

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

*Livrable 3 : Bilan de ce qui a été fait sur l'état des lieux
et identification des besoins prioritaires dans
chaque DOM. Proposition de stratégies à
suivre (approches, techniques, etc.)*

Rapport final

Isabelle Gailhard-Rocher – CNRS Wimereux
Luis Felipe Artigas – CNRS-ULCO Wimereux
Catherine Belin - Ifremer Nantes

Juillet 2012



UNIVERSITÉ
DU LITTORAL
CÔTE D'OPALE



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-ULCO Wimereux
felipe.artigas@univ-littoral.fr

Catherine Belin
catherine.belin@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, Guyane
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 PRELIMINAIRE DES NOUVELLES DONNEES ACQUISES ET PROPOSITION DE NOUVELLES ACQUISITIONS ET APPROCHES COMPLEMENTAIRES.

LIVRABLE 3 : BILAN DE CE QUI A ETE FAIT SUR L'ETAT DES LIEUX ET IDENTIFICATION DES BESOINS PRIORITAIRES DANS CHAQUE DOM. PROPOSITION DE STRATEGIES A SUIVRE (APPROCHES, TECHNIQUES, ETC.)

AUTEUR(S)

ISABELLE GAILHARD-ROCHER – CNRS WIMEREUX

LUIS FELIPE ARTIGAS – CNRS WIMEREUX

CATHERINE BELIN - IFREMER NANTES

Résumé

Missions, expertises, participations à des réunions et visio-conférences, travaux collaboratifs et échanges se sont succédé pendant l'année 2011 entre les experts de métropole et les correspondants dans les DOMs.

Une mission, qui a eu lieu aux **Antilles** en mars 2011, ainsi que la participation aux COPILs de **Guadeloupe et de Martinique fin 2011**, ont permis d'échanger sur les résultats du suivi et des évaluations provisoires de l'état des masses d'eau, de proposer les ajustements nécessaires, et de préparer l'intégration des données DCE dans Quadrigé². Une proposition écrite pour l'amélioration du plan de surveillance 2012 en Martinique a également été faite, suivie d'effet.

A **La Réunion**, l'expertise étant assurée par la station Ifremer locale, les contacts entre les experts de métropole et La Réunion ont essentiellement porté sur les évaluations assurées par l'outil développé en métropole par Ifremer.

Les études spécifiques sur le phytoplancton menées dans les DOMs ont permis l'acquisition de premières connaissances sur l'écologie du phytoplancton. Au vu des informations disponibles, les indices DCE développés pour la métropole doivent être adaptés aux eaux côtières oligotrophes des Antilles et de la Réunion et des grilles ont été proposées. Par

ailleurs, les eaux côtières de Guyane subissant une influence importante des apports des estuaires locaux et des apports amazoniens présentent des caractéristiques les assimilant en partie aux eaux estuariennes.

Les résultats d'une étude réalisée à partir des premières données de mise en place de la DCE en Martinique pourraient permettre d'avancer sur les pistes d'un indice abondance amélioré, et même d'un indice composition, à partir des analyses des communautés micro, pico- et nano-planctoniques, avec dénombrements classiques au microscope, et mesures en cytométrie en flux. Pour ces dernières, il apparaît nécessaire d'acquérir des données supplémentaires pour pouvoir trouver les bonnes grilles de lecture.

La priorité est clairement de progresser dans la connaissance de l'écologie du phytoplancton dans les systèmes tropicaux et pour progresser dans cette connaissance, il est nécessaire de disposer de données supplémentaires qui soient fiables pour une bonne exploitation des résultats. Au vu des difficultés rencontrées, les efforts doivent être portés sur les trois postes suivants : vigilance sur les méthodes de prélèvement et d'analyse, poursuite de la bancarisation, acquisition de données supplémentaires.

Les perspectives et propositions pour le moyen terme sont les suivantes : les analyses du nano- et du pico-phytoplancton pourraient notamment être mises en œuvre à haute résolution spatio-temporelle grâce à l'application en routine de la cytométrie en flux et l'utilisation de techniques comme les analyses pigmentaires par HPLC. Et d'autres techniques innovantes peuvent être envisagées telles celles testées actuellement en métropole dans le cadre du projet INTERREG DYMAPHY (cytométrie en flux de type Cyto Sense, fluorescence totale ou spectrale à haute résolution temporelle, images satellitales) de même que l'analyse d'image (FlowCAM / Phytolmage).

En Guyane, la définition de grilles spécifiques à ce département devrait se baser, en complément des études IRD 2011 sur l'exploitation des données collectées dans le cadre de travaux doctoraux (do Rosario Marinho - Jaussaud, 2007) et de missions ultérieures sur la zone (CNRS – LOG Wimereux, ainsi que des pistes évoquées pour la définition d'indicateurs phytoplanctoniques en milieux estuariens (Caffier & Artigas 2010).

Mots clés (thématique et géographique)

Outre mer, Martinique, Guadeloupe, La Réunion, Guyane
Phytoplancton, chlorophylle, cytométrie en flux

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

LIVRABLE 3 : BILAN DE CE QUI A ETE FAIT SUR L'ETAT DES LIEUX ET IDENTIFICATION DES BESOINS PRIORITAIRES DANS CHAQUE DOM. PROPOSITION DE STRATEGIES A SUIVRE (APPROCHES, TECHNIQUES, ETC.)

AUTEUR(S)

ISABELLE GAILHARD-ROCHER – CNRS WIMEREUX

LUIS FELIPE ARTIGAS – CNRS WIMEREUX

CATHERINE BELIN - IFREMER NANTES

Synthèse pour l'action opérationnelle

Bilan de l'état des lieux

Ce bilan reprend les différents avis et expertises sur l'indicateur phytoplancton fournis dans le cadre de la DCE par les experts de métropole, ainsi que les conclusions qu'ils ont pu tirer des études menées dans chacun des DOMs.

Avis et expertises. Travaux collaboratifs

Missions, expertises, participations à des réunions et visio-conférences, travaux collaboratifs et échanges se sont succédé pendant l'année 2011 entre les experts de métropole impliqués dans la présente fiche (Ifremer et CNRS Wimereux) et les correspondants dans les DOMs.

Une mission a eu lieu aux **Antilles** en mars 2011, qui a permis d'échanger sur les résultats relatifs aux éléments de qualité phytoplancton et physico-chimiques, d'apporter une expertise aux problèmes techniques de prélèvement et d'analyses, et de préparer l'intégration des données DCE dans Quadrigé².

La participation au COPIL **Guadeloupe** en novembre 2011 a permis de discuter des résultats du suivi et des évaluations provisoires de l'état des masses d'eau, de proposer les ajustements nécessaires, En effet, un certain nombre de résultats chlorophylle sont difficiles à interpréter du fait de l'utilisation d'une méthode d'analyse inadaptée, avec des seuils de détection trop hauts.

La participation au COPIL **Martinique** en décembre 2011 a permis d'orienter le plan de surveillance pour 2012, à partir des résultats déjà acquis dans le cadre de la DCE et dans le cadre d'une étude sur an sur deux sites. Ces discussions ont conduit les experts du CNRS Wimereux à faire une proposition écrite pour le plan de surveillance 2012 en Martinique. En effet, il a été montré que la fréquence d'échantillonnage trimestrielle n'était pas suffisamment fine pour identifier de manière rigoureuse la période productive. Certaines caractéristiques ont aussi été mises en évidence, comme la variabilité importante entre sites, et les sites qu'il serait intéressant de suivre de façon plus poussée ont été identifiés. Une relecture attentive du Cahier des charges de la surveillance 2012 en Martinique a conduit également à préciser les conditions optimales de prélèvement et les méthodes de traitement des échantillons et d'analyses.

Le rapport d'expertise sur la mise en place des indicateurs phytoplancton en **Guyane**, rédigé en mars 2011 a insisté sur les approches suggérées dans l'avis d'expertise de juin 2010, toujours d'actualité. Les méthodologies d'analyses physico-chimiques et phytoplanctoniques déjà définies en métropole pour la DCE, devraient être appliquées pour les analyses à venir, avec les ajustements nécessaires à la particularité des eaux guyanaises. D'autres remarques sont également formulées sur la typologie des masses d'eau côtières, sur l'importance d'un suivi mensuel, et sur l'utilisation de techniques satellitaires.

A **La Réunion**, l'expertise étant assurée par la station Ifremer locale, les contacts entre les experts de métropole et La Réunion ont essentiellement porté sur les évaluations assurées par l'outil développé en métropole par Ifremer pour tester les grilles de qualité pour l'indice biomasse. Il est suggéré que les nouvelles évaluations effectuées en 2011 conduisent à un retour d'avis.

Conclusions des études menées dans les DOMs

Les études spécifiques sur le phytoplancton menées dans les DOMs dans le cadre de la DCE ont permis l'acquisition de premières connaissances sur l'écologie du phytoplancton dans ces zones, mais ont également souligné le manque de données historiques. Au vu des informations disponibles, les indices DCE développés pour la métropole doivent être adaptés aux eaux côtières oligotrophes des Antilles et de la Réunion, mais ces indices ne correspondent pas toujours aux spécificités de certaines zones, comme les mangroves et lagons récifaux, pour lesquels il faut sans doute explorer d'autres pistes. Par ailleurs, les eaux côtières de Guyane subissant une influence importante des apports des estuaires locaux et des apports amazoniens présentent des caractéristiques les assimilant en partie aux eaux estuariennes.

Pour l'indice biomasse, les différentes grilles testées ont permis de sélectionner celles qui semblent le plus adaptées aux masses d'eau côtières des Antilles et de la Réunion : mais les données disponibles, trop peu nombreuses, et les problèmes analytiques rencontrés,

notamment en Guadeloupe, rendent difficiles les interprétations et en particulier l'identification de spécificités géographiques. Quant aux masses d'eau de transition, les données disponibles sont beaucoup trop rares pour pouvoir en tirer des conclusions. En Guyane, aucune donnée de surveillance DCE n'est disponible, et les études et expertises montrent la nécessité de redéfinir les masses d'eau.

Pour l'indice abondance, les dénombrements de taxons disponibles en Martinique ont permis de tester l'outil développé en métropole, basé sur la proportion de blooms et de préconiser provisoirement l'utilisation de la concentration 10 000 cellules par litre comme seuil de bloom. Il faut cependant prendre cette première proposition avec beaucoup de précaution, car elle est définie à partir d'un nombre très restreint d'échantillons, et seulement en Martinique.

Résultats combinés de microscopie et cytométrie en flux

Pour ce qui concerne les données phytoplancton, les résultats d'une étude réalisée en Martinique pourrait permettre d'avancer sur les pistes d'un indice abondance amélioré, et même d'un indice composition. En effet, une analyse des communautés micro, pico- et nano-planctoniques (avec dénombrements classiques au microscope, et mesures en cytométrie en flux), a été effectuée sur deux sites pendant un an (Baie du Trésor au nord-est et Rocher du Diamant au sud). Cette étude a permis de décrire le cycle saisonnier des communautés observées, et de mettre en évidence des différences marquées entre sites, tant au niveau des abondances respectives des groupes phytoplanctoniques que de leurs dynamiques temporelles. Par exemple, le phytoplancton apparaît plus abondant sur le site de la baie du Trésor pour l'ensemble des classes de taille (micro, nano et pico-phytoplancton). Mais les groupes dominants sont très différents, aussi bien pour le microphytoplancton que pour le nanophytoplancton. Les maxima d'abondance ne se situent pas non plus aux mêmes périodes. Concernant le nano et le pico phytoplancton, les schémas de succession ne se ressemblent pas du tout, et les pics d'abondance prononcés observés sur le Trésor, ne se retrouvent pas sur le Diamant.

Cette complexité de la dynamique spatio-temporelle des communautés phytoplanctoniques témoigne de l'importance de la poursuite d'un tel suivi à fréquence temporelle soutenue et à plus large échelle géographique. Si on applique les grilles utilisées en métropole dans les lagunes méditerranéennes pour l'indice d'abondance, basé sur le nano et le pico-phytoplancton, les classements des deux sites du Trésor et du Diamant semblent non concordants avec les résultats obtenus pour l'indice biomasse (ce qui n'est pas très étonnant, étant donné que l'écosystème des lagunes méditerranéennes n'a rien à voir avec les eaux oligotrophes de Martinique). Etant donné que les deux sites étudiés montrent des communautés phytoplanctoniques très différentes, il apparaît nécessaire d'acquérir des données supplémentaires, avec une extension spatiale à d'autres sites, pour pouvoir adapter ces grilles au contexte tropical.

Identification des besoins prioritaires. Propositions

La priorité est de progresser dans la connaissance de l'écologie du phytoplancton et l'adaptation aux zones ultra-marines des indices proposés en métropole pour l'indicateur phytoplancton. Pour progresser dans cette connaissance, il est nécessaire de disposer de données supplémentaires qui soient fiables pour une bonne exploitation des résultats. Au vu des difficultés rencontrées, les efforts doivent être portés sur les trois postes suivants.

Vigilance sur les méthodes de prélèvement et d'analyse

Les exigences sur les méthodes de la part des donneurs d'ordre doivent être renforcées : des données acquises avec des méthodes non adaptées aux écosystèmes côtiers rencontrés dans les DOMS (dont les milieux oligotrophes) sont inutilisables et seul le bon respect des procédures déterminera la bonne qualité des données.

Poursuite de la bancarisation

Il est indispensable de poursuivre la bancarisation des données non encore bancarisées. L'effort est ici à porter sur la recherche de la meilleure solution pour une saisie en local, sachant qu'il a été montré que celle-ci pouvait être assurée de façon correcte dans au moins un lieu de chaque DOM (sous traitant, ou DEAL, ou station Ifremer).

Acquisition de données supplémentaires

Les données doivent être acquises avec des fréquences suffisantes pour être exploitables. La nature des données est également importante : en effet les seules mesures de chlorophylle ne permettent pas une évaluation de l'abondance ni de la biomasse. Etant donné la difficulté liée aux observations phytoplanctoniques qui elles-mêmes ne peuvent couvrir l'ensemble des classes de taille du phytoplancton, les mesures de cytométrie en flux constituent en ce sens un complément intéressant aux dénombrements microscopiques qu'il convient de poursuivre, parallèlement aux suivis qui sont déjà faits en Métropole, et à ceux qu'il est prévu de démarrer.

Perspectives, Propositions pour le moyen terme

Les données de pico et nano phytoplancton déjà acquises ont permis de dégager des perspectives : ces analyses pourraient notamment être mises en œuvre à haute résolution spatio-temporelle grâce à l'application en routine de la cytométrie en flux et l'utilisation de techniques comme les analyses pigmentaires par HPLC

Par ailleurs, d'autres techniques peuvent être envisagées, telles celles testées actuellement en métropole dans le cadre du projet INTERREG DYMAPHY (cytométrie en flux de type Cyto Sense, mesures *in situ* de fluorescence totale, ou spectrale à haute résolution temporelle, mais aussi une étude des images satellitaires de la couleur de l'eau, et toutes autres techniques innovantes comme l'analyse d'image (FlowCAM / Phytolmage) et/ou celles testées actuellement en métropole dans le cadre du projet INTERREG DYMAPHY.

En Guyane, la définition de grilles spécifiques à ce département devrait se baser, en complément des études IRD 2011 sur l'exploitation des données collectées dans le cadre de travaux doctoraux (do Rosario Marinho - Jaussaud, 2007) et de missions ultérieures sur la zone (CNRS – LOG Wimereux). Des études plus au large, telles que les campagnes CHICO (PNEC Guyane - IRD) en Guyane, pourraient également apporter des éléments nouveaux sur l'écologie du phytoplancton dans ces milieux côtiers tropicaux sous forte influence d'apports continentaux locaux ou amazoniens : différents rapports d'experts donnent des éléments d'orientation dans ce contexte. Enfin, des pistes pourraient également être inspirées de l'étude sur la dynamique phytoplanctonique en milieux estuariens (Caffier & Artigas 2010).



Partenariat 2011.
Phytoplancton dans les DOMs
Etat des lieux et besoins prioritaires



RAPPORT DE SYNTHÈSE Convention CNRS-IFREMER

**Mise en place de la DCE dans les DOM –
Indicateur « phytoplancton »
Bilan des travaux existants
et identification des besoins prioritaires**

Juillet 2012

Isabelle GAILHARD-ROCHER
Luis Felipe ARTIGAS
Catherine BELIN



Sommaire

1. Bilan de l'état des lieux	12
1.1. Avis et expertises. Travaux collaboratifs	12
1.2. Conclusions des études menées dans les DOMs	16
2. Identification des besoins prioritaires. Proposition de stratégies à suivre	23
3. Références	26
Annexe 1 : Réflexions sur la mise en œuvre du réseau de surveillance et de suivis complémentaires DCE « phytoplancton » en Martinique.	28
Annexe 2 : Rapport d'expertise sur la mise en place des indicateurs « phytoplancton » en Guyane.	33

1. Bilan de l'état des lieux

Ce bilan reprend les différents avis et expertises sur l'indicateur phytoplancton fournis dans le cadre de la DCE par les experts de métropole, ainsi que les conclusions qu'ils ont pu tirer des études menées dans chacun des DOMs.

1.1. Avis et expertises. Travaux collaboratifs

Missions, expertises, participations à des réunions et visio-conférences, travaux collaboratifs et échanges se sont succédé pendant l'année 2011 entre les experts de métropole impliqués dans la présente fiche (Ifremer et CNRS Wimereux) et les correspondants dans les DOMs. Les Antilles ont fait l'objet d'un effort particulier, dans la mesure où la demande d'expertise est forte en Martinique et Guadeloupe de la part des DEAL en charge de la DCE, alors qu'à la Réunion les tâches d'expertise sont assurées par la station Ifremer locale et qu'en Guyane, des missions d'expertise ont été effectuées dans le cadre d'une autre fiche. Les différentes actions d'avis et expertises sont rappelées ci-dessous.

Mission aux Antilles, mars 2011

Une mission a eu lieu aux Antilles en mars 2011, avec présence de trois personnes d'Ifremer (Nantes et Brest). Cette mission a permis (i) d'échanger sur les premiers résultats relatifs aux éléments de qualité phytoplancton et physico-chimiques, les paramètres mesurés, les indicateurs retenus pour la DCE, et leur évaluation, (ii) d'apporter une expertise aux problèmes techniques de prélèvement et d'analyses des paramètres hydrologiques, en particulier avec la visite des laboratoires d'analyse, (iii) de finaliser la mise en place des stratégies de saisie dans Quadrigé², (iv) de discuter et préparer l'intégration des données DCE dans Quadrigé².

Cette action relève d'une autre fiche. Il semblait néanmoins intéressant d'en faire état ici, car un certain nombre d'échanges ultérieurs se sont appuyés sur les décisions prises à cette occasion. En effet, cette mission a été suivie de nombreux échanges : d'une part sur les problèmes d'intégration des données, dont la saisie n'a pas été faite localement, mais sous traitée par Ifremer Nantes, d'autre part sous la forme d'une participation aux deux COPIL de Martinique et de Guadeloupe fin 2011, par les experts d'Ifremer Nantes, Ifremer Brest et du CNRS Wimereux.

Les échanges sur l'intégration de données ne sont pas détaillés ici, il ne faut cependant pas négliger le temps important consacré à ces actions.

Participation au COPIL Guadeloupe, 14 novembre 2011

Ci-dessous un extrait résumé du compte-rendu de ce COPIL

Les objectifs du COPIL étaient de : (i) discuter des résultats du suivi et des évaluations provisoires de l'état des masses d'eau, (ii) débattre des propositions faites par PARETO, (iii) proposer les ajustements nécessaires, le cas échéant, permettant la validation du rapport, (iv) proposer des évolutions en tant que de besoin.

Les discussions sur les résultats se sont basées sur les rapports réalisés par PARETO (2009 ; 2010).

Les problèmes rencontrés depuis le démarrage du suivi DCE sont rappelés. Les deux dernières campagnes de mars et juin 2011 ont toutefois pu bénéficier des derniers échanges avec l'Ifremer et l'Institut Pasteur de Guadeloupe en mars 2011. Un point est fait sur les recommandations de l'Ifremer faites à l'IPG concernant des détails de procédures analytiques. Il est également rappelé d'envoyer à Ifremer la procédure d'analyse détaillée. En effet, un certain nombre de résultats chlorophylle sont difficiles à interpréter du fait de l'utilisation d'une méthode d'analyse inadaptée, avec des seuils de détection trop hauts. Les pistes d'amélioration sont évoquées : plus de résultats, des réplicats, la participation aux essais inter-laboratoires organisés par Ifremer Brest.

Pour le traitement des résultats chlorophylle pour l'évaluation de l'indice biomasse, la grille appliquée jusqu'à maintenant comprend des pas beaucoup trop élevés et irréguliers. De plus, la limite de quantification de 0,5 µg/l n'est pas compatible avec le seuil de 0,1 µg/l retenu entre le bon et le très bon état et non plus avec celui de 1 µg/l pour la limite du bon et moyen état. Cette grille n'a pas été construite non plus pour le P90. Pour les paramètres physico-chimiques, les indicateurs température, salinité, turbidité, oxygène dissous, sont jugés pertinents. Pour les nutriments, la pertinence est toutefois difficile à évaluer et nécessite d'être approfondie dans les DOMs.

L'avancement des travaux et les questions non résolues devront être traitées dans le groupe de travail sous pilotage Ifremer qui aura lieu en 2012.

COPIL Martinique, 5 décembre 2011

Les résultats déjà acquis sont discutés, avec pour objectif d'orienter le plan de surveillance pour 2012.

Les discussions sur les résultats se sont basées sur les rapports réalisés par IMPACT-MER (2009 ; 2010) pour la surveillance, et par CREOCEAN (2011) pour l'étude menée de juillet 2010 à juin 2011. Dans une première approche, il est proposé de garder la chlorophylle pour

l'indice biomasse, les blooms pour l'indice abondance à condition de modifier le seuil de bloom, et d'examiner si les résultats de cytométrie en flux pourraient être utilisés pour un indice composition.

Note de réflexions sur la surveillance en Martinique

Ces discussions à partir des résultats acquis en Martinique entre 2007 et mi 2011 ont permis dès la fin 2011 aux experts du CNRS Wimereux de faire une proposition écrite pour le plan de surveillance 2012 en Martinique : une note produite fin 2011¹ (en annexe 1), à partir des éléments disponibles à cette date, propose des pistes d'amélioration du plan de surveillance, qui ont été en grande partie mises en œuvre en 2012. En effet, les données acquises dans le cadre de la surveillance DCE entre 2007 et 2010, et celles acquises dans le cadre de l'étude de juillet 2010 à juin 2011 sur les deux sites de la baie du Trésor et du Rocher du Diamant, ont montré dans une première approche que la fréquence d'échantillonnage trimestrielle n'était pas suffisamment fine pour identifier de manière rigoureuse la période productive (qui peut varier en outre selon les sites). Elles ont cependant permis de dégager certaines caractéristiques :

- une variabilité importante entre sites
- une variabilité intra-annuelle peu marquée, avec un cycle saisonnier différent selon les sites
- une variabilité inter-annuelle qui peut être marquée
- des concentrations plus élevées dans les baies, en particulier la baie de Fort de France sur le site Banc Gamelle
- pour les récifs frangeants et lagons de la côte atlantique, des concentrations plus élevées sur le site Pinsonnelle
- pour la côte rocheuse très exposée et le plateau insulaire atlantique, des concentrations plus élevées sur le site Loup Caravelle

Il apparaissait également indispensable, dans cette note, de disposer, pour l'indice biomasse, de mesures à une plus haute fréquence temporelle (au minimum mensuelle). Le choix d'un site par type de milieu était considéré comme un compromis satisfaisant.

Ces réflexions ont mené à une évolution du plan de surveillance en Martinique en 2012, en particulier : sept stations sont désormais échantillonnées mensuellement pour la chlorophylle (Banc Gamelle, Pinsonnelle, Loup Garou, Loup Caravelle, Fond Boucher, Pointe Borgnese et Rocher du Diamant), et les deux stations jugées les plus riches en phytoplancton (Banc Gamelle et Pinsonnelle) sont échantillonnées mensuellement en flore totale, comme le préconisait F. Artigas dans son mail du 22 décembre 2011.

¹ Réflexions sur la mise en oeuvre du réseau de surveillance et de suivis complémentaires DCE « phytoplancton » en Martinique. Wimereux, Décembre 2011

Relecture du Cahier des charges de la surveillance 2012 en Martinique

Enfin, il faut noter qu'une relecture attentive de ce Cahier des Charges par Anne Daniel (Ifremer Brest) a permis de préciser les conditions optimales de prélèvement, les méthodes de traitement des échantillons et d'analyses, ainsi que diverses préconisations.

Guyane

Le *Rapport d'expertise sur la mise en place des indicateurs phytoplancton en Guyane*, rédigé en mars 2011 (annexe 2), avait pour objectif d'émettre un avis sur les paramètres phytoplancton, suite à la demande du GT Guyane du 15 mars 2011.

Ce rapport s'appuie sur l'avis d'expertise déjà donné en juin 2010, et sur les données fournies en mars 2011, c'est à dire seulement celles des campagnes de l'année 2009.

Les approches suggérées dans l'avis d'expertise de juin 2010 sont toujours d'actualité. Les méthodologies d'analyses physico-chimiques et phytoplanctoniques déjà définies en métropole pour la DCE, devraient être appliquées pour les analyses à venir, avec les ajustements nécessaires à la particularité des eaux guyanaises. D'autres remarques peuvent cependant être formulées

- la masse d'eau côtière définie pour les besoins de la DCE comporte effectivement des types d'eau différents, en raison d'un gradient côte-large et d'un gradient Est – Ouest
- un clair gradient existe entre la station en eaux littorales en face de Cayenne et les stations près des Iles du Salut, en passant par les stations intermédiaires (Ilets le Père et la Mère, mi-distance côte-Iles du Salut)
- il s'ensuit qu'il existerait trois types d'eau au sein de la MEC : les eaux littorales, les eaux côtières intermédiaires et les eaux côtières ou de plateau interne localisées aux limites externes des de la MEC de Guyane, dans sa plus grande amplitude

De façon à surveiller les différents types d'eau au sein de la MEC, des suivis mensuels sur trois points au niveau des zones d'étendue maximum de la zone concernée par la DCE sembleraient les plus pertinents.

Les images satellitaires acquises dans le cadre du projet MARSAT-10 pourraient être utilisées pour la DCE à court terme. Ces travaux de télédétection, couplés à des mesures bio-optiques permettraient de mieux juger de la pertinence des stations à échantillonner dans le cadre de la mise en place de la DCE en Guyane.

Depuis cette date, d'autres rapports ont été produits dans le cadre d'une autre fiche (Marchand, avril 2011 ; décembre 2011), ils ne sont donc pas commentés ici.

La Réunion

L'expertise étant assurée par la station Ifremer locale, les contacts entre les experts de métropole et La Réunion ont essentiellement porté sur les évaluations assurées par l'outil développé en métropole par Ifremer pour tester les grilles de qualité pour l'indice biomasse. Les simulations réalisées avec différentes grilles avaient déjà amené le groupe de travail Hydrologie régional à retenir en 2010 la grille utilisée en Corse. Les nouvelles évaluations effectuées en 2011 (cf. livrable 2, en particulier les annexes) doivent conduire à un retour d'avis sur l'utilisation potentielle d'une grille légèrement plus contraignante, mais peut être plus nuancée que la "grille corse".

1.2. Conclusions des études menées dans les DOMs

Des études spécifiques sur le phytoplancton dans les départements français d'Outre-Mer ont été initiées dans le contexte de la DCE. Si ces études soulignent le manque de données historiques dans la plupart des DOMs, elles ont néanmoins permis l'acquisition de premières connaissances sur l'écologie du phytoplancton dans ces zones.

Au vu de des informations disponibles, les indices DCE développés pour la métropole ne sont pas apparus adaptés aux eaux côtières oligotrophes de Guadeloupe, Martinique et Réunion. En effet, outre la grande spécificité des masses d'eau de transition (mangroves et lagons récifaux), les masses d'eau côtières sont des milieux littoraux oligotrophes. Par ailleurs, les eaux littorales turbides de la Guyane française présentent des caractéristiques les assimilant aux eaux estuariennes. Les eaux côtières de ce territoire peuvent en outre subir une influence importante des apports des estuaires locaux et des apports amazoniens pour celles croissant à la limite extérieure de la MEC. Ainsi, les indices DCE développés en métropole doivent également être adaptés à ces eaux particulières.

Rappel sur l'indice biomasse

Différentes grilles ont été proposées et testées sur les données disponibles bancarisées. Ces simulations ont abouti à la sélection d'une grille qui pourrait être commune à l'ensemble des masses d'eau côtières de Guadeloupe, Martinique et Réunion :

Valeurs de référence	Grilles de l'indice	Grilles de l'EQR
0.20	0.3 -0.6 – 1.2 – 2.4	0.083 – 0.165- 0.33 – 0.66

Il convient cependant de souligner les limites de ces exploitations.

En effet, les données ne sont pas encore toutes disponibles et les problèmes analytiques rencontrés sur celles qui le sont, notamment en Guadeloupe, rendent difficiles les interprétations et en particulier l'identification de spécificités géographiques.

En outre, les fréquences d'échantillonnage ne permettent pas de décrire :

- les spécificités spatiales (identification de groupes de masses d'eau homogènes au plan de la variabilité temporelle de la biomasse phytoplanctonique)
- les spécificités temporelles (identification d'une « période productive » pour orienter l'échantillonnage)

Enfin, pour les masses d'eau de transition (MET), les données acquises concernant l'indicateur phytoplancton sont très rares, ce dernier ayant été considéré comme non pertinent (comme dans les estuaires turbides de métropole, pour les mangroves, et importance du broutage par le zooplancton dans les masses d'eau récifales de la Réunion). Cette rareté des données limite une réflexion approfondie sur l'indicateur phytoplancton dans les MET, à l'instar de celle initiée en métropole pour les estuaires turbides.

De même, aucune donnée n'est disponible en Guyane. Les études de l'IRD et les expertises montrent la nécessité de redéfinir les ME de Guyane, notamment la MEC qui doit être subdivisée (différences quantitatives et qualitatives entre les secteurs Est sous influence de l'Amazonie, et Ouest, différences côte-large).

Rappel sur l'indice abondance

L'indice abondance de l'indicateur phytoplancton de la DCE est basé sur la notion de bloom phytoplanctonique. Ainsi, cet indice est basé en métropole sur le dénombrement de taxons et la métrique retenue est le pourcentage d'échantillons en « état bloom ». Dans les lagunes méditerranéennes, cet indice est basé sur la concentration en millions de cellules par litre en nanophytoplancton et en picophytoplancton.

Pour ce qui concerne les DOMs, des dénombrements de taxons sont disponibles uniquement en Martinique. Ces données ont été bancarisées et ont fait l'objet de simulations grâce à l'outil national développé par l'Ifremer DYNECO/VIGIES. Les grilles restent identiques à la métropole et sont basées sur un pourcentage de blooms. Ici la variable concerne la définition du seuil d'un bloom en nombre de cellules par litre.

Deux valeurs de seuils ont été testées : 25 000 cellules par litre (seuil retenu pour la Corse) et 10 000 cellules par litre (cf. tableau 1 ci-dessous, et l'annexe du livrable n°2 -rapport

Gailhard *et al.*²). Les résultats des simulations sur les données bancarisées à la date du 13/01/2012 sont synthétisés ci dessous. Le nombre de taxons dépassant les abondances seuils testées apparaît relativement faible. Le seuil de 25 000 cellules/L aboutit à un classement en très bon état de l'ensemble des masses d'eau à l'exception de la baie de Genipa. Le seuil de 10 000 cellules par litre donne un classement plus contrasté et semble plus pertinent au regard de la description des ME réalisée lors de l'état des lieux.

Le pourcentage d'échantillons en état de bloom étant calculé sur la base d'un nombre très restreint d'échantillons, ces résultats doivent cependant être interprétés avec beaucoup de précaution et ne sont présentés qu'à titre indicatif.

Type de ME		ME	Site	N	>10 000	>25 000	
C27	Fond de baie et sortie de baie	FRJC001	Baie de Genipa	Banc Gamelle	4	25	25
		FRJC007	Est de la Baie du Robert	Ilets à rats	4	25	0
		FRJC010	Baie du Marin	Baie du Marin	4	0	0
		FRJC013	Baie du Trésor	<i>Baie du Trésor</i>	8	0	0
C29	Récifs barrières atlantiques	FRJC011	Récif barrière Atlantique	<i>Loup Garou</i>	8	25	12,5
C30	Côte rocheuse très exposée et plateau insulaire atlantique	FRJC004	Nord-Atlantique, plateau insulaire	<i>Loup Caravelle</i>	8	25	12,5
C31	Côte rocheuse protégée Caraïbe	FRJC002	Nord Caraïbe	Fond Boucher	5	0	0
		FRJC003	Anses d'Arlet	<i>Cap Salomon</i>	8	12,5	0
C32	Récifs frangeants et lagons atlantiques	FRJC006	Littoral du Vauclin à Sainte-Anne	Caye Pariadis	4	0	0
		FRJC008	Littoral du François au Vauclin	<i>Pinsonnelle</i>	6	16,7	0
		FRJC012	Baie de La Trinité	Loup Ministre	5	20	0
C33	Côte abritée à plate forme corallienne	FRJC009	Baie de Sainte-Anne	Pointe Borgnesse	5	0	0
		FRJC017	Baie de Sainte-Luce	<i>Corps de Garde</i>	7	28,6	14,3
C34	Eaux du large de la baie méridionale de Sainte-Luce Diamant	FRJC019	Eaux côtières du Sud et Rocher du Diamant	<i>Rocher du Diamant</i>	8	0	0

Tableau 1 : synthèse des simulations des grilles de l'indice abondance sur les données bancarisées (06/04/2012) en Martinique

² Annexe du rapport Gailhard-Rocher I., Artigas L.F., Belin C. et Lamoureux A., 2012

Commentaires sur les résultats combinés des analyses microscopiques et de cytométrie en flux

Des analyses complètes et exhaustives de la composition floristique des communautés phytoplanctoniques, avec des dénombrements des communautés micro, pico- et nano-planctoniques, de par la combinaison de la microscopie et la cytométrie en flux, ont été effectuées sur les sites de la Baie du Trésor et du Rocher du Diamant lors de l'étude complémentaire réalisée pour la DEAL de Martinique par le bureau d'étude Créocéan (Créocéan, 2011³).

Cette étude à haute fréquence temporelle (tous les 15 jours entre juillet 2010 et juin 2011) permet également de décrire le cycle saisonnier des communautés observées. Les figures 1 et 2 présentent la variabilité intra-annuelle de ces communautés regroupées par classes de taille sur les sites de la Baie du Trésor et du Rocher du Diamant respectivement.

³ 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.

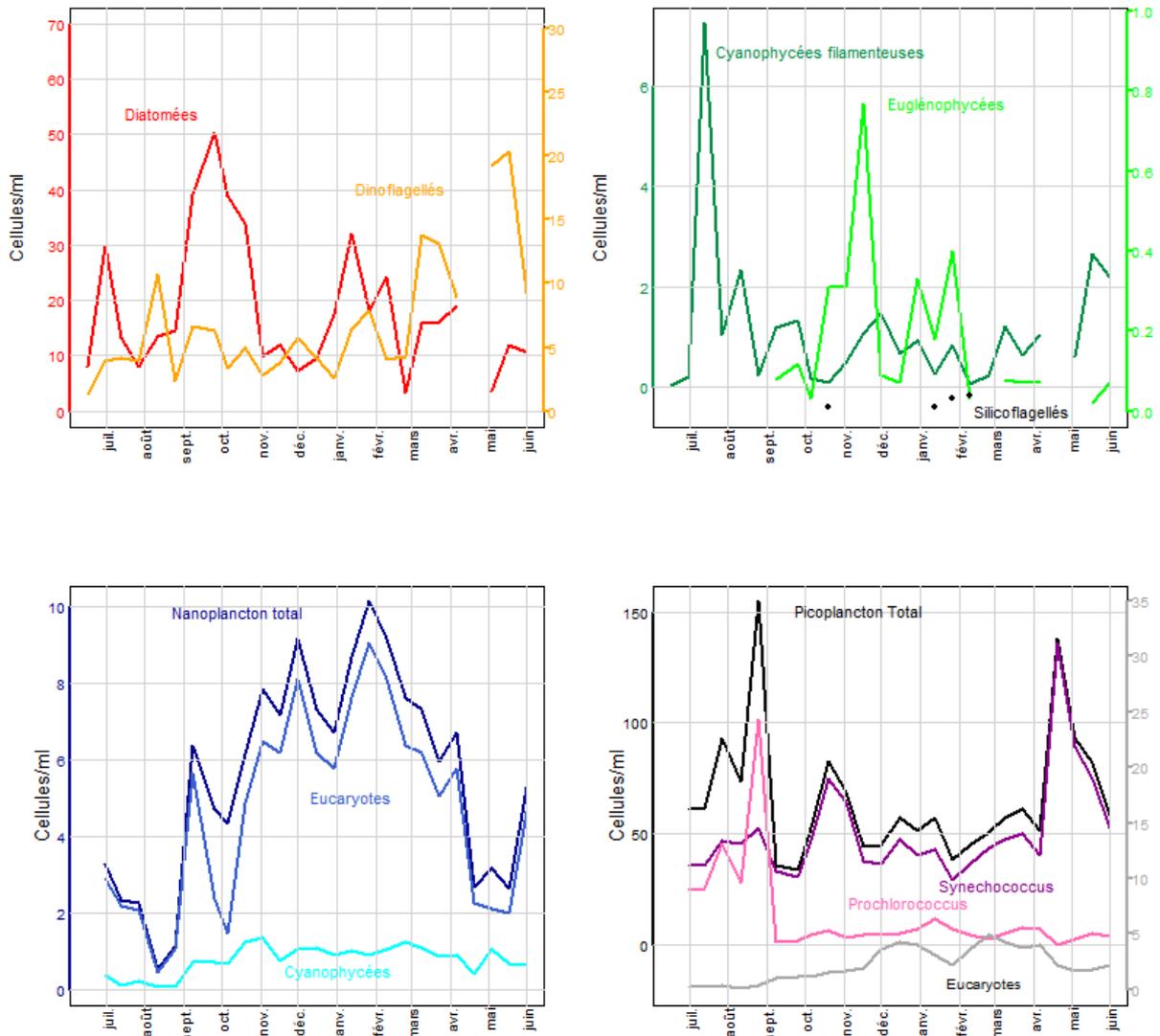


Figure 1 : Site de la Baie du Trésor - Variabilité temporelle de différents groupes phytoplanctoniques par classe de taille (microphytoplancton en haut et nano/picoplancton en bas, données Quadrigé², 06/04/2012). Pour des raisons de lisibilité, les échelles peuvent varier au sein du même graphique. Les deux échelles sont alors indiquées et la couleur de l'axe correspond à la couleur de la classe.

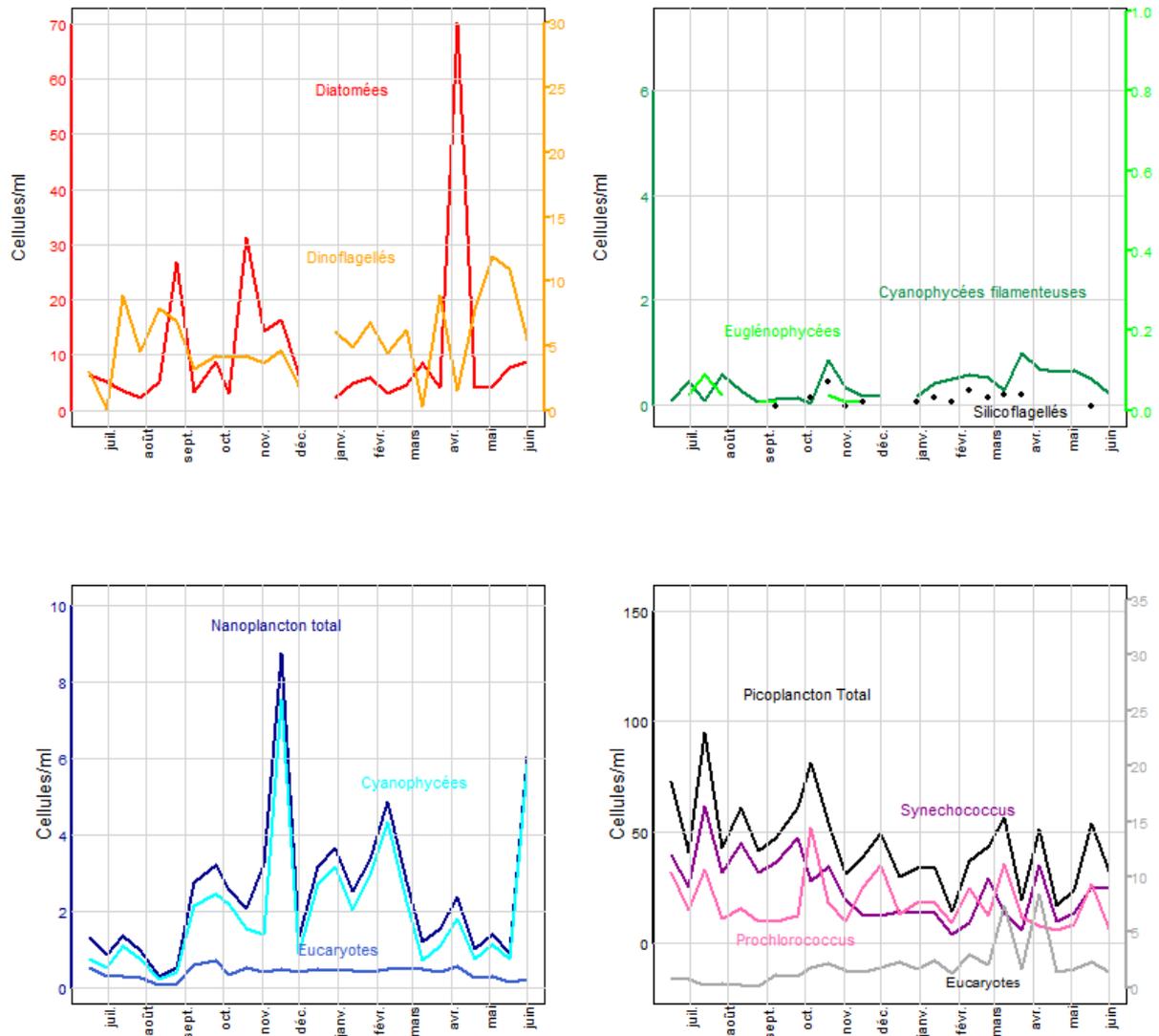


Figure 2: Site du Rocher du Diamant - Variabilité temporelle de différents groupes phytoplanctoniques par classe de taille (microphytoplancton en haut et nano/picoplancton en bas), données Quadrigé², 06/04/2012). Pour des raisons de lisibilité, les échelles peuvent varier au sein du même graphique. Les deux échelles sont alors indiquées et la couleur de l'axe correspond à la couleur de la classe. Les mêmes échelles sont utilisées pour les graphiques des deux sites afin de faciliter les comparaisons.

Ces figures mettent en évidence des différences marquées entre sites, tant au niveau des abondances respectives des groupes phytoplanctoniques que de leurs dynamiques temporelles.

Le phytoplancton apparaît ainsi plus abondant sur le site de la baie du Trésor sur l'ensemble de la période considérée : l'ensemble des grands groupes (micro, nano et pico-phytoplancton) présentent des concentrations médianes plus élevées que pour le site du Rocher du Diamant. A un niveau plus fin, concernant le micro-phytoplancton, les Euglénophycées y sont beaucoup plus abondantes (notamment en novembre). En revanche, les Silicoflagellés sont observés plus fréquemment et à des concentrations plus élevées sur le site du Rocher du Diamant.

De même, les nano-eucaryotes y apparaissent bien plus abondants, au détriment des nanocyanophycées très peu représentées sur le site de la baie du Trésor, alors que c'est le contraire sur le site Rocher du Diamant. Enfin, il est intéressant de souligner que la concentration maximale de Diatomées (70 095 cellules/L) est observée sur le Diamant (mais en moyenne la concentration de cette classe est plus élevée dans la baie du Trésor).

En termes de cycle saisonnier, dans la Baie du Trésor, les abondances de Diatomées les plus élevées sont observées en septembre, alors que les maxima sont atteints au mois d'avril sur le site du Diamant. Les micro-Cyanophycées filamenteuses présentent quant à elles un pic d'abondance en juillet dans la baie du Trésor alors qu'elles sont présentes en de plus faibles concentrations avec des variations moindres tout au long de l'année sur le site du Rocher du Diamant.

Concernant le nano et le pico phytoplancton, ces deux groupes semblent se succéder sur le site de la Baie du Trésor, avec des *maxima* de concentrations en nanophytoplancton entre les mois d'août et de mars et des abondances élevées en picophytoplancton entre avril (associés aux Cyanophycées du genre *Synechococcus*) et septembre (associées aux Cyanophycées du genre *Prochlorococcus*). Ce schéma ne se retrouve pas sur le site du Rocher du Diamant avec un pic d'abondance au mois de novembre pour le nanophytoplancton et des faibles amplitudes de concentrations en picophytoplancton (avec des proportions globalement similaires des genres *Prochlorococcus* et *Synechococcus*). Les pico-eucaryotes présentent sur les deux sites des plus fortes concentrations autour de mars-avril, avec des pics d'abondance prononcés sur le site du Diamant.

L'ensemble de ces spécificités entre sites d'échantillonnage illustrent la complexité de la dynamique spatio-temporelle des communautés phytoplanctoniques, pourtant regroupées ici par classe de taille et/ou par groupe taxonomique, afin de dégager des caractéristiques comparables. Elles témoignent de l'importance de la poursuite d'un tel suivi à fréquence temporelle soutenue et à plus large échelle géographique, afin d'identifier des zones

géographiques au sein desquelles les schémas de variabilité temporelle présenteraient des similitudes.

Cette étude a néanmoins permis de dégager des perspectives pour la proposition de grilles pour l'indice abondance basées sur les concentrations en pico et nano phytoplancton, à l'instar de celles proposées en métropole pour les lagunes méditerranéennes (tableau 2). Ces grilles ont donc été testées : selon elles, le site de la baie du Trésor est classé en état moyen pour le picophytoplancton et en bon état pour le nanophytoplancton. Le site du Rocher du Diamant apparaît quant à lui en état moyen pour le picophytoplancton et en très bon état pour le nanophytoplancton. Rappelons que selon la grille retenue pour l'indice biomasse (cf. livrable 2), ces sites ont été estimés en bon état.

	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais	P90 Trésor	P90 Diamant
Pico-phytoplancton	0-30	30-75	75-150	150-750	> 750	97	88
Nano-phytoplancton	0-6	6-15	15-30	30-150	>150	8,9	4,2

Tableau 2 : grilles proposées pour les lagunes méditerranéennes et application aux données pico et nanophytoplancton collectées lors de l'étude d'acquisition de connaissances complémentaires (Source : Créocéan, 2011)

Les seuils proposés pour le pico-phytoplancton apparaissent ainsi trop contraignants. Une extension spatiale de telles analyses serait pertinente pour adapter ces grilles au contexte tropical.

2. Identification des besoins prioritaires. Proposition de stratégies à suivre

Au vu de l'ensemble des études réalisées et de l'analyse des données bancarisées, plusieurs pistes de développement peuvent être envisagées. La priorité est de progresser dans la connaissance de l'écologie du phytoplancton et l'adaptation aux zones ultra-marines des indices proposés en métropole pour l'indicateur phytoplancton.

Pour progresser dans cette connaissance, il est nécessaire de disposer de données supplémentaires qui soient fiables pour une bonne exploitation des résultats. Au vu des difficultés rencontrées, les efforts doivent être portés sur trois postes : vigilance sur les méthodes de prélèvement et d'analyse, poursuite de la bancarisation, acquisition de

données supplémentaires. Il est également nécessaire de prévoir l'utilisation à moyen terme de techniques nouvelles.

Vigilance sur les méthodes de prélèvement et d'analyse

En effet, les problèmes analytiques rencontrés lors de l'exploitation des données actuellement bancarisées (non adaptation ou hétérogénéité des méthodes de quantification, des seuils de détection, etc) ont grandement limité l'interprétation des mesures de concentration en chlorophylle *a*. Les exigences sur les méthodes de la part des donneurs d'ordre doivent donc être renforcées : des données acquises avec des méthodes non adaptées aux écosystèmes côtiers rencontrés dans les DOMs (comme les milieux oligotrophes) sont inutilisables et seul le bon respect des procédures déterminera la bonne qualité des données.

Poursuite de la bancarisation

Les données collectées par les bureaux d'étude en Martinique et en Guadeloupe sont désormais intégrées dans la base Quadrigé² (Q²). jusqu'en 2010, voire 2011. Pour La Réunion, les données sont disponibles jusqu'en 2010.. Il est indispensable de poursuivre la bancarisation des données non encore bancarisées. L'effort est ici à porter sur la recherche de la meilleure solution pour une saisie en local, sachant qu'il a été montré que celle ci pouvait être assurée de façon correcte dans au moins un lieu de chaque DOM (sous traitant, ou DEAL, ou station Ifremer). Il faut bien noter que les solutions de type fichier intermédiaire de saisie pour intégration ultérieure dans Q² peuvent engendrer un temps considérable de préparation des données, qui peut être supérieur au temps de saisie de ces mêmes données.

Acquisition de données supplémentaires

L'application des procédures automatisées de calcul de l'indice biomasse à partir des données de Martinique disponibles dans Q² (avec les différentes grilles proposées en métropole et en Martinique) ont permis de retenir une grille, offrant ainsi des éléments de discussion avec l'ensemble des acteurs impliqués : (i) pour la validation ou la ré-évaluation des seuils de l'indice biomasse, (ii) pour l'identification d'une période productive au cours de laquelle pourraient être réalisés en priorité des dénombrements permettant le calcul de l'indice abondance.

Par ailleurs, des études complémentaires sont prévues en Martinique et le bilan réalisé ici a notamment permis d'orienter les suivis à venir et de définir des priorités (cf. note d'expertise Gailhard-Rocher et Artigas de décembre 2011).

Les données doivent être acquises avec une couverture spatiale pertinente et des fréquences suffisantes pour être exploitables. La nature des données est également importante : en effet les seules mesures de chlorophylle ne permettent pas une évaluation de l'abondance ni de la biomasse. Etant donné la difficulté liée aux observations phytoplanctoniques, les mesures de cytométrie en flux constituent en ce sens un complément important qu'il convient de poursuivre, parallèlement aux suivis qui sont déjà faits en métropole, et à ceux qu'il est prévu de démarrer.

Perspectives, Propositions pour le moyen terme

Les données de pico et nano phytoplancton, récemment bancarisées, et l'analyse des schémas de variabilité temporelle par classe de taille ont permis de dégager des perspectives pertinentes pour la mise en œuvre opérationnelle de la DCE dans les départements d'Outre-Mer. De telles analyses pourraient notamment être mises en œuvre à une haute résolution spatio-temporelle grâce à l'application en routine de la cytométrie en flux et l'utilisation de techniques comme les analyses pigmentaires par Chromatographie Liquide à Haute Performance (HPLC). Par ailleurs, des mesures *in situ* implémentées pourraient rendre compte des changements de fluorescence totale (proxi de la biomasse chlorophyllienne totale) ou spectrale, cette dernière permettant de suivre l'évolution des groupes spectraux, correspondant aux groupes pigmentaires (*cf.* note technique Broutin *et al.* 2011) à haute résolution temporelle. Par ailleurs, l'adaptation de la cytométrie en flux de type CytoSense à des mesures à haute résolution pourrait être envisagée en complément et/ou alternative aux mesures fluorimétriques (essais en cours en métropole).

Enfin, une étude synoptique de chaque DOM à partir des images satellitales de la couleur de la mer pourrait également décrire l'évolution récente des blooms phytoplanctoniques sur l'ensemble des sites, en complément des études initiées pour la mise en place de la DCE.

En Guyane : le contexte environnemental étant très différent, la définition de grilles spécifiques à ce département devrait se baser, en complément des études IRD 2011 (données non disponibles), sur l'exploitation des données collectées dans le cadre de travaux doctoraux (do Rosario Marinho - Jaussaud, 2007) et de missions ultérieures sur la zone (CNRS – LOG Wimereux), 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 (PNEC Guyane - IRD) en Guyane ou autres références bibliographiques, pourraient également apporter des éléments nouveaux sur l'écologie du phytoplancton dans ces milieux côtiers tropicaux sous forte influence d'apports continentaux locaux ou amazoniens. Différents rapports d'experts donnent des éléments d'orientation dans ce contexte (Rapport de mission, note d'expertise Artigas & Lampert 2011). Enfin, des pistes d'indicateurs pourraient également être inspirées de l'étude sur la dynamique

phytoplanctonique en milieux estuariens (Caffier & Artigas 2010).

En conclusion, l'utilisation de techniques alternatives ou complémentaires à la microscopie comme la cytométrie en flux, les analyses pigmentaires et la télédétection de la chlorophylle *a* à partir de la couleur de l'eau, pourrait s'avérer pertinente et ouvrir des pistes d'opérabilité à la poursuite de la mise en place de la DCE dans les DOMs. Ces mesures pourraient être par la suite complétées par l'utilisation de techniques innovantes comme l'analyse d'image (FlowCAM / Phytolmage) et/ou celles testées actuellement en métropole dans le cadre du projet INTERREG IV A « 2 Mers » DYMAPHY (fluorescence spectrale, cytométrie en flux de type CytoSense couplée à l'analyse d'image et/ou à la télédétection satellitale des groupes phytoplanctoniques fonctionnels PhySat), techniques pouvant être implémentées *in situ* pour des mesures à haute résolution temporelle sur un site donné.

3. Références

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.

CREOCEAN, novembre 2011. Acquisition de connaissance sur le compartiment phytoplancton dans les masses d'eau côtières de Martinique. Pertinence du suivi pour la DCE. Conclusions et propositions. Rapport commandé par la DREAL et l'ODE Martinique.

DYMAPHY. Projet INTERREG IVA « 2 Mers » 2010-2013 co-financé par les fonds FEDER. www.dymaphy.eu

Impact Mer, Pareto Ecoconsult, 2009. Directive Cadre européenne sur l'Eau. Définition de l'état de référence pour les Masses d'Eau de Transition de la Martinique. Années 2007/2008. Rapport pour DIREN Martinique, 154 pp.

Impact Mer, Pareto Ecoconsult, 2009. Directive Cadre européenne sur l'Eau. Réalisation du contrôle de surveillance des masses d'eau côtières et de transition de la Martinique. Année 2008. Rapport pour DIREN Martinique, 161 pp.

Impact Mer, Pareto Ecoconsult, 2010. Directive Cadre européenne sur l'Eau. 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 référence. Rapport pour DIREN Martinique, 166 pp (annexes incluses).

Marchand M., avril 2011. Mise en place d'un programme de surveillance DCE pour les eaux littorales de Guyane. Compte rendu de mission.

Marchand M., décembre 2011. Compte rendu de mission en Guyane en novembre-

décembre 2011.

PARETO, IMPACT MER, ARVAM, ASCONIT, R.N. ST-MARTIN (2009) : 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 1^{ère} année de suivi. Tranche ferme (2008-2009), rapport final, mars 2010, 145 pages + annexes.

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 provisoire, septembre 2010, 91 pages + annexes.

Annexe 1 : Réflexions sur la mise en œuvre du réseau de surveillance et de suivis complémentaires DCE « phytoplancton » en Martinique.

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

Isabelle Gailhard-Rocher – Luis Felipe Artigas – CNRS LOG

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 en 2007 et 2008
 - sur les 15 sites de surveillance des MEC en 2009 et 2010
- de dénombrements floristiques sur les 7 sites de référence des MEC en 2007-2008

L'analyse complémentaire 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 par microscopie et cytométrie en flux) 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). Le contrôle de surveillance réalisé sur 15 sites permet 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 notamment 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 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.

Type de Milieu	Site	Campagnes	Maximum de c° chlorophylle a (µg/L)	Période du maximum
1- Baies	Baie du Trésor	Mars07 – Juin07 – Août07 – Oct07 - Jan08 – Mar08 – juin08 – Août08 – Oct08- Oct09 : 10 campagnes + campagnes bi-mensuelles 2010-2011	0,51 (0,4 pour l'étude Créocéan)	Juin 2007 (fév 2011 pour l'étude Créocéan)
	Baie du Marin	Oct07 - Jan08 – Mar08 – juin08 – Août08 – Oct08- Oct09 : 7 campagnes	0,8	Octobre 2008
	Banc Gamelle	Oct07 - Jan08 – Mar08 – juin08 – Août08 – Oct08- Oct09 : 7 campagnes	1,3	Octobre 2008
	Ilet à Rats	Oct07 - Jan08 – Mar08 – juin08 – Août08 – Oct08- Oct09 : 7 campagnes	0,5	Octobre 2008
2- Récifs frangeants et « lagons atlantiques »	Pinsonnelle	Mars07 - Juin07 – Août07 - Oct07 – Jan08 – Mar08 – juin08 – Août08 – Oct08- Oct09 : 10 campagnes	0,72	Juin 2007
	Caye Pariadis	Oct07 - Jan08 – Mar08 – juin08 – Août08 – Oct08- Oct09 : 7 campagnes	0,3	Août 2008
	Loup Ministre	Oct07 – Jan08 – Mar08 – juin08 – Août08 – Oct08- Oct09 : 7 campagnes	0,4	Octobre 2009
3 - Récif barrière atlantique	Loup Garou	Mars07 - Juin07 – Août07- Oct07 - Jan08 – Mar08 – juin08 – Août08 – Oct08- Oct09 : 10 campagnes	0,53	Août 2007
4 - Côte rocheuse très exposée et plateau insulaire atlantique	Loup Caravelle	Jan08 – Mar08 – juin08 – Août08 – Oct08- Oct09 : 6 campagnes	0,9	Mars 2008
	Cap Saint Martin	Mars07 - Juin07 – Août07 - Oct07 - Jan08 – Mar08 – juin08 – Août08 – Oct08 : 9 campagnes	0,3	Octobre 2008
5 - Côte rocheuse protégée Caraïbe	Cap Salomon	Mars07 - Juin07 – Août07 - Oct07 - Jan08 – Mar08 – juin08 – Août08 – Oct08- Oct09 : 10 campagnes	0,3	Octobre 2009
	Fond Boucher	Oct07 – Jan08 – Mar08 – juin08 – Août08 – Oct08- Oct09 : 7 campagnes	0,4	Octobre 2008
6 - Pointe Borgnesse	Corps de Garde	Août07 - Oct07 - Jan08 – Mar08 – juin08 – Août08 – Oct08- Oct09 : 8 campagnes	0,5	Octobre 2009
	Pointe Borgnesse	Oct07 - Jan08 – Mar08 – juin08 – Août08 – Oct08- Oct09 : 7 campagnes	0,4	Octobre 2008 et

				2009
7 - Eaux du large de la grande baie de Diamant Sainte-Luce	Rocher du Diamant	Mars07 - Juin07 – Août07 - Oct07 - Jan08 – Mar08 – juin08 – Août08 – Oct08- Oct09 : 10 campagnes + campagnes bi-mensuelles 2010-2011	0,6 (0,2 ou 0,38 pour l'étude Créocéan)	Août 2008 (Mars-Avril ou Juillet 2011 pour l'étude Créocéan)

Tableau de synthèse des campagnes de mesures 2007-2011 et incorporation d'après les rapports IMPACTMER 2010 et CRECOCEAN 2011 (en grisé = masses d'eau de référence).

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 le contrôle de référence/surveillance réalisées par Impact Mer. Pour le site du Rocher du Diamant, les concentrations mesurées par Créocéan apparaissent inférieures à celles du contrôle 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 respectivement pour le contrôle DCE et l'étude Créocéan 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 semblant par ailleurs différents 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, mais également en février, mars, juin, juillet et août). 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.

Annexe 2 : Rapport d'expertise sur la mise en place des indicateurs « phytoplancton » en Guyane.

NOTE d'EXPERTISE

Emetteurs :

Felipe ARTIGAS, CNRS UMR 8187 LOG - Université du Littoral Côte d'Opale, Wimereux
Catherine BELIN, Ifremer Nantes
Luis LAMPERT, Ifremer Cayenne

Cayenne, le 24 mars 2011.

Rapport d'expertise sur la mise en place des indicateurs « phytoplancton » en Guyane – Mars 2011 –

Objet

Emettre un avis sur les paramètres « phytoplancton », suite à la demande du GT « Guyane » du 15 mars 2011 (courriel en annexes).

Commentaires

Sur les documents reçus, certains faisaient déjà l'objet d'un avis d'expertise en juin 2010 (voir en annexes). Toutes les remarques et commentaires émis à l'occasion sont d'actualité pour les documents reçus le 15 mars 2011.

Les documents reçus couvrent les campagnes des saisons de pluie et sèche de l'année



2009. Aucun document ou données sur les résultats des campagnes 2010 ne nous ont été rapportés. Cet avis s'appuie donc, uniquement sur la moitié des données acquises et prévues par la convention DIREN Guyane – IRD 38-39 A1, et ne peut pas être considéré comme définitif.

Les rapports reçus sont des rapports partiels de campagnes à caractère prospectif et ne présentent pas, pour le moment, des propositions pour le réseau DCE pérenne. Aucune proposition sur les stratégies, points de suivi, fréquences et paramètres n'a été encore émise.

Les approches suggérées dans notre rapport d'expertise de juin 2010 sont toujours d'actualité. La méthodologie d'analyses physico-chimiques et phytoplanctoniques DCE déjà définie en France Métropolitaine, devrait être appliquée pour les analyses à venir, avec les ajustements nécessaires à la particularité des eaux guyanaises. Notamment, en ce qui concerne l'estimation de l'abondance de chaque taxon par la méthode Utermöhl adaptée aux eaux turbides, pour le calcul d'indices.

D'autres remarques peuvent être formulées en tenant compte d'une part des travaux préliminaires réalisés sur la zone couverte par la DCE en Guyane (essentiellement ceux de Paulmier, 1993 & 2004 ; do Rosario Marinho–Jaussaud, 2007), d'autre part les données biogéochimiques et qualitatives du phytoplancton concernant les analyses 2009 par l'IRD :

- la masse d'eau côtière définie pour les besoins de la DCE comporte effectivement des types d'eau différents, en raison d'un gradient côte-large et d'un gradient Est – Ouest
- un clair gradient existe entre la station en eaux littorales en face de Cayenne (station 4) et les stations près des Iles du Salut (station 1), en passant par les stations intermédiaires (Ilets le Père et la Mère, mi-distance côte-Iles du Salut).
- il s'en suit qu'il existerait trois types d'eau au sein de la MEC : les eaux littorales, les eaux côtières intermédiaires et les eaux côtières ou de plateau interne localisées aux limites externes des de la MEC de Guyane, dans sa plus grande amplitude.

De façon à surveiller les différents types d'eau au sein de la MEC, des suivis mensuels sur 3 points au niveau des zones d'étendue maximum de la zone concernée par la DCE (en face de l'Approuague et du Kourou) sembleraient les plus pertinents.

Une alternative serait la conservation d'une station littorale à l'Est (Ilets le Père - la Mère ou station littorale) + le rajout d'une station au large, de même distance à la côte que celle des Iles du Salut mais à l'Est (proche des Iles du Connétable). Il serait opportun de rajouter également au suivi une station littorale sur le transect des Iles du Salut.. On aurait ainsi des stations, à l'Est et à l'Ouest, comparables deux par deux.

Finalement, le financement du projet MARSAT-10 pour l'exploitation des données satellite de Guyane, proposé par Ifremer en septembre 2009, n'avait pas été retenu par l'Onema. Le projet a vu le jour cependant, avec d'autres financements et un planning plus large. Il

pourrait être envisagé d'utiliser ces données pour la DCE dans une ou deux années, selon l'évolution de la validation des données et procédés.

Ces travaux de télédétection, couplés à des mesures bio-optiques comme celles effectuées par Loisel et al. (2009), permettront de mieux juger de la pertinence des stations à échantillonner de façon à évaluer la pertinence de la mise en place de la DCE en Guyane Française.

ANNEXES

- Demande d'expertise du 15 mars 2011
- Note d'expertise du 17 juin 2010
- Réflexions sur la mise en place des suivis et études préliminaires DCE « phytoplancton » dans les DOM-TOM. – Octobre 2009

Demande d'expertise du 15 mars 2011

Sujet: MISE EN OEUVRE DE LA DCE EN GUYANE : PHYTOPLANCTON ET PHYTOBENTHOS

De: Michel MARCHAND <Michel.Marchand@ifremer.fr>

Date: Tue, 15 Mar 2011 17:30:35 +0100

Pour: felipe.artigas@univ-littoral.fr, LAMPERT <Luis.Lampert@ifremer.fr>

Copie: lydie.riera@developpement-durable.gouv.fr, Marie-Claude XIMENES <marie-claude.ximenes@onema.fr>, PERCELAY Julie - DGALN/DEB/LM1 <Julie.Percelay@developpement-durable.gouv.fr>, MIOSSEC <Laurence.Miossec@ifremer.fr>

MISE EN PLACE DE LA DCE EN GUYANE

Un groupe de travail s'est mis en place (GT « EL Guyane ») pour définir la stratégie à adopter pour la mise en œuvre de la surveillance DCE dans les eaux littorales de la Guyane. Le GT est constitué de la DEAL (ex. DIREN) Guyane, l'Onema et le Ministère chargé de l'écologie (DEB), l'Agence de l'eau RMC, l'Ifremer et l'IRD. La DEAL s'appuie sur les travaux réalisés ou coordonnés par l'IRD (D. Guiral), contractualisés par deux Conventions en 2009 et 2010. Le pilotage décisionnel de ce GT est assuré par les représentants de la DEAL Guayne, l'Onema, la DEB et l'Agence de l'eau RMC. L'Ifremer assure l'animation du GT et est également engagé pour avoir un rôle d'assistance à maîtrise d'ouvrage auprès de la DEAL.

La première réunion du GT a eu lieu le 31 janvier 2011, à l'issue de laquelle plusieurs décisions ont été prises, notamment celles de disposer d'un avis scientifique sur les travaux en cours ou réalisés par l'IRD sur plusieurs éléments de qualité biologique (phytoplancton, invertébrés benthiques, macrophytes, poissons) et physico-chimiques.

Phytoplancton.

Concernant le phytoplancton, voici les éléments qui apparaissent dans le compte rendu de la réunion du 31 janvier 2011 et les attendus du GT « EL Guyane ».

Eaux côtières (MEC).

* Compte rendu « Les résultats obtenus sur le phytoplancton mettent en lumière des gradients de concentration entre les zones Est et Ouest, explicables par des processus écologiques (effet différentiel du grazing exercé par le zooplancton sur des communautés phytoplanctoniques structurées spatialement) et non par des pressions anthropiques. Il est nécessaire de poursuivre des travaux et de définir les métriques du fait que la surveillance doit prendre en compte l'élément de qualité biologique phytoplancton. Par contre, le

zooplancton, n'étant pas un élément de qualité DCE, n'est pas retenu. Les travaux qui devaient être réalisés sur les apports de la télédétection n'ont pu avoir lieu, malgré le fait de disposer des images Spot et des algorithmes de traitement des images. Il est nécessaire de trouver des partenaires pour engager ce travail pour lequel des compétences locales existent à l'Ifremer en Guyane ».

*** Attendu. «Le secrétariat du GT Guyane transmettra au GT « phytoplancton » l'ensemble des travaux relatifs au phytoplancton pour avis et demandera quelles sont les approches à envisager pour la suite des travaux, notamment pour exploiter les données satellitaires ».**

Eaux de transition (MET)

* Compte rendu

o Eau : « Cet élément de qualité biologique n'est pas estimé pertinent compte tenu des fortes turbidités rencontrées dans les eaux estuariennes ».

o Sédiment : « En remplacement du phytoplancton, une approche de surveillance sur la base de la colonisation sur support inerte du phytobenthos n'a pas apporté d'éléments d'observation pertinents dans l'optique de la DCE. De même, le recours à des évaluations des biomasses chlorophylliennes et des abondances des communautés phytobenthiques en place s'est avéré non pertinent pour des raisons d'impossibilité de standardisation des niveaux de prélèvements en relation avec les variations stationnelles des hauteurs d'eau liées au cycle de marée. Par contre, la structuration populationnelle des communautés semble permettre de discriminer, pour une gamme de salinité donnée, des proportions relatives, variables et significatives entre deux groupes de populations, respectivement polluo-tolérantes et polluo-sensibles ».

* Attendu

o Eau : « Cet élément de qualité biologique n'est pas estimé pertinent compte tenu des fortes turbidités rencontrées dans les eaux estuariennes ».

o Sédiment : « faire valider l'approche IRD par le GT « phytoplancton »

Vous serait-il possible ne nous transmettre votre avis dans un délai d'un mois et demi, c'est à dire pour fin avril 2011.

Documents joints.

Pour permettre cet avis d'expertise, je vous communique en documents attachés, d'une part le compte rendu intégral de la réunion du GT « EL Guyane » du 31 janvier, d'autre part les rapports scientifiques des travaux de l'IRD de la Convention 2009 avec la DEAL (ex. DIREN) Guyane, à savoir :

- * Convention DIREN GUYANE – IRD 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. Campagne de fin de saison des pluies 2009 (rapport2_modes-operatoires.pdf)
- * Convention DIREN GUYANE – IRD 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 3. Données complémentaires relatives à la campagne de fin de saison des pluies et premières données relatives à la campagne de fin de saison sèche 2009. Saison des pluies 2009 (rapport 3.1_saison-pluies.pdf)
- * Saison sèche 2009 (saison3.2_saison-seche_eaux_MEC-MET.pdf)
- * Les sédiments des eaux de transition (rapport 3.3.1_saison-seche_sediments-MET.pdf)
- * Convention DIREN GUYANE – IRD 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 saisons des pluies / saison sèche. Bilan et conclusion. Les eaux côtières (rapport 4.1_bilanMEC2.pdf)
- * Convention DIREN GUYANE – IRD 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 saisons des pluies / saison sèche. Bilan et conclusion. Les eaux de transition (rapport 4.2_bilan-eaux-MET.pdf)
- * Convention DIREN GUYANE – IRD 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 4.3. Comparaison saisons des pluies / saison sèche. Bilan et conclusion. Les sédiments en zone de transition (rapport 4.3_bilan-sediment-MET.pdf)

En vous remerciant par avance pour votre contribution à la mise en œuvre de la DCE dans les eaux littorales de la Guyane et en restant à votre disposition pour tout renseignement complémentaire.

Bien cordialement.

Michel Marchand
GT EL Guyane_CR_1ère réunion.doc

NOTE d'EXPERTISE

Emetteur : Luis LAMPERT, Ifremer Cayenne
Cayenne, le 17 juin 2010.

Rapport d'expertise sur la mise en place des indicateurs « phytoplancton » en Guyane

Objet

Ce rapport fait suite à la diffusion en juin 2010 des conventions DIREN-IRD ainsi que des trois rapports intermédiaires de campagnes effectuées par l'IRD dans le cadre de la mise en place de la DCE en Guyane.

Lors de la réunion de juin 2009 à l'Ifremer de Nantes, les acteurs de la mise en œuvre de la DCE dans les DOM ont constitué des groupes de travail, dont parmi d'autres, celui du « phytoplancton ». Catherine Bélin (Ifremer Nantes), Felipe Artigas (LOG de Wimereux) et Luis Lampert (Ifremer de Cayenne) ont été nommés experts pour l'élément qualité « Phytoplancton ». C'est dans ce contexte que je donne mon avis sur la mise en place de cet élément qualité en Guyane en vue des documents récemment reçus.

Remarques d'ordre général

Il serait pertinent d'indiquer les coordonnées des points d'échantillonnage en WSG84 et non en UTM pour une plus facile représentation. Il reste assez compliqué de réaliser correctement la conversion.

Dans les rapports intermédiaires il serait judicieux d'ajouter des cartes avec les distributions spatiales des paramètres pour une meilleure visualisation.

La rédaction des rapports intermédiaires reste assez confuse et l'on ne voit pas trop

bien le lien avec la mise en place d'un réseau DCE pérenne.

Remarques d'ordre techniques et scientifiques

Utiliser des unités pertinentes : c'est $\mu\text{mol.l}^{-1}$ ou μM , mais pas $\mu\text{M.l}^{-1}$.

Il est indiqué que les échantillons en mer sont prélevés dans des jerricans de 10 litres. Si c'est avec cette eau de mer que les analyses de chlorinité sont réalisées, veiller à l'étanchéité de ceux-ci, car avec les fortes températures l'évaporation produit des changements rapides dans la salinité. Des mesures avec un conductimètre pour l'obtention de la salinité auraient permis de s'affranchir de ce problème.

Ne pas oublier que le paramètre essentiel à suivre est la salinité et non la chlorinité ou la conductivité. Le couple température et salinité restent les principaux marqueurs d'une masse d'eau. Donc, si vous indiquez dans les tableaux les paramètres de conductivité et chlorinité, ne pas oublier d'indiquer la salinité calculée.

Il est étonnant de ne pas trouver des mesures de température et oxygène dissous pour les échantillons. Il aurait été pertinent de prendre des mesures en surface et au fond dans les eaux côtières (MEC).

Il aurait été préférable en première approche d'utiliser les méthodes d'analyses préconisées pour la DCE au niveau national afin de garder l'homogénéité dans l'interprétation des résultats (Aminot et Kerouel, 2007).

Les prélèvements des échantillons phytoplanctoniques devraient être fixés de préférence au Lugol, moins dangereux que le Formol et permettant la décantation de toutes les cellules.

Les mesures de phéopigments obtenues par fluorimétrie sont trop influencées par la composition spécifique du peuplement phytoplanctonique. La seule mesure adéquate pour les phéopigments reste l'HPLC (Jeffrey et al., 1997).

Il est indiqué dans la convention DIREN-IRD que le phytoplancton sera prélevé sans mesure du volume, avec un filet de $40\mu\text{m}$ de vide de maille et sur une durée d'une minute environ (10 à 20 secondes selon le rapport d'avancement N°2). Il est indiqué également que des calculs des indicateurs de diversité et richesse spécifiques seront calculés :

- il aurait été plus pertinent de réaliser des indentifications et dénombrements sur des volumes fixes (comme il est fait dans les autres régions)
- sans unité de volume aucun indice de diversité ne sera exploitable
- les indices de diversité du type 'Shannon' ne sont pas adaptés au réseau DCE

Lors des filtrations par classe de taille (40µm, 10µm et 3µm), une distribution des cellules sera réalisée en fonction de leur taille, mais aussi en fonction de leur forme et type. C'est-à-dire, que ce que retiendra la soie de 40µm ne sera pas uniquement des cellules de plus de 40µm, mais également les colonies, très nombreuses dans nos eaux. Tout principalement les genres *Skeletonema* et *Chaetoceros*, qui dominent largement le peuplement.

Commentaires

Dans l'article 1^{er} de la convention signé entre la DIREN de Guyane et l'IRD, il est indiqué que l'étude doit définir les stratégies plus opportunes en « référence aux préconisations retenues au niveau national ». Il me semble que ce point n'ait pas été respecté.

Bien que fort intéressant scientifiquement, le protocole d'échantillonnage et d'étude mené ne semble pas répondre à l'architecture existante de la DCE au niveau national. Pour mémoire, l'élément qualité « Phytoplancton » pour la DCE est composé de trois indicateurs : indice de composition, indice d'abondance et biomasse phytoplanctonique. Des paramètres accompagnateurs ont été également retenus (température, salinité, oxygène dissous, turbidité, sels nutritifs dissous (NH₄, NO₂, NO₃, PO₄, Si(OH)₄, – Pelluoin-Grouhel, 2006–). Le manque de dénombrements phytoplanctoniques nous prive alors de deux des trois paramètres de cet élément qualité.

Afin de garder une cohérence entre les différentes régions de France et d'Europe, un effort de normalisation a été mis en place, non sans difficultés, lors des réunions européennes de la DCE. Je regrette que l'étude n'inclue pas les paramètres déjà utilisés par la DCE, ce qui aurait permis de juger de leur pertinence ou pas dans les eaux guyanaises (voir ma note de novembre 2009).

Nous n'avons aucun réseau préexistant comme en métropole, ni étude de saisonnalité sur lequel nous appuyer pour définir le meilleur réseau. La variabilité climatique est connue, mais pas celle des paramètres suivis. Dans l'idéal, une étude de cette variabilité saisonnière (une campagne par mois) aurait été préférable à une définition de deux saisons uniques.

La mise en place de la DCE en Guyane ne peut pas se faire sans la connaissance de ce qui a déjà été prouvé, testé ou mis à l'écart depuis presque dix années de travail en métropole. J'encourage vivement l'IRD à prendre connaissance des documents de référence émis par l'Ifremer à ce sujet, et notamment, pour l'élément qualité « Phytoplancton » de :

- Anne Pelluoin-Grouhel, Belin, C. Daniel A., 2006.
- Grossel, H., 2006.

- Catherine Bélin, Soudant, D., 2008.

Bibliographie

- Aminot, A., Kerouel, R., 2004. Hydrologie des écosystèmes marins. Paramètres et analyses. *Editions de l'Ifremer. Méthodes d'analyses en milieu marin*. 336 p. ISBN 2-84433-133-5.
- Anne Pelluoin-Grouhel, Belin, C. Daniel A., 2006. Recommandations techniques pour le contrôle de surveillance dans le cadre de la DCE, pour le phytoplancton et les paramètres physicochimiques (hors contaminants chimiques). Stratégies d'échantillonnage, indicateurs, et grilles de classement. *Programme Surveillance et Evaluation de l'Etat des Eaux Littorales (SE3L)*, Rapport Technique et Scientifique Ifremer.
- Grossel, H., 2006. Manuel d'observation et de dénombrement du phytoplancton marin. Document de méthode REPHY. Département Environnement, Microbiologie et Phycotoxines. Rapport Technique et Scientifique Ifremer/DOP.
- Catherine Bélin, Soudant, D., 2008. DCE : évaluation provisoire de la qualité des masses d'eaux côtières et de transition pour l'élément phytoplancton. Etat des lieux complet du littoral français basé sur les données chlorophylle et phytoplancton disponibles dans Quadrige. *Programme Surveillance et Evaluation de l'Etat des Eaux Littorales (SE3L)*, Rapport Technique et Scientifique Ifremer. Tomes 1 à 6.
- S.W., Jeffrey, Mantoura, R.F.C., Wright, S.W., 1997. Phytoplankton pigments in oceanography: guidelines to modern methods. UNESCO eds., Monographs on Oceanographic Methodology collection, Paris 1997, 661 pp.

Réflexions sur la mise en place des suivis et études préliminaires DCE « phytoplancton » dans les DOM-TOM

Cayenne, Octobre 2009

Ces quelques lignes ne se veulent pas une synthèse de tout ce qui a été fait au sujet du phytoplancton dans le cadre de la mise en œuvre de la DCE, mais répondent au besoin d'une information de base nécessaire aux administrations décentralisées dans les DOM-TOM. Malheureusement, toutes les compétences scientifiques ne sont pas représentées dans les DOM-TOM et les administrations qui doivent répondre, ou mettre en place des actions concernant le phytoplancton, manquent d'information sur le contexte dans lequel doivent être effectués les travaux. Que ce soit des travaux préliminaires à la mise en application de la surveillance, ou des travaux visant à combler le manque de connaissances du compartiment phytoplanctonique, ces quelques lignes peuvent déjà éclairer et mieux orienter les choix de stratégies et des travaux.

Les études qui mènent à la mise en place des stratégies de surveillance DCE dans les DOM sont variées du fait de la diversité des écosystèmes rencontrés. Il faut cependant un minimum de structuration dans les études pour permettre de réaliser par la suite, la surveillance dans un contexte le plus homogène possible.

Actuellement, l'élément qualité « phytoplancton » est composé de trois indices : la biomasse chlorophyllienne, l'indice d'abondance et l'indice de composition. Ces trois indices sont déjà mis en place dans le suivi de surveillances des masses d'eau de France métropolitaine. Bien que perfectibles, et peut-être non pertinents (ce qui semble être le cas de l'indice de composition), il serait préférable que dans la mesure du possible, dans les DOM et TOM, nous puissions utiliser les mêmes bases. Il ne sera peut-être pas possible partout, mais nous préconisons d'essayer ces méthodes ou celles qui se rapprochent le plus, tout en utilisant l'éventail le plus large d'autres méthodes ou indices en parallèle.

En règle générale, nous disposons de peu de temps pour statuer sur la pertinence d'un indice. Le retard pris dans les DOM-TOM pour la mise en place de la DCE fait que les longues études devront se faire en parallèle de premières stratégies de surveillance. Celles-ci pourront par la suite évoluer ou être changées si nécessaire, ou en accord avec les études.

Pour la réalisation des études sur le compartiment phytoplanctonique, nous comptons avec l'expérience des dernières années en métropole, où nous disposions des bases de données conséquentes qui ont permis d'essayer des indices et des stratégies sur 4 ou 5 ans avant

d'arrêter celle qui est en place actuellement. Mais dans les DOM-TOM nous ne disposons que de rares données éparses dans l'espace et dans le temps, et malheureusement pas des réseaux antérieurs.

Pour identifier dans un premier temps les masses d'eau, si ce n'est déjà pas fait, il serait souhaitable de disposer des études pluriannuelles de la variabilité chlorophyllienne par imagerie satellite. Cette méthode, avec l'aide des modèles d'advection-dispersion, a permis sur les côtes normandes de mieux cibler les limites des masses d'eau et d'identifier les points de suivi. Il a été ainsi parfois nécessaire d'avoir deux ou trois points de suivi sur une masse d'eau très hétérogène en chlorophylle.

Les méthodes qui pourraient conduire à la mise en place des nouveaux indices, peuvent être diverses :

- Chemotaxonomie (pigments par HPLC)
- Cytométrie
- Microscopie optique par épifluorescence
- Fluorescence modulée (PAM)
- Imagerie satellite
- Etude du phytobenthos
- Etude du picoplancton...

Dans des eaux très pauvres en pigments, nous pouvons nous demander quelle est l'importance de cet élément qualité « phytoplancton ». Pouvons-nous nous passer de celui-ci ? Si aucun signal en chlorophylle n'est observé, et que nulle cellule n'est identifiée, c'est une possibilité ; mais si un tout petit signal est présent à un moment de l'année, c'est déjà le point de départ pour le surveiller et étudier son évolution. Il pourra nous dire si chaque année est au même endroit et avec la même intensité. Il faudra dans ce cas adapter la méthodologie et la fréquence du suivi.

Dans les eaux pauvres, il serait possible de filtrer sur des mailles de 20 µm une quantité mesurée d'eau de mer afin de concentrer les cellules phytoplanctoniques. Dans les eaux très chargées en matières en suspension, une méthode de filtration des sédiments ou de sédimentation rapide peut aider à séparer les matières particulaires minérales des cellules.

Il se peut que les seuils de 100 000 cellules par litre et de 1 000 000 de cellules par litre utilisés dans les indices d'abondance et de composition ne soient plus pertinents dans des eaux très pauvres, et il faudra alors adapter ces seuils. Ces adaptations restent préférables à l'utilisation d'autres méthodes dans un souci d'homogénéité des méthodologies, car par la suite, la classification de la masse d'eau étudiée dépendra de l'ensemble des « éléments qualité ». Des changements radicaux dans les méthodologies peuvent apporter des biais dans l'équilibre des « éléments qualité » et dans la qualification finale de la masse d'eau.

Un exemple de procédures de mise en place, de premiers résultats et de synthèse est disponible sur la région Normandie au site Web :
<http://www.ifremer.fr/lern/Pages/Programme/RHLN.htm>

En conclusion

La mise en place des études pour la détermination des stratégies de surveillance de l'élément qualité « phytoplancton » doit, dans la mesure du possible, rester avec les mêmes indicateurs déjà mis en place en métropole.

Pour ceci, deux analyses de la masse d'eau sont nécessaires :

- Concentration en chlorophylle *a*,
- Dénombrement et identification des cellules microphytoplanctoniques (20-200 µm).

Avec ces deux analyses, il est possible de construire les trois indicateurs. Idéalement, il faudrait coupler ces résultats avec des analyses d'autres paramètres (HPLC, cytométrie,...) afin d'être capable de proposer d'autres indices DCE si les traditionnels ne sont pas représentatifs.

Fréquences : si des données antérieures ne permettent pas de connaître la variabilité saisonnière, il faut réaliser une sortie par mois sur un an minimum, puis réduire la fréquence si ce n'est pas pertinent.

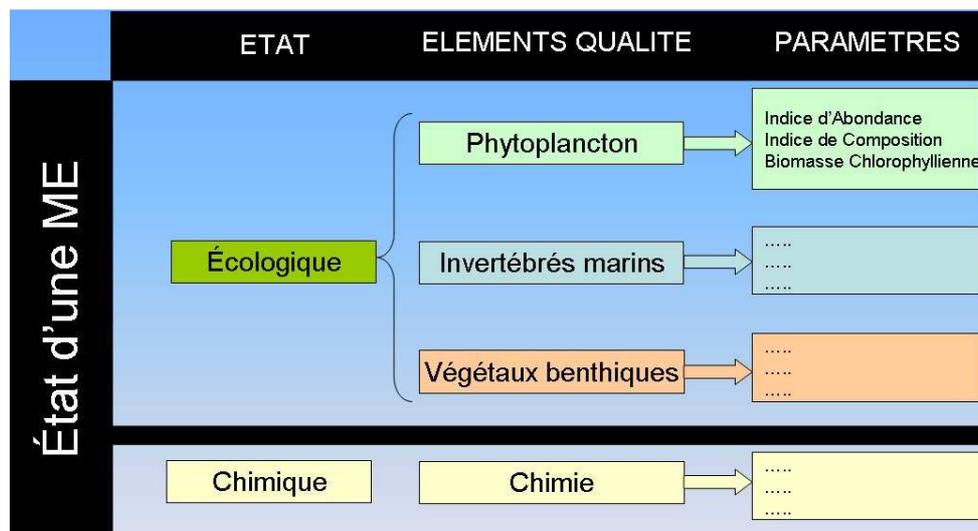
Zone d'étude : de la même sorte que pour les fréquences, si les masses d'eau ne sont pas clairement identifiées, il est nécessaire de choisir judicieusement un vaste secteur afin de statuer sur l'homogénéité de celles-ci par la suite. Un bon outil pour statuer sur ce point est l'utilisation des images satellite en chlorophylle.

Voir en annexe l'aide-mémoire des paramètres DCE.

Luis LAMPERT et Felipe ARTIGAS
Experts « Phytoplancton » pour la DCE dans les DOM-TOM

Aide-mémoire des indicateurs de l'élément qualité « Phytoplancton » dans la DCE

L'élément qualité « phytoplancton » est l'un des éléments qui définissent l'état écologique d'une masse d'eau. L'ensemble de ces « éléments qualité » permettra de définir le bon état ou pas d'une masse d'eau. Chaque élément qualité est construit autour des paramètres qui lui sont propres. Dans le cas qui nous intéresse, l'élément qualité « phytoplancton », après de nombreuses discussions et propositions de la part des états membres de la CE, est arrêté sur trois paramètres (voir figure ci-dessous).



1.- Biomasse chlorophyllienne

La métrique retenue pour cet indicateur est le percentile 90 des données mesurées sur six ans. Le percentile 90 permet la prise en compte d'une grande majorité des données, y compris celles des pics de chlorophylle à l'exception des données extrêmes de ces pics. Ce choix est un bon compromis entre des indicateurs de type moyenne, médiane ou maximum, dont les résultats seraient beaucoup plus lissés.

La grille de classement retenue est la suivante :

		Percentile 90 chlorophylle a ($\mu\text{g.L}^{-1}$)				
période productive		très bon	bon	moyen	médiocre	mauvais
manche atlantique eaux côtières et de transition sauf grands estuaires	mars – octobre	0 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 40	> 40
méditerranée eaux côtières et de transition Ouest Méditerranée, sauf lagunes	janvier – décembre	0 - 2	2 - 4	4 - 8	8 - 16	> 16
méditerranée eaux côtières et de transition Est Méditer. + Corse, sauf lagunes	janvier – décembre	0 - 1	1 - 2	2 - 4	4 - 8	> 8
méditerranée lagunes	juin – août	0 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 40	> 40

Le tableau se lit : ≤ 5 , > 5 et ≤ 10 , > 10 et ≤ 20 , > 20 et ≤ 40 , > 40

Le Rapport Technique d'Intercalibration des GIGs (version janvier 2007) préconise un échantillonnage :

- sur six ans,
- tous les mois,
- sur la période productive.

2.- Définition de l'Indice d'abondance

Cet indice concerne l'ensemble des espèces phytoplanctoniques qu'un opérateur est capable d'identifier avec un microscope optique. Cette identification peut se faire au niveau de l'espèce, du genre ou de la classe selon les compétences de l'opérateur.

Le Rapport Technique d'Intercalibration des GIGs (janvier 2007) préconise un échantillonnage :

- tous les ans, par plan de six ans,
- avec une fréquence mensuelle.

Pour la définition d'une efflorescence ou bloom, les seuils actuels sont 100 000 cellules/L pour les cellules d'une taille supérieure à 20 µm et 250 000 cellules/L pour les cellules nanophytoplanctoniques (2 à 20 µm).

La métrique proposée est le pourcentage d'échantillons pour lesquels un taxon dépasse le seuil fixé pour un bloom, rapporté au nombre total d'échantillons dénombrés (%).

Un seul taxon dépassant le seuil par échantillon est pris en compte pour l'indicateur et la grille de classement proposée est la suivante :

	très bon	bon	moyen	médiocre	mauvais
pourcentage d'échantillons dépassant le seuil fixé pour un bloom	< 20%	20 – 39 %	40 – 69 %	70 – 90 %	> 90 %

Les conditions de *référence* sont décrites comme étant comprises entre 15 et 20%.

3.- Définition de l'Indice de composition

Le Rapport Technique d'Intercalibration des GIGs (version janvier 2007) préconise un échantillonnage :

- tous les ans, par plan de six ans,
- avec une fréquence mensuelle.

En ce qui concerne les espèces toxiques ou nuisibles, la DCE recommande de ne prendre en considération que les blooms supérieurs à 1 000 000 cellules par litre. La liste des espèces nuisibles n'est pas encore définitivement arrêtée.

La métrique proposée est le pourcentage d'échantillons pour lesquels le seuil d'un million de cellules par litre est dépassé, rapporté au nombre total d'échantillons.

La grille de classement proposée est la suivante :

Indice de composition	très bon	bon	moyen	médiocre	mauvais
% d'échantillons où une espèce	< 10%	≥ 10 % < 18 %	≥ 18 % < 36 %	≥ 36 % < 80 %	> 80 %



Des doutes subsistent sur la capacité discriminatoire de cet indice. Il est actuellement à l'étude une révision ou un changement de celui-ci.