



***Domaine d'application et  
validation des grilles  
d'évaluation de la  
qualité des masses  
d'eau côtières et de  
transition élaborées  
dans le cadre de la  
DCE***

***Elément de qualité biologique  
« macroalgues  
opportunistes »***

***Rapport final***

***Nadège Rossi (CEVA)***



***Décembre 2012***

## Contexte de programmation et de réalisation

---

Dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau il est nécessaire d'évaluer le statut écologique des masses d'eau à travers la définition des conditions de références et du bon état écologique par différents indicateurs parmi lesquels les blooms macroalgues. Les années précédentes ont été destinées à établir une grille d'évaluation de la qualité des masses d'eau côtières sur la base des marées vertes à ulves « classiques » de Bretagne. Concernant les masses d'eau de transition, une grille spécifique a été établie pour répondre au développement des algues vertes dans les systèmes vaseux. Il s'agit d'établir dans quelle mesure la grille de qualité établie en 2011 pour les marées vertes à ulves « classiques » des EC bretonnes peut s'adapter aux « marées vertes d'arrachage » qui ont été récemment identifiées comme un type de marée verte à cycle de développement différent, passant notamment par une colonisation de substrats durs, et très répandu sur le sud Loire et probablement en Normandie. De même, les grilles d'évaluation des MET et des MEC peuvent-elles répondre à un développement d'algues opportunistes autre que celui des algues vertes (*Gracilaria*, *Pylaiella*) ? Enfin, il s'agit d'établir la sensibilité de la réponse des macroalgues à la diminution de la pression anthropique par le biais de l'établissement d'une relation pression-impact pour les MEC et les MET

## Les auteurs

---

**Nadège Rossi**  
**Ingénieur d'étude**  
**nadege.rossi@ceva.fr**  
**Presqu'île de Pen Lan BP-3 22610 Pleubian**

## Les correspondants

---

**Onema : Marie-Claude, Ximenes, coordinatrice DCE eaux littorales, marie-claude.ximenes@onema.fr**  
**Référence du document :**

**Partenaire : Laurence, Miossec, IFREMER, laurence.miossec@ifremer.fr**  
**Référence du document :**

<b>Droits d'usage :</b>	<i>accès libre</i>
Couverture géographique :	<b>Façade Manche-Atlantique</b>
Niveau géographique :	<b>national</b>
Niveau de lecture :	<b>professionnels, experts</b>
Nature de la ressource :	<b>document</b>

*DOMAINE D'APPLICATION ET VALIDATION DES GRILLES D'ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DES MASSES D'EAU CÔTIÈRES ET DE TRANSITION ELABORÉES DANS LE CADRE DE LA DCE*

**RAPPORT FINAL**  
**NADEGE ROSSI**

SOMMAIRE

RESUME.....	5
ABSTRACT .....	6
SYNTHÈSE POUR L'ACTION OPERATIONNELLE .....	7
1. INTRODUCTION .....	9
2. NOTIONS DES DIFFÉRENTES TYPOLOGIES DE MAREES VERTES .....	9
2.1. Marées vertes de type 1.....	10
2.2. Marées vertes de type 2.....	10
2.3. Marées vertes de type 3.....	10
3. MATERIEL ET METHODE.....	10
3.1. Acquisition des données-Rappel.....	10
3.2. Détermination des masses d'eau à marées vertes de type 2.....	11
3.2.1. <b>Analyse des données de terrain acquises entre 2007 et 2011</b> .....	12
3.2.2. <b>Analyse des données relatives aux différents substrats des masses d'eau</b> .....	13
3.2.3. <b>Dire d'expert</b> .....	13
3.3. Evaluation de la qualité écologique des masses d'eau .....	13
3.3.1. <b>Masses d'eau à marées vertes de type 1</b> .....	13
3.3.1.1. Définition des métriques.....	13
3.3.1.2. Définition des seuils .....	14
3.3.2. <b>Masses d'eau à marées vertes de type 2</b> .....	14
3.3.2.1. Définition des métriques.....	14
3.3.2.2. Définition des seuils .....	15
3.3.2.3. Comparaison des méthodes d'évaluation de la qualité écologique des masses d'eau.....	15
3.3.2.4. Evaluation du degré de complémentarité entre l'outil destiné aux macroalgues opportunistes d'arrachage et l'outil destiné aux macroalgues intertidales de substrat dur.....	15
3.3.3. <b>Masses d'eau à marées vertes de type 3</b> .....	16
3.3.3.1. Définition des métriques.....	16
3.3.3.2. Définition des seuils .....	16
3.4. Relation pression-impact en MEC et MET .....	17
3.4.1. <b>Relation pression-impact en MEC</b> .....	17
3.4.2. <b>Relation pression-impact en MET</b> .....	17
3.5. Intégration d'autres algues opportunistes dans l'évaluation de la qualité écologique des MEC et MET.....	17
3.5.1. <b>Développement de Pylaiella dans les MEC</b> .....	17
3.5.2. <b>Développement de gracilaires dans les MET</b> .....	18
4. RESULTATS-DISCUSSION .....	18
4.1. Caractérisation des masses d'eau selon leur typologie de marées vertes.....	18
4.2. EQR 2006-2011 .....	19
4.2.1. <b>Masses d'eau à marées vertes de type 1</b> .....	19
4.2.2. <b>Masses d'eau à marées vertes de type 2</b> .....	20
4.2.3. <b>Masses d'eau à marées vertes de type 3</b> .....	22

4.3. Relation pression-impact en MEC et MET .....	23
<b>4.3.1. Relation pression-impact en MEC .....</b>	<b>23</b>
<b>4.3.2. Relation pression-impact en MET .....</b>	<b>25</b>
4.4. Intégration d'autres algues opportunistes dans l'évaluation de la qualité écologique des MEC et MET.....	26
<b>4.4.1. Développement de Pylaiella dans les MEC .....</b>	<b>26</b>
<b>4.4.2. Développement de gracilaires dans les MET .....</b>	<b>28</b>
5. CONCLUSION.....	30
6. BIBLIOGRAPHIE.....	32
7. ANNEXES.....	33

**DOMAINE D'APPLICATION ET VALIDATION DES GRILLES D'ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DES MASSES D'EAU CÔTIÈRES ET DE TRANSITION ELABORÉES DANS LE CADRE DE LA DCE**  
**NADEGE ROSSI**

## Résumé

---

Dans le cadre de la DCE, il est demandé d'évaluer les masses d'eau côtières et de transition à partir de différents paramètres biologiques dont les macroalgues opportunistes. Cela implique d'une part la mise en place de méthodes adaptées et d'autre part la vérification que la qualité écologique établie est en lien avec une pression identifiée. Cette évaluation est actuellement basée sur un suivi des macroalgues opportunistes vertes (algues verte en lame pour les milieux sableux et algues vertes en lame + filamenteuses dans les milieux vaseux). Néanmoins, des développements massifs d'autres algues, notamment *Pylaiella littoralis* et *Gracilaria* sp. peuvent intervenir dans certaines masses d'eau. Compte tenu de l'ensemble de ces éléments, l'étude effectuée présente :

- Les trois outils d'évaluation de la qualité écologique des masses d'eau mis en place en réponse aux trois types de marées vertes identifiées sur le littoral Manche-Atlantique
- Les résultats de l'évaluation de la qualité écologique par masse d'eau
- Une analyse de la relation pression-impact sur les masses d'eau côtières et de transition en apportant une attention particulière à la typologie
- Une analyse de la prise en compte d'autres algues opportunistes dans l'évaluation de la qualité écologique des masses d'eau.

## Mots clés (thématique et géographique)

---

Directive Cadre sur l'Eau, macroalgues opportunistes, Façade Manche-Atlantique, *Ulva* sp., *Pylaiella littoralis*, *Gracilaria* sp., relation pression-impact

*SCOPE AND VALIDATION OF METHODS FOR ASSESSING THE ECOLOGICAL QUALITY OF COASTAL AND TRANSITIONAL WATER BODIES UNDER THE WATER FRAMEWORK DIRECTIVE*

**NADEGE ROSSI**

**ABSTRACT**

In the context of the WFD, the assessment of the coastal water bodies and transition is required from different biological parameters including opportunistic macroalgae. This implies on the one hand the development of appropriate methods and the other hand controlling that the environmental quality is established in connection with an identified pressure. This assessment is currently based on monitoring of opportunistic green macroalgae. Nevertheless, massive developments of other algae, including *Pylaiella littoralis* and *Gracilaria* sp. may be involved in some water bodies.

Given all these information, the study shows:

- The three tools for assessing the ecological quality of water bodies set up in response to the three types of green tides identified on the Atlantic Channel coast
- The results of the assessment of the ecological quality of water bodies
- An analysis of the pressure-impact relationship for coastal and transitional water bodies with particular attention to the typology
- An analysis taking into account other opportunistic algae in assessing the ecological quality of water bodies.

Key words (thematic and geographical area)

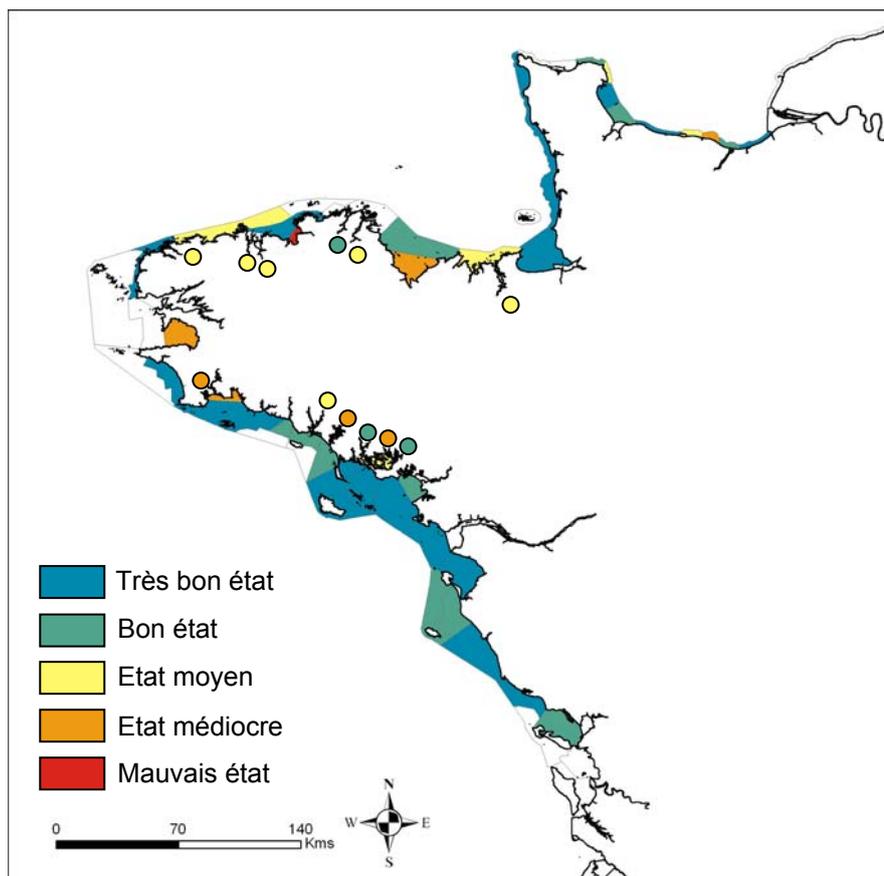
Water Framework directive, opportunistic macroalgae, Channel-Atlantic coast, *Ulva* sp., *Pylaiella littoralis*, *Gracilaria* sp., pressure-impact relationship

*DOMAINE D'APPLICATION ET VALIDATION DES GRILLES D'ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DES MASSES D'EAU CÔTIÈRES ET DE TRANSITION ELABOREES DANS LE CADRE DE LA DCE*  
**NADEGE ROSSI**

## SYNTHESE POUR L'ACTION OPERATIONNELLE

Dans le cadre du contrat de 2011, les grilles d'évaluation de la qualité écologique des masses d'eau ont été testées permettant de conclure sur les métriques à utiliser et sur les seuils attribués à chacune des métriques à la fois pour les eaux de transition et pour les eaux côtières. La poursuite de l'action concerne l'évaluation du domaine d'application de chacune de ces grilles (uniquement algues vertes ou pouvant s'adapter également à d'autres algues opportunistes) ainsi qu'à la robustesse de l'outil en termes de réponse à la pression visée.

Le résultat de l'évaluation de la qualité écologique des masses d'eau sur le jeu de donnée 2006-2011 (ou 2008-2011) selon les masses d'eau est présenté ci-dessous. L'évaluation a été effectuée avec la méthode correspondant au type de marée verte prépondérant dans une masse d'eau donnée parmi les trois types existants.



Evaluation de la qualité écologique des masses d'eau sur les années 2006-2011 (ou 2008-2011)  
Les MEC sont colorées directement et les MET sont représentées par un cercle coloré en amont de la masse d'eau concernée

Concernant l'analyse des relations pression-impact, il a été montré que certaines typologies permettaient d'avantage de mettre en évidence une relation directe entre l'EQR et les apports azotés.

Enfin, la prise en compte de toutes les algues opportunistes dans l'évaluation de la qualité des masses d'eau doit être effectuée avec prudence car chaque espèce répond de façon différente à un même degré d'eutrophisation. En d'autres termes, à même développement algale, le degré de pression n'est pas forcément identique.

*DEVELOPPEMENT D'OUTILS DE CLASSEMENT DE QUALITE DES EAUX COTIERES ET DE TRANSITION  
POUR LA DCE  
NADEGE ROSSI*

## 1. Introduction

Dans le cadre de la DCE, des méthodes d'évaluation de la qualité écologique des masses d'eau côtières et de transition doivent être mises en place. Ces évaluations doivent être en lien avec une pression identifiée. Dans ce contexte, plusieurs travaux ont déjà été menés et ont abouti à l'élaboration de deux grilles d'évaluation et de la mise en évidence d'une relation pression-impact en MEC et MET.

Les suivis effectués depuis plusieurs années montrent des évolutions dans ces phénomènes de marées vertes qu'il est important de considérer pour parvenir à l'évaluation de la qualité écologique la plus juste possible, le classement d'une masse d'eau en dehors du bon état écologique impliquant la mise en place de mesures pour la restauration du bon état. La mise en évidence de relation pression-impact est également importante puisque c'est elle qui définira la ou les pressions que les politiques de reconquête du bon état devront réduire.

Ainsi ce travail a pour objectifs :

- La mise en place d'une méthode d'évaluation de la qualité écologique des masses d'eau touchées par les marées vertes d'arrachage. En effet, jusqu'à présent, les méthodes d'évaluation s'adressaient aux marées vertes « classiques » à ulves dérivantes et aux marées vertes se développant sur vasières. Or, les suivis de terrain mettent également en évidence des marées vertes issues d'un développement algal massif sur platier rocheux qui s'échoue sur les plages après un épisode d'arrachage. Le substrat de développement de ces marées vertes étant le même que celui des macroalgues à substrat durs, il sera nécessaire de s'assurer de la cohérence des résultats obtenus par chaque système d'évaluation sur une même masse d'eau.
- Une première relation pression-impact a été mise en évidence en MEC et en MET. Toutes n'ont pu être prises en compte du fait du manque de données. Ainsi, il s'agira ici d'utiliser d'autres données pour améliorer ou proposer des pistes d'amélioration pour la mise en évidence des relations pressions-impacts. Un intérêt particulier sera porté sur les typologies des masses d'eau.
- Depuis quelques années, d'autres algues présentent des développements massifs comme l'algue brune *Pylaiella littoralis* et l'algue rouge *Gracilaria* sp. Il s'agit ici de tester l'effet de la prise en compte de *Pylaiella* dans le calcul de l'EQR et de discuter de la pertinence de cette prise en compte. Concernant *Gracilaria*, la prise en compte de cette algues dans le calcul des EQR de certaines MET a déjà été menée. Cette algue se développant depuis peu dans certaines MET, il est question dans ce travail d'évaluer son évolution en travaillant sur les clichés aériens de 2000, 2009 et 2010.

## 2. Notions des différentes typologies de marées vertes

Jusqu'à présent dans le cadre de la DCE, seules deux typologies de marées vertes étaient considérées. Les marées vertes se développant sur substrat sableux et dont les biomasses sont

mobiles (sous influence de la marée, de la houle et des vents) et les marées vertes se développant sur substrat vaseux à biomasse peu mobile (moins soumises aux vents et à la houle). Concernant le substrat sableux, les observations de terrain ont montré qu'elles pouvaient être :

- soit constituées d'algues libres (cas des marées vertes des grandes baies de Bretagne comme la baie de Saint-Brieuc ou la Baie de Lannion)
- soit constituées d'algues d'arrachage c'est-à-dire qu'avant de se retrouver dérivantes dans la masse d'eau, ces algues ont effectué une phase de croissance fixées sur les platiers rocheux.

Ainsi, à partir de ces observations, trois typologies de marées vertes ont été définies et nommées marées vertes de type 1, marées vertes de type 2, marées vertes de type 3.

### **2.1. Marées vertes de type 1**

Les marées vertes de type 1 définissent les développements massifs d'ulves ayant lieu dans les grandes baies sableuses. Ces marées vertes se forment à partir d'ulves dérivantes à multiplication végétative. Elles sont monospécifiques c'est-à-dire qu'une seule espèce d'ulve est à l'origine du bloom. Les algues sont présentes à la fois échouées sur la plage mais également flottantes au bas de l'eau, formant un rideau. Leur développement en excès est dû aux conditions particulièrement favorables créées par la configuration des baies sableuses où elles se trouvent :

- confinement des éléments nutritifs provenant des rivières
- eaux peu profondes (dues aux pentes douces des baies) permettant de bonnes conditions de lumières et de température

### **2.2. Marées vertes de type 2**

Les marées vertes de type 2 aussi nommées marées vertes d'arrachage se retrouvent également sur substrat sableux. La différence principale avec les marées vertes de type 1 réside dans le fait qu'elles ont une phase de développement fixée sur platier rocheux préalablement à leur échouage sur plage. Ce type de marée se retrouve essentiellement au sud de la Loire et en Normandie.

### **2.3. Marées vertes de type 3**

Les marées vertes de types 3 se retrouvent sur les substrats vaseux. Elles sont constituées à la fois d'algues vertes en lame et d'algues vertes filamenteuses. A l'inverse des deux autres types de marées vertes, les algues sont, dans ce cas, peu mobiles.

## **3. Matériel et méthode**

### **3.1. Acquisition des données-Rappel**

La procédure d'acquisition des données a été décrite dans le précédent rapport (Rossi, 2012). Le principe repose sur l'exploitation de photos aériennes de la quasi-totalité du littoral de la façade Manche-Atlantique prises durant les mois de mai, juillet et septembre.

Sur les milieux sableux, l'analyse des photos aériennes complétée par des vérités-terrain permet d'identifier les dépôts algaux représentatifs d'une marée verte (dépôts composés de plus de 30 % d'ulves). Ces dépôts d'ulves sont digitalisés sous logiciel SIG pour chacun des mois où ils apparaissent.

Sur les milieux vaseux, le mois pour lequel les dépôts d'algues vertes sont les plus importants en

termes de surface est sélectionné. Toutes les algues vertes (ulves + algues vertes filamenteuses) sont digitalisées sous logiciel SIG. Il est à noter que depuis 2011, il a été choisi dans le cadre du Réseau de Contrôle et de Surveillance de ne suivre que les milieux vaseux appartenant préférentiellement à une masse d'eau initialement évaluée en dehors du bon état écologique.

La procédure générale est rappelée dans la Figure 1. Pour plus de détails, se reporter au rapport de 2011.

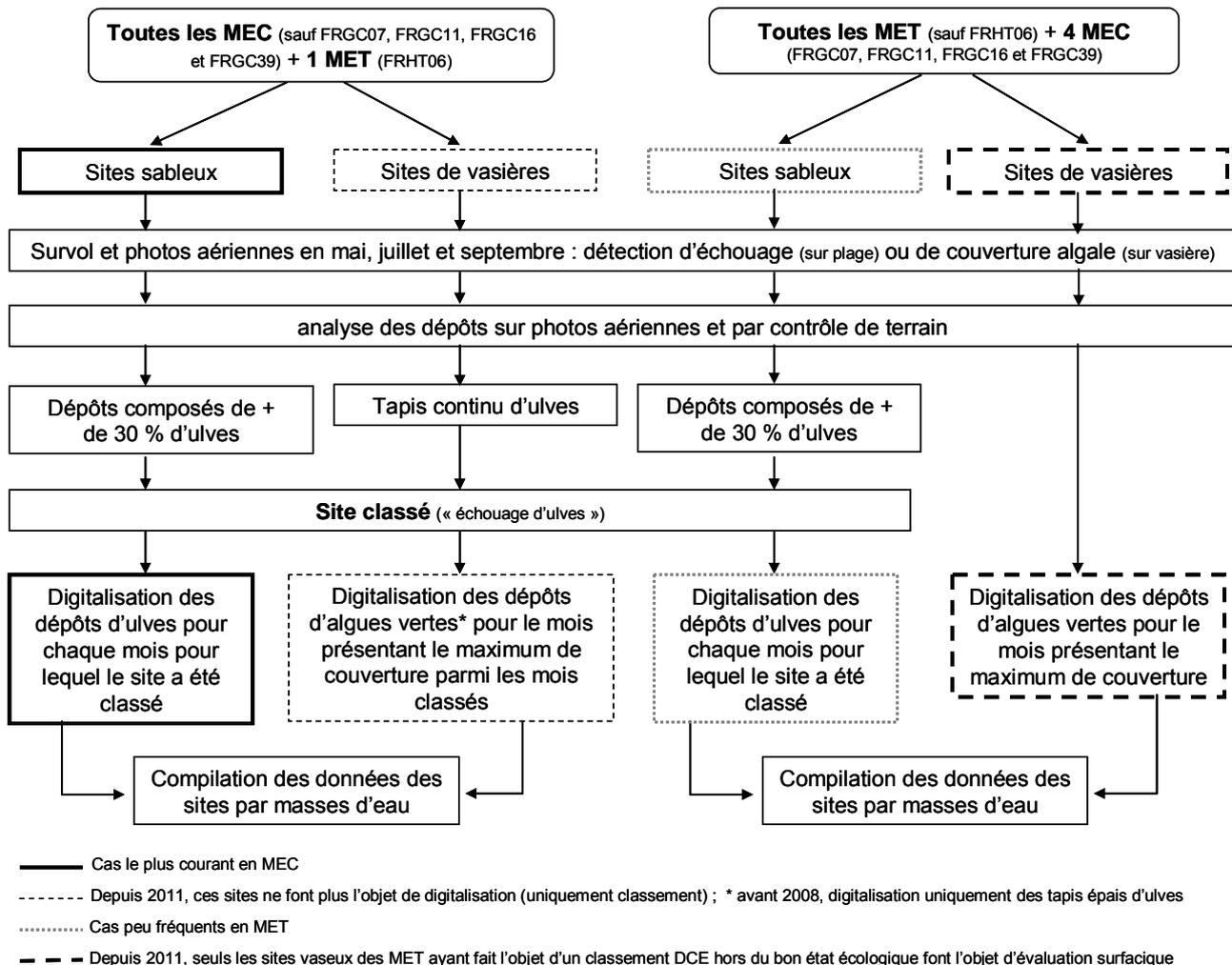


Figure 1 : Procédure d'acquisition des données surfaciques de marée verte pour la façade Manche-Atlantique

### 3.2. Détermination des masses d'eau à marées vertes de type 2

Jusqu'à présent, seules quelques masses d'eau avaient fait l'objet d'une exclusion du fait de leur caractéristiques avérées de marée verte de type 2 (FRGC28, FRGC47, FRGC51, FRHC07 et FRHC08). Une grille d'évaluation de la qualité des masses d'eau étant développée dans le cadre de ce travail, il est également nécessaire de revoir l'ensemble des masses d'eau pour définir la liste de celles touchées par des marées vertes de type 2.

### 3.2.1. Analyse des données de terrain acquises entre 2007 et 2011

Les marées vertes d'arrachage sont formées à partir des algues vertes ayant une phase de croissance fixées sur platiers rocheux et qui se détachent suite à leur arrachage naturel pour s'échouer par la suite sur les plages. Généralement, l'arrachage des algues vertes est accompagné par l'arrachage d'autres algues aboutissant à des dépôts mixtes d'algues sur les plages. Depuis 2007, des relevés précis de terrain recensent les pourcentages d'algues rouges, vertes et brunes composant les dépôts algaux observés sur chaque site d'échouage. Pour rappel, une masse d'eau peut contenir plusieurs sites d'échouages. Dans le cadre de cette étude de données, les mois d'inventaires de mai, juillet et septembre ont été retenus, les missions terrain étant les plus exhaustives possibles lors de ces périodes.

Ces données ont été utilisées pour effectuer une première sélection des masses d'eau potentiellement touchées par les marées vertes d'arrachage. Les observations ont été classées en trois catégories selon le pourcentage d'algues vertes (AV) contenu dans le dépôt (Tableau 1).

Tableau 1 : Catégorisation des types de dépôts algaux observés sur les plages selon le pourcentage d'algues vertes (AV) des dépôts

Composition du dépôt	Caractérisation du dépôt
$0\% \leq \% AV < 30\%$	Dépôt « classique » type laisse de mer non représentatif d'une marée verte
$30\% \leq \%AV < 70\%$	Dépôt mixte dont le pourcentage d'algues vertes indique le développement d'une marée verte
$70\% \leq \%AV \leq 100\%$	Marée verte dont les dépôts sont considéré comme homogènes, non mixtes

Les données relatives aux dépôts « classiques » ( $0\% \leq \% AV < 30\%$ ) ont été exclues puisqu'il s'agit, dans cette étude d'identifier les masses d'eau touchées par les marées vertes d'arrachage.

Le nombre d'occurrence des dépôts mixtes ( $30\% \leq \%AV < 70\%$ ) a été comparé au nombre d'occurrence des dépôts de marée verte à dépôts homogènes ( $70\% \leq \%AV \leq 100\%$ ) par masse d'eau. Cette comparaison a été faite à l'échelle de l'année et à l'échelle du mois. En effet, il est fréquent qu'aux mois de mai et de septembre, les dépôts soient mixtes. En revanche, une persistance des dépôts mixtes au mois de juillet peut être un indice de marée verte d'arrachage avéré.

Ainsi une masse d'eau dans laquelle au moins 50 % des observations correspondent à des dépôts mixtes et où le pourcentage de dépôts mixte observés augmente entre mai et juillet, alors ces masses d'eau seront sélectionnées comme étant potentiellement le siège de marées vertes d'arrachage.

### 3.2.2. Analyse des données relatives aux différents substrats des masses d'eau

En parallèle de ce premier tri, le pourcentage de roches contenu dans chacune des masses d'eau par rapport au pourcentage de substrat meuble est pris en compte. Il a été considéré qu'un platier < 30 % de la surface totale intertidale (substrat meuble + roches) n'était pas suffisamment important pour permettre le développement d'une marée verte principalement issue de l'arrachage.

A l'issue de ce travail, une première liste de masses d'eau dans lesquelles avait lieu *a priori* une marée verte de type 2 a été dressée.

### 3.2.3. Dire d'expert

La première liste de masses d'eau dans lesquelles avait lieu *a priori* une marée verte de type 2 a été discutée avec l'ensemble des experts du CEVA de façon à établir une liste définitive des masses d'eau présentant des marées vertes d'arrachage. Deux paramètres ont été considérés dans cette discussion. D'une part, l'existence potentielle d'une période de croissance dans l'eau des algues après leur arrachage auquel cas la marée verte résultante serait considérée comme marée verte de type 1 et d'autre part, l'existence d'un estran sableux dont la configuration permettrait le développement de marée verte de type 1 si une augmentation des apports nutritifs avait lieu.

## **3.3. Evaluation de la qualité écologique des masses d'eau**

### 3.3.1. Masses d'eau à marées vertes de type 1

#### *3.3.1.1. Définition des métriques*

Trois métriques ont été développées et sont utilisées pour permettre l'évaluation des masses d'eau majoritairement touchées par les marées vertes de type 1. Ces métriques permettent de retranscrire l'importance et la durée du bloom.

- Métrique 1 : Pourcentage maximum de l'aire potentiellement colonisable recouverte par les ulves (% couv max/APC)

Cette métrique permet d'évaluer la colonisation maximale d'une masse d'eau par les ulves par rapport à son potentiel maximum. Elle permet d'identifier les masses d'eau touchées par d'importantes marées vertes à ulves. Néanmoins, elle ne discrimine pas les sites fréquemment touchés par d'importants échouages des sites ponctuellement touchés par d'importants échouages.

*Pour le calcul de cette métrique, la moyenne des maximums annuels de couverture algale (ha équi100<sup>1</sup>) (parmi les trois inventaires) a été effectuée sur 6 ans (durée d'un plan de gestion). Lorsque les données n'étaient pas disponibles sur 6 ans, la moyenne a été effectuée sur les années pour lesquelles des données existaient. La moyenne a ensuite été divisée par l'aire potentiellement colonisable par les algues vertes définie par la zone d'estran meuble (sable et vase) comprise entre le trait de côte et le niveau de basse mer à coefficient 120. Le résultat est finalement multiplié par 100 pour avoir un résultat exprimé en pourcentage.*

- Métrique 2 : Pourcentage moyen de l'aire potentiellement colonisable recouverte par les ulves (% couv moy/APC)

Cette métrique permet d'évaluer la colonisation moyenne d'une masse d'eau par les ulves par

---

<sup>1</sup> La couverture algale en hectares équivalent 100% (ha équi 100) exprime la surface d'estran recouverte à 100 % par les algues. Elle est obtenue en multipliant l'aire du dépôt algal par son taux de recouvrement. Un dépôt algal de 2 ha avec un taux de recouvrement de 50 % aura une couverture algale de 1 ha équi 100.

rapport à son potentiel maximum. A l'inverse de la première métrique, elle permet d'introduire une notion d'importance de la marée verte au cours du temps.

*Pour le calcul de cette métrique, la moyenne des moyennes annuelles de couverture algale (ha équi 100) (moyenne des surfaces algales mesurées aux mois de mai, juillet et septembre) a été effectuée sur 6 ans (ou pour les années pour lesquelles les données étaient disponibles). Cette valeur a ensuite été divisée par l'aire potentiellement colonisable par les algues vertes définie par la zone d'estran meuble (sable et vase) comprise entre le trait de côte et le niveau de basse mer à coefficient 120. Le résultat est finalement multiplié par 100 pour avoir un résultat exprimé en pourcentage.*

- Métrique 3 : Fréquence des dépôts d'ulves > 1.5 % de l'aire potentiellement colonisable (f > 1.5% APC)

Cette métrique est une métrique d'occurrence du phénomène et permet de discriminer les masses d'eau sur lesquelles les échouages importants sont rares, des masses d'eau toujours touchées par des dépôts significatifs d'ulves.

*Le calcul de cette métrique s'effectue en divisant le nombre de fois où la surface des dépôts d'algues vertes (ha équi 100) est représentative d'un état écologique moyen (surface > 1.5 % de l'aire potentiellement colonisable) par le nombre total d'inventaires effectués (sur 6 ans ou sur le nombre total d'années disponibles), le résultat étant multiplié par 100 pour obtenir un pourcentage.*

### 3.3.1.2. Définition des seuils

Les seuils de chacune des métriques ont été définis à dire d'expert en partant du postulat que le très bon état est associé à la quasi absence d'ulves (Tableau 2).

Tableau 2 : détail des seuils affectés aux différentes métriques permettant d'évaluer la qualité écologique des masses d'eau touchées par les marées vertes de type 1

Métrique 1 (%)	Métrique 2 (%)	Métrique 3 (%)	EQR	Etat écologique
[0-0.5[	[0-0.25[	[0-10[	[1-0.8[	Très bon
[0.5-1.5[	[0.25-0.75[	[10-30[	[0.8-0.6[	Bon
[1.5-4[	[0.75-2[	[30-60[	[0.6-0.4[	Moyen
[4-10[	[2-5[	[60-90[	[0.4-0.2[	Médiocre
[10-100]	[5-100]	[90-100]	[0.2-0]	Mauvais

### 3.3.2. Masses d'eau à marées vertes de type 2

#### 3.3.2.1. Définition des métriques

Trois métriques ont été élaborées de façon à tenir compte du cycle de développement des algues d'arrachage et des différents substrats colonisés au cours de la saison. Il est important de rappeler que les marées vertes d'arrachage s'initient et se développent sur les platiers rocheux. Les conditions hydrodynamiques entraînent par la suite un décrochage/arrachage des algues fixées sur les platiers qui finissent par s'échouer sur les plages généralement à proximité des platiers rocheux.

- Métrique 1 : Pourcentage des dépôts printaniers d'ulves (mai) par rapport à la surface de substrat rocheux

Cette métrique tient compte du développement algal printanier sur les platiers rocheux. Les échouages de mai sont considérés comme en étant représentatifs.

*Pour le calcul de cette métrique, la moyenne des surfaces algales de mai (ha équi 100) a été effectuée sur 6 ans ou sur le nombre d'années disponibles lorsque celui-ci était inférieur à 6*

ans. Cette moyenne est ensuite divisée par l'aire de substrat rocheux comprise entre le trait de côte et le niveau de basse mer à coefficient 120 (0 SHOM).

- Métrique 2 : Pourcentage moyen des dépôts estivaux d'ulves (juillet-septembre) par rapport à la surface de substrat rocheux.

Cette métrique est relative au développement algal moyen ayant lieu sur les platiers rocheux au cours de la saison estivale. Cette métrique est directement en relation avec un excès d'apports nutritifs qui permet la poursuite du développement des ulves pendant la saison estivale.

*Pour le calcul de cette métrique, la moyenne des moyennes de surfaces algales de juillet et de septembre (en ha équi 100) a été effectuée sur 6 ans ou sur le nombre d'années disponibles lorsque celui-ci était inférieur à 6 ans. Cette moyenne est ensuite divisée par l'aire de substrat rocheux comprise entre le trait de côte et le niveau de basse mer à coefficient 120 (0 SHOM).*

- Métrique 3 : Pourcentage maximum de substrat meuble touché par des échouages d'ulves.

Cette métrique permet de qualifier l'importance des échouages au niveau du substrat sableux au maximum annuel.

*Pour le calcul de cette métrique, la moyenne des maximums de surfaces algales de juillet et de septembre (ha équi 100) a été effectuée sur 6 ans ou sur le nombre d'années disponibles lorsque celui-ci était inférieur à 6 ans. Cette moyenne est ensuite divisée par l'aire de substrat sableux comprise entre le trait de côte et le niveau de basse mer à coefficient 120 (0 SHOM).*

### 3.3.2.2. Définition des seuils

Les seuils de chacune de ces métriques (Tableau 3) ont été fixés à dire d'expert en partant du postulat que les algues vertes ne doivent représenter qu'une très faible proportion des algues qui se développent sur substrat rocheux.

Tableau 3 : détail des seuils affectés aux différentes métriques permettant d'évaluer la qualité écologique des masses d'eau touchées par les marées vertes de type 2

Métrique 1 (%)	Métrique 2 (%)	Métrique 3 (%)	EQR	Etat écologique
[0-1[	[0-0.5[	[0-0.5[	[1-0.8[	Très bon
[1-2[	[0.5-0.1[	[0.5-1.5[	[0.8-0.6[	Bon
[2-10[	[1-5[	[1.5-4[	[0.6-0.4[	Moyen
[10-20[	[5-10[	[4-10[	[0.4-0.2[	Médiocre
[20-100]	[10-100]	[10-100]	[0.2-0]	Mauvais

### 3.3.2.3. Comparaison des méthodes d'évaluation de la qualité écologique des masses d'eau

De façon à évaluer l'apport de l'utilisation d'un autre outil d'évaluation spécifique aux marées vertes d'arrachage, les masses d'eau touchées par ce type de marées vertes ont été évaluées avec la nouvelle grille destinée spécifiquement aux marées vertes d'arrachage et avec la grille destinée aux marées vertes libres (type 1).

### 3.3.2.4. Evaluation du degré de complémentarité entre l'outil destiné aux macroalgues opportunistes d'arrachage et l'outil destiné aux macroalgues intertidales de substrat dur

Les substrats durs étant colonisés par les algues brunes qui font elles-mêmes l'objet d'une évaluation, il est nécessaire d'évaluer si les deux outils convergent vers un même résultat ou au

contraire donne des résultats différents.

### 3.3.3. Masses d'eau à marées vertes de type 3

#### 3.3.3.1. Définition des métriques

Les métriques utilisées pour ce type de marées vertes sont issues du travail mené par les anglais et les irlandais pour mettre au point une grille d'évaluation de leurs marées vertes qui s'apparentent aux marées vertes françaises de type 3. Dans ce type de marées vertes sont considérées **les ulves et les algues vertes filamenteuses** contrairement aux marées vertes de type 1 et de type 2 pour lesquelles **seules les ulves** sont prises en compte. Depuis 2011, il a été décidé, dans le cadre du Réseau de Contrôle et de Surveillance (RCS), de restreindre le nombre de masses d'eau à marée verte de type 3 suivies. Ainsi, en 2011, seules les masses d'eau suivantes ont fait l'objet d'une évaluation de la couverture algale : FRGC39, FRGT02, FRGT03, FRGT04, FRGT06, FRGT07, FRGT08, FRGT14, FRGT20, FRGT21, FRGT23, FRGT24 et FRGT25.

- Métrique 1 : Pourcentage maximum de l'aire potentiellement colonisable recouverte par les algues vertes (% max couv/APC)

Cette métrique permet de qualifier le niveau de colonisation maximum du substrat meuble par les algues vertes.

*Pour le calcul de cette métrique, la moyenne des maximums de surfaces algales (ha équi 100) a été effectuée sur 6 ans ou sur le nombre d'années disponibles lorsque celui-ci était inférieur à 6 ans. Cette moyenne est ensuite divisée par l'aire de substrat meuble (sable+vase) comprise entre le trait de côte et le niveau de basse mer à coefficient 120 (0 SHOM).*

- Métrique 2 : Aire affectée par les algues vertes (AA)

Cette métrique permet d'évaluer l'aire totale sur laquelle sont présentes les algues vertes et ce sans tenir compte de leur pourcentage de recouvrement.

*Pour le calcul de cette métrique, la moyenne des surfaces algales brutes (ha) au maximum annuel a été effectuée sur 6 ans ou sur le nombre d'années disponibles lorsque celui-ci était inférieur à 6 ans. Cette valeur est utilisée telle quelle sans être rapportée à une aire potentielle de colonisation.*

#### 3.3.3.2. Définition des seuils

Les seuils ont été définis par les travaux anglo-irlandais basés sur des données historiques et à dire d'expert. Ces seuils sont moins stricts que pour les deux autres types de marées vertes dans la mesure où une colonisation modérée du substrat vaseux est considéré comme normale sur milieux vaseux.

Tableau 4 : détail des seuils affectés aux différentes métriques permettant d'évaluer la qualité écologique des masses d'eau touchées par les marées vertes de type 3

Métrique 1 (%)	Métrique 2 (ha)	EQR	Etat écologique
[0-5[	[0-10[	[1-0.8[	Très bon
[5-15[	[10-50[	[0.8-0.6[	Bon
[15-25[	[50-100[	[0.6-0.4[	Moyen
[25-75[	[100-250[	[0.4-0.2[	Médiocre
[75-100]	[250-6000]	[0.2-0]	Mauvais

### **3.4. Relation pression-impact en MEC et MET**

#### **3.4.1. Relation pression-impact en MEC**

En 2011, une relation pression-impact a été mise en évidence entre l'EQR et la concentration hivernale en azote dissous pour les MEC. Pour obtenir l'azote hivernal dissous normalisé à une salinité de 32, une droite de dilution devait être établie pour chaque masse d'eau nécessitant un nombre de données suffisantes renseignant à la fois sur la salinité et sur les concentrations en azote durant les mois d'hiver. A l'issue de ce travail, la concentration hivernale en azote dissous n'avait pu être compilée que pour 9 masses d'eau.

Dans le cadre de ce rapport il est proposé d'exploiter les données de flux d'azote compilées par le CEVA. Ces données concernent les grandes baies à marées vertes des masses d'eau FRGC03, FRGC05, FRGC10, FRGC12, FRGC20, FRGC29. Dans la mesure où les EQR sont obtenus sur la base des surfaces algales des mois de mai, juillet et septembre, il a été choisi de mettre en relation les EQR annuels obtenus sur les six dernières années (2006 à 2011) avec la moyenne annuelle estivale des flux de nitrates (moyenne faite sur les mois de mai à septembre).

#### **3.4.2. Relation pression-impact en MET**

En 2011, une relation pression-impact a été mise en évidence entre l'EQR et la concentration hivernale en azote dissous pour les MET. Les données ont été suffisantes pour établir la concentration hivernale en azote dissous sur 19 masses d'eau. Malgré ce jeu de données intéressant, la corrélation établit entre l'EQR et la concentration hivernale en azote dissous, bien que significative, n'était pas très marquée ( $R^2=0.42$ ).

Dans le cadre de ce projet, il a été envisagé de retravailler sur cette relation en tenant compte des différentes typologies décrite par Ifremer et relatives aux notions de turbidité.

### **3.5. Intégration d'autres algues opportunistes dans l'évaluation de la qualité écologique des MEC et MET**

Les suivis aériens effectués régulièrement depuis 2002 ont mis en évidence des développements algaux importants d'autres algues, notamment de *Pylaiella littoralis* (algue brune) sur substrat sableux et de gracilaires (algues rouges) sur substrat vaseux. Ces deux algues semblant se développer dans des milieux suffisamment pourvus en nutriments, il est question d'évaluer leur évolution sur plusieurs années pour à terme prévoir de les intégrer ou non dans le calcul des métriques aboutissant à l'évaluation de la qualité écologique des masses d'eau.

#### **3.5.1. Développement de Pylaiella dans les MEC**

Depuis 2006, l'algue brune *Pylaiella littoralis* se développe de façon récurrente dans la masse d'eau côtière FRGC03, en particulier dans les baies de la Fresnaye, Lancieux et plus rarement de l'Arguenon. Elle semble remplacer les algues vertes qui se développaient abondamment avant 2006 dans cette masse d'eau. Pour évaluer la pertinence de la prise en compte de ces algues dans l'évaluation de la qualité écologique de cette masse d'eau, une estimation des surface algales a été effectuée à partir des photos aériennes prise en mai, juillet et septembre des années 2006, 2007, 2008 et 2009. Sur ces photos, tous les dépôts algaux ont été digitalisés (sous logiciel SIG) en prenant en compte les surfaces d'ulves et les surfaces de Pylaiella. Ces valeurs ont ensuite été intégrées à la grille d'évaluation de la qualité écologique des masses d'eau à marée verte de type 1 de façon à pouvoir comparer les résultats obtenus sur la seules base des dépôts d'ulves avec ceux obtenus à partir de l'ensemble des dépôts algaux (ulves + Pylaiella).

### 3.5.2. Développement de gracilaires dans les MET

En 2011, un essai d'intégration des gracilaires à l'évaluation de la qualité écologique des masses d'eau de transition a été mené à partir d'une année de donnée (2009). Bien que les surfaces de gracilaires puissent être importantes dans certaines masses d'eau, aucune n'a été déclassée du fait de la prise en compte de ces surfaces supplémentaires dans le calcul de l'EQR. Il est néanmoins intéressant de poursuivre l'évaluation de l'évolution surfacique de ces algues, qui, si elle se poursuivait, pourrait avoir une incidence sur la qualité écologique des masses d'eau.

Ainsi, les orthophotos V1 (IGN, 2000) ont fait l'objet d'une photointerprétation et les dépôts identifiés comme gracilaires ont été digitalisés permettant une évaluation des surfaces de gracilaires dans les années 2000. De plus, les photographies aériennes prises au cours de l'année 2010 ont également fait l'objet d'une exploitation sous SIG (orthorectification, photointerprétation et digitalisation des dépôts) pour évaluer la surface des gracilaires. Ce travail permet donc de disposer d'une évolution temporelle des gracilaires pour les années 2000, 2009 et 2010 dans les masses d'eau de transition du bassin Loire-Bretagne dans lesquelles elles sont présentes.

## 4. Résultats-Discussion

### **4.1. Caractérisation des masses d'eau selon leur typologie de marées vertes**

L'ensemble des masses d'eau côtières a été revu selon la fréquence d'échouages mixtes observés et la surface rocheuse présente dans la zone intertidale. Ces éléments ont été confrontés aux experts pour trancher sur la classification de chacune des masses d'eau en marée verte de type 1 (marée verte à ulves dérivantes) ou de type 2 (marée verte d'arrachage). Les résultats sont compilés dans le Tableau 5.

Les marées vertes de type 2 sont essentiellement localisées en Normandie et au sud de la Loire. Toutes les masses d'eau présentant un substrat rocheux couvrant une surface supérieure à 30 % de la zone intertidale ont été caractérisées par des marées vertes d'arrachage excepté pour 5 masses d'eau : FRGC06, FRGC09, FRGC12, FRGC26, FRHC13. Même si ces masses d'eau peuvent présenter des dépôts mixtes, il apparaît qu'elles contiennent des zones de plage propice à des marées vertes de type 1. L'inoculation d'algues vertes dans ces masses d'eau peut se faire en début de saison via un arrachage d'algues issues des platiers mais la configuration des plages permet une poursuite de la croissance des algues sous forme dérivante. C'est pourquoi il a été choisi de classer les marées vertes de ces 5 masses d'eau en type 1.

Tableau 5 : Caractérisation du type de marée verte ayant lieu dans chacune des masses d'eau en se basant sur les données de typologies de dépôts compilées pour les années 2007 à 2011.

Code ME	%dépôts mixtes - mai	% dépôts mixtes - juillet	% dépôts mixtes - septembre	% roches dans la ME (par rapport à la surface de substrat potentiellement colonisable par les ulves (sable+vase+roches))	Type de marée verte à dire d'expert
FRFC01	50.00	100.00	100.00	70.30	type 2
FRFC02	0.00	0.00	0.00	1.39	type 1
FRFC03	50.00	100.00	0.00	60.85	type2
FRGC01	0.00	0.00	0.00	1.97	type 1
FRGC03	80.00	44.44	60.00	14.96	type 1
FRGC05	8.33	10.00	0.00	6.22	type 1
FRGC06	20.00	0.00	66.67	37.24	type 1
FRGC09	87.50	33.33	0.00	63.04	type 1
FRGC10	28.57	9.09	18.18	26.29	type 1
FRGC12	59.26	41.67	31.43	46.49	type 1
FRGC13	66.67	71.43	50.00	57.85	type 2
FRGC20	0.00	14.29	5.56	21.16	type 1
FRGC26	100.00	50.00	33.33	38.81	type 1
FRGC28	60.00	44.44	66.67	70.15	type 2
FRGC29	47.62	50.00	19.05	28.63	type 1
FRGC32	100.00	80.00	75.00	38.24	type 2
FRGC34	16.67	61.54	62.50	26.61	type 1
FRGC35	50.00	100.00	100.00	18.54	type 1
FRGC36	0.00	0.00	0.00	15.21	type 1
FRGC38	66.67	50.00	0.00	42.29	type 2
FRGC42	100.00	100.00	0.00	50.86	type 2
FRGC44	43.75	61.90	57.14	39.04	type 2
FRGC45	55.56	84.62	62.50	36.15	type 2
FRGC46	100.00	100.00	100.00	43.30	type 2
FRGC47	100.00	100.00	83.33	42.15	type 2
FRGC48	85.71	75.00	83.33	14.05	type 1
FRGC49	50.00	85.71	75.00	1.06	type 1
FRGC50	100.00	100.00	100.00	38.88	type 2
FRGC51	0.00	100.00	0.00	57.74	type 2
FRGC53	44.44	80.95	55.56	18.97	type 1
FRHC02	100.00	60.00	25.00	3.95	type 1
FRHC03	100.00	0.00	100.00	29.86	type 1
FRHC04	0.00	100.00	0.00	29.50	type 1
FRHC07	100.00	50.00	50.00	65.38	type 2
FRHC08	100.00	0.00	33.33	74.68	type 2
FRHC09	0.00	100.00	100.00	11.41	type 1
FRHC10	66.67	66.67	100.00	33.46	type 2
FRHC11	100.00	66.67	100.00	44.45	type 2
FRHC12	11.11	28.57	75.00	19.55	type 1
FRHC13	100.00	33.33	100.00	49.97	type 1
FRHC14	75.00	20.00	100.00	9.86	type 1
FRHC15	0.00	33.33	0.00	0.06	type 1
FRHT06	75.00	50.00	100.00	8.87	type 1

## 4.2. EQR 2006-2011

### 4.2.1. Masses d'eau à marées vertes de type 1

Le résultat de l'évaluation de la qualité écologique des masses d'eau à marées vertes de type 1 est présenté dans le Tableau 6. Sur les 25 masses d'eau évaluées, 10 sont classées en très bon état écologique, 7 sont en bon état, 3 sont en état moyen, 4 sont en état médiocre et 1 est en mauvais état. En comparaison des résultats obtenus sur la période 2006-2010 (ou 2008-2010 selon les masses d'eau) (Rossi, 2011), un changement de classe de qualité écologique est intervenu pour la

FRGC29 qui régresse de l'état moyen à l'état médiocre. Les autres masses d'eau se maintiennent dans leur état écologique précédent.

Tableau 6 : Classement DCE 2006-2011 (ou 2008-2011) des masses d'eau du bassin Loire-Bretagne (FRG) et Seine-Normandie (FRH) avec la grille d'évaluation destinée aux marées vertes de type 1

CODE ME	Données utilisées	Métrique 1 (% couv max /APC)	Métrique 2 (% couv moy /APC)	Métrique 3 (f> 1.5 %APC)	EQR Métrique 1	EQR Métrique 2	EQR Métrique 3	EQR FINAL
FRGC01	2006-2011	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00
FRGC03	2006-2011	2.20	1.22	27.78	0.54	0.52	0.62	0.56
FRGC05	2006-2011	7.72	5.22	83.33	0.28	0.20	0.24	0.24
FRGC06	2006-2011	0.98	0.56	11.11	0.70	0.68	0.79	0.72
FRGC09	2006-2011	0.56	0.25	0.00	0.79	0.80	1.00	0.86
FRGC10	2006-2011	12.67	9.60	88.89	0.19	0.19	0.21	0.20
FRGC12	2006-2011	2.73	1.64	50.00	0.50	0.46	0.47	0.48
FRGC20	2006-2011	7.12	5.04	88.89	0.30	0.20	0.21	0.23
FRGC26	2006-2011	0.32	0.19	0.00	0.87	0.85	1.00	0.91
FRGC29	2006-2011	3.82	2.78	61.11	0.41	0.35	0.39	0.38
FRGC34	2006-2011	1.62	0.65	11.11	0.59	0.64	0.79	0.67
FRGC35	2006-2011	1.44	0.83	16.67	0.61	0.59	0.73	0.64
FRGC36	2006-2011	0.06	0.02	0.00	0.98	0.98	1.00	0.99
FRGC48	2008-2011	0.31	0.18	0.00	0.88	0.86	1.00	0.91
FRGC49	2008-2011	1.34	0.71	8.33	0.63	0.61	0.83	0.69
FRGC53	2008-2011	1.06	0.70	8.33	0.69	0.62	0.83	0.71
FRHC02	2008-2011	0.16	0.08	0.00	0.94	0.94	1.00	0.96
FRHC03	2008-2011	0.09	0.04	0.00	0.96	0.97	1.00	0.98
FRHC04	2008-2011	0.03	0.02	0.00	0.99	0.99	1.00	0.99
FRHC09	2008-2011	0.12	0.03	0.00	0.95	0.97	1.00	0.97
FRHC12	2008-2011	1.87	1.17	25.00	0.57	0.53	0.65	0.58
FRHC13	2008-2011	5.55	3.08	75.00	0.35	0.33	0.30	0.33
FRHC14	2008-2011	1.11	0.60	8.33	0.68	0.66	0.83	0.72
FRHC15	2008-2011	0.07	0.03	0.00	0.97	0.98	1.00	0.98
FRHT06	2008-2011	1.10	0.80	8.33	0.68	0.59	0.83	0.70

#### 4.2.2. Masses d'eau à marées vertes de type 2

Le résultat de l'évaluation de la qualité écologique des masses d'eau à marées vertes de type 1 est présenté dans le Tableau 7. Sur les 15 masses d'eau évaluées, 9 sont en très bon état écologique, 5 sont en bon état et 1 est en état moyen.

Tableau 7 : Classement DCE 2006-2011 (ou 2008-2011) des masses d'eau du bassin Loire-Bretagne (FRG) et Seine-Normandie (FRH) avec la grille d'évaluation destinée aux marées vertes de type 2

CODE ME	Données utilisées	Métrique 1 (% mai/roches)	Métrique 2 (% moy juillet&sept/Roches)	Métrique 3 (% max/substrat meuble)	EQR Métrique 1	EQR Métrique 2	EQR Métrique 3	EQR FINAL
FRGC13	2006-2011	0.33	0.25	0.78	0.93	0.90	0.74	0.86
FRGC28	2006-2011	0.17	0.15	0.78	0.97	0.94	0.74	0.88
FRGC32	2006-2011	0.48	2.33	2.09	0.90	0.53	0.55	0.66
FRGC38	2006-2011	0.19	0.00	0.18	0.96	1.00	0.93	0.96
FRGC42	2006-2011	0.02	0.00	0.04	1.00	1.00	0.98	0.99
FRGC44	2006-2011	0.59	0.88	0.78	0.88	0.65	0.74	0.76
FRGC45	2006-2011	0.38	0.53	0.45	0.92	0.79	0.82	0.84
FRGC46	2006-2011	0.08	0.00	0.49	0.98	1.00	0.81	0.93
FRGC47	2008-2011	0.68	2.19	2.16	0.86	0.54	0.55	0.65
FRGC50	2008-2011	0.04	0.07	0.11	0.99	0.97	0.96	0.97
FRGC51	2008-2011	0.25	0.00	0.38	0.95	1.00	0.85	0.93
FRHC07	2008-2011	0.29	0.54	1.30	0.94	0.79	0.64	0.79
FRHC08	2008-2011	1.13	2.36	7.24	0.77	0.53	0.29	0.53
FRHC10	2008-2011	0.39	0.88	0.71	0.92	0.65	0.76	0.78
FRHC11	2008-2011	0.06	0.38	0.50	0.99	0.85	0.80	0.88

Un essai de classement a été mené sur la même série de donnée avec la grille d'évaluation destinée aux marées vertes de type 1. La comparaison des résultats est présentée dans le Tableau 8. Pour les masses d'eau touchées par les marées vertes d'arrachage (type 2), la nouvelle méthode d'évaluation de la qualité écologique des masses d'eau est généralement plus favorable. Cela s'explique par le fait que les nouvelles métriques tiennent compte du réel substrat de développement des algues, le substrat rocheux, alors que seul le substrat meuble était considéré auparavant. Les différences les plus significatives se font sur les masses d'eau FRGC47 et FRHC08 qui gagne une classe de qualité écologique permettant même à la FRGC47 d'être en bon état.

Tableau 8 : Comparaison entre le classement DCE obtenu avec la nouvelle grille adaptée aux marées vertes de type 2 et le classement obtenu avec la grille d'origine destinée aux marées vertes de type 1

CODE ME	Données utilisées	EQR FINAL type 2	EQR FINAL type 1
FRGC13	2006-2011	0.86	0.79
FRGC28	2006-2011	0.88	0.83
FRGC32	2006-2011	0.66	0.63
FRGC38	2006-2011	0.96	0.95
FRGC42	2006-2011	0.99	0.99
FRGC44	2006-2011	0.76	0.81
FRGC45	2006-2011	0.84	0.87
FRGC46	2006-2011	0.93	0.87
FRGC47	2008-2011	0.65	0.53
FRGC50	2008-2011	0.97	0.98
FRGC51	2008-2011	0.93	0.91
FRHC07	2008-2011	0.79	0.69
FRHC08	2008-2011	0.53	0.25
FRHC10	2008-2011	0.78	0.78
FRHC11	2008-2011	0.88	0.89

Les marées vertes d'arrachage (type 2) étant issues d'une surproduction d'algues vertes sur les platiers rocheux, il est important de vérifier que les résultats obtenus avec l'Elément de Qualité Biologique (EQB) algues opportunistes dans ces masses d'eau soient cohérents avec les résultats obtenus par l'EQB macroalgues intertidales. En effet, dans le cas d'une régression des algues brunes, les algues vertes opportunistes se développent, au moins dans un premier temps, à leur place.

La comparaison entre les résultats obtenus par les EQB macroalgues opportunistes et macroalgues intertidales (Tableau 9) montre une évaluation comparable, les masses d'eau en bon ou très bon état l'étant à la fois avec les macroalgues opportunistes et les macroalgues intertidales.

Tableau 9 : Comparaison entre le classement DCE obtenu avec l'EQB macroalgues opportunistes et l'EQB macroalgues intertidales.

CODE ME	Etat écologique avec l'EQB macroalgues opportunistes	Etat écologique avec l'EQB macroalgues intertidales
FRGC13		
FRGC28		
FRGC32		Non évaluée
FRGC38		Non évaluée
FRGC42		Non évaluée
FRGC44		Non évaluée
FRGC45		
FRGC46		
FRGC47		
FRGC50		
FRGC51		Non évaluée
FRHC07		
FRHC08		Non évaluée
FRHC10		
FRHC11		Non évaluée

#### 4.2.3. Masses d'eau à marées vertes de type 3

Concernant les masses d'eau concernées par les marées vertes de type 3, il a été choisi dans le cadre du RCS de travailler sur un nombre restreint de masse d'eau en privilégiant celles qui n'étaient pas en bon état lors du classement effectué à partir du jeu de données 2008-2010.

Les résultats du classement 2008-2011 sont présentés dans le Tableau 10. En comparaison du dernier classement, la plupart des masses d'eau présentent des résultats stables exceptés pour 2 d'entre elles. La FRGT23 obtenait précédemment un EQR de 0.71 qui diminue sensiblement à 0.64. La FRGT 25 passe du très bon état au bon état. Au-delà du suivi des masses d'eau qui sont en dehors du bon état écologique, il est tout de même important de rester vigilant sur les masses d'eau initialement classées en bon état qui peuvent subir des dégradations notables de leur état écologique.

Tableau 10 : Classement DCE 2008-2011 des masses d'eau du bassin Loire-Bretagne (FRG) avec la grille d'évaluation destinée aux marées vertes de type 3

CODE ME	Données utilisées	Métrique 1 (% max couv/APC)	Métrique 2 (AA)	EQR Métrique 1	EQR Métrique 2	EQR FINAL
FRGC39	2008-2011	3.87	437.47	0.85	0.19	<b>0.52</b>
FRGT02	2008-2011	7.82	161.89	0.74	0.32	<b>0.53</b>
FRGT03	2008-2011	12.74	80.33	0.65	0.48	<b>0.56</b>
FRGT04	2008-2011	5.57	20.46	0.79	0.75	<b>0.77</b>
FRGT06	2008-2011	9.08	184.59	0.72	0.29	<b>0.50</b>
FRGT07	2008-2011	19.33	142.09	0.51	0.34	<b>0.43</b>
FRGT08	2008-2011	12.01	107.86	0.66	0.39	<b>0.52</b>
FRGT14	2008-2011	22.15	167.50	0.46	0.31	<b>0.38</b>
FRGT20	2008-2011	16.47	158.24	0.57	0.32	<b>0.45</b>
FRGT21	2008-2011	17.63	389.48	0.55	0.20	<b>0.37</b>
FRGT23	2008-2011	12.31	43.04	0.65	0.63	<b>0.64</b>
FRGT24	2008-2011	37.76	158.68	0.35	0.32	<b>0.34</b>
FRGT25	2008-2011	7.04	29.20	0.76	0.70	<b>0.73</b>

### **4.3. Relation pression-impact en MEC et MET**

#### **4.3.1. Relation pression-impact en MEC**

La relation entre les EQR annuels et les flux estivaux moyens annuels d'azote inorganique ( $\text{kg.j}^{-1}$ ) a été testée sur 6 masses d'eau différentes (

Figure 2). Seuls les flux des rivières les plus impliqués dans la marée verte de la baie principale de la masse d'eau ont été considérés. Les résultats montrent qu'une relation entre flux d'azote et EQR existe pour les masses d'eau FRGC03, FRGC05 et FRGC12. L'analyse des pentes et des flux associés montre que les masses d'eau FRGC05 et FRGC12 présentent des flux importants associés à une faible pente de la droite de régression. Cela met en évidence une inertie de la marée verte qui au-delà d'un certain flux azoté se développera excessivement, une différence de flux n'induisant qu'une faible différence dans le développement de la marée vertes, les flux étant de toute façon dans une gamme de valeurs trop élevées. A l'inverse, lorsqu'une diminution des flux intervient dans des masses d'eau présentant des gammes de valeurs de flux initialement plus faibles alors la relation entre EQR et flux montre une pente plus marquée comme illustré pour la FRGC03. Néanmoins, à même gamme de concentration, la relation entre EQR et flux d'azote dépendra également du caractère dispersif de la masse d'eau, les baies confinantes étant d'avantage soumise au développement de marées vertes et étant moins rapidement sensibles à la diminution des apports azotés que des baies plus dispersives.

Les masses d'eau FRGC10, FRGC20 et FRGC29 ne présentent en revanche aucune relation pression-impact clairement identifiée. Les marées vertes ayant lieues dans la FRGC10 sont, entre autres, influencées par le stock algal présent à l'issue de la saison de développement de l'année précédente. Le calcul des EQR ne prend pas en compte cet aspect pluriannuel de la marée verte ce qui explique l'absence de relation directe pression-impact. Pour les FRGC20 et FRGC29, il existe une biomasse subtidale importante qu'il n'est pas possible de considérer dans le calcul de l'EQR d'où l'absence de relation directe entre l'EQR et les flux d'azote. Il est intéressant de noter que ces trois masses d'eau appartiennent à la même catégorie des typologies définies par Ifremer. Il s'agit de la typologie C13 correspondant aux côtes sableuses stratifiées. Avec d'avantage de données, il aurait été intéressant de voir si des relations pressions-impacts se dégagent sur les masses d'eau de même typologie. Même si le jeu de données utilisé est restreint, cette approche par typologie est à envisager dans le cadre des travaux d'intercalibration avec les autres états membres. Cela pourrait permettre une homogénéisation des données utilisées et sans doute une amélioration des résultats obtenus.

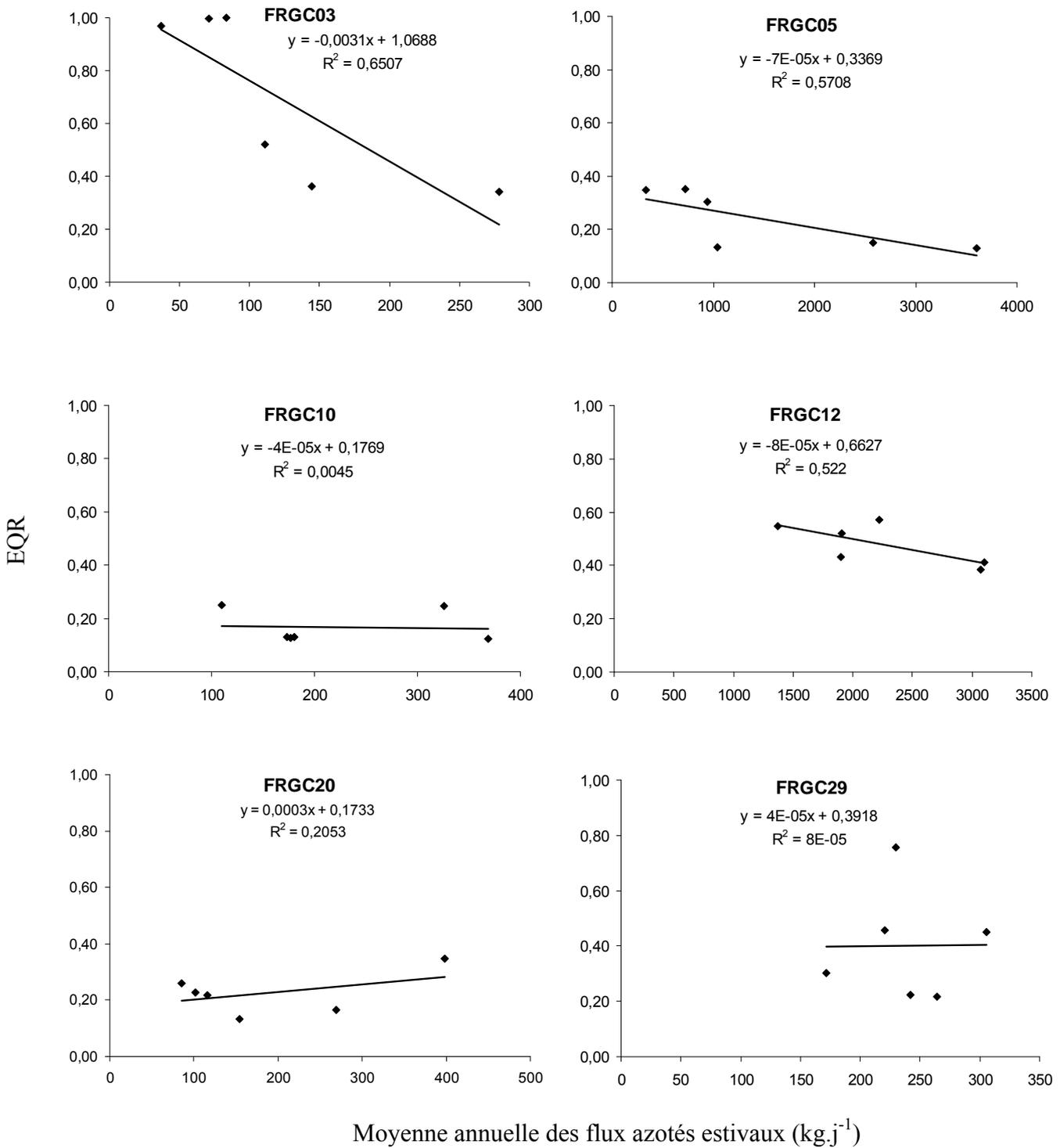


Figure 2 : relation entre EQR annuels et flux azotés estivaux annuels pour 6 masses d'eau présentant les plus fortes marées vertes.

#### 4.3.2. Relation pression-impact en MET

Les données de concentrations hivernales en azote dissous ont été collectées dans le cadre du travail de 2011 sur 19 MET. Les MET étant largement influencées par la turbidité, il a été choisi de regrouper les masses d'eau selon leur typologie. Quatre typologies sont représentées parmi les 19 MET :

- T1 : Petit estuaire à grande zone intertidale, moyennement à fortement salé, faiblement à moyennement turbide
- T3 : Petit estuaire à petite zone intertidale et à faible turbidité
- T8 : Petit estuaire à petite zone intertidale et à turbidité moyenne à forte
- T9 : Petit estuaire à grande zone intertidale fortement salé et peu turbide

Pour chacune des masses d'eau, les typologies ainsi qu'un rappel des résultats de concentration hivernale en azote dissous et d'EQR sont présentées dans le Tableau 11.

Tableau 11 : Présentation des masses d'eau selon leur typologie, leur concentration hivernale en azote dissous et leur EQR calculé sur les années 2008 à 2010

Code ME	Typologie	[NID] ( $\mu\text{M}$ )	EQR 2008-2010
FRGT03	T1	176,36	0,58
FRGT05	T1	114,70	0,94
FRGT16	T1	126,93	0,77
FRGT19	T1	142,49	0,89
FRGT25	T1	113,45	0,89
FRGT27	T1	124,62	1,00
FRGT18	T3	105,88	0,98
FRGT23	T3	120,51	0,71
FRGT02	T8	152,61	0,52
FRGT04	T8	192,68	0,78
FRGT10	T8	167,83	0,65
FRGT12	T8	136,06	0,60
FRGT15	T8	120,75	0,82
FRGT07	T9	219,18	0,43
FRGT08	T9	185,35	0,52
FRGT09	T9	191,38	0,78
FRGT11	T9	108,28	0,78
FRGT17	T9	115,59	0,89
FRGT22	T9	116,37	0,67

Le tracé des relations pressions-impact par typologie (il a été choisi de regrouper les typologies T3 et T9 puisqu'elles sont toutes deux liées à une faible turbidité) montre des pentes et des corrélations différentes en fonction de la typologie (Figure 3). Les masses d'eau à faible turbidité montrent une relation linéaire entre l'EQR et la concentration hivernale en azote dissous avec une pente démontrant qu'en l'absence de pression, l'EQR théorique serait de 1,15. Cette valeur indique que l'état de référence peut être atteint même avec une faible concentration hivernale en azote dissous.

Les masses d'eau présentant une typologie T8 montrent également une relation linéaire entre l'EQR et la concentration hivernale en azote dissous. La pente est néanmoins plus prononcée démontrant une atteinte plus rapide de l'état de référence. Dans le cas de cette typologie de masse d'eau, il est probable que la turbidité soit suffisamment importante pour limiter la lumière, facteur contrôlant la croissance des algues. Ainsi, à même pression, la croissance des algues sera d'avantage limitée dans des eaux plus turbides et il en résultera un meilleur état écologique.

Enfin, pour les masses d'eau dans lesquelles la turbidité est forte, ce facteur devient l'élément limitant prépondérant et plus aucune relation linéaire ne se dégage entre EQR et concentration en azote dissous.

Comme pour les MEC, la typologie est donc un paramètre important à prendre en compte, notamment pour homogénéiser les jeux de données utilisés dans le cadre de l'intercalibration.

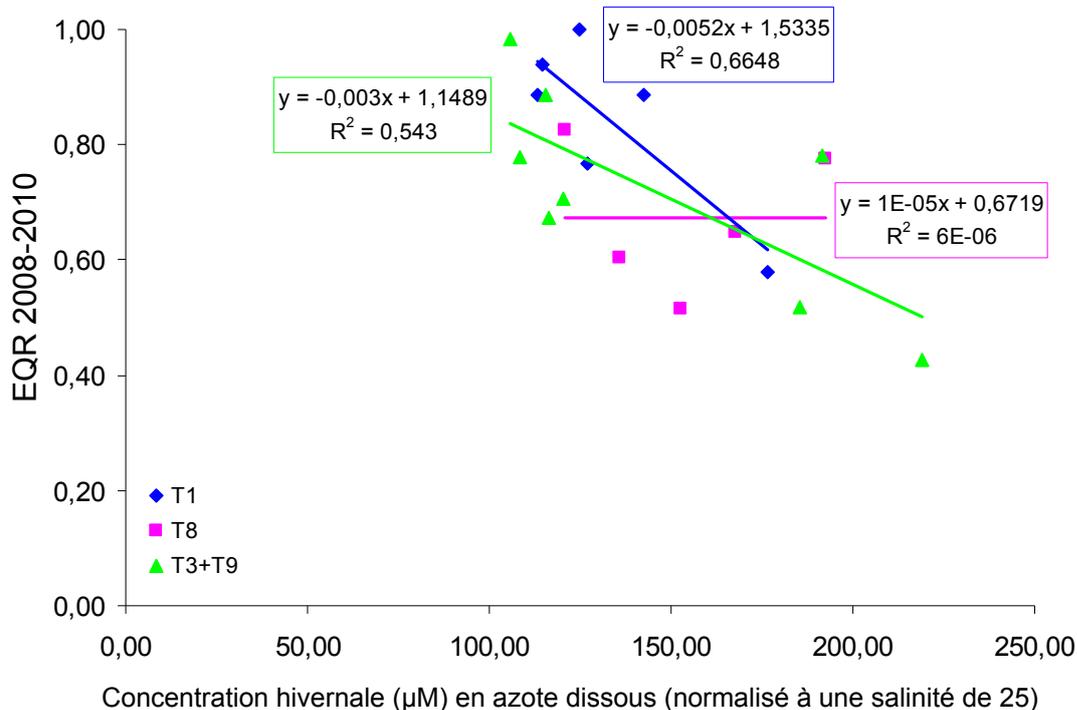


Figure 3 : relation entre EQR et concentration hivernale en azote dissous par groupe de typologies

#### **4.4. Intégration d'autres algues opportunistes dans l'évaluation de la qualité écologique des MEC et MET**

##### **4.4.1. Développement de *Pylaiella* dans les MEC**

Le développement de l'algue brune *Pylaiella* s'accroît depuis quelques années prenant la place de l'ulve dans quelques masses d'eau et notamment la FRGC03 qui contient les baies de Lancieux, de l'Arguenon et de la Fresnaye. Cette algue étant à l'origine de blooms conséquents, il est important d'estimer l'impact de leur prise en compte dans l'évaluation de la qualité écologique des masses d'eau. L'évaluation de la surface totale en algues opportunistes a été effectuée sur les années 2006, 2007, 2008 et 2009 pour la FRGC03. L'évolution temporelle des surfaces est présentée Figure 4 et les évolutions surfaciques sous forme cartographique sont présentées en annexe 1. Sur l'ensemble de la masse d'eau, des surfaces conséquentes peuvent être présentes dépassant les 200 ha équi 100.

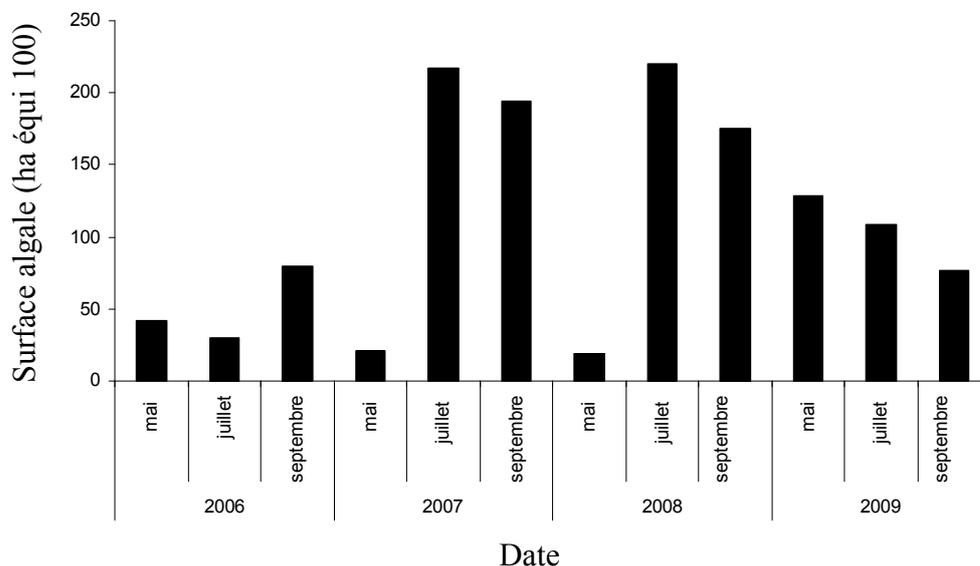


Figure 4 : Evolution des surfaces algales (ulves+ Pylaiella) dans la masse d'eau FRGC03

L'EQR final obtenu à partir des données acquises pour la FRGC03 et prenant en compte toutes les algues opportunistes présentes à été comparé à l'EQR obtenu à partir des ulves (Tableau 12). Le résultat montre un déclassement de la masse d'eau en état médiocre lorsque toutes les algues sont considérées. Lorsque le développement algal est en mélange, cela a peu d'impact sur les données surfaciques. En revanche lorsque le développement du Pylaiella est prépondérant, les écarts d'EQR obtenus annuellement peuvent être très importants comme montré pour les années 2006 et 2009.

Tableau 12 : Comparaison entre les EQR annuels calculés à partir des surfaces toutes algues (ulves + Pylaiella) et les EQR annuels calculés à partir des surfaces d'ulves uniquement

Année	EQR Ulves + Pylaiella	EQR Ulves
2004	0.29	0.29
2005	0.40	0.40
2006	0.54	1.00
2007	0.32	0.36
2008	0.32	0.34
2009	0.26	0.52
<b>2004-2009</b>	<b>0.36</b>	<b>0.43</b>

Pour évaluer la pertinence de prendre en considération l'ensemble des algues opportunistes dans le calcul de l'EQR, la relation entre les flux azotés estivaux annuels et les EQR annuels calculés avec les surfaces toutes algues a été testée (

Figure 5). Aucune relation pression-impact ne se dégage contrairement à ce qui avait été montré précédemment avec l'EQR calculé à partir des données ulves (

Figure 2). Les observations faites ces dernières années montrent que le développement de Pylaiella semble être associé à un niveau nutritionnel plus faible que celui dans lequel se développent les ulves. Ainsi pour prendre en compte ces algues dans le calcul de l'EQR, il

faudrait pouvoir pondérer leur surface de manière à ce qu'un développement d'ulves corresponde à un EQR plus faible qu'un développement de *Pylaiella* puisque le développement de *Pylaiella* est attribué à un niveau d'eutrophisation plus faible que celui de l'ulve. Il apparaît donc inadapté de considérer toutes algues opportunistes indifféremment pour évaluer la qualité écologique d'une masse d'eau.

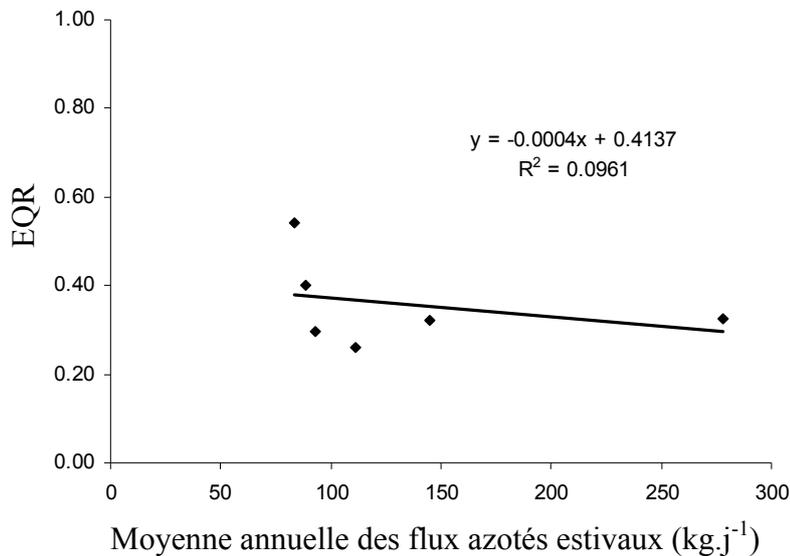


Figure 5 : relation entre les EQR annuels calculés à partir des surfaces totales en algues (ulves + *Pylaiella*) et les flux azotés estivaux annuels pour la FRGC03

#### 4.4.2. Développement de gracilaires dans les MET

La digitalisation des gracilaires à trois périodes différentes permet d'évaluer leur dynamique d'évolution. Il est néanmoins important de considérer ces résultats avec précaution du fait du manque de qualité des orthophotos littorales de 2000 qui ne permet pas toujours une photo-interprétation optimale. Sur ces mêmes clichés, certaines zones n'étaient pas couvertes ou la marée était haute. Concernant les clichés aériens de 2009 et 2010, là encore certaines zones n'étaient pas toujours complètes.

Malgré ces limitations techniques, les résultats montrent que les surfaces en gracilaires peuvent atteindre des surfaces maximales de 20 hectares (Figure 6). L'évolution croissante dans certaines masses d'eau semble indiquer que ces algues poursuivent leur colonisation des milieux vaseux. A l'inverse, une diminution notable peut également s'observer sur certaines masses d'eau. Les résultats cartographiques présentés en annexe 2 indiquent que ces algues paraissent se développer préférentiellement dans les parties les plus enclavées des masses d'eau. Il est probable que leur développement soit à la fois une réponse à un environnement nutritionnel riche mais également à un environnement physique particulier en termes de salinité et de turbidité. A défaut d'introduire directement ces surfaces dans le calcul des EQR, l'évolution des ces algues pourrait constituer à elles seules une indication de l'évolution de certaines conditions environnementales qui restent à être plus précisément définies.

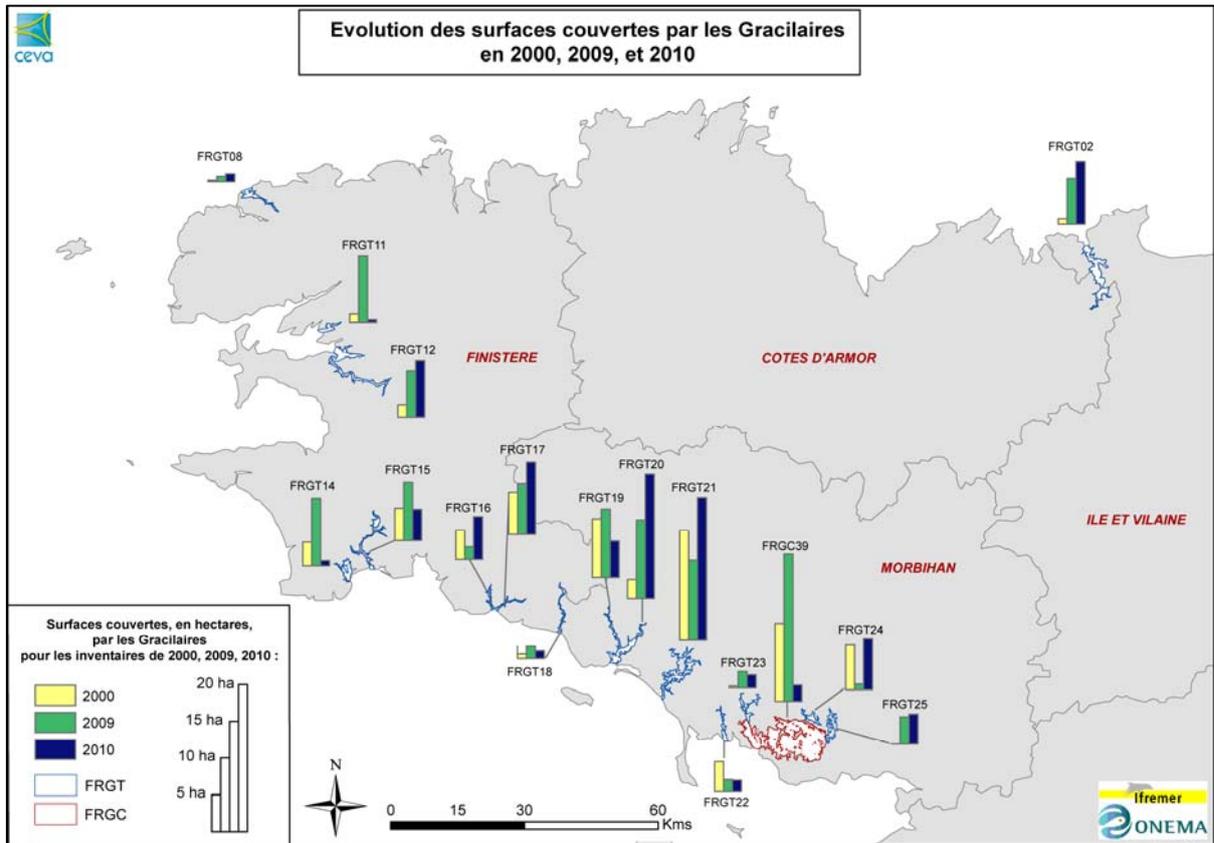
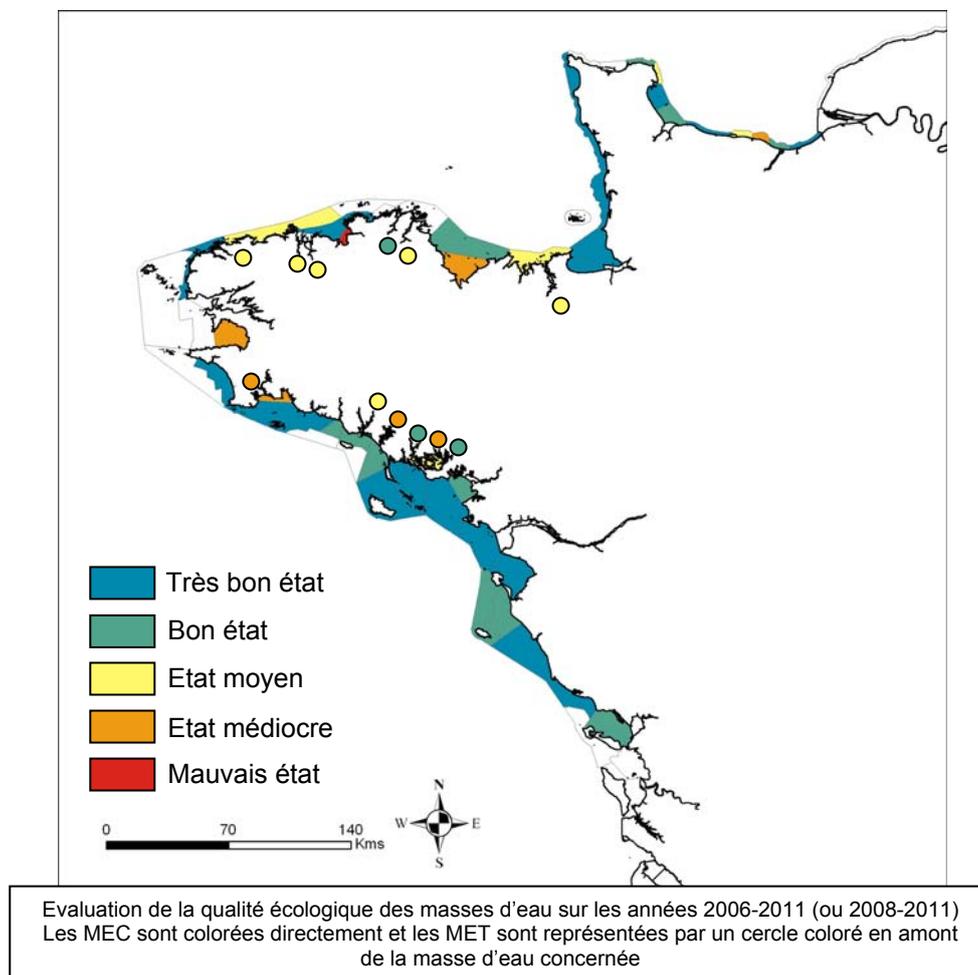


Figure 6 : Evolution des surfaces couvertes par les gracilaires (ha équi 100) en 2000, 2009 et 2010 en Bretagne

## 5. Conclusion

La DCE impose une évaluation de la qualité écologique des masses d'eau, une mise en évidence de la pertinence de cette évaluation par l'établissement de relation entre la qualité écologique établit pour une masse d'eau et la pression visée, un travail d'intercalibration permettant d'homogénéiser les résultats obtenus à l'échelle européenne.

Dans le cadre de ce travail, l'évaluation de la qualité écologique des masses d'eau passe par une compréhension des différents types de marées vertes qui se développent sur le littoral Manche-Atlantique. Les années de suivis du phénomène effectuées par le CEVA ont permis d'élaborer 3 grilles d'évaluation adaptées aux trois types de marées vertes. Les résultats de ces évaluations effectuées avec les dernières données disponibles datant de 2011 sont retranscrits dans la carte ci-dessous.



De premières relations pressions-impacts avaient été mises en évidence en 2011 en MEC et en MET. Dans le cadre de ce travail, il a été choisi d'essayer d'établir une relation pression-impact au sein d'une même masse d'eau en fonction des flux azotés estivaux annuels et de l'EQR annuel correspondant. Le résultat montre qu'une relation pression-impact est clairement mise en évidence pour certaines masses d'eau et à l'inverse, inexistante sur d'autres. Les masses d'eau pour lesquelles cette relation n'est pas établie appartiennent à la même typologie. Pour pouvoir établir des relations pression-impact pertinentes, il semble essentiel de cibler les typologies des masses d'eau qui s'y prêtent le mieux. Cette constatation est également vraie dans les MET dont

la relation pression-impact varie en fonction du degré de turbidité de la masse d'eau, la lumière devenant, avec l'augmentation de la turbidité, le facteur maîtrisant le développement algal. La démarche de définir les masses d'eau aux typologies les mieux adaptées à la mise en évidence d'une relation pression-impact pourrait s'avérer particulièrement intéressante dans le cadre de l'intercalibration européenne.

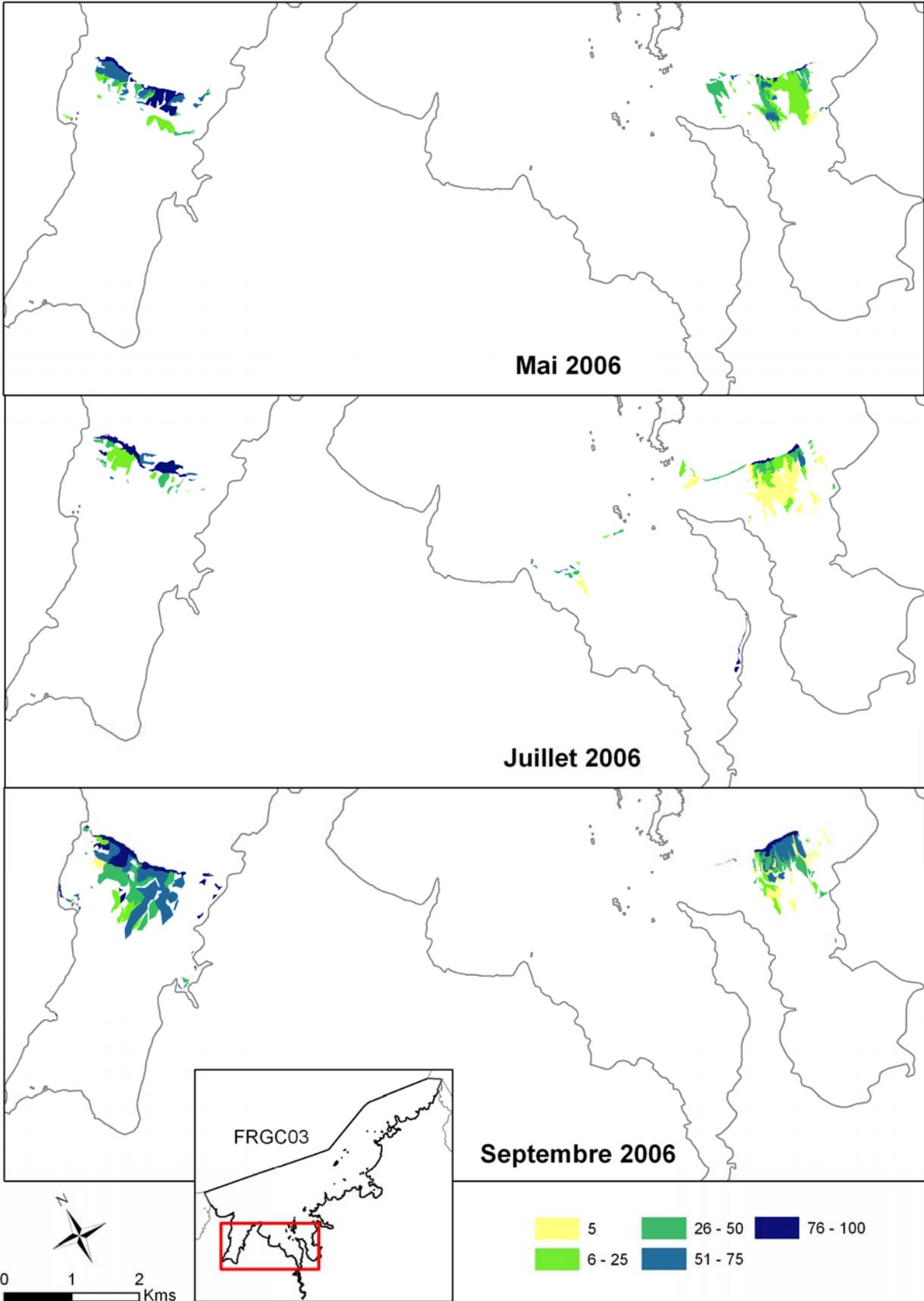
Enfin, des algues autres que les algues vertes engendrent des blooms macroalgaux. Dans les MEC, l'algue brune *Pylaiella littoralis* se développe de façon récurrente depuis plusieurs années dans quelques baies du nord Bretagne. Sa prise en compte brute dans le calcul de l'EQR a montré ses limites dans la mesure où il semble que les conditions nutritionnelles favorisant le développement de cette algue soient inférieures à celles favorisant les ulves. Une même surface algale de ces différentes espèces ne traduit donc pas la même pression. Il en est de même pour les gracilaires se développant dans les milieux vaseux. La prise en compte de ces algues peut donc s'effectuer à condition de mettre en place pour chacune des espèces un système d'évaluation en accord avec le niveau d'eutrophisation qu'elle reflète.

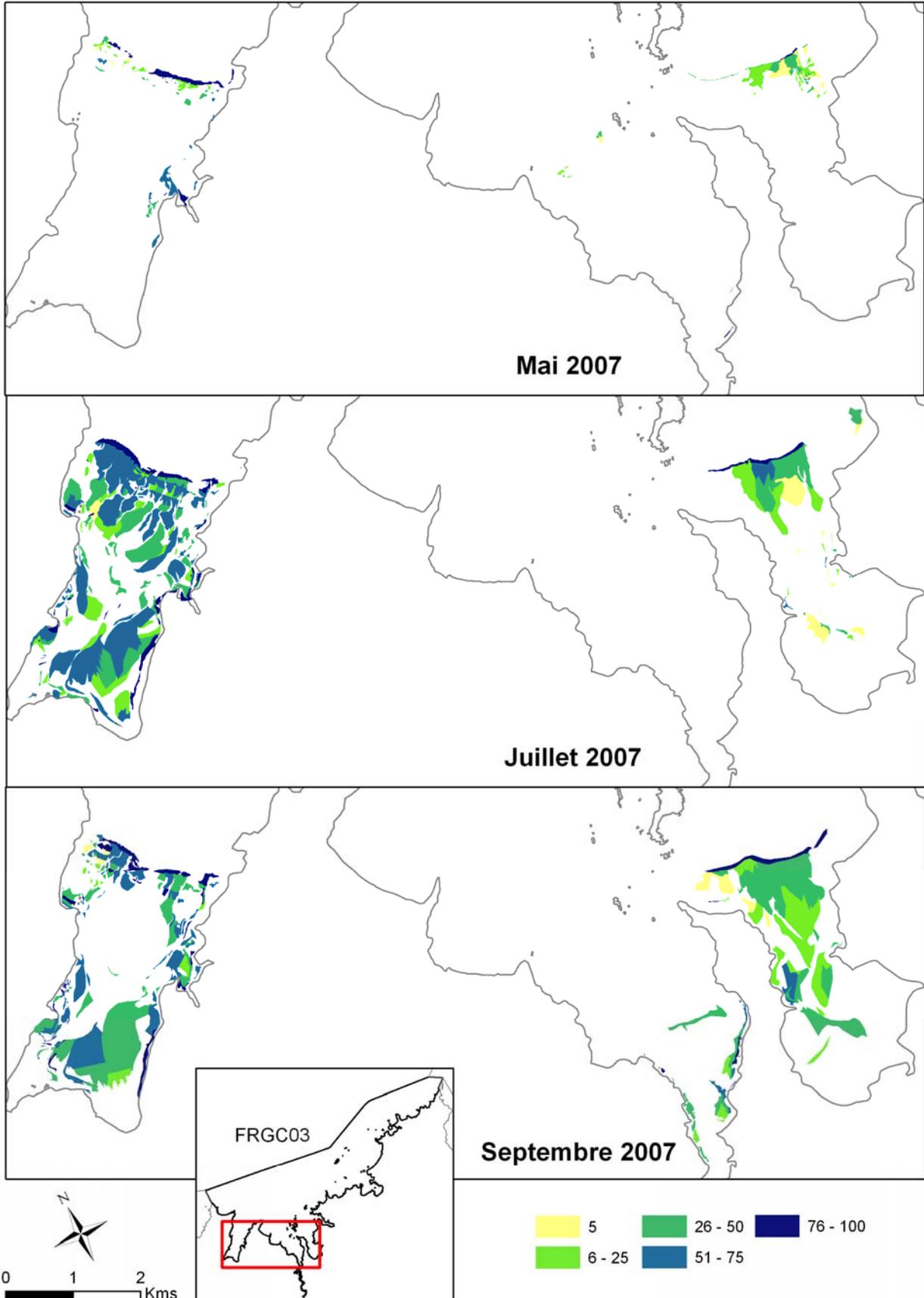
## **6. Bibliographie**

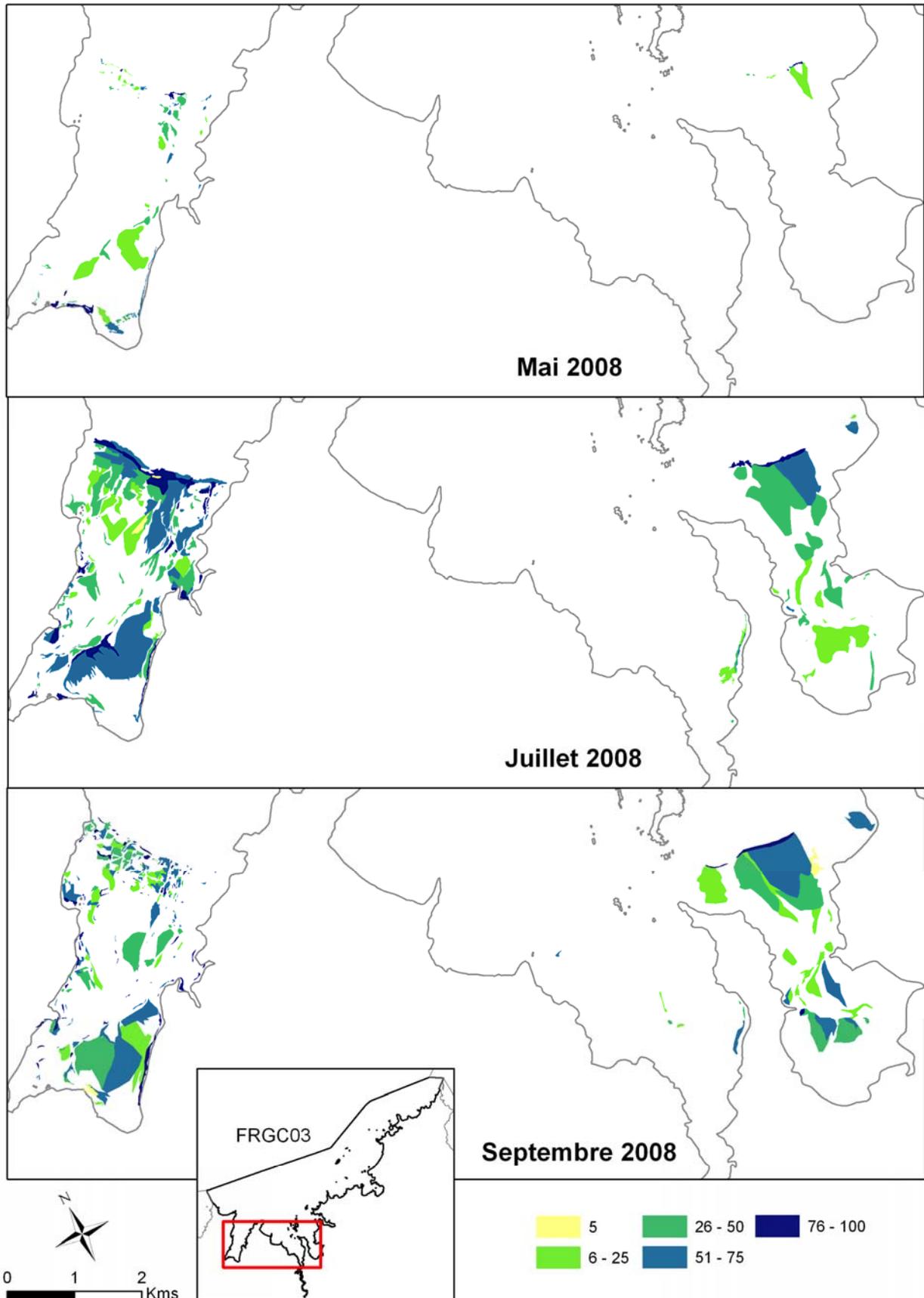
Rossi N. (2012) – Développement et intercalibration d'outils DCE de classement de qualité des eaux côtières et de transition par l'EQB « Blooms macroalgues » Classement des masses d'eau côtières des bassins Loire-Bretagne et Seine-Normandie à partir de l'élément de qualité macroalgues de bloom dans le cadre de la DCE - Rapport CEVA, convention Onema-Ifremer 2011 (action 4), 59 pages.

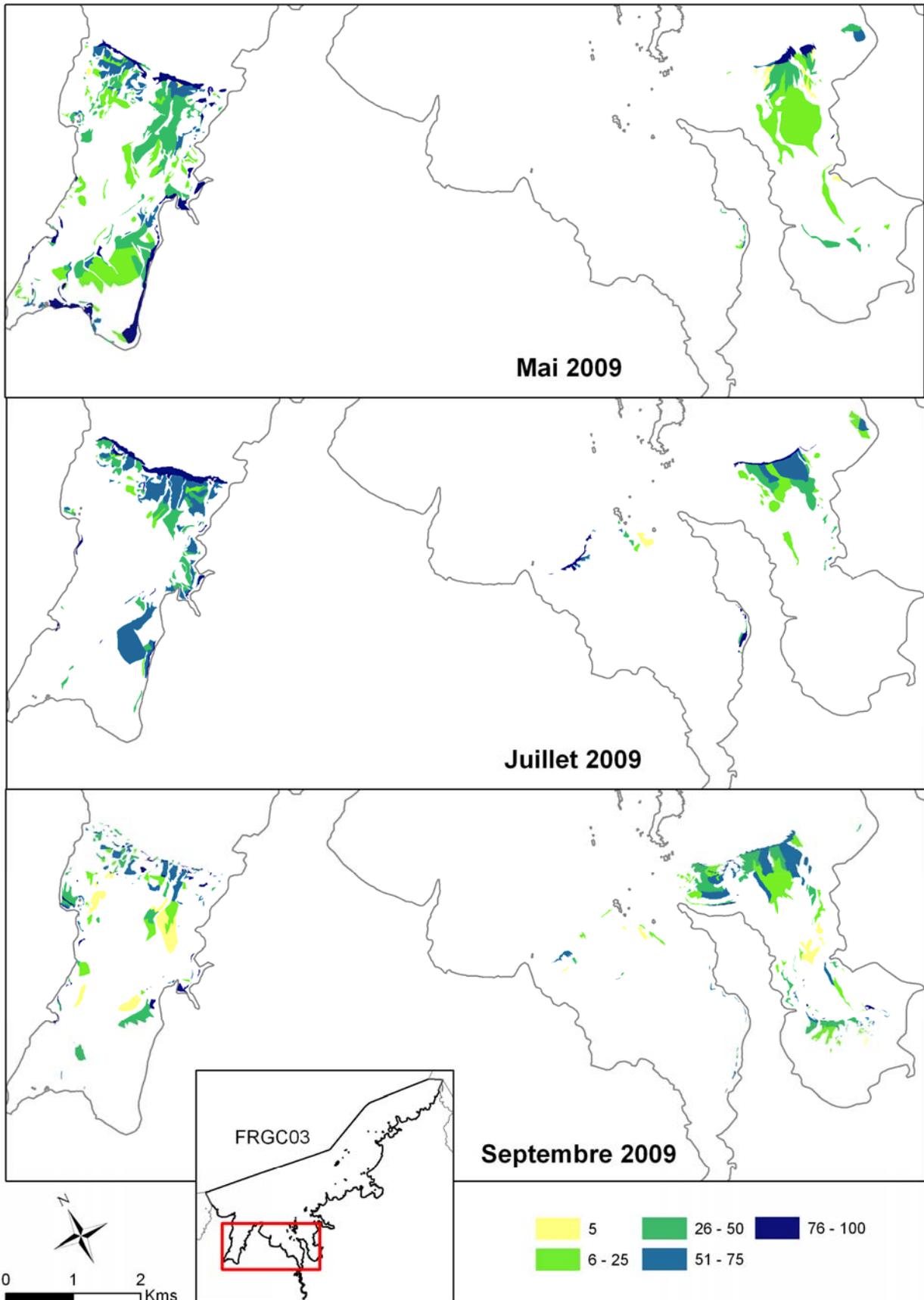
## **7. ANNEXES**

**ANNEXE 1 : Cartographie des surfaces d'ulves et de *Pylaiella* dans la masse d'eau FRGC 03 pour les mois de mai, juillet et septembre 2006, 2007, 2008 et 2009.**

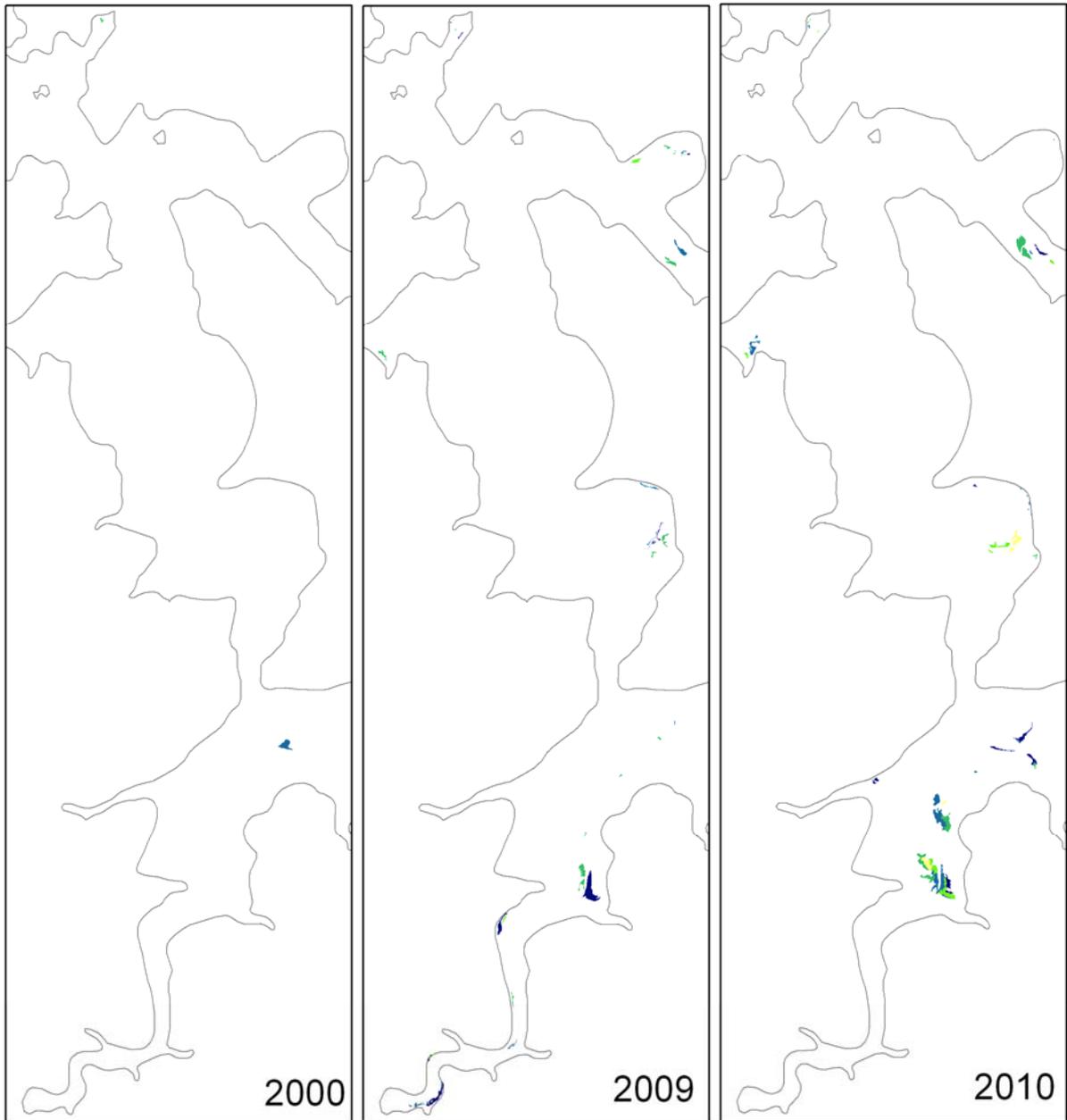




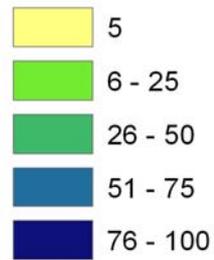


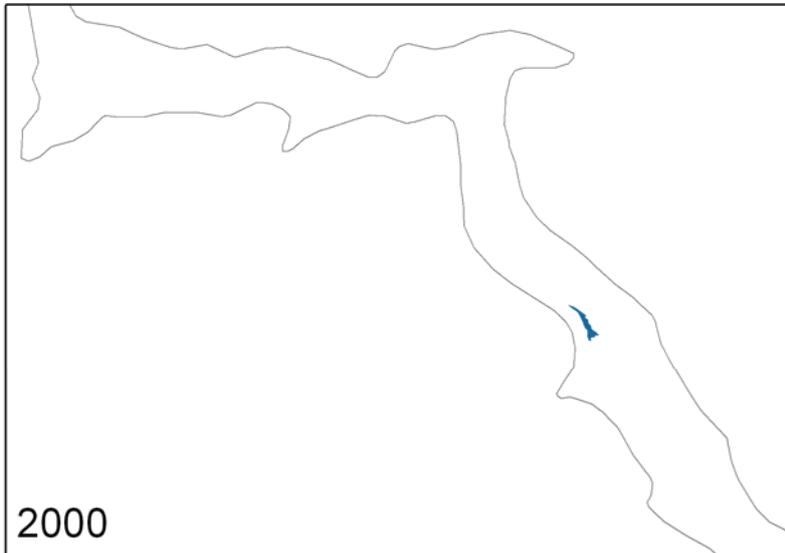


**ANNEXE 2 : Cartographie des surfaces de gracialires dans les masses d'eau de transition où elles sont significativement présentes pour les années 2000, 2009 et 2010**

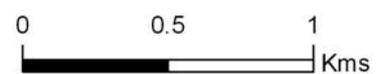
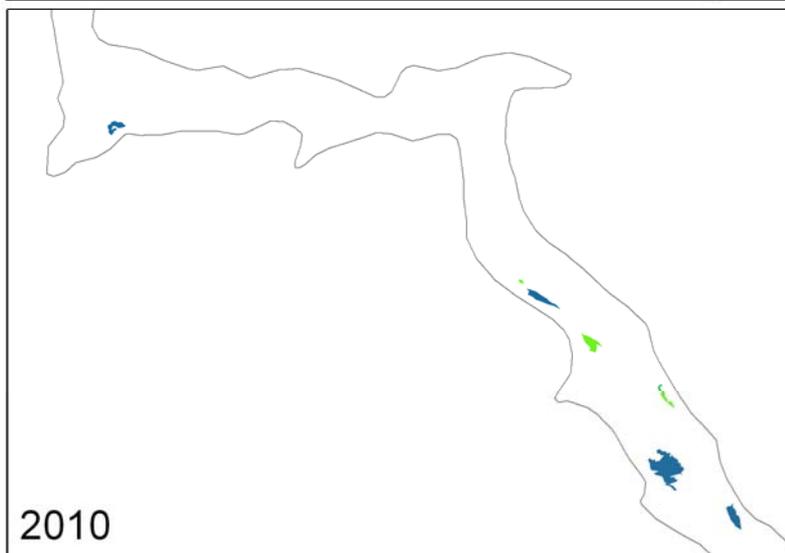
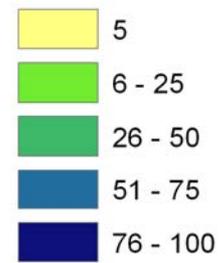
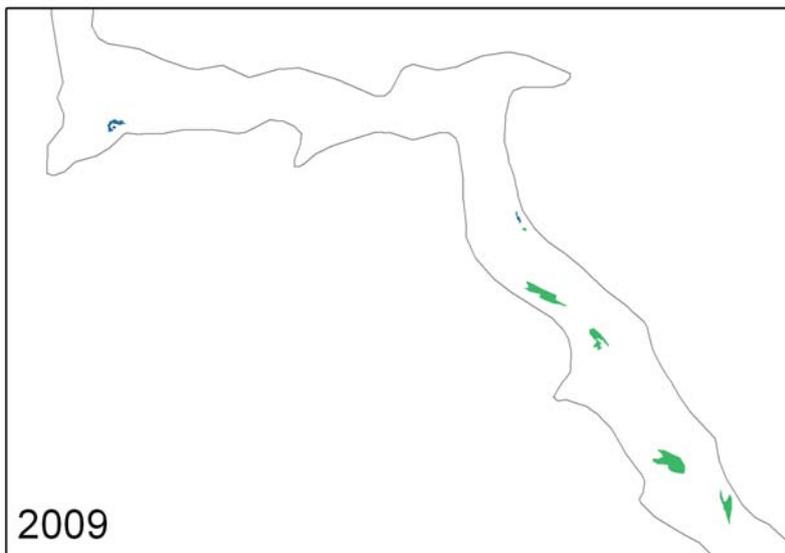


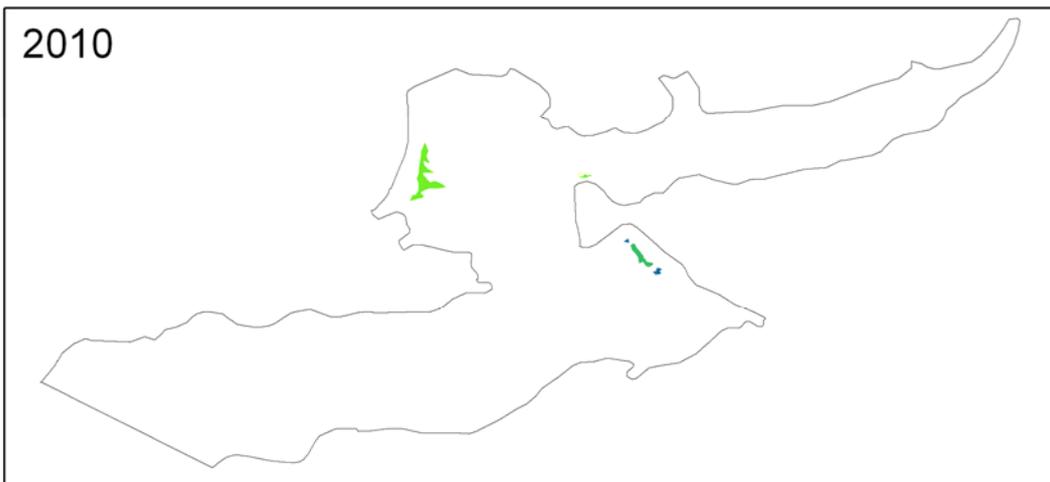
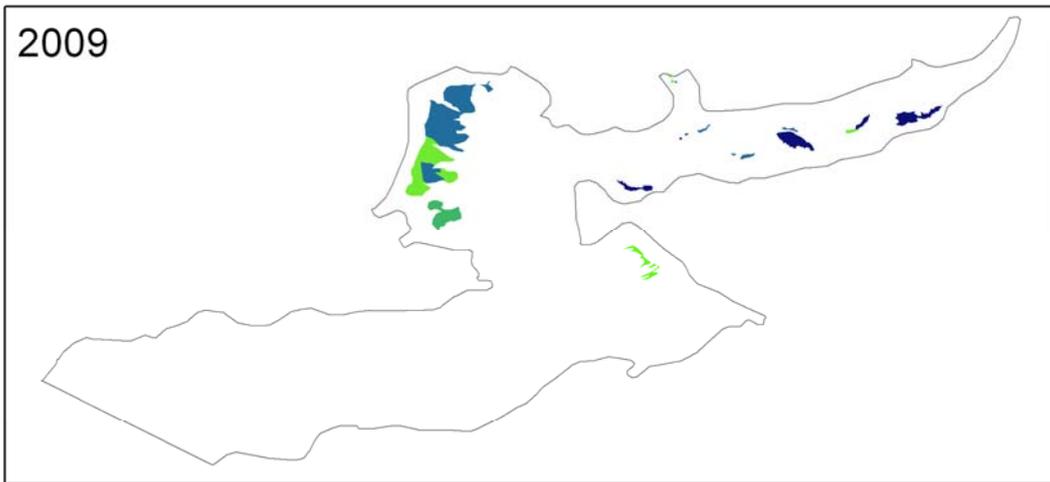
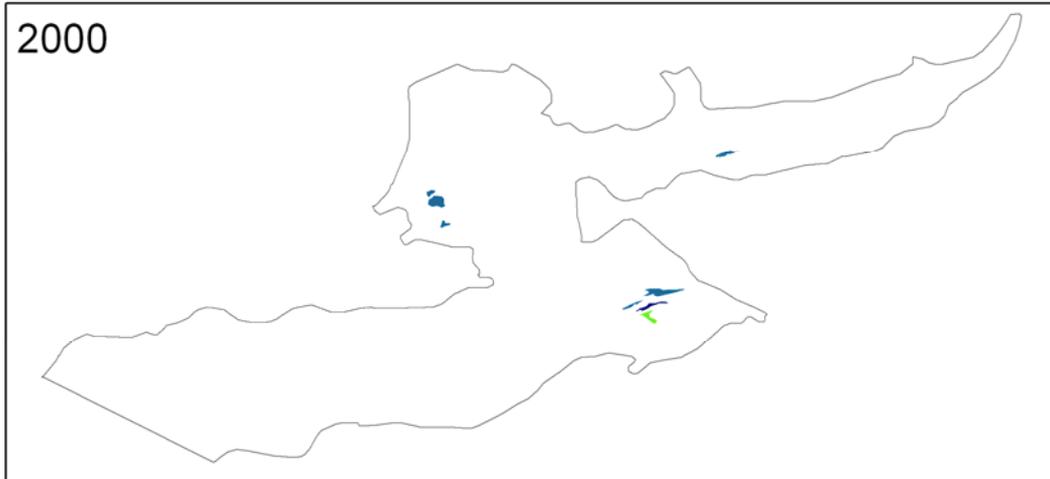
**FRGT02**



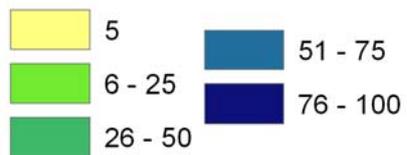


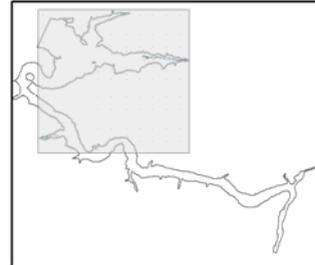
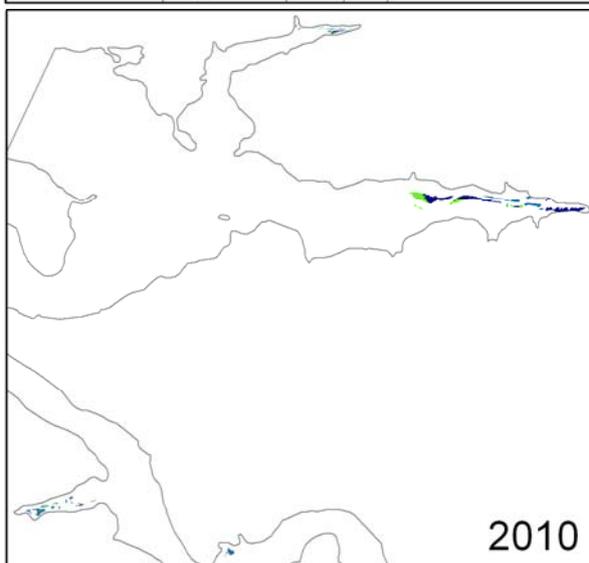
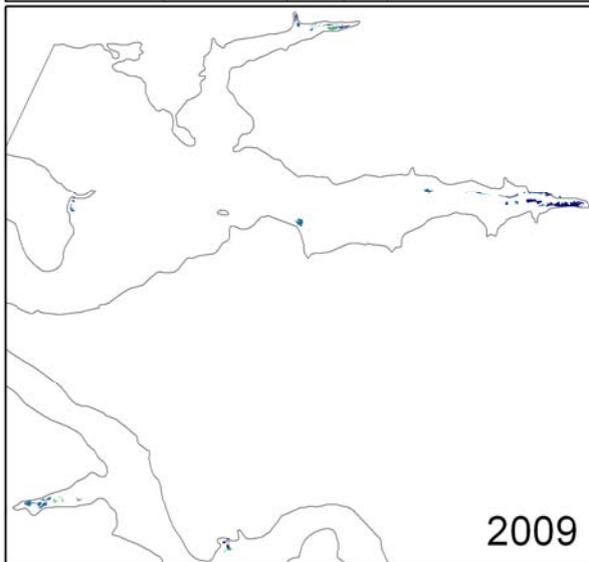
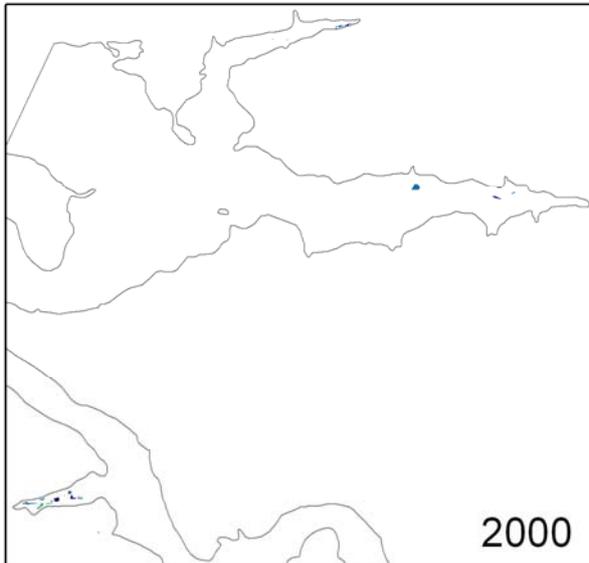
**FRGT08**



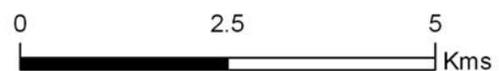
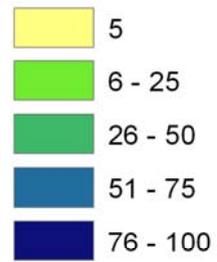


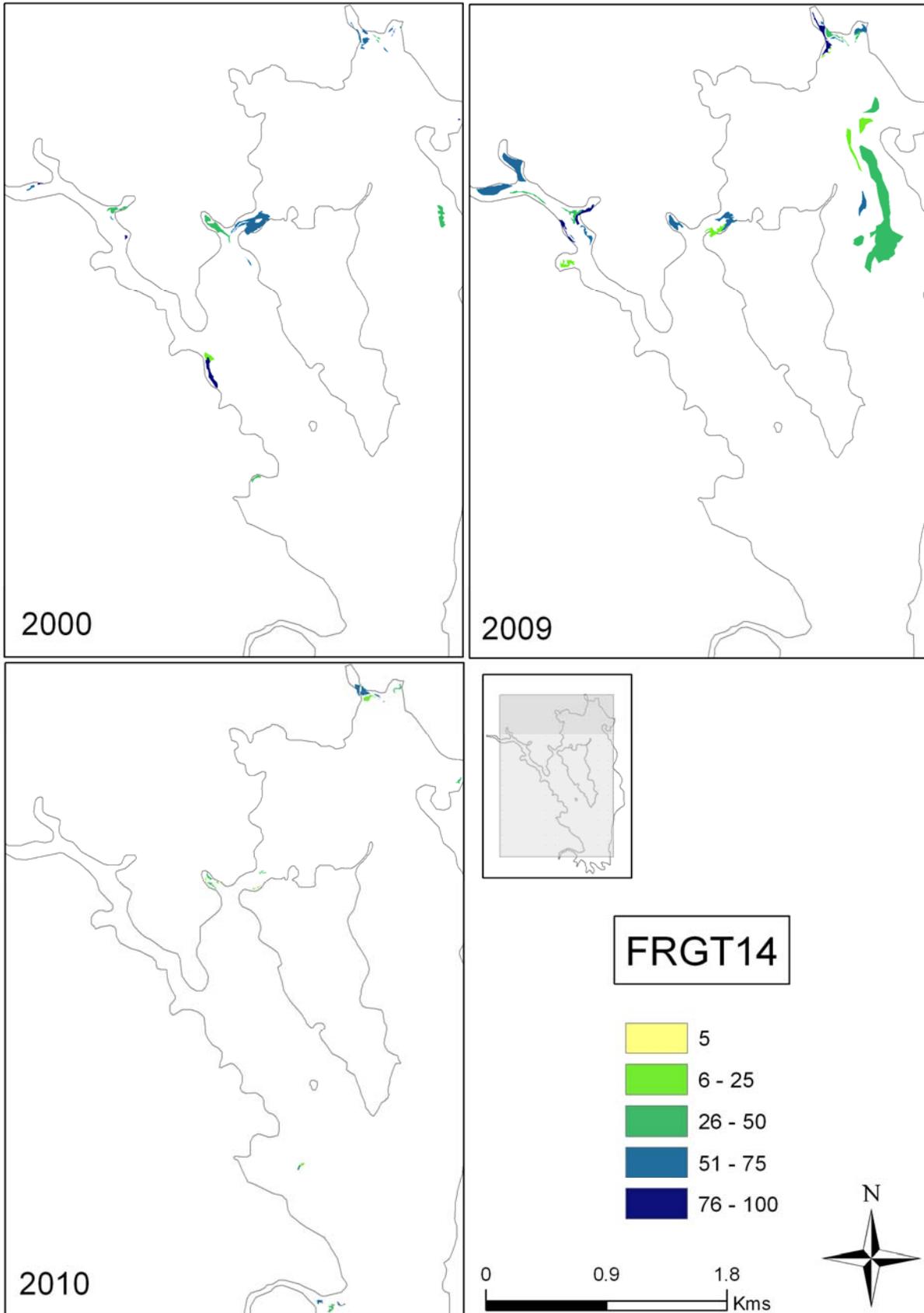
**FRGT11**

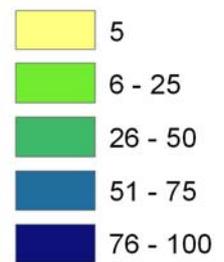
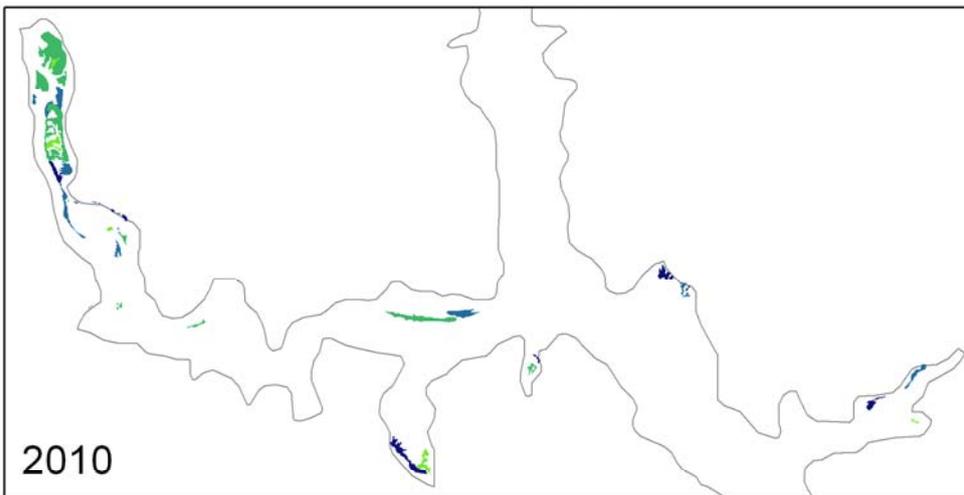
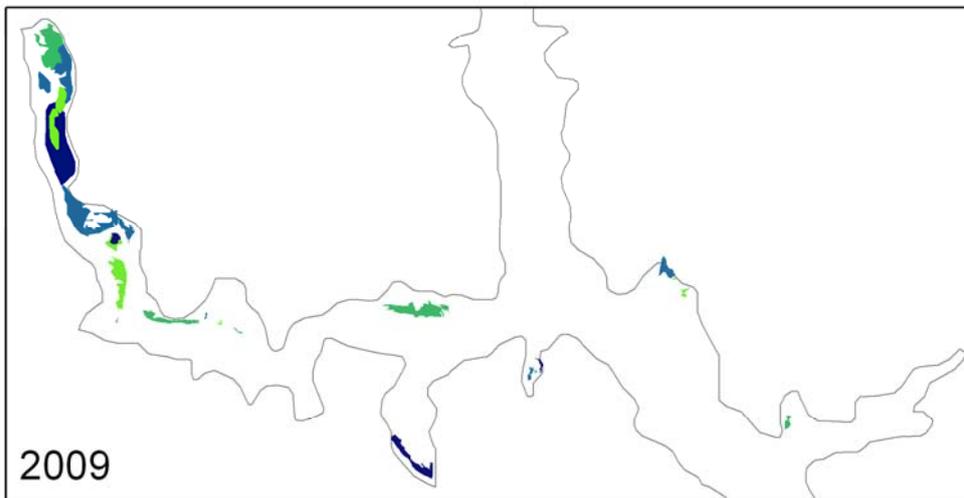
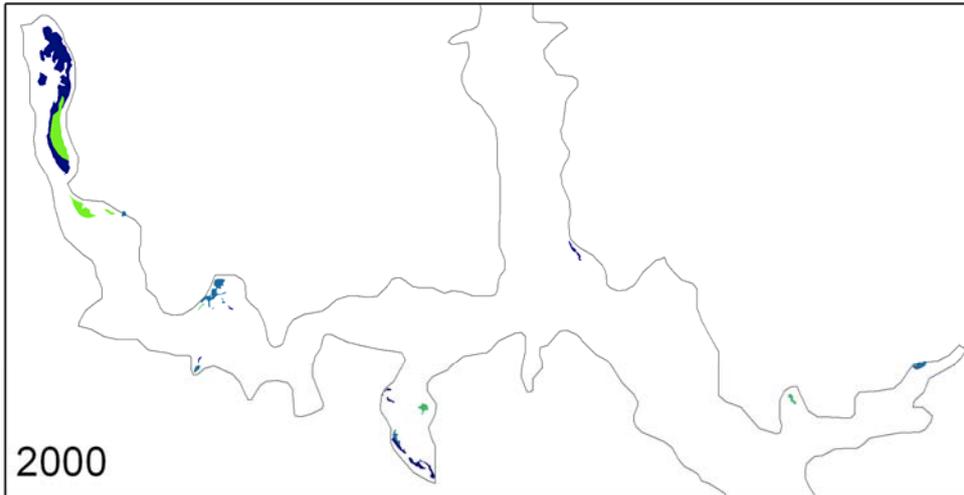


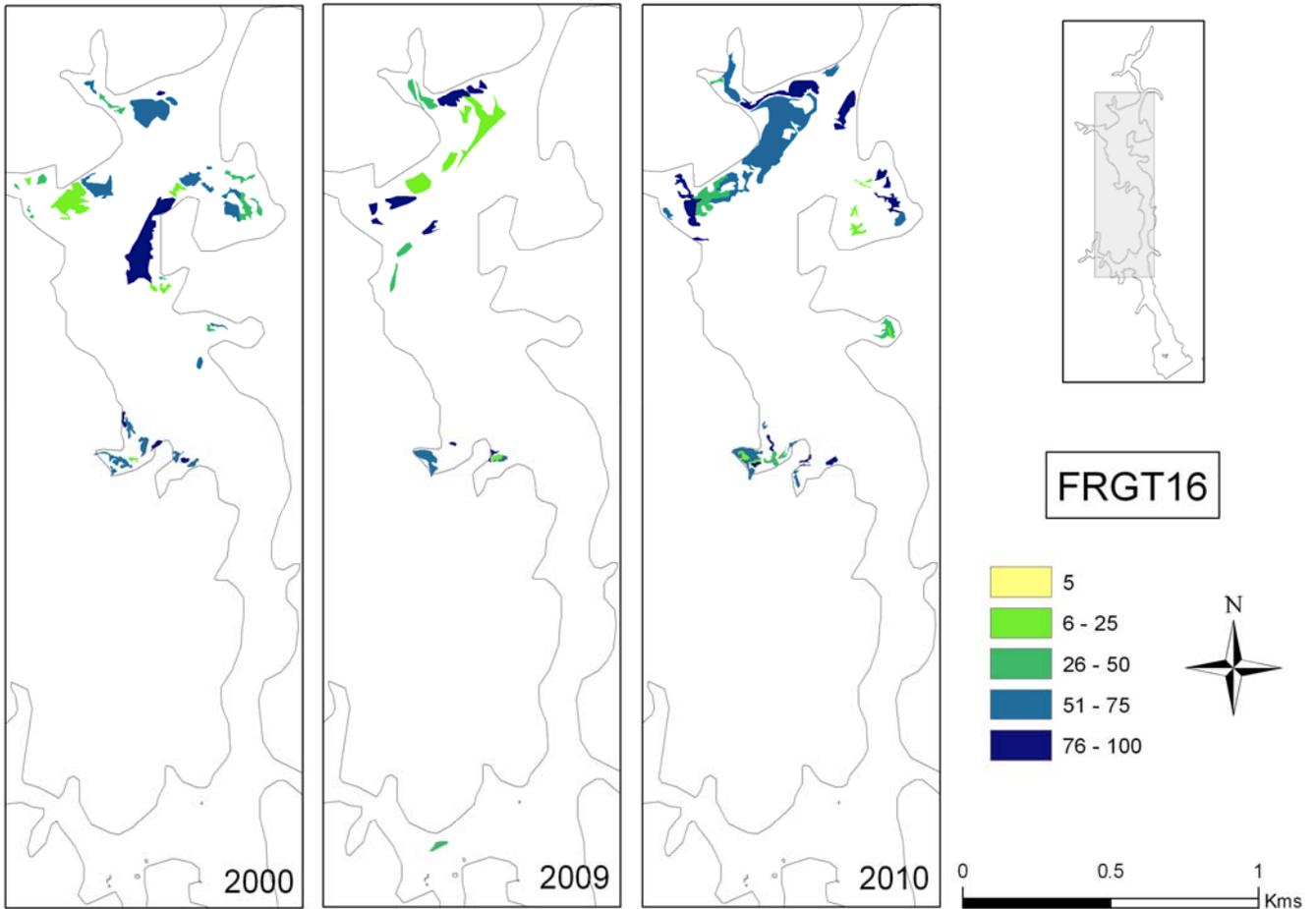


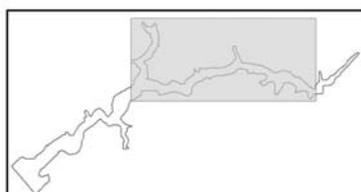
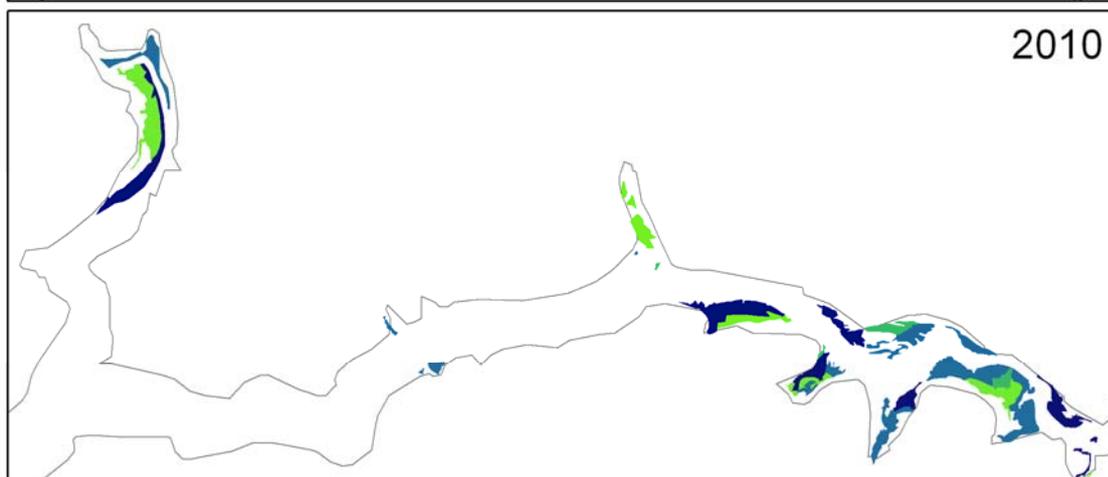
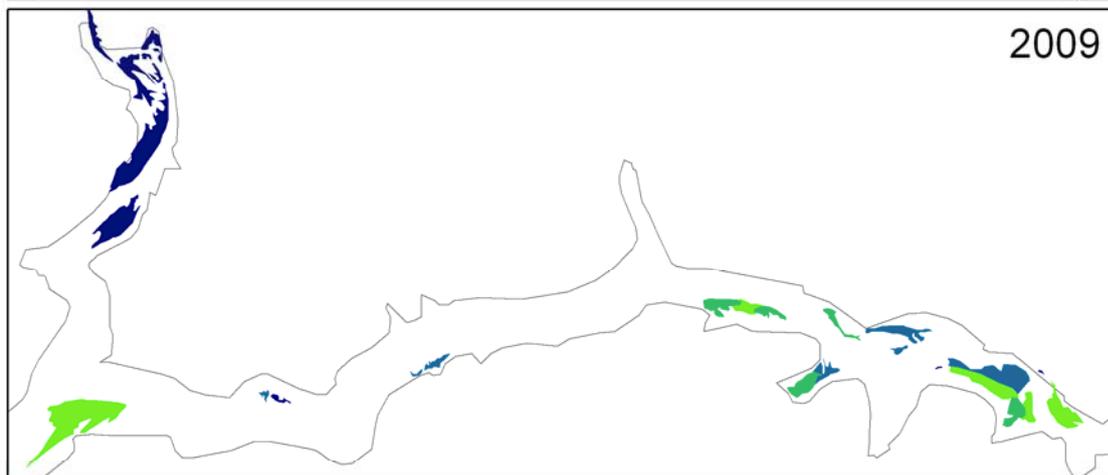
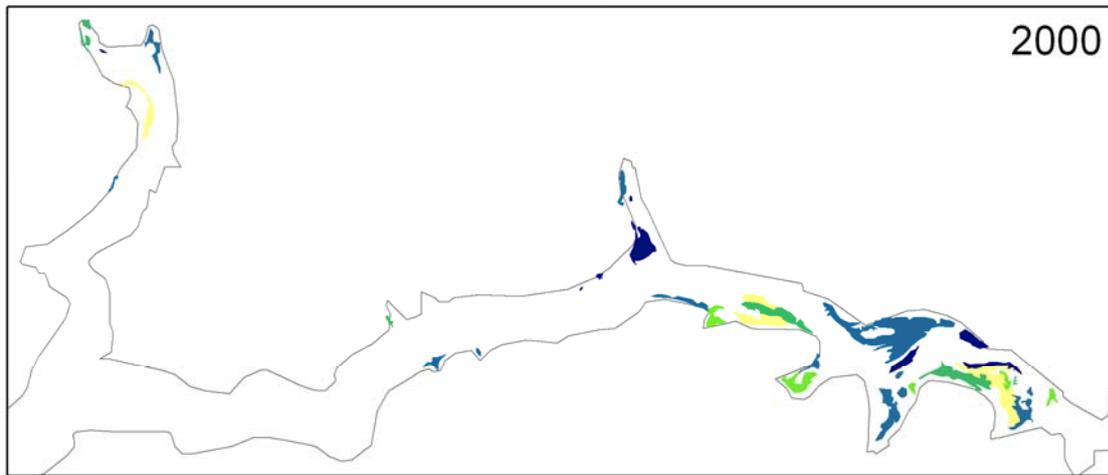
**FRGT12**



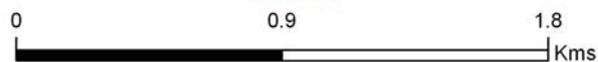
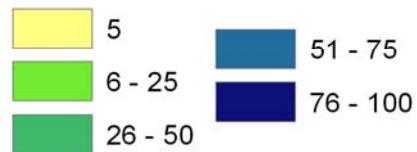


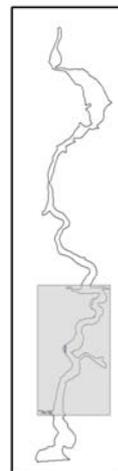
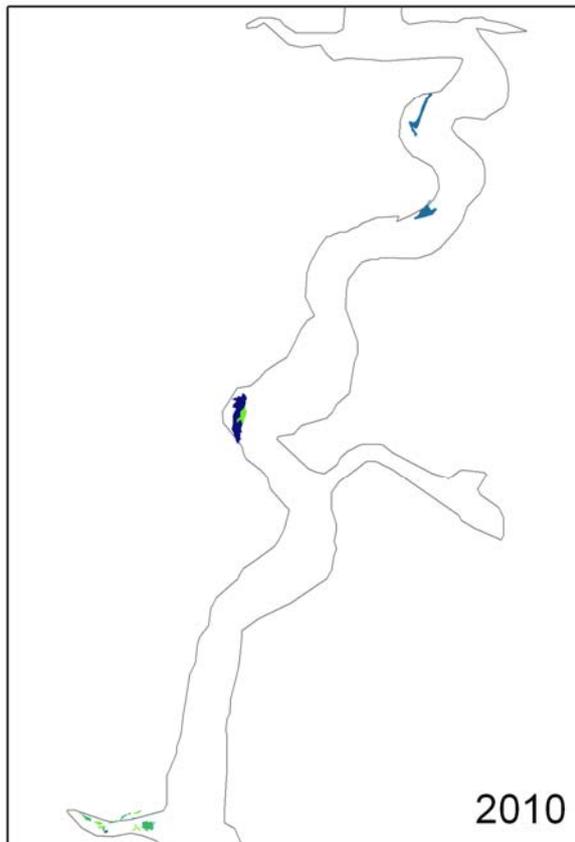
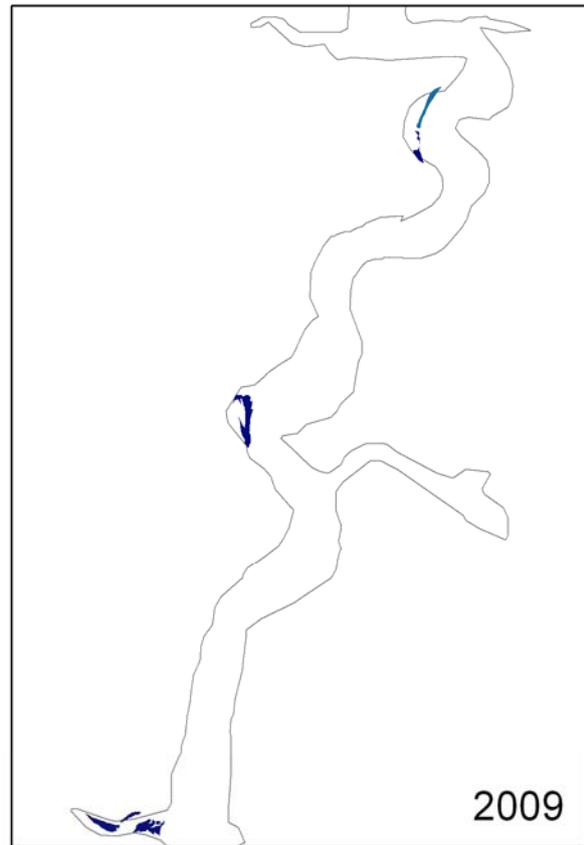
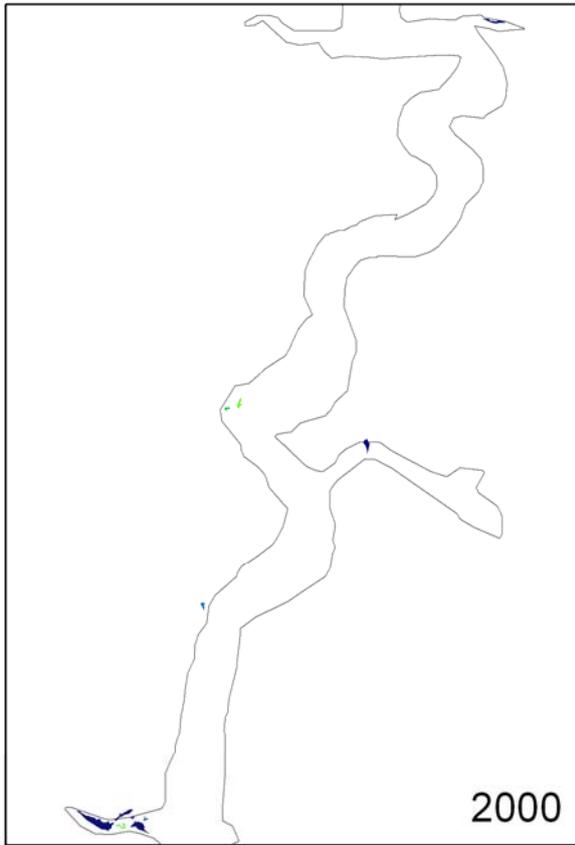




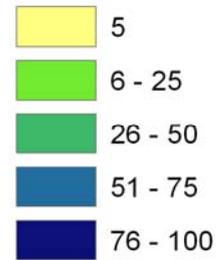


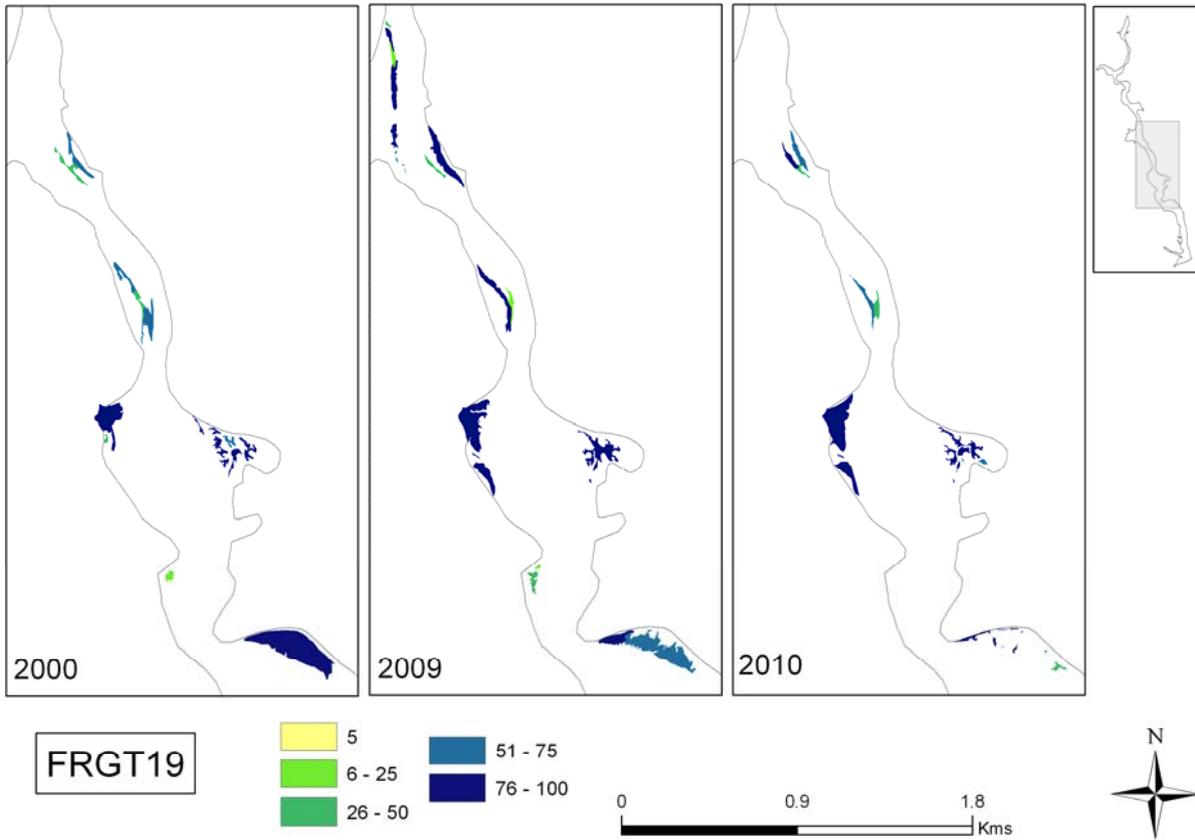
**FRGT17**

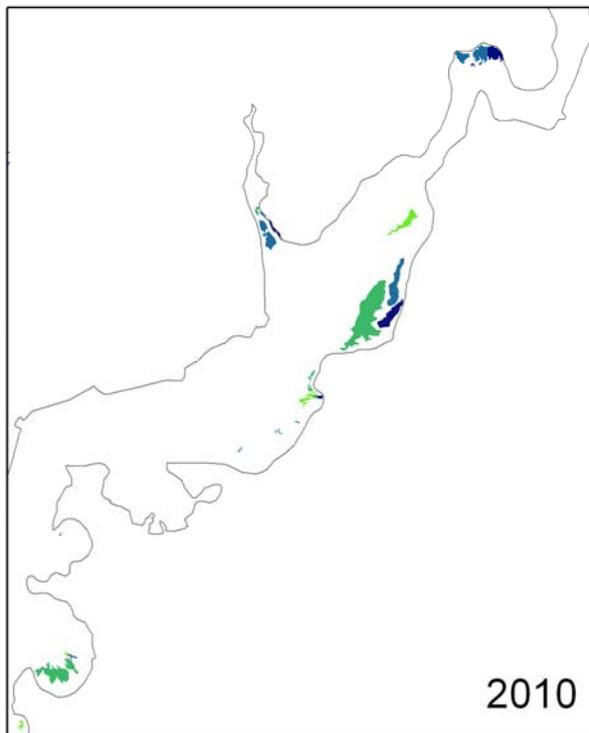
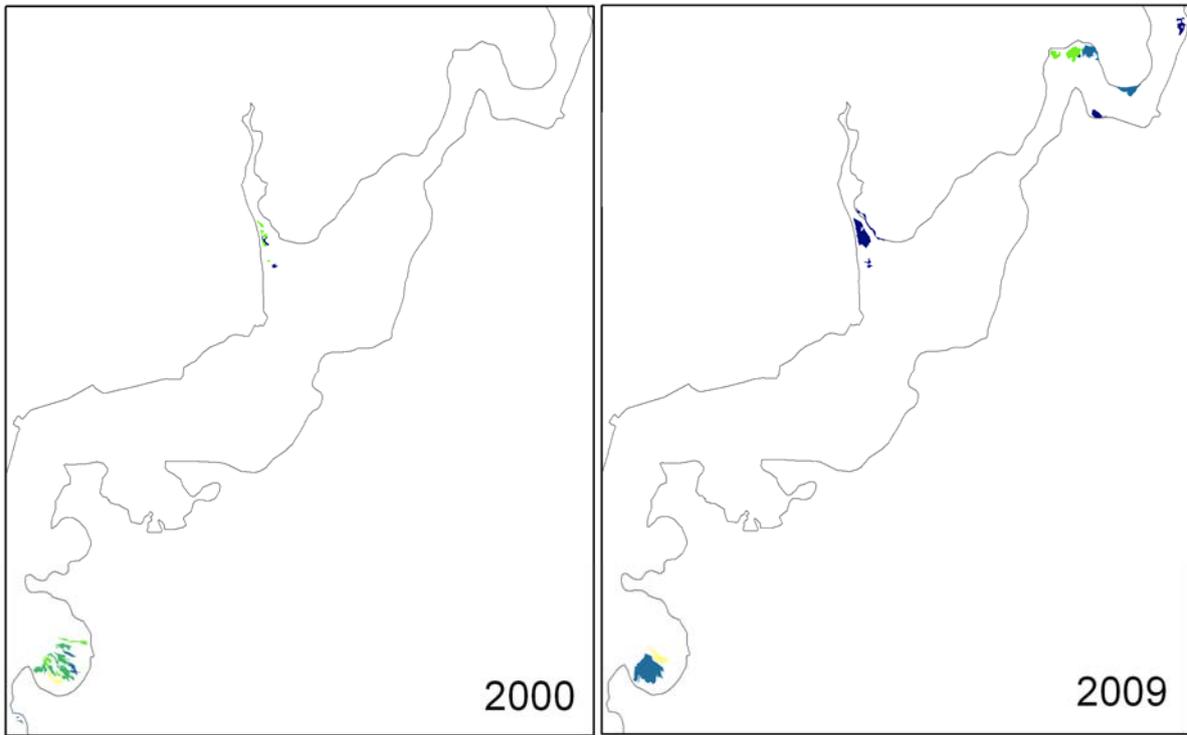




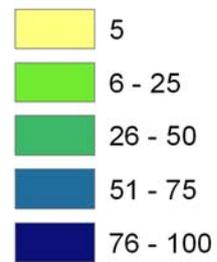
**FRGT18**

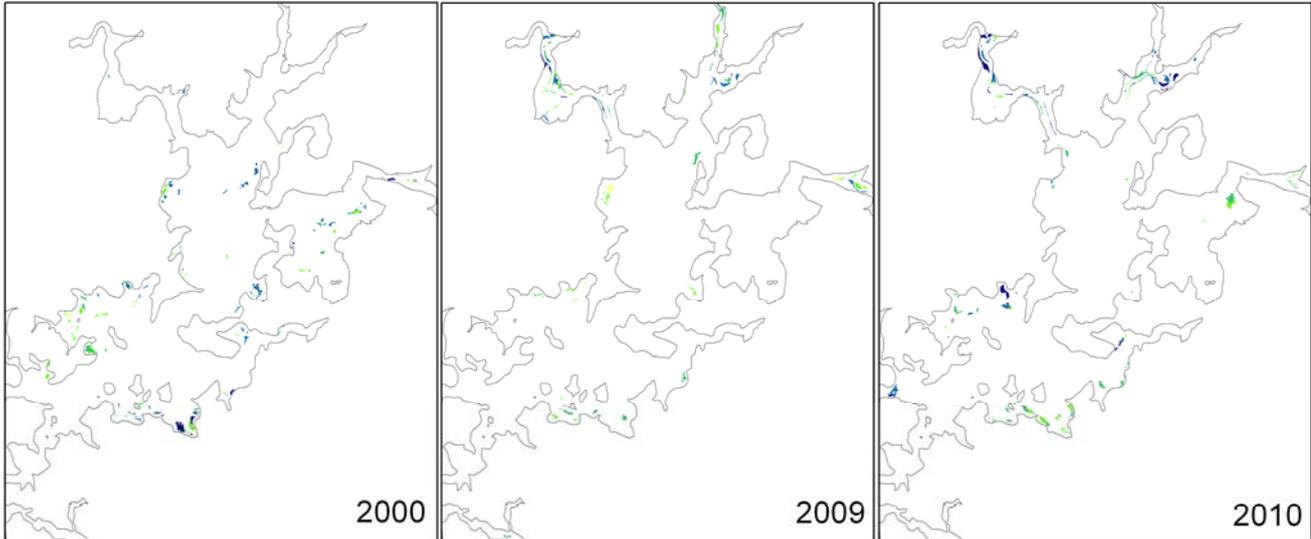




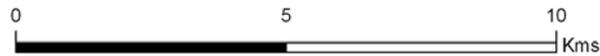
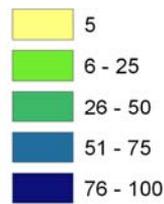


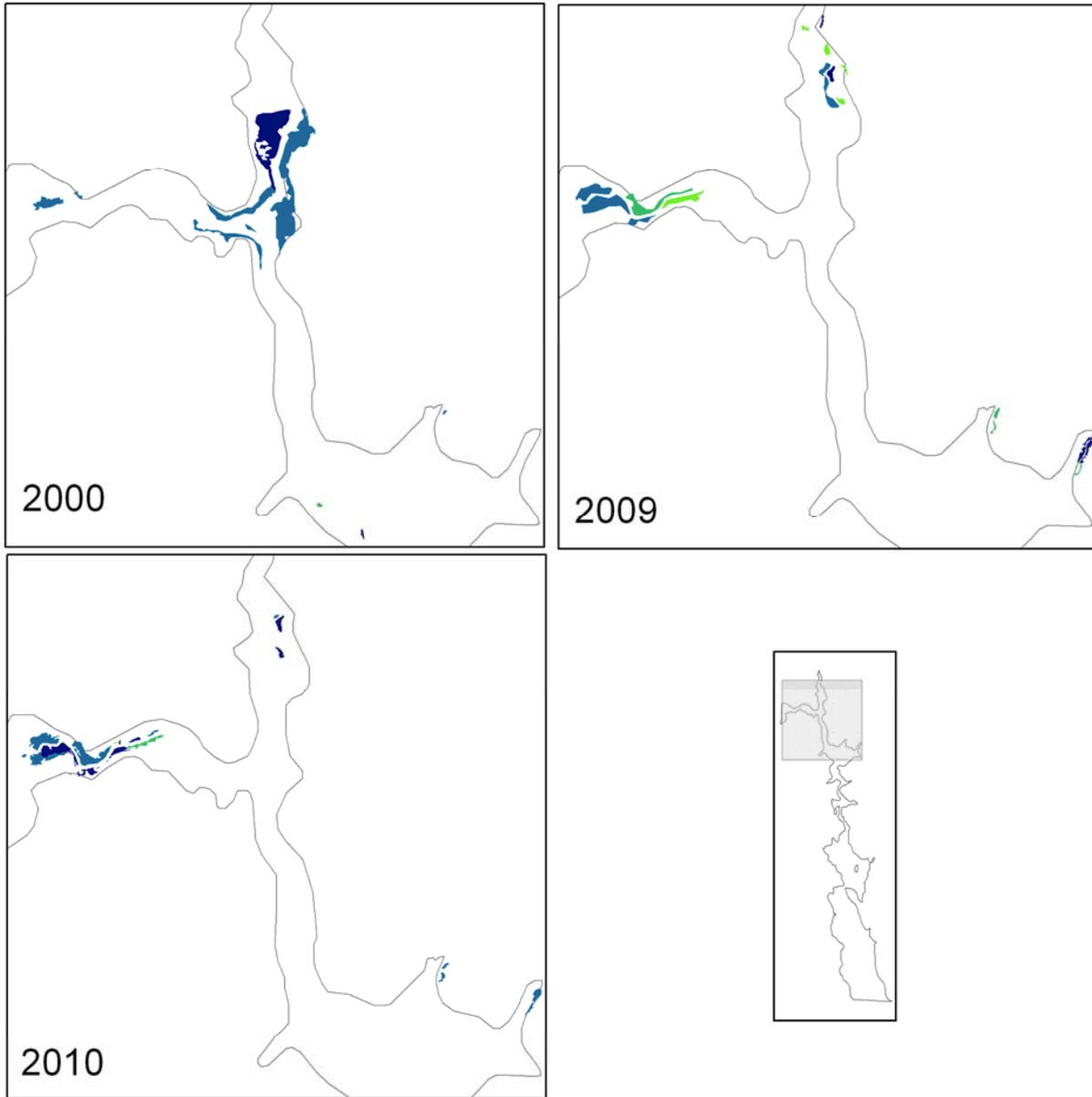
**FRGT20**



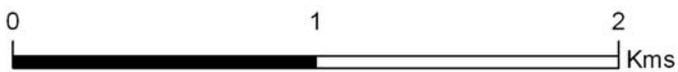
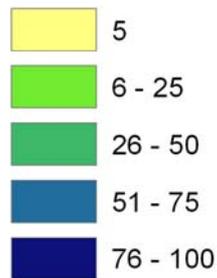


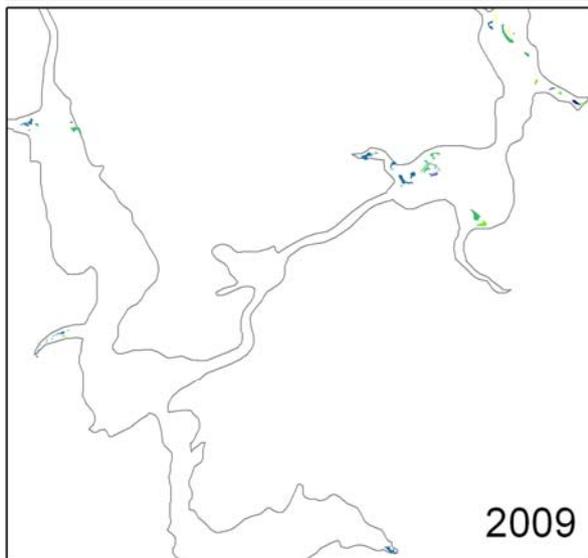
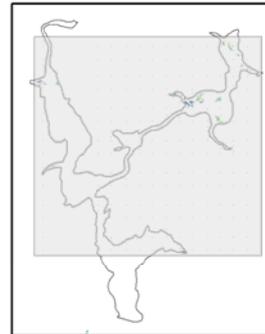
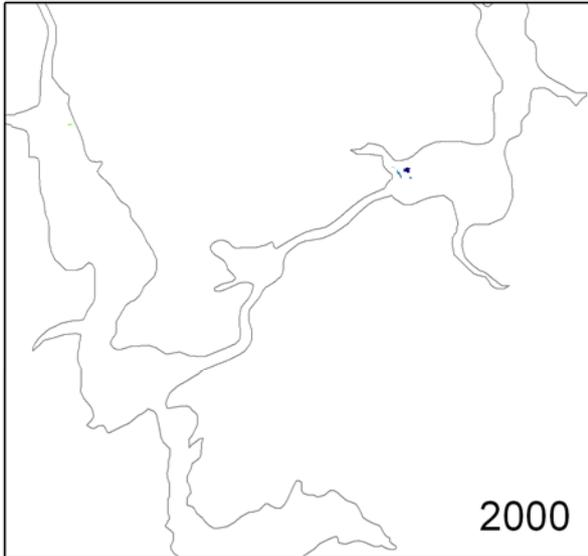
FRGT21



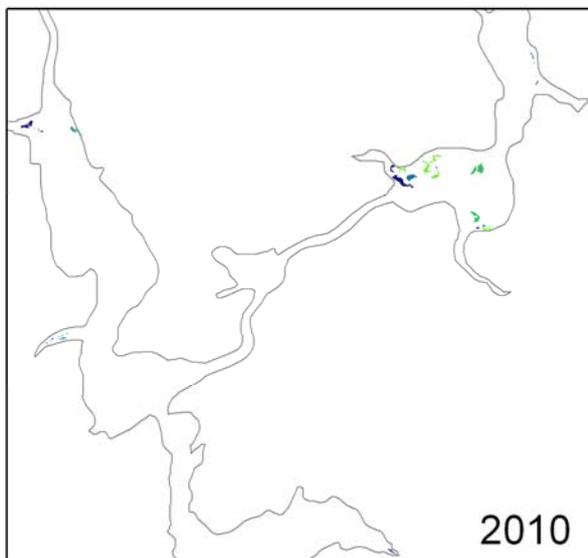
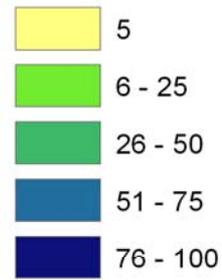


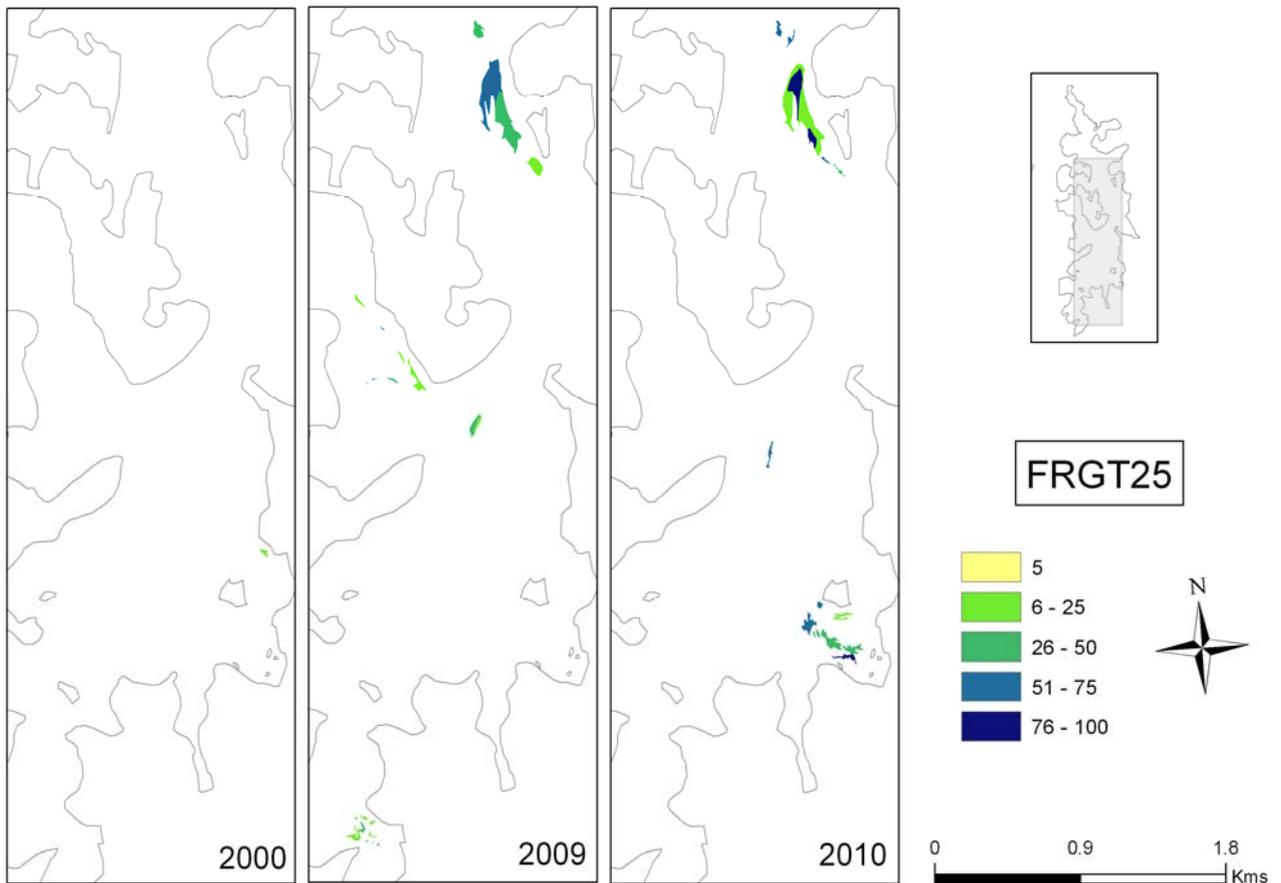
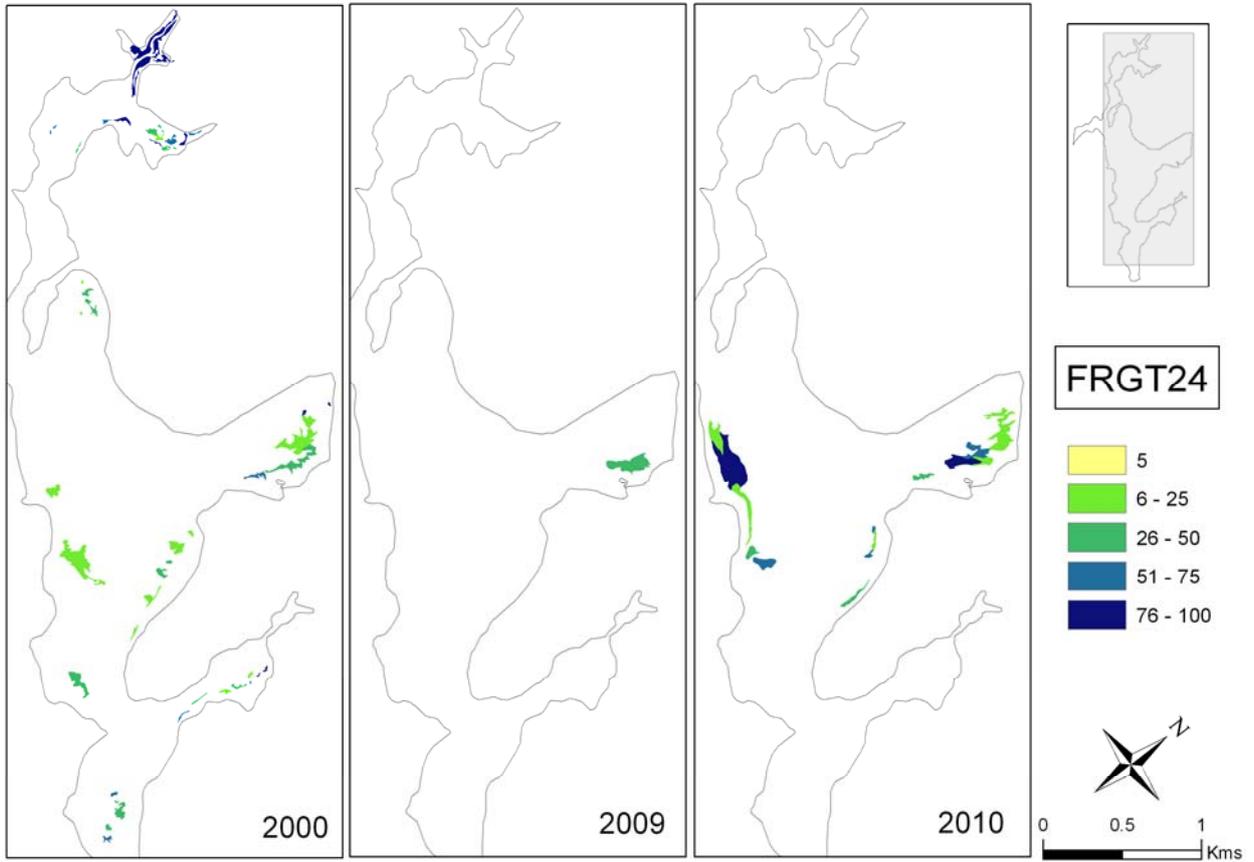
**FRGT22**

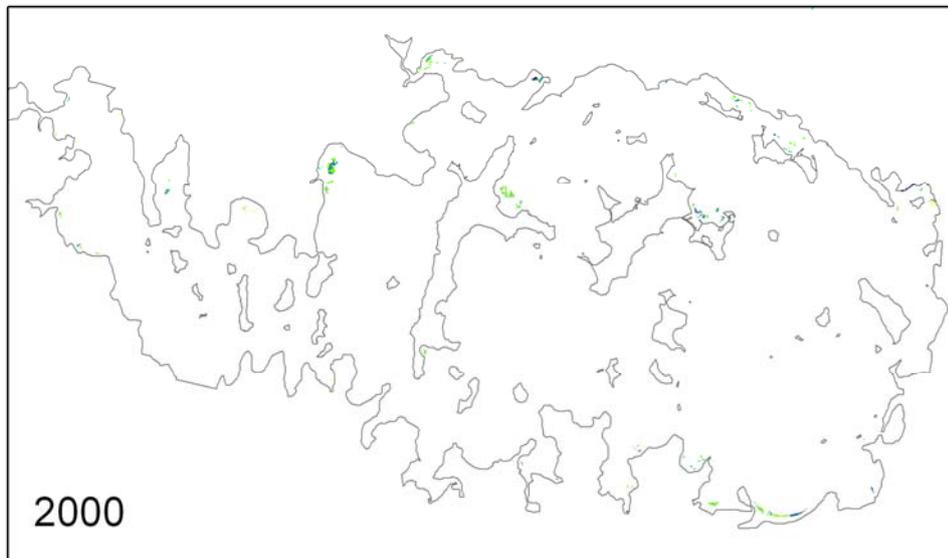




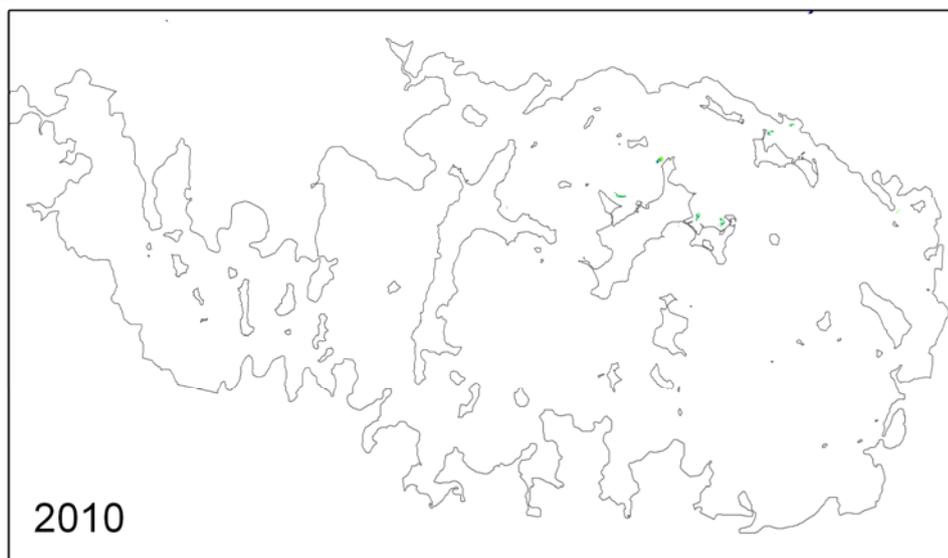
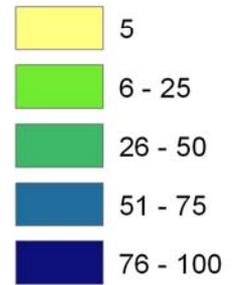
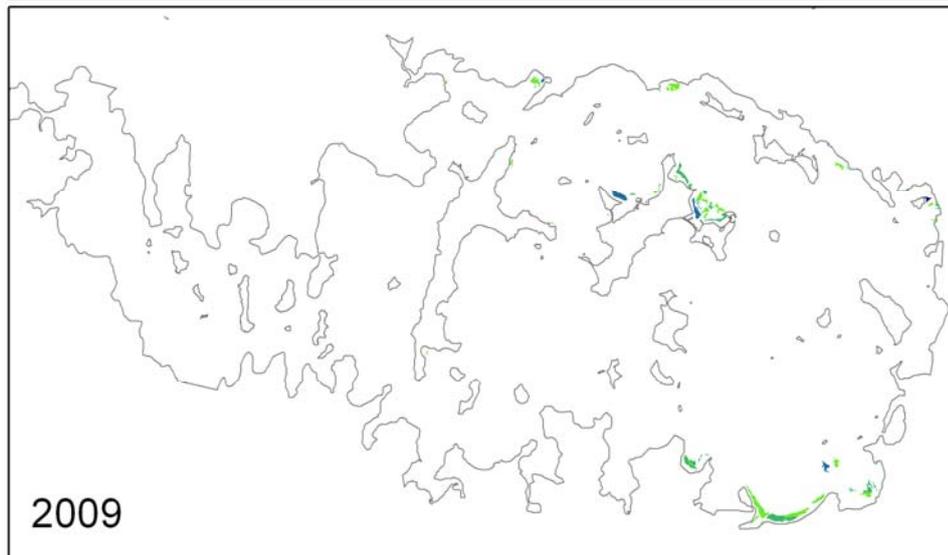
**FRGT23**







**FRGT39**



**Onema**  
**Hall C – Le Nadar**  
**5 square Félix Nadar**  
**94300 Vincennes**  
**01 45 14 36 00**  
[www.onema.fr](http://www.onema.fr)

**IFREMER**  
**Centre Atlantique**  
**Rue de l'Île d'Yeu**  
**BP 21105**  
**44311 Nantes Cedex 03**  
**02 40 37 40 00**  
[wwz.ifremer.fr/atlantique](http://wwz.ifremer.fr/atlantique)