

Décembre 2010 - RST/LER/MPL/10-15

Isabelle Auby (Ifremer LER Arcachon), Hélène Oger-Jeanneret (Ifremer LER-MPL-Nantes) et Pierre-Guy Sauriau (LIENSs Université de La Rochelle, CNRS), coordination

Christian Hily (LEMAR Université de Bretagne Occidentale, CNRS)
Laurent Barillé (Université de Nantes)

Participants :

Touria Bajjouk (Ifremer, DYNECO)
Anne Laure Barillé, Nicolas Harin (BIO-LITTORAL Nantes)
Cécile Curti, Pauline Cajeri (LIENSs Université de La Rochelle)
Jérôme Fournier, Thibaut Nebout, Laurent Godet (CRESCO MNHN Dinard)
Guillaume Gélinaud (Réserve Naturelle des marais de Séné)
Daniel Gerla, Patrick Le Mao, Claire Rollet (CRESCO Ifremer LER-FBN- Dinard)
Pierre-Jean Labourg (Université Bordeaux 1)
Virginie Lafon (G.E.O. Transfert, Université Bordeaux I)
Marion Maguer (LEMAR, Université de Bretagne Occidentale)
Roger Mahéo (Université de Vannes)
Xavier de Montaudouin (EPOC, Université Bordeaux 1)
Florence Sanchez, Marie-Noelle de Casamajor (Ifremer, LRHAQ – Anglet)
Gilles Trut, Martin Plus (Ifremer LER-Arcachon)

Ifremer

Angiospermes des côtes françaises Manche-Atlantique Propositions pour un indicateur DCE et premières estimations de la qualité



Angiospermes des côtes françaises Manche-
Atlantique
Propositions pour un indicateur DCE et premières
estimations de la qualité

sommaire

| | |
|---|-----------|
| Introduction | 7 |
| 1. Méthodes utilisées pour l'étude des herbiers de phanérogames marines des côtes Manche et Atlantique | 9 |
| 1.1. Suivi surfacique | 9 |
| 1.1.1. Méthodes herbiers intertidaux | 9 |
| 1.1.2. Méthodes herbiers subtidaux | 10 |
| 1.1.3. Les cartographies anciennes..... | 10 |
| 1.2. Suivi stationnel | 11 |
| 2. Les masses d'eau sur lesquelles les herbiers sont suivis au titre du contrôle de surveillance | 13 |
| 3. L'indicateur « angiosperme » | 17 |
| 3.1. Sites et conditions de référence | 17 |
| 3.2. Les métriques | 17 |
| 3.3. Composition taxinomique | 18 |
| 3.3.1. Positions britannique et néerlandaise..... | 18 |
| 3.3.2. Position française | 19 |
| 3.4. Extension de l'herbier | 20 |
| 3.4.1. Positions néerlandaise et britannique..... | 20 |
| 3.4.2. Position française | 21 |
| 3.5. Densité des herbiers | 25 |
| 3.5.1. Positions néerlandaise et britannique..... | 25 |
| 3.5.2. Position française | 26 |
| 3.5.3. Propositions d'évolution du protocole DCE pour le suivi des herbiers de zostères | 34 |
| 3.6. Combinaison des métriques pour définir le statut écologique | 35 |
| 4. Indicateur « angiospermes » par Masse d'eau | 37 |
| 4.1. Estuaire de la Bidassoa – FRFT08 | 37 |
| 4.2. Lac d'Hossegor - FRFC09 | 38 |
| 4.3. Arcachon amont - FRFC06 | 39 |
| 4.4. Pertuis Charentais - FRFC02 | 40 |
| 4.5. Pertuis Breton – FRGC53 | 41 |
| 4.6. Baie de Bourgneuf - FRGC48 | 42 |
| 4.7. Golfe du Morbihan - FRGC39 | 43 |
| 4.8. Concarneau (large) - FRGC28 | 44 |
| 4.9. Iroise (large) - FRGC18 | 45 |
| 4.10. Rade de Brest - FRGC16 | 46 |
| 4.11. Les Abers (large) - FRGC13 | 47 |
| 4.12. Baie de Morlaix - FRGC11 | 48 |

sommaire

| | |
|---|-----------|
| 4.13. Perros-Guirec (large) - FRGC08..... | 49 |
| 4.14. Paimpol - Perros Guirec - FRGC07..... | 50 |
| 4.15. Rance - Fresnaye - FRGC03..... | 51 |
| 4.16. Archipel Chausey - FRHC01..... | 52 |
| 4.17. Ouest Cotentin - FRHC03..... | 53 |
| 5. Bilan de l'indicateur « angiospermes » dans les masses d'eau du littoral Manche-Atlantique selon la proposition de grille française (masses d'eau suivies au titre du contrôle de surveillance DCE) | 54 |
| 6. Comparaison des résultats obtenus avec les grilles française et britannique sur les masses d'eau du littoral français Manche- Atlantique | 59 |
| Conclusion | 61 |
| Bibliographie..... | 63 |
| Annexe 1 : Protocoles actuels pour les suivis stationnels..... | 65 |

Introduction

La Directive Cadre sur l'Eau (DCE 2000/60/CE) du 23 octobre 2000 définit un cadre pour la gestion et la protection des eaux par grand bassin hydrographique au plan européen. Elle fixe un objectif de **bon état écologique et chimique** pour les eaux superficielles. La Directive s'appuie sur l'évaluation d'un certain nombre d'éléments de qualité, pour définir l'état global d'une masse d'eau.

L'état écologique des masses d'eau côtières et de transition est déterminé sur la base d'un certain nombre d'éléments biologiques de qualité qui sont : le phytoplancton, les macroalgues, les angiospermes, la faune benthique invertébrée et les poissons (ces derniers uniquement dans les eaux de transition).

Pour chacun de ces éléments de qualité, les experts doivent déterminer quels sont les paramètres pertinents à mesurer sur les populations ou les peuplements (métriques), comment les résultats obtenus à partir de ces métriques doivent être combinés entre eux pour refléter la qualité du milieu (calcul d'indices et d'indicateurs) et fixer sur des grilles les valeurs des bornes entre les différents états écologiques pour ce paramètre (très bon, bon, moyen, médiocre, mauvais) par rapport aux conditions de référence.

Ce rapport s'intéresse aux angiospermes, et plus particulièrement aux espèces marines adaptées à l'immersion permanente (« Seagrasses » des anglo-saxons, den Hartog, 1970).

En effet, parmi les angiospermes littorales, on distingue traditionnellement celles qui croissent sur le schorre, à des niveaux atteints simplement par les hautes mers de vives eaux et les tempêtes, de celles qui se développent en conditions d'immersion permanente ou très fréquente (dans l'infra littoral, la slikke ou les zones immergées des marais).

Dans le cadre de ce travail, nous nous sommes intéressés exclusivement au second de ces types, représenté principalement par le genre *Zostera*. Par ailleurs, ce rapport concerne exclusivement les zostères des côtes de la Manche et de l'Atlantique, la prise en compte dans la DCE des zostères présentes en Méditerranée, notamment en milieu lagunaire, faisant l'objet d'une autre démarche.

Ce travail fait le point sur l'avancée des réflexions françaises, en lien avec celles des néerlandais et des britanniques, à propos de l'indicateur de qualité « angiospermes » ; il notifie les méthodes utilisées pour étudier ces herbiers, recense les données disponibles et met en évidence les lacunes des connaissances. Il propose enfin propose un premier classement de qualité des masses d'eau pour lesquelles on dispose de suffisamment d'informations vis-à-vis de cet élément biologique, ainsi que des adaptations au protocole actuel.

1. Méthodes utilisées pour l'étude des herbiers de phanérogames marines des côtes Manche et Atlantique

Traditionnellement, on utilise deux types de descripteurs pour qualifier les herbiers de zostères :

- Extension des herbiers (emprise totale pour les herbiers homogènes, ou emprise de la surface végétalisée pour les herbiers fragmentés) ;
- Caractéristiques démographiques et biométriques des populations (biomasse aérienne et souterraine, densité, hauteur des pieds, ...).

Cette double stratégie a été retenue dans la démarche REBENT-Bretagne, qui a ensuite été étendue au reste du littoral Manche Atlantique dans le cadre de la DCE, avec deux types de suivis : un suivi surfacique et un suivi stationnel. Les règles édictées pour ces suivis DCE ont été définies (suivi stationnel) ou sont en cours d'harmonisation (suivi surfacique).

1.1. Suivi surfacique

NB : Une démarche d'harmonisation des méthodes de cartographie des herbiers de zostères de Manche et d'Atlantique, intertidales et subtidales, est en cours (action pilotée par Touria Bajjouk, Ifremer). Nous ne nous attarderons pas ici sur ces méthodes, qui sont succinctement décrites avec les références récentes relatives à la cartographie des herbiers de la zone qui nous intéresse.

Dans tous les cas, il est conseillé de réaliser les cartographies des herbiers à une époque de l'année où leur développement épigé est maximal (fin de l'été).

Pour l'instant, la fréquence retenue pour effectuer ces mesures est d'une fois tous les 6 ans (durée d'un plan de gestion).

1.1.1. Méthodes herbiers intertidaux

Deux types de situations existent : petits herbiers (jusqu'à quelques km²) et grands herbiers.

Le groupe d'experts, réuni en 2009 pour traiter cette question, considère qu'il est préférable de cartographier les **petits herbiers** en utilisant des observations terrain (cheminement avec un GPS), qui sont directement intégrées dans un SIG. Au cours du cheminement sur les herbiers, le taux de recouvrement peut être estimé sur les différents polygones. C'est cette démarche qui a été adoptée, par exemple, pour la cartographie récente des herbiers des masses d'eau « Estuaire de la Bidassoa » (Lissardy *et al.*, 2007) et « Lac d'Hossegor » (Trut *et al.*, 2009).

Les **grands herbiers** peuvent être cartographiés à partir d'imagerie satellitaire (Barillé *et al.*, 2010) ou d'orthophotographies aériennes (Godet *et al.*, 2008; Plus *et al.*, 2010),

mais, dans tous les cas, l'interprétation des résultats obtenus doit s'appuyer sur une vérité terrain, notamment pour les masses d'eau dans lesquelles des macroalgues (y compris celles fixées sur les huîtres) ou des îlots de spartines sont présentes (difficulté d'interprétation des images). Le risque de confusion lors de l'interprétation de l'imagerie est parfois important.

Les images destinées à cartographier les herbiers intertidaux doivent être acquises autour de la basse mer de marées de fort coefficient, la présence d'eau dans les bas niveaux des herbiers pouvant fausser l'interprétation (manuelle ou automatique) de ces parties d'images.

1.1.2. Méthodes herbiers subtidaux

Dans les zones où la transparence de l'eau le permet, les zostères marines subtidales peuvent être cartographiées à partir d'orthophotographies aériennes (Archipel des Glénan - Glémarec *et al.*, 1997 ; Archipel de Chausey – Godet *et al.*, 2008).

Dans le cas contraire, des méthodes indirectes doivent être utilisées :

- méthodes optiques, *via* des caméras vidéo remorquées
- méthodes acoustiques, *via* un sonar latéral et/ou un sondeur mono faisceau.

Ces méthodes, qui peuvent d'ailleurs être mises en œuvre en parallèle, sont décrites précisément dans la publication de Viala *et al.* (2009).

La cartographie des herbiers de *Zostera marina* subtidales du Bassin d'Arcachon a récemment été réalisée en utilisant le couplage de ces méthodes (Dalloyau *et al.*, 2009 ; Plus *et al.*, 2010).

1.1.3. Les cartographies anciennes

Plusieurs cas se présentent en ce qui concerne les cartographies anciennes :

- Certaines cartographies ont effectivement été réalisées dans le passé.

C'est le cas par exemple des herbiers de la Baie de Txingudi, du Bassin d'Arcachon, de l'île de Ré ou du Golfe du Morbihan. Ces cartographies s'appuyaient le plus souvent sur des photographies aériennes consolidées par des observations sur le terrain : observation directe pour les herbiers intertidaux, prélèvements à la benne pour les herbiers des zones subtidales.

- D'autres cartographies (d'herbiers intertidaux ou subtidaux dans les eaux peu turbides) ont été réalisées *a posteriori*, en utilisant des photographies aériennes ou des images satellitaires, et donc sans vérité terrain.

Parmi ce type d'études historiques, on peut citer les travaux menés sur l'archipel des Glénan par Glémarec *et al.* (1997) (Traitement des images issues de 10 campagnes de photographies aériennes réalisées entre 1932 et 1992) et sur l'archipel de Chausey par Godet *et al.* (2008) (traitement des images issues de 5 campagnes réalisées entre 1924 et 2002). Des travaux similaires ont été réalisés sur la Baie de Bourgneuf à partir d'images satellitaires par Barillé *et al.* (2010) (traitement de 6 images SPOT acquises entre 1991 et 2005).

1.2. Suivi stationnel

Le suivi stationnel des herbiers consiste à apprécier la « vitalité » des populations, notamment en termes de densité et biomasse, mais également de degré d'épiphytisme, et à compléter ces observations par le recueil de paramètres « explicatifs » touchant à la nature du sédiment sur lequel ils se développent et aux organismes susceptibles de consommer ces épiphytes et/ou les zostères elles-mêmes (gastéropodes et oiseaux herbivores).

Comme pour les cartographies, il est conseillé de réaliser ces observations à une époque de l'année où leur développement épigé est maximal (fin de l'été).

La fréquence retenue pour effectuer ces observations est d'une fois tous les 3 ans. Toutefois, dans certaines masses d'eau (celles de la façade aquitaine, correspondant au district Adour Garonne), un suivi à fréquence annuelle a été entrepris pendant les premières années de la mise en œuvre de la DCE, de façon à apprécier la variabilité inter annuelle de ces paramètres.

Les méthodes utilisées pour le suivi stationnel des herbiers dans le cadre de la DCE sont rapportées en annexe 1 de ce document. Les principales métriques mesurées sont recensées dans les tableaux 1 et 2 suivants.

Tableau 1 : Métriques mesurées sur *Zostera noltii*

| <i>Zostera noltii</i> | Matrice | Paramètre |
|----------------------------------|------------------------|---|
| Métriques principales | Zostères | Pourcentage de surface végétalisée sur la station |
| | | Densité des pousses |
| | | Biomasses des organes souterrains et aériens |
| | | Biométrie des feuilles (nb/pousse, longueur, largeur) |
| | | Biomasse des épiphytes |
| Métriques supplémentaires | Gastéropodes brouteurs | Densité par espèce |
| | | Biomasse |
| | Sédiment | Granulométrie |
| | | Teneur en matière organique |
| | Oiseaux herbivores | Données de comptage |

Tableau 2 : Métriques mesurées sur *Zostera marina*

| <i>Zostera marina</i> | Matrice | Paramètre |
|----------------------------------|------------------------|---|
| Métriques principales | Zostères | Densité des pousses |
| | | Biomasses des organes souterrains et aériens |
| | | Biométrie des feuilles (nb/pousse, longueur, largeur) |
| | | Biomasse des épiphytes |
| | | Degré d'infestation par la wasting disease |
| Métriques supplémentaires | Gastéropodes brouteurs | Densité |
| | | Biomasse |
| | Sédiment | Granulométrie |
| | | Teneur en matière organique |

2. Les masses d'eau sur lesquelles les herbiers sont suivis au titre du contrôle de surveillance

La figure 1 (a et b) représente la localisation géographique des herbiers suivis au titre du contrôle de surveillance DCE. Globalement, on peut considérer deux cas :

- Au nord du Golfe du Morbihan, les herbiers de zostères (*Zostera marina* et *Zostera noltii*) sont présents dans de nombreuses masses d'eau côtières ou de transition. Tous ces herbiers ne sont pas pris en compte par la DCE, notamment les herbiers de *Z. noltii* dans les masses d'eau de transition.
- Au sud du Golfe du Morbihan (y compris), tous les herbiers importants, aussi bien de *Zostera noltii* que de *Zostera marina*, sont étudiés dans le cadre de la DCE, qu'ils soient situés en eaux côtières ou en eaux de transition.

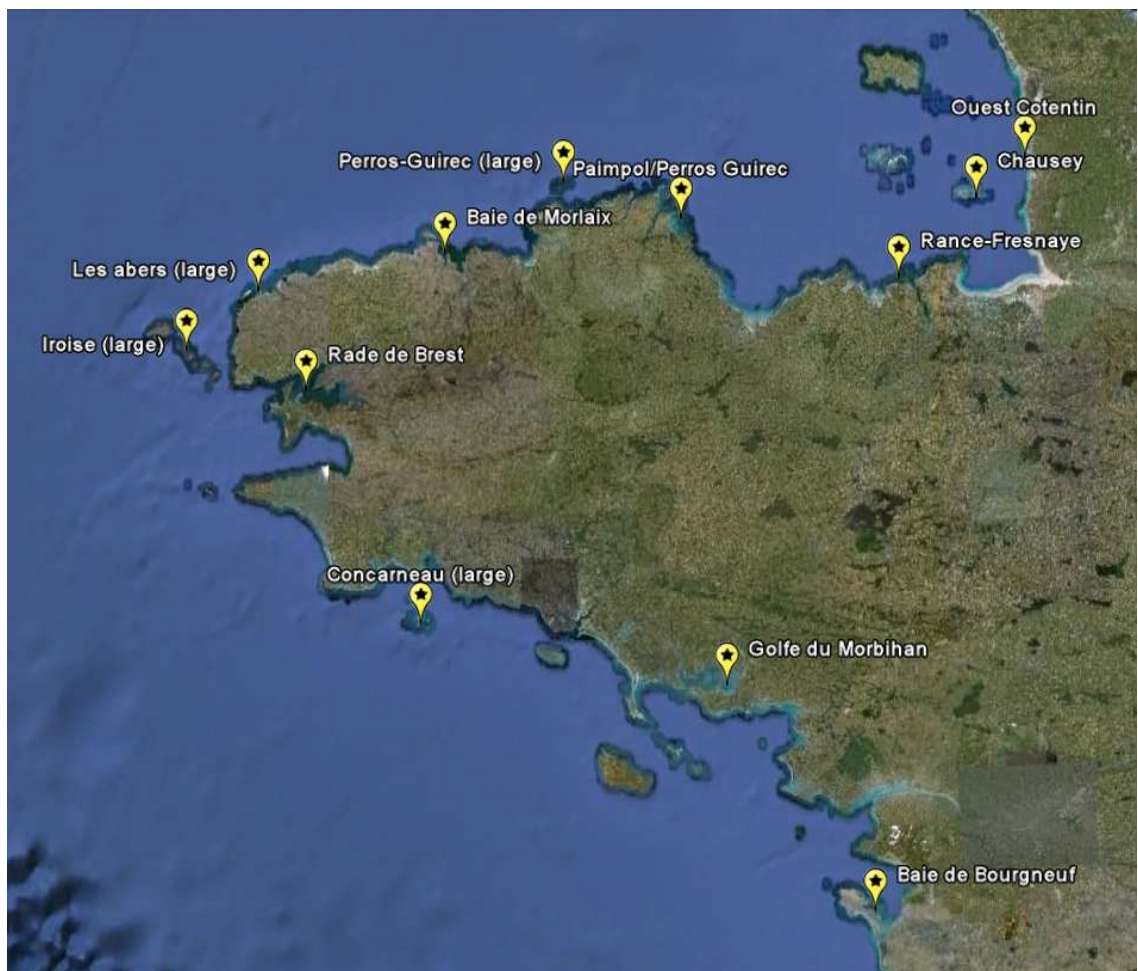


Figure 1a : Localisation des herbiers de zostères suivis dans le cadre de la DCE (secteur Nord).

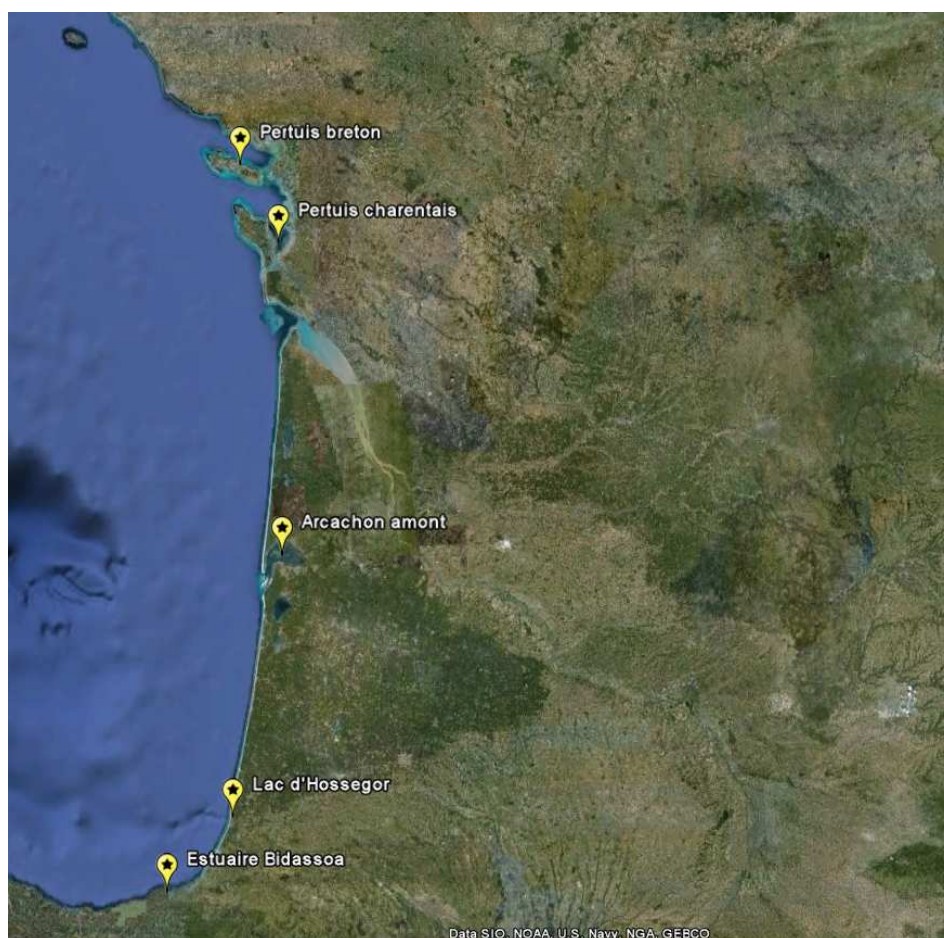


Figure 1b : Localisation des herbiers de zostères suivis dans le cadre de la DCE (secteur Sud).

Dans ces masses d'eau, les stations suivantes font l'objet d'un suivi stationnel (tableaux 3 et 4).

Tableau 3 : Herbiers de *Zostera noltii* suivis dans le cadre de la DCE

| Masse d'eau (du sud au nord) | Code masse d'eau | Station(s) |
|------------------------------|------------------|---|
| Estuaire Bidassoa | FRFT08 | Txingudi |
| Lac d'Hossegor | FRFC09 | Hossegor |
| Arcachon amont | FRFC06 | Estey Tort Afrique |
| Pertuis Charentais | FRFC02 | Les Doux |
| Pertuis Breton | FRGC53 | Rivedoux (en 2006) Le Grouin Fosse de Loix (en 2006) Plage Charge neuve |
| Baie de Bourgneuf | FRGC48 | La Berche |
| Golfe du Morbihan | FRGC39 | Kerlevenan |
| Rance Fresnaye | FRGC03 | Saint Jacut de la mer |

Tableau 4 : Herbiers de *Zostera marina* suivis dans le cadre de la DCE

| Masse d'eau (du sud au nord) | Code masse d'eau | Station(s) |
|-------------------------------------|-------------------------|---------------------|
| Arcachon amont | FRFC06 | Courbey |
| Golfe du Morbihan | FRGC39 | Arradon |
| Concarneau (large) | FRGC28 | Glénan herbiers |
| Iroise (large) | FRGC18 | Molène herbiers |
| Rade de Brest | FRGC16 | Roscanvel |
| Les Abers (large) | FRGC13 | Sainte-Marguerite |
| Baie de Morlaix | FRGC11 | Callot herbiers |
| Perros-Guirec (large) | FRGC08 | Les 7 îles herbiers |
| Paimpol Perros Guirrec | FRGC07 | L'Arcouest herbiers |
| Rance Fresnaye | FRGC03 | Saint Malo |
| Chausey | FRHC01 | SIZM01 |
| Ouest cotentin | FRHC03 | SIZM02 SIZM03 |

3. L'indicateur « angiosperme »

Ce chapitre s'appuie sur les réflexions des experts « angiospermes » britanniques et néerlandais, dont les conclusions sont notifiées dans deux principales publications (Foden et Brazier, 2007 ; Foden, 2007).

3.1. Sites et conditions de référence

Afin d'établir le classement des masses d'eau, la DCE prévoit, pour chaque élément de qualité, de définir, par type de masse d'eau, des sites et des conditions de référence qui correspondent au très bon état.

Toutefois, comme évoqué par les scientifiques britanniques et néerlandais, il est hasardeux d'identifier des **sites de référence** pour les herbiers de zostères. En effet, ceux-ci sont naturellement variables en extension, densité, biomasse et composition, et ces métriques dépendent de différents facteurs : géographique, nature du substrat, régime hydrodynamique.

Pour la même raison, les **conditions de référence** (qui s'appliquent aux métriques utilisées) doivent être déterminées pour les herbiers de chaque masse d'eau, sur la base de données historiques quand elles existent, ou du dire d'expert dans le cas contraire. Ces conditions de référence correspondent *a priori* au meilleur état possible des herbiers au cours de la période historique pendant laquelle on dispose d'information sur leur état. Ce point sera discuté par la suite.

3.2. Les métriques

Préambule : Comme c'est le cas pour les experts des Pays Bas et du Royaume uni, la France considère justifié de retenir les mêmes métriques pour les herbiers des masses d'eau côtières (MEC) et des masses d'eau de transition (MET).

Les métriques retenues par les experts du Royaume uni sont au nombre de 3 :

- composition taxinomique,
- abondance mesurée *via* l'extension spatiale de l'herbier,
- abondance mesurée *via* la densité des pousses.

Les néerlandais utilisent deux métriques, dont l'une se décline en 3 sous-métriques :

- Superficie de l'herbier
- Qualité de l'herbier
 - nombre d'espèces,
 - couverture moyenne et distribution des classes de couverture,
 - tendance de l'évolution de la superficie.

A priori, trois de ces métriques seront retenues pour fabriquer l'indicateur français (littoral Manche-Atlantique) concernant le statut écologique des herbiers de phanérogames :

- composition taxinomique,
- extension spatiale de l'herbier,
- développement des herbiers (densité des pieds et/ou biomasse et/ou recouvrement).

3.3. Composition taxinomique

Préambule

Dans les eaux européennes, deux espèces de zostères se développent : *Zostera noltii* (en position intertidale) et *Zostera marina* (dans l'infralittoral y compris la frange émergée aux basses mers de vives eaux). Dans le bas de l'étage intertidal, et dans les flaques de l'estran, existe une forme intermédiaire entre ces deux espèces du point de vue de la longueur et de la largeur des limbes. Une controverse déjà ancienne existe au sujet de cette *Zostera angustifolia* (ou *Zostera marina* var. *angustifolia*), certains auteurs considérant qu'il s'agit d'une espèce à part entière (Percival *et al.* 1996; Provan *et al.* 2008), d'autres d'un écotype parvozostéride de *Zostera marina* mieux adapté au stress (dont celui généré par l'émersion) que la forme magnozostéride (den Hartog 1970 ; de Heij & Nienhuis 1992).

Les travaux récents de Becheler *et al.* (2010), relatant les résultats de l'analyse génétique de plusieurs populations bretonnes de zostères, semblent confirmer cette seconde hypothèse. Pour cette raison, cet écotype n'est pas considéré comme une espèce distincte par les experts français.

3.3.1. Positions britannique et néerlandaise

- UK : Perte d'espèce(s) par rapport aux conditions de référence (*Zostera noltii*, *Z. angustifolia*, *Z. marina*, *Ruppia* spp.).
- NL : Nombre d'espèces de phanérogames (*Zostera noltii*, *Z. angustifolia*)

Tableau 5 : Grilles de classement proposées par les experts britanniques et néerlandais pour la métrique « composition »

| Pays | Métrique | Très bon | Bon | Moyen | Médiocre | Mauvais |
|------|------------------------|--------------|--------------------|--------------|---------------------|-----------------------------|
| UK | Nb d'espèces | pas de perte | Perte de 1/4 à 1/3 | Perte de 1/2 | Perte de 2/3 ou 3/4 | Perte de toutes les espèces |
| NL | Présence des 2 espèces | 2 spp | 1 sp | | | |

3.3.2. Position française

En Manche-Atlantique, les espèces de phanérogames à considérer sont :

- *Zostera noltii* constituant des herbiers uniquement intertidaux dans cette région.
- *Zostera marina* constituant des herbiers subtidaux (forme magnozostéride) ou intertidaux (forme parvozostéride).
- *Ruppia maritima* et *Ruppia cirrhosa* existent en Manche et Atlantique françaises, mais ne seront pas prises en compte parce qu'elles y occupent des espaces très limités (étangs littoraux à l'arrière des dunes et des cordons de galets, marais littoraux).

Comme évoqué plus haut, *Zostera angustifolia* n'est pas retenue comme une espèce à part entière, contrairement aux choix des britanniques et des néerlandais.

Les conditions de référence pour la composition taxinomique doivent être définies pour chaque masse d'eau. En effet, les conditions bathymétriques, thermiques, halines, sédimentaires ainsi que le niveau d'exposition des masses d'eau à la houle déterminent la présence/absence des deux espèces. Ainsi, certaines masses d'eau françaises ne peuvent physiquement abriter l'une ou l'autre des deux espèces. Cette situation n'est pas incompatible avec le bon, voire le très bon état d'une masse d'eau (Carletti et Heiskanen Ed., 2009).

Pour cette raison, nous jugeons plus justifié de prendre en compte, à l'instar des britanniques, l'évolution du nombre d'espèces dans le temps.

Proposition de grille française pour la métrique « composition taxinomique »

En s'appuyant sur la grille britannique et en l'adaptant au cas français (seulement 2 espèces), on peut proposer les deux grilles suivantes (tableaux 6 et 7).

Tableau 6 : Grille de classement proposée par les experts français pour la métrique « composition taxinomique »

| Etat | Très bon | Bon | Moyen | Médiocre/Mauvais |
|-------------|---|--|--|--------------------|
| Composition | Espèce(s) apparues ou perte d'aucune espèce | Perte d'une espèce Disparition de <i>Zostera marina</i> | Perte d'une espèce Disparition de <i>Zostera noltii</i> | Perte de 2 espèces |

La disparition de *Zostera noltii* semble en effet plus déclassante pour la qualité de la masse d'eau que celle de *Zostera marina*.

Grâce à sa position intertidale, *Zostera noltii* est par exemple moins sensible à la diminution de la transparence de l'eau (liée aux développements de macroalgues

opportunistes ou à de forts blooms de phytoplancton, ces phénomènes étant eux-mêmes la conséquence des apports élevés de nutriments par les bassins versants).

Tableau 7 : Grille de correspondance entre les changements observés et la valeur de l'Ecological Quality Ratio (EQR) pour la métrique « composition taxinomique » proposée par les experts français

| Perturbation | Changement de la composition taxinomique par rapport aux conditions de référence | EQR |
|---|---|------------|
| Amélioration ou pas de modification visible | Espèces apparues ou aucune espèce disparue | 1 |
| Altérations modérées | Disparition de <i>Zostera marina</i> | 0,7 |
| Altérations majeures | Disparition de <i>Zostera noltii</i> | 0,5 |
| Altérations sévères | Perte des deux espèces | 0 |

Disponibilité de données historiques sur la métrique « composition taxinomique »

Il s'agit le plus souvent d'une information disponible, dans la mesure où les observations botaniques anciennes y compris depuis la fin du XIX^{ème} siècle contiennent généralement au moins des listes d'espèces végétales observées sur les sites comme par exemple la Flore Rochefortine décrivant la présence et l'usage des zostères en Aunis (Lesson, 1835) ou l'ouvrage plus général de botanique sur la Flore de l'Ouest de la France (Lloyd, 1897). Lorsqu'aucune information publiée n'est disponible, des enquêtes historiques peuvent être réalisées auprès des « retraités », qu'ils soient scientifiques, pêcheurs ou ostréiculteurs, ainsi qu'en consultant des herbiers privés ou des collections des Muséums d'Histoire Naturelle régionaux.

Pour *Zostera marina*, on dispose des résultats d'une enquête nationale réalisée en 1933 par l'administration maritime, consécutive à la maladie du Wasting Disease qui a décimé cette espèce au début du XX^{ème} siècle (Fournier, 2009).

3.4. Extension de l'herbier

3.4.1. Positions néerlandaise et britannique

Les **néerlandais** ont bâti des modèles pour chaque masse d'eau (basés sur périodes d'émersion, salinité, courant et vagues) pour définir des cartes d'extension potentielle des herbiers. A partir des surfaces ainsi calculées et des données historiques d'extension maximale, ils ont défini pour chaque masse d'eau des valeurs seuils de superficie auxquelles ils se réfèrent pour le classement.

Pour ce paramètre, dans chaque masse d'eau, les experts **britanniques** prennent comme condition de référence la plus grande extension mesurée (exploitation des données historiques) ou le dire d'expert. Ils établissent leurs grilles en fonction de la réduction de superficie par rapport à la surface maximale (tableaux 8 et 9).

Proposition de grille britannique pour la métrique « extension »

Tableau 8 : Grille de classement proposée par les experts britanniques pour la métrique « extension »

| Etat | Très bon | Bon | Moyen | Médiocre | Mauvais |
|--|----------|--------|--------|----------|---------|
| Réduction de superficie par rapport à l'extension maximale | 0-10% | 11-30% | 31-50% | 51-70% | > 70% |

Tableau 9 : Grille de correspondance entre les changements observés et la valeur de l'Ecological Quality Ratio pour la métrique « extension » proposée par les experts britanniques

| Perturbation | Modification de l'extension (toutes espèces confondues) par rapport aux conditions de référence et EQR |
|--------------------------------|--|
| Pas de modification visible | 0% perte = 1.0, 1% perte = 0.98, 2% perte = 0.96... 10% perte = 0.80 |
| Faibles signes de perturbation | 11% perte = 0.79, 12% perte = 0.78, 13% perte = 0.77... 30% perte = 0.60 |
| Altérations modérées | 31% perte = 0.59, 32% perte = 0.58, 33% perte = 0.57... 50% perte = 0.40 |
| Altérations majeures | 51% perte = 0.39, 52% perte = 0.38, 53% perte = 0.37... 70% perte = 0.20 |
| Altérations sévères | 71% perte = 0.193, 72% perte = 0.187, 73% perte = 0.180... 100% perte = 0.00 |

3.4.2. Position française

La **modélisation** de l'**extension maximale** des herbiers de Manche Atlantique (*a priori* en fonction des courants, de la bathymétrie ou de l'hypsométrie, de la granulométrie des fonds et de la turbidité des eaux) est une voie de recherche possible et pourra être développée quand les modèles de production des herbiers seront au point (Martin Plus, Ifremer LER Arcachon, com. pers – Proposition d'étude soumise à l'ONEMA pour l'année 2011).

En attendant ces résultats, les experts français jugent cohérent d'utiliser les **données historiques** en leur possession et de considérer que les conditions de référence, pour chaque masse d'eau, sont constituées par l'extension maximale connue des herbiers dans cette masse d'eau.

Toutefois, un certain nombre de problèmes se posent pour exploiter les données « historiques » relatives à l'extension des herbiers.

☞ Les méthodes mises en œuvre pour établir les cartes anciennes ne sont pas toujours explicites. Cette absence de métadonnées oblige à considérer parfois avec prudence ces données.

Par exemple, pour les herbiers de la Baie de Txingudi (Masse d'Eau FRFT08 « Estuaire de la Bidassoa »), on dispose de dessins à main levée, résultant d'un traitement de photographies aériennes (sans autre précision) et d'observations terrain (Figure 2).

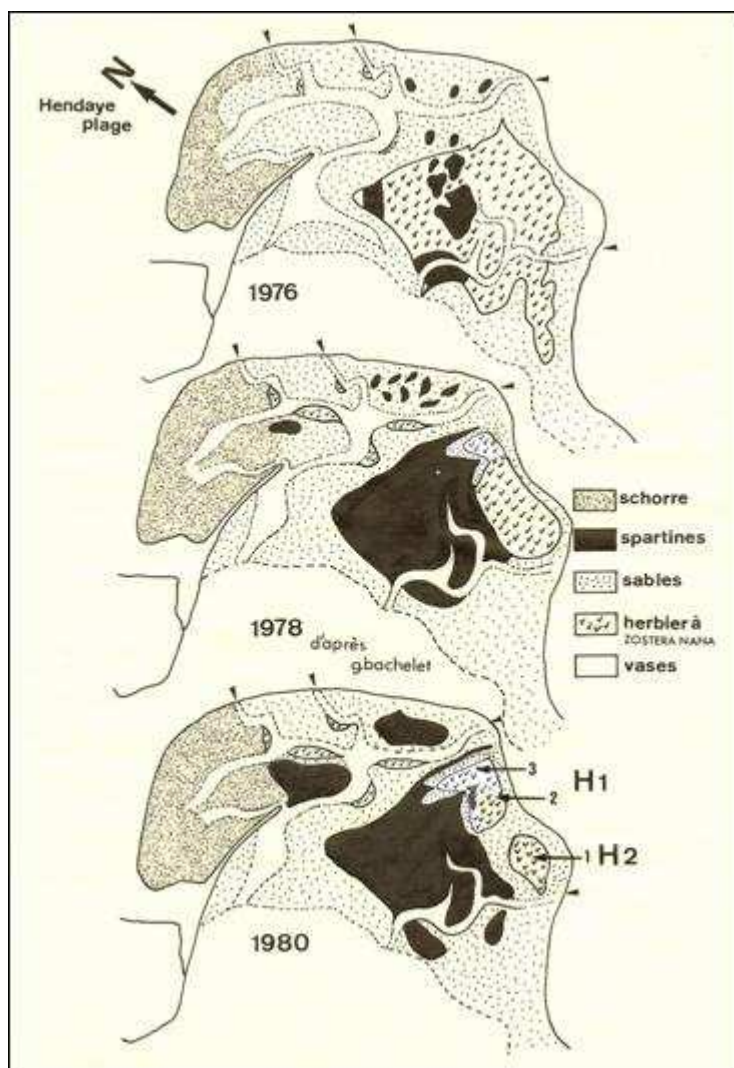


Figure 2 : Extensions anciennes des herbiers de *Zostera noltii* de la Baie de Txingudi (Bachelet et Labourg, 1983)

De même, pour les herbiers de l'île de Ré (Masse d'Eau FRGC53 « Pertuis Breton »), on dispose de dessins à main levée des enveloppes d'herbiers de zostères, les deux espèces confondues (de Beauchamp, 1920, 1923, figure 3).

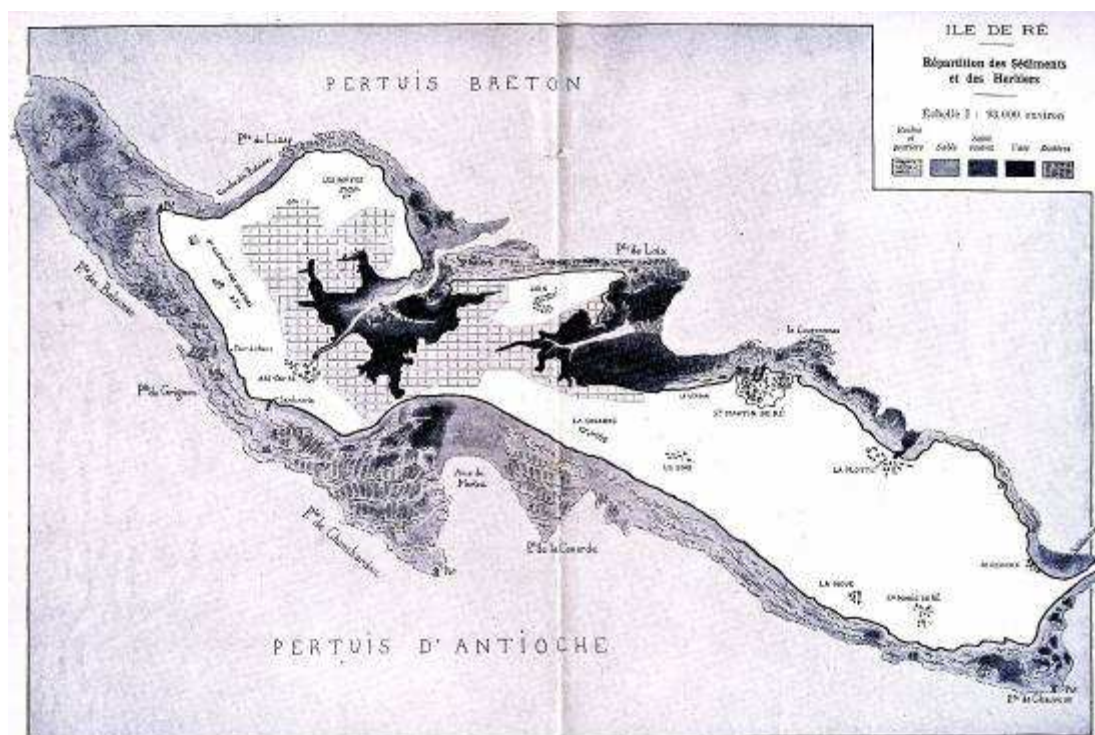


Figure 3 : Extension des herbiers de zostères de l'île de Ré en 1920 (de Beauchamp, 1923).

☞ Les dates des premières cartographies historiques sont très variables selon les masses d'eau.

Par exemple, dans la Masse d'Eau FRHC01 « Archipel de Chausey », on dispose de données surfaciques de *Zostera marina* depuis 1924 (Godet *et al.*, 2008), c'est-à-dire antérieures à la maladie qui décima les zostères marines quelques années plus tard sur toutes les côtes françaises. L'extension mesurée en 1924 est la plus grande surface connue et n'a jamais été observée depuis (Figure 4). De fait, si on utilise cette référence (R1) par rapport aux observations actuelles, on obtient une régression de 44 %.

Dans la plupart des autres masses d'eau, les observations les plus anciennes remontent aux années 1980. Si on applique cette période de référence « commune » (R2) aux herbiers de Chausey, l'extension actuelle des herbiers représenterait environ 200 % de la surface occupée dans les années 1980.

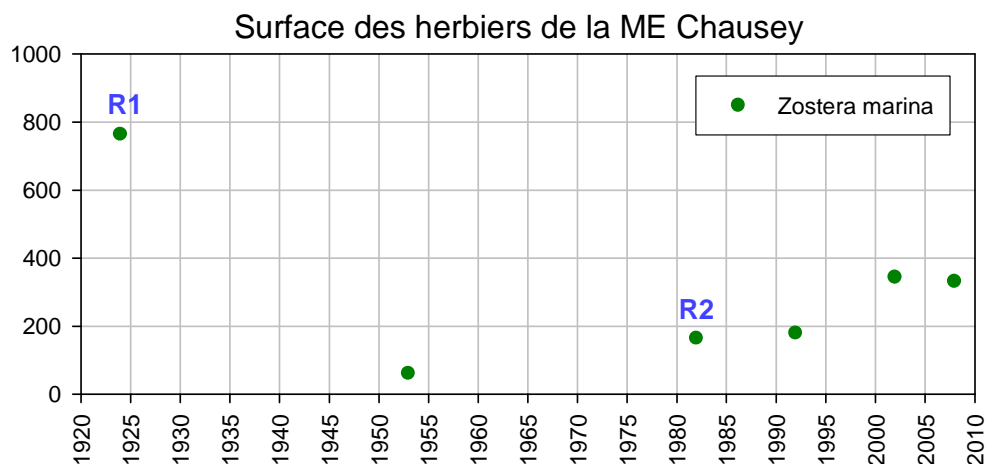


Figure 4 : Evolution de la surface (ha) des herbiers de zostères de l'Archipel de Chausey au cours du temps.

Au moins pour *Zostera marina*, **il semble plus pertinent de prendre une référence postérieure à la maladie qui a décimé l'espèce sur les côtes européennes (aux alentours de 1930) et de considérer la référence à partir des années 1980, période à laquelle des données sont disponibles pour la plupart des masses d'eau.** Pour *Zostera noltii*, une démarche identique sera adoptée.

Proposition de grille française pour la métrique « extension »

Au regard de nos connaissances sur l'évolution des herbiers de la façade Atlantique-Manche, les notations adoptées dans la grille britannique ne nous semblent pas assez sévères pour qualifier correctement le niveau de perturbation en fonction des régressions observées. A titre d'exemple, une perte de 50% de la surface d'un herbier n'est considérée par les britanniques que comme une « altération modérée » (tableau 9) alors qu'elle nous semble majeure voire sévère.

Pour cette raison, nous proposons les grilles ci-dessous (tableaux 10 et 11).

Tableau 10 : Grille de classement proposée par les experts français pour la métrique « extension »

| Etat | Très bon | Bon | Moyen | Médiocre | Mauvais |
|--|----------|--------|--------|----------|---------|
| Réduction de superficie par rapport à l'extension « maximale » | 0-10% | 11-20% | 21-30% | 31-50% | > 51% |

Tableau 11 : Grille de correspondance entre les changements observés et la valeur de l'Ecological Quality Ratio pour la métrique « extension » proposée par les experts français

| Perturbation | Modification de l'extension (toutes espèces confondues) par rapport aux conditions de référence et EQR |
|---|--|
| Amélioration ou pas de modification visible | 0% perte = 1,0, 1% perte = 0,98, 2% perte = 0,96... 10% perte = 0,80 |
| Faibles signes de perturbation | 11% perte = 0,78, 12% perte = 0,76, 13% perte = 0,74... 20% perte = 0,60 |
| Altérations modérées | 21% perte = 0,59, 22% perte = 0,58, ... 30% perte = 0,50 |
| Altérations majeures | 31% perte = 0,49, 32% perte = 0,48, ... 50% perte = 0,30 |
| Altérations sévères | 51% perte = 0,295, 52% perte = 0,290, ... 100% perte = 0,00 |

Dans le cas où les deux espèces de zostères sont présentes dans la masse d'eau (et que la surface occupée par les deux espèces a été mesurée), il semble plus cohérent de prendre en compte l'évolution de l'extension globale des deux espèces pour calculer l'EQR. Ce choix est cohérent avec l'esprit de la métrique « composition taxinomique » et ses grilles de classement et de correspondance (tableaux 6 et 7), qui prennent en compte les deux espèces.

Disponibilité de données historiques sur la métrique « extension »

Dans quelques masses d'eau, on dispose des données surfaciques depuis les années 1980 (Arcachon amont, Golfe du Morbihan, Chausey, lac d'Hossegor, Estuaire de la Bidassoa par exemple).

Dans d'autres zones, dans le cas d'herbiers intertidaux, une analyse rétrospective basée sur l'analyse d'images satellites a été réalisée (Bourgneuf, Pertuis Charentais, Pertuis Breton).

Enfin, dans certaines zones, on dispose de cartographies historiques uniquement de certains herbiers de la Masse d'Eau (cas de la Rance).

Un certain nombre de données concernant les herbiers bretons sont disponibles (Corbeau et Rollet, 2008) mais demandent à être validées.

3.5. Densité des herbiers

3.5.1. Positions néerlandaise et britannique

Les **néerlandais** considèrent des conditions de référence similaires dans toutes leurs masses d'eau, en termes de pourcentage de recouvrement, mais distinguent les deux espèces de zostères (*Z. noltii*, *Z. angustifolia*).

Comme dans le cas des superficies, les experts **britanniques** considèrent que les conditions de référence pour ce groupe de métriques sont spécifiques à chaque masse d'eau. Les différentes espèces constituant les herbiers sont considérées toutes

ensemble. L'état est déterminé en fonction de l'évolution par rapport aux conditions de référence (tableaux 12 et 13).

Tableau 12 : Grille de classement proposée par les experts néerlandais et britanniques pour la métrique « densité »

| Pays | Paramètre | Très bon | Bon | Moyen | Médiocre | Mauvais |
|------|--|----------|--------|--------|----------|---------|
| NL | Recouvrement <i>Z. noltii</i> | ≥30% | ≥ 20% | ≥10% | ≥5% | ≤ 5% |
| | Recouvrement <i>Z. angustifolia</i> | ≥60% | ≥40% | ≥30% | ≥20% | ≤ 20% |
| UK | Réduction de densité par rapport à la densité maximale | 0-10% | 11-30% | 31-50% | 51-70% | > 70% |

Tableau 13 : Grille de correspondance entre les changements observés et la valeur de l'Ecological Quality Ratio pour la métrique « densité » proposée par les experts britanniques.

| Perturbation | Changement de la densité par rapport aux conditions de référence et EQR |
|--------------------------------|---|
| Pas de modification visible | 0% perte = 1.0, 1% perte = 0.98, 2% perte = 0.96... 10% perte = 0.80 |
| Faibles signes de perturbation | 11% perte = 0.79, 12% perte = 0.78, 13% perte = 0.77... 30% perte = 0.60 |
| Altérations modérées | 31% perte = 0.59, 32% perte = 0.58, 33% perte = 0.57... 50% perte = 0.40 |
| Altérations majeures | 51% perte = 0.39, 52% perte = 0.38, 53% perte = 0.37... 70% perte = 0.20 |
| Altérations sévères | 71% perte = 0.193, 72% perte = 0.187, 73% perte = 0.180... 100% perte = 0.00 |

3.5.2. Position française

Différents types de données relatives aux biomasses et/ou densités et/ou taux de recouvrement des zostères sont disponibles.

Zostera marina

- En Bretagne : cette espèce est suivie depuis 2004 dans le cadre du REBENT. Pendant quelques années, certains herbiers (considérés comme représentatifs du secteur) ont été échantillonnés à 2 périodes de l'année : fin hiver/printemps et fin été/début automne. Suite à l'allègement des protocoles en 2007, seule la période fin hiver/printemps a été conservée, ce qui ne pose pas de problème dans la mesure où on observe peu de variations saisonnières de densité et de

biomasse (Hily, com. pers.). Dans quelques secteurs (ex. : Golfe du Morbihan), des études ponctuelles anciennes fournissent des données complémentaires.




- Sur le Bassin d'Arcachon, l'échantillonnage a débuté en 2007 pour la surveillance DCE ; il a lieu à la fin de l'été.

A ce jour, pour *Zostera marina*, les seules données disponibles pour cette métrique sont des **densités** (nombre de pieds/m²) et des **biomasses** (g/m²) obtenus à l'issue de suivis stationnels, depuis 2004 en Bretagne et 2007 à Arcachon.

Zostera noltii

- Sur les côtes Manche-Atlantique, cette espèce est suivie depuis 2007 dans le cadre de la surveillance DCE ; l'échantillonnage a lieu à la fin de l'été, et les **densités et biomasses** de cette espèce sont mesurées. On dispose de quelques données plus anciennes sur le Golfe du Morbihan, les Pertuis Charentais (île d'Oléron) et le Bassin d'Arcachon.
- Par ailleurs, sur les cartographies récentes, on dispose des **superficies d'herbières affectées d'un taux de recouvrement** (au minimum : très dense - peu dense, mais généralement trois classes de pourcentage, tableau 14), qui peuvent également être traités en termes d'indice de densité.

Tableau 14: Classification des types d'herbières selon leur pourcentage de recouvrement (adapté de Alloncle *et al.*, 2005, de Jong, 2004)

| Herbier de Zostères | | | |
|---------------------|---|--|---|
| % de recouvrement | < 25% | 25 à 75% | > 75% |
| Signification | Herbières discontinues et très souvent hétérogènes avec des taches disséminées ou des pieds dispersés en faible densité | Herbières discontinues, présentant une alternance de taches recouvertes et de zones de substrat nu | Herbières continues et homogènes présentant une forte couverture foliaire |
| Illustration |  |  |  |

Données stationnelles : *Zostera noltii* et *Zostera marina*

L'examen des données existantes issues des Réseaux de Contrôle de la Surveillance DCE montre que, pour une même année, les densités de pousses et les biomasses épigées sont très variables d'une masse d'eau à une autre, en raison de la variabilité

des facteurs physiques et chimiques s'appliquant dans les différentes masses d'eau (Figures 5 et 6).

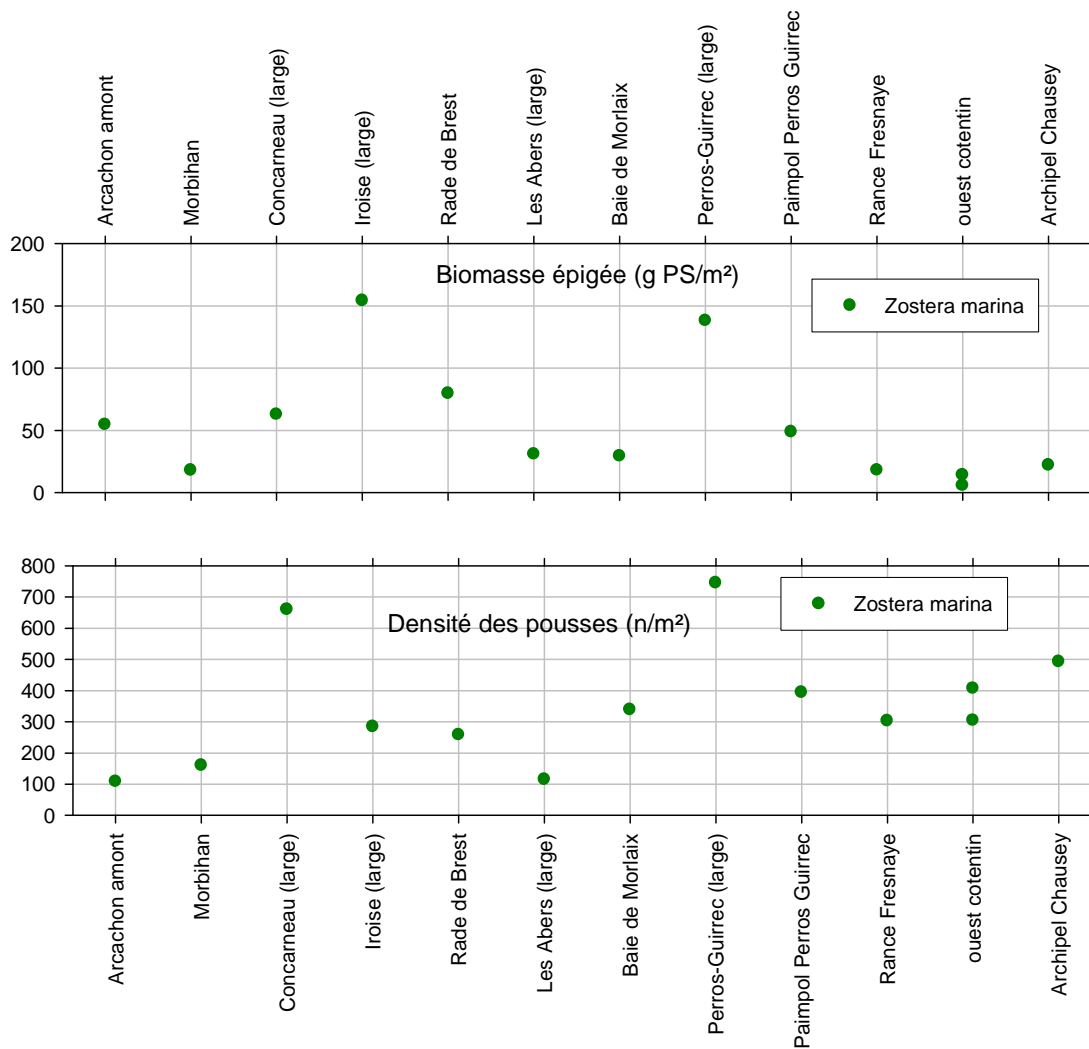


Figure 5 : Biomasses épigées et densité des herbiers de *Zostera marina* suivis dans le cadre de la DCE en 2007.

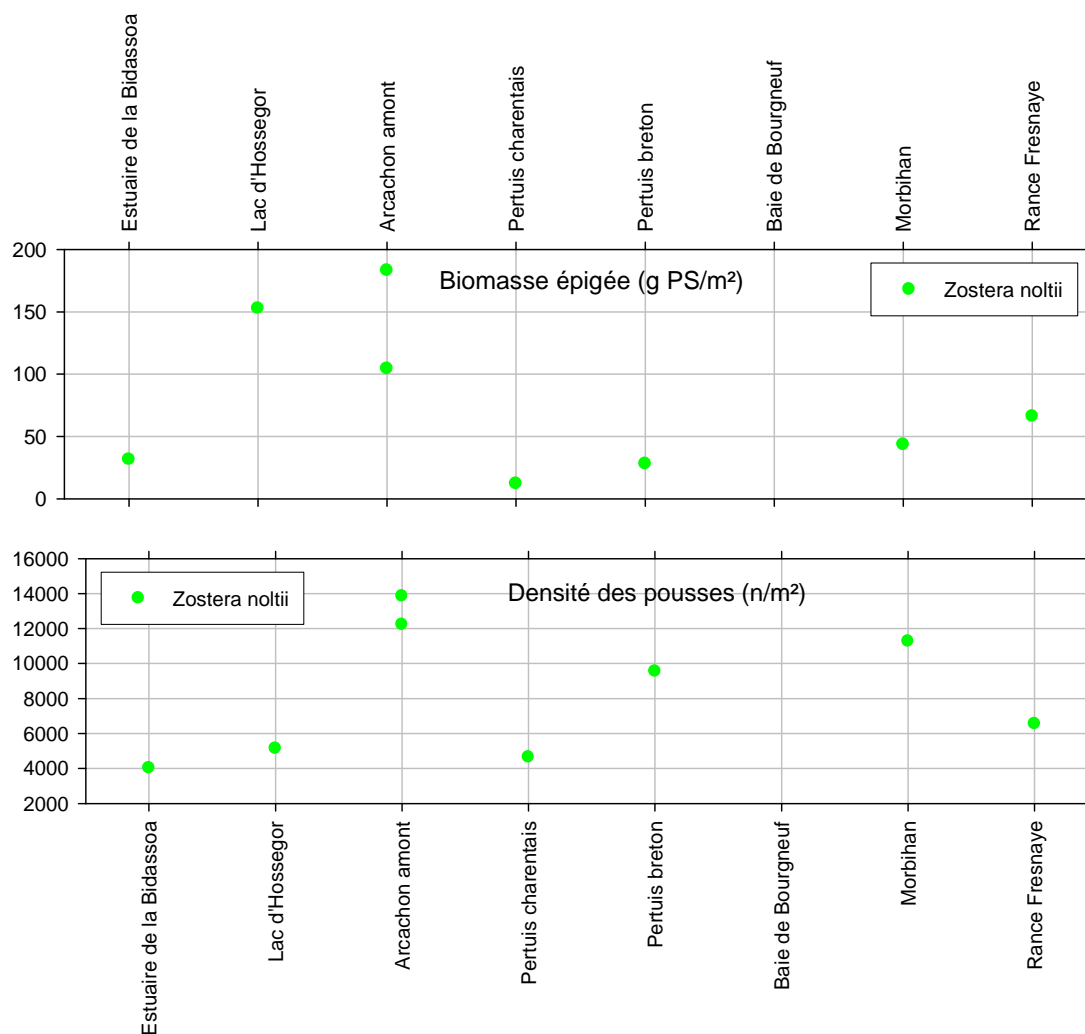


Figure 6 : Biomasses épigée et densité des herbiers de *Zostera noltii* suivis dans le cadre de la DCE en 2007.

On peut remarquer que les densités et les biomasses épigées des différents sites ne sont pas corrélées, principalement en raison des différences de hauteur des pieds entre les différents sites et, à un moindre titre, à celles du nombre de feuilles par pied et de largeur des feuilles (données non présentées ici).

En première analyse, ces paramètres ne semblent pas liés à un gradient nord-sud (effet de la température), ni aux caractéristiques granulométriques des sédiments sur lesquels se développent ces herbiers. La prise en compte d'autres facteurs (niveau hypsométrique ou bathymétrique, hydrodynamique) permettra peut être à terme d'expliquer ces différences.

Pour ces raisons, il semble donc justifié pour ce groupe de paramètres de ne pas définir des conditions de référence communes mais d'appliquer des conditions de référence particulières à chaque site (§ 3.1).

Par ailleurs, la fréquence annuelle adoptée pour le suivi des herbiers du bassin « Adour Garonne » a permis de mettre en évidence une variabilité inter-annuelle assez prononcée de ces paramètres pour *Zostera noltii* (Figure 7).

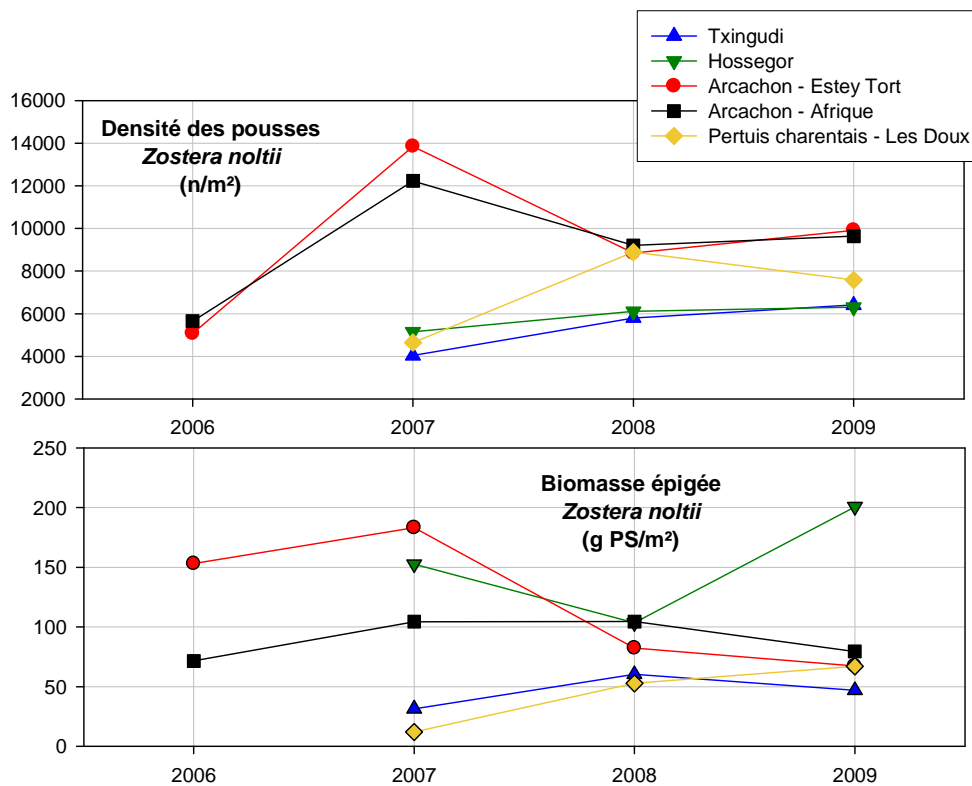


Figure 7 : Densités et biomasses épigées moyennes (non corrigées par le % de surface végétalisée sur les stations) des herbiers de *Zostera noltii* du bassin « Adour Garonne ».

La variabilité temporelle ainsi mise en évidence (également observée sur les herbiers bretons de *Zostera marina* suivis dans le cadre de REBENT Bretagne, données non présentées ici) pose un problème pour comparer les données anciennes et récentes de densité et de biomasse. En effet, lorsqu'on dispose de données anciennes, ce qui est le cas pour le Bassin d'Arcachon (*Z. noltii*) et le Morbihan (*Z. noltii* et *Z. marina*), il s'agit de valeurs obtenues sur une seule année de suivi, dont on ne peut donc pas considérer qu'elle ont valeur de « référence d'une situation ancienne ». De plus, dans la plupart des cas, ce ne sont pas les mêmes stations qui ont été suivies aux différentes périodes.

En ce qui concerne la stratégie DCE qui doit être appliquée aux herbiers français, on peut donc se demander si cette fréquence annuelle ne devrait pas être appliquée systématiquement et si, à l'instar des experts de Grande-Bretagne, il ne serait pas nécessaire de prendre en compte l'évolution de ces paramètres sur la base de moyennes mobiles (sur deux ans au moins).

En corollaire à ces remarques, on peut signaler que les experts britanniques et néerlandais n'utilisent pas, pour qualifier la vitalité des zostères intertidales, les densités ou les biomasses épigées, mais des **taux de recouvrement**. Pour passer de l'un à

l'autre de ces paramètres, pour *Z. noltii*, il serait possible d'utiliser une relation d'allométrie.

- Pour l'herbier d'Arcachon, une relation a été établie sur 15 cadrats (15 x 15 cm) d'herbiers de *Zostera noltii* (de Montaudouin¹, données non publiées). Ont été mesurées simultanément la biomasse foliaire et, sur des photographies, la proportion de surface couverte par les feuilles couchées sur le sédiment (Figure 8a). Ces données devraient ensuite être corrigées à partir du pourcentage de surface végétalisée des stations.

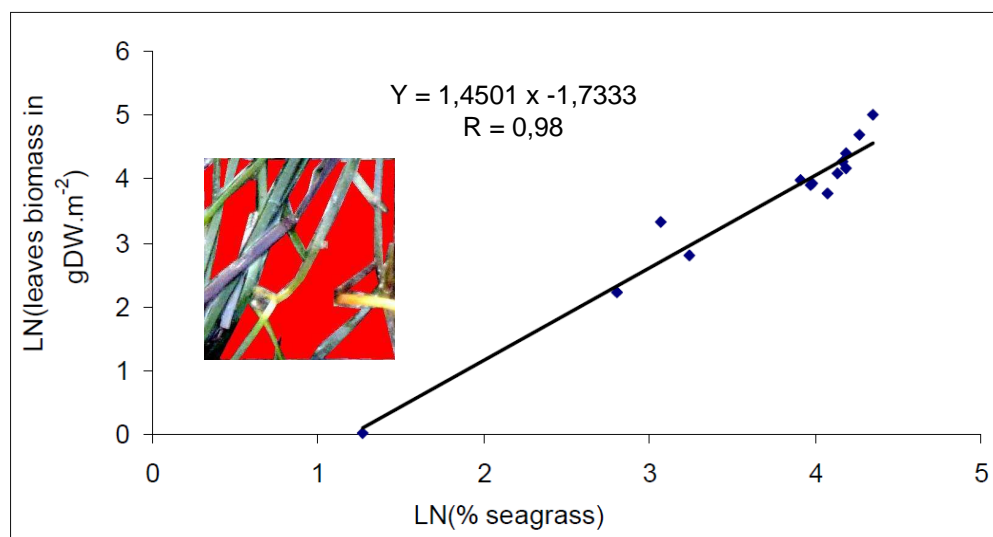


Figure 8a : Relation entre la biomasse épigée (Y, g PS/m²) et le pourcentage de recouvrement de *Zostera noltii* (X) (échelle logarithmique) sur l'herbier d'Arcachon (de Montaudouin, com. pers.)

- Pour l'herbier d'Oléron, une relation similaire a été établie sur 126 cadrats de diamètre 20 cm et de profondeur 15 cm (Dalloyau, 2008). Ont été mesurées simultanément la biomasse foliaire et le taux de surface couverte par les feuilles couchées sur le sédiment (Figure 8b). La relation est linéaire entre le % de recouvrement (X) et la biomasse en feuilles (B) : $B = 0,603 \cdot X$ ($n = 126$; $r^2 = 0,834$).

¹ UMR EPOC, Station Marine d'Arcachon

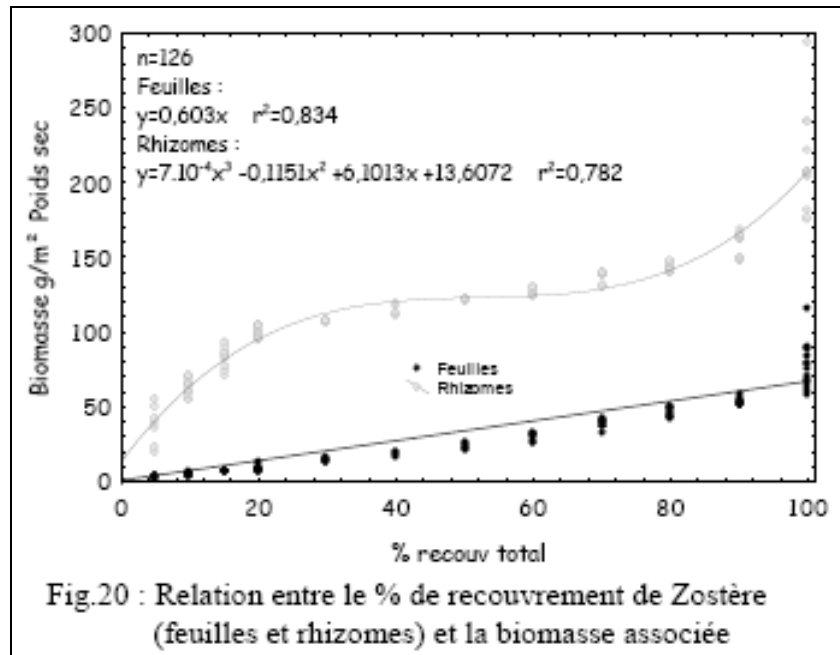


Figure 8b : Relation entre la biomasse épigée (g PS/m²) et le pourcentage de recouvrement de *Zostera noltii* sur l'herbier d'Oléron (Dalloyau, 2008).

La comparaison des deux relations d'allométrie suggère un effet site avec des écarts croissant du simple au presque triple pour les recouvrements les plus forts (Figure 8c). Cela suggère la nécessité d'établir cette relation pour chaque masse d'eau.

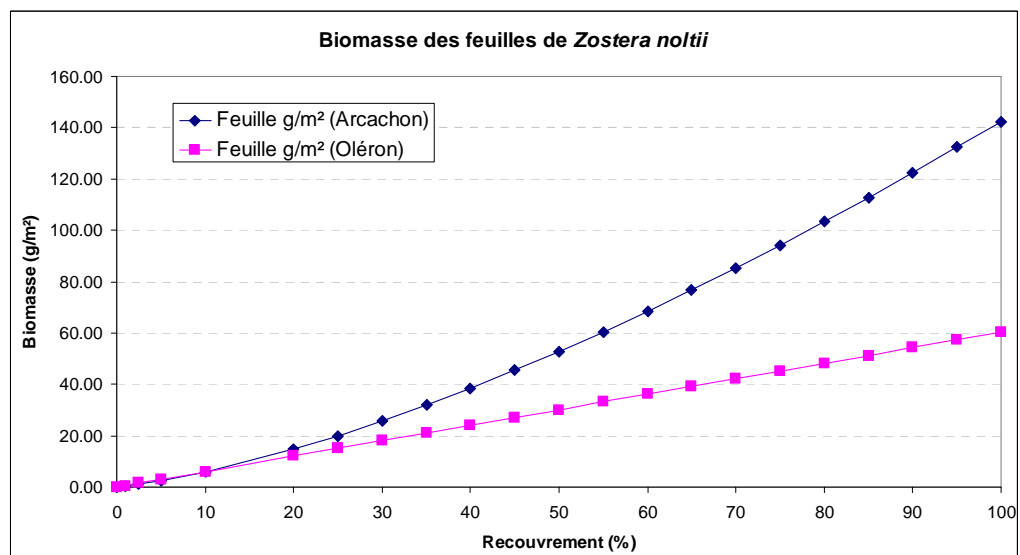


Figure 8c : Comparaison des relations entre la biomasse épigée (g PS/m²) et le pourcentage de recouvrement de *Zostera noltii* pour Arcachon (de Montaudouin, com. pers.) et Oléron (Dalloyau, 2008).

Données issues de cartographies : Zostera noltii

Une autre façon d'appréhender l'évolution des densités repose sur l'utilisation des données de recouvrement issues des cartographies.

En effet, dans certaines des masses d'eau dans lesquelles les cartographies ont été établies par photographie aérienne (Arcachon amont) ou par imagerie satellite (Baie de Bourgneuf, Pertuis Charentais, Pertuis Breton), on dispose de données de recouvrement affectées à certaines superficies d'herbiers intertidaux. On peut y calculer un indice de recouvrement et décrire son évolution au cours du temps, de la façon présentée dans le tableau 15 (exemple de la masse d'eau « Arcachon amont »).

Tableau 15 : Mode de calcul de l'indice de recouvrement à partir des données cartographiques. Exemple d'Arcachon amont.

| Arcachon amont – <i>Zostera noltii</i> | | % de surface d'herbier affecté de ce recouvrement | | |
|---|-------------------------------|--|-------------|-------------|
| Classe de recouvrement | Recouvrement moyen | 1989 | 2005 | 2008 |
| 0-25 % | 0,125 | | 6,3 | 29,7 |
| 25-75 % | 0,500 | | 27,8 | 32,0 |
| 75-100 % | 0,875 | 100,0 | 65,9 | 38,1 |
| | | | | |
| | Indice de recouvrement | 87,5 | 72,4 | 53,1 |

Proposition de grille française pour la métrique « densité »

Comme pour la métrique « extension », nous proposons une grille plus sévère que celle des britanniques pour la métrique « densité » (tableaux 16 et 17).

Tableau 16 : Grille de classement proposée par les experts français pour la métrique « densité »

| Paramètre | Très bon | Bon | Moyen | Médiocre | Mauvais |
|--|-----------------|------------|--------------|-----------------|----------------|
| Réduction de densité et/ou de recouvrement par rapport à la densité maximale et/ou le recouvrement maximal | 0-10% | 11-20% | 21-30% | 31-50% | > 51% |

Tableau 17 : Grille de correspondance entre les changements observés et la valeur de l'Ecological Quality Ratio pour la métrique « densité » proposée par les experts français

| Perturbation | Changement de la densité par rapport aux conditions de référence et EQR |
|---|--|
| Amélioration ou pas de modification visible | 0% perte = 1,0, 1% perte = 0,98, 2% perte = 0,96... 10% perte = 0,80 |
| Faibles signes de perturbation | 11% perte = 0,78, 12% perte = 0,76, 13% perte = 0,74... 20% perte = 0,60 |
| Altérations modérées | 21% perte = 0,59, 22% perte = 0,58, ... 30% perte = 0,50 |
| Altérations majeures | 31% perte = 0,49, 32% perte = 0,48, ... 50% perte = 0,30 |
| Altérations sévères | 51% perte = 0,295, 52% perte = 0,290, ... 100% perte = 0,00 |

Disponibilité de données sur la métrique « densité ».

Très peu de secteurs ont fait l'objet d'échantillonnages antérieurs aux années 1990 pour ce paramètre.

3.5.3. Propositions d'évolution du protocole DCE pour le suivi des herbiers de zostères

L'analyse des données de densité et biomasse acquises depuis 2007 dans le cadre du REBENT et de la DCE nous permet de constater une forte variabilité de ces paramètres dans le temps et l'espace, ce qui rend difficile leur utilisation comme métrique dans l'indicateur. Cette forte variabilité conduit à préconiser un renforcement de la fréquence d'acquisition (annuelle sur le prochain plan de gestion) et à s'interroger sur la représentativité d'une seule station par masse d'eau.

De plus dans leur état actuel, les protocoles d'échantillonnage DCE conduisent à acquérir de nombreuses données non utilisées comme métrique dans l'indicateur.

Pour ce qui est des densités, il est donc proposé, à partir de 2011 :

- Pour *Zostera marina* (parce qu'elle est subtidale et que le suivi stationnel est le seul possible), de conserver le protocole actuel (annexe 1) en supprimant quelques métriques : épiphytes, brouteurs, sédiment (si échantillonné par ailleurs en même temps que la faune benthique). Pour cette espèce, l'abondance sera estimée à partir de la métrique « densité ».
- Pour *Zostera noltii* d'abandonner le suivi stationnel (annexe 1) et d'adopter un nouveau protocole basé sur l'estimation du recouvrement sur une grille de points. Pour cette espèce, l'abondance sera estimée à partir de la métrique « recouvrement ». Les données antérieures à 2011 seront calculées à partir des cartographies indiquant les classes de recouvrement (voir tableaux 14 et 15).
- Dans les deux cas, on peut prévoir un échantillonnage des principaux groupes de macroalgues présents sur les herbiers.

Pour le suivi de l'extension des herbiers, l'évolution des techniques cartographiques par imagerie aérienne devrait permettre à terme, à moyens humains et financiers constants, d'augmenter les fréquences d'observation.

Ces propositions seront reprises dans le nouveau protocole DCE qui sera élaboré et diffusé en 2011.

3.6. Combinaison des métriques pour définir le statut écologique

La démarche d'intercalibration en cours (Carletti et Heiskanen Ed., 2009) a consisté à comparer les résultats obtenus dans différents pays européens pour chaque métrique et a abouti à des classements concordants pour chacune des trois métriques : composition spécifique, pourcentage de couverture et extension.

Une première étape d'agrégation des métriques a été proposée par l'Irlande, les Pays-Bas et le Royaume-Uni, en utilisant une matrice regroupant les évolutions respectives de la **densité** et de la **composition spécifique** (Tableau 18).

Tableau 18 : Matrice d'agrégation de la composition spécifique et de la densité (Carletti et Heiskanen ed., 2009).

| | Densité | Perte 0-10 % | Perte 11-30 % | Perte 31-50 % | Perte 51-70 % | Perte > 70 % |
|---------------------------|---------------------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|
| Composition spécifique | Pas de perte d'espèce | | | | | |
| | 1 sp perdue ; 2 spp restent | | | | | |
| | 1 sp perdue ; 1 sp reste | | | | | |
| | 2 spp perdues; 1 sp reste | | | | | |
| | Toutes spp perdues | | | | | |

| Etat | Très bon | Bon | Moyen | Médiocre | Mauvais |
|------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|
| EQR | 0.9 (1.0 – 0.8) | 0.7 (0.79 – 0.6) | 0.5 (0.59 – 0.4) | 0.3 (0.39 – 0.2) | 0.1 (0-<0.2) |

Par ailleurs, ces auteurs retiennent les classes précédemment définies pour l'évolution de l'extension (Tableau 19) et ne proposent pas d'agrégation de cette métrique avec les précédentes.

Tableau 19 : Classements des masses d'eau pour le paramètre « Extension » (Carletti et Heiskanen Ed., 2009).

| Pays | Paramètre | Très bon | Bon | Moyen | Médiocre | Mauvais |
|-------------------|-----------------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|
| UK, NL, DE, IE | Evolution de l'extension | Perte 0-10 % | Perte 11-30 % | Perte 31-50 % | Perte 51-70 % | Perte > 70 % |

| Etat | Très bon | Bon | Moyen | Médiocre | Mauvais |
|------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|
| EQR | 0.9 (1.0 – 0.8) | 0.7 (0.79 – 0.6) | 0.5 (0.59 – 0.4) | 0.3 (0.39 – 0.2) | 0.1 (0-<0.2) |

Les auteurs précisent, en conclusion, que la question de la combinaison des 3 métriques reste posée pour aboutir à un EQR final ; ils ne statuent pas sur le poids respectif des EQR calculés à partir des différentes métriques.

En première approche et dans l'attente d'un consensus au niveau européen, les experts français considèrent que la démarche la plus judicieuse consiste à effectuer une moyenne des trois EQR obtenus pour estimer la qualité écologique de la masse d'eau. Le statut écologique correspond aux valeurs indiquées dans le tableau 20.

Tableau 20 : Proposition de grille pour l'élément de qualité « angiospermes »

| Statut écologique | EQR « angiospermes » |
|----------------------|-------------------------|
| Très bon état | 0,8–1,0 |
| Bon état | 0,6–0,79 |
| Etat moyen | 0,4–0,59 |
| Etat médiocre | 0,2–0,39 |
| Mauvais état | 0,0–0,19 |

Dans le cas où une des métriques est impossible à renseigner, Foden et Brazier (2007) proposent d'utiliser les deux métriques restantes. C'est également la position des experts français.

Dans un certain nombre de cas, l'absence de séries de données anciennes oblige à recourir à l'avis d'expert.

Dans les chapitres suivants, les masses d'eau françaises suivies au titre du contrôle de surveillance DCE ont été évaluées selon la méthode française pour l'indicateur angiosperme. Par ailleurs, pour les trois métriques, la grille britannique a été appliquée au jeu de données français de façon à comparer les résultats issus des deux méthodes de classement.

4. Indicateur « angiospermes » par Masse d'eau

Les données recueillies et leurs sources sont présentées dans les fiches par masse d'eau annexées à ce document (annexe 2). Les chapitres suivants présentent le classement des masses d'eau vis-à-vis de l'indicateur « angiosperme » à partir des données contenues dans ces fiches.

4.1. Estuaire de la Bidassoa – FRFT08

• Composition taxinomique

Disparition de *Zostera marina* entre 1913 et la période actuelle. Seule *Zostera noltii* est actuellement présente dans la masse d'eau.

☞ Altération modérée EQR = 0,7

• Extension (du côté français)

Zostera noltii :

- 1976 (plus grande extension connue) : 8,7 ha
- 2007 : 1,7 ha

On observe une régression de 81% de l'emprise totale des herbiers.

☞ Altération sévère, EQR = 0,22

Zostera marina : intensité de la régression inconnue.

• Densité

Pas de données anciennes à comparer avec les données récentes.

☞ EQR = inconnu

| Estuaire de la Bidassoa | Indices | | | Indicateur |
|-------------------------|-------------|-----------|----------------|-------------|
| | Composition | Extension | Densité | Angiosperme |
| EQR | 0,7 | 0,22 | pas de données | 0,46 |
| Etat | Bon | Mauvais | Inconnu | Moyen |

Remarque : Pour *Zostera noltii*, la régression de l'extension s'explique dans cette masse d'eau par des modifications morpho-bathymétriques d'origine anthropique. Nous suggérons le classement de l'estuaire de la Bidassoa en Masse d'Eau Fortement Modifiée (MEFM). En effet, à moins de réaliser de profondes transformations morpho-bathymétriques, il est peu probable que cette masse d'eau puisse atteindre le bon état pour l'indicateur « angiospermes ».

4.2. Lac d'Hossegor - FRFC09

• Composition taxinomique

Zostera noltii et *Zostera marina* sont apparues dans le lac depuis les années 1960.

☞ Amélioration, EQR = 1

• Extension

| | <i>Z. marina</i> | <i>Z. noltii</i> | Total |
|------|------------------|------------------|---------|
| 1995 | 2,3 ha | 0,33 ha | 2,63 ha |
| 2008 | 0,47 ha | 0,46 ha | 0,93 ha |

On observe une régression de 65% de l'emprise totale des herbiers.

☞ Altération sévère, EQR = 0,225

• Densité

Pas de données anciennes à comparer avec les données récentes.

| Lac d'Hossegor | Indices | | | Indicateur |
|----------------|-------------|-----------|----------------|-------------|
| | Composition | Extension | Densité | Angiosperme |
| EQR | 1 | 0,225 | pas de données | 0,61 |
| Etat | Très bon | Mauvais | Inconnu | Bon |

Remarque : La régression de l'extension de l'herbier de *Zostera marina* s'explique ici par une modification morpho-bathymétrique (progression de bancs de sable).

4.3. Arcachon amont - FRFC06

• Composition taxinomique

Zostera noltii et *Zostera marina* présentes depuis 1855 au moins.
Aucune disparition d'espèces.

☞ Pas de modification visible, EQR = 1

• Extension

| | <i>Z. marina</i> | <i>Z. noltii</i> | Total |
|------|------------------|------------------|----------|
| 1989 | 381 ha | 6 846 ha | 7 227 ha |
| 2008 | 104 ha | 4 569 ha | 4 673 ha |

On observe une régression de 35% de l'emprise totale des herbiers entre 1989 et 2008.

☞ Altération majeure, EQR = 0,45

• Densité

Z. noltii

- Densité: 25 % de perte entre 1984 et 2008

☞ Altération modérée, EQR = 0,55

- Biomasse : 7 % de perte entre 1984 et 2008, soit un EQR de 0,86

☞ Pas de modification visible, EQR = 0,86

- Recouvrement² (ensemble de la masse d'eau) : 39 % de perte entre 1989 et 2008

☞ Altération majeure, EQR = 0,41

Z. marina : Pas de données anciennes à comparer aux données actuelles

| Arcachon amont | Indices | | | Indicateur |
|----------------|-------------|-----------|-----------|-------------|
| | Composition | Extension | Densité | Angiosperme |
| EQR | 1 | 0,45 | 0,41-0,86 | 0,62-0,77 |
| Etat | Très bon | Médiocre | Médiocre | Bon |
| | | | Très bon | |

Remarque : comme expliqué dans le texte de ce document, il semble plus réaliste d'utiliser les données de recouvrement pour évaluer l'indice de densité. Quoiqu'il en soit, le résultat final de l'évaluation n'est pas affecté ici par le choix de l'une ou l'autre des métriques (densité, biomasse, recouvrement).

² Calcul du recouvrement : cf. tableau 15.

4.4. Pertuis Charentais - FRFC02

• Composition taxinomique

Zostera noltii est connue dans la masse d'eau depuis 1974 au moins.
La présence de *Zostera marina* n'a jamais été signalée.

☞ Pas de modification visible, EQR = 1

• Extension

Zostera noltii

| 1989 | 1997 | 2006 | 2007 |
|----------|--------|----------|----------|
| 1 232 ha | 852 ha | 1 528 ha | 1 337 ha |

☞ Amélioration, EQR = 1

• Densité

Z. noltii (Référence recouvrement : 1989)

| 1989 | 1997 | 2006 | 2007 |
|------|------|------|------|
| 44 | 48 | 55 | 80 |

☞ Amélioration, EQR = 1

| Pertuis charentais | Indices | | | Indicateur |
|--------------------|-------------|-----------|----------|-------------|
| | Composition | Extension | Densité | Angiosperme |
| EQR | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Etat | Très bon | Très bon | Très bon | Très bon |

Remarque : L'herbier de *Zostera noltii* est en progression depuis les années 2000 sur Oléron.

4.5. Pertuis Breton – FRGC53

• Composition taxinomique

Zostera noltii et *Zostera marina* sont signalées dans la masse d'eau depuis 1920 au moins.

Zostera marina a progressivement disparu de ce secteur entre les années 1930 et 1970. *Zostera noltii* y est toujours présente ; signalons toutefois une brève période (1965-1966) au cours de laquelle cette espèce a fortement régressé.

☞ Altération modérée, EQR = 0,7

• Extension

Zostera noltii

| 1989 | 1997 | 2006 | 2007 |
|--------|---------|--------|--------|
| 358 ha | 452 ha* | 451 ha | 412 ha |

* extension maximale observée

On observe une régression de 9% de l'emprise totale des herbiers entre 1997 et 2007.

☞ Pas de modification visible, EQR = 0,82

• Densité

Z. noltii (recouvrement)

| 1989 | 1997 | 2006 | 2007 |
|------|------|------|------|
| 42 | 53 | 53 | 81 |

☞ Amélioration, EQR = 1

| Pertuis breton | Indices | | | Indicateur |
|----------------|-------------|-----------|----------|-------------|
| | Composition | Extension | Densité | Angiosperme |
| EQR | 0,7 | 0,82 | 1 | 0,84 |
| Etat | Bon | Très bon | Très bon | Très bon |

Remarque : L'herbier de *Zostera marina* disparu sur le pourtour Nord de l'île de Ré subsiste de nos jours sur son pourtour Sud et Ouest en plusieurs populations relictées de faibles superficies.

4.6. Baie de Bourgneuf - FRGC48

• Composition taxinomique

Zostera noltii est présente dans la masse d'eau depuis 1976 au moins.

Les herbiers de *Zostera marina* ont été dévastés par le Wasting Disease dans les années 1930. Cependant, cette espèce était signalée dans cette masse d'eau au milieu des années 1970. Actuellement, elle est toujours présente mais occupe de très faibles surfaces dans la masse d'eau.

☞ Pas de modification visible, EQR = 1

• Extension

Zostera noltii

| 1991 | 1993 | 1996 | 1997 | 1998 | 2005 |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 208 ha | 236 ha | 249 ha | 131 ha | 423 ha | 586 ha |

☞ Amélioration, EQR = 1

• Densité

Zostera noltii (recouvrement)

| 1991 | 1993 | 1996 | 1997 | 1998 | 2005 |
|------|------|------|------|------|------|
| 50 | 46 | 51 | 56 | 57 | 58 |

☞ Amélioration, EQR = 1

| Baie de Bourgneuf | Indices | | | Indicateur |
|-------------------|-------------|-----------|----------|-------------|
| | Composition | Extension | Densité | Angiosperme |
| EQR | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Etat | Très bon | Très bon | Très bon | Très bon |

4.7. Golfe du Morbihan - FRGC39

• Composition taxinomique

On dispose d'informations sur la présence de *Zostera noltii* depuis les années 1950. *Zostera marina* est signalée depuis la fin du 19^e siècle.

☞ Pas de modification visible, EQR = 1

• Extension

| | <i>Z. marina</i> | <i>Z. noltii</i> | Total |
|------------|------------------|------------------|----------------|
| 1930 | 3 000-4 000 ha | / | 3 000-4 000 ha |
| 1960-1964 | 80-110 ha | 1 170-1 310 ha | 1250-1420 ha |
| 1965-1972 | 1 420-1540 ha | 1 130-1 260 ha | 2550-2800 ha |
| 1978-1982* | 530-580 ha | 1300-1390 ha | 1830-1970 ha |
| 1991 | 450-550 ha | 1 100-1 300 ha | 1550-1850 ha |
| 2000 | 804 ha | 529 ha | 1333 ha |
| 2002-2007 | 1078 ha | 723 ha | 1801 ha |

* période de référence, valeur moyenne 1 900 ha

☞ Pas de modification visible entre 1980 et 2007 (diminution de 5%), EQR = 0,9

• Densité

Les séries de données anciennes ne peuvent pas être utilisées car les points d'échantillonnage sont situés dans des zones différentes des points REBENT.

Les données acquises depuis 2004 montrent une augmentation régulière de la densité pour *Zostera marina*. En attendant la définition des conditions de référence pour cette masse d'eau, on estime, à dire d'expert, que l'évolution récente des densités traduit le très bon état pour ce paramètre.

Pour *Zostera noltii*, l'unique campagne d'échantillonnage révèle de fortes densités et des biomasses moyennes. Le nouveau protocole qui sera mis en place à partir de 2011 permettra d'acquérir les données nécessaires à l'expertise sur cette espèce.

☞ Amélioration (pour *Z. marina*), EQR = 1

| Golfe du Morbihan | Indices | | | Indicateur |
|-------------------|-------------|-----------|----------|-------------|
| | Composition | Extension | Densité | Angiosperme |
| EQR | 1 | 0,9 | 1 | 0,97 |
| Etat | Très bon | Très bon | Très bon | Très bon |

4.8. Concarneau (large) - FRGC28

• Composition taxinomique

Zostera marina (qui avait quasiment disparu dans les années 1930 suite au Wasting Disease) occupe de vastes surfaces dans la masse d'eau. *Zostera noltii* est observée très ponctuellement.

☞ Pas de modification visible, EQR = 1

• Extension

Sur les secteurs suivis entre 1993 et 2000, on note une augmentation des surfaces occupées par les herbiers. Nous ne disposons pas d'informations plus récentes.

☞ EQR = inconnu

• Densité

Les données acquises entre 2007 et 2009 montrent une certaine stabilité des densités, qui sont par ailleurs élevées par rapport aux autres herbiers de Manche-Atlantique.

☞ Pas de modification visible, EQR = 1

| Concarneau (large) | Indices | | | Indicateur |
|-----------------------|-------------|-----------|----------|-------------|
| | Composition | Extension | Densité | Angiosperme |
| EQR | 1 | / | 1 | 1 |
| Etat | Très bon | Inconnu | Très bon | Très bon |

4.9. Iroise (large) - FRGC18

• Composition taxinomique

Seule *Zostera marina* est présente dans la masse d'eau, après en avoir totalement disparu dans les années 1930 (Wasting Disease).

☞ Pas de modification visible, EQR = 1

• Extension

Les seules données relatives à l'extension des herbiers dans cette masse d'eau datent de 2005. Une étude est en cours dans le cadre du Parc Marin d'Iroise ; les nouvelles données permettront d'afficher ultérieurement un EQR pour ce paramètre.

☞ EQR = inconnu

• Densité

Les données acquises depuis 2004 montrent une stabilité des densités pour *Zostera marina*. En attendant la définition des conditions de référence pour cette masse d'eau, on estime, à dire d'expert, que l'évolution récente des densités traduit le très bon état pour ce paramètre.

☞ Pas de modification visible, EQR = 1

| Iroise (large) | Indices | | | Indicateur |
|----------------|-------------|-----------|----------|-------------|
| | Composition | Extension | Densité | Angiosperme |
| EQR | 1 | / | 1 | 1 |
| Etat | Très bon | Inconnu | Très bon | Très bon |

4.10. Rade de Brest - FRGC16

• Composition taxinomique

Zostera marina et *Zostera noltii* sont présentes dans la masse d'eau. Seule *Zostera marina* (qui avait totalement disparu suite au Wasting Disease) est suivie au titre du contrôle de surveillance DCE.

☞ Pas de modification visible, EQR = 1

• Extension

Sur les secteurs suivis entre 1993 et 2000, on note une augmentation des surfaces occupées par les herbiers. Nous ne disposons pas d'informations plus récentes.

☞ EQR = inconnu

• Densité

Les données acquises entre 2004 et 2009 montrent une diminution des densités pour *Zostera marina* (diminution de 29% entre 2004-2005 et 2008-2009).

☞ Altérations modérées, EQR = 0,51

| Rade de Brest | Indices | | | Indicateur |
|---------------|-------------|-----------|---------|-------------|
| | Composition | Extension | Densité | Angiosperme |
| EQR | 1 | / | 0,51 | 0,75 |
| Etat | Très bon | Inconnu | Moyen | Bon |

4.11. Les Abers (large) - FRGC13

• Composition taxinomique

Zostera marina et *Zostera noltii* sont présentes dans la masse d'eau. Seule *Zostera marina* (qui avait totalement disparu suite au Wasting Disease) est suivie au titre du contrôle de surveillance DCE.

☞ Pas de modification visible, EQR = 1

• Extension

Sur les secteurs suivis entre 1993 et 2000, on note une augmentation des surfaces occupées par les herbiers de *Zostera marina*. Nous ne disposons pas d'informations plus récentes.

☞ EQR = inconnu

• Densité

Les données acquises entre 2004 et 2009 montrent une diminution des densités pour *Zostera marina* (diminution de 50% entre 2004-2005 et 2008-2009).

☞ Altérations majeures, EQR = 0,3

| Les Abers (large) | Indices | | | Indicateur |
|----------------------|-------------|-----------|----------|-------------|
| | Composition | Extension | Densité | Angiosperme |
| EQR | 1 | / | 0,3 | 0,65 |
| Etat | Très bon | Inconnu | Médiocre | Bon |

4.12. Baie de Morlaix - FRGC11

• Composition taxinomique

Zostera marina et *Zostera noltii* sont présentes dans la masse d'eau. Seule *Zostera marina* (qui avait totalement disparu suite au Wasting Disease) est suivie au titre du contrôle de surveillance DCE. En effet, les travaux du REBENT (Corbeau et Rollet, 2008) montrent que *Zostera noltii* occupe des surfaces très réduites dans cette masse d'eau.

☞ Pas de modification visible, EQR = 1

• Extension

Sur les secteurs suivis entre 1993 et 2000, on note une stabilité des surfaces occupées par les herbiers. Nous ne disposons pas d'informations plus récentes.

☞ EQR = inconnu

• Densité

Les données acquises depuis 2004 montrent une augmentation des densités pour *Zostera marina*. En attendant la définition des conditions de référence pour cette masse d'eau, on estime, à dire d'expert, que l'évolution récente des densités traduit le très bon état pour ce paramètre.

☞ Pas de modification visible, EQR = 1

| Baie de Morlaix | Indices | | | Indicateur |
|-----------------|-------------|-----------|----------|-------------|
| | Composition | Extension | Densité | Angiosperme |
| EQR | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Etat | Très bon | Inconnu | Très bon | Très bon |

4.13. Perros-Guirec (large) - FRGC08

- **Composition taxinomique**

Seule *Zostera marina* est présente dans la masse d'eau.

☞ Pas de modification visible, EQR = 1

- **Extension**

Les seules données relatives à l'extension des herbiers dans cette masse d'eau datent de 2005.

☞ EQR = inconnu

- **Densité**

Les données acquises depuis 2007 montrent une stabilité des densités pour *Zostera marina*, qui sont par ailleurs élevées par comparaison avec les autres herbiers de Manche-Atlantique. En attendant la définition des conditions de référence pour cette masse d'eau, on estime, à dire d'expert, que l'évolution récente des densités traduit le très bon état pour ce paramètre.

☞ Pas de modification visible, EQR = 1

| Perros-Guirec (large) | Indices | | | Indicateur |
|--------------------------|-------------|-----------|----------|-------------|
| | Composition | Extension | Densité | Angiosperme |
| EQR | 1 | / | 1 | 1 |
| Etat | Très bon | Inconnu | Très bon | Très bon |

4.14. Paimpol - Perros Guirec - FRGC07

- **Composition taxinomique**

Zostera marina (qui avait totalement disparu suite au Wasting Disease) et *Zostera noltii* sont présentes dans la masse d'eau. Seule *Zostera marina* est suivie au titre du contrôle de surveillance DCE.

☞ Pas de modification visible, EQR = 1

- **Extension**

Les seules données relatives à l'extension des herbiers dans cette masse d'eau datent de la période 2003-2007.

☞ EQR = inconnu

- **Densité**

Les données acquises depuis 2004 montrent une tendance légèrement croissante des densités de *Zostera marina*, qui sont par ailleurs élevées par comparaison avec les autres herbiers de Manche-Atlantique. En attendant la définition des conditions de référence pour cette masse d'eau, on estime, à dire d'expert, que l'évolution récente des densités traduit le très bon état pour ce paramètre.

☞ Pas de modification visible, EQR = 1

| Paimpol-Perros Guirec | Indices | | | Indicateur |
|--------------------------|-------------|-----------|----------|-------------|
| | Composition | Extension | Densité | Angiosperme |
| EQR | 1 | / | 1 | 1 |
| Etat | Très bon | Inconnu | Très bon | Très bon |

4.15. Rance - Fresnaye - FRGC03

• Composition taxinomique

Zostera marina est présente dans la masse d'eau ; elle avait totalement disparu suite au Wasting Disease dans les années 1930. *Zostera noltii* est signalée pour la première fois dans les années 1950.

Aucune disparition d'espèces.

☞ Pas de modification visible, EQR = 1

• Extension

On ne dispose pas de l'évolution historique de l'emprise des deux espèces pour l'ensemble de la masse d'eau.

Néanmoins, l'extension de l'herbier de *Z. noltii* de la plage des Haas est connue depuis 1926 grâce à un jeu de photographies aériennes qui a fait l'objet d'une photo-interprétation. On observe une extension régulière de cet herbier depuis 1982, confirmée par les derniers relevés effectués en 2008.

Pour *Z. marina*, on dispose de séries de données historiques sur deux secteurs : plage de l'écluse et baie du Prieuré (Dinard) depuis 1952. Sur ces deux secteurs, on note une extension des herbiers entre 1982 et 2002.

☞ Amélioration (sur les secteurs étudiés), EQR = 1

• Densité

Les seules données relatives à la densité des herbiers de *Z. noltii* dans cette masse d'eau datent de 2007, ce qui ne permet pas de calculer un indice pour ce paramètre.

Pour *Z. marina* en revanche, nous disposons de données de 2005 à 2009, qui traduisent une légère augmentation des densités au cours de cette période.

☞ Amélioration (pour *Z. marina*), EQR = 1

| Rance-Fresnaye | Indices | | | Indicateur |
|----------------|-------------|-----------|----------|-------------|
| | Composition | Extension | Densité | Angiosperme |
| EQR | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Etat | Très bon | Très bon | Très bon | Très bon |

4.16. Archipel Chausey - FRHC01

• Composition taxinomique

Zostera marina est présente dans la masse d'eau ; elle avait totalement disparu suite au Wasting Disease dans les années 1930. Seule cette espèce est suivie dans le cadre de la surveillance DCE.

Zostera noltii est signalée pour la première fois en 2002.

Aucune disparition d'espèces.

☞ Pas de modification visible, EQR = 1

• Extension

| | | | | | |
|--------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 1924 | 1953 | 1982 | 1992 | 2002 | 2008 |
| 763 ha | 60 ha | 164 ha | 179 ha | 343 ha | 331 ha |

On note une très légère régression de l'herbier (4%) par rapport à la surface maximum observée en 2002.

☞ Pas de modification visible, EQR = 0,92

• Densité

Les seules données relatives à la densité des herbiers dans cette masse d'eau datent de 2007, ce qui ne permet pas de calculer un indice pour ce paramètre.

☞ EQR = inconnu

| Archipel Chausey | Indices | | | Indicateur |
|------------------|-------------|-----------|---------|-------------|
| | Composition | Extension | Densité | Angiosperme |
| EQR | 1 | 0,92 | / | 0,96 |
| Etat | Très bon | Très bon | Inconnu | Très bon |

4.17. Ouest Cotentin - FRHC03

• Composition taxinomique

Zostera marina (qui avait totalement disparu suite au Wasting Disease dans les années 1930) est à nouveau signalée dans la masse d'eau depuis 1983. *Zostera noltii* n'est pas signalée dans cette masse d'eau.

Aucune disparition d'espèces.

☞ Pas de modification visible, EQR = 1

• Extension

La superficie des herbiers est passée de 884 ha en 1983 (Guillaumont *et al.*, 1987) à 156 ha en 2008 (Nebout *et al.*, 2009), soit une diminution de 82%. Cette forte régression est due essentiellement à la création de parcs à huîtres.

☞ Altérations sévères, EQR = 0,14

• Densité

Les seules données relatives à la densité des herbiers dans cette masse d'eau datent de 2007, ce qui ne permet pas de calculer un indice pour ce paramètre.

☞ EQR = inconnu

| Ouest Cotentin | Indices | | | Indicateur |
|----------------|-------------|-----------|---------|-------------|
| | Composition | Extension | Densité | Angiosperme |
| EQR | 1 | 0,14 | / | 0,57 |
| Etat | Très bon | Mauvais | Inconnu | Moyen |

5. Bilan de l'indicateur « angiospermes » dans les masses d'eau du littoral Manche-Atlantique selon la proposition de grille française (masses d'eau suivies au titre du contrôle de surveillance DCE)

Tableau 19 : Classement provisoire des masses d'eau pour l'élément de qualité « angiosperme » sur la façade Manche-Atlantique

| Masses d'eau | | Indices | | | Indicateur |
|--------------|-----------------------|-------------|-----------|---------|-------------|
| n° | Nom | Composition | Extension | Densité | Angiosperme |
| FRFT08 | Estuaire Bidassoa | | | | |
| FRFC09 | Lac d'Hossegor | | | | |
| FRFC06 | Arcachon amont | | | | |
| FRFC02 | Pertuis charentais | | | | |
| FRGC53 | Pertuis breton | | | | |
| FRGC48 | Baie de Bourgneuf | | | | |
| FRGC39 | Golfe du Morbihan | | | | |
| FRGC28 | Concarneau large | | | | |
| FRGC18 | Iroise large | | | | |
| FRGC16 | Rade de Brest | | | | |
| FRGC13 | Les Abers (large) | | | | |
| FRGC11 | Baie de Morlaix | | | | |
| FRGC08 | Perros-Guirec (large) | | | | |
| FRGC07 | Paimpol-Perros-Guirec | | | | |
| FRGC03 | Rance-Fresnaye | | | | |
| FRHC01 | Archipel Chausey | | | | |
| FRHC03 | Ouest Cotentin | | | | |

| | | | | | |
|---------------|----------|------------|---------------|--------------|--------------|
| Très bon état | Bon état | Etat moyen | Etat médiocre | Mauvais état | Etat inconnu |
|---------------|----------|------------|---------------|--------------|--------------|

Les résultats synthétiques présentés dans le tableau 19 permettent de proposer un certain nombre de réflexions concernant l'état des herbiers des 17 masses d'eau côtières et de transition suivies pour l'élément de qualité « angiosperme » sur la façade Manche-Atlantique française.

En préalable, il faut souligner que l'absence de données pour l'une ou l'autre des métriques « extension » et « densité » dans certaines masses d'eau doit conduire à interpréter les résultats du classement avec une certaine prudence.

- En dépit (1) de l'existence de pressions anthropiques dans plusieurs de ces masses d'eau (pêche à pied, conchyliculture, modifications bathymétriques,...) et (2) de la relative sévérité³ du mode de calcul des EQR pour la densité et l'extension, **seules deux masses d'eau (« Estuaire Bidassoa » et « Ouest Cotentin ») n'atteignent pas le Bon état vis-à-vis de cet élément de qualité.**

- **Composition taxinomique** : sur la façade Manche-Atlantique, les disparitions d'espèces de phanérogames sont rares (observées dans deux masses d'eau, « Estuaire Bidassoa » et « Pertuis Breton ») et dans les deux cas, c'est *Zostera marina* qui a disparu.

- **Extension** : Trois masses d'eau sont en « mauvais état » du point de vue de cette métrique. Dans deux cas (« Estuaire Bidassoa » et « Lac d'Hossegor »), des facteurs morpho-bathymétriques (d'origine anthropique ou naturelle) permettent d'expliquer la régression des herbiers. Pour la masse d'eau « Ouest Cotentin », la régression récente des herbiers est la conséquence directe des aménagements ostréicoles sur leur emprise ancienne.

Pour la masse d'eau « Arcachon amont » (où la régression observée indique un état « médiocre » pour cette métrique), l'effet de modifications physiques du milieu ne peut pas être invoqué. Les causes possibles de cette régression ont été recensées (facteurs météorologiques, prédation par les oiseaux, impact des herbicides, effet de la maladie atteignant *Zostera marina*) et leurs impacts respectifs font l'objet d'une étude.

Dans toutes les autres masses d'eau étudiées, la surface occupée par les herbiers est stable, voire en augmentation.

- **Densité** : Seules trois masses d'eau présentent un état « moyen » ou « médiocre » pour cette métrique. Dans les herbiers de la masse d'eau « Arcachon amont », cette réduction des densités est parallèle à celle de l'extension, indiquant clairement une dégradation de ces habitats. Dans la « Rade de Brest » et « les Abers (large) », l'absence de données anciennes d'extension rend l'interprétation de cette diminution récente des densités plus délicate.

³ Pour un même état de régression, les classements proposés par les experts français pour les métriques « extension » et « densité » conduisent à des notes plus basses que celles proposées par les britanniques.

6. Comparaison des résultats obtenus avec les grilles française et britannique sur les masses d'eau du littoral français Manche-Atlantique

Sur la base des données disponibles, nous avons appliqué les grilles anglaise et française pour les 3 métriques prises séparément (composition, extension, densité). En l'absence de recommandation au niveau européen pour agréger les métriques, nous ne proposons pas d'EQR global à l'issue de cet exercice.

Dans l'ensemble, les résultats sont concordants. On peut toutefois noter quelques différences liées au fait que :

- La grille française est moins sévère pour la composition (au moins lorsque c'est *Zostera marina* qui disparaît)
- La grille britannique est moins sévère pour l'extension et la densité.

| Masse d'eau | | Indices | | |
|-------------------------|-----------|-------------|-----------|----------|
| | | Composition | Extension | Densité |
| Estuaire de la Bidassoa | grille FR | Bon | Mauvais | Inconnu |
| | grille UK | Moyen | Mauvais | Inconnu |
| Lac d'Hossegor | grille FR | Très bon | Mauvais | Inconnu |
| | grille UK | Très bon | Médiocre | Inconnu |
| Arcachon amont | grille FR | Très bon | Médiocre | Médiocre |
| | grille FR | Très bon | Moyen | Moyen |
| Pertuis charentais | grille FR | Très bon | Très bon | Très bon |
| | grille UK | Très bon | Très bon | Très bon |
| Pertuis breton | grille FR | Bon | Très bon | Très bon |
| | grille UK | Moyen | Très bon | Très bon |
| Baie de Bourgneuf | grille FR | Très bon | Très bon | Très bon |
| | grille UK | Très bon | Très bon | Très bon |
| Golfe du Morbihan | grille FR | Très bon | Très bon | Très bon |
| | grille UK | Très bon | Très bon | Très bon |
| Concarneau (large) | grille FR | Très bon | Inconnu | Très bon |
| | grille UK | Très bon | Inconnu | Très bon |
| Iroise (large) | grille FR | Très bon | Inconnu | Très bon |
| | grille UK | Très bon | Inconnu | Très bon |
| Rade de Brest | grille FR | Très bon | Inconnu | Moyen |
| | grille UK | Très bon | Inconnu | Bon |
| Les abers (large) | grille FR | Très bon | Inconnu | Médiocre |
| | grille UK | Très bon | Inconnu | Moyen |
| Baie de Morlaix | grille FR | Très bon | Inconnu | Très bon |
| | grille UK | Très bon | Inconnu | Très bon |
| Perros-Guirec (large) | grille FR | Très bon | Inconnu | Très bon |
| | grille UK | Très bon | Inconnu | Très bon |
| Paimpol-Perros Guirec | grille FR | Très bon | Inconnu | Très bon |
| | grille UK | Très bon | Inconnu | Très bon |
| Rance-Fresnaye | grille FR | Très bon | Très bon | Très bon |
| | grille UK | Très bon | Très bon | Très bon |
| Archipel Chausey | grille FR | Très bon | Très bon | Inconnu |
| | grille UK | Très bon | Très bon | Inconnu |
| Ouest Cotentin | grille FR | Très bon | Mauvais | Inconnu |
| | grille UK | Très bon | Mauvais | Inconnu |

Conclusion

Ce rapport constitue la proposition française pour l'indicateur DCE « angiosperme » dans les masses d'eau du littoral Manche-Atlantique.

L'indicateur retenu est basé sur les deux espèces *Zostera marina* et *Zostera noltii*, et sur l'utilisation de trois métriques : composition taxinomique, extension et densité.

Un EQR (Ecological Quality Ratio) est établi pour chaque métrique et la moyenne des trois EQR donne l'état de la masse d'eau pour l'élément de qualité « angiosperme ».

Le classement actuel, réalisé à partir des données disponibles, traduit la bonne – voire la très bonne - qualité des masses d'eau du littoral français Manche-Atlantique vis-à-vis de l'indicateur « angiosperme », à l'exception de deux masses d'eau. Un essai de comparaison avec la grille britannique a été réalisé à l'occasion de ce travail : les résultats obtenus pour chaque métrique sont globalement concordants.

Compte tenu de la variabilité importante des herbiers de zostères en fonction des conditions de salinité, bathymétrie, substrat,... nous avons choisi, comme les scientifiques britanniques et néerlandais, de définir les conditions de référence non pas par type de masse d'eau, mais pour chaque masse d'eau. Elles correspondent au meilleur état possible des herbiers au cours de la période sur laquelle des données sont disponibles.

La définition de l'indicateur DCE « angiosperme » s'est justement heurtée à l'absence de données historiques pour la plupart des masses d'eau, en particulier pour l'extension et la densité. En effet, rares sont les masses d'eau qui ont fait l'objet, au cours des dernières décennies, d'un suivi régulier. De plus, lorsque ce suivi existe, les méthodes utilisées ne permettent pas systématiquement de comparer les résultats anciens et actuels.

Ce constat plaide en faveur de l'acquisition régulière de données dans les masses d'eau retenues au titre du contrôle de surveillance DCE ; ces données sont indispensables pour suivre de façon pertinente l'évolution de la qualité des masses d'eau et valider la réponse de l'indicateur aux perturbations, qu'elles soient d'origine anthropique (pêche à pied, plaisance, conchyliculture, dragages,...) ou non (broutage par les oiseaux).

C'est pourquoi, un nouveau protocole DCE de suivi des herbiers de zostères sur les côtes françaises du littoral Manche-Atlantique sera proposé à partir de 2011. L'allègement - voire l'abandon pour *Z. noltii* – du suivi de certains paramètres stationnels serait alors compensé par un échantillonnage annuel permettant de renseigner *a minima* l'indice « densité » retenu pour le calcul de l'indicateur « angiosperme ».

En parallèle, une étude est prévue en partenariat avec l'ONEMA afin d'harmoniser les méthodes de suivi de l'extension des herbiers sur les côtes françaises.

A moyen terme, une intercalibration au niveau européen pourra être envisagée.

Bibliographie

NB : La bibliographie citée ici ne concerne que les documents cités dans le corpus du rapport.

La bibliographie relative aux fiches qui décrivent les herbiers des différentes masses d'eau est incluse dans ces fiches.

Alloncle N. (2005). Evolution récente des herbiers de *Zostera marina* en Bretagne, Approche Géomatique. Université de Perpignan, Master "Environnement et Développement durable, Biodiversité et Gestion des Ressources vivantes", Sous la direction de C. HILY, LEMAR, CNRS/UBO UMR 6539. 39p. + annexe.

Bachelet G., Labourg P.J. (1983). Compte rendus de missions sur la Baie de Chingoudy en 1976, 1978, 1980, 1982 et 1983. – Etat de la flore et de la macrofaune benthique.

Barillé L., Robin M., Harin N., Bargain A., Launeau P. (2010). Increase in seagrass distribution at Bourgneuf Bay (France) detected by spatial remote sensing. *Aquatic Botany*, 92, 185-194.

Becheler R., Diekmann O., Hily C., Moalic Y., Arnaud-Haond S. (2010). The concept of population in clonal organisms: mosaics of temporally colonized patches are forming highly diverse meadows of *Zostera marina* in Brittany *Molecular Ecology* (2010) 19, 2394–2407.

Carletti, A., Heiskanen, A.-S., Ed., (2009). Water Framework Directive intercalibration technical report. Part 3: Coastal and Transitional waters. EUR 23838 EN/3 – 2009, 240 p.

Dalloyau S. (2008). Réponse fonctionnelle et stratégies d'hivernage chez un anséridé en lien avec la disponibilité de la ressource alimentaire. Cas de la Bernache cravant à ventre sombre (*Branta bernicla bernicla*) en hivernage sur le littoral atlantique (Île d'Oléron – Charente Maritime – 17). Ecole Pratique des Hautes Etudes : 118 pp + annexes.

Dalloyau S., Trut G, Plus M., Auby I., Emery E. (2009). Caractérisation de la qualité biologique des Masses d'Eau Côtières : Cartographie des herbiers de *Zostera noltii* et *Zostera marina* du Bassin d'Arcachon. Rapport Ifremer RST /LER/AR/09-003, 52 p.

de Beauchamp, P. (1920). Recherches biogéographiques sur la zone des marées à l'île de Ré. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences de Paris*, 171, 1233-1236.

de Beauchamp P. (1923). Etudes de bionomie intercotidale. Les îles de Ré et d'Yeu. *Archives de Zoologie Expérimentale et Générale*, 61, 455-520.

De Jong, D.J. (2004). Water Framework Directive: determination of the Reference condition and Potential-REF/Potential-GES and formulation of indices for plants in the coastal waters CW-NEA3 (K1), CW-NEA4 (K2), CW-NEA1 (K3), transitional waters, TW-NEA11 (O2), and large saline lakes, NEA26 (M32), in The Netherlands. Working document RIKZ/OS/2004.832.x; final draft, 30 p.

de Heij H, Nienhuis PH (1992) Intraspecific variation in intraspecific patterns of phenotypically separated populations of *Zostera marina* in the ZW Netherlands. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 161, 1–14.

den Hartog C (1970) *The Seagrasses of the World*. North Holland publishing Company, Amsterdam, 275pp.

- Foden J.** (2007). Assessment metrics for littoral seagrass under the European Water Framework Directive; outcomes of UK intercalibration with the Netherlands. *Hydrobiologia*, 579, 187–197
- Foden J., Brazier D.P.** (2007). Angiosperms (seagrass) within the EU water framework directive : A UK perspective. *Marine Pollution Bulletin* 55, (2007) 181–195
- Fournier J.** (2009). Dépêche Ministérielle du 13 mars 1933 : état des herbiers français. *Com. Pers.*, Dinard : pp. 62.
- Glémarec** (1979). Les fluctuations temporelles des peuplements benthiques liées aux fluctuations climatiques. *Oceanol. Acta* 2, 365-371.
- Glémarec M., Le Faou Y., Cuq F.** (1997). Long-term changes of seagrass beds in the Glénan Archipelago (South Brittany). In : Colloque "Les changements à long terme dans les écosystèmes marins : méthodes d'analyse, études de cas et comparaisons inter-sites", Arcachon, France, *Oceanol. Acta*, 20, 217-227.
- Godet L.; Fournier J., van Katwijk M.M., Olivier F. Le Mao P., Retière C.** (2008). Before and after wasting disease in common eelgrass *Zostera marina* along the French Atlantic coasts: a general overview and first accurate mapping. *Diseases of aquatic organisms*, 79, 249-255.
- Lesson R.P.** (1835). Flore rochefortine, ou description des plantes qui croissent spontanément ou qui sont naturalisés aux environs de la ville de Rochefort. Rochefort, Imprimerie de Goulard, 635 pp.
- Lissardy M., de Casamajor M.N., Sanchez F.** (2007). Cartographie de l'herbier de *Zostera noltii* dans la Baie de Txingudi. Rapport CERECA-ADERA, 12 p.
- LLoyd J.** (1897). Flore de l'Ouest de la France ou description des plantes qui croissent spontanément dans les départements de : Charente-Inférieure, Deux-Sèvres, Vendée, Loire-Inférieure, Morbihan, Finistère, Côtes-du-Nord, Ille-et-Vilaine. 5^e ed. Gadeceau E., (ed.). Nantes, Guist'Hau, R. (Imprimeur-Libraire): 459 pp.
- Percival SM, Sutherland WJ, Evans PR** (1996) A spatial depletion model of the responses of grazing wildfowl to the availability of intertidal vegetation. *Journal of Applied Ecology*, 33, 979–992.
- de Beauchamp, P.** (1920). Recherches biogéographiques sur la zone des marées à l'île de Ré. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences de Paris*, 171, 1233-1236.
- Plus M., Dalloyau S., Trut G., Auby I., Montaudouin de X., Emery C., Noël C., Viala C.** (2010). Long-term evolution (1988–2008) of *Zostera* spp. meadows in Arcachon Bay (Bay of Biscay). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 87, 357–366.
- Provan J, Wilson S, Portig AA, Maggs CA** (2008). The importance of reproductive strategies in population genetic approaches to conservation: an example from the marine angiosperm genus *Zostera*. *Conservation Genetics*, 9, 271–280
- Trut G., Dalloyau S., Auby I.** (2009). Caractérisation de la qualité biologique des Masses d'Eau Côtières : Cartographie des herbiers à *Zostera noltii* et *Zostera marina* du Lac d'Hossegor MEC FRFC09. Rapport Ifremer RST/LER/AR/09-008, 21 p.
- Viala C., Noel C., Coquet M., Marchetti S., Emery E., Trut G., Dalloyau S., Plus M., Kantin R.** (2009). Cartographie de l'herbier à *Zostera marina* du Bassin d'Arcachon par fusion multi-capteurs. Présentation colloque Carhamb'ar, Brest 3-5 février 2009

Annexe 1 : Protocoles actuels pour les suivis stationnels

Protocole suivi stationnel des herbiers de *Zostera noltii* pour la DCE

➤ **Données à recueillir quand elles existent :**

Nombre et localisation des oiseaux herbivores consommateurs de *Zostera noltii* (bernaches, cygnes).

➤ **Date des prélèvements :**

Fin août à mi-septembre, période de biomasses maximales.

➤ **Observations complémentaires**

- Arpenter les alentours de chaque station pour déterminer si *Zostera marina* parvozostéride (variété à petites feuilles, souvent présente dans les cuvettes) est ou non présente sur le site. Si elle n'y est pas, prospector rapidement d'autres herbiers pour essayer de la trouver. *Cette prospection s'avère nécessaire surtout dans les cas où cette forme était connue des herbiers d'une zone donnée.*

- Estimer sur une surface assez étendue autour de chaque station (250 m² ou plus) les pourcentages de zones couvertes de zostères et de zones nues.

Tous les prélèvements seront réalisés dans les zones couvertes par les zostères.

➤ **Stratégie d'échantillonnage :**

Vérifier visuellement que la station se situe bien dans un secteur homogène et représentatif de l'herbier considéré, notamment en évitant les zones de bordures.

- Centrage sur une station définie au GPS– Planter un piquet pour marquer la station.
- 3 lignes tracées autour de la station (angle 120°) – 3 sous-stations (points) par ligne espacés de 5 m à partir du piquet : au total 9 points.
Cet espacement s'applique dans le cas où toute la zone est couverte d'herbier. Dans les herbiers "mités", l'espacement sera adapté à la position des taches.

- *Sédiment* (granulométrie et matière organique):

Terrain :

- **Granulométrie** : 3 carottes par station (5 cm de profondeur – 9 cm de diamètre).

- **Matière organique** : 1 carotte par point -9 par station-(5 cm de profondeur – 3 cm de diamètre).

Retour terrain

Congélation à -20°C.

Laboratoire

- **Granulométrie** : Granulométrie sur colonne sèche.

- **Matière organique** : Retirer les débris végétaux et la faune du sédiment. Mesurer le poids sec (après 48 h à l'étuve à 60°C). Mesurer le poids de cendres (après 4 h au four à 450°C). Calculer le AFDW (=PS-Pcendres).

• **Macrobrouteurs + macroalgues** :

Terrain :

Prélèvement (peigne à grosses dents) des gros gastéropodes brouteurs (Gibbules, littorines) et des macroalgues dans 3 quadrats de 0,5 m² par station.

Retour terrain

Tamisage sur maille de 1 mm.

Séparation mollusques et macroalgues.

Formol à 4 % pour les Mollusques – Congélation pour les macroalgues.

Laboratoire

- **Mollusques** :

Trier par espèce. Ne retenir que les brouteurs (exclure les nécrophages type *Cyclonassa* ou *Nassa* par exemple).

Dénombrer les individus par espèce. Décalcifier (HCl 10%) en maintenant la séparation par espèce (la décalcification est souvent la seule méthode permettant de savoir si la coquille était pleine ou vide).

Regrouper les individus des différentes espèces. Mesurer le poids sec (après 48 h à l'étuve à 60°C).

Si possible, mesurer le poids de cendres (après 4 h au four à 450°C). Calculer le AFDW (=PS-Pcendres).

- **Macroalgues** :

Séparer par groupe (algues rouges, brunes, vertes).

Mesurer le poids sec par groupe (après 48 h à l'étuve à 60°C).

Si possible, mesurer le poids de cendres (après 4 h au four à 450°C). Calculer le AFDW (=PS-Pcendres).

• **Zostères + microbrouteurs (*Hydrobia*, *Rissoa*, *Bittium*,...)** :

Terrain :

1 carotte 9 cm de diamètre par point.

NB : La surface échantillonnée doit être adaptée en fonction de la densité des herbiers

Retour terrain

Tamisage au Laboratoire sur une maille de 1 mm.

Bien rincer les zostères pour dégager tous les petits gastéropodes.
 Congeler les zostères.
 Formoler les Mollusques (Formol à 4 %).

Laboratoire

- Mollusques :

Trier par espèce. Ne retenir que les brouteurs (exclure les nécrophages type *Cyclonassa* ou *Nassa*).

Dénombrer les individus par espèce. Décalcifier (HCl 10%) en maintenant la séparation par espèce (la décalcification est souvent la seule méthode permettant de savoir si la coquille était pleine ou vide).

Regrouper les individus des différentes espèces. Mesurer le poids sec (après 48 h à l'étuve à 60°C).

Si possible, mesurer le poids de cendres (après 4 h au four à 450°C). Calculer le AFDW (=PS-Pcendres).

- Zostères :

→ Dénombrer les pieds.

→ Sur 10 pieds par échantillon, faire des mesures biométriques :

- nombre de feuilles par pied, puis pour chaque feuille :
- longueur de la gaine (depuis le nœud basal jusqu'en haut de la gaine),
- longueur totale (depuis le nœud basal jusqu'en haut de la feuille),
- largeur de la feuille (zone moyenne).

→ Biomasses :

- Mesurer le poids sec (après 48 h à l'étuve à 60°C) de l'ensemble des feuilles (depuis le haut de la gaine jusqu'en haut de la feuille) des 10 pieds mesurés.
- Mesurer le poids sec (après 48 h à l'étuve à 60°C) de l'ensemble des gaines (depuis le nœud basal jusqu'au sommet de la gaine) des 10 pieds mesurés.
- Mesurer le poids sec (après 48 h à l'étuve à 60°C) du reste des pieds (depuis le nœud basal jusqu'au sommet des feuilles).
- Mesurer le poids sec des rhizomes + racines de l'ensemble de l'échantillon.

Si possible, mesurer le poids de cendres (après 4 h au four à 450°C). Calculer le AFDW (=PS-Pcendres).

NB : Ces mesures permettent, entre autres, d'obtenir des rapports biomasse/surface des feuilles, qui seront ensuite utilisés pour rapporter les biomasses d'épiphytes à une surface de feuilles (dont on ne mesurera que la biomasse).

- *Epiphytes zostères* :

Terrain

Récolte manuelle de 10 pieds accrochés aux rhizomes à proximité de 3 points (3 x 10 pieds). Pas de tamisage ou très doucement pour retirer le sédiment du rhizome.

Retour du terrain

Dès le retour au Laboratoire, raclage des feuilles pour récupérer les épiphytes. Mesurer le poids sec (après 48 h à l'étuve à 60°C) des feuilles (du haut de la gaine à l'extrémité de la feuille) et des épiphytes de chaque réplicat de 10 pieds. Mesurer le poids de cendres (après 4 h au four à 450°C) des zostères et des épiphytes. Calculer le AFDW (=PS-Pcendres).

NB : Dans ce cas, la mesure du AFDW est obligatoire, en raison d'une forte proportion de matière inorganique dans les "manchons" d'épiphytes des zostères naines.

Protocole suivi stationnel de l'herbier de *Zostera marina* pour la DCE

➤ Date prélèvements

En Manche et Bretagne au printemps.
En Aquitaine, fin août - début septembre, période de biomasse maximale.

➤ Observations complémentaires

Estimer sur un linéaire de même niveau bathymétrique (200 à 300 m) le pourcentage de zones couvertes de zostères.

Tous les prélèvements seront réalisés dans les zones couvertes par les zostères.

➤ Stratégie d'échantillonnage

Trois sous-stations (dénommées points) sont échantillonnées sur chaque herbier, distantes d'environ 100 mètres, et situés sur un même niveau bathymétrique. Il conviendra, lors de l'échantillonnage, de vérifier que le type biosédimentaire correspond bien à celui décrit lors des campagnes précédentes. Pour les prélèvements, il sera possible de vérifier visuellement que la station se situe bien dans un secteur homogène et représentatif de l'herbier considéré et notamment en évitant les zones de bordures de l'herbier.

Pour chacun des 3 points, les coordonnées GPS et les mêmes échantillons seront acquis :

- *Sédiment* (granulométrie et matière organique):

Terrain :

- **Granulométrie** : 1 carotte par point -3 *par station*- (5 cm de profondeur – 9 cm de diamètre) pour la granulométrie.

- **Matière organique** : 3 carottes par point -9 *par station*- (5 cm de profondeur – 3 cm de diamètre).

Mise en pot.

Retour terrain

Congélation à -20°C.

Laboratoire

- **Granulométrie** : Granulométrie sur colonne humide.

- **Matière organique** : Retirer les débris végétaux et la faune du sédiment. Mesurer le poids sec (après 48 h à l'étuve à 60°C). Mesurer le poids de cendres (après 4 h au four à 450°C). Calculer le AFDW (=PS-Pcendres).

- *Densité Zostères in situ*

Terrain:

Le nombre de pieds de zostères est compté in situ dans deux cadrats de 0,1 m².

- *Zostères +macroalgues*

Terrain

Deux fois deux cadrats de 0,05 m² sont prélevés entièrement sur 5 à 10 cm de profondeur (découpage avec une truelle) et l'ensemble de la matre (pieds, rhizomes, algues, sédiment) mis en sacs deux par deux.

Retour terrain

Tamisage sur maille de 1 mm.

Séparation Zostères (feuilles et rhizomes) et macroalgues.

Congélation (Zostère et macroalgues).

Laboratoire

- **Macroalgues** : Les algues non-épiphytes sont regroupées par catégorie (vertes, brunes ou rouges).

Les biomasses des algues par catégorie seront mesurées (après séchage à l'étuve : 24 heures à 60°C).

Si possible, mesurer le poids de cendres (après 4 h au four à 450°C). Calculer le AFDW (=PS-Pcendres).

- **Zostères** :

→ Dénombrer les pieds.

→ Faire des mesures biométriques sur l'ensemble des pieds :

- nombre de feuilles par pied puis pour chaque feuille :
- longueur de la gaine (depuis le nœud basal jusqu'en haut de la gaine)
- longueur totale (depuis le nœud basal jusqu'en haut de la feuille).
- largeur de la feuille (zone moyenne)

→ Biomasses :

- Mesurer le poids sec (après 48 h à l'étuve à 60°C) des feuilles (depuis le haut de la gaine jusqu'en haut de la feuille).
- Mesurer le poids sec (après 48 h à l'étuve à 60°C) des gaines (depuis le nœud basal jusqu'au sommet de la gaine).
- Mesurer le poids sec des rhizomes +racines.

Si possible, mesurer le poids de cendres (après 4 h au four à 450°C). Calculer le AFDW (=PS-Pcendres).

NB : Ces mesures permettent, entre autres, d'obtenir des rapports biomasse/surface des feuilles, qui seront ensuite utilisés pour rapporter les biomasses d'épiphytes à une surface de feuilles (dont on ne mesurera que la surface).

- *Epiphytes et wasting disease*

Terrain

Dix pieds de zostères seront prélevés aléatoirement autour de chaque point et mis en sac pour quantifier les algues épiphytes et le wasting disease.

Il faudra veiller à prélever des pieds intacts (feuilles non-cassées) jusqu'au rhizome, et ne pas écraser ces sacs.

Retour du terrain et Laboratoire

Wasting disease

Il s'agit d'estimer le pourcentage de zones noire, voire blanches, bien délimitées (à ne pas confondre avec des tâches brunes plus diffuses dues à la dégradation des pigments chlorophylliens de la feuille plus parfois nécrose blanche qui fait des entailles sur les zones noircies) sur les feuilles.

Epiphytes

Il s'agit d'estimer la biomasse d'épiphytes présents sur les feuilles.

Pour chaque échantillon de 10 pieds

- Racler les épiphytes présents sur les feuilles. Mesurer le poids sec (après 48 h à l'étuve à 60°C) des épiphytes. Mesurer le poids de cendres (après 4 h au four à 450°C) des zostères et des épiphytes. Calculer le AFDW (=PS-Pcendres).
- nombre de feuilles par pied
- longueur de la gaine (depuis le nœud basal jusqu'en haut de la gaine)
- longueur de la feuille (depuis le haut de la gaine jusqu'en haut de la feuille).
- largeur de la feuille (zone moyenne)
- pourcentage de maladie estimé sur la feuille (l'estimation se fait à $\pm 5\%$)

- *Brouteurs*

Terrain

La faune est échantillonnée dans trois quadrats de 0,5 m² en prélevant l'ensemble de la végétation (feuilles, algues, débris) et en raclant le premier centimètre de sédiment. Chaque quadrat est mis en sac individuel.

Retour terrain

Tamiser sur 1 mm. Ne garder que les brouteurs (mollusques gastéropodes, oursins herbivores).

Formol à 4%.

Laboratoire

Trier par espèce. Ne retenir que les brouteurs (exclure les nécrophages type *Cyclonassa* ou *Nassa*).

Dénombrer les individus par espèce. Décalcifier (HCl 10%) en maintenant la séparation par espèce (la décalcification est souvent la seule méthode permettant de savoir si la coquille était pleine ou vide).

Regrouper les individus des différentes espèces. Mesurer le poids sec (après 48 h à l'étuve à 60°C).

Si possible, mesurer le poids de cendres (après 4 h au four à 450°C). Calculer le AFDW (=PS-Pcendres).

Matériel :

- Truelle.
- cadres 0,1 m² (31 cm de côté) et 0,5 m² (71 cm de côté).
- Carottiers sédiment granulométrie (9 cm de diamètre)
- Carottiers sédiment MO (diamètre 3-4 cm)
- Poches plastique
- Pots pour sédiment