

***Traitement des données
phytoplanctoniques et
pigmentaires disponibles dans
les DOMs. Analyse
complémentaire des nouvelles
données acquises et proposition
de nouvelles acquisitions et
approches complémentaires***

***Livrable 1 : premières métriques et seuils pour les
DOMs à partir des données bancarisées
dans Quadrige². Examen des données
non bancarisées en vue de définir leur
qualité, de proposer des métriques et des
seuils***

Rapport final

**Isabelle Gailhard-Rocher – CNRS Wimereux
Luis Felipe Artigas – CNRS Wimereux
Anne Daniel – Ifremer Brest**

Juin 2012



Contexte de programmation et de réalisation

La Directive cadre sur l'eau (DCE) établit un cadre communautaire pour la protection et la gestion de l'eau et a pour objectif d'atteindre un «bon état» écologique et chimique de toutes les eaux communautaires d'ici à 2015. Son champ d'application comprend entre autres les eaux littorales (eaux côtières et eaux de transition).

La DCE prévoit une évaluation de la qualité des eaux fondée sur plusieurs *éléments*. Le phytoplancton figure parmi les éléments de qualité biologiques retenus pour la classification de l'état écologique des masses d'eau littorales. Il doit être évalué à partir de trois indices : biomasse, abondance et composition.

Le présent rapport examine les conditions dans lesquelles l'élément de qualité phytoplancton peut être évalué dans quatre bassins hydrographiques en outre-mer : Guadeloupe, Guyane, Martinique, Réunion.

Les auteurs

Isabelle Gailhard-Rocher – CNRS Wimereux

*Luis Felipe Artigas – CNRS Wimereux
felipe.artigas@univ-littoral.fr*

*Anne Daniel – Ifremer Brest
anne.daniel@ifremer.fr*

Les correspondants

Onema : *Marie Claude Ximenes - marie-claude.ximenes@onema.fr*

Partenaire : *Catherine Belin – Ifremer Nantes – catherine.belin@ifremer.fr*

[Autres renseignements nécessaires à la mise sur le Portail « les documents techniques sur l'eau », à renseigner si possible]

Droits d'usage	accès libre
Couverture géographique	DOMs : Martinique, Guadeloupe, Réunion
Niveau géographique	Régional
Niveau de lecture	citoyens, professionnels, experts
Nature de la ressource	document

TITRE : TRAITEMENT DES DONNEES PHYTOPLANCTONIQUES ET PIGMENTAIRES DISPONIBLES DANS LES DOMS. ANALYSE COMPLEMENTAIRE DES NOUVELLES DONNEES ACQUISES ET PROPOSITION DE NOUVELLES ACQUISITIONS ET APPROCHES COMPLEMENTAIRES.

LIVRABLE 1 : PREMIERES METRIQUES ET SEUILS POUR LES DOMS A PARTIR DES DONNEES BANCARISEES DANS QUADRIGE². EXAMEN DES DONNEES NON BANCARISEES EN VUE DE DEFINIR LEUR QUALITE, DE PROPOSER DES METRIQUES ET DES SEUILS

AUTEUR(S)

ISABELLE GAILHARD-ROCHER – CNRS WIMEREUX

LUIS FELIPE ARTIGAS – CNRS WIMEREUX

ANNE DANIEL – IFREMER BREST

Résumé

Par son rôle essentiel dans le fonctionnement des écosystèmes aquatiques, le phytoplancton apparaît comme un indicateur pertinent de la qualité des milieux marins.

En métropole, différents groupes de masses d'eau ont été définis, et les grilles qui s'appliquent aux différents indices (biomasse / chlorophylle a, abondance / proportion de blooms) et qui permettent de classer chaque masse d'eau, sont propres à chaque groupe de masses d'eau.

Les trois départements français d'outre-mer étudiés ici (Martinique, Guadeloupe, et La Réunion) se caractérisent par de fortes spécificités environnementales. De manière générale, si les connaissances existantes témoignent du caractère oligotrophe des eaux tropicales, les études localisées permettant de décrire les spécificités des eaux côtières de Martinique, Guadeloupe et Réunion sont rares voire inexistantes. Dans ce contexte, les études et suivis initiés dans le cadre de la DCE revêtent un caractère particulièrement important pour l'acquisition de connaissances sur le phytoplancton dans ces régions.

Plusieurs rapports présentent une synthèse des travaux réalisés dans les départements français d'Outre-Mer (eg., Caffier et Artigas, 2010b ; Buchet, 2008) dans le contexte de la mise en œuvre de la DCE. Une grande partie des données acquises dans le cadre de la DCE pour le phytoplancton et les mesures physico-chimiques associées, en Martinique et Guadeloupe, ont été bancarisées dans la base de données Quadrige² entre fin 2011 et début 2012. Avec les données déjà saisies pour la Réunion, les données bancarisées couvrent actuellement une période variable : globalement à partir de 2007, mais les données des deux

années 2010 et 2011 ne sont pas toutes saisies.

Pour chaque région, la distribution de la concentration en chlorophylle *a* varie peu entre les différentes MEC. L'évolution temporelle de la concentration en chlorophylle *a* apparaît, elle aussi, relativement uniforme. Cette première analyse descriptive des données de chlorophylle *a* disponibles confirme donc le caractère oligotrophe des eaux côtières antillaises et réunionnaises.

L'analyse de l'ensemble des données récemment bancarisées dans la base Quadrige² a permis de réaliser des simulations d'évaluation de la qualité des eaux, avec l'outil développé au niveau national par Ifremer, et d'affiner la proposition de grilles pour l'indice biomasse, adaptées aux eaux ultra-marines (*cf.* livrable 2¹). Il convient néanmoins de souligner que les données acquises avec des méthodes non adaptées au milieu marin sont très sujettes à caution : il est donc nécessaire de bancariser le plus rapidement possible les données acquises depuis, avec des méthodes correctes, pour refaire les simulations. La priorité est donc de : (i) bancariser les données récentes, ce qui permettrait de relancer des simulations à l'automne 2012, (ii) planifier le groupe d'experts Phytoplancton et Hydrologie / DOMs, avant fin 2012.

Mots clés (thématique et géographique)

Outre mer, Martinique, Guadeloupe, La Réunion, Guyane
Phytoplancton, indice biomasse, chlorophylle, indice abondance, qualité des eaux littorales

¹ Gailhard-Rocher I., Artigas L.F., Belin C., Lamoureux A., 2012. Livrable 2 de la Convention Ifremer / ONEMA 2011. Mise en place de la DCE dans les DOM – Indicateur « phytoplancton ». Application de différentes grilles pour l'indice biomasse à partir des données disponibles

TITRE : TRAITEMENT DES DONNEES PHYTOPLANCTONIQUES ET PIGMENTAIRES DISPONIBLES DANS LES DOMS. ANALYSE COMPLEMENTAIRE DES NOUVELLES DONNEES ACQUISES ET PROPOSITION DE NOUVELLES ACQUISITIONS ET APPROCHES COMPLEMENTAIRES.

LIVRABLE 1 : PREMIERES METRIQUES ET SEUILS POUR LES DOMS A PARTIR DES DONNEES BANCARISEES DANS QUADRIGE². EXAMEN DES DONNEES NON BANCARISEES EN VUE DE DEFINIR LEUR QUALITE, DE PROPOSER DES METRIQUES ET DES SEUILS

AUTEUR(S)

ISABELLE GAILHARD-ROCHER – CNRS WIMEREUX

LUIS FELIPE ARTIGAS – CNRS WIMEREUX

ANNE DANIEL – IFREMER BREST

Synthèse pour l'action opérationnelle

Par son rôle essentiel dans le fonctionnement des écosystèmes aquatiques, le phytoplancton apparaît comme un indicateur pertinent de la qualité des milieux marins. L'activité de la biomasse phytoplanctonique en domaine hauturier participe en effet au flux de carbone entre l'océan et l'atmosphère, et contribue ainsi à la régulation de la concentration en dioxyde de carbone atmosphérique qui détermine l'évolution du climat à moyen et à long termes. Le phytoplancton constitue le premier maillon d'une grande partie des réseaux trophiques, les variations de la production primaire ayant ainsi des conséquences majeures sur les flux de matière à l'intérieur de l'écosystème. Enfin, la croissance « massive » de certaines populations phytoplanctoniques (efflorescences ou « blooms ») peut entraîner des nuisances pour l'écosystème ou présenter un risque pour la santé publique.

Outre ces caractéristiques, la capacité de réponse rapide du phytoplancton aux changements environnementaux, liée à son temps de génération très court, lui confère également un rôle essentiel d'indicateur de la qualité de l'eau en zone pélagique. Le phytoplancton est en effet considéré comme la première communauté biologique à répondre aux variations de concentrations en nutriments dans la colonne d'eau. Cette vitesse de réponse permet aussi le repérage rapide de certains types de nuisances (changement des propriétés physico-chimiques des eaux) par les utilisateurs et les gestionnaires.

Ce rapport commence par rappeler les conditions dans lesquelles ont été développés les indices permettant d'évaluer l'élément de qualité phytoplancton en métropole, ainsi que la description de ces indices et leur pertinence.

Métropole

Des groupes de masses d'eau ont tout d'abord été définis, qui ne correspondent pas toujours aux typologies, car contraints par les groupes de masses d'eau (écotypes) définis au niveau européen. Ces groupes de masses d'eau peuvent être soumis à des stratégies d'échantillonnage différentes, en termes de période et de fréquence. Correspondant à des écotypes différents, et donc à des conditions de référence naturelles différentes, les grilles qui s'appliquent aux différents indices et qui permettent de classer chaque masse d'eau, sont propres à chaque groupe de masses d'eau. Ainsi, les eaux de la Manche au nord de la France métropolitaine, naturellement riches en phytoplancton, ne peuvent être évaluées avec les mêmes critères que les eaux côtières de la Méditerranée, naturellement oligotrophes. En ce sens, la comparaison avec les eaux oligotrophes des trois régions outre mer que sont la Martinique, la Guadeloupe et la Réunion, seront faites dans le cadre de ce travail, en utilisant les critères qui ont été définis pour les eaux côtières de Corse, dont on a pu montrer qu'elles étaient les plus oligotrophes de toutes les eaux côtières métropolitaines.

Pour l'indice biomasse, le paramètre choisi en métropole, mais aussi par tous les pays européens, aussi bien atlantiques que méditerranéens, est la chlorophylle-a. Ce pigment, présent dans la grande majorité des cellules phytoplanctoniques, simple à mesurer, offre une estimation pertinente de la biomasse du phytoplancton, tout en étant complémentaire de l'information apportée par le dénombrement des espèces. La métrique retenue est le percentile 90 (P90), qui permet la prise en compte d'une grande majorité de données, y compris des pics d'abondance, à l'exception des données extrêmes de ces pics. Les données utilisées pour cet indice peuvent être des mesures *in situ*, mais aussi des images satellite traitées pour le calcul du P90.

Pour l'indice abondance, le paramètre choisi en métropole (mais pas forcément partagé par les autres pays européens), pour la majorité des groupes de masses d'eau, est la proportion de blooms, définie à partir des données d'observation microscopique du micro-phytoplancton. Il vient ainsi compléter l'indice biomasse en apportant des informations sur la fréquence des efflorescences phytoplanctoniques, élément qui lui aussi peut être caractéristique d'éventuels dysfonctionnements de l'écosystème. La métrique retenue est le pourcentage d'échantillons pour lesquels au moins un taxon est supérieur à une concentration-seuil. Cette concentration-seuil est différente selon que le taxon est de grande taille ou de petite taille, ou bien selon les groupes de masses d'eau (cette concentration-seuil est par exemple différente entre la Corse et la Méditerranée continentale). Seul le groupe de masses d'eau réunissant les lagunes méditerranéennes, a un indice d'abondance différent, puisqu'il n'est pas basé sur les observations microscopiques du micro-phytoplancton, mais sur les analyses en cytométrie en flux du nano et du pico-phytoplancton (on a pu montrer que dans ces écosystèmes, le nano et le pico sont très dominants par rapport au micro). Dans ce cas, deux paramètres sont définis à partir des concentrations en nano et pico, et la métrique est le P90.

L'indice composition est en cours de description : le projet le plus avancé concerne l'utilisation de données pigmentaires acquises par HPLC, dans les eaux côtières de Corse.

D'autres indices basés sur la composition floristique des communautés phytoplanctoniques peuvent présenter un réel intérêt pour décrire la qualité de l'environnement : sont évoqués ici certains indices développés dans le cadre de la DCE par d'autres pays, comme le ciblage d'une espèce nuisible, ou ceux basés sur la notion de groupes fonctionnels, ou bien les indices de diversité proposés en écologie générale. Cependant, comme souligné par les auteurs, ces indices impliquent un dénombrement de l'ensemble des populations phytoplanctoniques observées afin de décrire la composition des cortèges floristiques, d'intégrer leur variabilité saisonnière et leurs spécificités géographiques. Si un tel suivi reste très contraignant, l'utilisation de techniques complémentaires d'observation du phytoplancton (HPLC, cytométrie en flux, fluorescence *in vivo*, analyse d'images ou encore images satellitaires), font actuellement l'objet de recherches à propos de leur applicabilité, et ouvrent la voie au développement de nouveaux indicateurs.

Cas des eaux de transition turbides

L'indicateur phytoplancton a été jugé non pertinent en métropole pour qualifier l'état écologique des estuaires turbides macrotidaux. Ces écosystèmes ont en effet été considérés comme des zones d'accumulation temporaire de la biomasse chlorophyllienne et non comme des zones de production interne importante, notamment en raison de la forte turbidité limitant la croissance phytoplanctonique. Cependant, différentes études ont montré l'intérêt de l'étude du phytoplancton (biomasse et composition floristique) en certaines zones des estuaires : dans ce contexte, l'évaluation de la pertinence de l'indicateur phytoplancton dans les masses d'eau de transition ultra-marines, et notamment les mangroves, pourrait être approfondie, à l'instar de la réflexion engagée en Guyane.

Outre mer : connaissances et données disponibles

Les cinq départements français d'outre-mer (Martinique, Guadeloupe, Guyane, La Réunion et Mayotte) se caractérisent par de fortes spécificités environnementales, notamment concernant le milieu marin, qui les distinguent des principaux enjeux identifiés dans les régions métropolitaines. La mise en œuvre des politiques communautaires y est notamment plus complexe, en particulier en raison de la rareté des études et des suivis pérennes sur la qualité du milieu marin. Ces zones ne sont pourtant pas exemptes de pressions et de dégradations nécessitant l'application des mesures de protection de l'environnement marin.

De manière générale, si les connaissances existantes témoignent du caractère oligotrophe des eaux tropicales (irradiance et températures élevées et constantes, apports en nutriments généralement plus faibles que dans les zones tempérées, importance des phénomènes de grazing), les études localisées permettant de décrire les spécificités des eaux côtières (apports en nutriments notamment) de Martinique, Guadeloupe et Réunion sont rares voire inexistantes. Dans ce contexte, les études et suivis initiés dans le cadre de la DCE revêtent un caractère particulièrement important pour l'acquisition de connaissances sur le phytoplancton dans ces régions. Les états de lieux des districts hydrographiques permettent notamment de disposer d'informations générales sur leur contexte environnemental (Diren Guadeloupe, 2005, Impact Mer, 2006, BCEOM, 2005).

L'écologie du phytoplancton dans les eaux côtières guyanaises est en revanche mieux

décrite. Cette zone se distingue en raison de l'influence des eaux amazoniennes associées à des remontées d'eaux atlantiques profondes vers le plateau continental, ces caractéristiques hydrodynamiques favorisant le développement des populations phytoplanctoniques, malgré des eaux très turbides.

Plusieurs rapports présentent une synthèse des travaux réalisés dans les départements français d'Outre-Mer (eg., Caffier et Artigas, 2010b ; Buchet, 2008) dans le contexte de la mise en œuvre de la DCE. Ils recensent les études initiées dans ce cadre ainsi que des travaux ponctuels antérieurs. Le présent rapport liste les études relatives au phytoplancton dans les DOMs (tableau 1), ainsi que les principaux résultats de l'exploitation de ces données et notamment leurs perspectives pour la DCE (tableau 2).

Une grande partie des données acquises dans le cadre de la DCE pour le phytoplancton et les mesures physico-chimiques associées, en Martinique et Guadeloupe, ont été bancarisées dans la base de données Quadrige² entre fin 2011 et début 2012. Avec les données déjà saisies pour la Réunion, les données bancarisées couvrent actuellement une période variable : globalement à partir de 2007, mais les données des deux années 2010 et 2011 ne sont pas toutes saisies. Pour l'ensemble des trois départements ultra-marins, 46 points de prélèvement ont fait l'objet de mesures de concentration en chlorophylle *a*. Par ailleurs, des dénombrements floristiques ont été réalisés sur 15 points situés dans les MEC de Martinique. Et l'étude spécifique de la DEAL Martinique / Créocécian sur deux points pendant un an, apporte également un complément d'information important sur la composition des cortèges floristiques observés dans les eaux martiniquaises avec des identifications taxinomiques, mais aussi des dénombrements par classe de taille pour le pico et le nano-plancton.

Outre mer : résultats de chlorophylle *a*, distribution et variations temporelles

Les mesures de chlorophylle *a* témoignent du caractère oligotrophe des eaux côtières des trois départements concernés. Elles sont comprises entre la limite de détection (variant selon la méthode d'analyse et le laboratoire) et 36,5 µg/L. Il faut noter que les seuils de détection sont dans un certain nombre de cas beaucoup trop élevés, du fait des méthodes utilisées pas toujours adaptées au milieu marin (cf. rapport de mission aux Antilles, Belin *et al.*, mars 2011). Le traitement des données a donc essayé de tenir compte de ce biais, mais les résultats restent néanmoins sujets à caution, en particulier en Guadeloupe jusqu'en 2010.

Les concentrations les plus élevées sont observées en Guadeloupe (problème de méthode ou non ? il est difficile de se prononcer à ce stade), les plus basses à la Réunion. Pour chaque région, la distribution de la concentration en chlorophylle *a* varie peu entre les différentes MEC, avec une médiane relativement faible et quelques valeurs « extrêmes ». Les masses d'eau de transition de Martinique se distinguent néanmoins avec des concentrations plus élevées, notamment l'étang des Salines (FRJT001) et dans une moindre mesure la mangrove de la rivière de la Lézarde (FRJT003). Cette grande homogénéité ne permet pas de distinguer les différents types de milieux qui semblent relativement proches au regard de la concentration en chlorophylle *a*.

L'évolution temporelle de la concentration en chlorophylle *a* apparaît, elle aussi, relativement uniforme. L'examen des séries temporelles par masse d'eau ne permet pas de dégager un schéma de variabilité intra-annuelle marqué.

Cette première analyse descriptive des données de chlorophylle *a* disponibles confirme donc le caractère oligotrophe des eaux côtières antillaises et réunionnaises.

Conclusion

Dans des études antérieures, différents tests ont été réalisés en Martinique pour l'indice biomasse (Impact Mer, 2010, 2011) et à la Réunion (Ifremer, 2010, projet « Bon Etat ») sur la base des grilles proposées en métropole ou de grilles spécifiquement élaborées en Martinique. L'analyse de l'ensemble des données récemment bancarisées dans la base Quadrige² a permis de réaliser des simulations d'évaluation de la qualité des eaux, avec l'outil développé au niveau national par Ifremer, et d'affiner la proposition de grilles pour l'indice biomasse, adaptées aux eaux ultra-marines : les conclusions de ces simulations sont dans le livrable 2².

Il convient néanmoins de souligner que les données acquises avec des méthodes non adaptées au milieu marin sont très sujettes à caution : il est donc nécessaire de bancariser le plus rapidement possible les données acquises depuis, avec des méthodes correctes, pour refaire les simulations. Par ailleurs, les données de la Réunion 2010 et 2011 de la réunion sont à bancariser rapidement. Enfin, les données actuelles ne permettent pas de décrire de manière fine la variabilité spatio-temporelle de la concentration en chlorophylle *a*. Les stratégies d'échantillonnage en cours pour 2012, et en cours de définition pour 2013, doivent donc être étudiées : ceci pourrait être fait dans le cadre du groupe d'experts Phytoplancton et Hydrologie / DOMs, à réunir avant fin 2012.

Par ailleurs, l'absence de données en Guyane ne permet pas de compléter la description des eaux côtières et de transition de ce territoire, mais les caractéristiques de cette zone (influence prépondérante de l'Amazone) et la littérature disponible montrent qu'elle se distingue nettement, avec des eaux plus productives. Au vu de ces premiers éléments, il apparaît donc nécessaire de développer des grilles et/ou des indices spécifiques pour l'indicateur phytoplancton dans les ME Guyanaises.

Concernant l'indice abondance, des analyses complémentaires sont nécessaires, notamment afin de décrire plus finement les abondances des espèces ou de groupes d'espèces, notamment par classe de taille, et la composition des cortèges floristiques. Les données actuellement disponibles et récemment bancarisées ne sont pas assez nombreuses et ne sont pas représentatives spatialement. Les acquisitions de nouvelles données phytoplancton seraient donc nécessaires pour cet indice, si on considère qu'il doit être gardé : dans ce cas, il faudrait envisager également l'acquisition de données phytoplancton en Guadeloupe et à la Réunion. Ceci pose le problème de l'analyse de ces

² Gailhard-Rocher I., Artigas L.F., Belin C., Lamoureux A., 2012. Livrable 2 de la Convention Ifremer / ONEMA 2011. Mise en place de la DCE dans les DOM – Indicateur « phytoplancton ». Application de différentes grilles pour l'indice biomasse à partir des données disponibles

données.

Enfin, des travaux sont en cours pour la proposition d'un nouvel indice de composition au niveau national, la pertinence de cet indice dans les départements d'Outre-Mer devra elle aussi être évaluée à l'issue de ces nouveaux développements.

La priorité est donc de :

- bancaiser les données récentes, ce qui permettrait de relancer des simulations à l'automne 2012
- planifier le groupe d'experts Phytoplancton et Hydrologie / DOMs, avant fin 2012, pour discuter : (i) des résultats des simulations, (ii) du choix des indices à retenir, (iii) des suivis prévus pour 2013.



Partenariat 2011.
Phytoplancton dans les DOMs
Examen des données



RAPPORT DE SYNTHÈSE Convention CNRS-IFREMER

**Mise en place de la DCE dans les DOM –
Indicateur « phytoplancton »**
Données disponibles : qualité, description et perspectives pour la
proposition de métriques et de seuils

Juin 2012
Isabelle GAILHARD-ROCHER
Luis Felipe ARTIGAS
Anne DANIEL (Ifremer)



Sommaire

1.	Contexte national de la mise en œuvre de la DCE. Indicateur « phytoplancton »	13
1.1.	La Directive cadre sur l'eau.....	13
1.2.	L'élément de qualité « phytoplancton » de la DCE	15
1.2.1.	Fréquence et période d'échantillonnage en France métropolitaine.....	15
1.2.2.	Indice biomasse	16
1.2.3.	Indice abondance.....	16
1.2.4.	Indice composition	17
1.2.5.	Indicateur phytoplancton	17
2.	Réflexion sur l'indicateur « phytoplancton » de la DCE et contexte des indicateurs basés sur le phytoplancton pour qualifier l'état écologique des eaux côtières	18
2.1.	Pertinence de l'élément de qualité « phytoplancton » de la DCE.....	18
2.2.	Autres indicateurs phytoplanctoniques	20
2.2.1.	Les indicateurs testés dans le cadre de la DCE.....	20
2.2.2.	Perspectives de développement de nouveaux indicateurs	21
3.	Le cas des estuaires turbides.....	21
4.	Connaissances générales sur le contexte environnemental et sur l'écologie du phytoplancton dans les eaux tropicales	22
5.	Les données et études sur le phytoplancton dans les départements d'Outre-Mer	23
6.	Les données disponibles dans la base Quadrige ² (06/04/2012)	28
7.	Description des données de chlorophylle a disponibles dans la base Quadrige ² (06/04/2012).....	31
7.1.	Distribution de la concentration en chlorophylle a	31
7.2.	Variations temporelles de la concentration en chlorophylle a.....	35
8.	Les métriques et seuils proposés pour l'indicateur « Phytoplancton » dans les départements d'Outre-Mer	38
9.	Références	39

1. Contexte national de la mise en œuvre de la DCE. Indicateur « phytoplancton »

1.1. La Directive cadre sur l'eau

La Directive cadre sur l'eau (DCE)³ établit un cadre communautaire pour la protection et la gestion de l'eau. Son champ d'application comprend les eaux continentales de surface, les eaux de transition, les eaux côtières et les eaux souterraines. Cette directive poursuit plusieurs objectifs, tels que la prévention et la réduction de la pollution, la promotion d'une utilisation durable de l'eau, la protection de l'environnement, l'amélioration de l'état des écosystèmes aquatiques ou encore l'atténuation des effets des inondations et des sécheresses. Son objectif ultime est d'atteindre un « bon état » écologique et chimique de toutes les eaux communautaires d'ici à 2015.

L'échelle géographique de gestion de la DCE est le « district hydrographique »⁴. Ces districts sont composés d'un ou de plusieurs bassins hydrographiques, ainsi que des masses d'eau souterraines et côtières qui leur sont associées. En application de la DCE, la France compte sept bassins hydrographiques métropolitains (Artois-Picardie, Rhin-Meuse, Seine-Normandie, Loire-Bretagne, Adour-Garonne, Rhône-Méditerranée et Corse) et cinq bassins hydrographiques en outre-mer (Guadeloupe, Guyane, Martinique, Mayotte, Réunion). Les bassins hydrographiques français s'intègrent le cas échéant dans des districts hydrographiques internationaux à l'échelle européenne.

Une masse d'eau correspond au découpage élémentaire des milieux aquatiques, introduit par la directive cadre sur l'eau comme unité d'évaluation du bon état des eaux. Les masses d'eau sont regroupées en types homogènes qui servent de base à la définition de la notion de "bon état". Le découpage des masses d'eau est fondé sur des critères physiques ayant une influence avérée sur la biologie (critères hydrodynamiques : courant, marnage, stratification, profondeur..., et critères sédimentologiques : sable, vase, roche...). Différents types de masses d'eau (ME) sont distingués :

Masse d'eau de surface : partie distincte et significative des eaux de surface, telles qu'un lac, un réservoir, tout ou partie d'une rivière, d'un fleuve ou d'un canal, une eau de transition (estuaire, delta, rade, etc.) ou une portion d'eaux côtières.

³ Directive 2000/60/CE du parlement européen et du conseil (2000) établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau. Journal officiel des Communautés européennes n° L 327 du 22.12.2000.

⁴ Le district hydrographique est la principale unité pour la gestion des bassins hydrographiques. Un district peut être composé d'un ou plusieurs bassins hydrographiques. Un bassin hydrographique correspond ici à une zone dans laquelle toutes les eaux de ruissellement convergent à travers un réseau de ruisseaux, rivières, lacs et fleuves vers la mer, dans laquelle elles se déversent par une seule embouchure, estuaire ou delta.

Masse d'eau souterraine : volume distinct d'eau souterraine à l'intérieur d'un ou de plusieurs aquifères (terme hydrogéologique et géostructural associé à celui de nappe souterraine et à une capacité de production d'eau souterraine).

Masse d'eau artificielle : masse d'eau de surface créée par l'homme dans une zone qui était sèche auparavant. Il peut s'agir par exemple d'un lac artificiel ou d'un canal. Ces masses d'eau sont désignées selon les mêmes critères que les masses d'eau fortement modifiées.

Masse d'eau fortement modifiée : masse d'eau de surface ayant subi certaines altérations physiques dues à l'activité humaine et de ce fait fondamentalement modifiée quant à son caractère. Si les activités ne peuvent pas être remises en cause pour des raisons techniques ou économiques, la masse d'eau concernée peut être désignée comme fortement modifiée et les objectifs de bon état à atteindre sont alors ajustés.

La Directive Cadre sur l'Eau définit également une méthode de travail, commune aux vingt-sept Etats membres, qui repose sur quatre documents :

- L'état des lieux, qui permet d'identifier les problématiques à traiter.
- Le plan de gestion, qui correspond au Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) et fixe les objectifs environnementaux.
- Le programme de surveillance, qui assure le suivi de l'atteinte des objectifs fixés.
- Le programme de mesures, qui définit les actions permettant d'atteindre les objectifs environnementaux identifiés par le plan de gestion.

L'état des lieux, le plan de gestion et le programme de mesures doivent être renouvelés tous les six ans.

Le programme de surveillance est établi dans le cadre du SDAGE afin de permettre l'appréciation de l'état écologique des masses d'eau et de contribuer à la définition des objectifs et des programmes de mesures. Il est composé :

- d'un réseau de surveillance (contrôle de surveillance concernant une sélection de ME représentatives de l'état des eaux, contrôles opérationnels dans les ME risquant de ne pas atteindre les objectifs, contrôles d'enquête dans les ME ne faisant pas l'objet d'un contrôle opérationnel mais identifiées à risque par le contrôle de surveillance, et contrôles additionnels pour certaines zones protégées),
- d'un réseau de sites de référence, permettant d'évaluer les conditions de référence de chaque ME,
- d'un réseau inter-étalonnage afin de comparer entre Etats Membres les valeurs mesurées.

1.2. L'élément de qualité « phytoplancton » de la DCE

La DCE prévoit une évaluation de la qualité (écologique et chimique) des eaux fondée sur plusieurs éléments. L'évaluation de l'état écologique est ainsi basée sur des éléments de qualité biologiques, physico-chimiques et hydromorphologiques. Ces éléments sont définis dans l'annexe V de la directive. Les protocoles appliqués pour cette évaluation doivent répondre à un certain nombre de prescriptions, et être adaptés aux différentes catégories de masses d'eau (lacs, rivières, estuaires, littoral).

Le phytoplancton figure parmi les éléments de qualité biologiques retenus pour la classification de l'état écologique des masses d'eau littorales (eaux côtières et de transition). Il est évalué à partir de trois indices : biomasse, abondance et composition⁵.

1.2.1. Fréquence et période d'échantillonnage en France métropolitaine

La fréquence et la période d'échantillonnage pour ces trois indices ont été définies dans la circulaire DCE 2007/20. La fréquence est mensuelle et la période d'échantillonnage varie selon les groupes de ME.

Groupes de masses d'eau	Période d'échantillonnage
Mer du Nord/Manche-Atlantique	De mars à octobre pour l'indice biomasse De janvier à décembre pour l'abondance
Lagunes méditerranéennes	De juin à août
Méditerranée autre que lagunes	De janvier à décembre

Source : <http://envlit.ifremer.fr/>

⁵ Métrique : méthode de calcul et résultat de son application à l'ensemble des données d'un paramètre.

Indice : résultat d'une ou plusieurs métriques pour caractériser un niveau intermédiaire de l'évaluation d'un élément de qualité.

Indicateur : combinaison de plusieurs indices pour évaluer un élément de qualité.

EQR : une métrique ou un indice sont transformés en *Ecological Quality Ratio* (EQR) comme un rapport impliquant la valeur de référence et la valeur de la métrique ou de l'indice : il en résulte une quantité variant entre 0 et 1.

1.2.2. Indice biomasse

Le paramètre choisi pour l'évaluation de la biomasse est la chlorophylle *a* (Chl*a*). Sa métrique est le percentile 90. Cette métrique est également l'indice de la biomasse. Les grilles et valeurs de référence pour les différents groupes de ME de France métropolitaine sont les suivantes (Soudant et Belin, 2010) :

Groupes de masses d'eau	Grilles de l'indice	Valeurs de référence	Grilles de l'EQR
EC Mer du Nord 1/26b	10 - 15 - 22.5 - 45	6,66	0.15 - 0.30 - 0.44 - 0.67
EC Manche-Atlantique 1/26a	5 - 10 - 20 - 40	3,33	0.08 - 0.17 - 0.33 - 0.67
ET mer du nord	10 - 15 - 22.5 - 45	6,66	0.15 - 0.30 - 0.44 - 0.67
ET manche atlantique	5 - 10 - 20 - 40	3,33	0.08 - 0.17 - 0.33 - 0.67
EC méditerranée type 1	5 - 10 - 20 - 40	3,33	0.08 - 0.17 - 0.33 - 0.67
EC méditerranée type 2A	2.4 - 3.6 - 7.2 - 14.4	1,9	0.13 - 0.26 - 0.53 - 0.79
EC méditerranée type 3W	1.1 - 1.8 - 3.6 - 7.2	0,9	0.12 - 0.25 - 0.50 - 0.82
ET méditerranée type estuaire	5 - 10 - 20 - 40	3,33	0.08 - 0.17 - 0.33 - 0.67
ET méditerranée type estuaire	5 - 10 - 20 - 40	3,33	0.08 - 0.17 - 0.33 - 0.67
MEC Corse	0.75-1.22.-2.44-4.88	0,6	0.12 - 0.25 - 0.49 - 0,80

Source : Soudant et Belin, 2010

1.2.3. Indice abondance

Pour tous les groupes de masses d'eau, à l'exception des eaux de transition des lagunes méditerranéennes, le paramètre est le résultat d'un dénombrement de taxons. La métrique retenue est le pourcentage d'échantillons en « état bloom ». Un taxon est défini en « état bloom » si il est observé à plus de 250 000 cellules par litre pour les cellules dont la taille est comprise entre 5 µm et 20 µm, et à plus de 100 000 cellules par litre pour les cellules dont la taille est supérieure ou égale à 20 µm. La grille des indices (20 - 40 - 70 - 90), la grille des EQRs correspondants (0.19 - 0.24 - 0.42 - 0.83) et la valeur de référence (16.7) sont utilisées pour tous les groupes de masses d'eau. Cette métrique correspond elle aussi à l'indice d'abondance.

Pour le groupe de masses d'eau « ET - Méditerranée type lagune », les deux paramètres sont la concentration en millions de cellules par litre en nanophytoplancton et en picophytoplancton. La métrique pour chacun est le percentile 90 comme défini pour la chlorophylle *a*. Les grilles et valeurs de référence sont respectivement (6 - 15 - 30 - 150) et 3 pour le nanophytoplancton et (30 - 75 - 150 - 750) et 15 pour le picophytoplancton. L'indice d'abondance est obtenu par combinaison de ces deux métriques : c'est le minimum de leurs EQRs. Ces derniers ayant la même grille, c'est également celle de l'indice : (0.02 - 0.10 - 0.20 - 0.50) (Soudant et Belin, 2010).

1.2.4. Indice composition

Cet indice a fait il y a quelques années l'objet d'une première tentative de description avec l'utilisation des taxons dits « nuisibles », c'est-à-dire ceux qui sont susceptibles d'impacter sur l'écosystème marin et sur les organismes vivant dans ce milieu. Cette tentative s'est soldée par un échec. Des études ont donc été engagées dans le cadre des conventions Ifremer / ONEMA, pour avancer sur cet indice. A l'heure actuelle, l'état est le suivant : un indice composition utilisant des données pigmentaires acquises par HPLC a été validé pour les eaux côtières de Corse (Goffart, 2011), et est en cours de validation pour les eaux côtières de la partie est de la Méditerranée française. Un indice également basé sur les pigments est également en cours d'étude pour les eaux de transition lagunaires. Pour la Manche et l'Atlantique, une synthèse bibliographique de la composition phytoplanctonique en milieu estuarien (Caffier & Artigas, 2010a), et des réflexions ultérieures ont mis en évidence que le micro phytoplancton dénombré dans le cadre du REPHY n'est pas suffisant pour définir un véritable indice de composition. Des études sont donc prévues en 2013 afin d'acquérir des données complémentaires par des techniques nouvelles (cytométrie en flux, pigments, diversité génétique), qui permettront d'aborder le problème de la composition du phytoplancton dans toute sa diversité, c'est-à-dire micro, nano et pico-phytoplancton.

1.2.5. Indicateur phytoplancton

L'indicateur de l'élément de qualité phytoplancton final résultera de la combinaison de ces trois indices. Il est pour le moment limité à la combinaison des deux premiers indices. En France, une méthode de calcul de l'indicateur a été proposée par l'Ifremer : les indices sont transformés en EQRs. L'indicateur phytoplancton est la moyenne des deux EQRs. Il varie lui-même entre lui-même entre 0 et 1 et peut être ainsi être considéré comme un EQR. Les éléments de sa grille sont les moyennes des éléments respectifs des grilles des EQRs des indices de biomasse et abondance (Soudant et Belin, 2010).

L'ensemble des grilles et des valeurs de référence de ces indices ont été proposées ou adaptées sur la base de l'analyse des données historiques disponibles et des connaissances des experts scientifiques. Il faut noter que les différentes phases de l'intercalibration européenne ont pu légèrement modifier l'un ou l'autre de ces éléments. Un bilan en sera fait courant 2012.

2. Réflexion sur l'indicateur « phytoplancton » de la DCE et contexte des indicateurs basés sur le phytoplancton pour qualifier l'état écologique des eaux côtières

2.1. Pertinence de l'élément de qualité « phytoplancton » de la DCE

De par son rôle essentiel dans le fonctionnement des écosystèmes aquatiques, le phytoplancton apparaît comme un indicateur pertinent de la qualité des milieux marins. L'activité de la biomasse phytoplanctonique en domaine hauturier participe en effet au flux de carbone entre l'océan et l'atmosphère, et contribue ainsi à la régulation de la concentration en dioxyde de carbone atmosphérique qui détermine l'évolution du climat à moyen et à long termes. Le phytoplancton constitue le premier maillon d'une grande partie des réseaux trophiques, les variations de la production primaire ayant ainsi des conséquences majeures sur les flux de matière à l'intérieur de l'écosystème. Enfin, la croissance « massive » de certaines populations phytoplanctoniques (efflorescences ou « blooms ») peut entraîner des nuisances pour l'écosystème ou présenter un risque pour la santé publique.

Outre ces caractéristiques, la capacité de réponse rapide du phytoplancton aux changements environnementaux, liée à son temps de génération très court, lui confère également un rôle essentiel d'indicateur de la qualité de l'eau en zone pélagique. Le phytoplancton est en effet considéré comme la première communauté biologique à répondre aux variations de concentrations en nutriments dans la colonne d'eau (Carvalho *et al.*, 2006). Cette vitesse de réponse permet aussi le repérage rapide de certains types de nuisances (changement des propriétés physico-chimiques des eaux) par les utilisateurs et les gestionnaires. Ainsi, plusieurs indices phytoplanctoniques permettant de déterminer le degré de pollution et l'état trophique d'un écosystème ont été développés.

Dans le cadre de la DCE, l'**indice biomasse** est évalué à partir de la concentration en chlorophylle *a*. Ce pigment, présent dans la grande majorité des cellules phytoplanctoniques, simple à mesurer, offre une estimation pertinente de la biomasse du phytoplancton, tout en étant complémentaire de l'information apportée par le dénombrement des espèces. Le percentile 90 (P90) des mesures en chlorophylle *a* permet la prise en compte d'une grande majorité de données, y compris des pics d'abondance, à l'exception des données extrêmes de ces pics, ou des valeurs « aberrantes » (erreurs de mesure ou de saisie).

L'**indice abondance** vient compléter l'indice biomasse en apportant des informations sur la fréquence des efflorescences phytoplanctoniques, élément lui aussi pouvant être

caractéristique d'éventuels dysfonctionnements de l'écosystème.

Ces deux indices ont été globalement validés au niveau européen, notamment sur la base de l'analyse des données existantes et des premiers bilans réalisés dans le cadre de la DCE (Soudant et Belin, 2009).

L'indice composition, dont l'ancienne version ciblait particulièrement les espèces toxiques et nuisibles, était, en revanche, moins adapté aux objectifs de la DCE. En effet, si certaines espèces nuisibles sont responsables d'efflorescences pouvant engendrer des phénomènes d'anoxie ou d'eutrophisation, ces phénomènes peuvent en partie être repérés avec les indices biomasse et abondance. Les espèces toxiques, quant à elles, produisent des substances, qui, lorsqu'elles sont accumulées par des organismes filtreurs (e.g. moules, huîtres...), peuvent être dangereuses pour l'Homme. La présence de ces espèces, parfois même à de très faibles concentrations, peut engendrer un risque pour la santé publique, mais n'avoir aucune conséquence négative sur le fonctionnement de l'écosystème.

Par ailleurs, les espèces toxiques ne témoignent pas nécessairement d'une mauvaise qualité du milieu marin, les liens entre un enrichissement du milieu et le développement de ces espèces n'ayant pas été démontrés.

Notons enfin qu'un indice de composition similaire est utilisé dans le cadre de la convention OSPAR (mais intégrant en plus les notions de durée et d'extension spatiale du bloom). Cet indice suscite lui aussi des interrogations et fait l'objet d'un important effort de recherche afin de proposer des adaptations.

Les indices composition en cours d'étude (voir ci-dessus) devraient être en revanche beaucoup plus adaptés à la problématique composition, car ils prendront en compte, non seulement le micro-phytoplancton dénombré par microscopie, mais aussi le nano et le pico-phytoplancton, qui peuvent constituer dans certains cas, notamment dans les eaux oligotrophes telles que les eaux côtières ultra-marines, une partie non négligeable des populations phytoplanctoniques.

2.2. Autres indicateurs phytoplanctoniques

D'autres indices basés sur la composition floristique des communautés phytoplanctoniques présentent un réel intérêt pour décrire la qualité de l'environnement (Goffart, 2010 ; Soudant et Belin, 2011).

2.2.1. Les indicateurs testés dans le cadre de la DCE

Dans ce contexte, différents indices ont été développés afin de répondre aux attentes de la DCE. Certains sont adaptés à des zones géographiques particulières et ciblent des espèces nuisibles caractéristiques de ces zones (eg., *Phaeocystis* pour les eaux côtières britanniques, et de celles des pays du nord de l'Europe). Ces indices impliquent d'être adaptés à chaque zone étudiée (liste des espèces, seuils...) (Goffart, 2010a).

D'autres indices sont basés sur la notion de groupes fonctionnels. Ils reposent sur les réponses différentes des communautés aux variations environnementales, impliquant des différences dans la structure des assemblages, et notamment des perturbations dans les successions de cortèges floristiques associées à des pressions anthropiques. Ces indices impliquent de disposer de dénombrements taxinomiques à large échelle spatio-temporelle, afin, notamment, de connaître les successions naturelles, dans des milieux non impactés. Ils reposent, le plus souvent, sur le rapport Diatomées/Dinoflagellés, comme par exemple, l'indice PCI (Phytoplankton Community Index, Tett *et al.*, 2008), basé sur l'abondance et l'évolution saisonnière de la distribution de ces deux groupes (Goffart, 2010a).

Enfin, les indices de diversité proposés en écologie générale (Indice de Shannon, indices d'équitabilité, richesse spécifique...) sont largement utilisés afin de caractériser la composition des cortèges floristiques.

Différents Etats Membres ont évalué la pertinence de ces indices (avec éventuellement des adaptations) dans le cadre de la DCE. Une évaluation sur les données collectées dans le cadre du contrôle de surveillance de la DCE en France métropolitaine retient notamment les indices « Richesse spécifique » (nombre d'espèces différentes identifiées dans un échantillon) et « de Berger Parker » (proportion d'un échantillon formée par l'espèce la plus abondante) (Soudant et Belin, 2011).

Cependant, comme souligné par les auteurs, ces indices impliquent un dénombrement de l'ensemble des populations phytoplanctoniques observées afin de décrire la composition des cortèges floristiques, d'intégrer leur variabilité saisonnière et leurs spécificités géographiques. Si un tel suivi reste très contraignant et peu compatible avec des contrôles réguliers tels que celui opéré dans le cadre de la DCE, l'utilisation de techniques automatiques (par exemple, FlowCam ou Cytométrie en Flux) offre de nouvelles

perspectives (Soudant et Belin, 2011).

2.2.2. Perspectives de développement de nouveaux indicateurs

D'autres techniques d'observation du phytoplancton (HPLC, cytométrie en flux, fluorescence *in vivo*, analyse d'images ou encore images satellitales), faisant actuellement l'objet de recherches à propos de leur applicabilité (Goffart, 2010b ; Broutin *et al.*, 2011 ; projet DYMAPHY⁶ ; Tunin Ley & Maurer, 2011), ouvrent la voie au développement de nouveaux indicateurs. Ces techniques permettent notamment la quantification de la composition floristique par groupes fonctionnels ou par classe de taille, à large échelle géographique et/ou à échelle spatio-temporelle fine, et apparaissent particulièrement adaptées à des suivis pérennes de surveillance de la qualité du milieu marin. Dans ce contexte, différents indices de composition ou de diversité basés par exemple sur la signature pigmentaire de ces groupes ont ainsi été proposés.

Enfin, les indicateurs intégrés, incluant un ou plusieurs paramètre(s) phytoplanctoniques associés à des paramètres physico-chimiques (concentrations en nutriments) donnent une vision globale du fonctionnement de l'écosystème (Goffart *et al.*, 2010a).

3. Le cas des estuaires turbides

En France, l'indicateur phytoplancton a été jugé non pertinent pour qualifier l'état écologique des estuaires turbides macrotidaux de Métropole. Ces écosystèmes, aux caractéristiques (physiques, hydrodynamiques, sédimentaires, écologiques..) très spécifiques, ont en effet été considérés comme des zones d'accumulation temporaire de la biomasse chlorophyllienne et non comme des zones de production interne importante, notamment en raison de la forte turbidité limitant la croissance phytoplanctonique. Cependant, différentes études ont montré l'intérêt de l'étude du phytoplancton (biomasse et composition floristique) en certaines zones des estuaires (Caffier et Artigas, 2010a ; projet BEEST⁷ ; Projet LITEAU2⁸). Dans ce contexte, l'évaluation de la pertinence de l'indicateur phytoplancton dans les MET ultra-marines, et notamment les mangroves, pourrait être approfondie, à l'instar de la réflexion engagée en Guyane (Lampert et Artigas, 2010).

⁶ Projet INTERREG IV A « 2 Mers » « Développement d'un système d'observation dynamique pour la détermination de la qualité des eaux marines, basé sur l'analyse du phytoplancton » - www.dymaphy.eu

⁷ Synthèse du Projet BEEST : Vers une approche multicritère du Bon Etat Ecologique des grands ESTuaires. Juin 2011

⁸ Programme LITEAU2 - Evaluation de la qualité biologique des milieux littoraux semi-fermés. Juillet 2007

4. Connaissances générales sur le contexte environnemental et sur l'écologie du phytoplancton dans les eaux tropicales

Les cinq départements français d'outre-mer (Martinique, Guadeloupe, Guyane, La Réunion et Mayotte) se caractérisent par de fortes spécificités environnementales, notamment concernant le milieu marin, qui les distinguent des principaux enjeux identifiés dans les régions métropolitaines. La mise en œuvre des politiques communautaires y est notamment plus complexe, en particulier en raison de la rareté des études et des suivis pérennes sur la qualité du milieu marin. Ces zones ne sont pourtant pas exemptes de pressions et de dégradations nécessitant l'application des mesures de protection de l'environnement marin.

Les études scientifiques sur l'écologie du phytoplancton dans les eaux côtières tropicales sont peu fréquentes. Un rapport de synthèse recense l'ensemble des études disponibles dans les départements français d'Outre-Mer (Caffier et Artigas, 2010b).

Cette synthèse met en exergue l'hétérogénéité des connaissances entre les départements, avec des études plus nombreuses dans les Antilles Atlantique ouest, et notamment en Guyane, et plus rares dans l'océan indien.

De manière générale, si les connaissances existantes témoignent du caractère oligotrophe des eaux tropicales (irradiance et températures élevées et constantes, apports en nutriments généralement plus faibles que dans les zones tempérées, importance des phénomènes de grazing), les études localisées permettant de décrire les spécificités des eaux côtières (apports en nutriments notamment) de Martinique, Guadeloupe et Réunion sont rares voire inexistantes. Dans ce contexte, les études et suivis initiés dans le cadre de la DCE revêtent un caractère particulièrement important pour l'acquisition de connaissances sur le phytoplancton dans ces régions. Les états de lieux des districts hydrographiques permettent notamment de disposer d'informations générales sur leur contexte environnemental (Diren Guadeloupe, 2005, Impact Mer, 2006, BCEOM, 2005).

L'écologie du phytoplancton dans les eaux côtières Guyanaises est en revanche mieux décrite (Jaussaud, 2007, Jaussaud et al., 2007, Artigas et al., 2007, 2008, Maia De Oliveira, 2000). Cette zone se distingue en raison de l'influence des eaux amazoniennes associées à des remontées d'eaux atlantiques profondes vers le plateau continental, ces caractéristiques hydrodynamiques favorisant le développement des populations phytoplanctoniques, malgré des eaux très turbides.

5. Les données et études sur le phytoplancton dans les départements d'Outre-Mer

Plusieurs rapports présentent une synthèse des travaux réalisés dans les départements français d'Outre-Mer (eg., Caffier et Artigas, 2010b ; Buchet, 2008) dans le contexte de la mise en œuvre de la DCE. Ils recensent les études initiées dans ce cadre ainsi que des travaux ponctuels antérieurs. Les études relatives au phytoplancton dans les DOM identifiées à la date de ce rapport sont rassemblées tableau 1. Le tableau 2 présente les principaux résultats de l'exploitation de ces données et notamment leurs perspectives pour la DCE.

	Martinique	Guadeloupe	Guyane	La Réunion	Mayotte
Réalisation du suivi DCE	ImpactMer, depuis fin 2007 Étude haute fréquence temporelle Créocéan, 07/2010 – 06/2011	Bureau d'études PARETO depuis fin 2007	Acquisition de connaissances par l'IRD (convention DEAL) en vue de la définition du réseau de surveillance	Surveillance DCE prévue pour 2013 (Office de l'eau) Actuellement, données RNO-Rocch jusqu'en 2006 puis RHLR + études	Stade prospectif Maîtrise d'ouvrage BRGM Rapport ARVAM, 2010
Délimitation des ME	ImpactMer (2005) Basée sur : le trait de côte, la bathymétrie, l'exposition aux vents, la houle et les courants, les pressions, les caractéristiques du bassin versant, et la sensibilité des biocénoses	SCE-Créocéan (2005) Basée sur : le marnage, le mélange vertical, les courants, le vent, la nature des fonds, le trait de côte, et la bathymétrie	BRGM – Créocéan-Aquascop pour DEAL Guyane (2006)	Ifremer, rapport BCEOM, ARVAM, Pareto, 2005 Basée sur : l'amplitude de marée, la salinité, la température (moyenne et amplitude), la turbidité, la profondeur, l'exposition aux vagues, le temps de résidence, le mélange vertical et la composition moyenne du substrat	En 2007 Basée sur : bibliographie et dire d'experts A réviser ? Modélisation hydrodynamique BRGM sur la base du modèle MARS2D de l'Ifremer
Nombre de ME DCE	19 MEC + 4 MET 8 types de milieux	12 MEC 6 types de milieux	1 MEC + 8 MET (3 types) A redéfinir (plusieurs stations MEC et 9 MET) ?	9 MEC + 4 ME récifales (MER) 6 types	17 ME 8 types
Réseau de référence et de surveillance	ImpactMer, 2006 7 sites de référence MEC à partir de 2007 + 1 MET (mais sans suivi phytoplancton), 15 sites de surveillance en MEC (dont les 7 de référence) en 2009 et en 2010, pas de suivi phytoplancton en MET.	1 site de surveillance et de référence potentiel par ME (sauf MEC Saint Barthélémy, SDAGE indépendant) = 11 Pas de site de référence à proprement parlé (parce que pas de site en TBE)	Pas de réseau DCE Étude IRD MEC : 2 stations côtières + 2 stations au large ; à l'est et à l'ouest de Cayenne MET : 4 sites (Estuaires de Mana, Kourou, Cayenne et Mahury) sur 8 MET en 2009 (2/3 types), 7 en 2010	14 sites pour le RHLR (9 en MEC + 1 site de référence plus au large) et 4 dans les MER	Propositions ARVAM, 2010 basées sur une étude 2008-2011 Étude complémentaire en 2010 sur la physico-chimie et le phytoplancton (dénombrements). Résultats non publiés
Période	Depuis 2007	Depuis décembre 2008	2009-2010	Depuis 2006 RHLR depuis 2002	3 campagnes entre 2008-2010

Tableau 1 : synthèse des études sur l'écologie du phytoplancton dans les départements français d'Outre-Mer et des données disponibles (février 2012)

	Martinique	Guadeloupe	Guyane	La Réunion	Mayotte
Fréquence annuelle	Tous les 3 mois pour le suivi DCE Tous les 15 jours entre juillet 2010 et juin 2011 sur 2 sites pour l'étude Créocéan	4 campagnes	2 campagnes par an : saison sèche (eaux amazoniennes (EA) vers le large), et saison des pluies (EA vers la côte). MET : en vive eaux, étales de basse et de haute mer	6 campagnes par an pour RHLR (2 en période fraîche, 2 en début de saison chaude (premiers lessivages), 2 en période chaude (pics de pluviométrie))	1 campagne par an sur 34 stations campagne 2011 : 17 station (1 par ME)
Concentration en chlorophylle a	Oui pour les MEC – Suivi DCE ImpactMer + Créocéan 2010-2011 sur 2 sites	Oui, mais problèmes analytiques	Oui : étude IRD	Oui (pertinence de l'indicateur pour les MER en raison de l'importance du broutage responsable des faibles concentrations et de la variabilité due à la remise en suspension du microphytobenthos lors des épisodes de houle?)	Oui : étude ARVAM
Composition floristique	Oui pour les MEC en 2007-2008 (ImpactMer) + étude Créocéan	Non	Oui pour les MEC : étude IRD, mais abondances relatives	Non	Oui, campagne ARVAM 2010 sur 10 stations, résultats non publiés
Accessibilité des données (décembre 2011)	Données DCE ImpactMer et données Créocéan bancarisées début 2012 dans Q ² /REPHY (pas toutes validées)	Données DCE PARETO bancarisées dans Q ² /REPHY début 2012 (mais non validées)	Données IRD Pas de saisie dans Q ²	Bancarisation des données dans Q ² /RNOhydro puis Q ² /REPHY	Non, problèmes techniques
Références	ImpactMer, 2009, 2010, 2011 Créocéan, 2011	PARETO, 2010	IRD, campagnes 2009 Résultats 2010 non disponibles	Ifremer, projet Bon Etat	ARVAM, 2010
Autres références, sources de données ou suivis	Hargraves, 1970 Agard, 1996 RNO hydro (depuis 2002, hydro+nut., [Chla] à venir) Sans phytoplancton : RE seau national de surveillance de la qualité de l'eau et des sédiments dans les PO rts Ma ritimes (REPOM) (nut. + séd. depuis 2002) Contrat de baie Fort de France	Hargraves, 1970 Agard, 1996 Sans phytoplancton : RNO hydro (2001-2007, 5 sites, paramètres hydro + nutriments) REPOM (nutriments et sédiments, 2000-2008 et 1998-2008) CQEL hydro (2001-2008, 19 sites)	Jaussaud, 2007 Jaussaud <i>et al.</i> , 2007 Maia De Oliveira, 2000 Paulmier, 1993, 2004 CHICO (Artigas <i>et al.</i> , 2007, 2008)	Projet PHYTORUN, 2009 (flores phytoplanctoniques) BDD BIBLIOMAR	Suivi des eaux de Baignade

Tableau 1 (suite) : synthèse des études sur l'écologie du phytoplancton dans les départements français d'Outre-Mer et des données disponibles

	Analyses statistiques	Biomasse	Abondance	Composition	Taxa toxiques
Martinique ImpactMer, 2009, 2010, 2011 Créocéan, 2011 2 sites de juillet 2010 à juin 2011 2 sites en commun : Baie du Trésor et Rocher du Diamant (différences entre les 2 études)	Analyses essentiellement descriptives Traitement multivarié pour le suivi DCE en 2010 (ImpavtMer, 2011)	Les concentrations en chlorophylle a sont toujours inférieures à 1,5µg/L Différences entre les 2 suivis ImpactMer et Créocéan, concentrations en chlorophylle a plus faibles pour l'étude Créocéan	Faibles densités, toutes espèces confondues Pas de corrélation entre l'abondance et la richesse spécifique En abondance : globalement, dominance des diatomées tout au long de l'année ou dominance des Diatomées de juin à Mars, Diatomées et Dinoflagellés en avril puis dominance des Dinoflagellés jusqu'en juin. Relation avec la concentration en nutriments?	Environ 100 taxa au total 10 à 65 taxa pour chaque site Dominance, ou codominance Diatomées/Dinoflagellés	Quelques espèces toxiques, mais présentes tout au long de l'année, en faibles concentrations <i>Gymnodinium Alexandrium Dinophysis Prorocentrum sp. + P ; micans Pseudo-nitzschia delicatissima + P. seriata</i>
	Indices DCE	Faibles concentration, toujours inférieures au seuil de 1,5µg/L (Grilles proposées par Pareto par type de masse d'eau)	Densités par espèce toujours inférieures au seuil de bloom (10^5 cell/L)	Toujours inférieures au seuil de bloom (10^6 cell/L)	Toujours en concentrations inférieures au seuil de bloom (10^6 cell/L)
	Variabilité saisonnière	Faible Maximum en intersaison	Oui Maximum en fin d'hiver (août à oct), avec des cycles très ≠ entre sites	Oui	Oui
	Variabilité inter-annuelle	Oui	Oui	Oui	Taxa toxiques présents toute l'année en faible concentration
	Variabilité spatiale	Oui	Seulement 2 sites Cycles très ≠ entre les deux sites	Oui	
	Environnement	T° élevées, salinités faibles			

Tableau 2 : exploitation des données phytoplancton dans les départements français d'Outre-Mer réalisées dans le cadre de la DCE (février 2012).

	Analyses statistiques	Biomasse	Abondance	Composition	Taxa toxiques
Martinique ImpactMer, 2009, 2010, 2011 Créocéan, 2011 2 sites de juillet 2010 à juin 2011 (suite)	Conclusions / Recommandations	Révision des seuils Fréquence bi-hebdomadaire	Indice non adapté Comptages floristiques lorsque la concentration en Chla augmente (Sept-Déc) Utilisation des classes d'abondance piconano plancton et des seuils définis en Méditerranée ?	Importance du nano-pico plancton	Autres indices ?
Guadeloupe suivi DCE PARETO		Mesures de Chla non exploitables en raison de problèmes analytiques. L'analyse de ces données sujettes à caution montre des valeurs de concentration en Chla globalement faibles			
Guyane Etudes IRD	Traitement multivarié	MEC 1,3<[Chla]<26,35 µg/L Max : site côtier est, saison des pluies Grande variabilité entre sites et selon la saison Saison sèche : faibles concentrations, max pour les sites à l'ouest (importance du grazing), saison des pluies : plus fortes concentrations à l'est (cell>40µm) Globalement, valeurs plus élevées qu'en Martinique MET Biomasses très supérieures en saison sèche	MEC Pas d'estimation de densités absolues en raison de la charge particulière. 140 à 260 cell/prél	MEC Dominance Diatomées/Dinoflagellés (présence rare de cyanobactéries, zone Est au large en période de pluie). Dinoflagellés plus représentés à l'ouest Richesse spécifique plus importante en saison sèche, dans les eaux côtières. Comparaison inter-sites et inter-saison par ACP Variabilité intrasite< Variabilité intersites Importance de la définition de plusieurs MEC Importance de la composition des communautés pour discriminer les sites / saisons	
	Indices DCE	Non calculé, mais <i>a priori</i> concentrations plus élevées qu'en Martinique	Non calculé (abondances relatives), mais <i>a priori</i> , pas de blooms observés	Non calculé (abondances relatives), mais <i>a priori</i> , pas de blooms observés	Non calculé mais pas de HAB
	Variabilité saisonnière	Oui	?	Oui	

Tableau 2 (suite) : exploitation des données phytoplancton dans les départements français d'Outre-Mer réalisées dans le cadre de la DCE (février 2012).

	Analyses statistiques	Biomasse	Abondance	Composition	Taxa toxiques
Guyane Etudes IRD (suite)	Variabilité inter-annuelle	x	x	x	x
	Variabilité spatiale	Oui			
	Environnement	Pas de liens examinés entre variables physico-chimiques et phytoplancton. MET : très turbides, importance du phytobenthos, spécificité de chaque estuaire			
	Conclusions	Révision des MEC (plusieurs points de prélèvements) et MET (uniquement sur les débits) : 9 MET ou 8 + 1 ME fortement modifiée, Intégration images satellitales, Paramètre phytoplancton non pertinent pour les MET, Projet Phytobenthos			
La Réunion Projet Bon Etat – Expertise collégiale	Exploitation des données RNO/RHLR	Application des grilles proposées en Méditerranée, Corse et Martinique Proposition de sélection de la grille appliquée en Corse, la plus contraignante. Toutes les ME sont en TBE	Pas d'analyses floristiques, proposition de telles analyses dans le projet PHYTORUN		
Mayotte	Étude ARVAM pour la proposition du réseau de surveillance	ACP avec variables hydrologiques (nutriments, MES, CHLA, PHAEO) pour caractériser les ME	Résultats non publiés		

Tableau 2 (suite) : exploitation des données phytoplancton dans les départements français d'Outre-Mer réalisées dans le cadre de la DCE (février

2012).

6. Les données disponibles dans la base Quadrigé² (06/04/2012)

Le tableau 3 présente les données collectées dans le contexte de la DCE (données ImpactMer en Martinique et Pareto en Guadeloupe) ou par des réseaux de surveillance antérieurs, disponibles dans la base Quadrigé² (extraction réalisée par l'Ifremer à la date du 06/04/2012). Ces données sont encore provisoires et ne sont pas toutes qualifiées. Leur exploitation doit ainsi faire l'objet de nombreuses précautions.

Zone	Type		ME		Point		CHLA	FLORTOT	
Guadeloupe	C27	Fond de baie et sortie de baie	FRIC3	Petit Cul de sac	124-P-017	Ilet Gosier	12		
					124-P-018	Caye à dupont	8		
			FRIC7A	Port Louis-Pointe Madame (Grand Cul de Sac)	124-P-022	Ilet à Christophe	12		
	C28	Côte rocheuse peu exposée		FRIC2	Pte du vieux fort-Sainte Marie	124-P-016	Capesterre	12	
						124-P-027	Ti pâté	12	
				FRIC4	Pte Canot-Pte des chateaux	124-P-019	Main Jaune	12	
						124-P-020	Le Moule	12	
	C29	Récifs barrières atlantiques		FRIC7B	Port Louis-Pointe Madame (Grand Cul de Sac)	124-P-023	Pointe des Mangles	12	
						124-P-024	Ilet à Fajou	8	
	C30	Côte rocheuse très exposée et plateau insulaire atlantique		FRIC5	Pte des Chateaux-Pte de la grande Vigie	124-P-021	Pointe des colibris	8	
	C31	Côte rocheuse protégée Caraïbe		FRIC1	Côte Ouest Basse Terre	124-P-014	Sec Pointe à Lézard	12	
						124-P-015	Rocroy - Val de l'orge	8	
	C32	Récifs frangeants et lagons atlantiques		FRIC6	Grande Vigie-Port Louis	124-P-013	Anse Bertrand	13	
FRIC8				Pointe Madame-Pointe du Gros Morne	124-P-025	Tête à l'Anglais	12		
					124-P-026	Ilet Kahouane	8		
Saint Martin	C28	Côte rocheuse peu exposée	FRIC10	Saint Martin (partie française)	143-P-001	Chicot	11		
Martinique	C27	Fond de baie et sortie de baie	FRJC001	Baie de Genipa	125-P-005	Banc Gamelle	8	4	
			FRJC007	Est de la Baie du Robert	125-P-040	Ilets à rats	8	4	
					125-P-052	Baie des Requins	9		
					125-P-043	Baie du Marin	8	4	
			FRJC010	Baie du Marin	125-P-050	Trou Manuel	6		
	FRJC013	Baie du Trésor			125-P-046	Baie du Trésor	11	8	
C29	Récifs barrières atlantiques		FRJC011	Récif barrière Atlantique	125-P-044	Loup Garou	11	8	

Tableau 3 : description des données bancarisées dans la base Quadrige² à la date du 06/04/2012.

Zone	Type		ME		Point		CHLA	FLORTOT		
Martinique	C30	Côte rocheuse très exposée et plateau insulaire atlantique	FRJC004	Nord-Atlantique, plateau insulaire	125-P-037	Loup Caravelle	7	4		
					125-P-038	Cap Saint Martin	10	7		
	C31	Côte rocheuse protégée Caraïbe	FRJC002	Nord Caraïbe	125-P-035	Fond Boucher	8	5		
					FRJC003	Anses d'Arlet	125-P-036	Cap Salomon	11	8
	C32	Récifs frangeants et lagons atlantiques	FRJC006	Littoral du Vauclin à Sainte-Anne	125-P-039	Caye Pariadis	8	4		
					FRJC008	Littoral du François au Vauclin	125-P-041	Pinsonnelle	11	6
					FRJC012	Baie de La Trinité	125-P-045	Loup Ministre	8	5
	C33	Côte abritée à plate forme corallienne	FRJC009	Baie de Sainte-Anne	125-P-042	Pointe Borgnesse	8	5		
					FRJC017	Baie de Sainte-Luce	125-P-047	Corps de Garde	9	7
	C34	Eaux du large de la baie méridionale de Sainte-Luce Diamant	FRJC019	Eaux côtières du Sud et Rocher du Diamant	125-P-048	Rocher du Diamant	11	8		
T13	Mangroves et lagunes côtières	FRJT001	Etang des Salines	125-P-049	Etang des Salines	6				
				FRJT003	Mangrove de la rivière Lézarde	125-P-054	Baie du Lamentin	6		
Réunion	C36	Côte sablo-vaseuse peu exposée du bassin Réunion	FRLC4	FRLC4 - C1 - Pointe des galets - Cap la Houssaye	126-P-020	Saint-Paul	10			
	C37	Côte basaltique moyennement exposée du bassin Réunion	FRLC2	FRLC2 - C2 - Cap la Houssaye - Pointe au sel	126-P-018	La Possession	12			
					FRLC5	FRLC5 - C5 - Pointe de la Cayenne - Pointe de Langevin	126-P-012	Lagon Saint Leu Corne	12	
	126-P-016	Large Ermitage	12							
	C38	Côte mixte (basalte-sable) exposée du bassin Réunion	FRLC9	FRLC9 - C3 - Pointe au sel - Saint Pierre	126-P-013	Lagon Saint Pierre Ravine Blanche	11			
					126-P-021	Saint-Louis	12			
	C39	Côte basaltique exposée du bassin Réunion	FRLC12	FRLC12 - C4 - Saint Pierre - Pointe de la Cayenne	126-P-014	Grande Anse	12			
					FRLC7	FRLC7 - C6 - Pointe de Langevin - Sainte Rose	126-P-003	Pointe de la Table	12	
C40	Côte sablo-vaseuse profonde et exposée du bassin Réunion	FRLC1	FRLC1 - C8 - Sainte Suzanne - Grande Chaloupe	126-P-006	Sainte-Marie	12				
				FRLC3	FRLC3 - C7 - Sainte Rose - Sainte Suzanne	126-P-005	Saint-Benoit	12		

Tableau 3 (suite) : description des données bancarisées dans la base Quadrige² à la date du 06/04/2012.

Pour les 3 départements ultra-marins, 46 points de prélèvement ayant fait l'objet de mesures de **concentration en chlorophylle a** sont recensés dans la base Quadrige². Les données bancarisées couvrent la période située entre mars 2007 et juillet 2011 (une dizaine de mesures par point en moyenne).

En Guadeloupe, 17 points de prélèvement (dont un point dans la ME couvrant le littoral de l'île de Saint Martin), répartis dans 10 ME, permettent de disposer d'informations sur les 6 types de milieux identifiés dans cette région. Les masses d'eau côtières des îles de Saint Barthélémy (FRIC9) et des Saintes (FRIC11) ne sont pas concernées.

En Martinique, 19 points de prélèvements couvrent 14 MEC, 2 points sont situés respectivement dans les MET de l'étang des Salines et de la mangrove de la rivière de la Lézarde. Bien que 2 MET et 5 MEC⁹ n'aient pas été échantillonnées, les 8 types de milieux sont ici aussi représentés. A ces données s'ajoutent les données de l'étude haute fréquence réalisée par Créocéan sur commande de la DEAL Martinique (tous les 15 jours pendant un an) sur 2 points situés dans la baie du Trésor et à proximité du Rocher du Diamant.

Enfin, sur l'île de La Réunion, 10 points de prélèvements se répartissent dans 8 des 9 MEC de la zone. Les 4 ME récifales n'ont fait l'objet d'aucun prélèvement. Les mesures disponibles permettent de décrire les 5 autres types de milieux identifiés sur cette île.

Par ailleurs, des **dénombrements floristiques** ont été réalisés sur 15 points situés dans les MEC de Martinique. L'étude haute fréquence de DEAL Martinique/ Créocéan apporte également un complément d'information important sur la composition des cortèges floristiques observés dans les eaux martiniquaises avec des identifications taxinomiques et des dénombrements par classe de taille pour le pico et le nano-plancton.

7. Description des données de chlorophylle a disponibles dans la base Quadrige² (06/04/2012)

7.1. Distribution de la concentration en chlorophylle a

Les mesures de chlorophylle a témoignent du caractère oligotrophe des eaux côtières des trois départements concernés. Elles sont comprises entre la limite de détection (variant selon la méthode d'analyse et le laboratoire) et 36,5 µg/L.

Les données de Martinique et de Guadeloupe bancarisées dans la base Quadrige² n'ont pas été qualifiées à ce jour. Sur la base de la description des données brutes et d'une expertise¹⁰, et afin d'obtenir une description la plus cohérente et homogène possible, les contrôles suivants ont été opérés.

⁹ MET non échantillonnées : FRJT002 (mangrove du Marin) et FRJT004 (mangrove de la baie de Genipa)

MEC non échantillonnées : FRJC005 (fond ouest de la baie du Robert), FRJC014 (baie du Galion), FRJC015 (nord de la baie de Fort-de-France), FRJC016 (ouest de la baie de Fort-de-France) et FRJC018 (baie du Diamant)

¹⁰ Expertise A. Daniel, Ifremer Brest

Pour la Guadeloupe, la limite de détection retenue pour l'ensemble des mesures de Guadeloupe, quelle que soit la limite renseignée dans la base (0,5 ou 2 µg/L) est fixée à 0,5 µg/L. Les valeurs inférieures à ce seuil de 0,5 µg/L sont remplacées par 0,5 µg/L.

Pour la Martinique, la limite de détection retenue est fixée à 0,1 µg/L. Les valeurs inférieures à ce seuil de 0,1 µg/L sont remplacées par 0,1 µg/L.

Les données de la **Réunion** ayant quant à elles été validées, aucun contrôle n'a été réalisé *a priori*.

Les concentrations les plus élevées sont observées en Guadeloupe, les plus basses à la Réunion (tableau 4). Les figures 1 à 4 présentent la distribution de la concentration en chlorophylle *a* par ME.

Pour chaque région, la distribution de la concentration en chlorophylle *a* varie peu entre les différentes MEC, avec une médiane relativement faible et quelques valeurs «extrêmes».

	Données brutes (en µg/L)									Données « qualifiées » (en µg/L)					
	N	< seuil	N _Q	Min	Q1	Med	Moy	Q3	Max	Min	Q1	Med	Moy	Q3	Max
Guadeloupe	180	51	105	0	0	1,1	1,99	2	36,5	< à 0,5	0,5	0,5	1,77	1,1	36,5
Martinique	164	1	33	0	0,16	0,29	0,99	0,5	30	< à 0,1	0,16	0,29	1	0,5	30
La Réunion	117	0	0	0,04	0,08	0,12	0,14	0,18	0,72	0,04	0,08	0,12	0,14	0,18	0,72
Total	461	52	138	0	0,1	0,21	1,17	1	36,5	0,04	0,15	0,4	1,09	0,5	36,5

Tableau 4 : statistiques descriptives avant et après les procédures de qualification

N : effectif, < seuil : nombre de valeurs inférieures au seuil de détection, N_Q : nombre de données modifiées suite aux critères définis ci-dessus. Q1 - Med - Q3 : 1er, 2ième (médiane) et 3ième quartiles

Seules les masses d'eau de transition de Martinique se distinguent avec des concentrations plus élevées, notamment l'étang des Salines (FRJT001) et dans une moindre mesure la mangrove de la rivière de la Lézarde (FRJT003).

Cette grande homogénéité ne permet pas de distinguer les différents types de milieux qui semblent relativement proches au regard de la concentration en chlorophylle *a*.

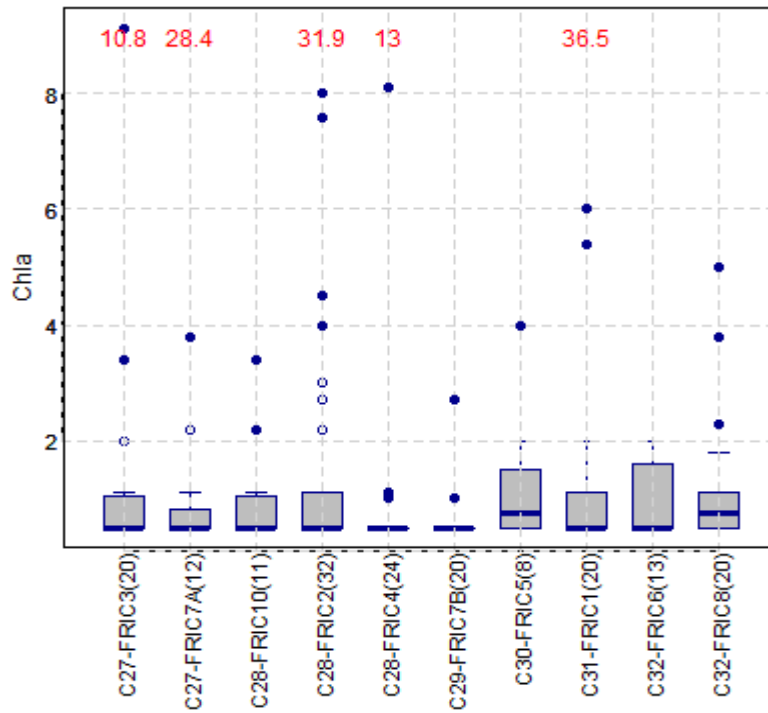


Figure 1 : Guadeloupe – Boîtes à moustaches de la concentration en chlorophylle a par masse d'eau. Le code de la ME est précédé du code du type auquel elle appartient. Le nombre de mesures est indiqué entre parenthèses. Pour des raisons de lisibilité, les valeurs les plus élevées ne sont pas représentées mais sont indiquées en rouge.

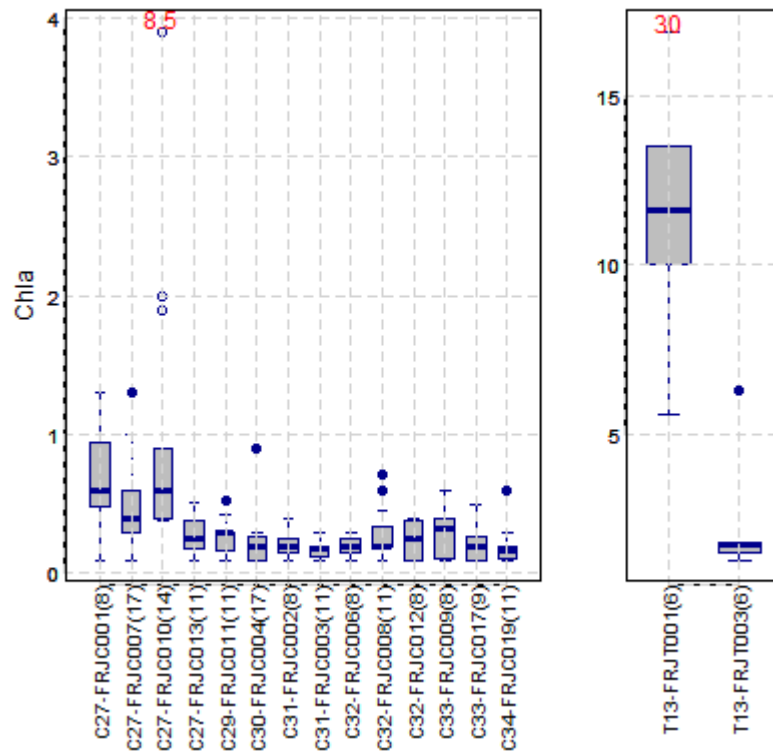


Figure 2 : Martinique - Boîtes à moustaches de la concentration en chlorophylle a par masse d'eau.

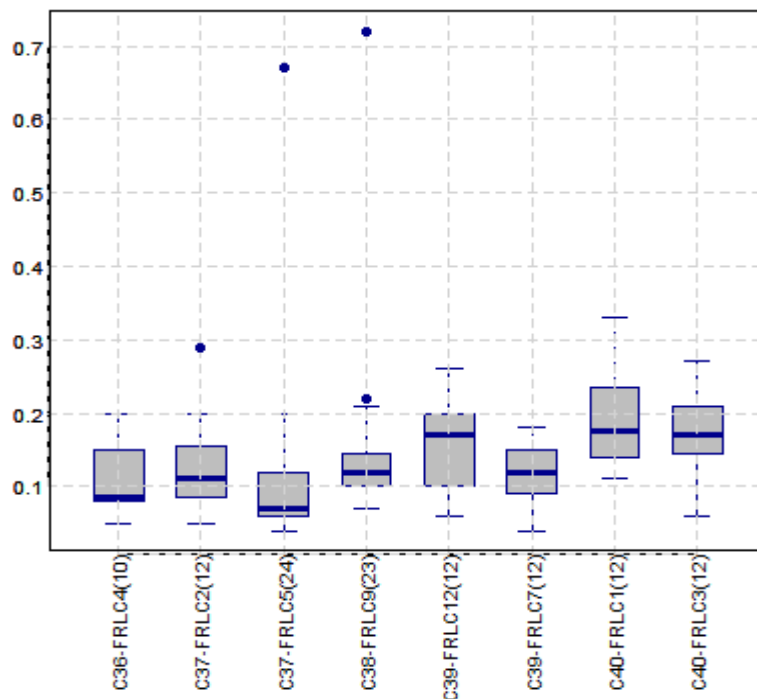


Figure 3 : La Réunion - Boîtes à moustaches de la concentration en chlorophylle a par masse d'eau.

Le code de la ME est précédé du code du type auquel elle appartient. Le nombre de mesures est indiqué entre parenthèses. Pour des raisons de lisibilité, les valeurs les plus élevées ne sont pas représentées mais sont indiquées en rouge.

7.2. Variations temporelles de la concentration en chlorophylle a

L'évolution temporelle de la concentration en chlorophylle a apparaît, elle aussi, relativement uniforme. L'examen des séries temporelles par masse d'eau ne permet pas de dégager un schéma de variabilité intra-annuelle marqué (figures 4 à 6). Les boîtes à moustaches de l'ensemble des mesures disponibles par mois et pour chaque zone confirme cette observation (figure 7).

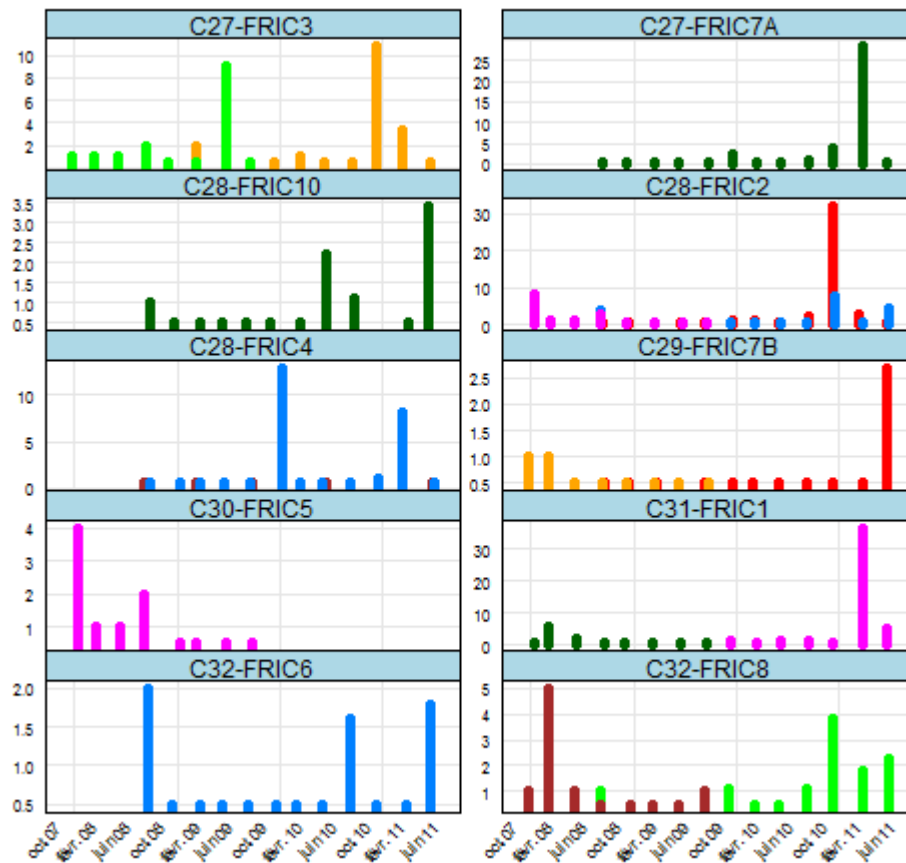


Figure 4 : Guadeloupe : séries temporelles de la concentration en chlorophylle a par masse d'eau. Les différentes couleurs représentent les points d'échantillonnage. Pour des raisons de lisibilité, l'échelle varie entre les graphiques.

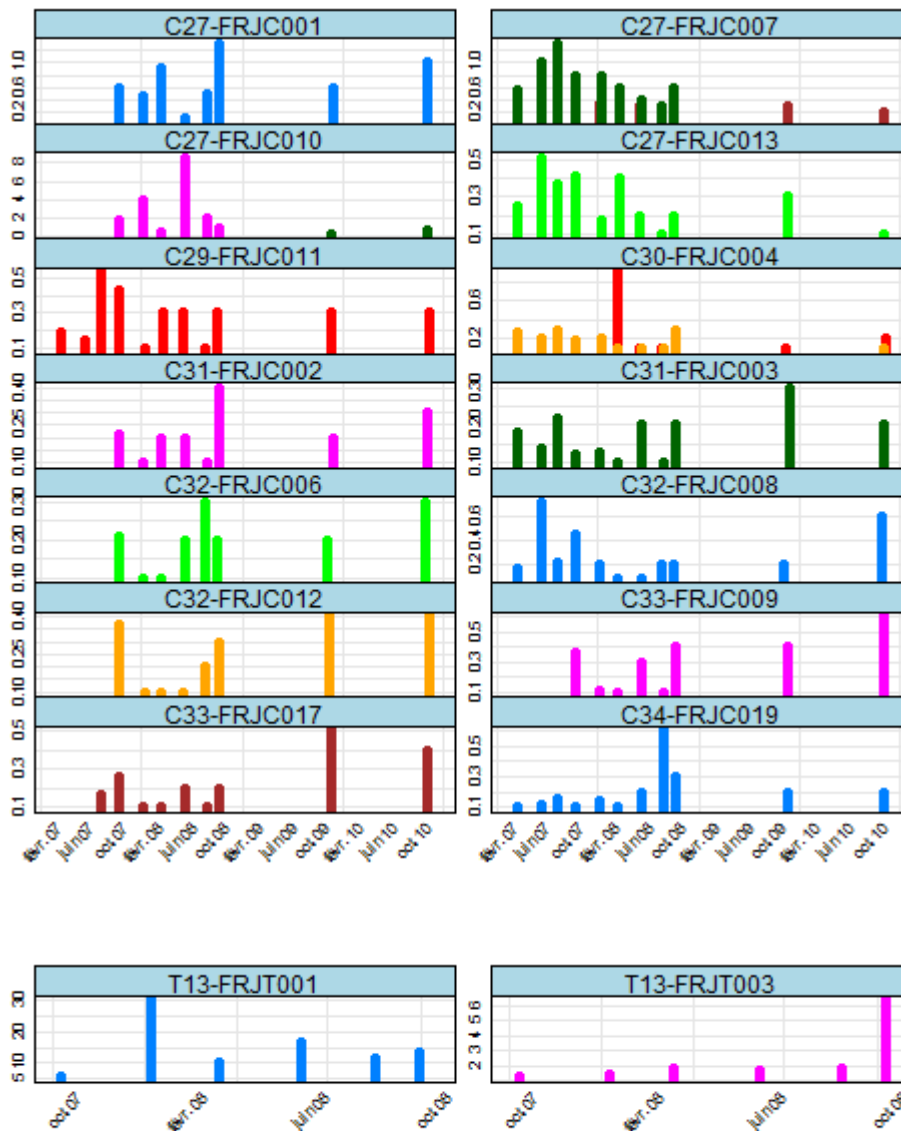


Figure 5 : Martinique : séries temporelles de la concentration en chlorophylle a par masse d'eau. Les différentes couleurs représentent les points d'échantillonnage. Pour des raisons de lisibilité, l'échelle varie entre les graphiques.

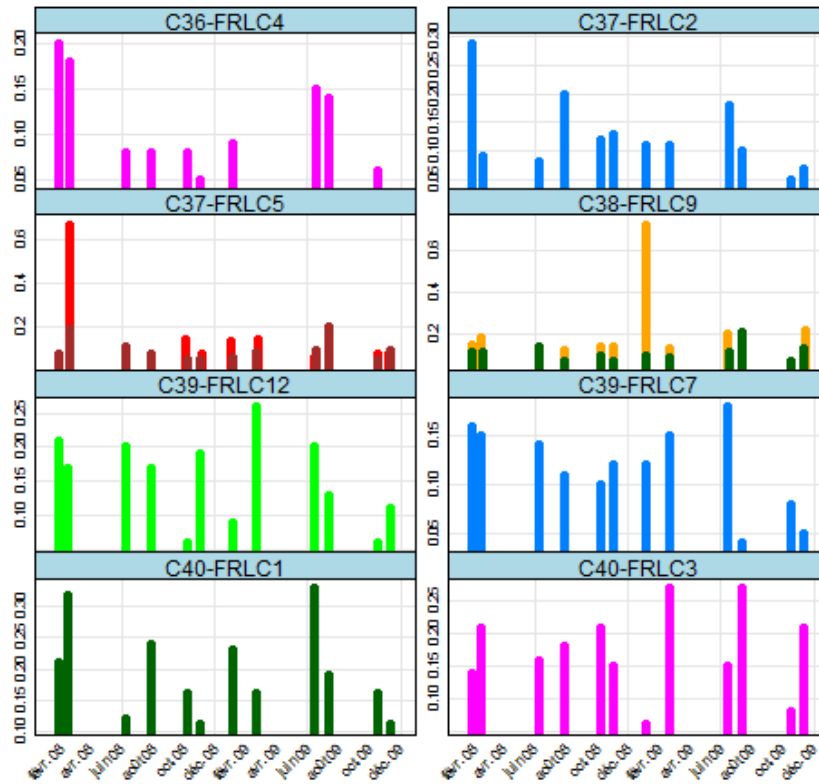


Figure 6 : La Réunion : séries temporelles de la concentration en chlorophylle a par masse d'eau. Les différentes couleurs représentent les points d'échantillonnage.

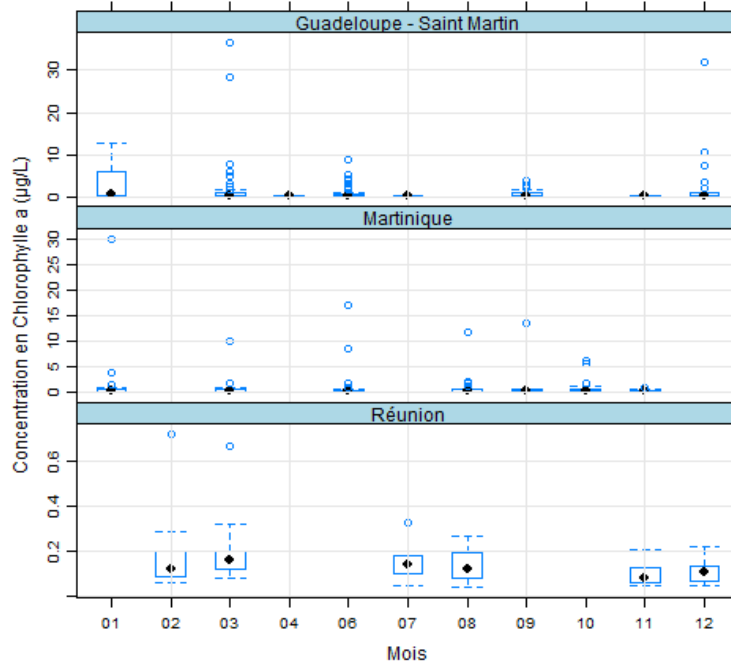


Figure 7 : distribution de la concentration en chlorophylle a par mois

8. Les métriques et seuils proposés pour l'indicateur « Phytoplancton » dans les départements d'Outre-Mer

L'analyse descriptive des données de chlorophylle a disponibles présentée ici confirme le caractère oligotrophe des eaux côtières antillaises et réunionnaises.

Dans des études antérieures, différents tests ont été réalisés en Martinique pour l'indice biomasse (Impact Mer, 2010, 2011) et à la Réunion (Ifremer, 2010, projet « Bon Etat ») sur la base des grilles proposées en Métropole ou de grilles spécifiquement élaborées en Martinique.

L'analyse conjointe de l'ensemble des données récemment bancarisées dans la base Quadrigé² (après mise en œuvre des différents contrôles présentés au paragraphe 7 du présent rapport) a permis d'actualiser ces simulations et d'affiner la proposition de grilles pour l'indice biomasse adaptées aux eaux ultra-marines¹¹.

Il convient néanmoins de souligner que les données actuelles ne permettent pas de décrire de manière fine la variabilité spatio-temporelle de la concentration en chlorophylle a. Dans ce contexte, les suivis envisagés en Martinique pour l'année 2012 apporteront des éléments indispensables pour orienter les stratégies d'échantillonnage pertinentes.

¹¹ Gailhard-Rocher I., Artigas L.F., Belin C., Lamoureux A., 2012. Livrable 2 de la Convention Ifremer / ONEMA 2011. Mise en place de la DCE dans les DOM – Indicateur « phytoplancton ». Application de différentes grilles pour l'indice biomasse à partir des données disponibles

Par ailleurs, l'absence de données en Guyane ne permet pas de compléter la description des eaux côtières et de transition de ce territoire, mais les caractéristiques de cette zone (influence prépondérante de l'Amazone) et la littérature disponible montrent qu'elle se distingue nettement, avec des eaux plus productives. Au vu de ces premiers éléments, il apparaît donc nécessaire de développer des grilles et/ou des indices spécifiques pour l'indicateur phytoplancton dans les ME Guyanaises.

Concernant **l'indice abondance**, des analyses complémentaires sont nécessaires, notamment afin de décrire plus finement les abondances des espèces ou de groupes d'espèces, notamment par classe de taille, et la composition des cortèges floristiques. Les données actuellement disponibles et récemment bancarisées sont cependant rares et ne sont pas représentatives spatialement. Les acquisitions de nouvelles données représentent ici aussi de réelles perspectives pour cet indice.

Enfin, des travaux sont en cours pour la proposition d'un nouvel indice de **composition** au niveau national, la pertinence de cet indice dans les départements d'Outre-Mer devra elle aussi être évaluée à l'issue de ces nouveaux développements.

9. Références

Agard J.B.R., Hubbard R.H., Griffith J.K., 1996. The relation between productivity, disturbance and the biodiversity of Caribbean phytoplankton: applicability of Huston's dynamic equilibrium model. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 202:1-17.

Artigas, L.F., I. do Rosario Marinho-Jaussaud, J.-F. Ternon, M. Thyssen, M. Baklouti, B. Beker & Guiral D., 2007. Bacterioplankton dynamics and ecological role in estuarine, coastal and shelf waters of French Guiana. Proc. VIII Workshop ECOLAB, Macapá, AP, Brazil, August 6-12, 2007 pp. 6-16.

Artigas L.F., Otero E., Paranhos R., Gómez M.L., Piccini C., Costagliola M., Silva R., Suárez P., Gallardo V.A., Hernández-Becerril D.U., Chistoserdov A., Vieira R., Perez-Cenci M., Ternon J.F., Beker B., Thyssen M., Dionisi H., do Rosario Marinho-Jaussaud I., Gonzalez A., Hurtado C., Parra J.P., Alonso C., Hozbor C., Peressutti S., Negri R., Espinoza C., Cardoso A., Martins O., Covacevich F., Berón C. & Salerno G.L., 2008. Towards a Latin American and Caribbean international census of marine microbes (LACar – ICoMM) : overview and discussion on some current research directions. *International Journal of Tropical Biology*, 56 (1), pp. 183-214

ARVAM, 2010. Définition des réseaux de surveillance « qualité des masses d'eau côtières » de Mayotte. Rapport final. Tome : synthèse et propositions, 149 p. + annexes.

Asconit Consultants, Impact Mer, 2005. État des lieux du district hydrographique de la Martinique.

Tome 1. Caractérisation du District. Rapport pour: DIREN Martinique, Comité de Bassin de la Martinique, ODE Martinique, 175 p.

Tome 2. Description des masses d'eau. Rapport pour: DIREN Martinique, Comité de Bassin

de la Martinique, ODE Martinique, 7 p.

Asconit Consultants, 2006. Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) de Mayotte. Etat des lieux et définition des problèmes principaux. 3 tomes, synthèse + atlas cartographique.

BCEOM, ARVAM, PARETO ECOCONSULT., 2005. Etat des lieux du district hydrographique de la Réunion. Rapport pour DIREN Réunion, 189 p + annexes

Broutin M, Caffier G., Madi F., Artigas L.P., 2010. Convention CNRS - Ifremer. Synthèse bibliographique sur les techniques de suivi de l'abondance, biomasse, et diversité du phytoplancton en eaux marines, 15 p.+ annexes.

Buchet R., 2009. Etat des lieux des travaux DCE relatifs aux masses d'eau littorales dans les DOM. Rapport Ifremer/DYNECO/VIGIES, 89 p. + annexes.

Caffier G., Artigas L.P., 2010 (a). Convention CNRS - Ifremer. Synthèse bibliographique de la composition floristique phytoplanctonique en milieux estuariens, 120 p. + annexes.

Caffier G., Artigas L.P., 2010 (b). Convention CNRS - Ifremer. Mise en place de la DCE dans les D.O.M (élément de qualité phytoplancton), 45 p.+ annexes.

Carvalho L, Phillips G, Maberly S and Clarke R, 2006b. Chlorophyll and Phosphorus Classifications for UK Lakes. Final Report to SNIFFER (Project WFD38), Edinburgh, October 2006, 81 pp.

CREOCEAN, AQUASCOP, BRGM., 2006. Directive Cadre sur l'Eau - État des lieux : caractérisation du district hydrographique de la Guyane et registre des zones protégées. Rapport pour Comité de bassin de la Guyane, DIREN Guyane, 192 p.

CREOCEAN – ONEMA, 2011. Acquisition de connaissance sur le compartiment phytoplancton dans les masses d'eau côtières de Martinique. Pertinence du suivi pour la DCE. Rapport final - version provisoire V0, 74 p. + annexes.

DIREN Guadeloupe, SCE, CREOCEAN., 2005. Directive Cadre, état des Lieux, 186 p.

Goffart, A., 2010 (a). Convention ONEMA-Ifremer. Mise au point de l'indice composition dans le cadre de l'indicateur phytoplancton. Les indices de composition phytoplanctonique en eaux côtières – synthèse bibliographique. 36 p.

Goffart, A., 2010 (b). Convention ONEMA-Ifremer. Mise au point de l'indice composition dans le cadre de l'indicateur phytoplancton. Traitement des données pigmentaires des eaux côtières corses pour le développement d'un indice de composition phytoplanctonique. 20 p.

Goffart A., 2011. Convention ONEMA - Ifremer – STARESO : Mise au point de l'indice composition dans le cadre de l'indicateur phytoplancton. Traitement des données pigmentaires des eaux côtières corses pour le développement d'un indice de composition phytoplanctonique

Hargraves, P.W., R.W. Brody and P.W. Burkholder, 1970. A study of phytoplankton in the Lesser Antilles region. Bull. Mar. Sci., Vol. 20, pp. 331-349.

Ifremer, Délégation Océan Indien, 2010. Projet "Bon Etat" - Définition du bon état chimique et écologique des eaux littorales réunionnaises au regard de la Directive cadre sur l'eau et proposition d'indicateurs associés. Rapport interne Ifremer RST-DOIRUN/2010-05, 84 p. + annexes.

Ifremer, Délégation Océan Indien, 2010. Projet "Bioindication" – Rapport d'activité 2009. Rapport interne Ifremer RST-DOI/2010-09, 20 p. + annexes.

Impact Mer, 2006. Définition du réseau de surveillance des masses d'eau littorales de la Martinique- Directive cadre Européenne sur l'Eau. Rapport pour le compte de DIREN Martinique, 70 p + annexes.

Impact Mer, 2009. Réalisation du contrôle de surveillance des Masses d'Eau Côtières et de Transition de Martinique. Années 2007/2008. Rapport de synthèse, Tranche conditionnelle 2008 et bilan des résultats 2007/2008, 145 p. + annexes.

Impact Mer, 2010. Suivi des stations des Réseaux de Référence et de Surveillance des Masses d'Eau Côtières et de Transition au titre de l'année 2009. Volet Biologie. Rapport de synthèse : Réseau de référence, 152 p. + annexes.

Impact Mer, 2011. Suivi des stations des Réseaux de Référence et de Surveillance des Masses d'Eau Côtières et de Transition au titre de l'année 2010. Volet Biologie. Rapport de synthèse : Réseau de référence, 182 p. + annexes.

IRD, Convention DIREN GUYANE – IRD (38-39 A1). Pour la définition et la mise en œuvre de la DCE en vue de l'évaluation de la qualité écologique et chimique des eaux littorales de Guyane Rapport 4.1 Comparaison saison des pluies / saison sèche. Bilan et Conclusion Les eaux côtières, 26 p.

IRD, Convention DIREN GUYANE – IRD (38-39 A1). Pour la définition et la mise en œuvre de la DCE en vue de l'évaluation de la qualité écologique et chimique des eaux littorales de Guyane Rapport 4.2 Comparaison saison des pluies / saison sèche. Bilan et Conclusion Les eaux de transition, 15 p.

Jaussaud I., 2007. Caractérisation et dynamique comparée du phytoplancton et du bactérioplancton en eaux côtières équatoriales (Guyane Française). Thèse de Doctorat Université du Littoral, 194 p.

Jaussaud I., Artigas L.F., Ternon J.F. & Guiral D., 2007. Structure et succession des communautés phytoplanctoniques dans les eaux côtières sous l'influence amazonienne (Guyane française). *Proceedings du VII Colloque International ECOLAB*, Macapa-AP, Brasil, 3-6 août 2007 : pp. 65-71.

Lampert L. & Artigas L.F., 2010. Réflexions sur la mise en place des suivis et études préliminaires DCE « phytoplancton » dans les DOM-TOM, 6p.

Maia De Oliveira C., 2000. Le phytoplancton estuarien de deux fleuves de Guyane Française (l'Iracoubo et le Sinnamary) : caractérisation du milieu, composition et diversité spécifique. Thèse de Doctorat (PhD), université de Paris 6, 254p.

Paulmier G., 1993. Microplancton des eaux marines et saumâtres de la Guyane et des Antilles françaises. I. Ecologie du microplancton des eaux marines et saumâtres guyanaises. II. Cyanophycées et Diatomophycées. OSTROM, Etudes et Thèses, 436 p.

Paulmier G., 2004. Les Dinophycées (Pyrrhophyta, Dinoflagellata) de la Guyane, des Antilles françaises et des aires marines adjacentes. Mémoires de l'institut océanographique. Fondation Albert I^{er}, Prince de Monaco. 269p.

PARETO, IMPACT MER, ARVAM, ASCONIT, R.N. ST-MARTIN, 2010. Directive Cadre sur l'Eau : réalisation du contrôle de surveillance des masses d'eau littorales de la Guadeloupe. Biologie, Physico-chimie, Hydro-morphologie. Rapport de synthèse de la 2^{ème} année de suivi. Tranche conditionnelle n°1 (2009-2010), rapport final, septembre 2010, 91 pages + annexes.

PARETO, IMPACT MER, ARVAM, ASCONIT, R.N. ST-MARTIN, 2011. Directive Cadre sur l'Eau : réalisation du contrôle de surveillance des masses d'eau littorales de la Guadeloupe. Biologie, Physico-chimie, Hydromorphologie. Rapport de synthèse de la 3^{ème} année de suivi. Tranche conditionnelle n°2 (2010-2011), rapport final, novembre 2011, 130 pages + annexes.

Soudant D. & Belin C., 2009. Evaluation DCE décembre 2008. Elément de qualité phytoplancton. Rapport interne Ifremer R.INT.DIR/DYNECO/VIGIES/03-09/DS, 160 p.

Soudant D. & Belin C., 2010. Evaluation DCE janvier 2010. Elément de qualité phytoplancton. Rapport interne Ifremer R.INT.DIR/DYNECO/VIGIES/10-03/DS, 19 p. + annexes.

Soudant D. & Belin C., 2011. Note sur l'approche statistique de la diversité en écologie. Application à l'indice composition pour le phytoplancton. Rapport interne Ifremer R.INT.DIR/DYNECO/VIGIES/11-02/DS, 15 p. + annexes.

Tett P., Carreira C., Mills D.K., Van Leeuwen S., Foden J., Bresnan E. and Gowen R.J., 2008. Use of a Phytoplankton Community Index to assess the health of coastal waters. ICES Journal of Marine Science 65, pp. 1475–1482.

Tunin Ley A., Maurer D., 2011. Mise en œuvre opérationnelle d'un système couplé de numérisation (FlowCAM) et de traitement d'images (PhytoImage) pour l'analyse automatisée, ou semi-automatisée, de la composition phytoplanctonique d'échantillons d'eau de mer - Premières étapes. Rapport interne Ifremer RST/LER/AR/11/002, 60 p. + annexes.