



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

***Rapport sur l'application de possibles  
indices phytoplanctoniques dans les DOMs  
à partir de l'analyse des données  
disponibles.***

***Catherine Belin – Ifremer***

***Février 2012***



**RAPPORT DE SYNTHÈSE**  
**Convention CNRS-IFREMER**

**Mise en place de la DCE dans les DOM –  
Indicateur « phytoplancton »  
Bilan de l'existant et perspectives**

Février 2012  
Isabelle GAILHARD-ROCHER  
Luis Felipe ARTIGAS



## Sommaire

<b>1. Contexte national de la mise en œuvre de la DCE – Indicateur « phytoplancton »</b> .....	<b>3</b>
1.1 La Directive Cadre sur l'eau.....	3
1.2 L'élément de qualité « phytoplancton » de la DCE.....	4
1.2.1. Fréquence et période d'échantillonnage en France métropolitaine.....	4
1.2.2 Indice biomasse.....	5
1.2.3 Indice abondance.....	5
1.2.4 Indice composition.....	5
1.2.5 Indicateur phytoplancton.....	5
<b>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</b> .....	<b>6</b>
2.1. Pertinence de l'indicateur de qualité « phytoplancton » de la DCE.....	6
2.2. Autres indicateurs phytoplanctoniques.....	7
2.2.1. Les indicateurs testés dans le cadre de la DCE.....	7
2.2.2. Perspectives de développement de nouveaux indicateurs.....	7
<b>3. Le cas des estuaires turbides</b> .....	<b>8</b>
<b>4. Les données « phytoplancton » dans les départements d'Outre-Mer</b> .....	<b>8</b>
<b>5. Les données disponibles dans la base Quadrige<sup>2</sup> (13/01/2012)</b> .....	<b>14</b>
<b>6. Conclusions des études menées dans le cadre de la DCE dans les départements d'Outre-Mer</b> ....	<b>16</b>
<b>7. Perspectives</b> .....	<b>16</b>
<b>8. Références</b> .....	<b>18</b>

# 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)<sup>1</sup> 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 »<sup>2</sup>. 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.

**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.

---

<sup>1</sup> 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.

<sup>2</sup> 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.

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 composition<sup>3</sup>.

### 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.

---

<sup>3</sup> 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.

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://envliit.ifremer.fr/>

### 1.2.2. Indice biomasse

Le paramètre choisi pour l'évaluation de la biomasse est la chlorophylle *a* (Chl<sub>a</sub>). 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 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	0,5	
MEC Martinique – seuils provisoires	0.1-1-5-10		

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

Le paramètre est le résultat d'un dénombrement de taxons nuisibles. La métrique est le pourcentage d'échantillons en « état bloom » au regard de ces taxons nuisibles et des seuils définis précédemment. La grille des indices retenue est (10 - 17 - 35 - 80), la grille des EQRs est (0.02 - 0.04 - 0.08 - 0.14) et la valeur de référence est 1.39. Cette métrique est elle aussi l'indice de composition.

### 1.2.5. Indicateur phytoplancton

L'indicateur de l'élément de qualité phytoplancton résulte de la combinaison de ces trois 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 trois EQRs. Il varie 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, abondance et composition (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.

## 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 part 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 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**, qui cible particulièrement les espèces toxiques et nuisibles, semble, 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.

## **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). 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* ou encore images satellitales), faisant actuellement l'objet de recherches à propos de leur applicabilité (Goffart, 2010b ; Broutin *et al.*, 2011 ; projet DYMAPHY<sup>4</sup>), 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 BEEST<sup>5</sup> ; Projet LITEAU2<sup>6</sup>). Dans ce contexte, l'évaluation de la pertinence de l'indicateur phytoplancton dans les MET ultra-marines, et notamment les mangroves, pourraient être approfondie, à l'instar de la réflexion engagée en Guyane (Lampert et Artigas, 2010).

### **4. Les données « phytoplancton » dans les départements d'Outre-Mer**

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.

---

<sup>4</sup> 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](http://www.dymaphy.eu)

<sup>5</sup> Synthèse du Projet BEEST : Vers une approche multicritère du Bon Etat Ecologique des grands ESTuaires. Juin 2011

<sup>6</sup>Programme LITEAU2 - Evaluation de la qualité biologique des milieux littoraux semi-fermés. Juillet 2007

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.

	<b>Martinique</b>	<b>Guadeloupe</b>	<b>Guyane</b>	<b>La Réunion</b>	<b>Mayotte</b>
<b>Réalisation du suivi DCE</b>	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
<b>Délimitation des ME</b>	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
<b>Nombre de ME DCE</b>	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
<b>Réseau de référence et de surveillance</b>	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
<b>Période</b>	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)

	<b>Martinique</b>	<b>Guadeloupe</b>	<b>Guyane</b>	<b>La Réunion</b>	<b>Mayotte</b>
<b>Fréquence annuelle</b>	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)
<b>Concentration en chlorophylle a</b>	Oui <b>pour les MEC</b> – 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
<b>Composition floristique</b>	Oui <b>pour les MEC</b> 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
<b>Accessibilité des données (décembre 2011)</b>	Données DCE ImpactMer en cours de bancarisation dans la base Q <sup>2</sup> Intégration des données Créocéan début 2012	Bancarisation des données DCE PARETO dans Q <sup>2</sup> en voie de finalisation, mais problèmes de qualité	Données IRD Pas de saisie dans Q <sup>2</sup>	Bancarisation des données RNO hydro et RHLR jusqu'en 2009 2010 en cours de saisie	Non, problèmes techniques
<b>Références</b>	ImpactMer, 2009, 2010, 2011 Créocéan, 2011	PARETO, 2010	IRD, campagnes 2009 Résultats 2010 non disponibles	Ifremer, projet Bon Etat	ARVAM, 2010
<b>Autres références, sources de données ou suivis</b>	Hargraves, 1970 Agard, 1996 RNO hydro (depuis 2002, hydro+nut., [Chla] à venir) <b>Sans phytoplancton :</b> <b>RÉ</b> seau national de surveillance de la qualité de l'eau et des sédiments dans les <b>PO</b> rts <b>Ma</b> ritimes (REPOM) (nut. + séd. depuis 2002) Contrat de baie Fort de France	Hargraves, 1970 Agard, 1996 <b>Sans phytoplancton :</b> 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

	<b>Analyses statistiques</b>	<b>Biomasse</b>	<b>Abondance</b>	<b>Composition</b>	<b>Taxa toxiques</b>
<b>Martinique</b> 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)	<b>Analyses essentiellement descriptives</b>  <b>Traitement multivarié</b> pour le suivi DCE en 2010 (ImpactMer, 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>
	<b>Indices DCE</b>	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)
	<b>Variabilité saisonnière</b>	Faible Maximum en intersaison	Oui Maximum en fin d'hiver (août à oct), avec des cycles très ≠ entre sites	Oui	Oui
	<b>Variabilité inter-annuelle</b>	Oui	Oui	Oui	Taxa toxiques présents toute l'année en faible concentration
	<b>Variabilité spatiale</b>	Oui	Seulement 2 sites Cycles très ≠ entre les deux sites	Oui	
	<b>Environnement</b>	T° élevées, salinités faibles			En période de pluies, lessivage

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
<b>Martinique</b> ImpactMer, 2009, 2010, 2011 Créocéan, 2011 2 sites de juillet 2010 à juin 2011 (suite)	<b>Conclusions / Recommandations</b>	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	<b>MEC</b> 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 <b>MET</b> Biomasses très supérieures en saison sèche	<b>MEC</b> Pas d'estimation de densités absolues en raison de la charge particulaire. 140 à 260 cell/prél	<b>MEC</b> 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	
	<b>Indices DCE</b>	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
	<b>Variabilité saisonnière</b>	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).

	<b>Analyses statistiques</b>	<b>Biomasse</b>	<b>Abondance</b>	<b>Composition</b>	<b>Taxa toxiques</b>
Guyane Etudes IRD (suite)	<b>Variabilité inter-annuelle</b>	x	x	x	x
	<b>Variabilité spatiale</b>	Oui			
	<b>Environnement</b>	Pas de liens examinés entre variables physico-chimiques et phytoplancton. MET : très turbides, importance du phytobenthos, spécificité de chaque estuaire			
	<b>Conclusions</b>	Révision des MEC (plusieurs points de prélèvements) et MET (uniquement sur les débits) : 9 MET ou 8 + 1 ME fortement modifiée, Intégration images satellitaires, 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).

## 5. Les données disponibles dans la base Quadriges<sup>2</sup> (13/01/2012)

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 Quadriges<sup>2</sup> (extraction réalisée par l'Ifremer à la date du 13/01/2012). Ces données sont encore provisoires et ne sont pas qualifiées. Leur exploitation doit ainsi faire l'objet de nombreuses précautions.

Zone	Type	Masse d'eau	Point	CHLA	FLORTOT			
Guadeloupe	C27	Fond de baie et sortie de baie	FRIC3	Petit Cul de sac	124-P-017	Ilet Gosier	10	
					124-P-018	Caye à dupont	8	
			FRIC7A	Port Louis-Pointe Madame (Grand Cul de Sac)	124-P-022	Ilet à Christophe	10	
	C28	Côte rocheuse peu exposée	FRIC2	Pte du vieux fort-Sainte Marie	124-P-016	Capesterre	10	
					124-P-027	Ti pâté	10	
					124-P-028	Gros cap	8	
			FRIC4	Pte Canot-Pte des chateaux	124-P-019	Main Jaune	10	
			124-P-020	Le Moule	10			
	C29	Récifs barrières atlantiques	FRIC7B	Port Louis-Pointe Madame (Grand Cul de Sac)	124-P-023	Pointe des Mangles	10	
					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	10	
					124-P-015	Rocroy - Val de l'orge	7	
	C32	Récifs frangeants et lagons atlantiques	FRIC6	Grande Vigie-Port Louis	124-P-013	Anse Bertrand	11	
FRIC8			Pointe Madame-Pointe du Gros Morne	124-P-025	Tête à l'Anglais	10		
				124-P-026	Ilet Kahouane	8		
Saint Martin	C28	Côte rocheuse peu exposée	FRIC10	Saint Martin (partie française)	143-P-001	Chicot	9	
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 Quadriges<sup>2</sup> à la date du 13/01/2012.

Zone	Type	Masse d'eau		Point	CHLA	FLORTOT				
Martinique (suite)	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	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		
La 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			
					126-P-012	Lagon Saint Leu Corne	12			
					126-P-016	Large Hermitage	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	
C41	Récifs frangeants et pentes externes associées du bassin Réunion	FRLC10	FRLC10 - RC3 - Etang salé							
				FRLC11	FRLC11 - RC4 - Saint Pierre					
				FRLC6	FRLC6 - RC1 - Saint Gilles					
				FRLC8	FRLC8 - RC2 - Saint Leu					

Tableau 3 (suite) : description des données bancarisées dans la base Quadrige<sup>2</sup> à la date du 13/01/2012.



## 6. Conclusions des études menées dans le cadre de la DCE dans les départements d'Outre-Mer

- Les études spécifiques sur le phytoplancton **en Martinique** sont celles initiées dans le contexte de la DCE. Si ces études soulignent le manque de données historiques, elles ont néanmoins permis l'acquisition de connaissances sur les communautés phytoplanctoniques observées sur le littoral martiniquais. Au vu de ces premières informations, les indicateurs DCE développés pour la Métropole ne semblent pas adaptés aux eaux antillaises. Outre la grande spécificité des masses d'eau de transition (Mangroves), les masses d'eau côtières sont des milieux littoraux oligotrophes. Pour ces dernières, les indicateurs DCE pourraient donc se baser sur ceux développés en Méditerranée.  
Concernant les MET, aucun prélèvement pour l'indicateur phytoplancton n'a été réalisé, ce dernier ayant été considéré comme non pertinent (comme dans les estuaires turbides de métropole). Malgré quelques mesures de concentration en chlorophylle a, la rareté des données peut limiter une réflexion approfondie sur l'indicateur phytoplancton dans les MET, à l'instar de celle initiée en métropole pour les estuaires turbides.  
Ces études mettent également en exergue la difficulté à d'identification de sites de référence au sens DCE (ie, non impactés).
- **En Guadeloupe**, des problèmes analytiques n'ont pas permis l'exploitation et l'interprétation des mesures de chlorophylle a disponibles.
- Les études de l'IRD montrent la nécessité de redéfinir les ME de **Guyane**, notamment la MEC qui doit être subdivisée (différences quantitatives et qualitatives entre les secteurs Est (influence de l'Amazone) et Ouest, différences côte-large).
- Les données historiques collectées dans le cadre du RNO et du RHLR constituent une base pertinente pour orienter la mise en œuvre de la DCE à **La Réunion**. Cependant, cette mise en œuvre devra également s'appuyer sur des études spécifiques sur la composition des cortèges (PHYTORUN).  
Des études ont été initiées dans le cadre de la DCE, et en s'appuyant sur les travaux réalisés à La Réunion, elles devraient elles aussi apporter des éléments pertinents pour la mise en œuvre de la directive.

## 7. Perspectives

Au vu de l'ensemble des études réalisées, plusieurs pistes de développement peuvent être envisagées :

- Les données collectées par les Bureaux d'Étude en Martinique et en Guadeloupe sont désormais intégrées dans la base Quadrigé<sup>2</sup> (Q<sup>2</sup>). La non qualification des données, les problèmes de qualité qui en découlent, et les problèmes analytiques rencontrés (hétérogénéité des méthodes de quantification, des seuils de détection...) pourraient limiter l'exploitation des mesures de concentration en chlorophylle a, notamment en Guadeloupe, mais l'application des procédures automatisées de calcul de l'indice biomasse disponibles dans Q<sup>2</sup> (avec les différentes grilles proposées en Métropole et en Martinique) sur les données de Martinique pourrait permettre de dégager des perspectives :
  - pour la validation ou la ré-évaluation des seuils de l'indice biomasse
  - pour l'identification d'une période productive au cours de laquelle pourraient être réalisés des dénombrements permettant le calcul de l'indice abondance.

- Il conviendra par la suite d'évaluer la pertinence de l'application des mêmes grilles :
  - pour les MEC de Guadeloupe (exploitation des données disponibles, avec les limites dues aux problèmes analytiques).
  - Mais aussi aux autres départements ultra-marins de l'océan indien, sur la base des données RNO/RHLR disponibles à la Réunion (eaux également oligotrophes).
- En Guyane : le contexte environnemental étant très différent, la définition de grilles spécifiques à ce département devrait se baser, en complément des études IRD (données non disponibles), sur l'exploitation des données collectées dans le cadre de travaux doctoraux (Jausaud, 2007), qui pourraient apporter en outre des éléments utiles pour la définition des réseaux de surveillance, des périodes d'échantillonnage.
- Dans le contexte complexe de la définition de l'état de référence, les études plus au large, telles que les campagnes CHICO en Guyane ou autres références bibliographiques, pourraient apporter des éléments nouveaux sur l'écologie du phytoplancton dans les milieux océaniques tropicaux.
- Les réflexions sur l'indice composition et l'indicateur phytoplancton dans les MET ultra-marines, telles que les Mangroves, milieux très spécifiques et très turbides, doivent s'intégrer dans le contexte des travaux nationaux en cours sur ces deux sujets.
- Enfin, l'ensemble des travaux sur les indices concernant le phytoplancton doivent intégrer la connaissance du contexte environnemental et les spécificités hydro-climatiques des ME (la définition des périodes d'échantillonnage peut, par exemple, varier en fonction de ces caractéristiques).

## 8. 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 Bz »assin 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-Ifrermer. 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-Ifrermer. 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.

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.

Ifrermer, 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. RST-DOIRUN/2010-05, 84 p. + annexes.

Ifrermer, Délégation Océan Indien, 2010. Projet "Bioindication" – Rapport d'activité 2009. 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., L. F. Artigas, J. F. TERNON & D. Guiral. 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 et 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<sup>er</sup>, 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<sup>ème</sup> année de suivi. Tranche conditionnelle n°1 (2009-2010), rapport final, septembre 2010, 91 pages + annexes.

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

Soudant D., Belin C, 2010. Evaluation DCE janvier 2010. Elément de qualité phytoplancton. 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. 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.

# Réflexions sur la mise en œuvre du réseau de surveillance et de suivis complémentaires DCE « phytoplancton » en Martinique

Wimereux, Décembre 2011

En Martinique, la mise en œuvre de la DCE a conduit à différentes études pouvant permettre d'orienter la surveillance concernant l'indicateur phytoplancton :

Le contrôle de surveillance opéré par le bureau d'étude Impact Mer permet de disposer :

- de mesures de concentrations en chlorophylle *a* trimestrielles,
  - sur les 7 sites de référence des MEC entre 2007 et 2010<sup>1</sup>
  - sur les 15 sites de surveillance des MEC entre 2009 et 2010<sup>1</sup>
- de dénombrements floristiques sur les 7 sites de référence des MEC en 2007-2008

L'analyse réalisée par le bureau d'étude Créocéan de juillet 2010 à juin 2011 a permis d'acquérir des données complémentaires sur le compartiment phytoplancton (concentrations en chlorophylle *a* et dénombrements floristiques) à plus haute fréquence temporelle (tous les 15 jours) sur deux sites. Cette étude avait notamment pour objectif d'identifier une période productive afin de permettre de restreindre les dénombrements phytoplanctoniques à cette période.

## 1. Contrôles de surveillance et de référence

La fréquence d'échantillonnage trimestrielle n'est pas suffisamment fine pour identifier de manière rigoureuse la période productive (qui peut varier en outre selon les sites). Les contrôles de surveillance et de référence réalisés dans le cadre du suivi DCE permettent néanmoins de dégager certaines caractéristiques spatiales :

- Les concentrations les plus élevées concernent les baies. Sur l'ensemble des campagnes et des sites d'échantillonnage (tous types de milieux confondus), la concentration maximum est observée en Baie de Fort de France, sur le site Banc Gamelle. Les autres sites situés dans les baies (du Trésor, du Marin ou des Requins) présentent également des concentrations en chlorophylle *a* parmi les plus importantes mais moins élevées que pour le site de Banc Gamelle.
- Concernant les récifs frangeants et lagons de la côte atlantique, les concentrations semblent plus élevées sur le site Pinsonnelle (pourtant site de référence, théoriquement non impacté) que sur les deux autres sites appartenant à ce milieu.
- de même, pour les deux sites situés sur la côte rocheuse très exposée et le plateau insulaire atlantique, les concentrations sont plus élevées sur le site Loup Caravelle que sur celui de Cap Saint Martin.
- Enfin les concentrations en chlorophylle *a* observées sur les sites appartenant aux autres types de milieux sont moins élevées, inférieures à 0,6 µg/L.

---

1 Données disponibles jusqu'en 2009 à la date de rédaction de cette note

Type de Milieu	Site	Campagnes	Maximum de c° (µg/L)	Période du maximum
1- Baies	Baie du Trésor	10 campagnes (Mars07 – Juin07 – Août07 – Oct07 - Jan08 – Mar08 – juin08 – Août08 – Oct08- Oct09)	0,51 (0,4 pour l'étude Créocéan)	Juin 2007 (fév2011 pour l'étude Créocéan)
	Baie du Marin	7 campagnes (Oct07 - Jan08 – Mar08 – juin08 – Août08 – Oct08- Oct09)	0,8	Octobre 2008
	Banc Gamelle	7 campagnes (Oct07 - Jan08 – Mar08 – juin08 – Août08 – Oct08- Oct09)	1,3	Octobre 2008
	Ilet à Rats	7 campagnes (Oct07 - Jan08 – Mar08 – juin08 – Août08 – Oct08- Oct09)	0,5	Octobre 2008
2- Récifs frangeants et « lagons atlantiques »	Pinsonnelle	10 campagnes (Mars07 - Juin07 – Août07 - Oct07 – Jan08 – Mar08 – juin08 – Août08 – Oct08- Oct09)	0,72	Juin 2007
	Caye Pariadis	7 campagnes (Oct07 - Jan08 – Mar08 – juin08 – Août08 – Oct08- Oct09)	0,3	Août 2008
	Loup Ministre	7 campagnes (Oct07 – Jan08 – Mar08 – juin08 – Août08 – Oct08- Oct09)	0,4	Octobre 2009
3 - Récif barrière atlantique	Loup Garou	10 campagnes (Mars07 - Juin07 – Août07- Oct07 - Jan08 – Mar08 – juin08 – Août08 – Oct08- Oct09)	0,53	Août 2007
4 - Côte rocheuse exposée et plateau insulaire atlantique	Loup Caravelle	6 campagnes (Jan08 – Mar08 – juin08 – Août08 – Oct08- Oct09)	0,9	Mars 2008
	Cap Saint Martin	9 campagnes (Mars07 - Juin07 – Août07 - Oct07 - Jan08 – Mar08 – juin08 – Août08 – Oct08)	0,3	Octobre 2008
5 - Côte rocheuse protégée Caraïbe	Cap Salomon	10 campagnes (Mars07 - Juin07 – Août07 - Oct07 - Jan08 – Mar08 – juin08 – Août08 – Oct08- Oct09)	0,3	Octobre 2009
	Fond Boucher	7 campagnes (Oct07 – Jan08 – Mar08 – juin08 – Août08 – Oct08- Oct09)	0,4	Octobre 2008
6 - Pointe Borgnesse	Corps de Garde	8 campagnes (Août07 - Oct07 - Jan08 – Mar08 – juin08 – Août08 – Oct08- Oct09)	0,5	Octobre 2009
	Pointe Borgnesse	7 campagnes (Oct07 - Jan08 – Mar08 – juin08 – Août08 – Oct08- Oct09)	0,4	Octobre 2008 et 2009
7 - Eaux du large de la baie de Diamant Sainte-Luce	Rocher du Diamant	10 campagnes (Mars07 - Juin07 – Août07 - Oct07 - Jan08 – Mar08 – juin08 – Août08 – Oct08- Oct09)	0,6 (0,2 pour l'étude Créocéan)	Août 2008 (Mars-Avril 2011 pour l'étude Créocéan)

## 2. Etude Créocéan

Les concentrations en chlorophylle *a* mesurées sur le site de la Baie du Trésor semblent du même ordre que les valeurs obtenues par les contrôles de référence/surveillance réalisés par Impact Mer. Pour le site du Rocher du Diamant, les concentrations mesurées par Créocéan apparaissent inférieures à celles des contrôles DCE. En outre, les périodes de maxima diffèrent : juin et février respectivement pour le contrôle DCE et l'étude Créocéan sur le site de la baie du Trésor et Août vs Mars/Avril pour le Rocher du Diamant.

## 3. Conclusions

Ces résultats montrent :

- une variabilité entre sites qui peut être importante, y compris pour des sites appartenant au même type de milieu (et donc pour lesquels les conditions environnementales – hydrodynamiques – sédimentologiques – pressions...- sont, *a priori*, similaires).
- Une variabilité intra-annuelle qui semble peu marquée, le cycle saisonnier semblant par ailleurs différent selon les sites
- une variabilité inter-annuelle qui peut être marquée.

Au vu de ces résultats, il semble difficile d'identifier une « période productive » commune à l'ensemble des sites (même si les résultats des contrôles DCE montrent des maxima de concentration en chlorophylle *a* le plus souvent observés en octobre). Il apparaît donc indispensable, pour l'indice biomasse, de disposer de mesures à une plus haute fréquence temporelle (au minimum mensuelle). Si les contraintes budgétaires ne permettent pas un tel suivi sur l'ensemble des sites de référence et de surveillance, le choix d'un site par type de milieu pourrait apparaître comme un compromis théoriquement satisfaisant (les types de milieux représentant des zones où les conditions environnementales sont similaires), même si les résultats montrent des différences entre sites d'un même milieu (mais ces différences peuvent être en partie liées à la fréquence d'échantillonnage)...

Au vu des résultats de l'étude Créocéan, la révision des seuils de l'indice abondance semble complexe et bénéficierait probablement d'un suivi à plus haute fréquence temporelle de l'indice biomasse. Cette réflexion pourrait donc s'appuyer ultérieurement sur une meilleure connaissance du cycle temporel de la concentration en chlorophylle *a*, mais peut paraître prématurée en l'état actuel des connaissances.