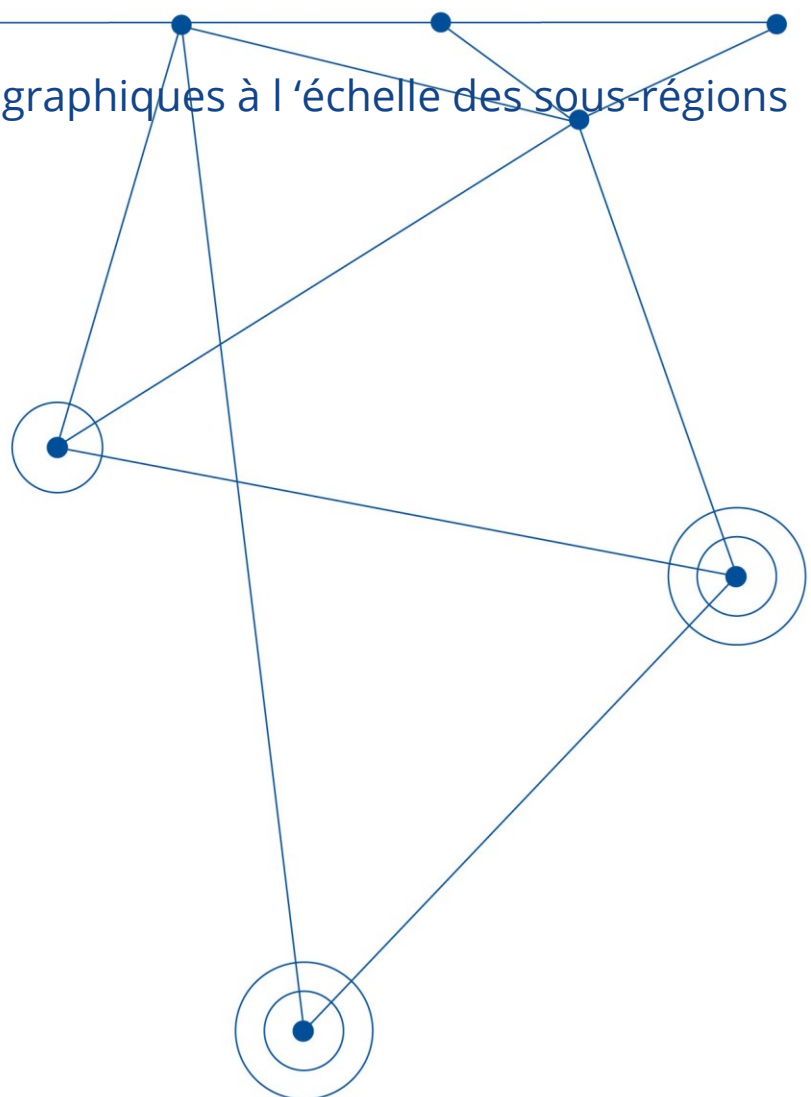


OPTIMISATION DU PROGRAMME DE SURVEILLANCE DCSMM POUR LES DESCRIPTEURS 5-EUTROPHISATION ET 1-HABITATS PELAGIQUES.

● ——— ● ——— ● ——— ● ———
Campagnes océanographiques à l'échelle des sous-régions marines.



OPTIMISATION DU PROGRAMME DE SURVEILLANCE DCSMM POUR LES DESCRIPTEURS 5-EUTROPHISATION ET 1-HABITATS PELAGIQUES

Campagnes océanographiques à l'échelle des sous-régions marines



FICHE DOCUMENTAIRE

<p>Titre du rapport : OPTIMISATION DU PROGRAMME DE SURVEILLANCE DCSMM POUR LES DESCRIPTEURS 5 - EUTROPHISATION ET 1 - HABITATS PELAGIQUES. Campagnes océanographiques à l'échelle des sous-régions marines.</p>	
<p>Référence interne : RST/LER.BL/18.06</p> <p>Diffusion :</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> libre (internet)</p> <p><input type="checkbox"/> restreinte (intranet) – date de levée d'embargo : AAA/MM/JJ</p> <p><input type="checkbox"/> interdite (confidentielle) – date de levée de confidentialité : AAA/MM/JJ</p>	<p>Date de publication : 10 juillet 2018</p> <p>Version : 1.0.0</p> <p>Référence de l'illustration de couverture</p> <p>Pont du NO Thalassa lors de la campagne ESSTECH-TL2018 – D. Devreker © Ifremer le 23 Avril 2018</p> <p>Langue(s) : française</p>
<p>Résumé/ Abstract : L'évaluation DCSMM 2018 a montré un manque de données <i>in situ</i> au large des eaux marines françaises. Pour pallier à ce problème, une étude de faisabilité sur l'optimisation de la stratégie d'échantillonnage des campagnes halieutiques de l'Ifremer a été conduite afin d'aboutir, en anticipation de l'association avec des campagnes complémentaires dédiées DCSMM, telle que recommandé dans le programme de surveillance du 1^{er} cycle, à un suivi saisonnier de la plupart des paramètres renseignant les indicateurs du D1 HP et servant de support au D5 au large, à l'échelle de toutes les SRM françaises. Les échanges effectués avec les responsables de campagnes, les responsables « hydrologie » et les experts statisticiens de l'Ifremer ont conduit à la définition d'un nombre théorique maximal de 131 stations de prélèvement labellisées DCSMM. Ces stations sont réparties sur 131 mailles carrées et masses d'eau DCE, qui intègrent les zones d'intérêts du D5 et les paysages marins du D1 HP. Elles devront être visitées, si possible 2 fois par an, (hormis pour la SRM MO) ce qui donne un nombre de 220 stations annuelles pour les campagnes halieutiques Ifremer. Les mêmes stations devront être échantillonnées par des campagnes complémentaires telles que recommandées par le CNRS afin de finaliser cette stratégie d'échantillonnage basée sur une approche saisonnière.</p>	
<p>Mots-clés/ Key words : Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin. Eutrophisation. Habitats Pélagiques. Campagnes halieutiques. Programme de Surveillance. Stratégie d'échantillonnage optimisée. Système haute fréquence.</p>	
<p>Comment citer ce document : Devreker D., Lefebvre A., 2018. <i>Optimisation du programme de surveillance DCSMM pour les descripteurs 5 Eutrophisation et 1 Habitats Pélagiques. Campagnes océanographiques à l'échelle des sous-régions marines.</i> Rapport scientifique Ifremer ODE/UL/LER BL/18.06, 47 p.</p>	
<p>Disponibilité des données de la recherche : données publiques de surveillance et de recherche.</p>	

DOI : /	
Commanditaires du rapport : coordination nationale DCSMM (Ifremer), coordonnateurs de programmes thématiques DCSMM (Ifremer, AFB).	
Nom / référence du contrat : Convention Ifremer / Ministère de l'Environnement (MTES)	
<input type="checkbox"/> Rapport intermédiaire <input checked="" type="checkbox"/> Rapport définitif	
Projets dans lesquels ce rapport s'inscrit (programme européen, campagne, etc.) : Directive Européenne DCSMM (2008/56/CE).	
Auteur(s) / adresse mail	Affiliation / Direction / Service, laboratoire
auteur 1 : Devreker David (david.devreker@ifremer.fr)	Ifremer, ODE/UL/LER BL
auteur 2 : Lefebvre Alain (alain.lefebvre@ifremer.fr)	Ifremer, ODE/UL/LER BL
Contributeurs(trices)	
Auber Arnaud	Ifremer, RBE/HMMN/LRHBL
Antajan Elvire	Ifremer, ODE/UL/LER BL
Huret Martin	Ifremer, RBE/STH/LBH
Laffargue Pascal	Ifremer, RBE/EMH
Bourdeix Jean-Hervé	Ifremer, RBE/MARBEC/LHM
Travers Morgan	Ifremer, RBE/EMH
Jadaud Angélique	Ifremer, RBE/MARBEC/LHM
Doray Mathieu	Ifremer, RBE/EMH
Tarek Hattab	Ifremer, RBE/MARBEC/LHM
Encadrement(s) : /	
Destinataires : coordination nationale DCSMM (MTES / AFB / Ifremer), coordonnateurs de programmes thématiques DCSMM, pilotes scientifiques DCSMM, responsables scientifiques et opérationnels de campagnes, responsables « hydrologie »	
Validé par : Lefebvre A.	

Sommaire

1	Introduction	9
2	Les découpages géographiques de l'évaluation DCSMM des descripteurs 5 Eutrophisation et 1 Habitat Pélagique	14
2.1	Découpages réalisés pour le descripteur 5.....	14
2.2	Découpage réalisé pour le descripteur 1 Habitat pélagique.....	16
3	Les campagnes halieutiques	17
3.1.1	Caractéristiques des différentes campagnes halieutiques	17
3.1.2	Optimisation spatiale des campagnes halieutiques.....	26
3.2	Dispositifs embarqués autonomes à haute fréquence.....	34
3.2.1	Les Ferrybox (FB) et Pocket Ferrybox (PFB) :	34
3.2.2	Les FB et PFB à bord des navires Ifremer	34
4	Conclusions et perspectives	37
5	Bibliographie	39
6	Annexes.....	41
6.1	Annexe 1 : outils d'analyse des données Ferrybox et Pocket Ferrybox.....	41
6.2	Annexe 2 : documents de travail sur l'optimisation spatiale des campagnes halieutiques.	45
6.2.1	Document concernant la SRM MMN	45
6.2.2	Document concernant la SRM MC	46
6.2.3	Document concernant la SRM GdG	47
6.2.4	Document concernant la SRM MO.....	48

Liste des figures

Figure 1. UMR et UGE représentées à l'échelle de la SRM MMN. Masses d'eau DCE en bleu ($d < 1$ mn). Masses d'eau intermédiaires ($1/20^\circ$) et du large ($1/5^\circ$). La même méthode de découpage est appliquée à toutes les SRM (Source : Ifremer).	15
Figure 2. Paysages marins annuels en Atlantique – Manche – Mer du Nord (A) et Méditerranée (B) calculés en fonction de 12 variables hydrologiques et hydrographiques (Sources : Ifremer, SHOM).	16
Figure 3. Points de prélèvement GOV, hydrologique et de zooplancton de la campagne halieutique IBTS 2018 (Source : Ifremer).	18
Figure 4. Points de prélèvement GOV, hydrologique et de zooplancton de la campagne halieutique CGFS 2017 (Source : Ifremer).	19
Figure 5. Points de prélèvement GOV, hydrologique et de zooplancton de la campagne halieutique CAMANOC 2014 (Source : Ifremer).	20
Figure 6. Points de prélèvement hydrologique de la campagne halieutique PELGAS 2017 (Source : Ifremer).	21
Figure 7. Points de mesure CTD, chalutage (GOV) et prélèvement zooplancton de la campagne halieutique EVHOE 2016 (Source : Ifremer).	22
Figure 8. Points de prélèvement fixe et variable et radial de prospection de la campagne halieutique PELMED 2016 (Source : Ifremer).	23
Figure 9. Points de chalutage (bleu) de la campagne halieutique MEDITS 2016 et points de prélèvement hydrologique et zooplancton (rouge) (Source : Ifremer).....	24
Figure 10. Points de prélèvement de la campagne MOOSE-GE 2017 (Sources : Ifremer, CNRS).	25
Figure 11. Localisation des différentes radiales du large vers la côte traversant les zones d'intérêt pour le PdS du D5 (Source : Lefebvre, 2013) : A. Dunkerque, B. Boulogne, C. Somme, D. Seine, E. Pointe du Cotentin, F. Baie du Mont-Saint-Michel, G. Bréhat, H. Ouessant, I. Groix, J. Vilaine, K. Loire, L. Ile d'Yeu, M. Gironde, N. Arcachon, O. Rhône.	29
Figure 12. Zones des SRM françaises habituellement explorées par une (bleu clair), deux (bleu foncé) ou aucune (blanc) campagne(s) halieutique(s).	29
Figure 13. Stratégie d'échantillonnage DCSMM proposé pour les campagnes halieutique, basé sur le maillage utilisé pour l'évaluation du descripteur 5. Les mailles noires doivent contenir, si possible 2 points de prélèvement par campagne se déroulant dans la SRM de la maille.....	32
Figure 14. Trajet de la campagne ESSTECH-TL à bord du navire océanographique la Thalassa et variation de la concentration en chlorophylle-a (ég. $\mu\text{g.l}^{-1}$). Figure obtenue à partir de l'outil FBdataMThalassa (annexe 1).	35
Figure 15. Différentes échelles spatiales et temporelles impliquées dans la dynamique du phytoplancton (Source : Dickey 2003).	36

Liste des tableaux

Tableau 1. Répartition annuelle et par sous-région marine des différentes campagnes halieutiques. Les carrés en couleur légère représentent les périodes non complètes où seuls quelques jours sont concernés d'une année à l'autre	12
Tableau 2. Superficie (km ²) des différentes grandes zones géographiques des SRM métropolitaines ; entre parenthèses, le pourcentage de représentativité de la zone dans la SRM d = distance à la ligne de base	15
Tableau 3. Nombre total de stations de prélèvements par campagne halieutique, nombre et pourcentage de ces points intégrant une SRM DCSMM de la métropole. Nombre d'UGE (D5 et D1 HP) renseigné par ces stations	25
Tableau 4. Les différents paysages marins (figure 3) et zones d'intérêt/radiales (figure 11) renseignées (marque verte) ou non (croix rouge) par la stratégie d'échantillonnage mise au point pour l'optimisation des campagnes halieutiques.....	33
Tableau 5. Calendrier de déploiement des campagnes exploratoires CNRS (en bleu) choisi en fonction des dates de déploiement des campagnes halieutiques Ifremer (en orange) se déroulant dans la SRM MMN (IBTS et CGFS) pour obtenir un suivi saisonnier.....	38

Abréviations

ANR : Agence Nationale de la Recherche

AOA : Algae Online Analyser

BEE : Bon Etat Ecologique (selon la définition de la DCSMM)

CAMANOC : Campagne Manche Occidentale

CGFS : Channel Ground Fish Survey

CNRS : Centre National de la Recherche Scientifique

DCE : Directive Cadre sur l'Eau

DCMAP : Data collection Multiannual Programme

DCSMM : Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin

Dx : Descripteur x (x allant de 1 à 11)

D1 HB : Descripteur 1 Habitats Benthiques

D1 HP : Descripteur 1 Habitats Pélagiques

ECOPEL : Ecosystème Pélagique

EVHOE : Evaluation Halieutique Ouest de l'Europe

(P)FB : (Pocket) Ferrybox

FEDER : Fonds Européen de Développement Régional

GdG : Golfe de Gascogne

GOV : Grande Ouverture Verticale

IBTS : International Bottom Trawl Survey

MC : Mer Celtique

MEC : Masse d'Eau Côtière

MEDITS : Mediterranean Trawl Survey

MMN : Manche-Mer du Nord

mn : mille nautique

MO : Méditerranée Occidentale

MOOSE : Mediterranean Ocean Observing System for the Environment

PAMM : Programme d'Actions pour le Milieu Marin

PdS : Programme de Surveillance

PELGAS : Pélagique Gascogne

PELMED : Pélagique Méditerranée

SHOM : Service Hydrographique et Océanographique de la Marine

SNO : Service National d'Observation

SOERE : Systèmes d'Observation et d'Expérimentation au long terme pour la Recherche en Environnement

SP : Sous-Programme (du programme de surveillance)

SRM : Sous-Région Marine

UGE : Unité Géographique d'Evaluation

UMR : Unité Marine de Rapportage.

1 Introduction

La Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM) a pour objectif d'évaluer l'état de santé écologique du milieu marin et d'évaluer l'atteinte du bon état écologique (BEE). Cette évaluation se base sur 11 descripteurs (D) définissant le milieu. Ces 11 descripteurs sont eux-mêmes définis par différents critères renseignés par des indicateurs ; à charge aux Etats Membres de mettre en place des Programmes de Surveillance (PdS) permettant de définir les dispositifs nécessaires à l'acquisition des données alimentant ces indicateurs (et ayant donc un format compatible en termes d'unité et de fréquence). En outre, le PdS a également pour tâche :

- de renseigner les paramètres dits « support » ainsi que les caractéristiques des pressions et impacts,
- d'évaluer la réalisation des objectifs environnementaux,
- d'évaluer l'efficacité des mesures mises en place par les programmes de mesures,
- d'aider à la construction des indicateurs du bon état écologique et de ceux associés aux objectifs environnementaux.

Le PdS constitue le 4^{ème} élément du Plan d'Action pour le Milieu Marin (PAMM) et est donc établi à l'échelle des eaux françaises de chaque sous-région marine (SRM) (Manche Mer du Nord (MMN), Mer Celtique (MC), Golfe de Gascogne (GdG) et Méditerranée Occidentale (MO)) pour une période de 6 ans (et doit donc être renouvelé à l'issue de cette période). Le PdS du premier cycle de la DCSMM a été établi en 2015 et doit donc être révisé pour 2021.

Les PdS sont structurés en 13 programmes thématiques correspondant chacun à un descripteur du Bon État Écologique, hormis pour les descripteurs liés à la biodiversité (descripteurs « biodiversité », « réseaux trophiques » et « intégrité des fonds ») pour lesquels la surveillance est organisée par compartiment ou composante de l'écosystème :

- Oiseaux (biodiversité)
- Mammifères marins et tortues (biodiversité)
- Poissons et céphalopodes (biodiversité)
- Habitats benthiques et intégrité des fonds marins (biodiversité)
- Habitats pélagiques (biodiversité)
- Espèces non-indigènes
- Espèces commerciales
- Eutrophisation
- Changements hydrographiques
- Contaminants
- Questions sanitaires
- Déchets marins
- Bruit.

Dans le cadre du Descripteur 5 « Eutrophisation » de la DCSMM, le PdS doit renseigner les critères du BEE suivant (Décision 2017/848/UE¹) :

- D5C1 : « Concentration en nutriments dans la colonne d'eau »
- D5C2 : « Présence de chlorophylle-a dans la colonne d'eau »
- D5C3 : « Prolifération d'algues toxiques dans la colonne d'eau »
- D5C4 : « La limite photique de la colonne d'eau »
- D5C5 : « Concentration en oxygène dissous au fond de la colonne d'eau »
- D5C6 : « Abondance des algues macroscopiques opportunistes des habitats benthiques »
- D5C7 : « Communautés de macrophytes des habitats benthiques »
- D5C8 : « Communautés de macrofaune des habitats benthiques ».

Ce PdS est articulé autour de 8 Sous-Programmes (SP) qui peuvent être transversaux avec d'autres PdS :

- SP1 : Hydrodynamisme et hydrologie
- SP2 : Physico-chimie
- SP3 : Phytoplancton
- SP4 : Macroalgues et herbiers de phanérogames
- SP5 : Apports fluviaux en nutriments
- SP6 : Marées vertes
- SP7 : Météorologie
- SP8 : Apports atmosphériques en nutriments.

Pour le Descripteur 1 « Habitats Pélagique » de la DCSMM, le PdS doit renseigner le critère du BEE suivant :

- D1C6 : « Caractéristiques du type d'habitat, notamment sa structure biotique et abiotique et ses fonctions »

Il est également articulé autour de 6 SP, dont la plupart sont communs avec ceux du PdS du D5 :

- SP1 : Météorologie
- SP2 : Hydrodynamisme et hydrologie
- SP3 : Physico-chimie
- SP4 : Microorganismes hétérotrophes
- SP5 : Phytoplancton
- SP6 : Zooplancton

¹ DÉCISION (UE) 2017/848 DE LA COMMISSION du 17 mai 2017 établissant des critères et des normes méthodologiques applicables au bon état écologique des eaux marines ainsi que des spécifications et des méthodes normalisées de surveillance et d'évaluation, et abrogeant la directive 2010/477/UE.

Si la plupart de ces critères ont été relativement bien renseignés en zone côtière lors de l'évaluation DCSMM 2018 pour les descripteurs D5 Eutrophisation (Devreker et Lefebvre, 2017) et D1 Habitats Pélagiques (D1 HP) (Duflos et al. 2018), il est apparu un vrai manque d'informations au niveau des zones plus au large, au-delà de la ligne de la limite du 1 mille nautique. Ce problème a été pallié pour le D5 en ayant recours aux données issues de la modélisation et des produits dérivés des images satellites, mais pour lesquels des données *in situ* sont indispensables pour permettre la validation et la calibration des résultats. Pour le descripteur D1 HP, la résolution de ce problème doit passer par une optimisation du PdS afin d'acquérir des données plus au large en se basant sur les dispositifs existants, en minimisant les coûts liés à la création de nouveaux dispositifs dans ces eaux éloignées de la côte.

Seules les campagnes halieutiques sont déployées de façon récurrente dans les eaux du large et peuvent permettre de mesurer un large nombre de paramètres via des méthodes conventionnelles. A ce titre, elles ont été identifiées par certains pilotes scientifiques comme pouvant répondre aux besoins de la DCSMM moyennant quelques adaptations (Baudrier et al 2015).

Toutefois, leur fréquence annuelle, définie sur la base d'une problématique d'évaluation des stocks de pêches (tableau 1), n'est pas compatible avec la plupart des indicateurs du descripteur D1 HP prévus pour intégrer des données à l'échelle mensuelle, ni avec les recommandations du programme de surveillance habitat pélagique qui préconisent un suivi saisonnier dans son scénario optimal (Guérin *et al.*, 2012), ni avec les (petites) échelles temporelles auxquelles interviennent les processus d'eutrophisation. Ainsi la SRM MMN n'est pas explorée au printemps et en été, là où les blooms phytoplanctoniques sont les plus importants. Pour la SRM GdG, l'hiver et l'été ne sont pas explorés. Pour la SRM MC, les campagnes sont très focalisées sur l'automne, laissant les autres saisons inexplorées. Quant à la SRM MO, c'est la fin du printemps et le début de l'été qui sont couverts par les campagnes halieutiques, 2 périodes pouvant être considérées comme une seule à la vue de la variabilité spatio-temporelle des conditions biotiques et abiotiques locales.

Afin d'étendre l'emprise temporelle des campagnes Ifremer par SRM, le CNRS a proposé l'ajout de campagnes complémentaires dédiées aux besoins de la DCSMM, à raison de 2 campagnes par SRM associées aux 2 campagnes halieutiques existantes (tableau 1) permettant ainsi un suivi saisonnier. Les campagnes halieutiques impliquées dans ce processus sont :

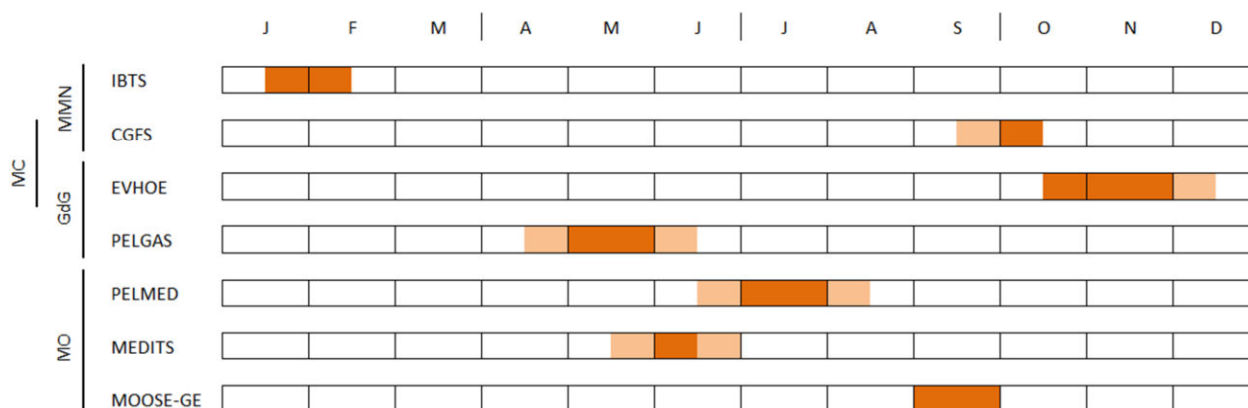
- IBTS² pour la sous-région marine Manche-Mer du Nord (Vérin 1992) (<http://dx.doi.org/10.18142/17>);

² International Bottom Trawl Survey

- CGFS³ pour les sous-régions marines Manche-Mer du Nord et Mer Celtique (Coppin et Travers-Trolet 1989) (<http://dx.doi.org/10.18142/11>) ;
- CAMANOC⁴ pour les sous-régions marines Manche-Mer du Nord et Mer Celtique (Travers-Trolet et Verin 2014) (<http://dx.doi.org/10.17600/14001900>) ;
- EVHOE⁵ pour les sous-régions marines Mer Celtique et Golfe de Gascogne (MAHE 1987) (<http://dx.doi.org/10.18142/8>) ;
- PELGAS⁶ pour la sous-région marine Golfe de Gascogne (Doray et al. 2000) (<http://dx.doi.org/10.18142/18>) ;
- PELMED⁷ pour la sous-région marine Méditerranée Occidentale (Bourdeix et Saraux 1985) (<http://dx.doi.org/10.18142/19>) ;
- MEDITS⁸ pour la sous-région marine Méditerranée Occidentale (Jadaud, Souplet et Bertrand 1994) (<http://dx.doi.org/10.18142/7>).

L'optimisation en cours de concrétisation (Baudrier et al. 2018) des campagnes halieutiques via l'harmonisation du matériel de prélèvement embarqué et des protocoles utilisés associés à l'ajout de campagnes complémentaires à différentes périodes clés de l'année, à l'initiative du CNRS, devrait permettre une acquisition de données selon une couverture spatiale optimale permettant l'évaluation des critères du D5 et du D1 HP au large des eaux marines françaises.

Tableau 1. Répartition annuelle et par sous-région marine des différentes campagnes halieutiques. Les carrés en couleur légère représentent les périodes non complètes où seuls quelques jours sont concernés d'une année à l'autre



³ Channel Ground Fish Survey

⁴ Campagne Manche Ouest

⁵ Evaluation Halieutique Ouest de l'Europe

⁶ PELagiques GAScogne

⁷ PELagiques MEDiterannée

⁸ MEDIterranean Trawl Survey.

Le présent rapport se présente ainsi comme une étude de faisabilité visant à détailler le processus d'optimisation spatiale des campagnes halieutiques permettant la meilleure complémentarité possible avec les campagnes complémentaires dédiées DCSMM qui devraient être déployées dans les différentes SRM. Cette optimisation devra prendre en compte les différentes priorités et contraintes inhérentes aux campagnes halieutiques avant tout dédiées à la DCMAP (Data collection Multiannual Programme), ainsi que les différents besoins liés à l'évaluation du D5 et du D1 HP.

2 Les découpages géographiques de l'évaluation DCSMM des descripteurs 5 Eutrophisation et 1 Habitat Pélagique

L'optimisation spatiale des campagnes halieutiques doit prendre en compte la stratégie d'évaluation DCSMM du D5 et du D1 HP. Cette stratégie passe par un découpage des eaux marines françaises à des échelles régionales et subrégionales.

2.1 Découpages réalisés pour le descripteur 5

L'évaluation DCSMM de l'état d'eutrophisation des eaux marines françaises a été faite en considérant un découpage des eaux marines françaises en sous-régions marines (tableau 2). Ces sous-régions marines (SRM) ont constitué les unités marines de rapportage (UMR). Concernant le descripteur 5, un sous-découpage des UMR a néanmoins été effectué (figure 1) pour prendre en compte le phénomène de dilution du processus d'eutrophisation de la côte vers le large et pour faciliter l'évaluation :

- un premier découpage, en zone côtière, entre la ligne de base et 1 mille nautique (mn) de cette ligne. Ceci correspond à la limite d'extension des eaux côtières dans le cadre de la DCE ;
- un second découpage, en zone intermédiaire, entre la ligne 1 mn et une distance de 12 mn de la ligne de base. Cet espace correspond à la zone d'évaluation des contaminants chimiques dans le cadre de la DCE ainsi qu'à la limite de la mer territoriale française ;
- un troisième découpage, en zone large, entre la ligne 12 mn et une distance maximale de 200 mn de la ligne de base (zone d'extension de la Zone Economique Exclusive).

A l'intérieur de ces UMR, des unités géographiques d'évaluation (UGE) ont été définies comme étant les unités spatiales élémentaires à renseigner, à l'échelle desquelles les différents critères DCSMM du D5 ont été intégrés (figure 1). Il s'agit :

- en zone côtière, des masses d'eau côtière (MEC) telles que définies dans la DCE ;
- en zone intermédiaire, des mailles carrées de 1/20 de degré de côté (environ 20 km²) ;
- en zone large, des mailles carrées de 1/5 de degré de côté (environ 550 km²).

Tableau 2. Superficie (km²) des différentes grandes zones géographiques des SRM métropolitaines ; entre parenthèses, le pourcentage de représentativité de la zone dans la SRM d = distance à la ligne de base

	Superficie (km ²)			SRM
	Zone côtière d < 1 mn	Zone intermédiaire 1 mn < d < 12 mn	Zone large d > 12 mn	
Manche-Mer du Nord	2 417 (9%)	11 886 (42%)	14 045 (50%)	28 348
Mer Celtique	4 873 (11%)	6 705 (15%)	31 886 (73%)	43 464
Golfe de Gascogne	8 132 (4%)	14 375 (8%)	165 857 (88%)	188 364
Méditerranée Orientale	4 631 (4%)	19 819 (18%)	86 662 (78%)	111 112
Total	20 054 (6%)	52 785 (14%)	298 450 (80%)	371 290

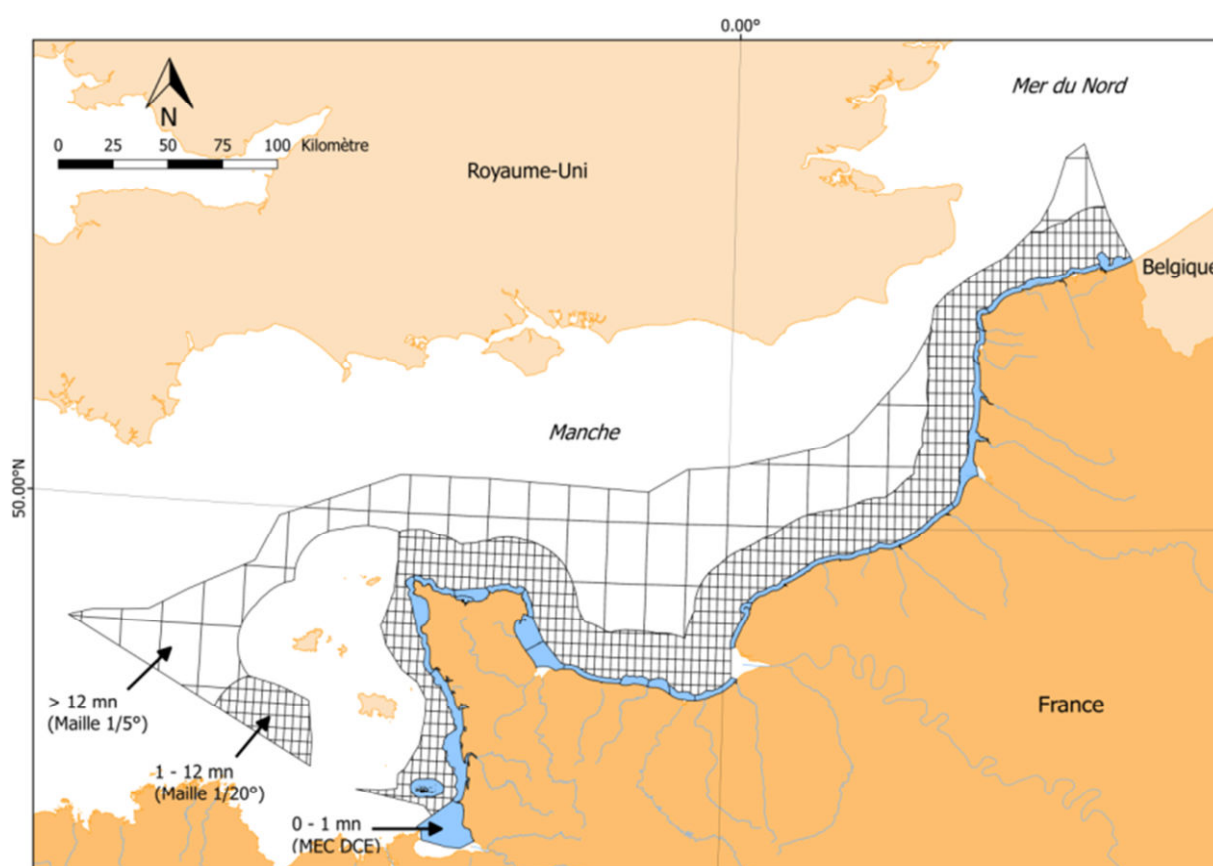


Figure 1. UMR et UGE représentées à l'échelle de la SRM MMN. Masses d'eau DCE en bleu (d < 1 mn). Masses d'eau intermédiaires (1/20°) et du large (1/5°). La même méthode de découpage est appliquée à toutes les SRM (Source : Ifremer).

2.2 Découpage réalisé pour le descripteur 1 Habitat pélagique

Le découpage des sous-régions marines pour le descripteur 1 HP ne s'est pas fait selon des mailles carrées comme pour le descripteur 5 mais selon la définition de « paysages marins » basés sur 12 critères hydrologiques et hydrodynamiques (Cachera et al. 2018 ; Tew-Kai E et al. 2015) plus adaptés à une approche par habitats. Il en résulte un total de 10 paysages marins pour la région Manche-Atlantique et de 7 paysages marins pour la Méditerranée (figure 2).

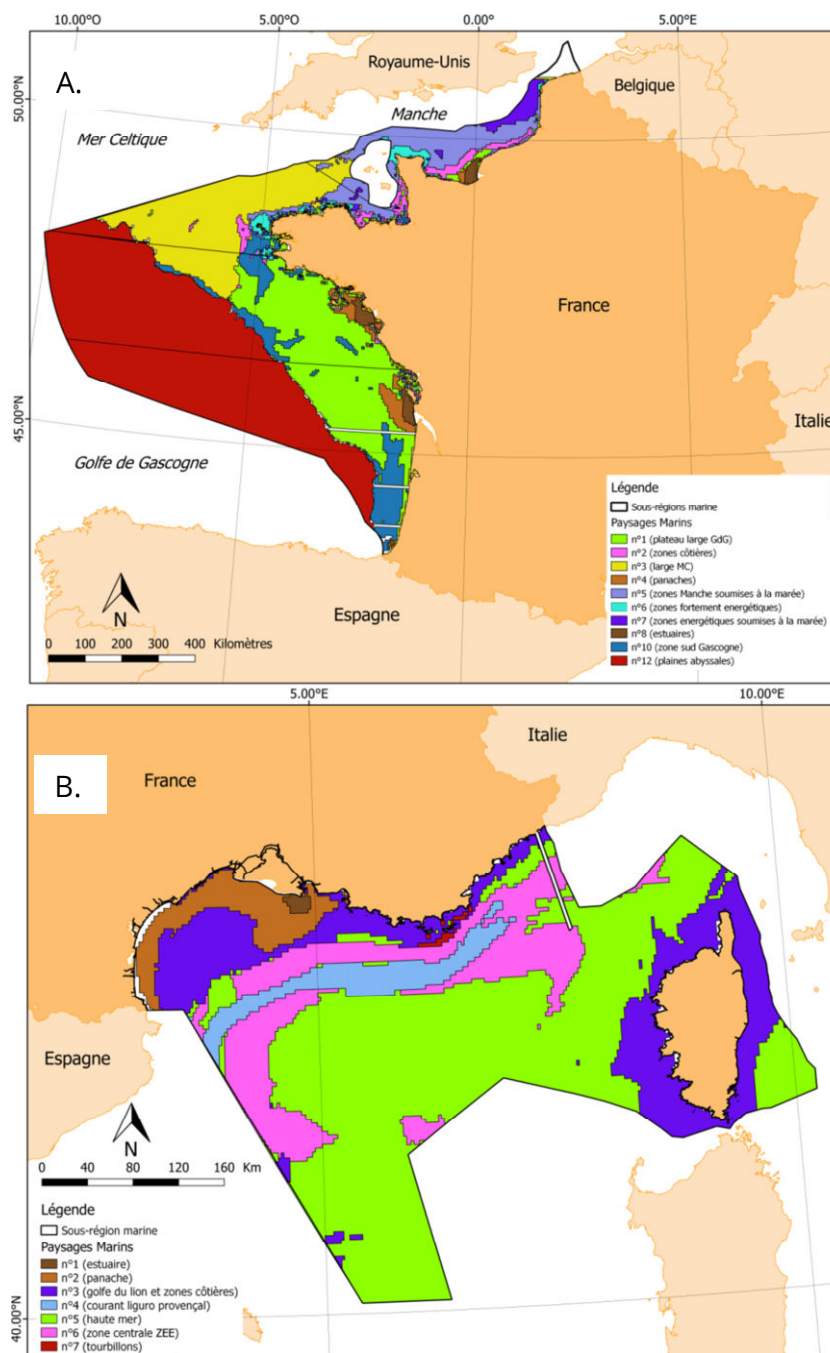


Figure 2. Paysages marins annuels en Atlantique – Manche – Mer du Nord (A) et Méditerranée (B) calculés en fonction de 12 variables hydrologiques et hydrographiques (Sources : Ifremer, SHOM).

3 Les campagnes halieutiques

Elles font l'objet d'une optimisation depuis 2014 (Baudrier 2018 ; Baudrier et al. 2018) visant à renseigner le plus de critères possible de la DCSMM lors de chaque campagne en mer. Cette optimisation tend également vers une harmonisation des protocoles de prélèvement, des paramètres mesurés et des méthodes d'analyses. Ces campagnes ont l'avantage d'avoir une grande étendue spatiale, de mesurer un grand nombre de paramètres (pouvant potentiellement renseigner plusieurs critères DCSMM) mais leur principal désavantage est leur fréquence temporelle, qui est d'une fois par an, ce qui n'est pas pertinent pour les Descripteurs 5 et 1 HP. Il est également important de noter que l'emplacement des points de prélèvement de certaines campagnes peut varier d'une année à l'autre, au gré des stratégies d'échantillonnages propres à chacune des campagnes.

3.1.1 Caractéristiques des différentes campagnes halieutiques

3.1.1.1 IBTS

Dans le contexte de la politique commune des pêches en Manche et Mer du Nord, la campagne IBTS (International Bottom Trawl Survey) vise à mieux comprendre la dynamique des ressources marines exploitées afin de rendre leur exploitation durable. Cette campagne se déroule chaque année de mi-janvier à mi-février depuis 1974. Les données halieutiques, qui intrinsèquement peuvent renseigner les descripteurs D1 et D3, sont complétées par des prélèvements hydrologiques (D5 et D1 HP) et de zooplancton (D1 HP). L'optimisation de la campagne IBTS s'est faite par l'ajout de suivi de paramètres renseignant différents descripteurs DCSMM :

- mesure du bruit sous-marin (D11),
- suivi des oiseaux et des mammifères marins (D1),
- des déchets marins (D10).

Depuis 2016, la partie française de la campagne IBTS s'étend de la Baie de Seine jusqu'au milieu de la Mer du Nord (figure 3). En 2018, la campagne IBTS comportait 143 points de prélèvements dont 55 étaient mixtes GOV (chalutage avec filet de type Grande Ouverture Verticale) et hydrologie + zooplancton et 88 étaient uniquement dédiés à l'hydrologie et au zooplancton (figure 3).

Toutefois, seuls 26 points de prélèvement, soit environ 18 % de la totalité, sont inclus dans les eaux marines françaises et peuvent être utilisés dans le cadre d'une évaluation DCSMM des eaux françaises. En l'état, ces points de prélèvements renseignent 20 UGE DCSMM (8 en zone large et 12 en zone intermédiaire) pour le D5 (mailles) dans la SRM Manche Mer du Nord et 4 paysages marins (D1 HP) (tableau 3).

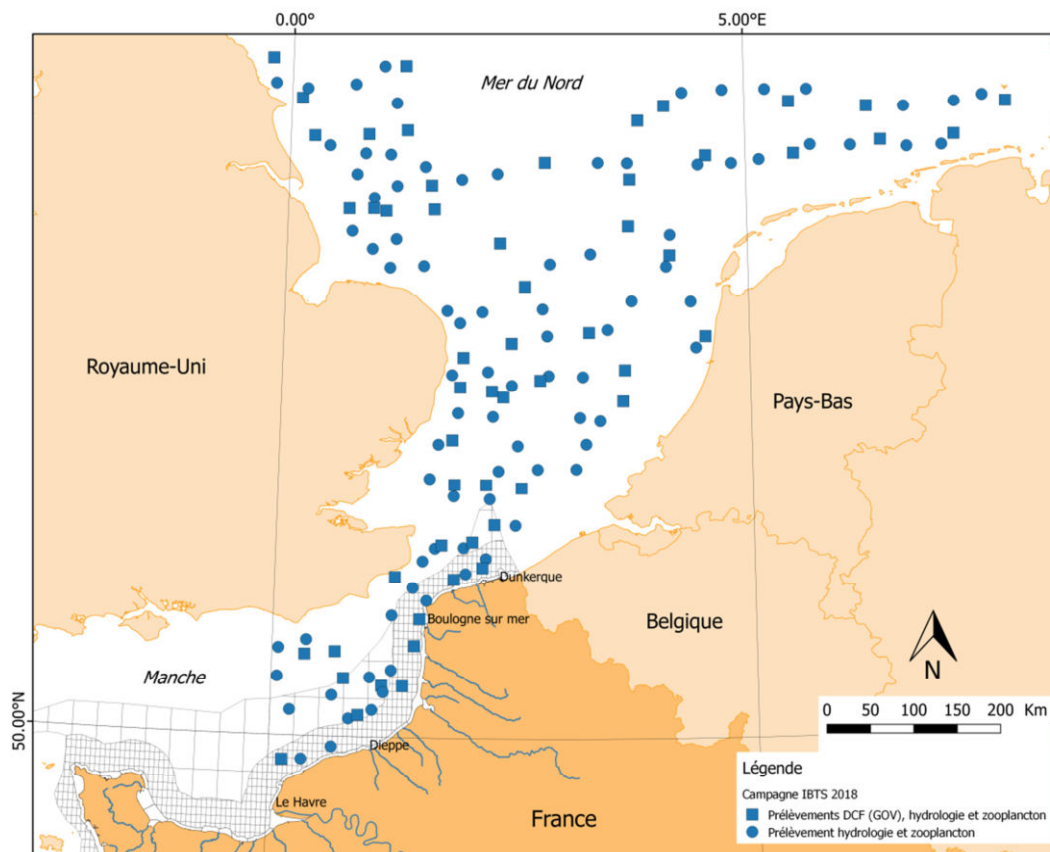


Figure 3. Points de prélèvement GOV, hydrologique et de zooplancton de la campagne halieutique IBTS 2018 (Source : Ifremer).

3.1.1.2 CGFS

La campagne CGFS (Channel Ground Fish Survey) vise à étudier le cycle de recrutement et l'abondance des principales espèces de poissons démersaux en Manche Orientale. Cette campagne, qui se déroule de fin-septembre à mi-octobre, a été initiée en 1988 et présente ainsi une longue série temporelle, à l'échelle annuelle, des abondances de poissons démersaux et de paramètres associés à leur cycle de vie en Manche Orientale. Les chalutages GOV sont complétés par des mesures de paramètres de base (température, salinité) et des prélèvements de zoobenthos (D1-HB). L'optimisation de la campagne CGFS s'est faite par l'ajout de paramètres hydrologiques plus nombreux et de prélèvements de zooplancton et d'autres suivis similaires à ceux d'IBTS (oiseaux, mammifères marins, bruits, déchets marins, etc.).

En 2017, la campagne CGFS comptait 81 points de prélèvement dont 9 étaient uniquement dédiés au chalutage (GOV), 61 comportaient des prélèvements hydrologiques complets et de zooplancton en plus des chalutages et 11 uniquement des prélèvements hydrologiques complets et de zooplancton (figure 4). Toutefois, seuls 58 points de prélèvement, soit 71 % de la totalité, sont inclus dans les eaux marines françaises et peuvent être utilisés dans le cadre d'une évaluation DCSMM des eaux françaises. Ces points de prélèvement renseignent 54 UGE DCSMM du D5 (21 en zone large, 29 en zone intermédiaire et 4 MEC) dans la SRM MMN (tableau 3) et 6 paysages marins (tableau 3).

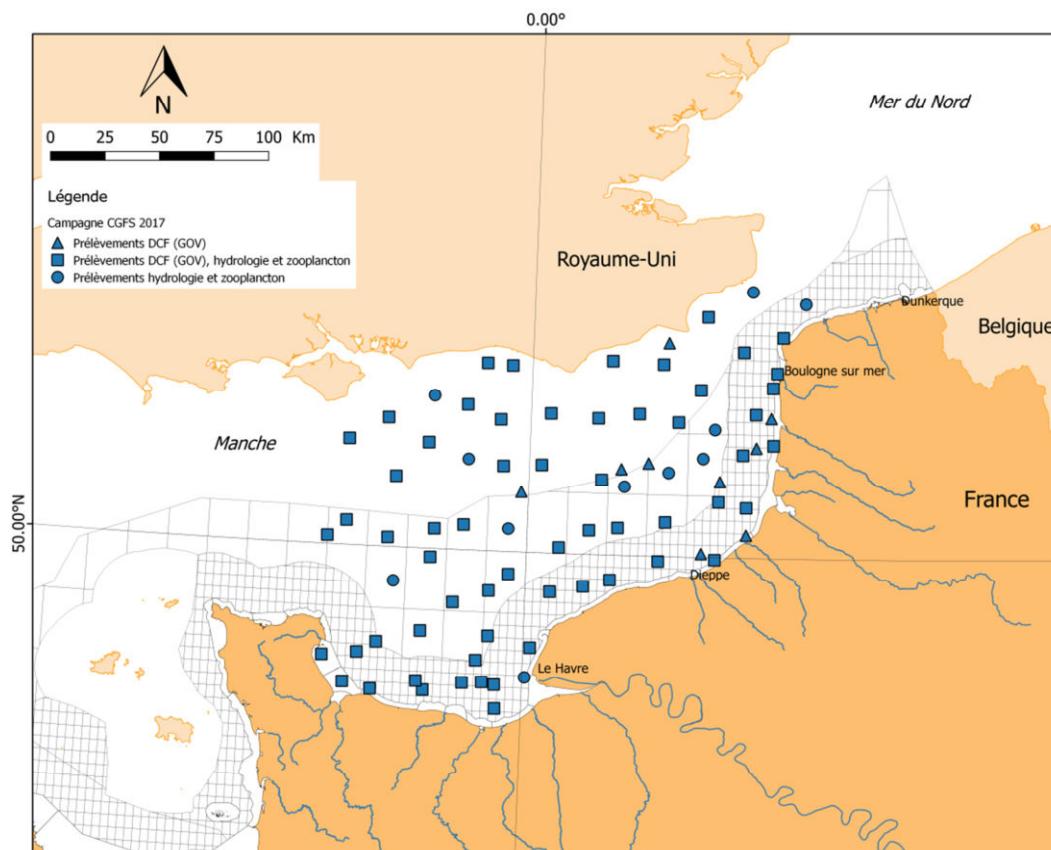


Figure 4. Points de prélèvement GOV, hydrologique et de zooplancton de la campagne halieutique CGFS 2017 (Source : Ifremer).

3.1.1.3 CAMANOC

La campagne CAMANOC (Campagne Manche Occidentale) de septembre-octobre 2014 est une campagne unique visant à assurer la continuité des séries temporelles de CGFS lors d'une campagne d'inter-calibration des protocoles entre les navires océanographiques *Gwen Drez* (utilisé jusqu'en 2013 pour CGFS) et *Thalassa* (utilisé à partir de 2015 pour réaliser CGFS). Cette campagne a également servi de banc d'essai pour mesurer un nombre étendu de paramètres DCSMM dont les paramètres hydrologiques et les prélèvements de zooplancton. Son étendue spatiale a également été augmentée pour effectuer un état des lieux des écosystèmes dans la partie Ouest de la Manche, équivalente à la SRM MC DCSMM ; une partie de cette étendue est appliquée aux campagnes CGFS à partir de 2018.

Ainsi, la campagne CAMANOC comptait 95 points de prélèvements dont 85 comportaient des chalutages et des prélèvements hydrologiques/zooplancton et 9 uniquement des prélèvements hydrologiques/zooplancton (figure 5). Toutefois, seuls 60 points de prélèvements, soit 63% de la totalité, sont inclus dans les eaux marines françaises (SRM MMN et MC) et peuvent être utilisés dans le cadre d'une évaluation DCSMM des eaux françaises. Ces points renseignent 41 UGE DCSMM D5 dans la SRM MMN (19 en zone large, 21 en zone intermédiaire, et 1 MEC) et 11 UGE DCSMM D5 dans la SRM MC (7 en zone large et 4 en zone intermédiaire) (tableau 3). Ils renseignent également 7 paysages marins de la SRM MMN et 2 paysages marins de la SRM MC (tableau 3).

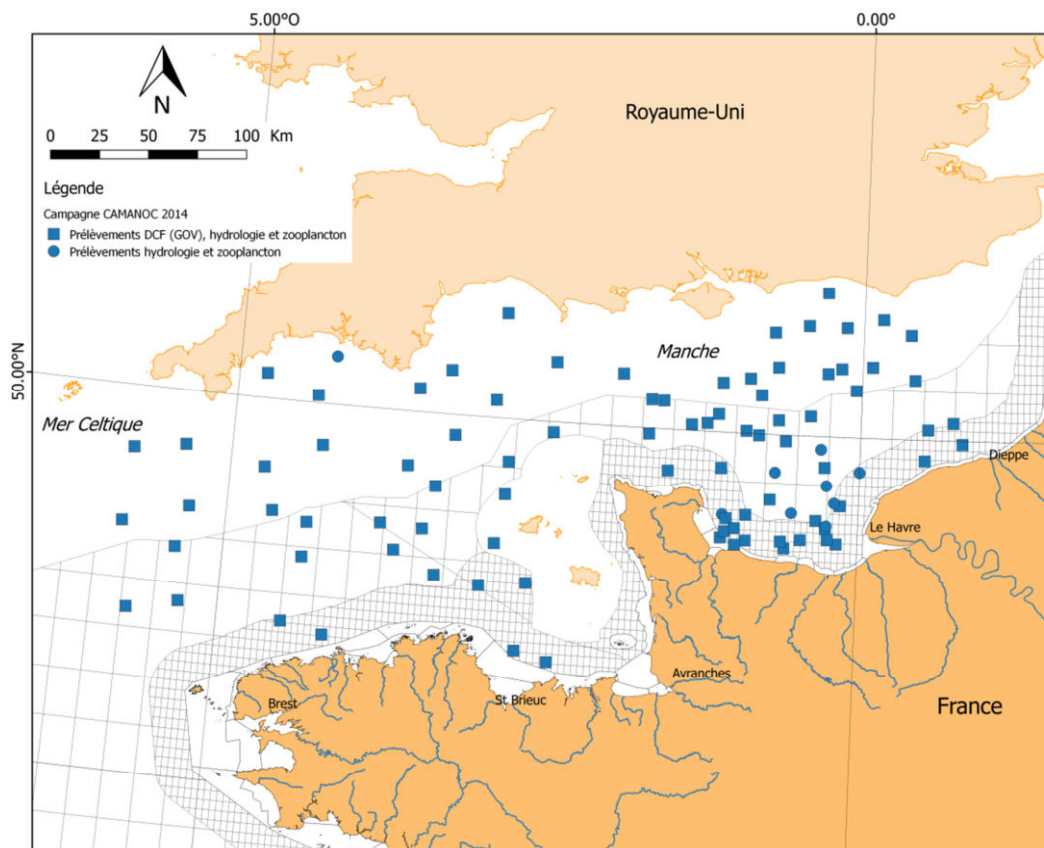


Figure 5. Points de prélèvement GOV, hydrologique et de zooplancton de la campagne halieutique CAMANOC 2014 (Source : Ifremer).

3.1.1.4 PELGAS

La campagne PELGAS (Pélagique Gascogne) vise à estimer l'abondance et la distribution des poissons pélagiques dans le plateau continental du Golfe de Gascogne. Cette campagne, qui se déroule de fin-avril à début juin, a été initiée en 2000. Les prélèvements par chalutage (chalut pélagique), associés à de l'acoustique, sont complétés par des mesures de nombreux paramètres hydrologiques et des prélèvements de zooplancton. L'optimisation de la campagne PELGAS s'est faite par l'ajout de suivis de paramètres similaires à ceux d'IBTS (oiseaux, mammifères marins, bruits, déchets marins, etc.).

En 2017, la campagne PELGAS comptait 115 points de prélèvement hydrologiques (figure 6). Près de 94 % de ces points sont compris dans la SRM GdG et MC et peuvent être utilisés dans le cadre d'une évaluation DCSMM, les 2 radiales en MC étant toutefois réalisées en 2017 à titre exceptionnel. Les points de prélèvement hydrologique renseignent 92 UGE DCSMM D5 dans la SRM GdG (71 en zone large, 18 en zone intermédiaire et 3 MEC) ainsi que 5 paysages marins. En SRM MC, 7 UGE sont renseignées dont 4 en zone large, 2 en zone intermédiaire et une MEC ainsi que 3 paysages marins (tableau 3).

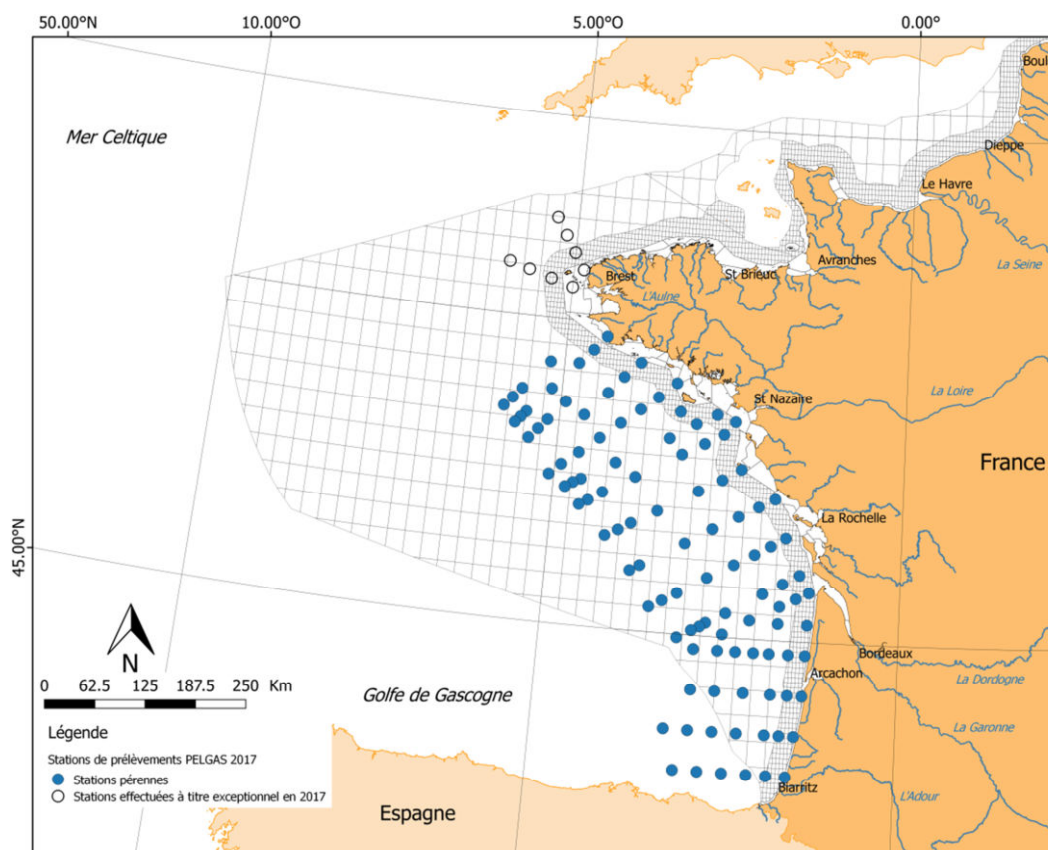


Figure 6. Points de prélèvement hydrologique de la campagne halieutique PELGAS 2017 (Source : Ifremer).

3.1.1.5 EVHOE

La campagne EVHOE (Evaluation Halieutique Ouest de l'Europe) vise à évaluer l'abondance et le recrutement des espèces de poissons démersaux et benthiques dans le plateau continental du Golfe de Gascogne et de la partie sud de la mer Celtique. Cette campagne, qui se déroule de mi-octobre à début décembre, a été initiée en 1987 et possède ainsi une longue série temporelle, à l'échelle annuelle, des abondances de poissons démersaux et benthiques ainsi que des paramètres biotiques et abiotiques associés à leur cycle de vie en Atlantique. L'optimisation de la campagne EVHOE s'est faite par l'ajout de paramètres hydrologiques plus nombreux et de prélèvements de zooplancton et d'autres suivis similaires à ceux d'IBTS (oiseaux, mammifères marins, bruits, déchets marins, etc.).

En 2016, la campagne EVHOE comptait 166 stations de mesures parmi lesquelles 69 points de mesure avec une bathysonde SBE 19, 60 points de prélèvement de zooplancton et 161 points de chalutage (figure 7). Cinquante de ces stations comportaient les 3 types de prélèvement. Toutefois, seules 91 stations de prélèvement, soit 55 % de la totalité, sont incluses dans les eaux marines françaises et peuvent être utilisées dans le cadre d'une évaluation DCSMM des eaux françaises. Ces stations de prélèvement renseignent 80 UGE (59 dans la zone large, 18 dans la zone intermédiaire et 3 MEC) DCSMM pour le D5 dans la SRM GdG, ainsi que 6 paysages marins. En SRM MC, 10 UGE du D5 et un paysage marin sont renseignés (tableau 3).

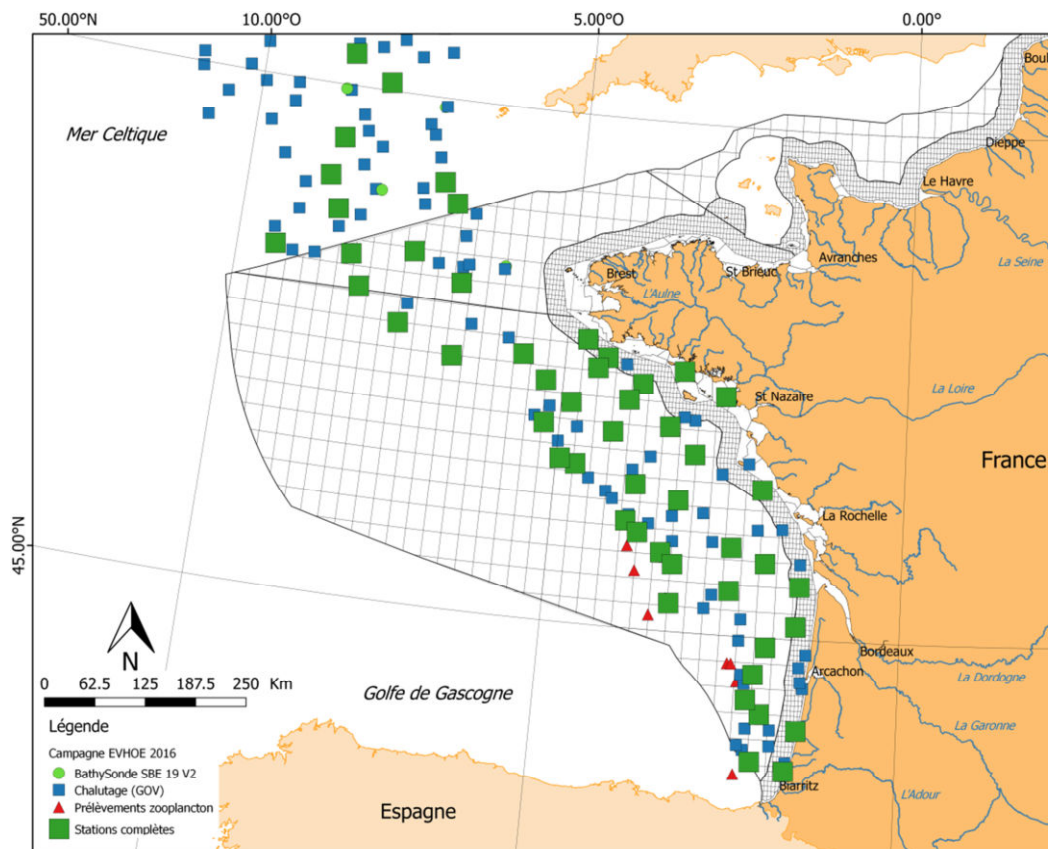


Figure 7. Points de mesure CTD, chalutage (GOV) et prélèvement zooplancton de la campagne halieutique EVHOE 2016 (Source : Ifremer).

3.1.1.6 PELMED

La campagne PELMED (Pélagique Méditerranée) vise à évaluer l'abondance des petits poissons pélagiques ainsi que le fonctionnement des écosystèmes pélagiques dans le Golfe du Lion, à l'aide d'une approche basée sur l'acoustique et le chalutage. Cette campagne, initiée en 1985, se déroule de fin-juin à début août.

En 2016, elle comptait 30 stations de prélèvement (GOV, zooplancton, hydrologie et CTD) fixes et 32 stations de prélèvement variables (figure 8). Tous ces points sont compris dans la SRM MO et peuvent être utilisés dans le cadre d'une évaluation DCSMM des eaux françaises. Ils renseignent 60 UGE DCSMM (12 en zone large, 43 en zone intermédiaire et 5 MEC) pour le D5 ainsi que 3 paysages marins (tableau 3).

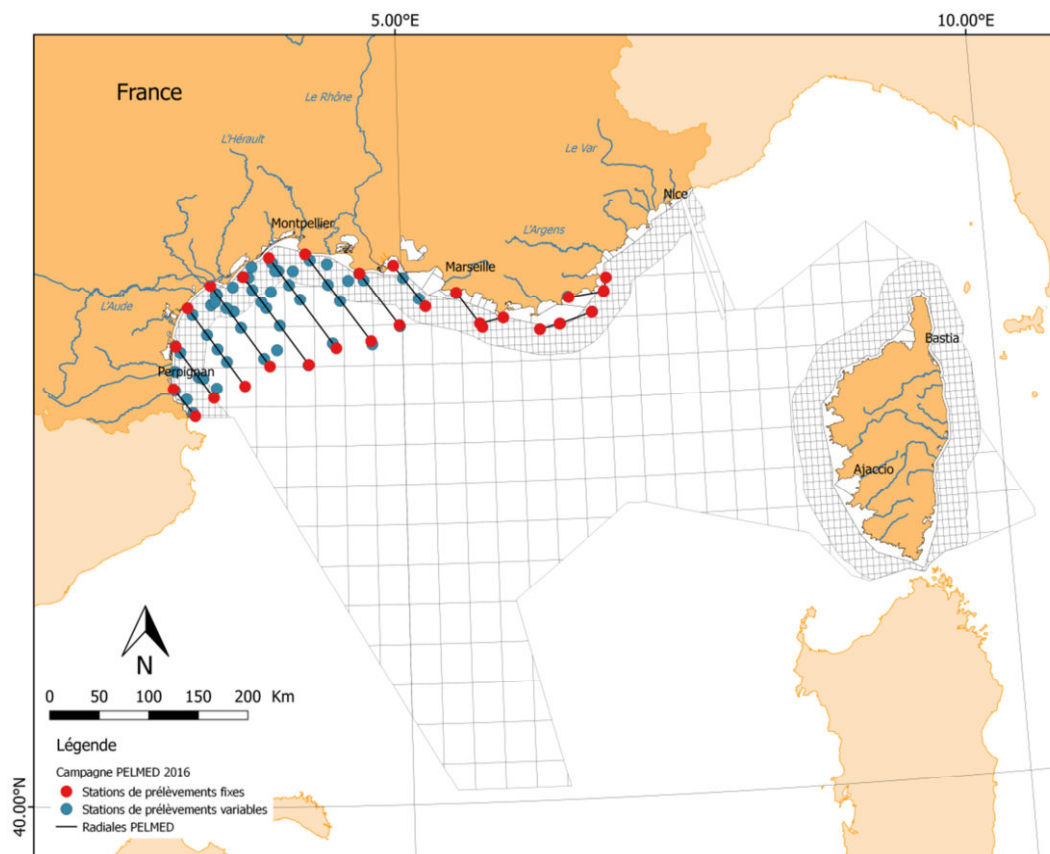


Figure 8. Points de prélèvement fixe et variable et radial de prospection de la campagne halieutique PELMED 2016 (Source : Ifremer).

3.1.1.7 MEDITS

La campagne MEDITS (MEDiterranean Trawl Survey) vise à estimer les stocks de poissons démersaux dans le Golfe du Lion et sur la façade Est de la Corse (mer Tyrrhénienne) à l'aide d'une approche par chalutage de fond (GOV). Cette campagne, initiée en 1994, se déroule de fin-mai à fin-juin.

En 2016, elle comptait 88 stations de chalutage (GOV) dont 18 comportait des prélèvements de zooplancton et des mesures CTD (figure 9). Tous ces points sont compris dans la SRM MO et peuvent être utilisés dans le cadre d'une évaluation DCSMM des eaux marines françaises. Ils renseignent 67 UGE DCSMM (17 en zone large et 50 en zone intermédiaire) pour le D5 dans la SRM MO ainsi que 3 paysages marins (tableau 3).

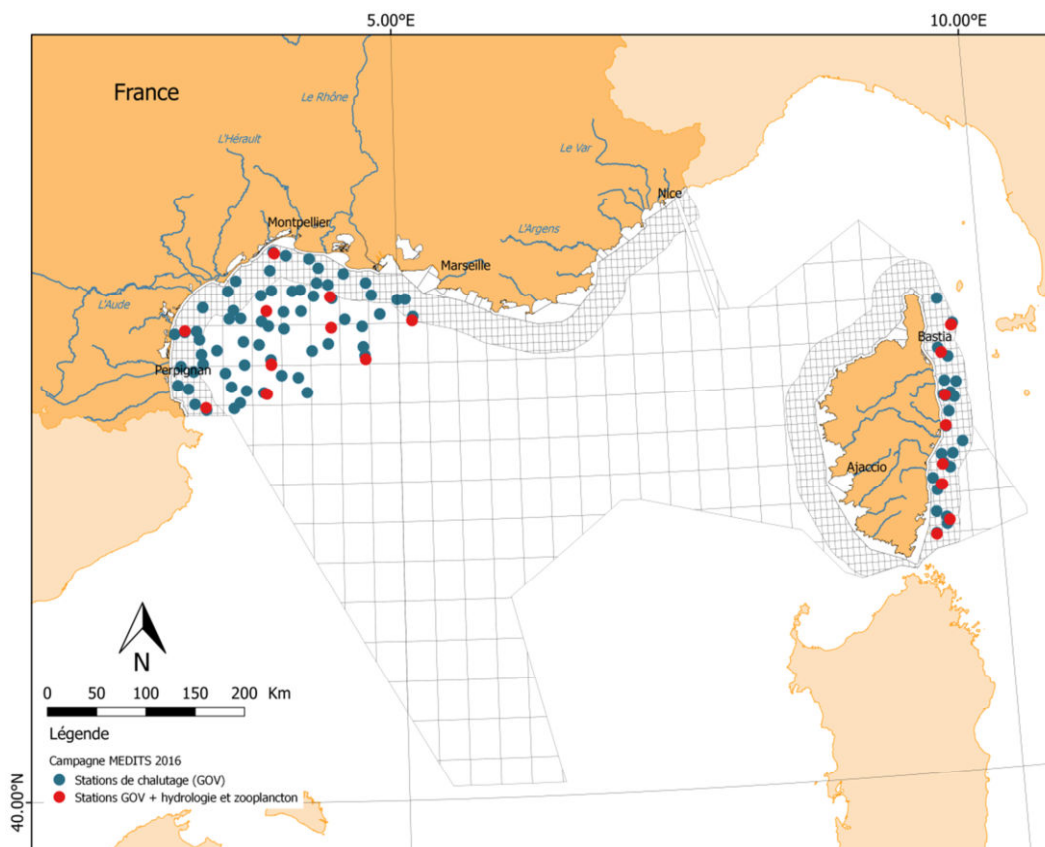


Figure 9. Points de chalutage (bleu) de la campagne halieutique MEDITS 2016 et points de prélèvement hydrologique et zooplancton (rouge) (Source : Ifremer).

3.1.1.8 MOOSE-GE

La campagne MOOSE-GE est une campagne déployée par le CNRS qui vise à étudier les variations pluriannuelles des conditions physico-chimiques et biologiques de la Méditerranée nord-occidentale (comprenant toute la SRM MO, à l'exception du Golfe du Lion et de la mer Tyrrhénienne, figure 10) dans un contexte de changement climatique. Elle fait partie du réseau d'observation SNO/SOERE MOOSE de la Méditerranée (<http://www.moose-network.fr/>) et a été initiée en 2010. Cette campagne annuelle se déroule pendant 2 à 3 semaines en septembre.

En 2017, elle comptait 140 points de prélèvement (figure 10). Toutefois, seuls 93 de ces points, environ 65 % du total, sont compris dans la SRM MO et peuvent être utilisés dans le cadre d'une évaluation DCSMM des eaux marines françaises. Ils renseignent 68 UGE DCSMM (52 en zone large et 16 en zone intermédiaire) pour le D5 dans la SRM MO ainsi que 5 paysages marins (tableau 3).

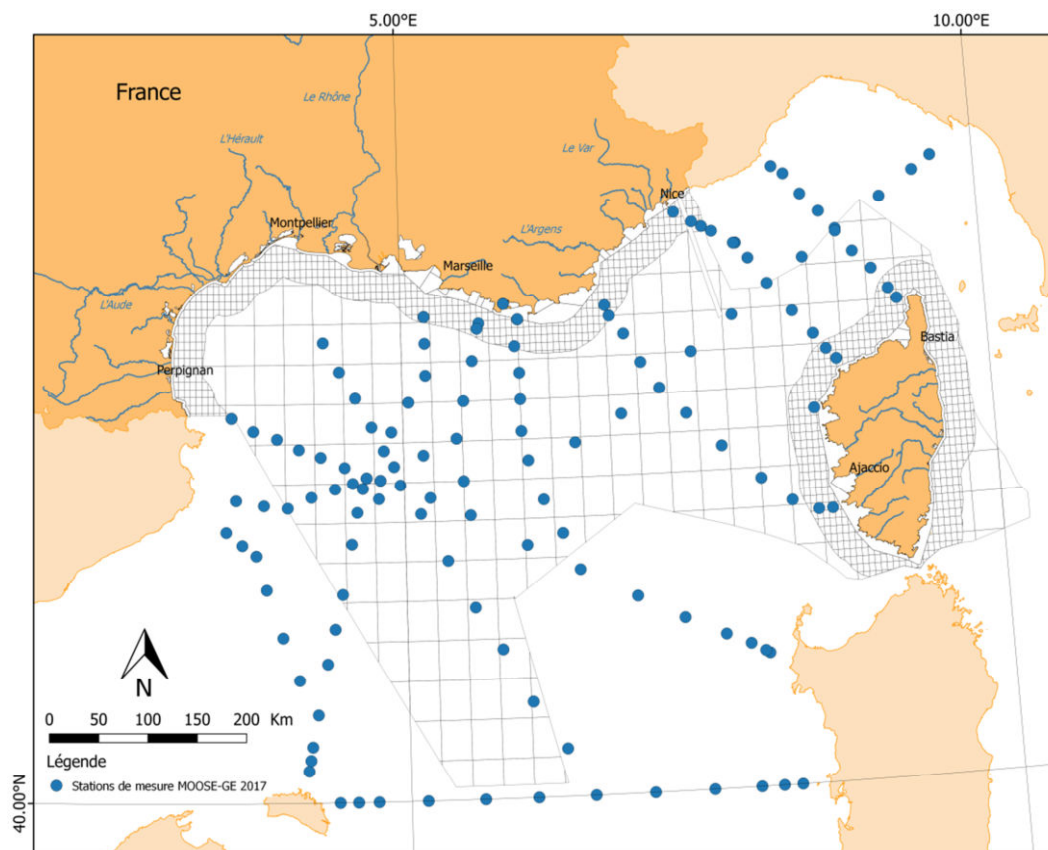


Figure 10. Points de prélèvement de la campagne MOOSE-GE 2017 (Sources : Ifremer, CNRS).

Tableau 3. Nombre total de stations de prélèvements par campagne halieutique, nombre et pourcentage de ces points intégrant une SRM DCSMM de la métropole. Nombre d'UGE (D5 et D1 HP) renseigné par ces stations

Campagnes	Années	Nb stations	Nb stations FR	%	Nb UGE D5 / D1-HP			
					MMN	MC	GdG	MO
IBTS	2018	143	26	18	20 / 4			
CGFS	2017	81	58	71	54 / 6			
CAMANOC	2014	95	60	63	51 / 7	11 / 2		
PELGAS	2017	115	108	94		7 / 2	92 / 5	
EVHOE	2016	166	91	55		10 / 1	80 / 6	
PELMED	2016	62	62	100				60 / 3
MEDITS	2016	88	88	100				67 / 3
MOOSE-GE	2017	140	93	65				68 / 5

3.1.2 Optimisation spatiale des campagnes halieutiques

3.1.2.1 Les éléments à prendre en considération

L'optimisation des moyens à la mer pour renseigner un maximum de paramètres DCSMM a été engagée en 2014 (voir chapitre précédent et Baudrier et al. 2018). Une deuxième phase visant à optimiser l'emplacement et le nombre de points de prélèvement a également été engagée, l'objectif final étant de préparer un plan d'échantillonnage pour l'ajout de campagnes complémentaires pilotées par le CNRS lors des saisons non échantillonnées par les campagnes halieutiques Ifremer, et prélevant aux mêmes points. Ceci devrait permettre d'obtenir un suivi des paramètres au large des côtes françaises à une échelle saisonnière, ce qui permettrait de renseigner les indicateurs du D1 HP (sous réserve de certaines adaptations) mais également de valider les produits développés pour renseigner les indicateurs du D5 au large : les produits issus des images satellites et la modélisation. L'ensemble des données permettrait également d'améliorer les connaissances quant au fonctionnement des SRM concernées et améliorerait ainsi l'expertise des évaluations. Les réflexions autour de cette optimisation sont parties des constats suivants :

- tous les points de prélèvement des campagnes halieutiques ne sont pas dans les eaux marines françaises ;
- les campagnes halieutiques d'une même SRM se déroulent à des périodes différentes (sauf SRM MO) ;
- certains points de 2 campagnes halieutiques sont assez proches spatialement ;
- il n'est pas possible, au titre des prélèvements DCSMM, de « perturber » (i.e. modifier dans le temps et l'espace) le déroulement des prélèvements effectués dans le cadre de la DCMAP ;
- à la vue du cout inhérent aux campagnes halieutiques, il n'est pas envisagé, pour l'instant, d'ajouter des jours de campagne supplémentaires dans le cadre de la DCSMM ;
- il faut renseigner le plus d'UGE possible pour les Descripteurs 5 (voir quadrillages figure 1 à 17) et 1 HP (figure 18).

En termes de quantité d'informations (et de travail), une station hydrologique (D5) et planctonique (D1 HP) labellisée DCSMM représente :

- des mesures de MES (prélèvement à la bouteille niskin + filtration + analyse au laboratoire),
- des mesures de chlorophylle-*a* (prélèvement à la bouteille niskin + filtration + analyse au laboratoire),
- des mesures de concentration en nutriments (prélèvement à la bouteille niskin + analyse au laboratoire),
- des analyses du phytoplancton (prélèvement à la bouteille niskin + analyse au laboratoire),
- des analyses du zooplancton (prélèvement au filet WP2 / Zoocam à bord ou WP2 / Zooscan au laboratoire),

- des mesures du microplancton (mesures automatisées + analyse au laboratoire),
- des mesures des paramètres physico-chimique et biologiques de base (profils de sonde et système de mesures automatisées à haute fréquence – de type Ferrybox).

Toutes ces mesures prennent du temps, des ressources humaines et financières qu'il faudra prendre en compte lors de l'optimisation des campagnes. La dénomination « point de prélèvement » utilisé par la suite définira un point ou une zone géographique où chacune de ces mesures (ou le plus possible) sera effectuée. Les données d'hydrologie et de zooplancton obtenues dans le cadre de cette stratégie d'échantillonnage, commune aux différentes campagnes halieutiques, seront bancarisées de façon harmonisée dans les banques de données décrites dans Mabileau et Baudrier (2018).

3.1.2.2 Inventaire cartographique et pré-sélection des points d'intérêt.

Suivant ce postulat, un premier exercice a été réalisé sur la base de la cartographie des points de prélèvement des campagnes halieutiques (figure 10 à 16) fournis par les responsables de campagnes. Ce processus est passé par différentes étapes, dont chacune a été soumise aux responsables de campagnes et responsables hydrologie :

- un inventaire des stations de prélèvement existantes, par campagnes ;
- un inventaire des points présentant des coordonnées géographiques proches entre 2 campagnes se déroulant dans la même SRM (IBTS et CGFS pour la SRM MMN, CGFS et EVHOE pour la SRM MC, EVHOE et PELGAS pour la SRM GdG et PELMED et MEDITS pour la SRM MO) afin de couvrir 2 saisons a été réalisé ;
- prise en compte de la représentativité des points vis-à-vis des pressions lié au descripteur 5. Ces zones de pression majeure ont été identifiées par Lefebvre (2013) dans le contexte des recommandations scientifiques et techniques du PdS D5 (figure 11). Il s'agit principalement des panaches d'estuaire comme la Seine, la Vilaine, la Loire, la Gironde ou le Rhône ; des zones de fortes productions phytoplanctoniques comme le fleuve côtier longeant les côtes du Pas-de-Calais vers la Belgique, le front d'Ouessant ou la sortie du Bassin d'Arcachon. Concernant le D1 HP, il a fallu veiller à ce que la répartition des points de prélèvement soit également représentative des paysages marins identifiés par le SHOM (D7, Figure 2, Cachera et al. 2018 ; Tew-Kai et al. 2015) ;
- trouver un compromis sur le nombre de points à labelliser DCSMM (considérer le point précédent tout en maintenant un nombre pertinent de points de prélèvement). Cet exercice a été réalisé en ajoutant, supprimant ou déplaçant certains points qui étaient soit isolés, non pertinents ou en surnombre ;
- la prise en compte des contraintes inhérentes au traitement ultérieur des échantillons et des données.

Les contraintes imposées par les 2 derniers points ont fait tendre vers une solution optimale d'une trentaine de points par campagne et par SRM. Toutefois, les campagnes MEDITS et PELMED, se déroulant dans un intervalle de temps restreint (tableau 1), comptent pour une seule et même campagne se répartissant entre 30 et 60 points de prélèvement. Ce premier exercice a abouti à une proposition de 150 à 180 points de prélèvement labellisés DCSMM par an pour l'ensemble des SRM françaises.

Au regard de la superficie, du nombre de paramètres à mesurer et de la fréquence des campagnes halieutiques, il est certain que l'optimisation ne pourra pas être faite de façon uniforme pour tous les paramètres. En effet, chaque paramètre environnemental possède une variabilité spatio-temporelle qui lui est propre. Il faudrait appliquer une stratégie d'échantillonnage spécifique à chacun, ce qui n'est pas matériellement possible. De façon réciproque, optimiser la stratégie pour un paramètre en particulier reviendrait à être « sub-optimale » pour les autres. Ainsi, la stratégie la plus adaptée consiste à déployer des points de prélèvement espacés régulièrement en se focaliser sur les points d'intérêt pour les descripteurs 5 et 1.

Le premier exercice d'optimisation prenant en compte toutes les étapes précédemment énumérées a conduit à l'élaboration des documents de travail présentés en [annexe 2](#). Il en est ressorti que certaines zones sont beaucoup plus difficiles à échantillonner que d'autres ; elles ne sont pas explorées par les campagnes à cause de leurs forts éloignements des côtes ou parce qu'elles sont en dehors de la zone de transit du navire océanographique (figure 12). C'est principalement le cas :

- de la zone intermédiaire autour du Golfe Normand-Breton,
- de la zone du Golfe de Gascogne et de la mer Celtique au-delà du talus continental,
- de la zone au large de la méditerranée pour laquelle seul le Golfe du Lion est suffisamment exploré (contraintes des campagnes halieutiques dont la problématique est concentrée sur cette zone).

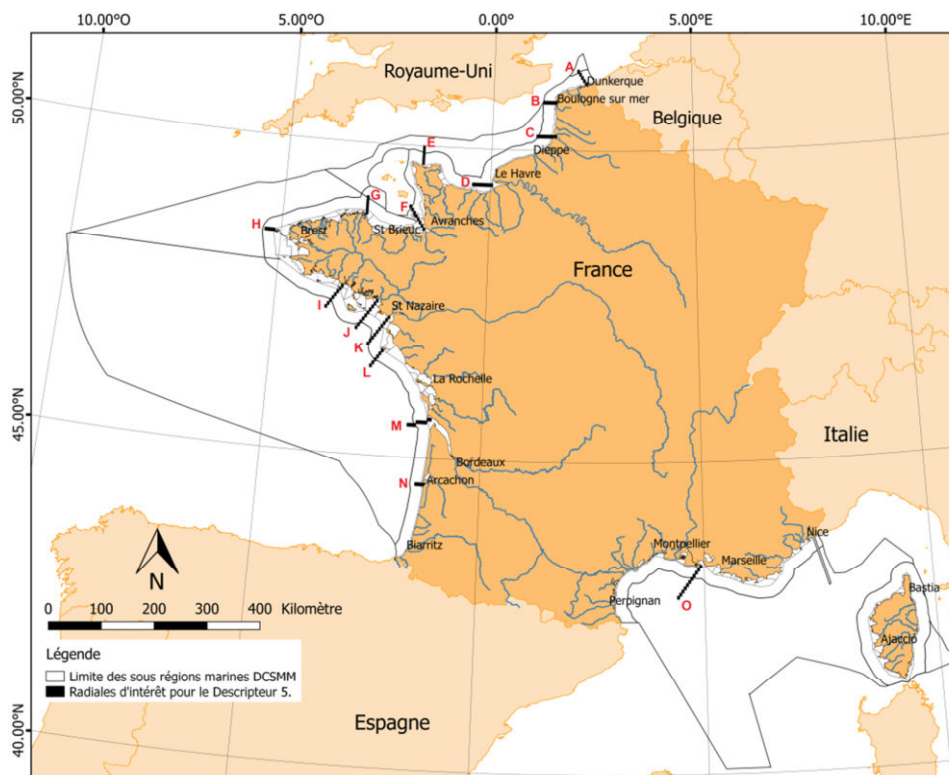


Figure 11. Localisation des différentes radiales du large vers la côte traversant les zones d'intérêt pour le PdS du D5 (Source : Lefebvre, 2013) : A. Dunkerque, B. Boulogne, C. Somme, D. Seine, E. Pointe du Cotentin, F. Baie du Mont-Saint-Michel, G. Bréhat, H. Ouessant, I. Groix, J. Vilaine, K. Loire, L. Ile d'Yeu, M. Gironde, N. Arcachon, O. Rhône.

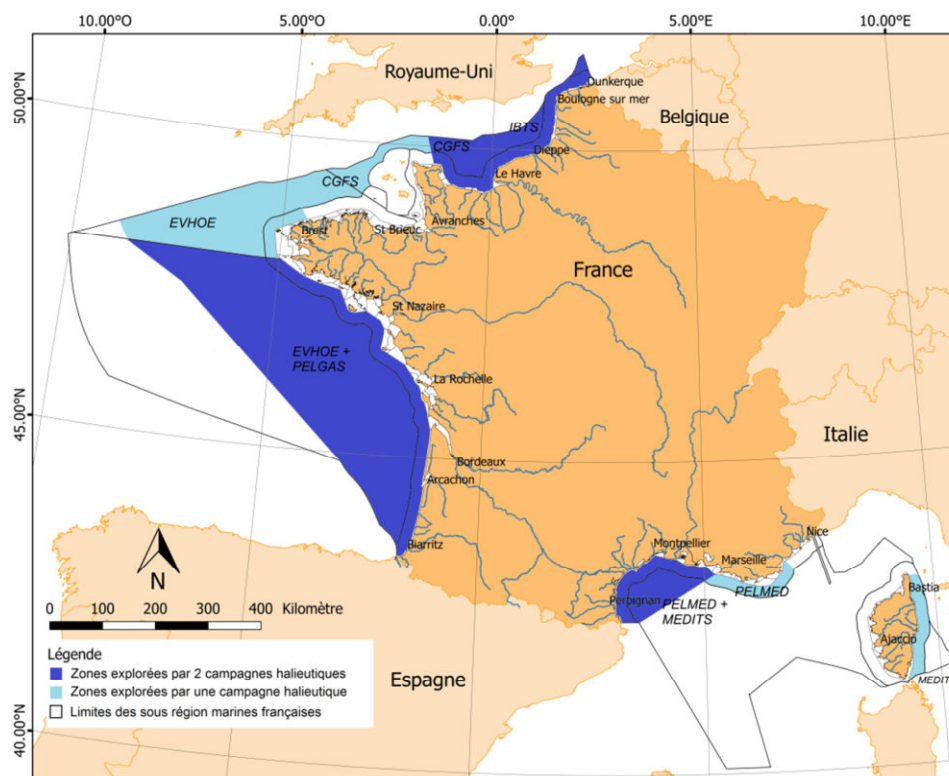


Figure 12. Zones des SRM françaises habituellement explorées par une (bleu clair), deux (bleu foncé) ou aucune (blanc) campagne(s) halieutique(s).

Ces documents de travail ont ensuite été soumis aux responsables de campagnes halieutiques et responsables de la partie hydrologique, qui sont garants des stratégies d'échantillonnage déployées sur chaque campagne, pour approbation ou modification. Les avis et commentaires ont été recueillis au cours de diverses réunions. Cet exercice a été réalisé à l'échelle des SRM (hormis le cas de la Mer Celtique qui a été discuté au cours des réunions MMN et GdG) et donc par couple de campagnes.

Il en est ressorti que ces modifications du plan d'échantillonnage des campagnes halieutiques n'étaient toujours pas suffisamment compatibles avec les contraintes spécifiques à chaque campagne. Après discussions avec les responsables de campagne, il est apparu que les stratégies d'échantillonnages de chaque campagne étaient élaborées de façons différentes les unes des autres :

- Sur IBTS, il est difficile de prévoir les coordonnées des points de prélèvement puisque la stratégie d'échantillonnage est semi-aléatoire, 2 points de prélèvement étant situés aléatoirement au sein d'un rectangle statistique CIEM. Plus de flexibilité est possible de nuit, mais ceci ajoute de la variabilité supplémentaire aux résultats (migration nyctémérale du plancton, réaction de la fluorescence de la chlorophylle aux fortes variations de luminosité, etc.).
- Sur CGFS, les points de prélèvement diurnes sont fixes et non déplaçables.
- Sur EVHOE, les points de prélèvement sont répartis en fonction de la stratification bathymétrique et sont donc non déplaçables.
- Sur PELGAS, les points sont répartis le long de radiales allant de la côte vers le large, les points de prélèvement peuvent être légèrement déplacés le long des radiales.
- Sur PELMED, les points de prélèvement sont répartis le long de radiales allant de la côte vers le large. Seuls les points aux extrémités de chaque radiale sont fixés, la position des points de prélèvement le long des radiales est déterminée à l'aide du sonar (présence de banc de poissons). Des prélèvements supplémentaires sont effectués entre ces radiales.
- Sur MEDITS, les points de prélèvement sont répartis en fonction de la stratification bathymétrique et sont donc non déplaçables, le nombre des stations de mesure zooplancton et CTD ne peut pas être augmenté. Il y a également des problèmes d'espace pour installer le matériel nécessaire aux mesures hydrologiques (rampe de filtration + pompe).

3.1.2.3 Optimisation selon le quadrillage du descripteur 5

Suite aux retours des différents acteurs impliqués dans cet exercice, il est apparu que le problème venait de la difficulté d'obtenir des duos de points de prélèvement en se basant sur des coordonnées géographiques précises. L'alternative a donc été de repenser la stratégie d'échantillonnage non pas à l'échelle de coordonnées, mais à l'échelle de carrés statistiques à l'image de la stratégie du CIEM. Les rectangles CIEM intégrant trop de variabilité spatiale pour le D5 et le D1 HP, une maille plus petite a été choisie : celle du descripteur 5 (figure 1) ; une grande maille du D5 est 8 fois plus petite qu'une maille CIEM.

Un maillage régulier, basé sur celui utilisé pour l'évaluation du D5 (figure 1), a été défini comme étant les surfaces à renseigner pour le D5 et D1 HP. La répartition de ces mailles prend toujours en compte les paysages marins, la présence le plus souvent possible de duos de points de prélèvement déjà existants, la présence de paysages marins/zones d'intérêt et la proximité d'avec les radiales théoriques du D5.

Ainsi, le nombre de mailles théoriques maximales à renseigner par SRM est de :

- 16 mailles en zone large et 18 mailles en zone intermédiaire pour la SRM MMN,
- 14 mailles en zone large et 6 mailles en zone intermédiaire pour la SRM MC,
- 26 mailles en zone large, 8 mailles en zone intermédiaire et une MEC pour la SRM GdG,
- 16 mailles en zone large, 23 mailles en zone intermédiaire et 3 MEC pour la SRM MO.

Chacune de ces 131 mailles et MEC devant être renseignée, si possible par 2 stations labellisées DCSMM par an (une par campagne se déroulant dans ces SRM), hormis pour la SRM MO pour laquelle les stations seront renseignées une fois par an par les campagnes halieutiques Ifremer. Un nombre maximal théorique de 220 stations labellisées DCSMM est donc à réaliser par an, pour l'ensemble des SRM françaises.

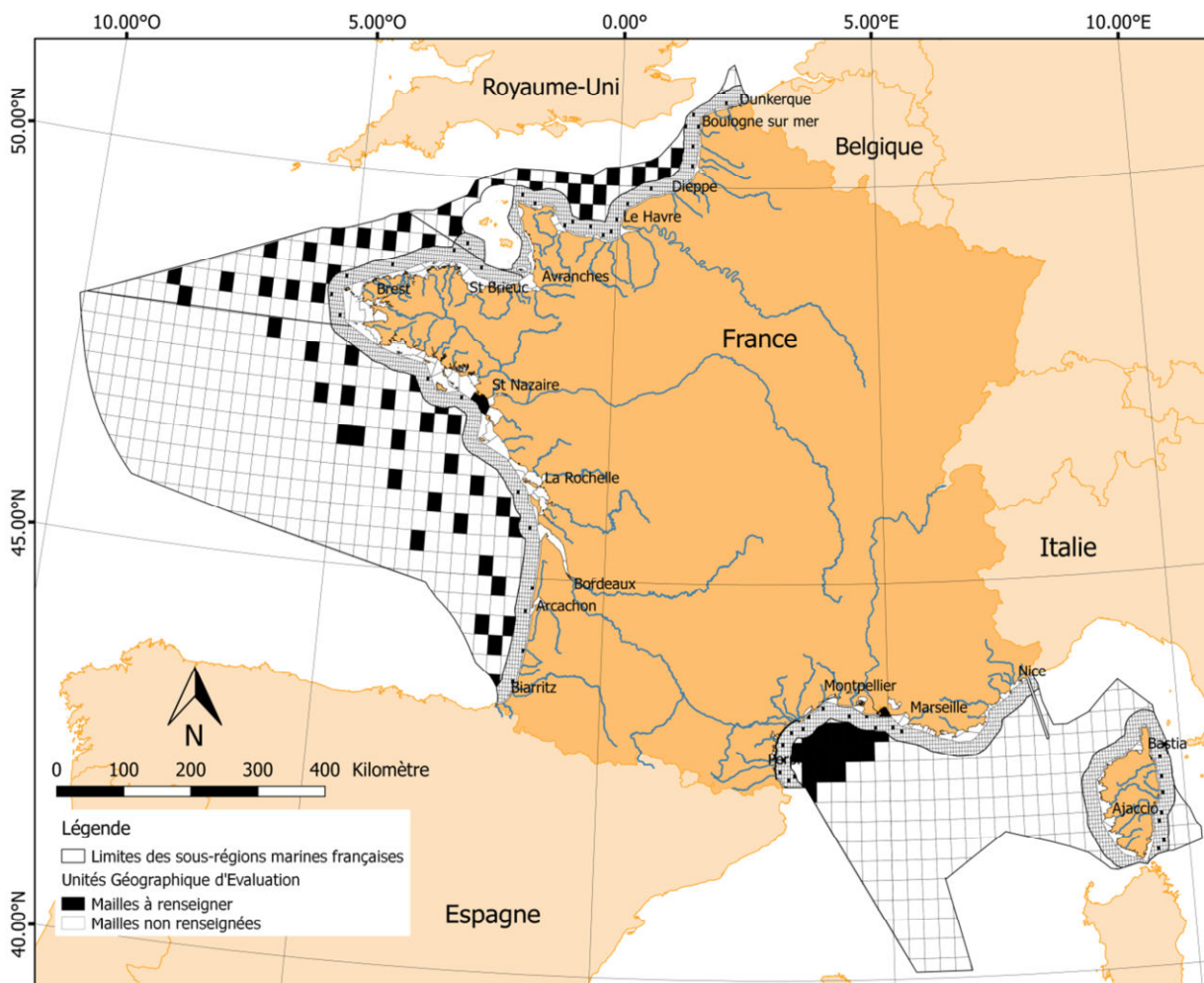


Figure 13. Stratégie d'échantillonnage DCSMM proposé pour les campagnes halieutique, basé sur le maillage utilisé pour l'évaluation du descripteur 5. Les mailles noires doivent contenir, si possible 2 points de prélèvement par campagne se déroulant dans la SRM de la maille.

Cette stratégie permet ainsi de renseigner un total de 72 mailles en zone large, 55 mailles en zone intermédiaire et 4 MEC, ce qui devrait représenter un nombre maximal théorique de 220 stations labellisées DCSMM par an. Ces 131 mailles couvrent la quasi-intégralité des paysages marins du D1 HP et des zones d'intérêt pour le D5 (tableau 4).

Tableau 4. Les différents paysages marins (figure 2) et zones d'intérêt/radiales (figure 11) renseignées (marque verte) ou non (croix rouge) par la stratégie d'échantillonnage mise au point pour l'optimisation des campagnes halieutiques

SRM	Paysages Marins (figure 3)	Radiales (figure 11)	
MMN	1	Dunkerque	✓
	2	Boulogne	✓
	3	Somme	✓
	4	Seine	✓
	5	Pointe Cotentin	✓
	6	Mont Saint Michel	✗
	7		
	8		
MC	2	Bréhat	✓
	3	Ouessant	✗
	5		
	6		
	10		
GdG	1	Groix	✓
	3	Vilaine	✓
	4	Loire	✓
	8	Il d'Yeu	✗
	10	Gironde	✓
	12	Arachon	✓
MO	1	Rhône	✓
	2		
	3		
	4		✗
	5		✗
	6		✗
	7		✗

Si cette stratégie permet de renseigner la majorité des zones d'intérêt pour les descripteurs 5 et 1HP, les zones inexplorées identifiées au paragraphe 3.1.2.2 restent toujours sans point de prélèvement. Il ne semble pas y avoir de solution, pour l'instant, en ce qui concerne la zone au-delà de talus continental au large du Golfe de Gascogne et de la Mer Celtique beaucoup trop éloignée et vaste pour envisager un échantillonnage conventionnel à bord de navires de recherche. Concernant la méditerranée, l'ajout de la campagne MOOSE-GE (figure 10), qui échantillonne au large de cette SRM dans cette stratégie globale d'échantillonnage saisonnier au large, est à l'étude.

Ainsi, si le nombre de mailles DCSMM optimales est maintenant connu, le nombre exact de points de prélèvement des campagnes halieutiques qui les renseigneront sera connu à l'issue de la première année pendant laquelle cette stratégie sera appliquée (2019). Des ajustements de la grille d'échantillonnage DCSMM seront toujours possibles par la suite, mais sur un minimum de maille, pour permettre le maintien d'un suivi à long terme de qualité.

3.2 Dispositifs embarqués autonomes à haute fréquence

3.2.1 Les Ferrybox (FB) et Pocket Ferrybox (PFB) :

Ces dispositifs fonctionnent en continu lors des déplacements des navires les embarquant avec un minimum d'intervention humaine (hormis pour la maintenance et pour l'installation) et ne nécessitant pas d'analyses d'échantillons supplémentaires sauf pour les calibrations. Leur intérêt est d'obtenir de façon automatisée des données continues, à haute résolutions spatiale et temporelle, au large. La fréquence de mesure est infra-horaire, ce qui permet d'identifier en temps quasi réel les structures particulières au niveau de la surface de la colonne d'eau.

3.2.2 Les FB et PFB à bord des navires Ifremer

Le FB de la Thalassa a été installé en 2017 sur financement FEDER / ANR / Région Bretagne, il a été utilisé pour la première fois lors des campagnes halieutiques CGFS 2017 (06/10/2017-23/10/2017) et plus tard pour IBTS 2018 (15/01/2018-12/02/2018). Les premiers retours sur son utilisation sont prévus pour le courant de l'année 2018. Une campagne de tests à bord de la Thalassa (ESSTECH18-TL, figure 14) menée au large de Brest, visant entre autres à comparer les mesures *in situ* faites de manière conventionnelle et les mesures automatisées du Ferrybox et du PFB qui sera installé sur l'Europe, a été réalisée en mai 2018 (23/04/2018-26/04/2018) ; les résultats de la comparaison sont attendus au cours de l'année 2018.

Les paramètres mesurés par le FB de la Thalassa et le PFB qui sera équipé sur l'Europe, tous deux équipés d'un AOA⁹, sont :

- la température (°C),
- la salinité / conductivité,
- la turbidité (FTU),
- la concentration en oxygène dissous ($\mu\text{mol.l}^{-1}$) / saturation en oxygène (%),
- le pH,
- la concentration en équivalent chlorophylle-*a* ($\mu\text{g.l}^{-1}$) – AOA,
- la concentration en équivalent chlorophylle-*a* ($\mu\text{g.l}^{-1}$) des algues vertes – AOA,
- la concentration en équivalent chlorophylle-*a* ($\mu\text{g.l}^{-1}$) des cyanobactéries – AOA,
- la concentration en équivalent chlorophylle-*a* ($\mu\text{g.l}^{-1}$) des cryptophycées – AOA,
- la concentration en équivalent chlorophylle-*a* ($\mu\text{g.l}^{-1}$) des diatomées – AOA,
- la concentration en matière organique dissoute colorée (CDOM) (Unité Arbitraire) – AOA.

⁹ Algae Online Analyser - Analyseur d'Algues en Ligne

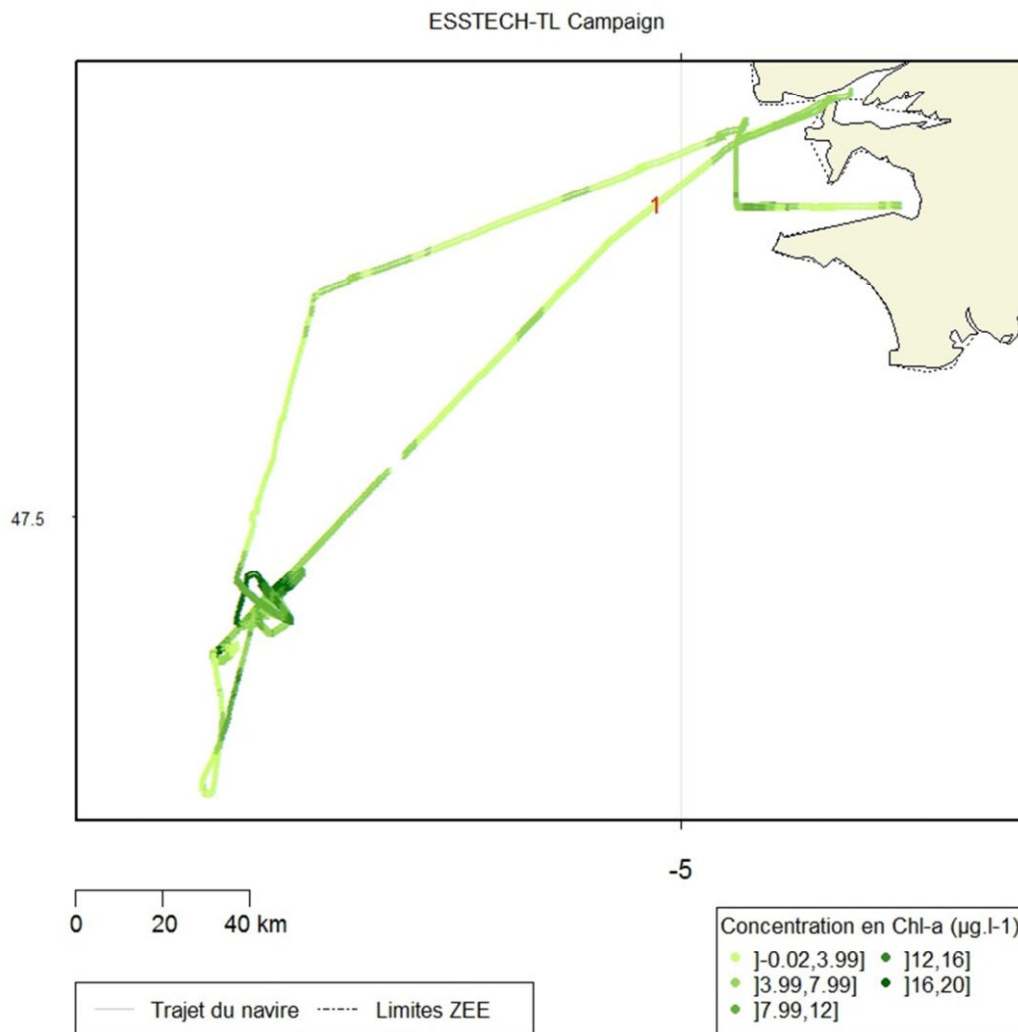


Figure 14. Trajet de la campagne ESSTECH-TL à bord du navire océanographique la Thalassa et variation de la concentration en chlorophylle-a (ég. $\mu\text{g.l}^{-1}$). Figure obtenue à partir de l'outil FBdataMThalassa ([annexe 1](#)).

Les données hautes fréquences issues des FB et PFB ne peuvent pas être directement utilisées pour effectuer les évaluations des critères DCSMM puisqu'aucun indicateur n'a, pour l'instant, été adapté pour utiliser de telles données. Ces données peuvent servir d'aide à l'interprétation des résultats qui ont été obtenus de façon conventionnelle, à basse fréquence. Ces mesures basses fréquences seront en effet très probablement insuffisantes pour expliquer certains phénomènes intervenant à de petites échelles spatiales et/ou temporelles (figure 15) ne pouvant être détectés par des mesures à fréquence élevées.

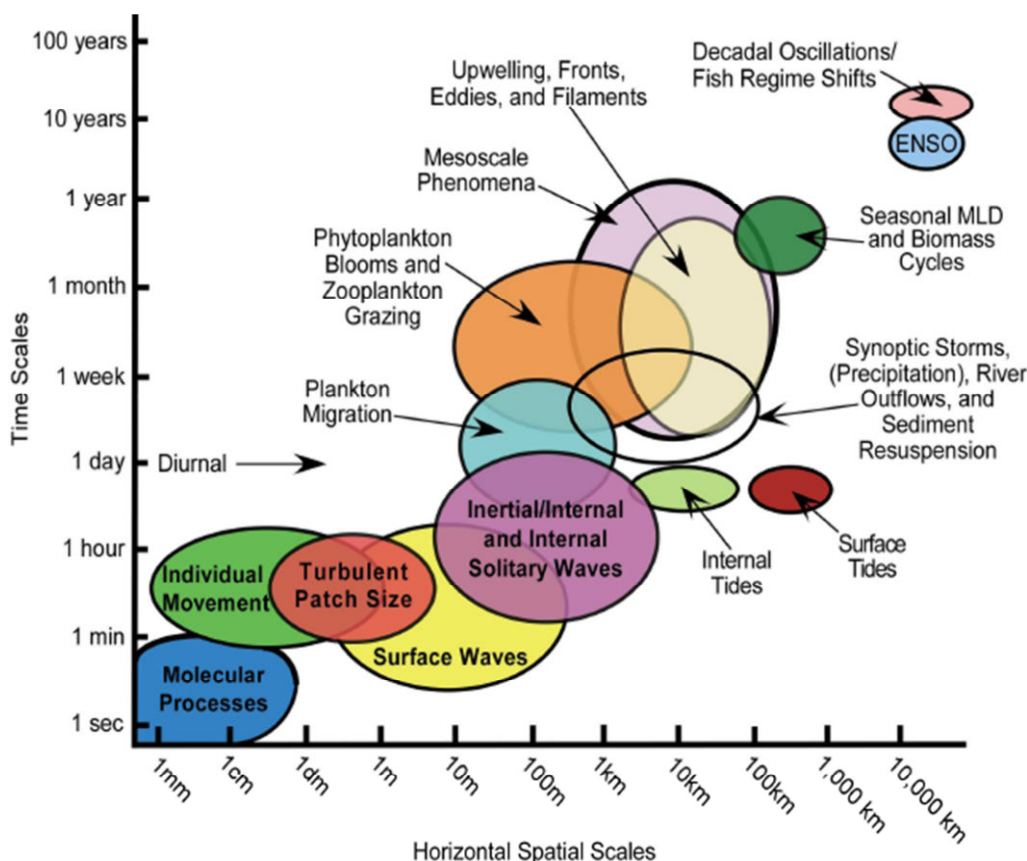


Figure 15. Différentes échelles spatiales et temporelles impliquées dans la dynamique du phytoplancton (Source : Dickey 2003).

Ainsi, un outil, nommé FBdataM (Ferry Box data Management) pour le Pocket Ferrybox et FBdataMThalassa pour le Ferrybox de la Thalassa, a été développé en langage R (<https://cran.r-project.org/>) pour traiter rapidement, en quasi temps réel, les données issues des Pocket-Ferrybox et Ferrybox via une interface graphique conviviale. Ces données sont produites par le système de mesures sous forme de fichiers fragmentés, par jour, et par module (AOA et autres), qui, pris séparément, ne permettent qu'une lecture partielle en l'état. FBdataM permet dans un premier temps de fusionner en un seul fichier les données de l'AOA, des autres capteurs et même de la base TECHSAS CASINO (données de tous les autres capteurs embarqués à bord de la Thalassa). À partir de ce fichier, il est possible dans l'outil :

- d'extraire des données,
- de créer des figures Température/Salinité (diagramme T/S),
- de faire des régressions entre les différents paramètres (il est également possible de faire des régressions avec des données basse fréquence mesurées en même temps),
- de créer une figure cumulée de la concentration des différents groupes spectraux d'algues mesurée par l'AOA et d'en identifier les points d'intérêt sur la carte du trajet du navire océanographique.

L'interface de l'outil FBdataM / FBdataMThalassa ainsi que ses options sont présentées en [annexe 1](#).

4 Conclusions et perspectives

Le présent rapport détaille les différentes étapes du processus d'optimisation des campagnes halieutiques Ifremer afin de contribuer à un suivi saisonnier, comme préconisé dans le programme de surveillance du D1 HP (Guérin *et al.*, 2012), des paramètres renseignant les indicateurs du D5 (Eutrophisation) et du D1 HP (Habitats Pélagiques) au large par l'ajout de campagnes complémentaires dédiées DCSMM (conformément aux recommandations du CNRS) calquées sur les stratégies existantes. Ainsi, 131 UGE ont été identifiées à l'échelle des SRM françaises comme devant être renseignées par ces campagnes saisonnières. Les campagnes complémentaires dédiées DCSMM auront donc pour mission de renseigner ces UGE 2 fois par an pour compléter la stratégie d'échantillonnage développée à partir des campagnes Ifremer.

Les premières campagnes à être déployées dans ce cadre sont les campagnes ECOPEL 1 et 2 du CNRS et sont considérées comme des campagnes exploratoires dédiées à l'observation et à la caractérisation hydro-biogéochimique des écosystèmes pélagiques et de leur diversité planctonique en Manche Mer du Nord. Elles ont été déployées dans la SRM MMN aux mois d'avril et juillet 2018 (tableau 5) et devraient être reconduites en 2019. Le travail d'intercomparaison entre campagnes exploratoires (ECOPEL 1&2) et campagnes halieutiques (IBTS-CGFS) pour la SRM MMN qui sera réalisé au cours de l'année 2019 déterminera la valeur ajoutée de cette stratégie avant d'envisager le déploiement systématique de ce type de campagnes à toutes les SRM. La SRM MMN sert ainsi de zone atelier pour cet exercice. Si la démarche est concluante pour cette SRM, il faudra alors envisager les possibilités de déploiement d'une telle stratégie d'échantillonnage aux autres façades via l'implication d'autres organismes/instituts, à même de déployer des campagnes complémentaires à celles de l'Ifremer. Si ces conditions ne sont pas réunies, cette stratégie devra être révisée. A minima, l'effort pourrait porter sur les radiales telles qu'identifiées par Lefebvre (2013) (Figure 11) afin d'être capable de lier les pressions aux réponses. Cette approche minimale répondra davantage aux besoins du D5 que du D1 HP.

Par ailleurs, il faut bien noter que cette stratégie saisonnière implique des modifications dans la façon de calculer les critères du D1 HP qui est actuellement basée sur des données acquises à fréquence mensuelle. Par ailleurs, certaines adaptations seront nécessaires afin de tenir compte des nouvelles variables acquises par certains systèmes de mesures (voir paragraphe ci-dessous).

Les campagnes exploratoires 2018 pilotées par le CNRS, en plus de procéder aux mesures conventionnelles répondant aux besoins de la DCSMM, servent également de plateforme de tests pour l'utilisation d'instruments de mesures novateurs et à haute fréquence. Les campagnes ECOPEL embarquent ainsi :

- un cytomètre en flux (type CytoSense) servant à caractériser à grande vitesse les particules/cellules (phytoplancton, bactérie) passant dans un flux continu,
- un Pocket Ferrybox + AOA (voir paragraphe 3.2),
- un FRRF (Fast Repetition Rate Fluorometry) pour mesurer la production primaire en temps réel,

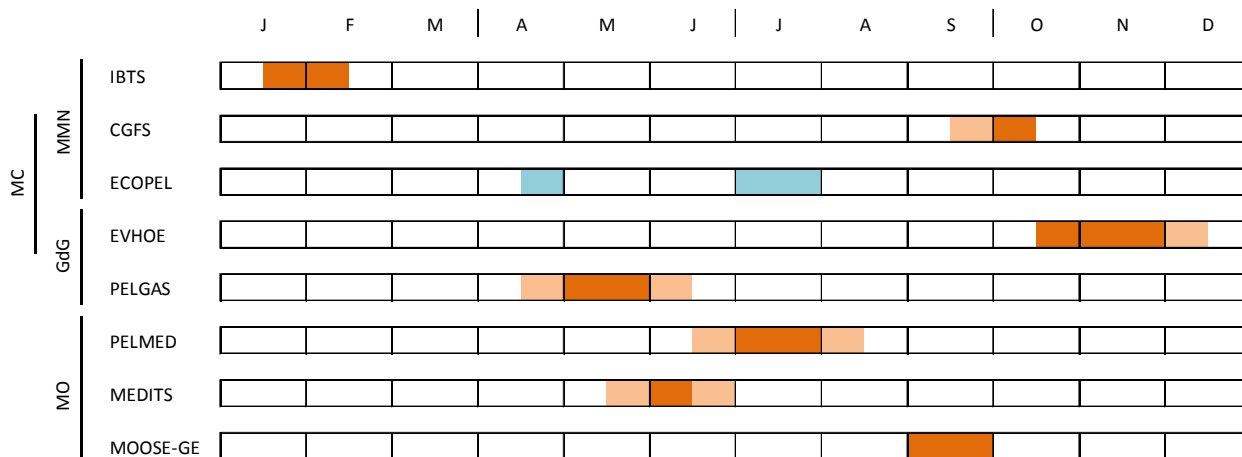
- un FluoroProbe (bbe moldaenke) servant à mesurer la concentration en chlorophylle-*a* à haute fréquence avec différenciation de 4 classes algales (algues vertes, bleu-vertes, brunes et cryptophycées),
- un fluorimètre MulticolorPam (Walz), à très haute précision servant à mesurer à bord du bateau la concentration en chlorophylle-*a* d'échantillons discrets.

Ceci permettra d'étudier d'éventuels couplages possibles entre méthodes conventionnelles et hautes fréquences ainsi que la possibilité d'adapter les indicateurs du D1 HP aux données issues de ces systèmes.

Il est important de noter que le processus d'optimisation s'est fait en partie sur les paysages marins utilisés dans le cadre de l'évaluation du D1 HP (figure 2), développé par le SHOM (D7) et que ceux-ci sont susceptibles d'évoluer dans les années à venir. L'utilisation de paramètres biologiques dans leur définition ainsi que la prise en compte de façon plus précise de leur variabilité temporelle vont ainsi être revues. La présente stratégie est donc appelée à évoluer pour s'adapter à ces modifications. Il faudra toutefois garder une certaine cohérence dans ces évolutions afin de permettre la création d'une série à long terme.

Enfin, le processus détaillé dans ce présent rapport pourrait également servir de support à l'intégration d'autres descripteurs dans cette stratégie d'échantillonnage saisonnière.

Tableau 5. Calendrier de déploiement des campagnes exploratoires CNRS (en bleu) choisi en fonction des dates de déploiement des campagnes halieutiques Ifremer (en orange) se déroulant dans la SRM MMN (IBTS et CGFS) pour obtenir un suivi saisonnier.



5 Bibliographie

Baudrier J. 2015. Mise en œuvre du programme de surveillance de la DCSMM. Synthèse des essais réalisés à bord des campagnes halieutiques.

Baudrier J. 2018. Bilan de l'optimisation des campagnes halieutiques réalisées dans le cadre du programme de surveillance de la directive cadre stratégie pour le milieu marin (DCSMM) – année 2017. Rapport scientifique Ifremer ODE/VIGIES/DCSMM, 32 p.

Baudrier J., Lefebvre A., Galgani, F., Saraux C., Doray M. 2018. Optimising French fisheries surveys for marine strategy framework directive integrated ecosystem monitoring. *Mar Policy*. 94, 10-19.

Bourdeix J-H, Saraux C. 1985. PELMED - Pélagiques Méditerranée, <http://dx.doi.org/10.18142/19>.

Cachera M., Boutet M., Tew-Kai E. 2018. De l'océanographie opérationnelle à l'hydrogéodiversité marine : vers un outil d'aide à la décision. ACTE MERIGEO 20-22-MARS.

Coppin F., Travers-Trolet M.. 1989. CGFS : Channel Ground Fish Survey, <http://dx.doi.org/10.18142/11>.

Devreker D. et Lefebvre A. 2017. Évaluation DCSMM 2018 de l'état d'eutrophisation des eaux marines françaises. Rapport national français. Rapport Ifremer ODE/LITTORAL/LER.BL/17.08. 243p.

Doray M., Duhamel E., Huret M., Petitgas P., Massé J. 2000. PELGAS, <http://dx.doi.org/10.18142/18>.

Duflos M., Wacquet G., Aubert A., Rombouts I., Devreker D., Lefebvre A., Artigas LF. 2018. Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin. Evaluation de l'état écologique des Habitats Pélagiques 2018. 420p.

Guérin L., Feunteun E., Gremare A., Beauvais S. (coord.), Gailhard-Rocher I., Grall J., Laurand S., Lavesque N., Lejart M., Paillet J., Personnic S., Quemmerais-Amice F., Sterckeman A., Robinet T., You H., 2013. "Définition du programme de surveillance et plan d'acquisition de connaissances pour la DCSMM: propositions scientifiques et techniques (chantier 2). Thématique 1: Biodiversité". MNHN-Service des stations marines, RESOMAR, AAMP. 201 pages.

Jadaud A., Souplet A., Bertrand J. 1994. MEDITS, <http://dx.doi.org/10.18142/7>.

Lefebvre A. 2013. Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (2008/56/CE) Programme de surveillance .Livrabale 5 : Propositions scientifiques et techniques de paramètres et de dispositifs de suivis associés. Rapport Ifremer ODE/RST/LERBL/13.02, 60p.

Mabileau G., Baudrier J. 2018. Bancarisation des données hydrologiques des campagnes halieutiques - proposition d'harmonisation et de restitution des données au titre de la DCSMM. Rapport Ifremer, ODE/VIGIES, 52 p.

Mahe J-C. 1987. EVHOE Evaluation Halieutique Ouest de l'Europe, <http://dx.doi.org/10.18142/8>.

Tew-Kai E., Vasquez M., Marchès E., Serpette A., Cariou V. 2015. Cartographie des paysages marins pour la directive cadre stratégie milieu marin et la planification des espaces maritimes. ACTE MERIGEO 2015.

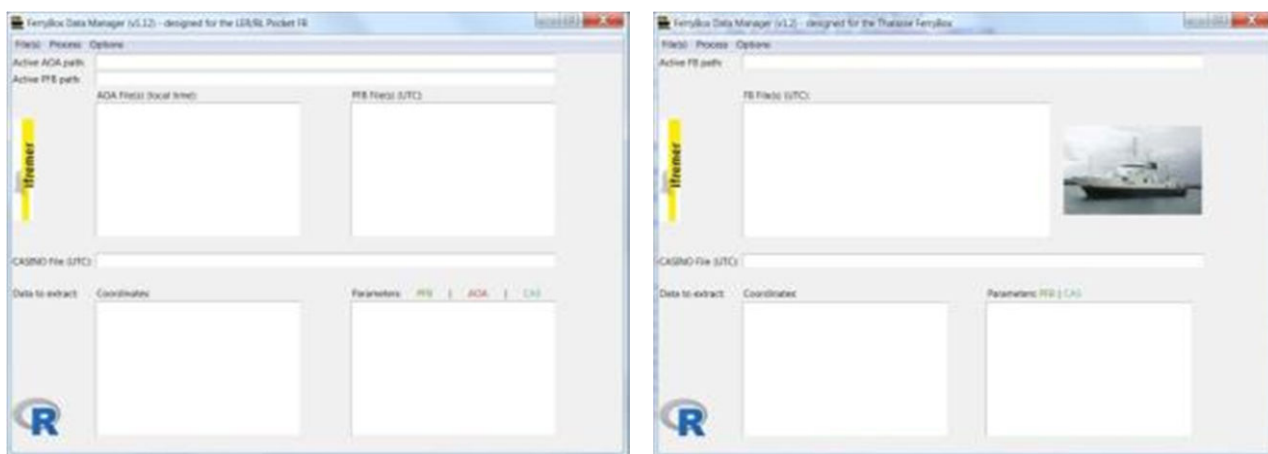
Travers-Trolet M., Vérin Y. 2014. CAMANOC Croisière, RV Thalassa, <http://dx.doi.org/10.17600/14001900>.

Vérin Y. 1992. IBTS: International Bottom Trawl Survey, <http://dx.doi.org/10.18142/17>.

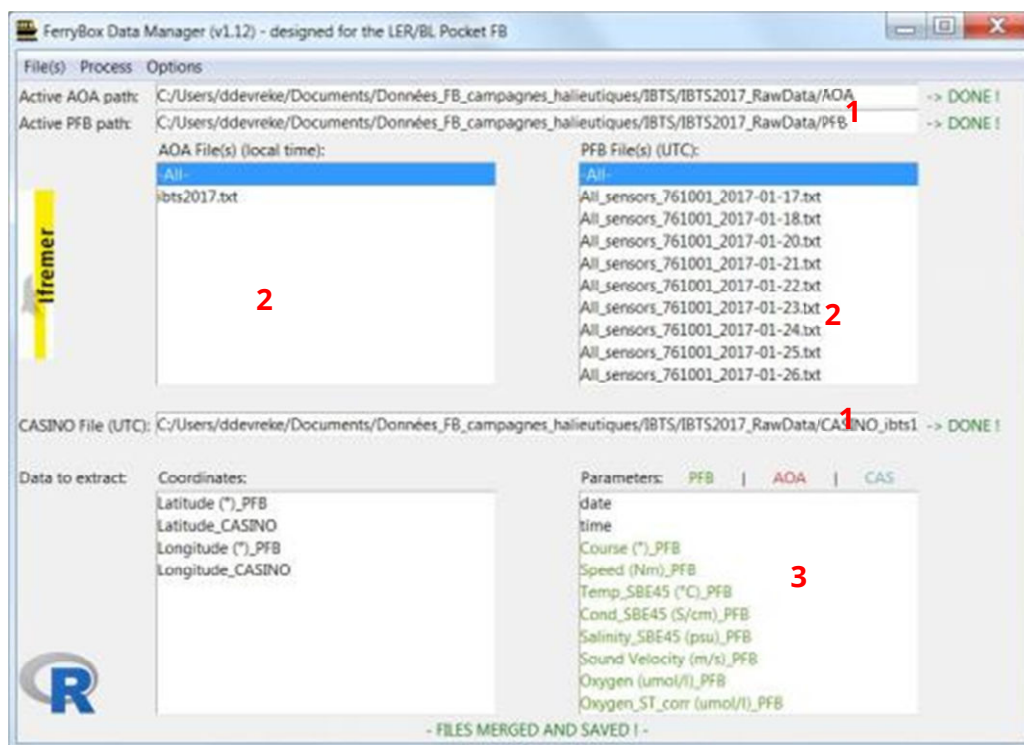
6 Annexes

6.1 Annexe 1 : outils d'analyse des données Ferrybox et Pocket Ferrybox

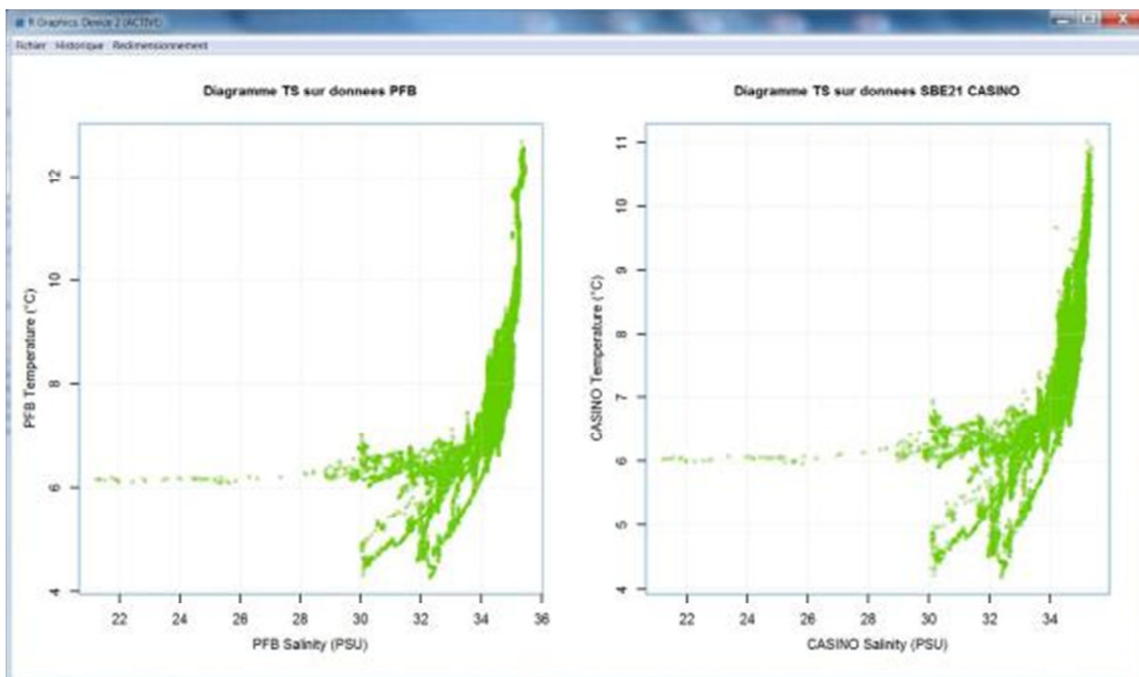
L'outil FBdataM permet de créer des fichiers de travail par fusion des données du Pocket Ferrybox (PFB) et du fluorimètre spectral (AOA). L'outil FBdataMThalassa permet de créer des fichiers de travail à partir des données issues de la Ferrybox (FB) du navire Thalassa. Les 2 interfaces permettent également l'intégration des données du bord (CASINO). Des analyses de bases sont ensuite proposées à l'utilisateur.



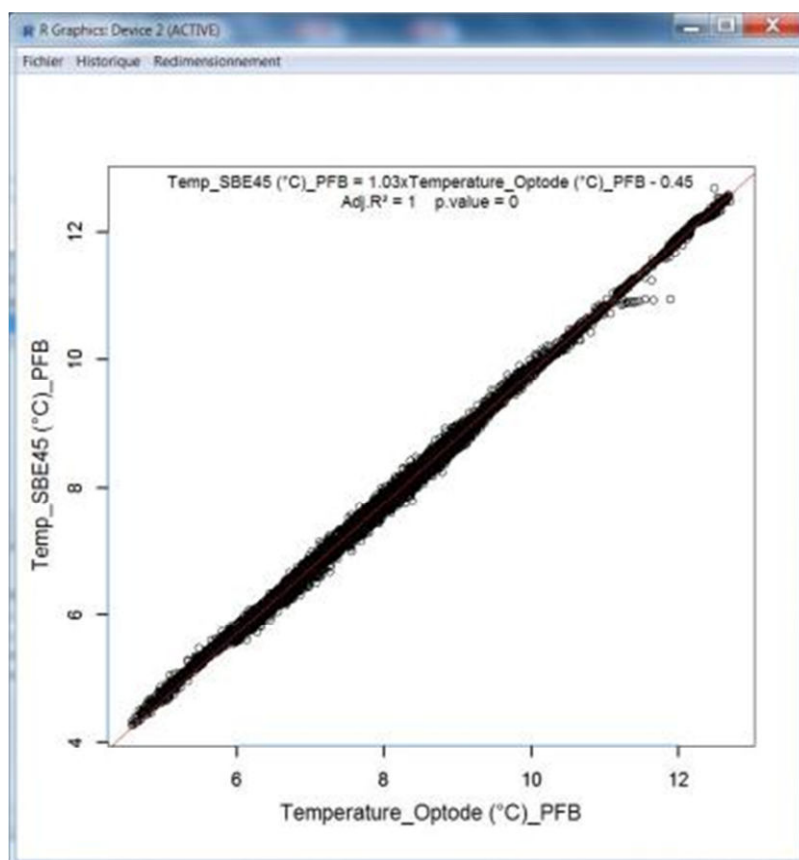
Interface graphique au démarrage de l'outil FBdataM (à gauche) et FBdataMThalassa (à droite) écrit en langage R



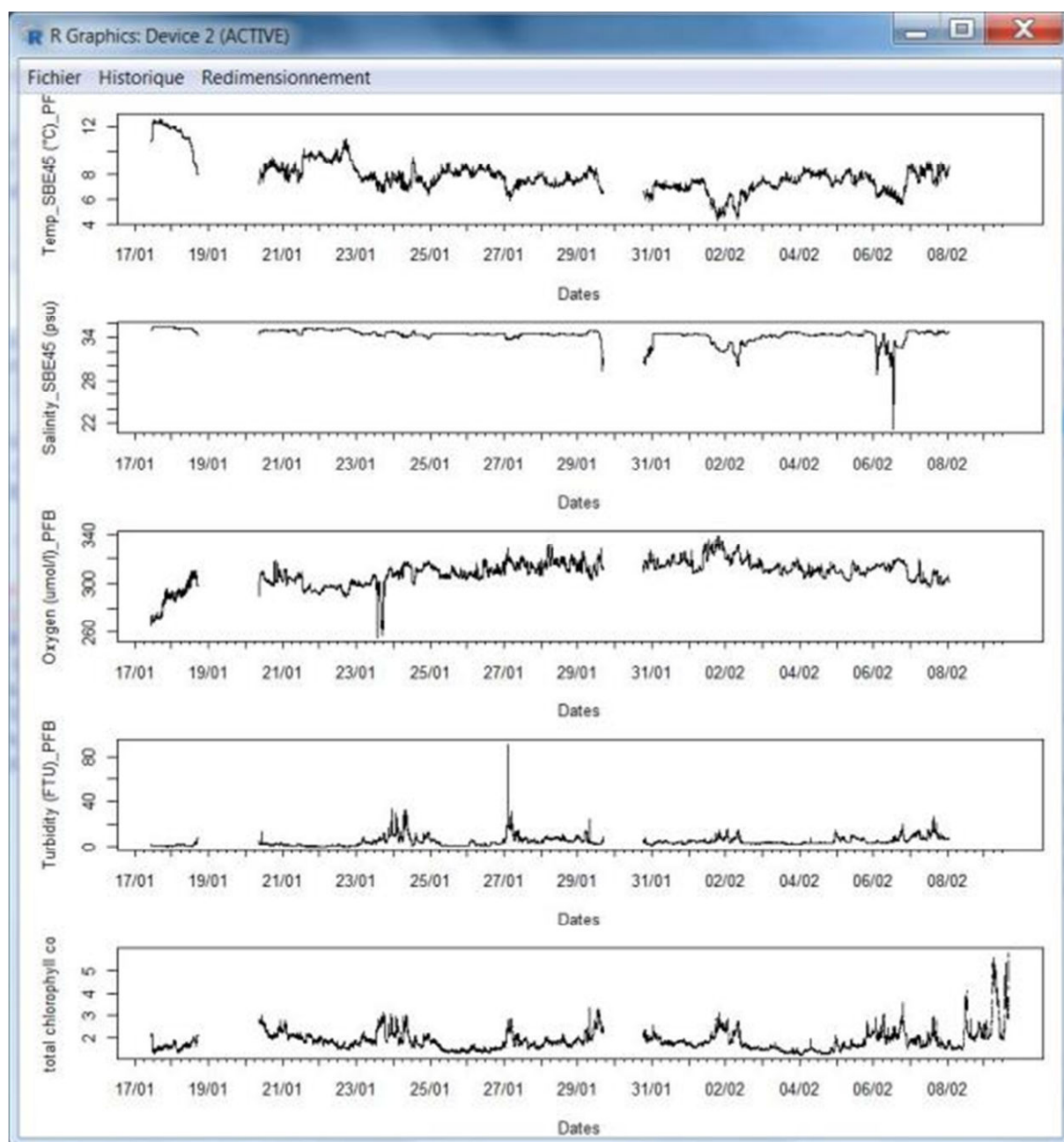
L'interface graphique FBdataM avec les chemins (1) et les listes (2) des différents fichiers à fusionner ainsi que la liste des paramètres pouvant être traité (3)



Diagrammes température/salinité obtenus à partir des données des sondes embarquées à bord de la Thalassa (à droite) et à partir des sondes du Pocket Ferrybox (à gauche) (IBTS 2017)



Régression entre les données température de la sonde SBE45 et de la sonde Octode (IBTS 2017)



Figures superposées de la température (SBE45), de la salinité, de la concentration en oxygène, de la turbidité et de la concentration en chlorophylle-a total (AOA) (IBTS 2017)

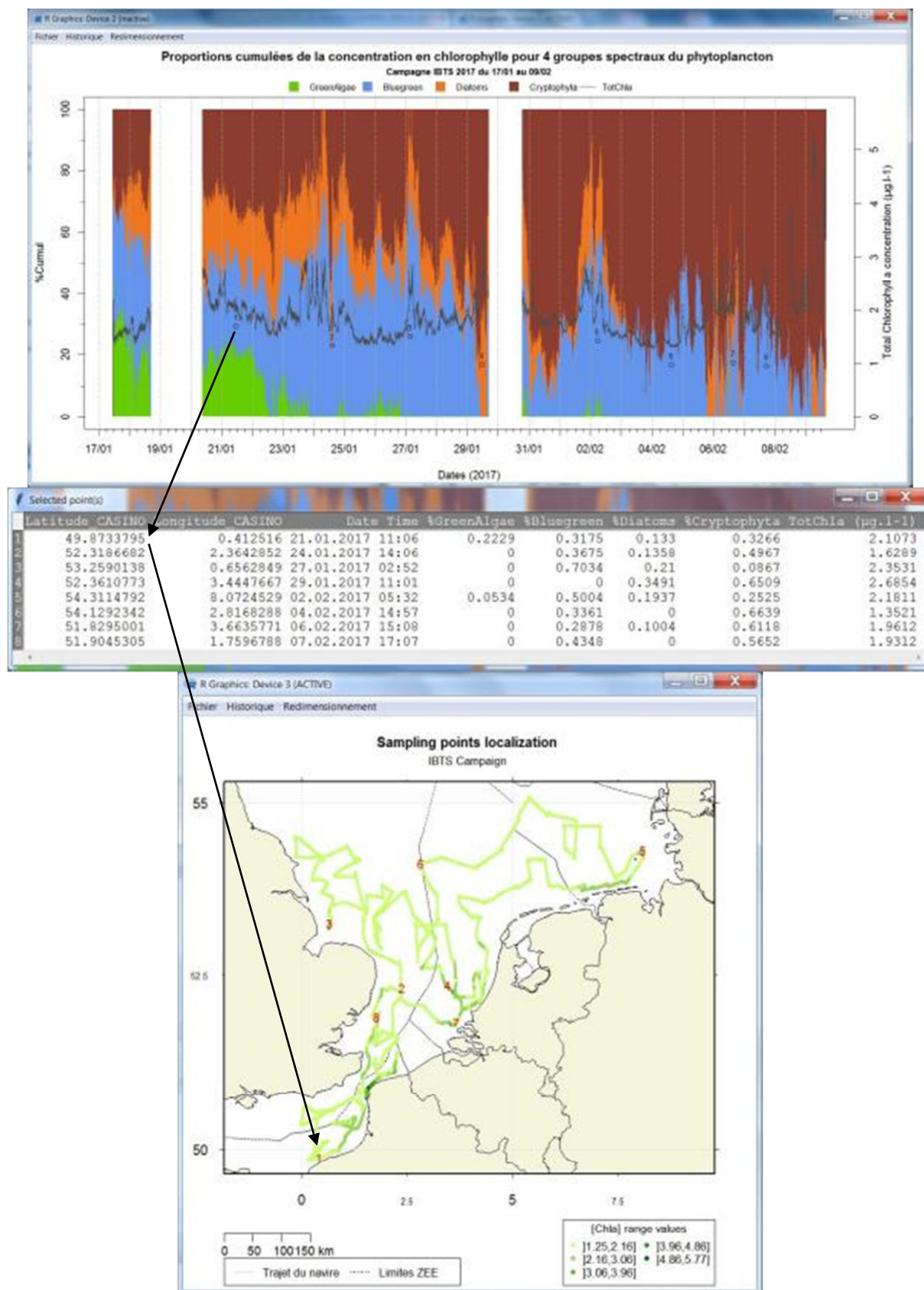
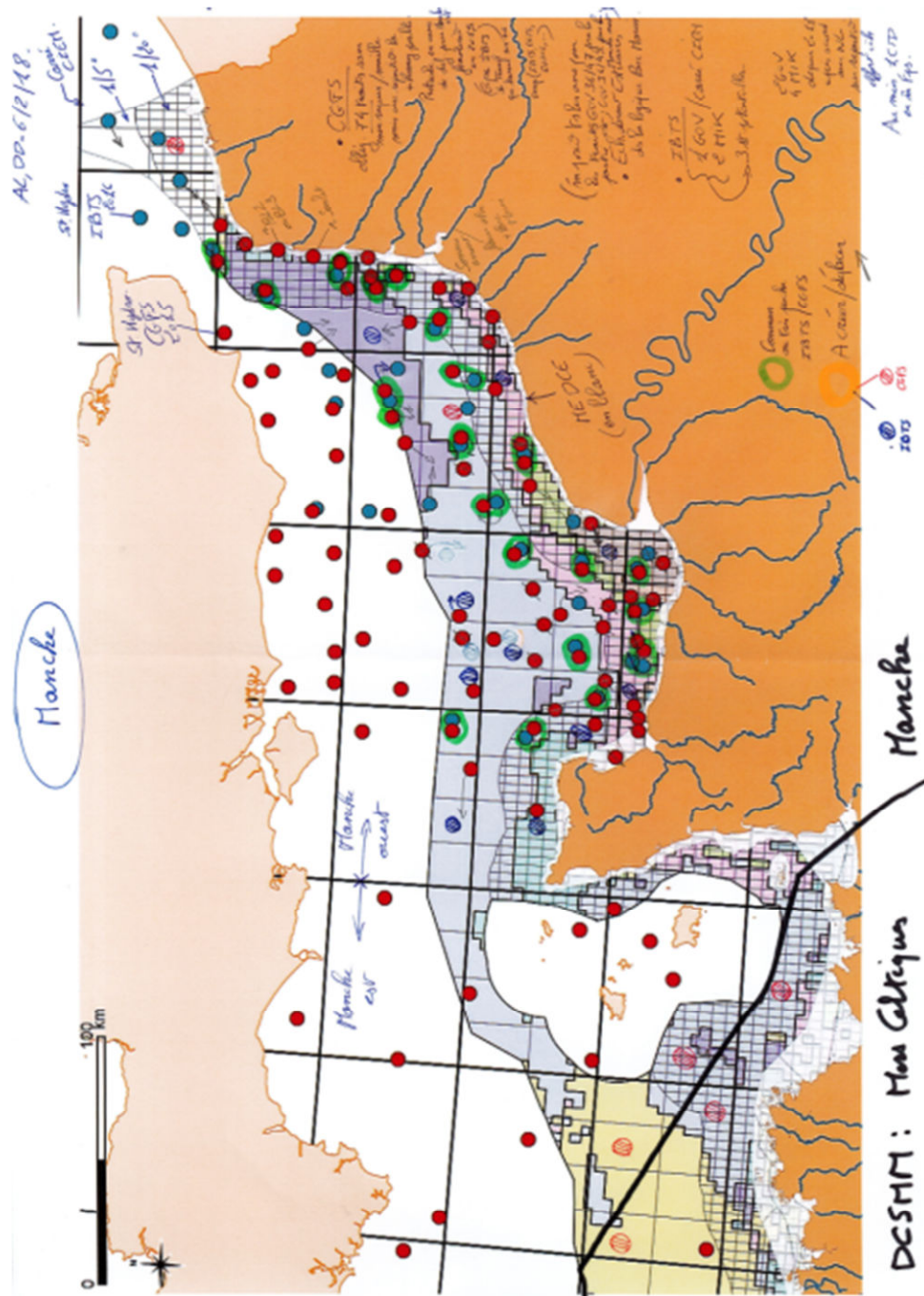


Figure cumulée de la concentration en chlorophylle-a ($\mu\text{g.l}^{-1}$) des différents groupes spectraux et de la chlorophylle-a totale, caractéristiques des points sélectionnés et leur localisation sur la carte

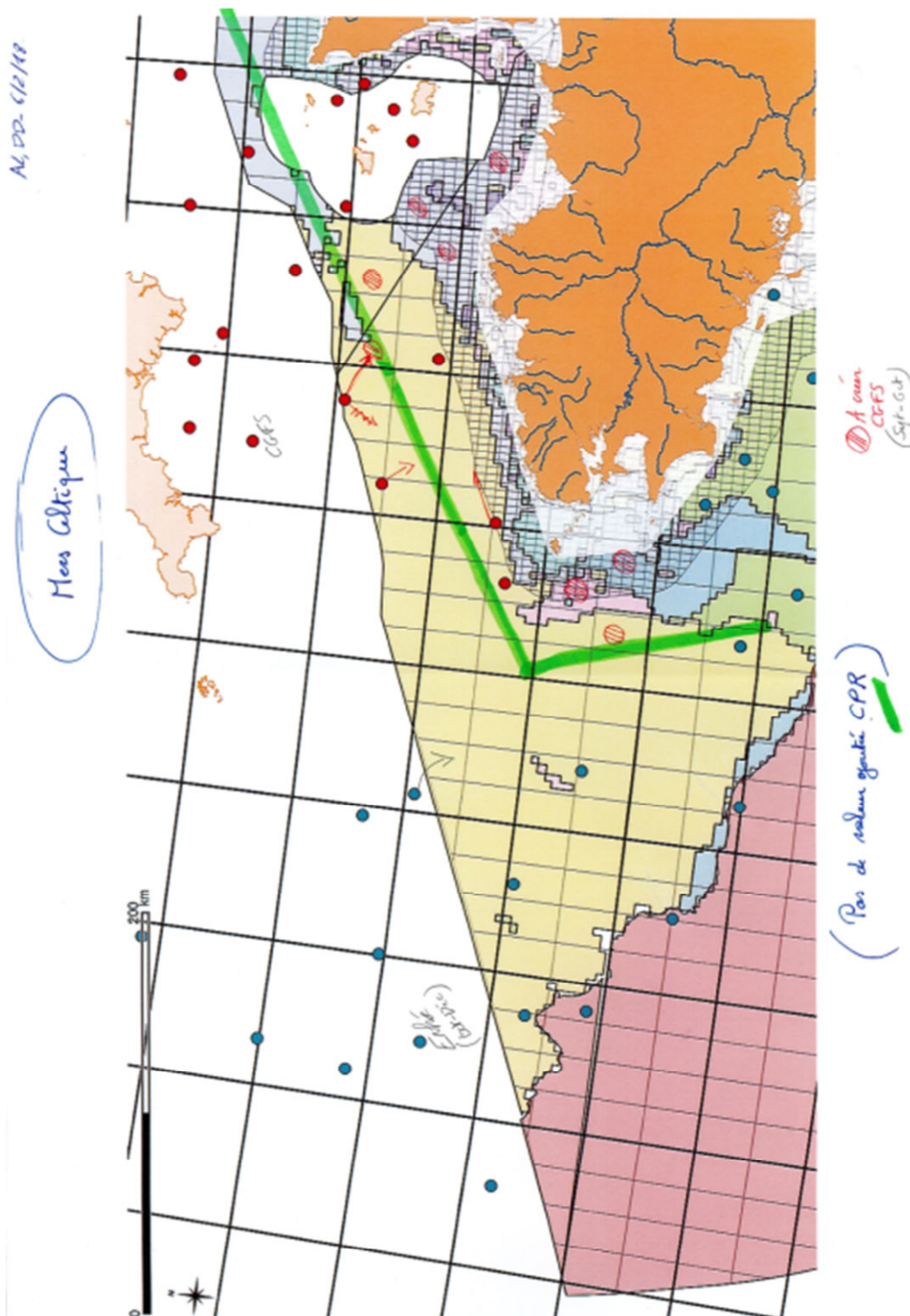
6.2 Annexe 2 : documents de travail sur l'optimisation spatiale des campagnes halieutiques.

6.2.1 Document concernant la SRM MMN



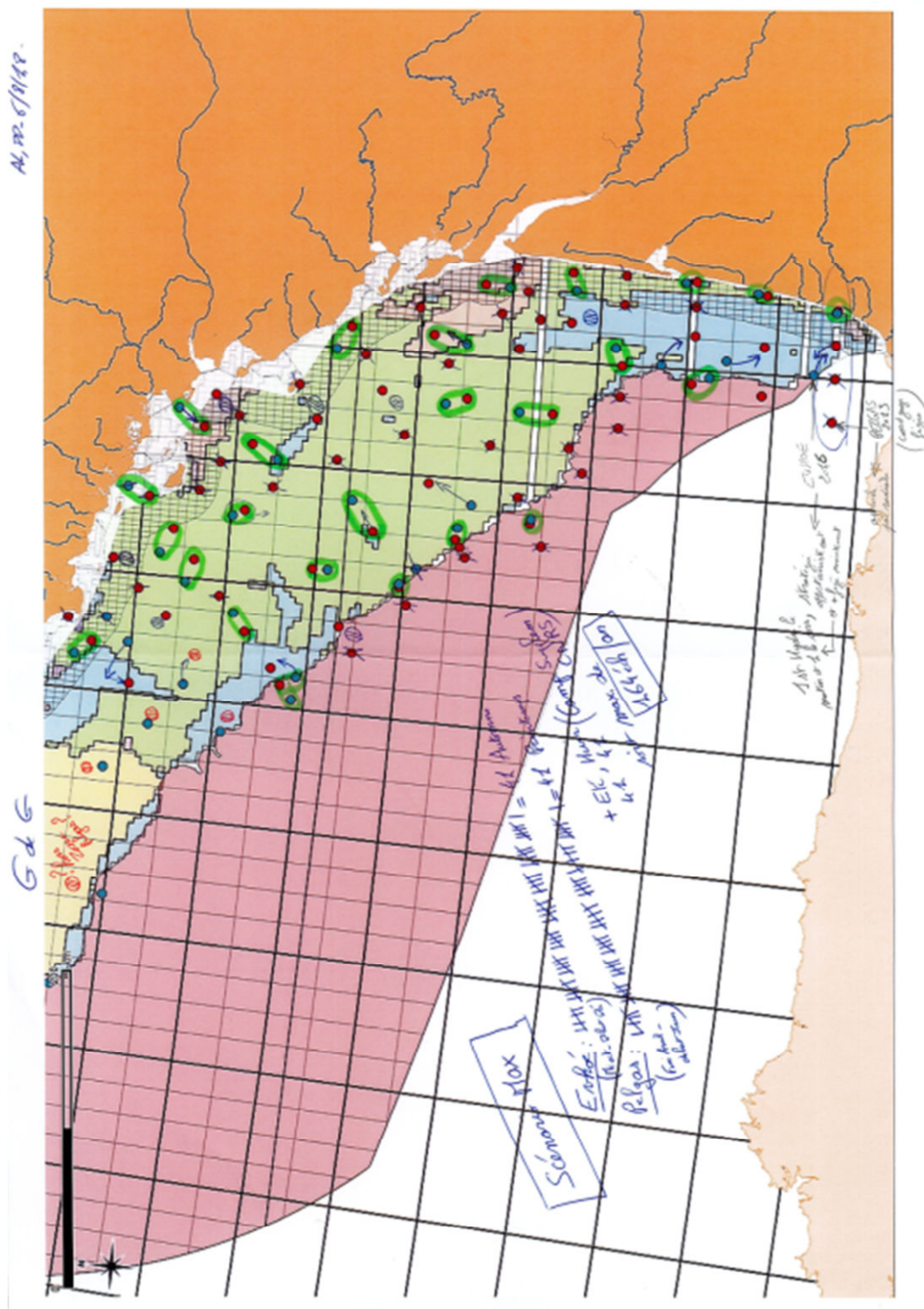
Les points rouges représentent les points de la campagne CGFS 2015 et les points bleus ceux de la campagne IBTS 2016. Les cercles verts représentent les associations de points en duos, les flèches indiquent un déplacement de points, les ronds hachurés indiquent les points à créer, les points barrés ceux qui ne sont pas labellisés DCSMM.

6.2.2 Document concernant la SRM MC



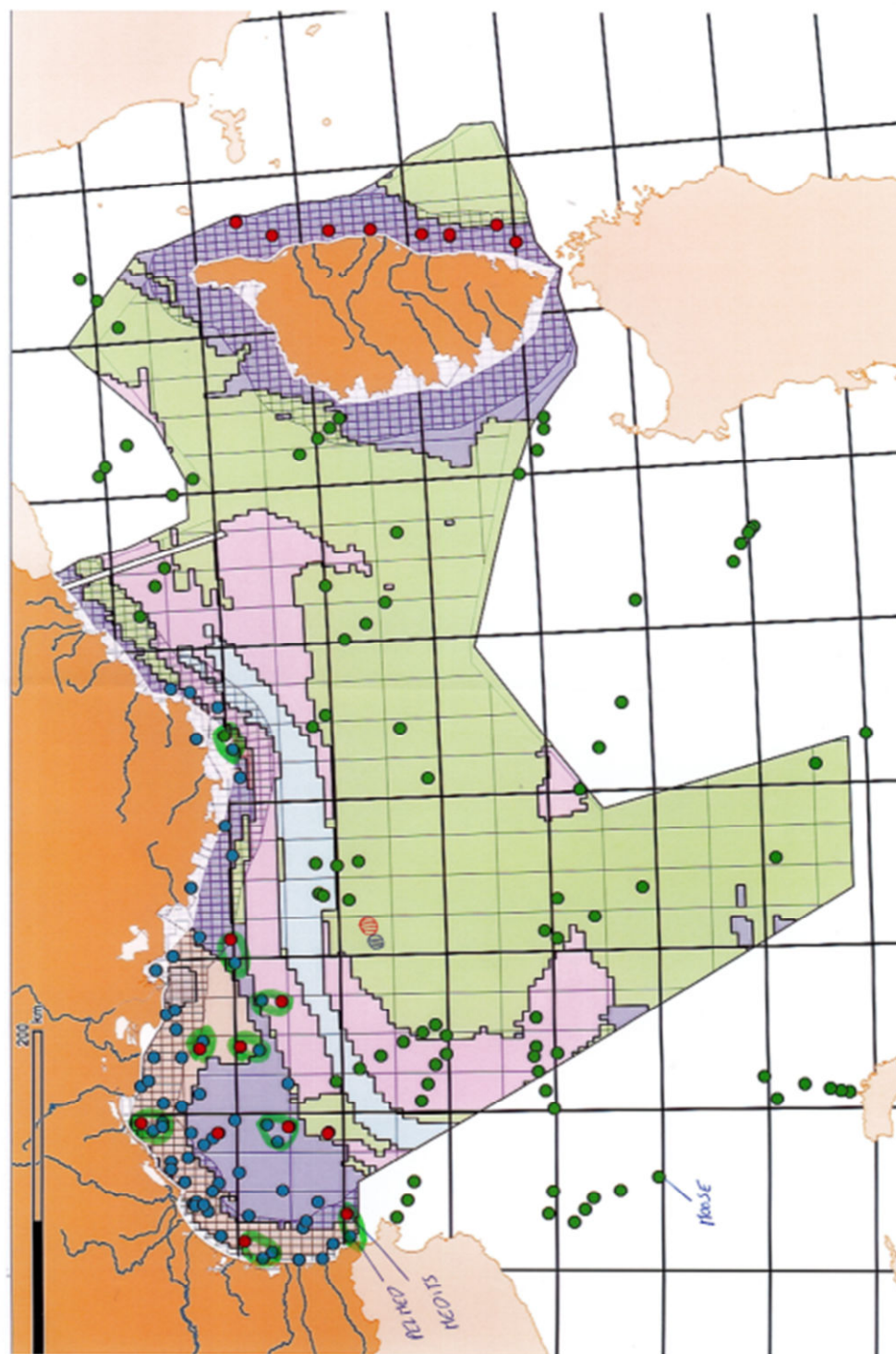
Les points rouges représentent les points de la campagne CGFS 2015 et les points bleus ceux de la campagne EVHOE 2016. Les cercles verts représentent les associations de points en duos, les flèches indiquent un déplacement de points, les ronds hachurés indiquent les points à créer, les points barrés ceux qui ne sont pas labellisés DCSMM.

6.2.3 Document concernant la SRM GdG



Les points rouges représentent les points de la campagne PELGAS 2013 et les points bleus ceux de la campagne EVHOE 2016. Les cercles verts représentent les associations de points en duos, les flèches indiquent un déplacement de points, les ronds hachurés indiquent les points à créer, les points barrés ceux qui ne sont pas labellisés DCSMM.

6.2.4 Document concernant la SRM MO



Les points rouges représentent les points de la campagne MEDITS, les points bleus ceux de la campagne PELMED et les points verts ceux de la campagne MOOSE-GE. Les cercles verts représentent les associations de points en duos, les flèches indiquent un déplacement de points, les ronds hachurés indiquent les points à créer, les points barrés ceux qui ne sont pas labellisés DCSMM.