



***Développement d'outils
de classement de
qualité des eaux
côtières et de
transition pour la
DCE***

***Élément de qualité
« schorres »***

Rapport final

Nadège Rossi (CEVA)



Décembre 2012

Contexte de programmation et de réalisation

Les schorres constituent un écosystème particulier, à l'interface entre les vasières et la terre. La Directive Cadre sur l'Eau impose l'évaluation de l'état écologique des schorres. Or, en France, il apparaît que ces zones n'ont pas encore fait l'objet d'une étude complète permettant l'évaluation de leur état écologique. En considérant les zones importantes de schorres sur le littoral Loire-Bretagne, une action doit être engagée pour parvenir le cas échéant à l'établissement d'un bioindicateur « schorres ». Le présent travail constitue une étape préliminaire permettant de compiler l'ensemble des travaux effectués par les différents états membre. L'étude des différentes méthodes permettra de cibler les données les plus pertinentes à collecter et dans quel cadre les utiliser au mieux.

Les auteurs

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

Les correspondants

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

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

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

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

SOMMAIRE

Résumé.....	5
ABSTRACT	6
SYNTHESE POUR L'ACTION OPERATIONNELLE	7
1. Introduction	8
2. Présentation des différentes méthodologies actuellement mises en œuvre.....	8
2.1. Méthodologie allemande.....	8
2.1.1. Evaluation des masses d'eau côtières et des parties les plus avales des masses d'eau de transition (poly-/mésohaline)	9
2.1.2. Evaluation des masses d'eau de transition dans leur partie la plus amont (mésolo-/oligohaline)	10
2.2. Méthodologie espagnole.....	12
2.2.1. Richesse des habitats.....	13
2.2.2. Couverture des habitats	13
2.2.3. Importance des habitats anthropisés	13
2.2.4. Agrégation des métriques et évaluation du statut écologique.....	14
2.3. Méthodologie portugaise	14
2.3.1. Composition spécifique.....	15
2.3.2. Abondance des principales espèces en regard de leur optimum de couverture.....	15
2.3.3. Agrégation des métriques et évaluation du statut écologique.....	15
2.4. Méthodologie Néerlandaise	15
2.4.1. Superficie des schorres	15
2.4.2. Qualité des schorres	16
2.4.3. Agrégation des métriques et évaluation du statut écologique.....	16
2.5. Méthodologie Belge	16
2.5.1. Surface des schorres	17
2.5.2. Indice de végétation	17
2.5.3. Morphologie des schorres.....	19
2.5.4. Agrégation des métriques pour l'évaluation du potentiel écologique au niveau d'un schorre individuel	19
2.5.5. Agrégation des métriques pour l'évaluation du potentiel écologique au niveau d'une masse d'eau.....	19
2.6. Méthodologie Anglaise	19
2.6.1. Extension de la surface des schorres	20
2.6.2. Zonation de la végétation des schorres	20
2.6.3. Diversité taxonomique des schorres	20
2.6.4. Agrégation des métriques.....	21
3. Les pressions identifiées	21
3.1. Pressions environnementales liées aux processus hydrologiques et géomorphologiques	21

3.1.1.	Salinité.....	21
3.1.2.	Temps de résidence	22
3.1.3.	Topographie.....	22
3.1.4.	Agitation du milieu	22
3.2.	Pressions anthropiques	22
3.2.1.	Aménagements côtiers	22
3.2.2.	Activités de loisirs	22
3.2.3.	Pollutions	22
3.2.4.	Espèces introduites.....	22
4.	Les pressions retenues dans le cadre de l'intercalibration	23
5.	Les schorres comme élément de qualité hydromorphologique	23
6.	Conclusion	25
7.	Bibliographie	25

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

Résumé

Parmi les éléments de qualité biologique suivis dans le cadre de la DCE, les schorres ne font encore l'objet d'aucune évaluation en France. Pour évaluer les moyens à mettre en œuvre pour élaborer une grille d'évaluation à partir de cet élément de qualité biologique, les méthodologies déjà appliquées par les autres états membres ont été recensées et analysées. En dépit d'un travail très complet pour évaluer l'état écologique des schorres, aucune relation pression-impact concluante n'a été mise en évidence. En outre les pressions identifiées étant uniquement de nature hydromorphologique, une réflexion a été menée pour appréhender l'élément schorre non plus comme un élément de qualité biologique mais comme un élément de qualité hydromorphologique. Il en ressort qu'avec des moyens simples de mise en œuvre, il est possible de suivre l'évolution de l'aire totale des schorres qui, à défaut de qualifier directement la qualité hydromorphologique d'une masse d'eau, permettra de cibler les masses d'eau étant potentiellement en dehors du bon état hydromorphologique.

Mots clés (thématique et géographique)

Schorres, Directive Cadre sur l'Eau, état écologique, état hydromorphologique, Façade Manche-Atlantique

DEVELOPING A TOOL FOR THE ASSESSMENT OF COASTAL AND TRANSITIONAL WATERS QUALITY FOR THE WATER FRAMEWORK DIRECTIVE – SALT MARSHES
NADEGE ROSSI

ABSTRACT

Among the biological quality elements monitored under the WFD, salt marshes are still not assessed in France. To evaluate ways to develop an assessment tool for this biological quality element, methodologies already applied by other member states have been identified and analyzed. Despite a very thorough job in assessing the ecological status of salt marshes, no pressure-impact relationship has been demonstrated. In addition, the pressures identified are related to the hydromorphological characteristics. A study was conducted to study saltmarshes not as a biological quality element but as a hydromorphological quality element. It shows that with simple procedure, it is possible to follow the evolution of the total area of salt marshes which can give relevant clue to target water bodies potentially not in the good hydromorphological status.

Key words (thematic and geographical area)

Salt marshes, Water Framework Directive, ecological status, hydromorphological status, Channel-Atlantic coast

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

SYNTHESE POUR L'ACTION OPERATIONNELLE

La Directive Cadre sur l'Eau impose l'évaluation du statut écologique des masses d'eau à travers la définition des conditions de références et du bon état écologique de différents compartiments de l'écosystème parmi lesquels les zones de schorres. En France, il apparaît que ces zones n'ont pas encore fait l'objet d'une étude complète permettant l'évaluation de leur état écologique.

Cette étude constitue un travail préliminaire qui a pour objectif :

- de compiler les méthodes déjà existantes et utilisées dans le cadre de la DCE par les autres états membres.
- de discuter des résultats obtenus notamment dans le cadre de l'intercalibration
- d'envisager l'exploitation des données relatives aux schorres non pas comme élément de qualité écologique mais comme élément de qualité hydromorphologique.

Les résultats de cette pré-étude montrent que :

- en dépit de la diversité des méthodes employées par chaque état membre, deux types de paramètres sont récurrents, l'un se rapportant à l'évolution surfacique des schorres et l'autre se rapportant à leur composition taxonomique
- les résultats de l'intercalibration ne sont pas concluant avec l'absence de relation pression-impact
- les pressions choisies sont de nature hydrodynamiques

Ainsi, à l'issue de ce rapport et sur la base de précédents travaux (programme BEEST) il est envisagé d'utiliser le suivi de l'évolution de la surface des schorres comme élément permettant de détecter les masses d'eau susceptibles d'être en dehors du bon état hydromorphologique et non plus comme élément de qualité biologique.

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

1. Introduction

Les schorres constituent un écosystème particulier, à l'interface entre la mer et la terre. La Directive Cadre sur l'Eau impose l'évaluation de l'état écologique des schorres. Or, en France, ces zones n'ont pas encore fait l'objet d'une étude complète permettant l'évaluation de leur état écologique. En considérant les zones importantes de schorres sur le littoral Loire-Bretagne, une action doit être engagée pour parvenir le cas échéant à l'établissement d'un bioindicateur « schorres ». La difficulté pour cet élément est qu'il est soumis à des pressions anthropiques et à des pressions hydromorphologiques.

Ainsi, les objectifs de cette étude sont :

- de compiler les méthodes déjà existantes et utilisées dans le cadre de la DCE par les autres états membres.
- de discuter des résultats obtenus notamment dans le cadre de l'intercalibration
- d'envisager l'exploitation des données relatives aux schorres non pas comme élément de qualité écologique mais comme élément de qualité hydromorphologique.

2. Présentation des différentes méthodologies actuellement mises en œuvre

Des outils de classement pour l'évaluation de la qualité écologique des schorres ont été développés en masse d'eau côtière (Allemagne, Pays-Bas, Royaume-Uni) et de transition (Allemagne, Pays-Bas, Royaume-Uni, Belgique, Espagne, Portugal). Bien que chaque pays ait développé sa propre méthode d'évaluation, deux grands types de métriques se retrouvent dans chacune des méthodes. Le premier s'intéresse à **l'évolution de la surface totale de la végétation en regard d'une situation de référence**. Le second s'intéresse à **la composition taxonomique de la végétation**.

2.1. Méthodologie allemande

L'Allemagne a établi, en relation avec les différents types de végétations présents dans leurs masses d'eau, une méthode d'évaluation prenant en compte les marais salants (schorres), les marais saumâtres et les roselières. Cette méthode d'évaluation globale se subdivise en 2 outils, l'un étant destiné aux eaux côtières et aux zones estuariennes des masses d'eau de transition (poly-/mésohaline), l'autre s'adressant à la section amont des eaux de transition (més-/oligohaline).

2.1.1. Evaluation des masses d'eau côtières et des parties les plus avalées des masses d'eau de transition (poly-/mésohaline)

Deux métriques sont utilisées :

- l'aire des schorres et des marais saumâtres
- la zonation de la végétation

2.1.1.1. Aire des schorres et des marais saumâtres

Cette métrique permet d'apprécier l'évolution de la surface des schorres et marais saumâtres par rapport à l'état de référence. L'état de référence a été établi à partir des données historiques de 1860. Dans la mesure où la situation de référence était déjà affectée par les activités anthropiques, la classe du très bon état est très restreinte et la déviation par rapport à l'état de référence doit être faible pour rester dans le bon état. Les différents statuts écologiques sont associés selon le Tableau 1.

Tableau 1 : Statut écologique attribué en fonction du pourcentage occupé par les schorres dans la masse d'eau par rapport à la valeur de référence.

Statut/Potentiel écologique	très bon	bon	moyen	médiocre	mauvais
Aire des schorres et marais saumâtres par rapport à l'aire de référence (%)	100 - 95%	<95 - 75%	<75 - 50%	<50 - 25%	<25%
EQR	1 - 0.8	<0.8 - 0.6	<0.6 - 0.4	<0.4 - 0.2	<0.2 - 0

2.1.1.2. Zonation de la végétation

Cette métrique permet d'évaluer l'équilibre existant entre les différentes zones de la végétation (zone pionnière, haut herbu, bas herbu et marais saumâtres). Le pourcentage de référence de chacune de ces zones a été établi par dire d'expert. A chaque zone est attribué un score de 1 ou 2 points en fonction de son pourcentage d'occupation réel par rapport au pourcentage de référence (Tableau 2). Si le pourcentage est en dehors de celui permettant d'obtenir 1 ou 2 points alors un score de 0 est attribué. Le score final obtenu est ensuite associé à un EQR selon le Tableau 3.

Tableau 2 : Attribution d'un score en fonction de la répartition des différentes zones de végétation dans la zone de schorre

Zone végétale	Pourcentage d'une zone végétale par rapport à la surface total du schorre		
	Score maximum de 2 points	Score réduit à 1 point	
Zone pionnière	10 - 30%	5 - 10%	30 - 35%
Haut herbu	20 - 50%	10 - 20%	50 - 60%
Bas herbu	20 - 50%	10 - 20%	50 - 60%
Marais saumâtre (eaux de transition)	20 - 40%	5 - 20%	--
Marais saumâtre (eaux côtières)	--	1 - 10%	--

Tableau 3 : Classement pour la métrique « zonation de la végétation » des schorres des eaux côtières et des parties les plus en aval des eaux de transition et correspondance avec les valeurs d'EQR

Statut/Potentiel écologique		très bon	bon	moyen	médiocre	mauvais
Pourcentage de la zone végétale par rapport à la zone totale de schorre	Eaux côtières	7	5 - 6	4	2 - 3	0 - 1
	Eaux de transition	8	6 - 7	4-5	2 - 3	0 - 1
EQR		1 – 0.8	<0.8 – 0.6	<0.6 – 0.4	<0.4 – 0.2	<0.2 – 0

2.1.1.3. Agrégation des métriques et évaluation du statut écologique

L'EQR final est obtenu en moyennant l'EQR obtenues pour chacune des métriques précédemment décrites. Le résultat obtenu est associé à un statut écologique selon le Tableau 4.

Tableau 4 : Correspondance entre l'EQR et le statut écologique

Statut écologique	très bon	bon	moyen	médiocre	mauvais
EQR	≥0.8	<0.8 – 0.6	<0.6 – 0.4	<0.4 – 0.2	<0.2 - 0

2.1.2. Evaluation des masses d'eau de transition dans leur partie la plus amont (mésio-/oligohaline)

Pour cette évaluation, quatre métriques sont utilisées :

- Aire des schorres et des marais saumâtres
- Aire des biotopes proches de l'état naturel
- Largeur de la zone de roselière
- Espèces et structure des roselières

2.1.2.1. Aire des schorres et des marais saumâtres

Cette métrique est calculée de la même façon que décrite dans le paragraphe 2.1.1.1. et les seuils de statut écologique sont également identiques à ceux présentés dans le Tableau 1.

2.1.2.2. Aire des biotopes proches de ceux présents à l'état naturel

Cinq types de biotopes sont considérés comme proches de l'état naturel dans la région géographique évaluée en Allemagne:

- la végétation naturelle des rivages (roseaux, végétation pionnière des schorres)
- les prairies extensives des habitats modérément humides à modérément secs riches en espèces
- prairies humides et marais riches en espèces
- pelouses riches en espèces
- vasières et marais salants à salicorne

L'aire de ces biotopes est ensuite ramenée à l'aire totale de la zone de schorres permettant de définir un pourcentage d'occupation des biotopes semi-naturels, pourcentage qui se rapporte par la suite à un EQR (Tableau 5)

Tableau 5 : Présentation des différentes classes de qualité écologiques pour la métrique aire des biotopes proches de ceux présents à l'état naturel

Statut/Potentiel écologique	très bon	bon	moyen	médiocre	mauvais
Pourcentage de biotopes proche de l'état naturel occupant la zone prospectée	100 - 95%	<95 - 75%	<75 - 50%	<50 - 25%	<25%
EQR	1 - 0.8	<0.8 - 0.6	<0.6 - 0.4	<0.4 - 0.2	<0.2 - 0

2.1.2.3. Largeur de la zone de roselière

En fonction de la masse d'eau étudiée et de la course des rivières les traversant, il ne peut pas être attendu la même ampleur de roselière. Ainsi, les grilles de classement ont été adaptées en fonction de la masse d'eau étudiée (Lower Weser ou Lower Ems). Les différents seuils ont été définis à dire d'expert. Un score est attribué pour chaque portion de linéaire côtier en fonction de la largeur de roselière qui lui est associé (Tableau 6). Chaque pourcentage de linéaire est multiplié par son score associé. L'addition des scores de chaque portion de linéaire abouti à un score final compris entre 0 et 5 correspondant à un EQR (Tableau 7).

Tableau 6 : Présentation des scores associés aux différentes largeurs de roselières en fonction de la masse d'eau étudiée

Statut/Potentiel écologique	très bon	bon	moyen	médiocre	mauvais
Largeur de la zone de roselière (m) (Lower Weser)	≥75	<75 - 50	<50 - 25	<25 - 10	<10
Largeur de la zone de roselière (m) (Lower Ems)	≥30	<30 - 20	<20 - 10	<10 - 5	<5
Score attribué à la portion de côte	5	4	3	2	1

Tableau 7 : Présentation des différentes classes de qualité écologiques pour la métrique largeur de la zone de roselières en fonction du score obtenu sur l'ensemble du linéaire côtier considéré

Statut/Potentiel écologique	très bon	bon	moyen	médiocre	mauvais
Classes du score obtenu sur l'ensemble du linéaire côtier pour la largeur des roselières	5 - 4.5	<4.5 - 3.5	<3.5 - 2.5	<2.5 - 1.5	<1.5
EQR	1 - 0.8	<0.8 - 0.6	<0.6 - 0.4	<0.4 - 0.2	<0.2 - 0

2.1.2.4. Espèces et structure des roselières

Cette métrique est basée sur un indice préalablement existant dont le résultat a été mis en relation avec l'EQR. Cet indice nommé Site Typology Index for macrophytes (STIm) a été mis en place par Stiller (2005) qui se base sur les espèces présentes, leur étendue, la zonation, la vitalité et la structure de la végétation situées en dessous du niveau moyen de haute mer de vive eau. Le Tableau 8 présente la correspondance entre statut écologique, STIm et l'EQR. Le Tableau 9 présente cette même correspondance mais pour le potentiel écologique applicable aux Masses d'Eau Fortement Modifiées (MEFM).

Tableau 8 : Présentation des différents statuts écologiques pour la métrique espèces et structure des roselières en fonction du score obtenu avec l'indice STIm

Statut écologique	très bon	bon	moyen	médiocre	mauvais
STI - macrophytes	>10	≤ 10 > 7.5	≤ 7.5 > 5	≤ 5 > 3	3
EQR	>0.833	≤ 0.833 > 0.625	≤ 0.625 > 0.417	≤ 0.417 > 0.25	0.25

Tableau 9 : Présentation des différents potentiels écologiques pour la métrique espèces et structure des roselières en fonction du score obtenu avec l'indice STIm

Potentiel écologique	bon	moyen	médiocre	mauvais
STI - macrophytes	> 7.5	≤ 7.5 > 5	≤ 5 > 3	3
EQR	> 0.625	≤ 0.625 > 0.417	≤ 0.417 > 0.25	0.25

2.1.2.5. Agrégation des métriques et évaluation du statut écologique

L'EQR final est obtenu en moyennant l'EQR obtenues pour chacune des métriques précédemment décrites. Le résultat obtenu est associé à un statut écologique selon le Tableau 10.

Tableau 10 : Correspondance entre l'EQR et le statut écologique

Statut écologique	très bon	bon	moyen	médiocre	mauvais
EQR	≥0.8	<0.8 – 0.6	<0.6 – 0.4	<0.4 – 0.2	<0.2 - 0

2.2. Méthodologie espagnole

L'évaluation espagnole repose sur le calcul d'un indice de qualité des angiospermes (AQI) qui tient compte de la composition, de l'abondance, du recouvrement et de l'extension spatiale des habitats estuariens. L'évaluation se base donc sur une approche globale considérant à la fois les herbiers de zostères et les schorres. Cet indice se calcul à partir de la formule suivante :

$$AQI = N_h + I_c + I_n \quad \text{Eq (1)}$$

N_h : Richesse des habitats

I_c : indice caractérisant la différence de couverture d'un habitat par rapport à son potentiel maximum

I_n : indice caractérisant l'importance des habitats anthropisés par rapport à la surface totale de l'estuaire considéré

Cet indice est appliqué aux masses d'eau de transition. Les conditions de références ont été établies à partir de données collectées pour des estuaires pour lesquels les surfaces anthropisées n'excèdent pas 5 % de la surface de la masse d'eau, aucune modification hydrodynamique importante n'existe, il n'y a pas de changement important dans les caractéristiques morphologiques. Les données acquises sur ces masses d'eau proches des conditions de références couplées au dire d'expert ont abouti à établir les conditions de références présentées dans le Tableau 11.

Tableau 11 : Définition des conditions de référence dans les eaux de transition pour les angiospermes

	Conditions de référence
Richesse des habitats	12
Couverture d'un habitat par rapport à son potentiel maximum	Aucun n'écart par rapport à la couverture optimale
importance des habitats anthropisés par rapport à la surface totale de l'estuaire considéré	Absence d'habitat anthropisé

2.2.1. Richesse des habitats

Le nombre d'habitats est déterminé à partir de la liste des habitats des estuaires espagnols atlantiques définis dans la Directive Habitat. La richesse des habitats est associée à un score compris entre 1 et 5 reflétant lui-même un statut écologique (Tableau 12).

 Tableau 12 : Correspondance entre le nombre d'habitats, l'indice N_h et le statut écologique

Statut écologique	très bon	bon	moyen	médiocre	mauvais
Nombre d'habitats	≥ 10	7 - 9	5 - 6	3 - 4	≤ 2
N_h	5	4	3	2	1

2.2.2. Couverture des habitats

Cette métrique permet d'appréhender la déviation existante entre la couverture optimale théorique et la couverture observée de chaque habitat. Elle se calcule d'après la formule suivante :

$$\Delta\text{Couverture} = 100 - \left(\frac{\sum (\text{CouvertureOptimale}_{\text{Hab}_i} - \overline{\text{Couverture réelle}_{\text{Hab}_i}})}{\text{Nombre d'habitats}} \right) \quad \text{Eq (2)}$$

Le résultat est ensuite associé à un indice correspondant au statut écologique (Tableau 13).

 Tableau 13 : Correspondance entre le nombre d'habitats, l'indice I_c et le statut écologique

Statut écologique	très bon	bon	moyen	médiocre	mauvais
$\Delta\text{Couverture}$	> 85	71 - 85	51 - 70	26 - 50	≤ 25
I_c	5	4	3	2	1

2.2.3. Importance des habitats anthropisés

Cette métrique permet d'évaluer la proportion de surface anthropisée sur l'ensemble de la masse d'eau de transition. Elle est calculée selon la formule suivante :

$$\text{Surface Anthropisée} = \frac{\sum (\text{aire}_{\text{HabitatAnthropisé}} \times \text{Couverture}_{\text{HabitatAnthropisé}})}{\text{Aire Totale}} \quad \text{Eq (3)}$$

Le résultat de ce calcul est associé à un indice reflétant le statut écologique (Tableau 14)

 Tableau 14 : Correspondance entre la surface anthropisée, l'indice I_n et le statut écologique

Statut écologique	très bon	bon	moyen	médiocre	mauvais
Surface anthropisée	< 10	10 - 19	20 - 34	35 - 50	> 50
I_n	5	4	3	2	1

2.2.4. Agrégation des métriques et évaluation du statut écologique

La somme des trois métriques permet d'obtenir un indice de qualité des angiospermes associé à l'EQR selon le Tableau 15.

Tableau 15 : Correspondance entre l'indice AQI, l'EQR et le statut écologique

Statut écologique	très bon	bon	moyen	médiocre	mauvais
AQI	≥ 14	10 - 13	8 - 9	5 - 7	≤ 4
EQR	> 0.85	0.61 – 0.85	0.51 – 0.6	0.3 – 0.5	< 0.3

2.3. Méthodologie portugaise

L'évaluation faite au Portugal repose sur 2 métriques :

- la composition spécifique des schorres (espèces principales et occasionnelles)
- l'abondance des principales espèces en regard de leur optimum de couverture dans les schorres

Les conditions de références ont été définies à partir de données historiques et récentes qui ont permis de définir des listes taxonomiques de référence pour chaque niveau de schorre (Tableau 16) ainsi que des optimums de recouvrement pour les espèces principales (Tableau 17).

Tableau 16 : Liste de référence concernant la composition spécifique des différents niveaux du schorre

	Bas herbu	Moyen herbu	Haut herbu
Espèces principales	<i>Spartina maritima</i> <i>Juncus maritimus</i> <i>Scirpus maritimus</i>	<i>Scirpus maritimus</i> <i>Aster tripolium</i> <i>Halimione portulacoides</i> <i>Sarcocornia fruticosa</i> <i>Sarcocornia perennis</i> <i>Puccinellia maritima</i> <i>Triglochin maritima</i>	<i>Juncus maritimus</i> <i>Arthrocnemum macrostatum</i> <i>Sarcocornia perennis</i> <i>Sarcocornia fruticosa</i> <i>Chenopodium maritimum</i> <i>Phragmites sp.</i> <i>Atriplex halimus</i> <i>Inula crithmoides</i> <i>Suaeda vera</i>
Espèces occasionnelles	<i>Aster tripolium</i> <i>Salicornia nitens</i> <i>Puccinellia maritima</i>		

Tableau 17 : Liste de référence concernant les optimums de recouvrement pour les espèces principales

Espèces principales	Recouvrement optimal (%)
<i>Spartina maritima</i> et/ou <i>Scirpus maritimus</i>	20 - 30%
<i>Sarcocornia fruticosa</i> et/ou <i>Sarcocornia perennis</i>	30 - 40%
<i>Halimione portulacoides</i>	20 - 30%
<i>Juncus maritimus</i>	20 - 30%
Other species	10 - 20%

2.3.1. Composition spécifique

Selon le nombre d'espèces présentes et leur localisation, un score est attribué :

- dans la zone du bas herbu, la présence d'au moins 1 espèce principale permet d'attribuer un score de 0.9. Ce score peut être augmenté de 0.1 s'il y a au moins une espèce occasionnelle dans cette zone du schorre
- dans la zone du moyen herbu, chaque espèce présente contenue dans la liste compte pour un score de 1, le maximum de point atteignable pour cette zone étant de 3.
- dans la zone du haut herbu, chaque espèce de la liste présente compte pour un score de 0.25, le maximum de point atteignable pour cette zone étant de 1.

Le score maximum obtenu pouvant être obtenu pour cette métrique est donc de 5.

2.3.2. Abondance des principales espèces en regard de leur optimum de couverture

Pour chacune des principales espèces, l'écart à leur optimum de couverture est évalué. Lorsque le recouvrement d'une espèce est dans la gamme du taux de recouvrement attendu, alors un score de 1 est attribué. Lorsque le taux de recouvrement est en dehors de la gamme attendue alors un score est attribué selon une échelle glissante. Le score va de 1 (couverture optimale) à 0 lorsque les espèces atteignent 0 ou 100 % de couverture. Les cinq espèces peuvent comptabiliser chacune un score de 1. Cette métrique peut donc atteindre un score maximum de 5.

2.3.3. Agrégation des métriques et évaluation du statut écologique

L'EQR final est défini par la somme des deux métriques divisée par 10. Le statut écologique issu de l'EQR est défini selon le Tableau 18.

Tableau 18 : Correspondance entre l'EQR et le statut écologique

Statut écologique	très bon	bon	moyen	médiocre	mauvais
EQR	≥0.85	0.7 – 0.84	0.5 – 0.69	0.25 – 0.49	< 0.25

2.4. **Méthodologie Néerlandaise**

Au Pays-Bas, toutes les masses d'eau faisant l'objet d'un suivi concernant les schorres sont qualifiées de fortement modifiées du fait de la présence de nombreuses digues. Il s'agit donc de déterminer le potentiel de référence et le bon potentiel écologique plutôt que des conditions de références qui ne peuvent plus être atteintes à un tel degré de modification. L'évaluation du potentiel écologique se base sur deux métriques :

- la superficie des schorres (Ka)
- la qualité des schorres (Kk)

2.4.1. Superficie des schorres

Les potentiels de référence (P-REF) et le bon potentiel écologique (P-GES), pour les masses d'eau côtières et de transition, ont été définis en se basant sur les données historiques, les évolutions durant les derniers siècles et les possibles superficies des schorres dans les conditions actuelles. Les seuils des potentiels écologiques moyen, médiocre et mauvais ont été ajustés à partir du bon potentiel écologique (Tableau 19).

Tableau 19 : Présentation des seuils établis pour discriminer les différents potentiels écologiques

	P-REF (en % de la surface intertidale)	P-GES (en % de la surface intertidale)	moyen	médiocre	mauvais
Masses d'eau côtières abritées	5	3.5	<25% en dessous du P-GES	25-50% en dessous du P-GES	>50% en dessous du P-GES
Masses d'eau de transition	10	7.5	<25% en dessous du P-GES	25-50% en dessous du P-GES	>50% en dessous du P-GES

2.4.2. Qualité des schorres

La qualité des schorres est appréhendée par le nombre d'habitats les constituant. Ainsi, selon les masses d'eau, il peut être attendu un maximum de 5, 6 ou 7 habitats (Tableau 20), chaque habitat permettant l'attribution d'un score de 1. Le potentiel écologique de la masse d'eau est évalué en fonction du nombre de points obtenu (Tableau 21).

Tableau 20 : présentation des différents types d'habitats constituant les schorres

Types d'habitats des schorres
Zone pionnière
Bas herbu
Moyen herbu
Haut herbu + Elymus
Marais + Phragmites
Elymus > 50 %
Phragmites > 50 %

Tableau 21 : Seuils de potentiel écologique pour la métrique de qualité des schorres

	Score maximum possible 5	Score maximum possible 6/7
P-REF	5	7 ou 6
P-GES	4 ou 3	5 ou 4
moyen	2	3 ou 2
médiocre	1	1
mauvais	0	0

2.4.3. Agrégation des métriques et évaluation du statut écologique

A l'inverse de la méthode d'agrégation généralement employée où les métriques sont moyennées pour établir un ratio de qualité écologique final, ici seule la métrique la plus déclassante est retenue et ce résultat devient le résultat final attribué à la masse d'eau.

2.5. Méthodologie Belge

Pour établir la qualité écologique des masses d'eau à partir de l'élément de qualité « schorres », la méthodologie belge considère deux approches : l'une à l'échelle des masses d'eau et l'autre à l'échelle de l'écosystème (incluant plusieurs masses d'eau). Dans la suite de ce document ne sera détaillée que l'approche à l'échelle des masses d'eau. En outre, dans la mesure où les masses d'eau sont toutes qualifiées de fortement modifiées, il sera question de potentiel écologique plutôt que de qualité écologique.

Trois métriques permettent l'évaluation du potentiel écologique des masses d'eau :

- la surface des schorres (à l'échelle d'une masse d'eau)
- l'indice de végétation des schorres (à l'échelle d'une zone de schorre individuelle)
- la morphologie des schorres (à l'échelle d'une zone de schorre individuelle)

2.5.1. Surface des schorres

Pour cette métrique le potentiel écologique maximum (MEP) et le bon potentiel écologique (GEP) ont été établis à partir de modélisation. Chaque masse d'eau a donc un potentiel écologique maximum individuel, les autres classes étant fixées selon un pourcentage du potentiel écologique maximum (Tableau 22).

Tableau 22 : Seuils établis pour discriminer les différents potentiels écologiques. Le « y » représente la valeur individuelle établie pour chacune des masses d'eau

	MEP	GEP	moyen	médiocre	mauvais
Masses d'eau	y	>31.8% de y	>21.2% de y	>10.6% de y	<10.6% de y
EQR	1	>0.75	>0.50	>0.25	<0.25

2.5.2. Indice de végétation

Cette métrique repose sur le calcul de trois indicateurs :

- Indice de diversité de Shannon
- Richesse spécifique
- Indice de qualité floristique

2.5.2.1. *Indice de diversité de Shannon*

La valeur de cet indice varie entre 1 et 5 et repose sur la proportion des différents types de végétation au sein d'un schorre. Les données utilisées pour le calcul de cet indice sont obtenues à partir de la cartographie des schorres. La formule utilisée est la suivante :

$$H = - \left[\sum_{i=1}^N P_i (\ln P_i) \right] \quad \text{Eq (4)}$$

Avec N : nombre totale de types de végétation au sein du schorre étudié

Pi : proportion de chaque type de végétation

Selon la salinité des masses d'eau, l'indice de Shannon maximum attendu n'est pas le même. Ainsi, deux grilles de classement ont été établies (Tableau 23).

Tableau 23 : Seuils établis pour discriminer les différents potentiels écologiques selon l'indice de Shannon obtenu en masses d'eau douce et masses d'eau saumâtre

	H pour les masses d'eau douce	H pour les masses d'eau saumâtre	EQR
MEP	1.4	1.2	1
GEP	>1.2	>0.9	>0.75
moyen	>1.05	>0.6	>0.50
médiocre	>0.8	>0.3	>0.25
mauvais	<0.8	<0.3	<0.25

2.5.2.2. Richesse spécifique

La richesse spécifique est le nombre total d'espèces dénombré sur une zone donnée. De même que pour l'indice de Shannon, la richesse spécifique maximum attendue n'est pas la même en eau douce et en eau saumâtre (Tableau 24).

Tableau 24 : Seuils établis pour discriminer les différents potentiels écologiques selon la richesse spécifique obtenue en masses d'eau douce et masses d'eau saumâtre

	Richesse spécifique pour les schorres des masses d'eau douce	Richesse spécifique pour les schorres des masses d'eau saumâtre	EQR
MEP	124	72	1
GEP	>93	>54	>0.75
moyen	>62	>36	>0.50
médiocre	>31	>18	>0.25
mauvais	<31	<18	<0.25

2.5.2.3. Indice de qualité floristique

Cet indice se base sur la rareté des espèces composant la zone d'étude pour déterminer la qualité floristique de la végétation. Il se calcule selon la formule suivante :

$$FQI = \sum ZC_{ij} / \sqrt{N_j} \quad \text{Eq (5)}$$

Avec : ZC_{ij} : le coefficient de rareté pour l'espèce i à l'endroit j (Van Landuyt et al., 2006)

N_j : le nombre total d'espèce à l'endroit j

Le potentiel écologique relatif à la qualité floristique est déterminé suivant les seuils définis dans le Tableau 25.

Tableau 25 : Seuils établis pour discriminer les différents potentiels écologiques selon l'indice de qualité floristique obtenu en masses d'eau douce et masses d'eau saumâtre

	FQI pour les schorres des masses d'eau douce	FQI pour les schorres des masses d'eau saumâtre	EQR
MEP	21.4	27.4	1
GEP	>20.5	>25.6	>0.75
moyen	>19.6	>23.8	>0.50
médiocre	>17.7	>22	>0.25
mauvais	<17.7	<22	<0.25

2.5.2.4. Obtention de l'EQR pour l'indice de végétation

L'EQR de l'indice de végétation est obtenu par la formule suivante :

$$EQR_{\text{végétation}} = (2 * EQR_{\text{diversité}} + EQR_{\text{richesse spécifique}} + EQR_{\text{FQI}}) / 4 \quad \text{Eq (6)}$$

Le résultat obtenu permet d'établir le potentiel écologique pour la métrique indice de végétation (Tableau 26).

Tableau 26 : Seuils établis pour discriminer les différents potentiels écologiques selon l'indice de végétation obtenu

	EQR _{végétation}
MEP	1
GEP	>0.75
moyen	>0.50
médiocre	>0.25
mauvais	<0.25

2.5.3. Morphologie des schorres

Cette métrique est calculée en faisant le rapport entre la surface réellement colonisée et la surface potentiellement colonisable par les schorres dans une masse d'eau. Le potentiel écologique est établi selon le Tableau 27.

Tableau 27 : Seuils établis pour discriminer les différents potentiels écologiques selon la morphologie des schorres

	Surface réelle/surface potentiellement colonisable (%)	EQR _{morphologie}
MEP	>133	1
GEP	>100	>0.75
moyen	>66	>0.50
médiocre	>33	>0.25
mauvais	<33	<0.25

2.5.4. Agrégation des métriques pour l'évaluation du potentiel écologique au niveau d'un schorre individuel

Les EQR obtenus à partir des métriques « indice de végétation » et « morphologie » permettent de calculer un EQR pour chaque entité de schorres à partir de la formule suivante :

$$\text{EQR}_{\text{schorre}} = (2 * \text{EQR}_{\text{morphologie}} + \text{EQR}_{\text{végétation}}) / 3 \quad \text{Eq (7)}$$

2.5.5. Agrégation des métriques pour l'évaluation du potentiel écologique au niveau d'une masse d'eau

L'évaluation du potentiel écologique d'une masse d'eau repose sur deux métriques : la métrique surface des schorres, déjà à l'échelle de la masse d'eau et la moyenne des EQR_{schorres} obtenus pour chaque entité au sein d'une masse d'eau. L'évaluation finale est égale au score le plus faible parmi ces deux métriques.

2.6. Méthodologie Anglaise

La méthode anglaise a évolué et se base désormais sur la caractérisation de trois métriques :

- extension de la surface des schorres
- la zonation de la végétation des schorres
- la diversité taxonomique des schorres

2.6.1. Extension de la surface des schorres

Cette métrique est évaluée à travers trois paramètres :

- l'extension des schorres par rapport à une référence historique
- la proportion de la zone intertidale d'une masse d'eau occupée par les schorres
- l'évolution de la surface des schorres entre plusieurs années (lorsque les données sont disponibles)

Les seuils pour ces trois paramètres sont donnés dans le Tableau 28.

Tableau 28 : Seuils établis pour chaque paramètre permettant d'évaluer la métrique « extension de la surface des schorres »

	Surface réelle/surface de référence	Proportion de la zone intertidale occupée par les schorres (%)	Evolution de la surface des schorres (%)
Très bon	>0.80	>50	<10
bon	>0.6-0.8	<50-25	>10-25
moyen	>0.4-0.6	<25-10	>25-50
médiocre	>0.2-0.4	<10-5	>50-75
mauvais	<0.2	<5	>75

2.6.2. Zonation de la végétation des schorres

Cette métrique est évaluée à travers deux paramètres :

- nombre de zones présentes sur les 6 zones principales (nombre de zones divisé par 6)
- la proportion de la zone dominante du schorre par rapport à l'aire totale du schorre

Les seuils relatifs à ces deux paramètres sont présentés dans le Tableau 29.

Tableau 29 : Seuils établis pour chaque paramètre permettant d'évaluer la métrique « Zonation de la végétation des schorres »

	Nombre de zones présentes	Proportion de la zone dominante du schorre (%)
Très bon	>0.83	<32
bon	>0.67-0.83	>32-48
moyen	>0.50-0.67	>48-64
médiocre	>0.33-0.50	>64-80
mauvais	<0.17	>80

2.6.3. Diversité taxonomique des schorres

Dans chaque zone de schorre (zone pionnière, bas-moyen schorre, moyen-haut schorre), les espèces présentes sont comparées à une liste de référence (Tableau 30). La proportion que représentent les espèces présentes par rapport à la liste de référence constitue une évaluation de la diversité taxonomique. Les seuils correspondant aux différents états écologiques sont reportés dans le Tableau 31.

Tableau 30 : liste de référence des espèces caractéristiques de chaque zone de schorre

Zone pionnière	Bas-moyen schorre	Moyen-haut schorre	
<i>Salicornia</i> spp.	<i>Puccinellia maritima</i>	<i>Festuca rubra</i>	<i>Juncus maritimus</i>
<i>Suaeda maritima</i>	<i>Triglochin maritima</i>	<i>Juncus gerardii</i>	<i>Triglochin maritima</i>
<i>Puccinellia maritima</i>	<i>Plantago maritima</i>	<i>Armeria maritima</i>	<i>Blysmus rufus</i>
<i>Aster tripolium</i>	<i>Atriplex portulacoides</i>	<i>Agrostis stolonifera</i>	<i>Eleocharis uniglumis</i>
	<i>Aster tripolium</i>	<i>Limonium vulgare</i>	<i>Artemisia maritima</i>
	<i>Spergularia maritima</i>	<i>Glaux maritima</i>	<i>Leontodon autumnalis</i>
	<i>Suaeda maritima</i>	<i>Seriphidium maritimum</i>	<i>Carex flacca</i>
	<i>Salicornia</i> spp.	<i>Plantago maritima</i>	<i>Carex extensa</i>
	Fucales "en gazon"	<i>Aster tripolium</i>	Fucales "en gazon"

Tableau 31 : Seuils établis pour la métrique relative à la diversité taxonomique des schorres

	Proportion des espèces présentes par rapport à la liste d'espèces de référence
Très bon	>0.8
bon	>0.6-0.8
moyen	>0.4-0.6
médiocre	>0.2-0.4
mauvais	<0.2

2.6.4. Agrégation des métriques

Pour aboutir à une évaluation de la masse d'eau, les différentes métriques sont moyennées. Néanmoins, chaque métrique est pondérée de façon différente de telle sorte que la zonation de la végétation des schorres ait un poids supérieur à l'extension de la surface des schorres, lui-même plus important que la diversité taxonomique des schorres.

3. Les pressions identifiées

De par leur situation à l'interface terre-mer, les schorres sont largement influencés par les processus hydrologiques et géomorphologiques présents naturellement ou engendrés par les activités anthropiques. En outre, les activités anthropiques induisent des pressions supplémentaires qui peuvent induire des changements de structure dans la végétation des schorres. Ces différentes pressions ont bien été identifiées par Boorman (2003) et par Foussard et Sottolichio (2011).

3.1. Pressions environnementales liées aux processus hydrologiques et géomorphologiques

3.1.1. Salinité

La salinité est un facteur structurant de la végétation des schorres. L'inondation récurrente des zones de schorres par la mer est essentielle, la salinité influençant directement la germination des plantes (Katembe et al., 1998). La salinité a également un impact sur le développement de certaines espèces comme l'ont montré Hellings et Gallager (1992). Ainsi, un changement de salinité aura pour conséquence un changement dans la composition et la répartition des formations végétales.

3.1.2. Temps de résidence

Cette notion peut être associée à la fois aux eaux (temps nécessaires pour les renouvelées) ainsi qu'au sédiment (temps nécessaire pour les évacuer). Le changement du temps de résidence des eaux et des sédiments peut conduire à un assèchement du substrat ainsi qu'à une modification de son oxygénation et de sa granulométrie, l'ensemble pouvant conduire à une perte de l'habitat.

3.1.3. Topographie

Des changements d'altitude des berges, de profondeur des chenaux et de pentes induiront également des modifications de structure des schorres puisque la topographie conditionne directement le temps et les rythmes d'émersion en lien direct avec la présence même des zones de schorres.

3.1.4. Agitation du milieu

Dans cette rubrique sont considérés les courants et les vagues produites naturellement ou par le sillage des bateaux. L'agitation du milieu est d'une façon générale défavorable à l'installation et au maintien des zones de schorre.

3.2. Pressions anthropiques

De part leur position à l'interface terre-mer, les schorres sont soumis à différentes pressions anthropiques. Boorman (2003) les recense à travers différentes catégories :

- Aménagements côtiers
- Activité de loisirs
- Pollutions
- Espèces introduites

3.2.1. Aménagements côtiers

Les schorres sont naturellement façonnés par les conditions hydrodynamiques du milieu. Les aménagements tels que la construction de barrage, de digues, de ports...ont un impact direct sur la morphologie des cours d'eau et de ce fait sur l'étendue des schorres.

3.2.2. Activités de loisirs

La chasse, l'observation des oiseaux qui induisent le piétinement du milieu, l'activité nautique qui crée des vagues endommageant les berges sont autant d'activités pratiquées dans les schorres où à leur proximité qui nuisent à leur développement.

3.2.3. Pollutions

La pollution des schorres peut être d'origine agricole (herbicides, insecticides) et/ou industrielle (tributylétain, métaux lourds...). De plus les schorres peuvent être soumis à des marées noires récurrentes et de plus ou moins grande ampleur. Ces différents types de pollution ont des effets sur la structure et le fonctionnement écologique des schorres.

3.2.4. Espèces introduites

La structure des schorres peut être totalement changée lorsque ceux-ci servent de zone de pâturage. Sous la pression de broutage, une biodiversité différente se forme, certaines espèces disparaissant totalement, d'autre profitant de cette nouvelle configuration pour se développer. Même si le pâturage représente une pression, ce mode d'exploitation des schorres permet néanmoins de les protéger de toute autre exploitation humaine.

4. Les pressions retenues dans le cadre de l'intercalibration

Pour mettre en évidence une relation pression-impact, les états membres ont évalué pour chacune de leur masse d'eau un indicateur de pression identifié comme la pression hydromorphologique totale. Elle est le résultat de la somme de trois paramètres :

- le pourcentage de zone intertidale faisant l'objet d'une revendication territoriale
- le pourcentage des berges renforcées
- le pourcentage de la zone subtidale étant utilisé pour des dépôts de dragage.

Le pourcentage total a été mis en regard de l'EQR calculé au niveau national que ce soit pour les masses d'eau côtières et les masses d'eau de transition.

La relation entre les EQR nationaux et la pression hydromorphologique maximale (égale à la valeur la plus importante parmi les 3 paramètres cités ci-dessus) a également été testée.

Que ce soient pour les masses d'eau côtières et de transition, aucune relation pression-impact concluante n'a été mise en évidence.

Le calcul de l'EQR prenant à la fois en considération des métriques liées à l'hydromorphologie et à l'écologie mais les pressions identifiées ne se rapportant qu'à l'hydromorphologie, il est probable que l'indicateur de pression tel qu'il est actuellement calculé ne reflète pas toutes les pressions comprises dans le calcul de l'EQR via les différentes métriques utilisées. Deux choix sont alors possibles :

- Revoir le calcul de l'indicateur de pression en y intégrant plus de paramètres, la difficulté étant que tous les états membres puissent réunir les mêmes types de données.
- Revoir le statut de la représentativité des schorres comme indicateur de la qualité écologique. L'ensemble des pressions mises en évidence étant relative à l'hydromorphologie, les schorres pourraient être un élément de qualité hydromorphologique intéressant.

5. Les schorres comme élément de qualité hydromorphologique

Les schorres présentent l'avantage de répondre de façon facilement détectable à plusieurs paramètres hydrodynamiques. Dans le cadre du projet BEEST (Foussard et Sottolichio, 2011), quatre éléments ont été mis en avant comme ayant une influence principale sur les schorres. Il s'agit de la salinité, du temps de résidence, de l'altitude/profondeur et de la pente. Le changement d'un de ces paramètres pourrait avoir deux types de conséquences :

- un changement de la répartition des différentes zones composant la végétation des schorres (zone pionnière, moyen schorre et haut schorre)
- un changement de surface de la zone de schorre.

Le suivi de ce dernier paramètre est un élément intéressant à envisager :

- il peut être effectué par des méthodes peu coûteuses au regard de la surface couverte comme la prise de photos aérienne ou un travail à partir d'images satellites (Puissant et al., 2008).
- la situation de référence peut être obtenue soit à partir d'anciens clichés SPOT, soit à travers des photos aériennes historiques désormais téléchargeables gratuitement via le géoportail IGN. Selon l'année disponible comme référence, il pourra être envisagé de moduler le seuil de bon état et donc la tolérance vis-à-vis de la déviation par rapport à

la situation de référence.

Une déviation trop importante de la surface des schorres par rapport à la situation de référence constitue un point d'entrée pour suspecter une sortie du bon état hydromorphologique. A partir de là, une évaluation plus approfondie sera alors nécessaire pour qualifier l'état hydromorphologique réel de la masse d'eau (Figure 1), évaluation qui pourrait se faire sur l'élément schorre ou sur un autre paramètre sensible à des changements hydromorphologiques.

En France, les zones de schorres sont peu suivies (Conservatoire Botanique National, com. pers.). La mise en place de cette méthodologie simple permettrait d'une part de reprendre le suivi des schorres et d'autre part d'avoir un élément permettant de qualifier la qualité hydromorphologique des masses d'eau, notamment des masses d'eau de transition.

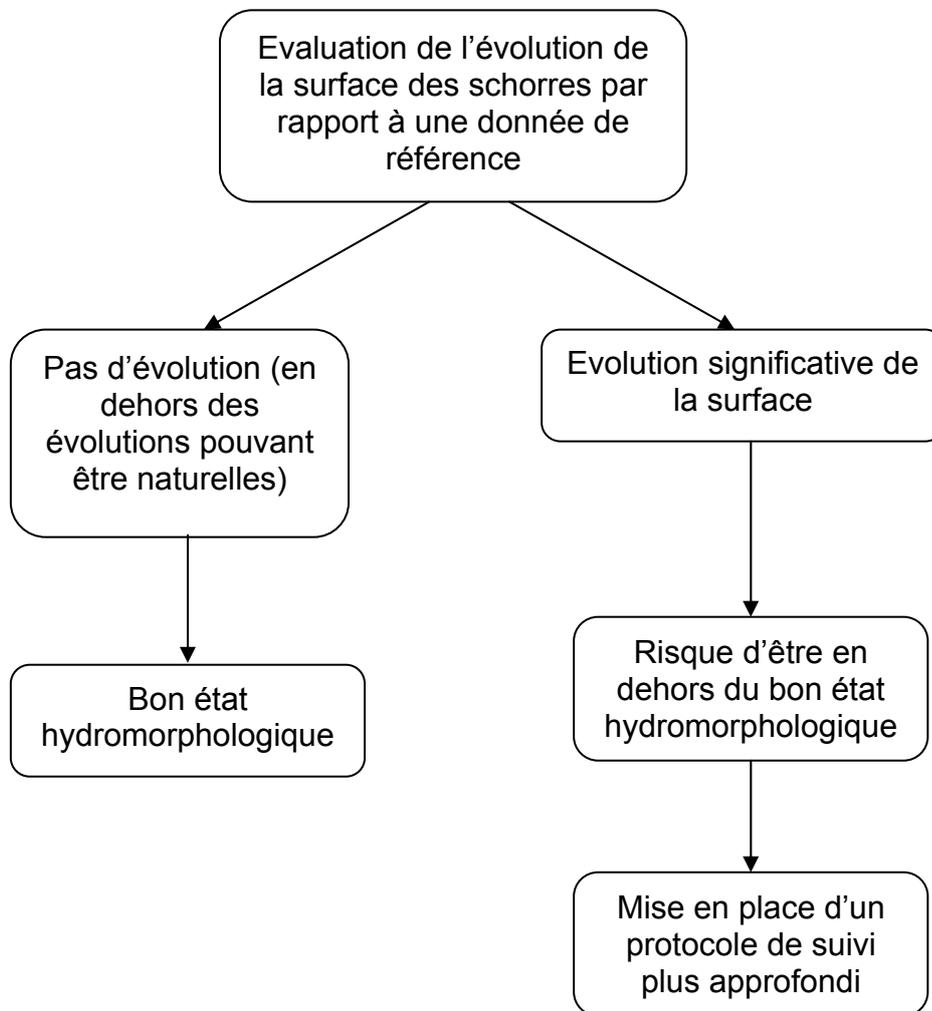


Figure 1 : Illustration de la prise en compte de l'élément « schorres » dans l'évaluation de la qualité hydromorphologique des masses d'eau

6. Conclusion

Malgré les nombreuses méthodologies mises en place par les différents états membres, l'utilisation des schorres comme élément de qualité biologique n'est pas concluante du fait de l'absence de relation entre pression et impact. En outre, il ressort que les impacts des pressions hydromorphologiques sont les plus significatifs et les mieux connus sur les schorres. Cet élément est donc susceptible de constituer une bonne clé d'entrée pour identifier les masses d'eau susceptibles de ne pas atteindre le bon état hydromorphologique.

7. Bibliographie

Boorman L.A. 2003. Salt marsh review. An overview of coastal saltmarshes, their dynamic and sensitivity characteristics for conservation and management. Joint Nature Conservation Committee Report No. 334. JNCC: Peterborough.

Foussard V. & Sootolichio A. 2011. Caractérisation d'indicateurs hydro-morpho-sédimentaires de Bon Etat écologique des estuaires de la Seine, de la Loire et de la Gironde – Partie 2: Synthèse de la démarche et des résultats – Rapport 55 p.

Hellings, S.E. & Gallagher J.L. 1992. The effects of salinity and flooding on *Phragmites australis*. Journal of Applied Ecology 29: 41-49.

Katembe W.J., Ungar I.A., Mitchell J.P. 1998. Effect of salinity on germination and seedling growth of two *Atriplex* species (Chenopodiaceae). Annals of Botany 82: 167-175.

Puissant A., Lefèvre S., Desguée R., Levoy F. 2008. Cartographie et suivi de l'évolution des schorres de la baie du Mont-Saint-Michel (1986-2006) à partir d'images satellites haute résolution. Photo-interprétation N° 2008/3-4. 13p.

Stiller G. 2005. Bewertungsverfahren für die Qualitätskomponenten Makrophyten und Angiospermen in der Tideelbe gemäß EG-WRRL. Report for ARGE Elbe.

Van Landuyt W., Hoste I., Vanhecke L., Van den Bremt P., Vercruyssen W., De Beer D. 2006. Atlas van de flora van Vlaanderen en het Brussels Gewest. Instituut voor natuur- en bosonderzoek, Nationale Plan-tentuin & Flo.Wer.

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

IFREMER
Centre Atlantique
Rue de l'Île d'Yeu
BP 21105
44311 Nantes Cedex 03
02 40 37 40 00
wwz.ifremer.fr/atlantique