



Etudes méthodologiques développées à l'échelle nationale

Agrégation des sous-éléments de qualité de l'élément de qualité « Flore autre que phytoplancton »

Rapport final

Auteur Laurence Miossec, Ifremer, ODE, VIGIES (Nantes)

Mars 2016

Contexte de programmation et de réalisation

Convention Ifremer-Onema 2015

Les auteurs

Prénom et nom Laurence Miossec
Coordination Scientifique DCSMM
Email lmiossec@ifremer.fr
Adresse Ifremer centre de Nantes Rue de l'île d'Yeu – BP 21105 44311 Nantes Cedex 3

Les correspondants

Onema : Marie-Claude Ximénès, DAST, marie-claude.ximenes@onema.fr

Référence du document : Miossec L. (2016). Agrégation des sous-éléments de qualité de l'élément de qualité « Flore autre que phytoplancton », rapport Onema Convention 2015, 23 pages.

Droits d'usage :	<i>accès libre</i>
Couverture géographique :	National
Niveau géographique :	National
Niveau de lecture :	Professionnels, experts
Nature de la ressource	Document

TITRE : Agrégation des sous-éléments de qualité de l'élément de qualité « Flore autre que phytoplancton »

STATUT DU DOCUMENT : RAPPORT FINAL

AUTEURE : LAURENCE MIOSSEC

RESUME.....	4
ABSTRACTS	5
SYNTHESE POUR L'ACTION OPERATIONNELLE	6
1. Introduction	7
2. Matériels et méthodes.....	9
2.1. Etude 2014	9
2.2. Etude 2015	10
3. Résultats	11
3.1. Etude 2014	11
3.2. Etude 2015	13
4. Discussion	14
5. Conclusion.....	16
6. Bibliographie	16
7. Annexes	18

TITRE : Agrégation des sous-éléments de qualité de l'élément de qualité « Flore autre que phytoplancton »
AUTEURE LAURENCE MIOSSEC

RESUME

Résumé

La règle d'agrégation des éléments de qualité, pour établir l'état écologique dans le cadre de la DCE, est celle de l'élément le plus déclassant (OAOO). Par contre, les paramètres d'un élément de qualité peuvent être combinés de façon différente. Nous avons étudié plusieurs conditions d'agrégation sur les paramètres de l'élément de qualité « Flore autre que phytoplancton » (macroalgues intertidales, subtidales, les herbiers de zostères et les blooms opportunistes) en utilisant des données de la surveillance collectées sur le littoral Manche Atlantique.

Quatre critères d'agrégation ont été testés sur 2 séries de données collectées entre 2004 et 2014 : OAOO, moyenne, méthode mixte entre OAOO et moyenne et une méthode prenant en compte une valeur d'incertitude au niveau du seuil « Bon-Moyen ». Sur la base des données utilisées, la méthode mixte apparaît la méthode la plus nuancée, car elle moyenne les éléments d'habitat naturel, puis applique la méthode plus stricte de l'OAOO sur un paramètre caractéristique d'un milieu eutrophisé.

Ce travail ne peut être considéré comme un exercice finalisé. Il permet de discuter différentes pistes qu'il conviendra de soumettre de nouveau au jugement des experts thématiques.

Mots clés (thématique et géographique)

Macroalgues, blooms opportunistes, herbiers, Manche Atlantique, méthodes d'agrégation

Titre Aggregation rules between elements of the biological quality element « Flora other than phytoplankton »

Author Laurence Miossec

ABSTRACTS

ABSTRACT

The Water Framework Directive uses the “One-out, all-out” (OAOO) principle in assessing water bodies (*i.e.* the worst status of the elements used in the assessment determines the final status of the water body). Combination of multiple parameters within a biological quality element (BQEs) can be done in different ways. This study analysed several aggregation conditions within the BQE "Flora other than phytoplankton" (intertidal macroalgae, subtidal macroalgae, eelgrass beds and opportunistic blooms) using monitoring data collected along the Channel and Atlantic coastline.

Four aggregation criteria were tested on two sets of data collected between 2004 and 2014: OAOO, average, intermediate method between OAOO and average and a method taking into account an uncertainty value at the threshold "Good/Moderate." Based on available data, the intermediate method appears the most qualified method using first an averaging approach between the natural habitat elements and then applying the OAOO between this mean and the opportunistic blooms, characteristic of an eutrophic environment.

Expert judgment might be used to ensure in the overall interpretation of results at waterbody level and in the classification outcomes.

Key words (thematic and geographical area)

Macroalgae, eelgrass beds, opportunistic blooms, Channel and Atlantic coastline, aggregation rules

TITRE : Agrégation des sous-éléments de qualité de l'élément de qualité « Flore autre que phytoplancton »

AUTEURE : LAURENCE MIOSSEC

SYNTHESE POUR L'ACTION OPERATIONNELLE

La règle d'agrégation des éléments de qualité (EQB) dans la classification de l'état écologique est basée sur l'élément de qualité le plus déclassant. La guidance EU n°13 (2003) précise les règles d'agrégation. Si plusieurs paramètres d'un élément de qualité biologique sont sensibles à la même pression ou au même groupe de pressions, les résultats de ces paramètres peuvent être combinés (moyennés par exemple). Par contre, s'ils sont sensibles à des pressions différentes, c'est la règle du plus déclassant (le « One Out All Out » ou OAO) qui s'applique.

Pour la façade Manche Atlantique, la flore autre que phytoplancton est caractérisée par les macroalgues intertidales, subtidales, les herbiers de zostères et les blooms opportunistes. La question de l'agrégation s'est posée pour les paramètres surveillés en eaux côtières. L'objectif de ce travail est de répondre à cette question, en étudiant différentes pistes d'agrégation à partir des données de surveillance disponibles.

Quatre critères d'agrégation ont été testés sur 2 séries de données collectées entre 2004 et 2014 : OAO, moyenne, méthode mixte entre OAO et moyenne et une méthode prenant en compte une valeur d'incertitude au niveau du seuil « Bon-Moyen ». L'approche OAO, bien que compréhensible par toutes les parties prenantes et facile d'application, est trop stricte. Sans analyses fines du contexte des résultats, elle peut conduire à des prises de mesure disproportionnées et pour lesquelles les améliorations ne seront perceptibles qu'à très long terme. La moyenne équipondérée n'est pas non plus satisfaisante, car son application conduit souvent à masquer les problèmes. L'approche mixte apparaît la méthode la plus nuancée, car elle moyenne les éléments d'habitat naturel, puis applique la méthode plus stricte de l'OAO sur un paramètre caractéristique d'un milieu eutrophisé. La dernière méthode a le mérite de prendre en considération la question de l'incertitude autour du seuil des classes de qualité, cependant l'échantillon dont nous disposions était limité et ne nous a pas permis une analyse de sa pertinence. Il s'agit d'une première approche qui nécessite des réflexions plus approfondies, en attendant de disposer de valeurs d'incertitude. De plus, il convient de soumettre ces résultats au jugement des experts thématiques.

La littérature, bien qu'abondante sur la question de l'agrégation, ne met pas en évidence de méthode de référence. La question de l'agrégation reste une question ouverte, qui verra de nouveaux développements avec la mise en œuvre de la DCSMM et la nécessité d'intégrer de nombreux composants de l'écosystème marin pour l'évaluation du bon état écologique des régions et sous-régions marines.

TITRE : Agrégation des sous-éléments de qualité de l'élément de qualité « Flore autre que phytoplancton »

AUTEURE : LAURENCE MIOSSEC

1. Introduction

La classification de l'état écologique des eaux de transition et des eaux côtières est caractérisée par des éléments biologiques, chimiques et physico-chimiques et hydromorphologiques. Les paramètres biologiques ou éléments de qualité biologiques (EQB) constituent la base de cette évaluation. Pour les eaux côtières les EQB impliqués sont le phytoplancton, la flore autre que phytoplancton et les invertébrés, auxquels s'ajoute l'EQB poissons pour les eaux de transition.

La règle d'agrégation des éléments de qualité (EQB) dans la classification de l'état écologique est rappelée dans l'arrêté du 27 juillet 2015. Le principe est basé sur l'élément de qualité le plus déclassant. La guidance EU n°13 (2003) précise les règles d'agrégation. Si plusieurs paramètres d'un élément de qualité biologique (EQB) sont sensibles à la même pression ou au même groupe de pressions, les résultats de ces paramètres peuvent être combinés (par exemple, en moyennant les résultats) pour exprimer la qualité de l'EQB, comme présenté pour le phytobenthos dans la figure 1. Par contre, s'ils sont sensibles à des pressions différentes, c'est la règle du plus déclassant (le « One Out All Out » ou OOA) qui s'applique (exemple Macroinvertébrés de la figure 1).

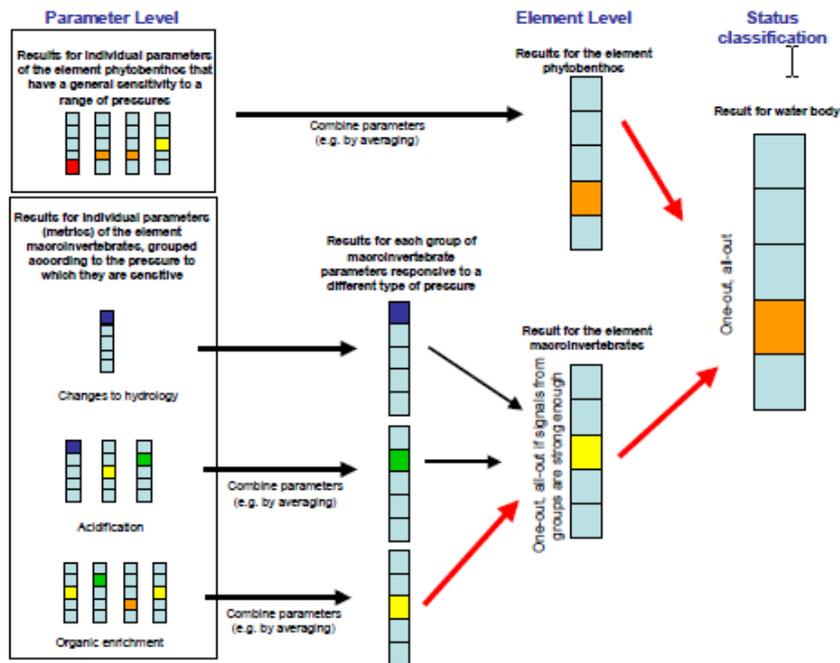


Figure 1 : Règles d'agrégation entre paramètres pour estimer le classement d'une masse d'eau au sein d'un élément de qualité biologique DCE et entre éléments de qualité biologique.

Pour la façade Manche Atlantique, la flore autre que phytoplancton est caractérisée par les macroalgues intertidales, subtidales, les herbiers de zostères et les blooms opportunistes en eaux côtières. Ceux-ci seront appelés sous-EQB dans la suite de ce document. En eaux de transition, on trouve les mêmes critères à l'exception des macroalgues subtidales. En Méditerranée, 2 critères sont retenus pour les masses d'eaux côtières (MEC), les macroalgues de la zone médiolittorale avec l'indice CARLIT et les herbiers à posidonies. Dans les masses d'eaux de transition (MET), ici les lagunes, un seul critère est pris en compte ; il intègre les macroalgues et les phanérogames.

En Méditerranée, le principe du plus déclassant a été retenu pour exprimer l'état de la qualité des eaux côtières pour l'indicateur « Flore autre que phytoplancton » ; en MET, l'indicateur retenu intègre dès son calcul les 2 paramètres. En Manche-Atlantique, la question de l'agrégation s'est posée pour les paramètres surveillés en eaux côtières uniquement, car actuellement tous les indicateurs de l'EQB « Flore autre que phytoplancton » ne sont pas encore appliqués en surveillance des eaux de transition.

L'objectif de ce travail est de répondre à cette question, en étudiant différentes pistes d'agrégation à partir des données de surveillance disponibles.

2. Matériels et méthodes

Ce travail a fait l'objet de 2 études. La première était à l'initiative de la direction de l'Eau et de la Biodiversité (DEB) du ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (MEDDE). La seconde a été réalisée pour approfondir les premiers résultats obtenus.

2.1. Etude 2014

Nous avons travaillé à partir des EQR (Ecological Quality Ratios) des sous-éléments de qualité d'intérêt, macroalgues intertidales, macroalgues subtidales, blooms opportunistes et zostères, calculés par les experts thématiques et saisis dans la base ACCESS Pression/Impact (Buchet et Guégan, 2012). La période d'échantillonnage est variable suivant les sous-EQB : 2007-2012 pour les macroalgues intertidales, 2007-2010 pour les macroalgues subtidales, 2004-2011 pour les blooms opportunistes et 2007-2009 pour les zostères. L'extraction des données a été effectuée le 17 décembre 2013.

Pour chaque sous-EQB, une moyenne arithmétique des EQR a été calculée par masse d'eau littorale.

Quatre critères d'agrégation ont été testés dans les MEC échantillonnées :

- Le plus déclassant (One Out All Out) sur la base des sous-EQB présents, quel qu'en soit le nombre ;
 - La moyenne arithmétique équipondérée des EQR quel que soit le nombre de sous-EQB présents
 - Une méthode mixte entre la moyenne et le OOA à partir de la moyenne des EQR macroalgues (intertidales et subtidales) et zostères, puis le plus déclassant entre cette moyenne et l'EQR Blooms opportunistes. Cette méthode a été appliquée uniquement si les 4 sous-EQB étaient présents dans la masse d'eau ;
 - Le $\frac{1}{4}$ de classe, méthode proposée pour les eaux douces. La règle d'application impose 2 conditions simultanées :
 - la présence d'au moins 3 sous-EQB dans la masse d'eau évaluée
- et
- tous les EQR sont en « Bon » ou « Très Bon » sauf un classé en « Moyen » avec une valeur d'EQR à moins d'un quart de classe de la limite « B ».

Si ces 2 conditions sont réunies, on applique les seuils du tableau 4. Cela conduit à basculer le sous-EQB, initialement classé en « Moyen », en « Bon » ; au final la ME est classée en « Bon ».

Les valeurs seuils utilisées sont les suivantes (code couleur Bleu=Très bon, vert=Bon, jaune=Moyen, orange=Médiocre, rouge=Mauvais) :

- Pour le plus déclassant, il s'agit des valeurs définies dans le guide relatif aux règles de l'état des eaux littorales (Anon., 2013).

Tableau 1 : Seuils de qualité pour les différents sous-EQB de l'élément de qualité « Flore autre que phytoplancton »

Macroalgues intertidales	1 - 0,80	0,79 - 0,60	0,59 - 0,40	0,39 - 0,20	0,19 - 0
Macroalgues subtidales	[1 - 0,85]	]0,85 - 0,65]	]0,65 - 0,45]	]0,45 - 0,25]	]0,25 - 0]
Blooms opportunistes	[1 - 0,8[	]0,8 - 0,6[	]0,6 - 0,4[	]0,4 - 0,2[	]0,2 - 0]
Angiospermes	[1 - 0,80]	]0,79 - 0,6]	]0,59 - 0,4]	]0,39 - 0,2]	]0,19 - 0]

- Pour la moyenne des sous-EQR, moyenne des macrophytes, c'est le tableau 2.

Tableau 2 : Seuils de qualité pour l'élément de qualité « Flore autre que phytoplancton »

EQR moyen macrophytes	[1 - 0,81]]0,81 - 0,61]]0,61 - 0,41]]0,41 - 0,21]]0,21 - 0]
-----------------------	------------	---------------	---------------	---------------	------------

- Pour la méthode mixte, l'EQR « Macroalgues/zostères (tableau 3) :

Tableau 3 : Seuils de qualité moyens pour l'ensemble « macroalgues intertidales/subtidales et zostères »

EQR moyen "MacInt-MacSub-Zost"	[1 - 0,82]]0,82 - 0,62]]0,62 - 0,42]]0,42 - 0,22]]0,22 - 0]
--------------------------------	------------	---------------	---------------	---------------	------------

- Pour la méthode du ¼ de classe (tableau 4) :

Tableau 4 : Seuils de qualité ajustés pour appliquer la méthode du ¼ de classe

Macroalgues intertidales	1 - 0,80	0,79 - 0,54	0,53 - 0,40	0,39 - 0,20	0,19 - 0
Macroalgues subtidales	[1 - 0,85]	]0,85 - 0,60]	]0,60 - 0,45]	]0,45 - 0,25]	]0,25 - 0]
Blooms opportunistes	[1 - 0,8[	]0,8 - 0,55[	]0,55 - 0,40]	]0,4 - 0,2[	]0,2 - 0]
Angiospermes	[1 - 0,80]	]0,79 - 0,54]	]0,54 - 0,40]	]0,39 - 0,2]	]0,19 - 0]

2.2. Etude 2015

Une mise à jour des données utilisées initialement a été réalisée, en contactant les responsables de façade Ifremer, et les experts thématiques si nécessaire. De plus l'année 2014 a été renseignée. Pour l'exploitation, nous avons retenu les données couvrant la période 2009-2014 pour tous les sous-EQB. Cette période correspond aux 6 ans d'un plan de gestion.

Comme précédemment nous avons travaillé sur les EQR de chaque sous-

EQB, en moyennant les résultats par masse d'eau sur la période d'étude. Les mêmes critères d'agrégation que ceux testés en 2014 ont été appliqués pour cette seconde étude.

3. Résultats

3.1. Etude 2014

Au total, 83 masses d'eau côtières (MEC) ont été étudiées parmi lesquelles 47 MEC présentaient des résultats pour un seul sous-EQB, 14 MEC pour 2 sous-EQB, 13 MEC pour 3 sous-EQB et 9 MEC pour 4 sous-EQB. Au final, nous avons pu tester nos différents critères d'agrégation sur :

- 36 MEC pour « le plus déclassant » et la « moyenne des macrophytes » (tableau 5),
- 9 MEC pour « le plus déclassant » et la « moyenne des macrophytes » et la « méthode mixte » (tableau 6),
- 2 MEC pour « le plus déclassant » et la « moyenne des macrophytes » et la « ¼ de classe » (tableau 7),
- 1 MEC pour « le plus déclassant », la « moyenne des macrophytes », la « méthode mixte » et le « ¼ de classe » (tableau 8).

Tableau 5 : Qualification des masses d'eau côtières (n=36) en fonction de la méthode OAO et la moyenne (étude 2014)

Méthodes - étude 2014					
OAO	4	17	5	8	2
Moyenne	16	13	6	1	0

Tableau 6 : Qualification des masses d'eau côtières (n=9) en fonction de la méthode OAO, la moyenne et la méthode mixte (étude 2014)

Méthodes - étude 2014					
OAO	1	3	4	1	0
Moyenne	5	4	0	0	0
Mixte	2	4	3	0	0

Tableau 7 : Qualification des masses d'eau côtières (n=2) en fonction de la méthode OOA0, la moyenne et la méthode ¼ de classe (étude 2014)

Méthodes - étude 2014					
OOAO	0	0	2	0	0
Moyenne	1	1	0	0	0
¼ de classe	0	2	0	0	0

Tableau 8 : Qualification des masses d'eau côtières (n=1) en fonction de la méthode OOA0, la moyenne, la méthode mixte et la méthode ¼ de classe (étude 2014)

Méthodes - étude 2014					
OOAO	0	0	1	0	0
Moyenne	1	0	0	0	0
Mixte	0	0	1	0	0
¼ de classe	0	1	0	0	0

Sur les 4 méthodes testées, les résultats montrent que la méthode du Plus déclassant (OOAO) est la plus pénalisante (tableaux 5, 6, 7 et 8). C'est la méthode recommandée pour la DCE lorsque les EQB sont soumis à des pressions différentes. Très stricte, elle suit le principe de précaution. Elle est sans nuance et donne un poids équivalent à chacun des EQB. C'est aussi la méthode la plus protectrice pour l'environnement. Cependant, elle nécessite la mise en place de mesures conséquentes sur l'ensemble des pressions concernées pour mettre en évidence une amélioration de la qualité des eaux côtières.

La seconde méthode concerne la moyenne équipondérée (tableaux 6, 7 et 8). Elle est simple d'application et facile à expliquer aux parties prenantes. Elle a le mérite de synthétiser les résultats mais en les nivelant. Elle ne doit s'appliquer que si les pressions sont identiques. Les EQB que nous avons testés répondent pour partie seulement à des pressions analogues (Buchet, 2012). Dans certains cas (tableau a, annexe 1), les résultats peuvent être considérés comme non représentatifs de la qualité réelle de la masse d'eau. La MEC « Ouest Cotentin », déclassée par les macroalgues subtidales (classe « médiocre ») et les zostères (classe « Moyenne ») se retrouve en classe « Bonne » ; le fond de la baie de St Briec, impacté par des blooms opportunistes (classe « Médiocre ») se retrouve en bonne qualité ; la baie de Concarneau, également déclassée par les macroalgues subtidales passe de « médiocre » à « bon ».

La troisième méthode est une méthode combinant successivement moyenne équipondérée puis « Le plus déclassant » (tableaux 6 et 8). La moyenne est réalisée sur les macroalgues intertidales et subtidales et sur les zostères, correspondant à des habitats naturels. Puis la méthode du OOA0 est appliquée entre cette moyenne et l'EQR Blooms opportunistes, signature d'un déséquilibre du milieu littoral. Cette méthode ne s'applique que si les 4 EQB

sont présents simultanément dans la masse d'eau. Neuf masses d'eau répondaient aux critères imposés par cette méthode. Celle-ci présente des résultats au final assez cohérents avec la qualité proposée par chaque EQB (tableau c, annexe 1), avec une réserve cependant pour la Baie de Morlaix dont le résultat final (classe « bon ») ne reflète pas la qualité médiocre de la masse d'eau pour les macroalgues subtidales.

La 4^{ème} méthode testée prend en considération le risque d'erreur de classement d'une masse d'eau en Bon Etat, classée en Etat Moyen du fait de l'incertitude autour du résultat de l'évaluation (tableau 7). Celle-ci correspond en partie à la variabilité attachée au processus d'acquisition de la donnée. Pour pallier ce problème, nous avons intégré une marge d'incertitude entre les classes de l'état biologique « Bon » et « Moyen », dont la valeur est fixée au ¼ de classe supérieur de l'état « Moyen ». Cependant, la règle d'application impose 2 conditions simultanées, la présence d'au moins 3 sous-EQB dans la masse d'eau évaluée et le classement de tous les EQR en « Bon » ou « Très Bon » sauf un EQR classé en « Moyen » avec une valeur à moins d'un quart de classe de la limite « B ». Seules deux masses d'eau répondaient à cette condition (tableau c, annexe 1). Les résultats conduisent à requalifier ces masses d'eau en « Bon », malgré une qualité moyenne respectivement pour les macroalgues subtidales pour la baie des Veys et pour la présence de blooms opportunistes pour la masse d'eau Rance-Fresnaye.

Ces résultats ont été présentés aux experts thématiques de chaque sous-EQB (Sandrine Derrien, MNHN, pour les macroalgues subtidales, Erwan Ar Gall, UBO, pour les macroalgues intertidales, Nadège Rossi, CEVA, pour les blooms opportunistes et Hélène Oger-Jeanneret et Isabelle Auby, Ifremer, pour les zostères). Ceux-ci s'accordent pour juger la méthode du plus déclassant trop pénalisante et soulignent que la méthode mixte peut constituer un bon compromis. Cependant, les exemples de classement des ME portant sur les différentes formules sont en trop petit nombre pour permettre une analyse approfondie.

3.2. Etude 2015

Au total, 58 masses d'eau côtières (MEC) ont été étudiées parmi lesquelles 20 MEC présentaient des résultats pour un seul sous-EQB, 16 MEC pour 2 sous-EQB, 15 MEC pour 3 sous-EQB et 7 MEC pour 4 sous-EQB. Au final, nous avons pu tester nos différents critères d'agrégation sur :

- 38 MEC pour « le plus déclassant » et la « moyenne des macrophytes » (tableau 9),
- 7 MEC pour « le plus déclassant » et la « moyenne des macrophytes » et la « méthode mixte » (tableau 10),
- Aucune MEC ne présentait le critère « ¼ de classe », les 2 autres conditions n'ont pu être testées.

Tableau 9 : Qualification des masses d'eau côtières (n=38) en fonction de la méthode OOAO et la moyenne (étude 2015)

Méthodes Etude 2015					
OOAO	5	21	3	8	1
Moyenne	12	20	5	1	0

Tableau 10 : Qualification des masses d'eau côtières (n=7) en fonction de la méthode OOAO, la moyenne et la méthode mixte (étude 2015)

Méthodes Etude 2015					
OOAO	1	4	2	0	0
Moyenne	3	4	0	0	0
Mixte	2	4	1	0	0

Les résultats de l'étude 2015 présentent des conclusions similaires à l'étude précédente. La méthode du « Plus Déclassant », très protectionniste, s'applique sans prise en compte de conditions particulières. La ME « Nord Sables d'Olonne » est ainsi classée en médiocre sur la période d'étude (tableau d, annexe 2), du fait d'un résultat très mauvais en 2010 concernant les macroalgues intertidales, or ce secteur avait été profondément modifié à la suite de la tempête Xynthia des 27-28 février 2010 (S. Derrien, com. pers.). Seules les macroalgues subtidales avaient été affectées, les macroalgues intertidales étaient classées en « Bon », les blooms en « Très Bon ». Dans ce cas, la moyenne équipondérant modère ce classement, en qualifiant la ME en « Bon ».

La méthode mixte a été testée sur 7 masses d'eau (tableau 10 et annexe 2, tableau e). Les résultats sont assez similaires entre les 3 méthodes testées sauf pour deux masses d'eau « Ouest Cotentin » et « Golfe du Morbihan ». La première déclassée en jaune par les macroalgues intertidales et les zostères, obtient finalement un classement « Bon » avec la méthode mixte, en l'absence de blooms opportunistes. Le Golfe du Morbihan, par contre, reste en jaune du fait de cette prolifération d'algues opportunistes.

Les résultats de ce deuxième exercice n'ont pas été soumis aux experts thématiques, faute de temps. Cependant, ils ne remettent pas en cause les conclusions du premier essai.

4. Discussion

Dans la directive Cadre Eau, l'évaluation de l'état écologique d'une masse d'eau est fondée sur le résultat de l'élément de qualité le plus déclassant. Cependant, le

Le texte laisse quelques libertés aux scientifiques, concernant l'agrégation des paramètres au sein de l'EQB ou bien celui entre les sous éléments de qualité. Dans l'exercice que nous avons présenté ici, nous avons testé 4 méthodes (OAOO, moyenne, mixte et $\frac{1}{4}$ de classe). Il nous paraît évident que l'approche OAOO, bien que compréhensible par toutes les parties prenantes et facile d'application, est trop stricte. Sans analyses fines du contexte des résultats, elle peut conduire à des prises de mesure disproportionnées et pour lesquelles les améliorations ne seront perceptibles qu'à très long terme. La moyenne équipondérée n'est pas non plus satisfaisante, car son application conduit souvent à masquer les problèmes. L'approche mixte nous apparaît la méthode la plus nuancée, car elle moyenne les éléments d'habitat naturel, puis applique la méthode plus stricte de l'OAOO sur un paramètre caractéristique d'un milieu eutrophisé. La dernière méthode a le mérite de prendre en considération la question de l'incertitude autour du seuil des classes de qualité, cependant l'échantillon dont nous disposions était limité et ne nous a pas permis une analyse de sa pertinence. Il s'agit d'une première approche qui nécessite des réflexions plus approfondies, en attendant de disposer de valeurs d'incertitude.

Le travail que nous avons réalisé est un premier exercice, fondé sur des jeux de données facilement accessibles mais restreints, ce qui limite la robustesse de l'exercice. Comme l'imposait la directive nous avons réalisé l'évaluation à l'échelle de la masse d'eau, ce qui supposait que les points d'échantillonnage étaient judicieusement choisis et en quantité suffisante pour donner une image représentative de la qualité de la masse d'eau. L'échelle temporelle choisie était celle du plan de gestion DCE (6 ans) qui lisse les variations interannuelles. Or, les prélèvements et observations du plan de surveillance n'ont pas été réalisés au cours de la même année pour les sous-EQB considérés. Ce protocole a pu affecter les résultats car certains sous-EQB sont très sensibles aux variations inter-annuelles des conditions environnementales, concernant aussi bien les pressions anthropiques qui les impactent que les conditions naturelles. Cela a constitué un biais. Depuis lors, le plan d'échantillonnage a été optimisé, notamment concernant la fréquence de suivi des macroalgues subtidales et son maintien dans certaines masses d'eau. Les évaluations à venir seront de ce fait plus pertinentes. Enfin, il convient de préciser que la finalité de ce travail est essentiellement technique et n'intègre pas la dimension du gestionnaire.

La littérature concernant les méthodes d'agrégation des variables caractérisant la qualité du milieu marin est largement développée et discutée. Sans vouloir être exhaustifs, nous citons par exemple les publications de Borja et Rodriguez (2010), Ojaveer et Eero (2011), Caroni *et al.* (2013) et Prato *et al.* (2014). Barnard et Strong ont réalisé une synthèse sur le sujet en 2014. Ils ont relevé différentes méthodes développées dans la littérature scientifique. Parmi celles-ci, on trouve la méthode du plus déclassant (OAOO, avec ou sans hiérarchisation), sur le même principe le Two Out All Out, l'arbre de décision, la moyenne (arithmétique ou géométrique, pondérée et non pondérée, avec ou sans approche hiérarchique), l'indice multi-métrique et l'analyse multi-variée. Les auteurs ont souligné les avantages et les inconvénients de chacune d'entre elles. Les méthodes qualitatives, basées sur des règles conditionnelles, sont le plus souvent

compréhensibles et simples d'application, cependant elles sont réductrices et présentent de nombreux biais. Les méthodes quantitatives sont plus robustes mais nécessitent des données en qualité et quantité ; leur application reste limitée quand on ne dispose pas de séries temporelles. Aucune méthode d'agrégation ne satisfait à la fois la démarche et la rigueur scientifique ainsi que les attentes du gestionnaire.

La question de l'agrégation reste une question ouverte. Elle génère de nouveaux développements avec la mise en œuvre de la DCSMM et la nécessité d'intégrer de nombreux composants de l'écosystème marin pour l'évaluation du bon état écologique des régions et sous-régions marines européennes (Halpern et *al.*, 2012, Borja et *al.*, 2013, 2014, 2016).

5. Conclusion

Le travail que nous venons d'exposer sur l'agrégation, nécessite des développements complémentaires sur la base de jeux de données plus conséquents. Cependant, il n'existe pas actuellement de méthode clé-en-main, robuste, simple et rapide et, pour chaque méthode testée, il convient d'analyser les résultats au travers de l'expertise des scientifiques. Notre approche était essentiellement technique et n'a pas pris en compte la dimension du gestionnaire qui relève d'un autre mécanisme.

6. Bibliographie

Anonyme. 2013. Guide relative aux règles d'évaluation de l'état des eaux littorales (eaux côtières et eaux de transition) en vue de la mise à jour des états des lieux. Document MEDDE/DGAL N/DEB/LM1, février 2013, 128 pages.

Barnard S. and Strong J. 2014. Reviewing, refining and identifying optimum aggregation methods for undertaking optimum aggregation methods for undertaking marine biodiversity status assessment. JNCC Report N°536. The Institute of Estuarine and Coastal Studies, University of Hull report for JNCC Peterborough, 94 pages.

Borja, Á., and Rodríguez, J.G. 2010. Problems associated with the 'one-out, all-out' principle, when using multiple ecosystem components in assessing the ecological status of marine waters. *Mar. Pollut. Bull.* 60,1143–1146.

Borja, A., Elliott, M., Andersen, J.H., Cardoso, A.C., Carstensen, J., Ferreira, J.G., et al. 2013. Good Environmental Status of marine ecosystems: what is it and how do we know when we have attained it? *Mar. Pollut. Bull.* 76,16–27.

Borja, A., Prins, T., Simboura, N., Andersen, J.H., Berg, T., Marques, J.C., et al.

2014. Tales from a thousand and one ways to integrate marine ecosystem components when assessing the environmental status. *Front. Mar. Sci.* 1:72.

Borja A., M. Elliot, J. H. Andersen, T. Berg, J. Carstensen, B. S. Halpern, A.-S. Heiskanen, S. Korpinen, J. S. Stewart Lowndes, G. Martin and N. Rodriguez-Ezpeleta. 2016. Overview of integrative assessment of marine systems: the ecosystem approach in practice. *Front. Mar. Sci.*, vol.3, article 20, 20 pages.

Buchet, R., 2012. Directive Cadre sur l'Eau : les pressions anthropiques et leur impact sur les indicateurs de l'état écologique des masses d'eau littorales de la façade Manche-Atlantique - Synthèse bibliographique - Rapport Onema, convention 2012. 153 pages.

Buchet, R., Guégan, C., 2012. Directive Cadre sur l'Eau : les pressions anthropiques et leur impact sur les indicateurs de l'état écologique des masses d'eau littorales de la façade Manche-Atlantique. Développement d'une base de données quantitatives sur les pressions anthropiques littorales. Rapport Onema convention 2012, 144 p.

Caroni R., W. Van de Bund, R. T. Clarke, R. K. Johnson. 2009. Combination of multiple biological quality elements into water body assessment of surface waters *Hydrobiologia* (2013) 704:437–451.

Halpern, B.S., Longo, C., Hardy, D., McLeod, K.L., Samhouri, J.F., Katona, S. K., et al. 2012. An index to assess the health and benefits of the global ocean. *Nature* 488, 615–620.

Nõges P, W. Van de Bund, A. C. Cardoso, A. G. Solimini and A.-S. Heiskanen. 2009. Assessment of the ecological status of European surface waters: a work in progress. *Hydrobiologia* (2009) 633:197–211.

Ojaveer, H., and Eero, M. 2011. Methodological challenges in assessing the environmental status of a marine ecosystem: case study of the Baltic Sea. *PLoS ONE* 6:e19231.

Prato, S., P. La Valle, E. De Luca, L. Lattanzi, G. Migliore, J.G. Morgana, C. Munari, L. Nicoletti, G. Izzo, M. Mistri. 2014. The “one-out, all-out” principle entails the risk of imposing unnecessary restoration costs: A study case in two Mediterranean coastal lakes. *Mar. Pollut. Bull.* 80, 30-40.

7. Annexes

Annexe 1 : Résultats complets de l'étude 2014

Tableau a : masses d'eau côtières concernées par la comparaison des méthodes OAOO et Moyennes

Masses d'eau côtières Etude 2013-2014	MACI	MACS	Blooms	Zostères	Méthode du plus déclassant	Moyenne équipondérée tous les sous-EQR présents
Cap Griz nez a Slack	0,65	0,05				0,35
Pays de Caux Sud	0,64	0,26				0,45
Cote de Nacre Est	0,60	0,71	0,33			0,55
Baie des Veys	0,65	0,62	0,78			0,68
Anse de Saint-Vaast la Hougue	0,67	0,68	0,97			0,77
Cap Levy - Gatteville	0,64		0,79			0,72
Cap de Carteret - Cap de la Hague	0,59	0,62	0,99			0,73
Ouest Cotentin	0,56	0,39	0,98	0,57		0,62
Archipel Chausey	0,69	0,96		0,96		0,87
Rance - Fresnaye	0,78	1,01	0,56	1,00		0,84
Fond Baie de Saint-Brieuc		1,04	0,24			0,64
Paimpol - Perros-Guirec	0,87	0,87	0,65	1,00		0,85
	0,81	0,90		1,00		0,90
Baie de Lannion	0,80	0,55	0,20			0,52
Baie de Morlaix	0,83	0,52	0,72	1,00		0,77
Les Abers (large)	0,93	0,99	0,86	0,65		0,86
Rade de Brest	0,83	0,93	0,71	0,75		0,81
Iroise (large)	0,87	1,03	1,00			0,97
Baie de Douarnenez		0,85	0,23			0,54
Baie d'Audierne		0,77	0,91			0,84
Concarneau (large)	0,82	0,95	0,88	1,00		0,91
Baie de Concarneau	0,93	0,38				0,66
Lorient - Groix		0,96	0,67			0,82
Baie d'Etel		1,00	0,64			0,82
Baie de Quiberon	0,80		0,99			0,89
Golfe du Morbihan (large)		0,77	0,96			0,87
Golfe du Morbihan	0,79	0,81	0,52	0,97		0,77
Belle-Ile		0,66	0,99			0,83
Baie de Vilaine (côte)		0,40	0,76			0,58
Baie de Vilaine (large)	0,78	0,68	0,84			0,77
Loire (large)	0,73	0,99	0,93			0,88
Ile d'Yeu	0,63	0,72	0,65			0,67
Baie de Bourgneuf	0,67		0,91	1,00		0,86
Nord Sables-d'Olonne	0,63	0,00	0,97			0,53
Pertuis Breton	0,74	0,97	0,71	0,84		0,81
Côte Basque	0,67	0,81				0,74

Masses d'eau côtières Etude 2013-2014	MACI	MACS	Blooms	Zostères	Méthode du plus déclassant	Moyenne équipondérée tous les sous-EQR présents	Méthode mixte (moyenne macrophytes + OAOO)		
							Moyenne Macrophytes	Blooms	Résultat
Ouest Cotentin	0,56	0,39	0,98	0,57		0,62	0,51	0,98	
Rance - Fresnaye	0,78	1,01	0,56	1,00		0,84	0,93	0,56	
Paimpol - Perros-Guirec	0,87	0,87	0,65	1,00		0,85	0,91	0,65	
Baie de Morlaix	0,83	0,52	0,72	1,00		0,77	0,78	0,72	
Les Abers (large)	0,93	0,99	0,86	0,65		0,86	0,86	0,86	
Rade de Brest	0,83	0,93	0,71	0,75		0,81	0,84	0,71	
Concarneau (large)	0,82	0,95	0,88	1,00		0,91	0,92	0,88	
Golfe du Morbihan	0,79	0,81	0,52	0,97		0,77	0,86	0,52	
Pertuis Breton	0,74	0,97	0,71	0,84		0,81	0,84	0,71	

Tableau b : Masses d'eau côtières concernées par la comparaison des méthodes OAOO, Moyennes et Mixte

Tableau c : Masses d'eau côtières concernées par la comparaison des méthodes OAOO, Moyennes, ¼ de classe et Mixte

Masses d'eau côtières Etude 2014	MACI	MACS	Blooms	Zostères	Méthode du plus déclassant	Moyenne équipondérée tous les sous- EQR présents	Méthode 1/4 de classe (application de la méthode 1/4 de classe puis OAOO)					Méthode mixte (moyenne macrophytes + OAOO)		
							MACI	MACS	Blooms	Zostères	Résultats	Moyenne Macrophytes	Blooms	Résultat
Baie des Veys	0,65	0,62	0,78			0,68	0,65	0,62	0,78					
Rance - Fresnaye	0,78	1,01	0,56	1,00		0,84	0,78	1,01	0,56	1,00		0,93	0,56	

Annexe 2 : Résultats complets de l'étude 2015

Tableau d : Masses d'eau côtières concernées par la comparaison des méthodes OAOO et Moyennes

Masses d'eau côtières Etude 2015	MACI	MACS	Blooms	Zostères	Méthode du plus déclassant	Moyenne équipondérée tous les sous-EQR présents
Cap Griz nez a Slack	0,64	0,41				0,52
Cote de Nacre Est	0,61	0,58	0,29			0,49
Baie des Veys	0,64		0,78			0,71
Anse de Saint-Vaast la Hougue	0,69	0,44	0,95			0,69
Cap Levy - Gatteville	0,61	0,67	0,81			0,70
Cap de Carteret - Cap de la Hague	0,67	0,76	1,00			0,81
Ouest Cotentin	0,56	1,00	0,98	0,58		0,78
Archipel Chausey	0,69	0,75		0,76		0,73
Rance - Fresnaye	0,80	0,91	0,91	0,67		0,82
Fond Baie de Saint-Brieuc		0,91	0,36			0,63
Paimpol - Perros-Guirec	0,88		0,66	0,74		0,76
Perros-Guirec (large)	0,85	0,89		0,93		0,89
Perros-Guirec - Morlaix (large)			0,89	0,62		0,76
Baie de Lannion	0,80	0,46	0,19			0,48
Baie de Morlaix	0,80	0,67	0,78	0,72		0,74
Leon- Tregor (large)	0,80		0,46			0,63
Les Abers (large)		1,07	0,92	0,65		0,88
Rade de Brest	0,82	0,88	0,70	0,72		0,78
Iroise (large)	0,89	1,02		0,80		0,90
Baie de Douarnenez	0,76		0,26			0,51
Baie d'Audierne	0,78		0,93			0,86
Concarneau (large)	0,83	0,90	0,87	0,89		0,87
Baie de Concarneau			0,35	0,72		0,54
Laita - Pouldu	0,81		0,69			0,75
Baie de Quiberon	0,80		0,98			0,89
Golfe du Morbihan	0,76	0,79	0,52	0,80		0,72
Belle-Ile		0,68	0,97			0,82
Baie de Vilaine (cote)	0,79	0,40	0,77			0,65
Baie de Vilaine (large)	0,78	0,95	0,85			0,86
Loire (large)	0,78	0,63	0,87			0,76
Ile d'Yeu	0,76		0,73			0,74
Baie de Bourgneuf	0,62		0,93	0,89		0,81
Nord Sables-d'Olonne	0,68	0,32	0,98			0,66
Pertuis Breton	0,78	0,97	0,82	0,84		0,85
Côte Nord-Est de l'île d'Oléron	0,71		0,67			0,69
Pertuis Charentais			1,00	0,96		0,98
Lac d'Hossegor			0,62	0,72		0,67
Côte Basque	0,70	0,76				0,73

Tableau e : Masses d'eau côtières concernées par la comparaison des méthodes OAOO, Moyennes et Mixtes.

Masses d'eau côtières Etude 2015	MACI	MACS	Blooms	Zostères	Méthode du plus déclassant	Méthode Moyenne équipondérée tous les sous-EQR présents	Méthode Mixte	
							Moyenne équipondérée tous les sous-EQR MACI et S et zostères	+ bloom (OOAO)
Ouest Cotentin	0,56	1,00	0,98	0,58		0,78	0,71	
Rance - Fresnaye	0,80	0,91	0,91	0,67		0,82	0,79	
Baie de Morlaix	0,80	0,67	0,78	0,72		0,74	0,73	
Rade de Brest	0,82	0,88	0,70	0,72		0,78	0,81	
Concarneau (large)	0,83	0,90	0,87	0,89		0,87	0,87	
Golfe du Morbihan	0,76	0,79	0,52	0,80		0,72	0,78	
Pertuis Breton	0,78	0,97	0,82	0,84		0,85	0,86	

Onema
Hall C – Le Nadar
5 square Félix Nadar
94300 Vincennes
01 45 14 36 00
www.onema.fr

Ifremer
Rue de l'Île d'Yeu
BP 21105
44311 Nantes Cedex 3
02 40 37 40 00
www.ifremer.fr

MIOSSEC L. Agrégation des sous-éléments de qualité de l'élément de qualité « Flore autre que phytoplancton ».