophytoplancton qui présente les plus fortes variations.

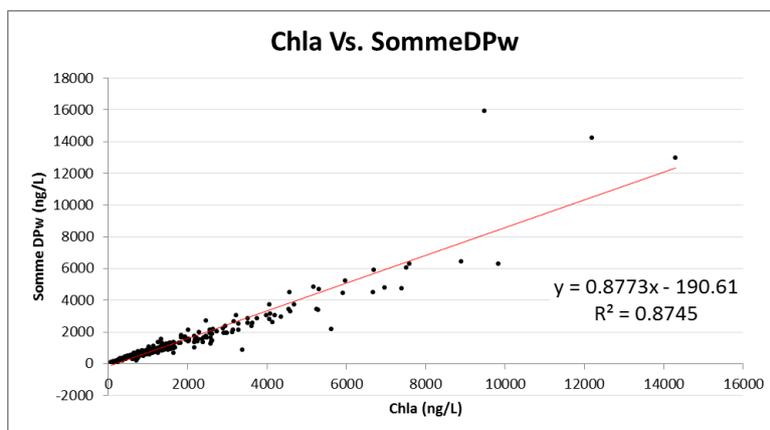


Figure 3.23 : Corrélation entre la chla et Σ DPw

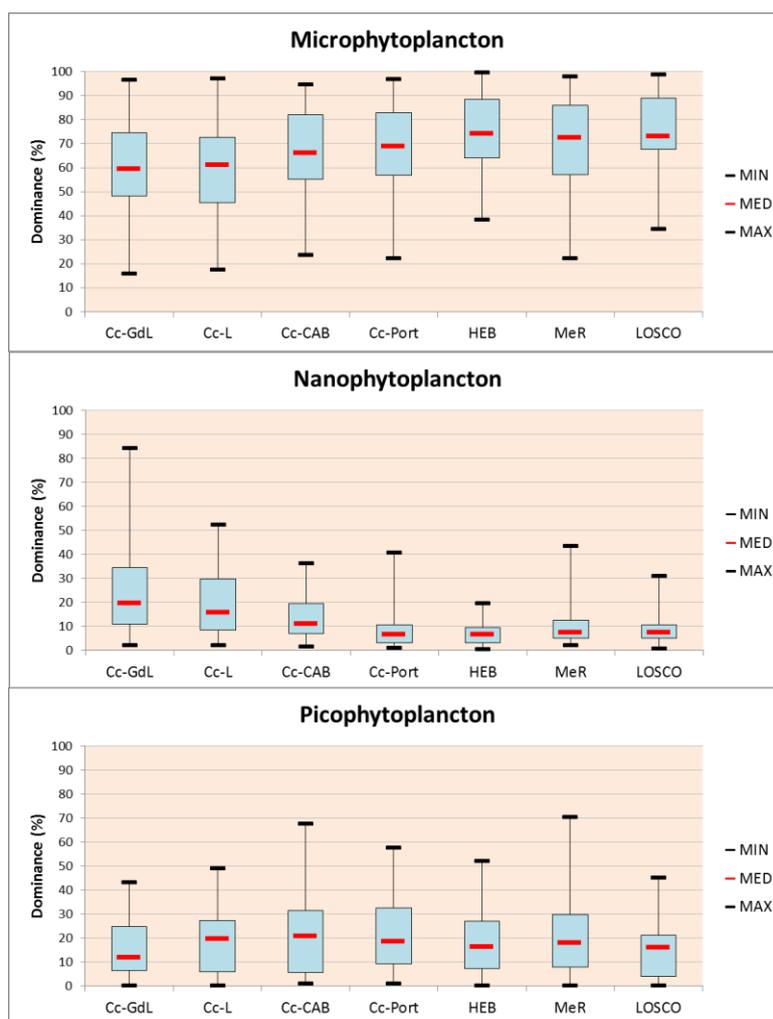


Figure 3.24 : Corrélation entre la chla et Σ DPw

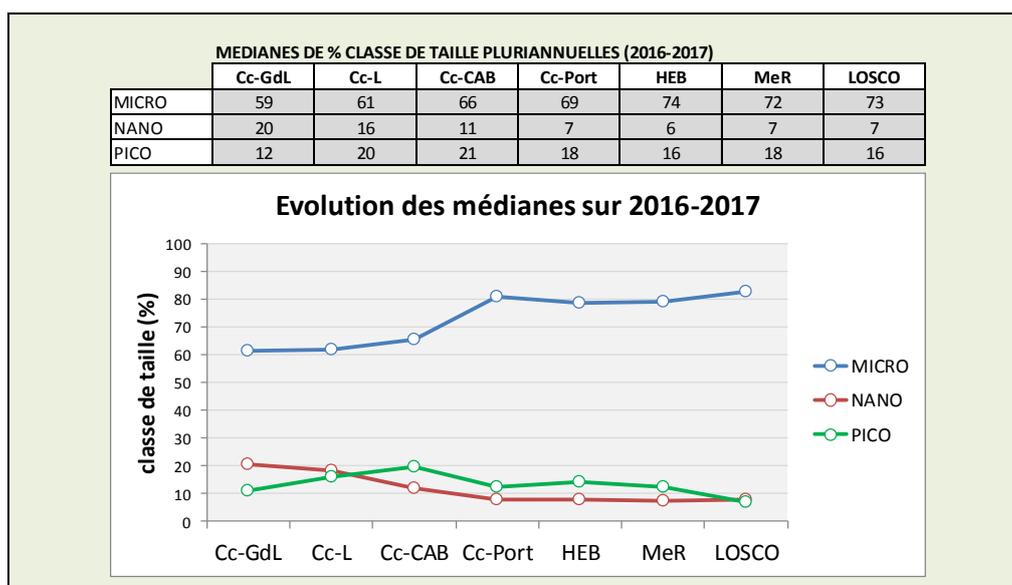


Figure 3.25 : Distribution des médianes des classes de taille par point d'échantillonnage

3.4 Distribution des classes algales par CHEMTAX

Bien que ne soit pas le but de ce rapport, nous ferons un premier calcul de la distribution des classes algales à partir de la matrice pigmentaire obtenue entre 2016 et 2017. Il sera alors possible d'avoir une première image des principales classes dominantes et de leur distribution géographique. Plusieurs méthodes se prêtent à cet exercice, mais celle qui est la plus répandue est CHEMTAX.

La matrice pigmentaire présente une série temporelle de données entre 2016 et 2017, avec un pas d'échantillonnage de deux fois par mois. Les méthodes chémotaxonomiques sont moins performantes dès lors qu'il s'agit des séries temporelles, à cause des variations des pools pigmentaires. Il est toutefois possible d'avoir une vision générale. Si la quantité de données le permet, il est possible de scinder la matrice pour ajuster cette variabilité au plus près des variations et successions phytoplanctoniques.

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

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 [F₀], 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 [C₀] le résidu ε_0 est calculé.

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

Afin de minimiser ε_0 , les valeurs de [F₀] vont varier à un pas régulier, calculant \hat{C} et ε chaque fois. Le système est cependant limité par :

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

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

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 ε_0 est minimisé.

Pratiquement, il faut rentrer dans le programme les matrices de pigments échantillonnés [S], la matrice des rapports pigmentaires [F₀], exprimée 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 [F₀] est ainsi calculée.

Plusieurs options au niveau de la paramétrisation des itérations 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⁻¹ chl*a*.

Pour cette méthode, il est essentiel d'ajuster au mieux les rapports initiaux [F₀] de ceux qui sont susceptibles d'être rencontrés dans les échantillons. Il faut donc 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 [F₀] (Irigoien et al. 2004) ainsi que l'environnement physico-chimique dans lequel ils ont évolué.

Le tableau 3.1 présente les rapports de la matrice initiale [F₀] qui ont été utilisés pour cette approche. Les résultats en « dominance (%) » sur la série 2016-2017 est présenté pour chaque classe algale dans les figure 3.26. Les diatomées dominant nettement la biomasse algale, avec des médianes qui se situent entre 40 et 70 %. Les valeurs maximales oscillant autour de 90 %. Les plus fortes biomasses sont observées au point Les Hébihens et les plus faibles aux point extérieurs de la radiale de Concarneau.

Tableau 3.1 : Matrice de rapports pigmentaires initiaux Fo utilisé pour notre calcul avec CHEMTAX

	peri	fuco	prasi	19HF	allo	zea	chlB	chl_a
dinos	0.29	0	0	0	0	0	0	0.71
diatos	0	0.38	0	0	0	0	0	0.63
cryptos	0	0	0	0	0.28	0	0	0.72
chloros	0	0	0	0	0	0.38	0	0.62
chloros	0	0	0	0	0	0.02	0.23	0.74
prasino	0	0	0.12	0	0	0.03	0.35	0.50
haptos	0	0.22	0	0.32	0	0	0	0.47

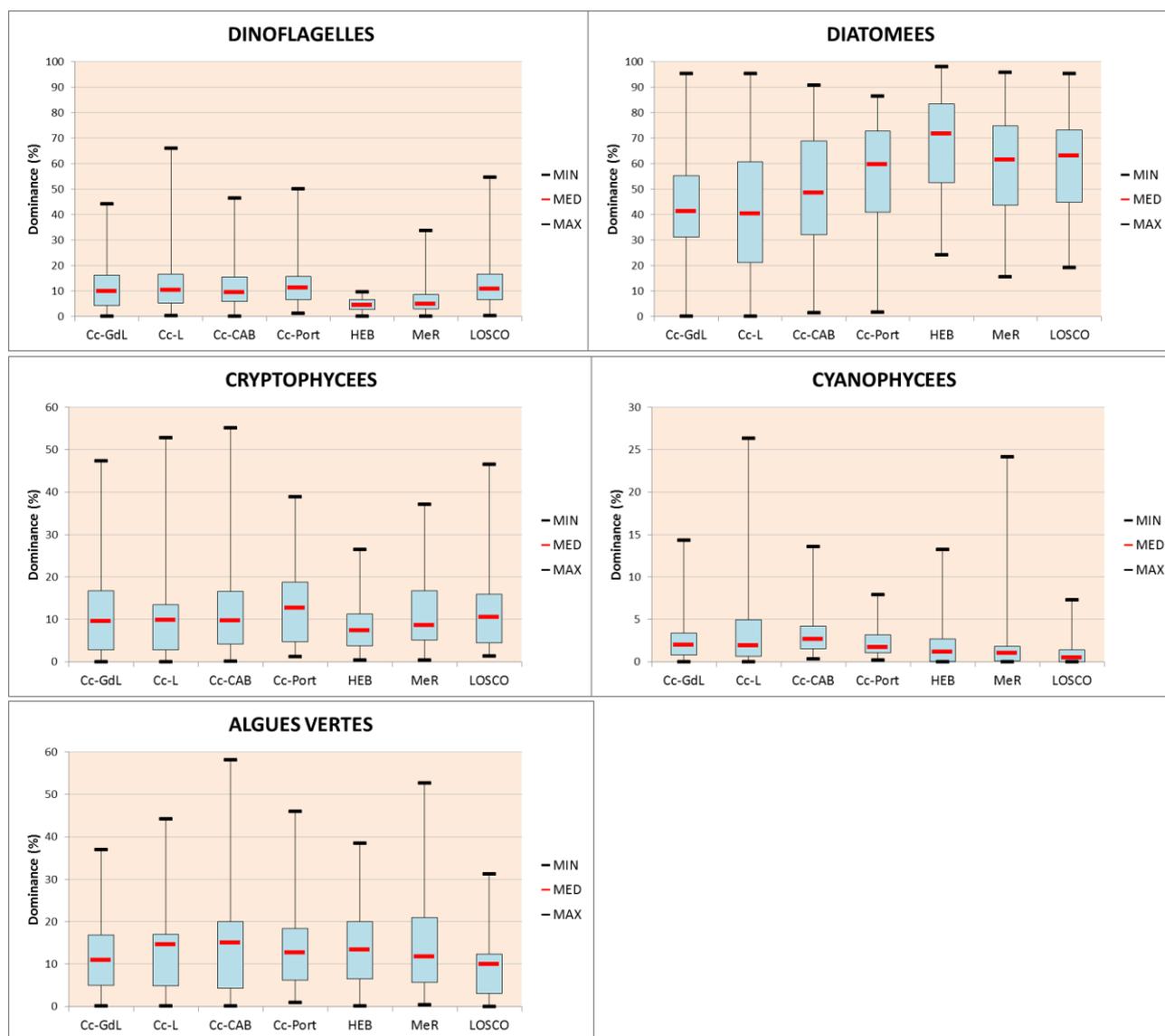


Figure 3.26 : Distribution en boîtes à moustaches des dominances (%) des classes algales par point d'échantillonnage sur la période 2016-2017

Pour les dinoflagellés, c'est aux Hébihens et Men er Roué que CHEMTAX calcule les plus faibles abondances. Les cryptophycées semblent avoir un gradient décroissant côte-large sur la radiale de Concarneau, et c'est aux Hébihens que l'on observe les plus faibles dominances. Ceci suggère qu'elles pourraient être utilisées comme indicateurs des perturbations.

Contrairement aux attentes, les cyanophycées sont moins nombreuses à Concarneau-Port qu'à Concarneau Large.

Dans la figure 3.27, la forte dominance des diatomées est plus visible, ainsi que le gradient côte-large de la radiale Concarneau.

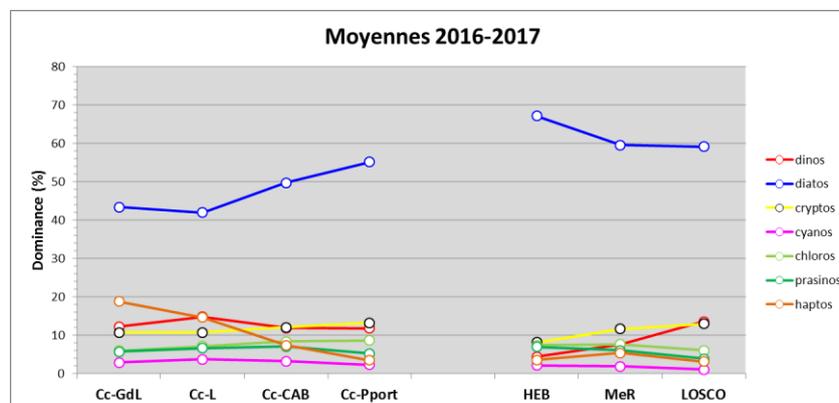


Figure 3.27 : Evolution des moyennes des pigments par point d'échantillonnage sur la période 2016-2017

Ces quelques tendances sont à prendre avec précaution en attendant une étude plus détaillée de leur distribution, en fonction des sectorisations, par zone et par saison. Ce type de sectorisation pourrait changer les valeurs de la matrice de sortie [F1] et les résultats des dominances.

4.- DISCUSSION

Les résultats des analyses pigmentaires de cette série 2016-2017, permettront de compléter les données déjà acquises par le réseau REPHY sur les points échantillonnés, ce qui donnera des nouvelles possibilités pour l'exploitation des données historiques. La radiale de Concarneau a été activée pour l'étude de l'indice de composition pigmentaire (DCE), étude qui devra être réalisée en 2018 (convention AFB -ex Onema-). Elle tentera, sur les régions Artois-Picardie, Normandie et Bretagne-Pays de la Loire, d'évaluer la pertinence de cet indice sur les eaux de La Manche et de l'Atlantique.

Un travail similaire est en cours également en Méditerranée, avec un autre indice de composition pigmentaire, développé par Anne Goffart. A l'issue des travaux en cours, ces deux indices seront comparés sur les trois façades françaises.

Les analyses des échantillons prélevés entre 2016 et 2017 représentent la première tentative de mise en place des nouvelles techniques d'étude pour le phytoplancton. Les difficultés opérationnelles ont été nombreuses, mais la quantité de données a été à la hauteur des efforts. Les laboratoires côtiers bretons ont fourni un effort supplémentaire tout en assurant un niveau de qualité optimum pour la mise en place des stratégies, ainsi que pour l'évolution du réseau REPHY-OBS. La vocation du REPHY-OBS, est de mettre en place des nouvelles techniques d'analyses-stratégies et de pérenniser celles qui apporteront des nouvelles informations permettant de comprendre et de surveiller le milieu côtier.

Un rapide résumé des résultats obtenus, montrent que les biomasses chlorophylliennes sont plus fortes aux points Concarneau-Port et à Ouest Loscolo, ce qui suggère une plus forte anthropisation par l'effet des nutriments et/ou activités humaines. Ceci semble cohérent avec le fait que le port de Concarneau ait un faible taux de renouvellement et une forte activité. Pour Ouest Loscolo, c'est l'effet de la Vilaine et de la Loire qui pourrait en être la cause. L'Alloxanthine, la Chlorophylle-*b* et la Phéophytine-*a* présentent également les plus fortes médianes sur ces deux points, suggérant que dans ces eaux, les cryptophycées et les algues vertes se développent davantage qu'ailleurs.

A l'opposé, au point Les Hébihens, l'évolution pigmentaire semble bien différente de celle du sud Bretagne, avec des faibles biomasses. Ce point pourrait avoir de l'importance si l'on souhaite définir des points dits de « référence ». Pour l'instant, ce type de choix n'a pas été encore fixé, mais s'il devait l'être, une scission entre Bretagne nord et sud semble plus pertinente.

Les échantillons analysés sur 2016-2017 ont été collectés sur un petit nombre des points servant aux évaluations de la qualité des masses d'eau DCE. Il serait souhaitable, au minima, de continuer cet effort d'échantillonnage et analyses pigmentaires sur au moins 6 années pour permettre d'avoir une collection représentative d'un plan de gestion et confirmer l'évolution de cet indice. Mais idéalement, il serait préférable de réaliser des analyses HPLC sur toute une région (Bretagne par exemple), et sur les mêmes points et à la même fréquence, que celles de l'indice de biomasse (chlorophylle-*a*).

BIBLIOGRAPHIE

- Belin, Catherine, Alice Lamoureux, et Dominique Soudant. 2014a. « Evaluation de la qualité des eaux littorales de la France métropolitaine pour l'élément de qualité Phytoplancton dans le cadre de la DCE. Etat des lieux des règles d'évaluation, et résultats pour la période 2007-2012. Tome 1 - Etat des lieux, méthodes et synthèse des résultats ». Scientifique et technique Rapport DYNECO / VIGIES / 14-05 – Tome 1. Nantes: IFREMER.
<http://envlit.ifremer.fr/content/download/81901/580117/version/3/file/Evaluation+DCE+phytoplancton+2007-2012+-+Tome+1.pdf>.
- . 2014b. « Evaluation de la qualité des eaux littorales de la France métropolitaine pour l'élément de qualité Phytoplancton dans le cadre de la DCE. Etat des lieux des règles d'évaluation, et résultats pour la période 2007-2012. Tome 2 - Résultats détaillés : fiches par masse d'eau et éléments d'expertise ». Scientifique et technique Rapport DYNECO / VIGIES / 14-05 – Tome 2. Nantes: IFREMER.
- Belin, Catherine, et Nadine Neaud-Masson. 2017. « Cahier de Procédures REPHY. Document de prescription. Version 1 », janvier. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00393/50389/>.
- Borcard, Daniel, François Guillet, et Pierre Legendre. 2011. *Numerical Ecology with R*. Use R! Springer.
- Claustre, H. 1994. « The trophic status of various oceanic provinces as revealed by phytoplankton pigment signatures ». *Limnology and Oceanography* 39 (5): 1206-10.
- 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.
- Hooker, S., L. Van Heukelem, C.S. Thomas, H. Claustre, J. Ras, R. Barlow, H. Sessions, et al. 2005. « The Second SeaWiFS HPLC Analysis Round-Robin Experiment (SeaHARRE-2) ». Scientifique et technique NASA/TM-2005-212785. Maryland: NASA.
- 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.
- Lampert, Luis. 2014. « CHEMOTAXONOMIE PIGMENTAIRE - Initiation aux calculs appliqués au phytoplancton ». Scientifique et technique ODE/DYNECO/PELAGOS 2014-02. Brest, France: IFREMER. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00226/33714/32130.pdf>.
- . 2015. « Test d'un Indice de composition pigmentaire pour les secteurs Atlantique et Manche (DCE) ». Scientifique et technique 2015-02. Brest: IFREMER.
<http://archimer.ifremer.fr/doc/00254/36556/>.
- . 2017. « Calcul d'un indice de composition phytoplanctonique pigmentaire pour les eaux guyanaises (DCE) », juin. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00389/50040/>.
- 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 ». Scientifique 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. <https://doi.org/10.3354/meps144265>.
- Roy, Suzanne. 2011. *Phytoplankton Pigments: Characterization, Chemotaxonomy and Applications in Oceanography*. Cambridge University Press.
- 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. <https://doi.org/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. <https://doi.org/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. [https://doi.org/10.1016/S0378-4347\(00\)00603-4](https://doi.org/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): 19939–19956. <https://doi.org/10.1029/1999JC000308>.

ANNEXES

Annexe 1 : Matrice pigmentaire et corrélations Concarneau Grand Large

Annexe 2 : Matrice pigmentaire et corrélations Concarneau Large

Annexe 3 : Matrice pigmentaire et corrélations Concarneau Cabellou

Annexe 4 : Matrice pigmentaire et corrélations Concarneau Port

Annexe 5 : Matrice pigmentaire et corrélations Les Hébihens

Annexe 6 : Matrice pigmentaire et corrélations Men er Roué

Annexe 7 : Matrice pigmentaire et corrélations Ouest Loscolo

ANNEXE 1 : Matrice pigmentaire et corrélations du point Concarneau grand Large

libelle	prelev	C3	C2	peri	19BF	fuco	neo	prasi	viola	19HF	DD	allo	DT	zea	lute	chB	chla	caroB	phorbA	pheoA
Concarneau Grand large	14/03/2016	49	658	128	14	2360	0	37	11	39	222	38	7	15	0	103	4057	125	0	93
Concarneau Grand large	30/03/2016	41	144	93	19	361	0	10	2	47	66	27	5	3	0	14	1016	36	0	41
Concarneau Grand large	11/04/2016	145	212	11	85	472	0	80	13	286	122	76	8	5	0	30	1399	54	0	0
Concarneau Grand large	10/05/2016	225	402	178	169	487	17	99	19	704	226	233	34	46	0	118	2651	119	0	38
Concarneau Grand large	23/05/2016	61	263	58	84	701	0	44	23	53	251	31	26	39	0	95	1661	65	0	0
Concarneau Grand large	06/06/2016	46	209	31	11	799	8	14	11	81	235	9	33	30	10	28	1258	63	0	0
Concarneau Grand large	23/06/2016	44	146	55	19	337	0	13	5	158	96	18	6	15	0	22	863	30	0	0
Concarneau Grand large	06/07/2016	12	84	68	5	163	5	15	6	22	44	8	4	14	0	34	531	20	0	4
Concarneau Grand large	19/07/2016	12	26	20	12	42	1	2	3	51	40	2	6	7	0	15	206	13	0	0
Concarneau Grand large	02/08/2016	38	122	36	15	357	6	24	11	84	90	6	7	12	0	52	790	29	0	0
Concarneau Grand large	18/08/2016	14	28	11	8	58	0	2	4	36	31	1	3	8	0	10	177	9	0	0
Concarneau Grand large	29/08/2016	13	26	9	7	43	9	26	19	41	27	18	4	10	2	69	297	15	0	0
Concarneau Grand large	12/09/2016	31	47	13	11	112	8	14	10	89	44	24	3	15	0	44	417	18	0	6
Concarneau Grand large	26/09/2016	17	30	5	8	36	5	12	7	52	15	20	3	20	0	41	269	13	0	3
Concarneau Grand large	11/10/2016	49	99	12	17	194	10	39	14	108	33	66	4	34	0	117	905	37	0	0
Concarneau Grand large	25/10/2016	51	97	13	16	252	12	41	22	106	62	53	10	38	0	117	887	34	0	10
Concarneau Grand large	08/11/2016	40	163	21	11	469	9	21	8	58	48	94	3	23	0	62	1342	49	0	0
Concarneau Grand large	22/11/2016	44	74	5	17	252	0	26	6	43	25	21	0	8	0	69	678	25	0	14
Concarneau Grand large	07/12/2016	29	92	33	10	232	0	34	12	21	33	50	1	10	4	168	918	34	0	0
Concarneau Grand large	20/12/2016	20	77	69	5	137	9	23	8	20	26	54	0	9	4	113	709	29	0	13
Concarneau Grand large	05/01/2017	48	189	292	11	176	21	52	14	66	84	109	0	5	4	315	1336	48	0	16
Concarneau Grand large	17/01/2017	21	52	31	5	128	13	35	6	28	17	23	0	6	2	201	508	18	0	0
Concarneau Grand large	30/01/2017	21	86	38	6	205	14	39	8	30	39	62	0	13	0	172	707	25	0	11
Concarneau Grand large	13/02/2017	13	68	37	3	221	5	16	3	17	32	30	0	5	2	100	555	21	8	9
Concarneau Grand large	13/03/2017	26	260	0	0	1126	11	42	14	37	277	69	18	25	0	258	2557	101	0	34
Concarneau Grand large	28/03/2017	13	50	73	0	81	0	6	0	29	46	35	5	6	0	0	436	26	16	0
Concarneau Grand large	11/04/2017	300	244	19	34	700	11	86	8	720	422	28	111	10	4	157	2024	84	0	24
Concarneau Grand large	24/04/2017	53	104	12	21	63	10	31	9	212	92	162	18	20	5	138	840	46	0	0
Concarneau Grand large	16/05/2017	155	166	53	52	178	13	0	11	535	177	87	42	12	2	121	1385	69	0	19
Concarneau Grand large	01/06/2017	104	115	64	33	210	0	21	5	298	171	13	28	13	5	0	870	46	0	32
Concarneau Grand large	22/06/2017	23	31	13	12	0	0	0	0	74	48	0	11	0	0	0	239	15	16	0
Concarneau Grand large	19/07/2017	16	37	11	16	88	0	0	0	54	41	0	5	5	3	0	256	14	0	0
Concarneau Grand large	01/08/2017	26	30	18	19	87	0	5	3	59	44	0	8	27	5	0	290	19	0	0
Concarneau Grand large	16/08/2017	14	51	42	5	109	0	8	3	30	43	2	5	22	0	71	381	19	0	0
Concarneau Grand large	29/08/2017	19	90	106	29	96	0	0	0	47	96	0	8	33	2	0	518	28	0	0
Concarneau Grand large	18/09/2017	64	625	0	0	1446	0	5	0	39	0	14	15	21	3	0	3278	91	73	46
Concarneau Grand large	26/09/2017	27	46	28	14	93	6	16	5	68	24	9	0	9	2	87	423	21	0	8
Concarneau Grand large	10/10/2017	42	76	70	11	143	0	13	0	83	37	42	5	4	3	86	667	35	0	14
Concarneau Grand large	30/10/2017	64	170	75	15	453	18	65	12	103	56	72	7	27	0	331	1543	71	0	28
Concarneau Grand large	06/11/2017	39	115	39	7	348	10	31	5	40	51	61	7	11	3	184	1040	42	0	15

	C3	C2	peri	19BF	fuco	neo	prasi	viola	19HF	allo	zea	lute	chB
C2	0.34												
peri	-0.03	0.23											
19BF	0.6	0.23	0.02										
fuco	0.29	0.95	0.18	0.13									
neo	0.19	-0.05	0.18	0.09	-0.18								
prasi	0.75	0.35	0.01	0.52	0.25	0.63							
viola	0.21	0.36	0.16	0.36	0.27	0.48	0.58						
19HF	0.94	0.2	0	0.69	0.11	0.25	0.69	0.19					
allo	0.16	0.2	0.07	0.23	0.02	0.7	0.58	0.51	0.25				
zea	-0.03	0.03	-0.04	0.15	-0.03	0.24	0.14	0.56	0.02	0.23			
lute	0.35	0.04	0.06	0.11	-0.03	0.14	0.17	-0.11	0.42	0.05	-0.22		
chB	0.16	0.09	0.15	0.04	0.08	0.71	0.57	0.4	0.16	0.37	0.08	0.26	
chla	0.37	0.99	0.23	0.23	0.96	0.01	0.41	0.4	0.23	0.24	0.05	0.04	0.19

ANNEXE 2 : Matrice pigmentaire et corrélations du point Concarneau Large

libelle	prelev	C3	C2	peri	19BF	fuco	neo	prasi	viola	19HF	DD	allo	DT	zea	lute	chIB	chIA	caroB	phorbA	pheoA
Concarneau Large	14/03/2016	64	1085	185	19	3874	0	51	21	57	447	68	15	23	0	183	7511	221	0	117
Concarneau Large	30/03/2016	49	269	71	20	969	0	12	3	48	133	16	7	3	0	14	2035	64	0	57
Concarneau Large	11/04/2016	212	341	29	105	928	0	93	12	396	167	78	9	5	0	36	2294	84	0	45
Concarneau Large	25/04/2016	51	304	51	14	220	29	103	25	149	59	434	4	37	0	124	2183	90	0	0
Concarneau Large	10/05/2016	139	213	64	96	268	13	68	15	424	150	102	23	34	0	82	1403	62	0	0
Concarneau Large	23/05/2016	33	193	69	51	482	10	63	34	22	164	30	19	54	0	132	1283	58	0	0
Concarneau Large	06/06/2016	22	109	33	0	322	0	0	0	29	82	11	11	20	0	8	609	18	0	0
Concarneau Large	23/06/2016	25	78	37	11	182	0	6	3	89	53	10	3	15	0	14	476	16	0	0
Concarneau Large	06/07/2016	12	121	161	4	213	5	10	3	27	67	9	5	10	0	21	708	25	0	5
Concarneau Large	19/07/2016	3	11	9	4	20	1	1	2	22	19	1	3	6	0	7	78	8	0	0
Concarneau Large	02/08/2016	11	55	103	6	65	9	9	12	40	90	2	7	31	0	95	459	20	0	0
Concarneau Large	18/08/2016	18	69	23	8	140	0	5	3	49	49	3	5	8	0	17	371	15	0	0
Concarneau Large	29/08/2016	9	16	5	6	25	5	13	9	33	18	8	4	11	0	32	179	11	0	0
Concarneau Large	12/09/2016	12	15	6	4	29	3	6	3	30	14	9	1	8	0	16	139	6	0	0
Concarneau Large	26/09/2016	50	115	31	13	167	14	37	17	113	44	93	5	52	0	135	997	38	0	12
Concarneau Large	11/10/2016	63	132	19	21	361	15	55	22	120	59	47	6	45	0	153	1179	43	0	0
Concarneau Large	25/10/2016	27	91	65	7	158	11	32	20	61	63	48	8	74	0	108	822	39	0	0
Concarneau Large	08/11/2016	33	139	22	7	397	8	17	7	48	40	58	3	26	0	63	1147	41	0	15
Concarneau Large	22/11/2016	33	99	19	21	321	0	37	11	23	34	36	0	19	0	138	979	47	0	32
Concarneau Large	07/12/2016	28	92	40	10	232	0	35	16	26	36	45	1	9	0	163	897	36	0	0
Concarneau Large	20/12/2016	19	79	64	5	140	10	25	10	20	25	58	0	9	4	113	724	30	0	14
Concarneau Large	05/01/2017	36	161	313	9	159	21	46	14	60	81	80	4	5	2	256	1026	27	0	13
Concarneau Large	17/01/2017	12	31	19	0	80	10	29	4	15	11	14	0	4	1	144	307	9	0	0
Concarneau Large	30/01/2017	27	110	68	7	150	22	62	11	35	38	108	0	9	1	286	888	29	0	11
Concarneau Large	13/02/2017	9	62	29	3	239	5	15	3	11	31	26	0	5	3	81	526	21	12	10
Concarneau Large	13/03/2017	20	234	21	0	1012	11	32	11	31	274	53	18	18	0	205	2180	87	0	29
Concarneau Large	28/03/2017	10	86	192	0	77	5	6	0	28	87	28	5	0	0	0	589	29	22	12
Concarneau Large	11/04/2017	403	316	23	32	1039	15	143	11	759	412	34	80	11	4	195	2464	100	0	25
Concarneau Large	24/04/2017	73	133	11	42	102	17	56	10	282	131	177	31	30	5	247	1152	66	0	11
Concarneau Large	16/05/2017	135	190	122	57	177	18	47	14	418	149	127	63	25	4	242	1578	88	18	32
Concarneau Large	01/06/2017	124	160	139	38	308	0	28	7	343	200	13	30	16	5	0	1136	58	0	43
Concarneau Large	04/07/2017	23	86	11	0	208	0	14	6	83	88	10	23	8	3	98	664	32	0	0
Concarneau Large	19/07/2017	34	97	33	29	229	0	0	0	97	71	0	10	7	3	0	610	31	31	0
Concarneau Large	01/08/2017	28	55	25	13	150	0	9	4	51	47	0	6	25	0	77	429	25	0	0
Concarneau Large	16/08/2017	18	81	72	8	118	0	19	6	44	64	0	8	24	3	141	583	30	0	0
Concarneau Large	29/08/2017	12	66	78	14	64	0	5	4	27	67	5	6	72	0	0	432	31	0	0
Concarneau Large	18/09/2017	84	750	0	9	1782	0	24	8	46	197	10	17	15	3	0	4139	109	83	58
Concarneau Large	26/09/2017	20	38	21	7	90	0	7	2	42	0	3	2	7	0	0	318	14	0	0
Concarneau Large	10/10/2017	41	77	53	11	163	14	49	9	67	34	38	0	10	3	243	821	47	0	22
Concarneau Large	30/10/2017	31	70	21	8	181	17	63	0	11	21	36	4	19	0	291	765	40	12	18
Concarneau Large	06/11/2017	36	113	41	6	389	8	26	4	40	45	43	5	10	3	156	983	41	0	17

	C3	C2	peri	19BF	fuco	neo	prasi	viola	19HF	allo	zea	lute	chIB
C2	0.34												
peri	-0.03	0.23											
19BF	0.6	0.23	0.02										
fuco	0.29	0.95	0.18	0.13									
neo	0.19	-0.05	0.18	0.09	-0.18								
prasi	0.75	0.35	0.01	0.52	0.25	0.63							
viola	0.21	0.36	0.16	0.36	0.27	0.48	0.58						
19HF	0.94	0.2	0	0.69	0.11	0.25	0.69	0.19					
allo	0.16	0.2	0.07	0.23	0.02	0.7	0.58	0.51	0.25				
zea	-0.03	0.03	-0.04	0.15	-0.03	0.24	0.14	0.56	0.02	0.23			
lute	0.35	0.04	0.06	0.11	-0.03	0.14	0.17	-0.11	0.42	0.05	-0.22		
chIB	0.16	0.09	0.15	0.04	0.08	0.71	0.57	0.4	0.16	0.37	0.08	0.26	
chIA	0.37	0.99	0.23	0.23	0.96	0.01	0.41	0.4	0.23	0.24	0.05	0.04	0.19

ANNEXE 3 : Matrice pigmentaire et corrélations du point Concarneau Cabellou

libelle	prelev	C3	C2	peri	19BF	fuco	neo	prasi	viola	19HF	DD	allo	DT	zea	lute	chlB	chla	caroB	phorbA	pheoA
Pointe Cabellou	14/03/2016	30	601	41	7	2414	0	44	22	25	320	45	16	25	0	174	4697	149	0	100
Pointe Cabellou	30/03/2016	34	260	49	13	919	0	11	2	43	126	118	6	8	0	13	2202	90	0	65
Pointe Cabellou	11/04/2016	53	204	14	36	829	0	30	11	104	119	28	6	10	0	17	1644	67	0	62
Pointe Cabellou	25/04/2016	10	149	46	9	161	32	118	35	79	41	339	0	60	0	321	1466	75	0	0
Pointe Cabellou	10/05/2016	103	293	60	64	579	18	79	24	346	168	223	23	53	0	98	2216	101	0	0
Pointe Cabellou	23/05/2016	30	121	82	26	259	16	59	30	34	113	43	19	53	0	130	976	49	0	0
Pointe Cabellou	06/06/2016	23	111	34	0	372	0	0	0	37	121	10	14	24	0	10	656	22	0	0
Pointe Cabellou	23/06/2016	12	89	64	7	201	4	13	7	27	64	42	6	19	7	33	702	34	0	10
Pointe Cabellou	06/07/2016	10	163	174	0	388	0	9	5	12	107	25	6	19	0	20	1050	39	0	11
Pointe Cabellou	19/07/2016	15	78	70	8	186	4	13	10	72	70	4	6	17	0	30	500	27	0	8
Pointe Cabellou	02/08/2016	13	87	131	9	149	22	29	37	56	131	6	8	51	0	182	872	41	0	0
Pointe Cabellou	18/08/2016	19	86	25	8	185	0	7	2	59	55	3	6	7	0	21	460	19	0	0
Pointe Cabellou	29/08/2016	18	117	48	5	314	12	33	22	40	71	16	9	16	3	94	836	33	0	0
Pointe Cabellou	12/09/2016	11	30	21	3	47	8	17	14	35	21	19	1	12	0	56	273	15	0	4
Pointe Cabellou	26/09/2016	37	111	58	10	202	16	43	23	76	55	87	7	39	0	130	905	39	0	10
Pointe Cabellou	11/10/2016	11	53	16	4	165	9	29	18	15	26	17	3	53	0	85	574	29	0	12
Pointe Cabellou	25/10/2016	26	66	13	10	142	17	43	32	74	50	51	8	58	0	137	741	38	0	0
Pointe Cabellou	08/11/2016	24	125	47	6	270	14	29	16	45	39	92	3	39	0	100	1125	46	0	17
Pointe Cabellou	22/11/2016	18	93	53	16	242	0	37	27	9	45	55	0	33	19	212	1054	61	0	45
Pointe Cabellou	07/12/2016	14	68	20	7	205	8	24	13	11	26	31	1	8	0	94	658	27	0	0
Pointe Cabellou	20/12/2016	5	33	13	6	71	3	10	5	1	8	35	0	8	7	51	355	26	0	18
Pointe Cabellou	05/01/2017	9.8	44.8	52.1	3.1	61.7	10.6	26.9	7.9	13.2	19.7	33.3	0	6.3	2.1	134.2	368.5	12.1	0	7.3
Pointe Cabellou	17/01/2017	5	12	8	0	43	7	19	7	0	4	7	0	4	3	77	134	6	6	0
Pointe Cabellou	30/01/2017	4	30	11	4	94	7	14	3	5	11	15	0	9	3	79	283	14	17	16
Pointe Cabellou	13/02/2017	8	54	13	0	264	4	10	6	0	26	17	0	10	5	62	490	31	21	22
Pointe Cabellou	13/03/2017	12	148	0	0	636	8	22	9	16	208	43	12	24	0	149	1437	62	0	28
Pointe Cabellou	28/03/2017	7	76	136	0	124	0	9	4	18	95	16	7	12	0	0	624	34	37	0
Pointe Cabellou	11/04/2017	138	159	44	14	565	11	60	12	166	187	80	28	20	3	167	1358	67	0	27
Pointe Cabellou	26/04/2017	64	187	34	22	364	35	115	40	193	241	266	55	48	32	582	2213	143	0	31
Pointe Cabellou	16/05/2017	34	85	52	14	195	12	30	10	90	68	53	8	18	4	163	778	50	35	35
Pointe Cabellou	01/06/2017	57	124	91	21	296	0	18	10	171	201	33	31	24	5	0	942	56	0	0
Pointe Cabellou	22/06/2017	30	239	47	7	490	0	6	7	78	140	12	28	10	6	0	1403	60	73	20
Pointe Cabellou	04/07/2017	10	72	28	0	180	0	16	9	28	80	22	28	12	8	92	563	38	14	0
Pointe Cabellou	19/07/2017	15	42	11	13	125	0	0	0	42	29	0	0	7	5	0	339	27	22	21
Pointe Cabellou	01/08/2017	23	341	26	0	1026	0	7	7	17	118	10	10	9	3	279	1841	82	46	29
Pointe Cabellou	16/08/2017	19	134	103	11	254	11	25	12	53	96	34	16	30	3	227	1069	53	13	27
Pointe Cabellou	29/08/2017	35	276	85	17	518	0	9	18	39	95	19	11	28	3	0	1460	71	37	26
Pointe Cabellou	18/09/2017	20	136	58	9	333	9	23	8	19	74	28	8	18	3	189	1138	45	0	24
Pointe Cabellou	26/09/2017	19	142	79	4	360	0	0	3	16	0	8	4	12	3	0	969	41	20	23
Pointe Cabellou	10/10/2017	14	52	26	7	93	32	97	16	27	16	42	0	23	5	457	813	58	15	36
Pointe Cabellou	30/10/2017	15	61	45	5	142	18	56	13	14	27	26	3	16	2	296	686	40	19	21
Pointe Cabellou	06/11/2017	32	119	33	5	288	12	39	6	37	39	106	4	9	2	220	1186	57	0	20

	C3	C2	peri	19BF	fuco	neo	prasi	viola	19HF	allo	zea	lute	chlB
C2	0.37												
peri	0.03	0.12											
19BF	0.67	0.3	0.07										
fuco	0.28	0.93	-0.03	0.15									
neo	0.16	-0.16	-0.05	0.21	-0.27								
prasi	0.38	0.12	-0.08	0.41	0.02	0.87							
viola	0.22	0.16	0.11	0.37	0.04	0.7	0.73						
19HF	0.82	0.27	0.08	0.82	0.1	0.33	0.48	0.36					
allo	0.39	0.23	-0.04	0.44	0.06	0.64	0.79	0.54	0.57				
zea	0.24	0.12	0.19	0.4	-0.03	0.62	0.62	0.84	0.41	0.55			
lute	0.13	-0.04	-0.11	0.11	-0.1	0.22	0.32	0.29	0.18	0.3	0.07		
chlB	0.13	0.09	-0.14	0.05	0.03	0.79	0.79	0.56	0.15	0.53	0.37	0.51	
chla	0.41	0.95	0.06	0.34	0.91	0.04	0.33	0.31	0.33	0.4	0.24	0.09	0.27

ANNEXE 4 : Matrice pigmentaire et corrélations du point Concarneau Port

libelle	prelev	C3	C2	peri	19BF	fuco	neo	prasi	viola	19HF	DD	allo	DT	zea	lute	chlB	chla	caroB	phorbA	pheoA
Concarneau Port	14/03/2016	24	586	63	3	2492	0	45	27	18	590	76	123	24	0	767	5909	200	0	110
Concarneau Port	30/03/2016	38	224	66	16	798	0	18	10	62	137	113	4	26	36	31	2253	91	0	109
Concarneau Port	11/04/2016	21	143	21	8	615	0	15	7	24	114	15	6	12	8	23	1235	52	0	52
Concarneau Port	25/04/2016	10	197	62	3	415	20	62	23	29	116	176	28	25	7	120	1479	54	0	0
Concarneau Port	10/05/2016	103	440	69	74	1188	18	93	26	378	331	248	35	68	0	90	3524	142	0	43
Concarneau Port	23/05/2016	15	305	225	21	931	27	104	51	0	428	79	134	73	0	186	2917	126	0	35
Concarneau Port	06/06/2016	11	255	112	0	833	0	12	10	6	213	49	40	59	0	61	2013	70	0	31
Concarneau Port	23/06/2016	8	145	78	15	451	9	28	14	13	118	90	14	32	13	56	1423	66	0	25
Concarneau Port	06/07/2016	8	273	146	0	674	0	16	9	5	171	146	11	20	0	26	1780	65	0	18
Concarneau Port	19/07/2016	23	502	188	0	1784	14	34	31	112	425	38	44	100	0	39	3230	141	0	27
Concarneau Port	02/08/2016	12	314	366	0	317	76	45	157	46	324	242	22	155	0	670	3130	128	0	0
Concarneau Port	18/08/2016	33	831	720	0	2322	0	56	22	69	654	31	44	47	16	75	4582	140	0	39
Concarneau Port	29/08/2016	21	1084	438	0	2741	16	41	21	22	431	61	41	18	5	125	5317	142	0	66
Concarneau Port	13/09/2016	18	284	188	4	582	16	21	14	44	277	120	23	16	13	132	2170	72	0	20
Concarneau Port	26/09/2016	23	103	51	6	195	9	27	18	59	72	96	8	16	5	76	824	34	0	11
Concarneau Port	13/10/2016	17	100	58	7	332	6	20	13	17	78	33	6	24	7	60	846	31	0	0
Concarneau Port	25/10/2016	16	115	63	3	259	17	47	36	32	84	91	11	57	19	140	1089	40	0	0
Concarneau Port	08/11/2016	9	75	44	3	185	14	31	23	14	37	43	3	34	9	98	736	34	0	18
Concarneau Port	22/11/2016	13	67	41	19	186	0	27	16	0	21	60	0	47	115	164	882	80	64	275
Concarneau Port	07/12/2016	12	60	35	6	133	15	48	21	5	29	36	1	23	9	173	698	29	0	27
Concarneau Port	20/12/2016	8	81	55	0	73	8	14	9	2	20	105	0	13	14	78	755	31	0	22
Concarneau Port	05/01/2017	8	68	127	0	51	10	23	5	7	35	45	0	6	3	133	480	14	0	8
Concarneau Port	17/01/2017	4	26	17	0	51	9	24	10	0	8	16	0	8	3	130	267	6	12	7
Concarneau Port	30/01/2017	12	35	27	2	86	8	14	5	0	15	16	0	9	7	96	291	9	24	12
Concarneau Port	13/02/2017	4	29	7	1	118	3	8	5	0	15	8	0	8	6	72	297	11	9	14
Concarneau Port	13/03/2017	21	285	37	0	1137	25	64	22	22	307	66	19	19	12	463	2892	112	0	49
Concarneau Port	28/03/2017	18	356	238	0	1092	47	32	13	27	428	43	90	43	9	894	3524	151	73	56
Concarneau Port	11/04/2017	185	283	85	16	763	21	91	15	318	296	192	65	35	11	356	2565	125	0	35
Concarneau Port	24/04/2017	59	124	18	42	132	24	69	31	222	122	153	26	33	11	325	1186	72	0	14
Concarneau Port	16/05/2017	60	444	167	15	1548	17	43	22	98	604	121	176	27	14	403	4213	208	82	68
Concarneau Port	01/06/2017	67	440	91	11	1470	0	25	9	83	477	107	77	35	7	250	3179	145	47	62
Concarneau Port	04/07/2017	0	630	215	0	0	0	38	33	0	480	118	79	32	18	474	3393	172	81	68
Concarneau Port	19/07/2017	749	10705	533	48	9400	0	111	59	1310	2200	188	119	88	61	55	9488	996	452	106
Concarneau Port	01/08/2017	66	2755	113	7	7607	0	0	21	0	1225	222	105	52	46	3125	12202	524	365	179
Concarneau Port	16/08/2017	20	168	51	8	342	9	30	9	51	123	102	37	20	3	212	1273	68	28	23
Concarneau Port	29/08/2017	22	325	150	17	712	0	0	11	20	136	20	19	17	20	214	2198	102	114	47
Concarneau Port	18/09/2017	12	38	18	5	273	7	15	4	7	43	16	13	12	11	178	1004	37	0	24
Concarneau Port	26/09/2017	21	264	118	0	619	0	6	3	13	120	16	6	11	4	0	1668	64	20	31
Concarneau Port	10/10/2017	25	205	66	56	548	53	118	28	38	103	169	0	27	24	806	2626	157	49	193
Concarneau Port	30/10/2017	11	67	35	5	208	12	35	9	11	50	35	6	13	3	237	783	42	13	48
Concarneau Port	06/11/2017	14	65	22	0	118	13	34	8	21	19	67	0	11	4	228	699	39	13	26

	C3	C2	peri	19BF	fuco	neo	prasi	viola	19HF	allo	zea	lute	chlB
C2	0.95												
peri	0.42	0.51											
19BF	0.47	0.35	0.01										
fuco	0.75	0.87	0.51	0.26									
neo	-0.11	-0.15	0.11	0.18	-0.19								
prasi	0.48	0.36	0.28	0.67	0.24	0.46							
viola	0.23	0.26	0.43	0.14	0.19	0.66	0.39						
19HF	0.98	0.89	0.4	0.57	0.68	-0.05	0.54	0.26					
allo	0.37	0.32	0.15	0.53	0.37	0.38	0.5	0.52	0.42				
zea	0.32	0.34	0.47	0.23	0.34	0.48	0.37	0.84	0.36	0.49			
lute	0.36	0.41	0.1	0.27	0.38	-0.21	0.06	0.02	0.3	0.15	0.13		
chlB	-0.01	0.15	0	0.01	0.5	0.17	-0.04	0.16	-0.09	0.4	0.17	0.21	
chla	0.53	0.68	0.53	0.22	0.92	-0.04	0.24	0.28	0.47	0.48	0.4	0.29	0.68

ANNEXE 5 : Matrice pigmentaire et corrélations du point Les Hébiens

libelle	prelev	C3	C2	peri	19BF	fuco	neo	prasi	viola	19HF	DD	allo	DT	zea	lute	chlB	chla	caroB	phorbA	pheoA
HEBIENS	01/02/2016	13	30	6	1	115	0	9	0	0	9	12	0	3	0	35	324	12	0	0
HEBIENS	29/02/2016	22	127	17	4	525	0	16	0	0	50	35	0	4	0	78	1281	37	0	0
HEBIENS	14/03/2016	26	179	14	8	865	0	16	0	0	82	41	0	6	0	43	1827	65	0	37
HEBIENS	29/03/2016	23	768	0	0	3355	0	0	0	0	274	37	0	0	0	0	7402	189	0	0
HEBIENS	10/04/2016	16	432	46	0	1962	0	20	8	0	166	31	8	0	0	0	3749	82	0	56
HEBIENS	25/04/2016	21	135	0	7	460	0	41	14	23	63	52	10	0	0	113	1355	46	0	0
HEBIENS	17/05/2016	33	538	0	11	1907	0	56	20	48	180	46	17	6	0	154	4362	92	0	48
HEBIENS	31/05/2016	36	113	15	4	500	0	20	13	28	95	22	9	4	0	36	845	32	0	0
HEBIENS	14/06/2016	47	262	15	3	1089	0	16	8	26	143	10	0	21	0	27	1835	32	0	0
HEBIENS	28/06/2016	14	51	11	8	211	0	23	14	32	36	11	4	24	0	43	485	19	0	27
HEBIENS	11/07/2016	11	38	18	3	90	8	23	11	22	16	25	0	25	0	64	407	22	0	0
HEBIENS	26/07/2016	12	86	23	16	283	10	28	14	28	35	25	4	21	0	76	740	30	0	39
HEBIENS	09/08/2016	7	35	11	3	122	7	19	10	14	16	12	0	10	0	42	334	15	0	0
HEBIENS	23/08/2016	8	44	12	3	149	5	11	6	13	19	7	0	5	0	23	350	12	0	7
HEBIENS	06/09/2016	30	144	15	4	368	8	25	9	23	36	18	0	10	0	58	852	54	0	0
HEBIENS	26/09/2016	9	35	9	0	96	5	14	7	9	12	13	0	5	0	31	286	18	0	0
HEBIENS	11/10/2016	8	37	16	0	74	6	19	10	18	18	35	0	9	0	44	345	16	0	0
HEBIENS	24/10/2016	22	129	33	0	303	14	48	23	30	42	97	4	14	0	143	1154	46	0	0
HEBIENS	08/11/2016	13	72	23	0	184	10	31	12	21	22	55	0	9	0	77	652	29	0	0
HEBIENS	21/11/2016	22	62	21	0	249	8	24	4	14	20	22	0	10	0	124	635	25	0	0
HEBIENS	06/12/2016	25	61	15	0	196	8	28	3	15	17	32	0	0	0	151	601	22	0	0
HEBIENS	03/01/2017	24	60	21	0	173	0	33	5	13	18	0	35	0	6	0	626	26	0	0
HEBIENS	16/01/2017	22	59	18	0	219	6	28	0	0	23	25	0	12	0	128	637	43	32	37
HEBIENS	06/02/2017	23	94	19	0	342	8	25	4	5	33	21	0	6	0	158	887	31	19	22
HEBIENS	20/02/2017	25	112	21	0	332	0	25	3	13	39	46	0	6	0	178	1056	36	0	19
HEBIENS	06/03/2017	22	155	19	0	554	0	15	0	0	46	17	0	5	0	103	1568	49	35	44
HEBIENS	20/03/2017	55	182	18	0	579	0	17	3	14	52	30	0	0	0	101	1635	38	0	25
HEBIENS	03/04/2017	177	648	24	5	2333	3	12	4	10	208	32	10	0	0	82	5259	133	38	88
HEBIENS	18/04/2017	94	218	0	3	1060	0	7	0	21	115	7	30	0	0	0	1330	45	38	535
HEBIENS	02/05/2017	28	289	15	0	1098	6	19	5	37	121	9	4	4	0	85	1941	28	24	27
HEBIENS	15/05/2017	26	137	9	10	487	7	26	7	59	74	8	5	14	0	100	1068	29	0	30
HEBIENS	07/06/2017	27	93	28	4	323	17	43	11	34	49	25	5	25	0	208	749	32	22	0
HEBIENS	19/06/2017	17	64	18	0	164	12	35	11	32	62	18	10	53	0	171	652	41	0	0
HEBIENS	03/07/2017	16	60	22	4	137	18	56	23	29	33	32	4	66	0	246	653	49	9	12
HEBIENS	17/07/2017	21	68	24	5	131	16	43	21	36	42	35	5	51	0	210	590	47	9	11
HEBIENS	31/07/2017	33	122	32	0	238	20	61	21	31	49	41	7	25	8	312	914	64	20	12
HEBIENS	16/08/2017	27	97	18	0	234	16	44	22	50	57	39	7	23	8	219	772	47	0	12
HEBIENS	28/08/2017	78	150	40	0	488	21	56	16	55	65	49	3	26	8	334	1433	79	26	22
HEBIENS	25/09/2017	224	338	57	0	1143	16	59	9	56	91	49	7	14	5	334	3159	93	0	58

	C3	C2	peri	19BF	fuco	neo	prasi	viola	19HF	allo	zea	lute	chlB
C2	0.47												
peri	0.44	0											
19BF	-0.06	0.07	-0.3										
fuco	0.41	0.99	-0.05	0.07									
neo	0.13	-0.28	0.56	-0.14	-0.35								
prasi	0.18	-0.14	0.5	0.05	-0.24	0.73							
viola	-0.1	-0.15	0.26	0.22	-0.23	0.63	0.77						
19HF	0.29	-0.02	0.24	0.26	-0.11	0.58	0.68	0.66					
allo	0.15	0.18	0.38	-0.09	0.11	0.34	0.52	0.45	0.18				
zea	-0.11	-0.31	0.25	0.12	-0.34	0.67	0.54	0.62	0.45	0.06			
lute	0.29	-0.04	0.45	-0.27	-0.1	0.5	0.56	0.35	0.44	0.16	0.14		
chlB	0.34	-0.1	0.56	-0.15	-0.2	0.79	0.84	0.51	0.58	0.46	0.53	0.56	
chla	0.44	0.99	0.02	0.04	0.98	-0.27	-0.13	-0.17	-0.08	0.22	-0.3	-0.03	-0.08

ANNEXE 6 : Matrice pigmentaire et corrélations du point Men er Roué

libelle	prelev	C3	C2	peri	19BF	fuco	neo	prasi	viola	19HF	DD	allo	DT	zea	lute	chlB	chla	caroB	phorbA	pheoA
Men er Roué	06/01/2016	19	90	17	11	400	0	13	0	4	52	46	4	15	4	59	934	61	61	38
Men er Roué	18/01/2016	18	133	55	16	628	0	16	9	0	80	67	7	28	21	89	1507	119	154	69
Men er Roué	01/02/2016	12	80	32	4	287	11	23	5	2	39	45	1	11	6	80	864	42	31	42
Men er Roué	17/02/2016	17	126	19	5	588	3	20	5	2	75	42	5	14	6	63	1387	60	30	55
Men er Roué	01/03/2016	21	290	287	5	364	45	101	53	20	167	261	4	24	19	338	2616	121	0	42
Men er Roué	15/03/2016	45	645	77	19	2109	25	66	31	51	316	123	17	23	9	172	4546	163	0	84
Men er Roué	30/03/2016	26	253	58	7	848	3	12	2	31	142	46	5	3	0	40	2013	69	49	51
Men er Roué	11/04/2016	11	313	39	25	1238	0	16	5	21	148	79	12	0	0	53	2975	115	245	0
Men er Roué	25/04/2016	24	104	28	5	149	9	44	20	82	47	143	3	8	0	129	1041	44	0	0
Men er Roué	02/05/2016	79	269	55	12	311	30	149	86	402	263	342	20	45	15	381	2593	133	0	0
Men er Roué	30/05/2016	53	521	77	6	2032	8	13	6	99	466	14	27	11	5	47	4081	125	0	0
Men er Roué	13/06/2016	104	249	58	35	825	6	25	14	209	202	140	15	24	0	0	2408	91	0	0
Men er Roué	27/06/2016	23	276	229	0	675	5	34	19	64	231	19	14	19	0	102	1986	89	0	21
Men er Roué	11/07/2016	34	272	140	11	749	0	15	9	34	125	33	6	20	0	152	2011	81	0	0
Men er Roué	25/07/2016	8	41	73	0	68	8	23	15	23	39	10	5	11	0	102	460	34	0	0
Men er Roué	09/08/2016	21	86	0	0	253	0	9	3	13	96	10	10	5	0	46	699	44	0	0
Men er Roué	22/08/2016	29	102	9	6	307	5	18	6	23	58	16	3	5	0	63	785	25	0	0
Men er Roué	07/09/2016	29	91	0	4	231	0	59	17	37	33	28	3	0	0	165	963	38	0	0
Men er Roué	20/09/2016	34	122	15	12	298	32	87	27	36	37	64	0	18	4	292	1279	54	0	32
Men er Roué	10/10/2016	42	116	19	5	248	32	78	34	90	53	69	5	225	0	256	1425	85	0	0
Men er Roué	25/10/2016	24	143	49	5	270	31	84	52	59	65	123	75	9	0	246	1417	85	0	21
Men er Roué	07/11/2016	17	216	15	5	613	15	36	15	28	53	64	13	0	0	104	1635	66	0	27
Men er Roué	24/11/2016	23	81	18	0	160	15	46	20	14	25	72	0	15	0	181	840	40	0	0
Men er Roué	05/12/2016	20	168	14	0	520	16	47	23	6	48	100	0	16	0	164	1595	59	0	0
Men er Roué	19/12/2016	4	76	29	0	157	13	37	18	9	27	61	0	14	0	130	753	38	0	0
Men er Roué	09/01/2017	8	61	55	0	63	0	29	0	0	16	44	0	0	0	220	655	24	0	0
Men er Roué	24/01/2017	0	64	58	0	68	16	45	11	11	33	4	68	0	9	0	708	33	0	0
Men er Roué	06/02/2017	10	106	38	0	310	0	17	0	0	36	41	0	11	0	131	1083	47	0	27
Men er Roué	20/02/2017	19	253	112	0	533	27	74	24	18	130	172	12	23	6	442	1970	95	47	30
Men er Roué	07/03/2017	13	119	29	0	367	0	0	0	0	67	37	0	14	0	178	1176	51	0	40
Men er Roué	21/03/2017	14	152	22	0	569	0	27	0	23	176	46	0	0	0	171	1414	60	0	56
Men er Roué	04/04/2017	10	180	103	0	312	0	0	0	0	102	153	0	0	0	0	1650	80	0	0
Men er Roué	20/04/2017	0	34	7	0	55	0	0	0	0	9	3	0	0	0	0	235	9	0	0
Men er Roué	02/05/2017	44	95	16	0	140	17	56	14	137	53	65	5	9	2	274	977	44	0	0
Men er Roué	15/05/2017	365	635	0	0	3325	0	22	0	81	595	34	16	18	0	0	5179	175	0	58
Men er Roué	29/05/2017	116	237	149	55	512	15	35	16	219	148	45	0	38	0	340	1924	84	49	44
Men er Roué	07/06/2017	49	174	27	0	479	0	36	5	56	84	28	13	38	0	241	1435	52	0	0
Men er Roué	19/06/2017	18	31	13	0	50	0	0	0	45	27	0	0	18	0	0	249	18	0	0
Men er Roué	03/07/2017	23	151	0	0	381	0	22	6	49	68	18	10	16	0	173	1020	40	0	0
Men er Roué	17/07/2017	9	27	0	0	60	0	39	0	19	12	7	0	26	0	242	459	28	0	0
Men er Roué	01/08/2017	13	149	0	0	422	0	10	0	13	80	9	11	9	0	0	885	37	38	0
Men er Roué	16/08/2017	13	75	13	0	189	0	20	9	49	47	19	6	8	0	130	642	30	0	0
Men er Roué	29/08/2017	14	32	0	0	77	0	0	0	48	26	21	0	0	0	0	353	19	0	0
Men er Roué	12/09/2017	61	194	36	18	420	31	104	0	75	53	111	0	48	0	706	2280	104	0	0
Men er Roué	25/09/2017	19	157	98	0	272	0	24	0	18	57	24	0	0	0	176	1097	50	0	25

	C3	C2	peri	19BF	fuco	neo	prasi	viola	19HF	allo	zea	lute	chlB
C2	0.62												
peri	-0.03	0.34											
19BF	0.25	0.31	0.24										
fuco	0.73	0.92	0.08	0.21									
neo	0.03	0.2	0.35	0.2	-0.04								
prasi	0.1	0.17	0.23	0.15	-0.07	0.86							
viola	0.04	0.2	0.34	0.16	-0.05	0.77	0.83						
19HF	0.41	0.28	0.11	0.5	0.12	0.32	0.51	0.58					
allo	0.09	0.29	0.38	0.23	0.02	0.66	0.72	0.78	0.53				
zea	0.13	0.04	0.02	0.15	-0.02	0.41	0.38	0.31	0.27	0.16			
lute	-0.04	0.22	0.38	0.14	0.09	0.43	0.41	0.5	0.17	0.53	0.06		
chlB	0.02	0.04	0.23	0.21	-0.17	0.65	0.77	0.42	0.31	0.47	0.33	0.16	
chla	0.65	0.98	0.32	0.36	0.91	0.27	0.26	0.25	0.33	0.37	0.11	0.27	0.11

ANNEXE 7 : Matrice pigmentaire et corrélations du point ouest Loscolo

libelle	prelev	C3	C2	peri	19BF	fuco	neo	prasi	viola	19HF	DD	allo	DT	zea	lute	chlB	chla	caroB	phorbA	pheoA
Ouest-Loscolo	18/01/2016	10	83	70	0	187	10	14	6	0	38	81	2	14	17	73	884	47	20	55
Ouest-Loscolo	03/02/2016	20	280	488	3	196	34	25	25	0	211	290	5	27	64	241	2607	133	44	160
Ouest-Loscolo	16/02/2016	11	64	38	2	242	5	14	6	0	51	40	5	14	29	64	785	40	24	73
Ouest-Loscolo	01/03/2016	18	152	99	3	331	24	59	29	10	84	141	3	21	10	167	1511	65	0	39
Ouest-Loscolo	15/03/2016	20	147	39	3	568	20	41	23	16	117	45	8	17	13	136	1477	58	0	64
Ouest-Loscolo	30/03/2016	47	918	326	13	3704	16	41	38	85	533	389	22	25	82	251	9843	382	0	326
Ouest-Loscolo	12/04/2016	53	343	66	24	1081	3	27	9	72	182	204	9	6	11	71	2989	110	0	61
Ouest-Loscolo	26/04/2016	11	99	117	4	210	7	61	19	10	72	62	4	12	6	123	1004	40	0	48
Ouest-Loscolo	02/05/2016	26	199	133	6	235	44	220	167	116	162	260	9	57	17	484	2400	139	0	0
Ouest-Loscolo	31/05/2016	51	771	266	0	3371	0	0	0	35	674	39	52	15	0	0	5971	171	0	0
Ouest-Loscolo	15/06/2016	0	1243	935	0	3388	14	39	35	41	895	230	36	32	0	0	7595	294	0	68
Ouest-Loscolo	27/06/2016	0	3138	4112	0	4958	0	0	17	24	1582	119	41	0	0	77	14297	455	0	0
Ouest-Loscolo	12/07/2016	44	1393	526	13	3800	0	13	13	59	694	82	42	21	0	172	8905	325	334	136
Ouest-Loscolo	25/07/2016	86	495	203	0	1710	0	36	18	177	678	40	33	19	5	80	3991	174	99	0
Ouest-Loscolo	08/08/2016	80	868	928	36	1834	19	75	189	184	557	145	27	25	0	241	6686	319	0	0
Ouest-Loscolo	22/08/2016	78	593	58	25	2146	0	27	9	63	292	60	13	0	0	52	4589	148	0	0
Ouest-Loscolo	05/09/2016	108	441	34	29	1599	0	59	16	72	204	48	8	0	0	103	3285	122	66	80
Ouest-Loscolo	19/09/2016	37	429	268	0	1247	0	45	32	60	211	140	3	0	0	71	3624	144	0	61
Ouest-Loscolo	10/10/2016	67	585	45	0	896	25	34	19	88	117	929	8	17	8	144	5623	308	0	0
Ouest-Loscolo	24/10/2016	60	278	63	9	866	28	55	26	78	90	133	0	10	6	215	2478	113	0	32
Ouest-Loscolo	07/11/2016	22	990	0	14	3304	0	28	15	27	288	72	0	0	0	42	6963	216	0	0
Ouest-Loscolo	23/11/2016	27	158	74	0	427	15	27	21	17	67	112	0	19	0	177	1537	82	0	59
Ouest-Loscolo	05/12/2016	30	128	43	0	223	19	49	24	14	40	147	0	19	0	171	1251	54	0	27
Ouest-Loscolo	20/12/2016	8	112	43	0	262	11	28	10	6	38	95	0	14	0	109	1044	51	0	0
Ouest-Loscolo	10/01/2017	25	105	79	0	209	0	47	0	0	41	54	0	0	0	328	1127	45	0	0
Ouest-Loscolo	24/01/2017	8	41	0	0	118	9	27	0	16	19	25	0	15	0	152	516	20	0	0
Ouest-Loscolo	06/02/2017	0	116	161	0	181	0	0	0	0	60	66	0	0	0	189	1244	61	0	70
Ouest-Loscolo	21/02/2017	21	271	154	0	158	30	85	18	24	86	394	0	28	0	539	2581	123	0	43
Ouest-Loscolo	07/03/2017	0	94	33	0	290	0	0	0	0	35	58	0	0	0	182	1101	58	0	57
Ouest-Loscolo	20/03/2017	24	240	65	0	699	24	84	9	19	96	89	0	0	0	494	2496	92	0	61
Ouest-Loscolo	03/04/2017	39	291	351	0	417	0	39	8	54	200	139	0	0	0	300	2362	103	0	51
Ouest-Loscolo	18/04/2017	39	246	68	0	550	0	0	0	78	101	15	10	0	0	1644	54	74	0	0
Ouest-Loscolo	02/05/2017	67	454	183	0	1251	0	53	14	90	262	143	19	20	5	560	4077	167	0	126
Ouest-Loscolo	15/05/2017	309	890	143	25	3554	22	74	16	229	498	87	36	42	0	296	6704	231	181	71
Ouest-Loscolo	29/05/2017	180	484	137	41	1493	0	35	4	161	201	70	0	34	0	0	3639	125	115	111
Ouest-Loscolo	19/06/2017	15	196	81	0	508	0	0	0	31	93	13	9	57	0	0	1228	55	0	0
Ouest-Loscolo	03/07/2017	93	216	211	13	308	0	43	14	185	118	77	0	61	0	379	2031	83	0	66
Ouest-Loscolo	17/07/2017	47	189	100	0	452	25	64	22	110	118	41	0	80	0	539	2008	100	0	0
Ouest-Loscolo	31/07/2017	52	615	647	0	1099	0	54	29	51	313	262	0	0	0	720	5297	249	0	178
Ouest-Loscolo	18/08/2017	108	394	250	0	976	0	58	21	177	195	53	0	33	0	374	2955	124	71	69
Ouest-Loscolo	28/08/2017	86	182	77	17	464	10	35	8	194	94	42	8	18	0	180	1479	65	37	33
Ouest-Loscolo	15/09/2017	22	184	42	0	519	0	0	0	0	69	81	0	0	0	165	1691	68	0	63
Ouest-Loscolo	25/09/2017	91	364	103	0	995	0	42	9	93	122	43	0	0	0	318	2747	107	72	51

	C3	C2	peri	19BF	fuco	neo	prasi	viola	19HF	allo	zea	lute	chlB
C2	0.09												
peri	-0.13	0.87											
19BF	0.62	0.16	-0.04										
fuco	0.28	0.88	0.57	0.31									
neo	-0.03	-0.16	-0.1	-0.04	-0.2								
prasi	0.19	-0.15	-0.14	0.14	-0.15	0.64							
viola	0.03	0.11	0.14	0.29	0.05	0.5	0.69						
19HF	0.79	0.12	-0.02	0.54	0.22	0.02	0.33	0.33					
allo	-0.04	0.12	0.05	-0.08	0.04	0.46	0.21	0.21	0				
zea	0.25	-0.09	-0.09	0.1	-0.06	0.43	0.39	0.3	0.45	0.06			
lute	-0.13	-0.01	-0.02	0.01	0.07	0.35	0.04	0.13	-0.11	0.33	0.11		
chlB	0.1	-0.15	-0.06	-0.19	-0.24	0.32	0.56	0.24	0.19	0.19	0.25	0.01	
chla	0.19	0.94	0.72	0.25	0.93	-0.09	-0.06	0.19	0.22	0.27	-0.04	0.15	-0.07

