Adaptation du protocole de calcul d'un indice de qualité (CCO) pour le suivi des macroalgues sur les estrans intertidaux rocheux dans les Pertuis Charentais

Erwan Ar Gall[1], Michel Le Duff[1] & Pierre-Guy Sauriau[2]

1 : Lémar UMR6539 et UMS - IUEM – UBO, Place N. Copernic, Technopôle Brest Iroise, 29280 PLOUZANE
2 : LIENSs, CNRS, Université de la Rochelle, 2 rue Olympe de Gouges, 17000 LA ROCHELLE

Version d'Avril 2022

Avant-propos

Cette version du protocole de calcul d'un indice de qualité pour le suivi des macroalgues sur les estrans intertidaux rocheux dans les Pertuis Charentais, reprend la proposition actualisée d'un indice de qualité pour le suivi des macroalgues sur les estrans intertidaux rocheux de Ar Gall & Le Duff de décembre 2007 (*cf.* Ar Gall *et al.*, 2016).

L'indice prend en compte la contribution de chaque ceinture / communauté à la couverture végétale d'un site donné, la richesse spécifique de chaque ceinture en espèces caractéristiques et l'importance du couvert des espèces opportunistes. L'indice correspond ainsi à la somme de trois métriques (sous-indices). Les adaptations apportées, pour l'utilisation du protocole aux Pertuis Charentais, ne concernent que les espèces caractéristiques.

Protocole d'observation *in situ*

Sites d'étude : grèves présentant essentiellement de la roche en place, avec un minimum de 3 - 4 communautés macroalgales bien formées

Période d'étude : au printemps (de mars à juillet) et à l'automne (de septembre à novembre), tous les trois ans

Réplicats d'échantillonnage : L'étude de la diversité et de la structuration des ceintures sera réalisée en trois cadrats de 33 cm x 33 cm par point, en trois points fixes de 1.65 m x 1.65 m par communauté, soit 9 cadrats et 0.9 m^2.
Nous préconisons l'emploi d'une structure mobile (Fig. A) qui est posée sur chaque point (3 points par communauté), dans chaque communauté algale présente. Cette structure comporte 25 petits quadrats de 33 cm x 33 cm pour une surface de 0.1 m^2. Au sein de cette structure, on effectue un tirage au sort afin de sélectionner de manière aléatoire 3 petits quadrats à échantillonner (nous faisons ce tirage aléatoire avant d'aller sur le terrain) sur le point choisi.
L'emploi d'un quadrat de 33 cm x 33 cm (Fig. B) n'est pas judicieux car le côté aléatoire n'est pas respecté. Le choix de l'endroit à échantillonner est choisi sur le terrain et il y a toujours une tendance à choisir un endroit où la couverture algale n'est pas nulle.



Fig. A



Fig. B

Surface de chaque niveau * (en m^2)
communautés à

Pelvetia canaliculata (Pc)
Fucus spiralis (complexe) *(Fspi)*
Ascophyllum nodosum (An) / Fucus vesiculosus (Fves)
Fucus serratus (Fser) / Rhodophyta
Himanthalia elongata (He) / Bifurcaria bifurcata (Bb) / Rhodophyta
Laminaria digitata / Laminariales (Ld)

* : par **surface du niveau**, comprendre l'ensemble de la surface rocheuse potentiellement couverte par l'espèce (ou les espèces) dominante(s), hors zones sableuses et mares. Ceci inclut donc les **parties végétalisées et non végétalisées**.

Couverture végétale globale des communautés / ceintures (pourcentages de recouvrement, à 5 % près)
3 à 6 communautés / ceintures (correspondant à des niveaux bathymétriques)
toute la végétation est prise en compte, ce qui inclut les Lichens, les Diatomées coloniales et les Cyanobactéries

Observations dans les cadrats
Recouvrement dans chaque cadrat de chacune des espèces caractéristiques et opportunistes.
Pourcentages de recouvrement à noter par ceinture et par cadrat :
[0 – 5[, [5 - 25[, [25 – 50[, [50 – 75[, [75 – 100] (médianes correspondantes : 2.5, 15, 37.5, 62.5, 87.5 %)
Rappel : trois cadrats de 33 cm X 33 cm par point, pris au hasard à chaque sortie, en trois points fixes de 1.65 m X 1.65 m par ceinture, soit 9 cadrats par ceinture.

Calcul de l'indice CCO

I. Couverture végétale globale (métrique 1)

Tous les niveaux du médio-littoral sont concernés, et la couverture de chaque ceinture / communauté est convertie en points. Seules les communautés présentes sont prises en compte. Les points obtenus pour chaque communauté sont cumulés pour donner une valeur globale pour l'estran. Si une communauté est absente, il faut appliquer une règle de trois pour atteindre un maximum de 40. La présence de substratum mobile (sable, vase, gravier, petits blocs) ou délitant (roche calcaire litée) à plus de 50 % du total de substratum permet de disqualifier le niveau et donc de ne pas le faire intervenir dans le calcul. Par contre, une turbidité importante ou un ensablement limité à 1 – 2cm du substratum rocheux ne peut être considéré comme disqualifiant, les Rhodophyta prenant souvent dans ce cas la place des Phaeophyceae dominantes.

Pour tenir compte de l'importance relative du couvert végétal de chaque communauté, tout en permettant un calcul simple de la métrique, avec des nombres entiers et un total ne dépassant pas 40, chaque communauté sera classée en fonction de la surface qu'elle représente.
On utilise alors 5 tableaux indiciels différents, l'évaluation des deux communautés les moins étendues passant par l'utilisation du même tableau. Si une ou deux communautés sont absentes du site, on applique une règle de trois à partir de la somme obtenue avec les communautés existantes, afin d'évaluer la métrique sur une échelle de 40 points.

Tableaux indiciels pour la couverture végétale globale en fonction de la surface et donc du rang de chaque ceinture

Rank 1	
value	percentage
9	75 – 100 %
7	50 – 75 %
6	25 – 50 %
5	10 – 25 %
4	5 - 10 %
2	2.5 – 5 %
0	0 – 2.5 %

Rank 2	
value	percentage
8	75 – 100 %
7	50 – 75 %
6	25 – 50 %
5	10 – 25 %
3	5 - 10 %
2	2.5 – 5 %
0	0 – 2.5 %

Rank 3	
value	percentage
7	75 – 100 %
6	50 – 75 %
5	25 – 50 %
3	10 – 25 %
2	5 - 10 %
1	2.5 – 5 %
0	0 – 2.5 %

Rank 4	
value	percentage
6	75 – 100 %
5	50 – 75 %
4	25 – 50 %
3	10 – 25 %
2	5 - 10 %
1	2.5 – 5 %
0	0 – 2.5 %

Ranks 5 & 6	
value	percentage
5	75 – 100 %
4	50 – 75 %
3	25 – 50 %
3	10 – 25 %
2	5 - 10 %
1	2.5 – 5 %
0	0 – 2.5 %

II. Nombre d'espèces caractéristiques présentes sur l'estran (métrique 2)

Plutôt qu'une liste d'espèces caractéristiques d'un type d'estran, il est plus logique de tenir compte de la zonation de ces espèces au sein d'habitats particuliers constitués par les communautés correspondant aux ceintures ou populations linéaires de Phaeophyceae structurantes. Parmi ces communautés disposées à des niveaux bathymétriques successifs, nous distinguerons de bas en haut de la zone intertidale celles de *Laminaria digitata* (Ld), d'*Himanthalia elongata* et *Bifurcaria bifurcata* (He + Bb), de *Fucus serratus* (Fser), d'*Ascophyllum nodosum* et *Fucus vesiculosus* (An + Fves) et enfin nous regrouperons les ceintures à *Pelvetia canaliculata* (Pc) et à *Fucus spiralis* (Fspi) en raison de leur faible diversité macroalgale. Outre ce regroupement, l'importance de chaque communauté / ceinture dans le calcul de la métrique (sous-indice) est pondérée par un nombre d'espèces caractéristiques particulier et un tableau indiciel adapté.

Les espèces prises en compte sur le terrain pour le calcul d'indice sont celles qui figurent dans les listes ci-après (**Listes adaptées aux Pertuis Charentais, 3ème version**) et dont la couverture moyenne par communauté est supérieure ou égale à 2.5%. Pour Pc et Fspi, les espèces prises en compte sont celles dont le recouvrement atteint au moins 2.5% dans l'une ou l'autre ceinture. Quand une espèce présente un cycle de vie hétéromorphe, les surfaces couvertes par les générations visibles seront additionnées (exemple : *Mastocarpus stellatus* / *Petrocelis cruenta*).
Le calcul sera fait *a posteriori* et non sur le terrain (*cf*. fiches de terrain).
Valeur de la métrique = somme des valeurs obtenues par communauté / ceinture (ou groupement) divisée par 5, lorsque 5 ceintures (ou au moins une des deux dans le cas de Pc + Fspi) sont présentes
ou valeur d'indice = somme des valeurs obtenues pour chaque communauté (ceinture) / n X 5 lorsque n communautés (ceintures) (ou Pc / Fspi) sont présentes

Pc + Fspi	An + Fves	Fser	He + Bb	Ld
Ascophyllum nodosum	*Ascophyllum nodosum*	*Calliblepharis jubata*	*Calliblepharis jubata*	*Calliblepharis jubata*
Catenella caespitosa (repens)	*Catenella caespitosa (repens)*	*Chondrus crispus*	*Callithamnion tetricum*	*Chondracanthus acicularis*
Cladophora rupestris	*Cladophora rupestris*	*Cladophora rupestris*	*Chondracanthus acicularis*	*Chondria coerulescens*
Fucus spiralis (complexe)	*Corallina / Ellisolandia / Jania squamata*	*Corallina / Ellisolandia / Jania squamata*	*Chondria coerulescens*	*Chondrus crispus*
Fucus vesiculosus	*Fucus serratus*	*Fucus serratus*	*Chondrus crispus*	*Corallina / Ellisolandia / Jania squamata*
Hildenbrandia rubra	*Fucus vesiculosus*	*Gelidium spinosum (pulchellum / latifolium)*	*Cladophora rupestris*	*Cryptopleura ramosa*
Pelvetia canaliculata	*Gelidium pusillum / crinale*	*Lithophyllum incrustans*	*Corallina / Ellisolandia / Jania squamata.*	*Dictyopteris polypodioides*
Phymatolithon (Lithothamnion) lenormandii	*Lithophyllum incrustans*	*Lomentaria articulata*	*Cryptopleura ramosa*	*Dictyota dichotoma*
Rhodothamniella floridula	*Osmundea pinnatifida*	*Osmundea pinnatifida*	*Gelidium spinosum (pulchellum / latifolium)*	*Gastroclonium ovatum*
	Phymatolithon (Lithothamnion) lenormandii	*Phymatolithon (Lithothamnion) lenormandii*	*Laurencia obtusa / Osmundea hybrida (L. hybrida)*	*Gelidium spinosum (pulchellum / latifolium)*
	Ralfsia verrucosa	*Ralfsia verrucosa*	*Lithophyllum incrustans*	*Gracilaria bursa-pastoris*
	Rhodothamniella floridula	*Rhodothamniella floridula*	*Lomentaria articulata*	*Gracilaria multipartita*
			Osmundea pinnatifida / osmunda	*Gymnogongrus crenulatus*
			Phymatolithon (Lithothamnion) lenormandii	*Saccharina latissima (Laminaria saccharina)*
			Rhodothamniella floridula	*Laurencia obtusa / Osmundea hybrida (L. hybrida)*
				Lithophyllum incrustans
				Osmundea pinnatifida / osmunda
				Plocamium (complexe)
				Saccorhiza polyschides
				Undaria pinnatifida
9 espèces	**12 espèces**	**12 espèces**	**15 espèces**	**20 espèces**

Tableau des espèces caractéristiques de l'estran par ceinture (les ceintures Pc et Fspi sont ici regroupées). Le nombre d'espèces caractéristiques figure en bas de chaque colonne.

La liste complète des espèces caractéristiques de l'intertidal - substrat dur des Perthuis charentais figure ci-après. Elle compte 34 genres, espèces ou groupes d'espèces de macrophytes marins. Les deux formes d'une même espèce peuvent être indiquées, le cas échéant, de même que le nom de deux espèces ne pouvant être distinguées aisément sur le terrain (ex: *Laurencia obtusa* / *L. hybrida* (*Osmundea hybrida*)).

Ascophyllum nodosum
Calliblepharis jubata
Callithamnion tetricum
Catenella caespitosa
Chondracanthus acicularis
Chondria coerulescens
Chondrus crispus
Cladophora rupestris
Corallina spp. / Ellisolandia spp. / Jania (Corallina) squamata
Cryptopleura ramosa
Dictyopteris polypodioides
Dictyota dichotoma
Fucus serratus

Fucus spiralis (complexe), incluant *F. guiryi*
Fucus vesiculosus
Gastroclonium ovatum
Gelidium pusillum
Gelidium spinosum (pulchellum / latifolium)
Gracilaria bursa-pastoris
Gracilaria multipartita
Gymnogongrus crenulatus
Hildenbrandia rubra
Laurencia obtusa / L. hybrida (Osmundea hybrida)
Lithophyllum incrustans
Phymatolithon (Lithothamnion) lenormandii
Lomentaria articulata
Osmundea pinnatifida
Pelvetia canaliculata
Plocamium complexe : incluant *cartilagineum, lyngbianum, maggsiae, nanum*
Ralfsia verrucosa
Rhodothamniella floridula
Saccharina latissima (Laminaria saccharina)
Saccorhiza polyschides
Undaria pinnatifida

Liste des espèces caractéristiques de l'ensemble d'un estran (intertidal) rocheux, hors micro-habitats (Pertuis charentais).

Tableaux indiciels pour le nombre d'espèces caractéristiques par ceinture.
NB. Pour le calcul d'indice pour l'ensemble de l'estran, voir ci-dessus.

characteristical species	
value	Pc - Fspi
30	≥ 5
20	3 - 4
10	2
5	1
0	0

characteristical species	
value	An - Fves
30	≥ 7
20	4 - 6
10	2 - 3
5	1
0	0

characteristical species	
value	Fser
30	≥ 6
20	4 - 5
10	2 - 3
5	1
0	0

characteristical species	
value	He - Bb
30	≥ 8
20	6 - 7
10	4 - 5
5	1 - 3
0	0

characteristical species	
value	Ld
30	≥ 10
20	7 - 9
10	4 - 6
5	1 - 3
0	0

III. Couverture des espèces opportunistes (métrique 3)

La métrique tient compte du couvert des espèces ou groupes d'espèces opportunistes ci-après dans chacune des ceintures.

Phaeophyceae :	Ectocarpales (Ectocarpaceae : *Ectocarpus spp.*, *Pylaiella spp.*, *Hincksia spp.*)
Chlorophyceae :	*Ulva compressa* (*Enteromorpha compressa*)
	Ulva clathrata (Enteromorpha ramulosa / crinita)
	autres Ulves en tubes et *Blidingia spp.*
	Ulva spp. en lames foliacées et genres monostromatiques (*Ulvaria*, *Monostroma*)
Rhodophyta :	*Ceramium sensu largo*, dont *Centroceras, Gayliella*
	Polysiphonia sensu largo, dont *Vertebrata, Melanothamnus, Boergeseniella*
	(hormis *V. lanosa* et *P. elongata*)
Microalgues coloniales	Diatomées (épiphytes ou épilithes)

Les valeurs obtenues par ceinture sont sommées pour atteindre un maximum de 30, lorsque les recouvrements par les opportunistes sont < 5 % partout. Lorsqu'une ceinture est absente,

le total se fait en sommant les valeurs des ceintures présentes et en appliquant une règle de trois. Pour le calcul, chaque ceinture, ou regroupement de ceintures dans le cas de Pc et Fspi, a le même poids.
Les calculs de moyennes de recouvrement se font après coup et non sur le terrain (cf. fiches de terrain).

Espèces opportunistes par communauté / ceinture	
valeur	recouvrement (%)
6	< 5
4	[5 – 25[
2	[25 – 50[
1	[50 – 75[
0	[75 – 100[

Dans le cas du regroupement Pc + Fspi, les recouvrements d'un taxon donné dans les deux ceintures sont moyennés (Pc + Fspi / 2).

IV. Détermination de l'état qualitatif (EQS)

L'état qualitatif d'un site « macroalgues intertidales » est obtenu en comparant l'indice calculé avec les seuils (boundaries) définis au niveau européen pour le CCO.
L'indice global est calculé en sommant les sous-indices obtenus pour le recouvrement global (0 - 40), le nombre d'espèces caractéristiques de l'ensemble des ceintures présentes (0 - 30) et le recouvrement des espèces opportunistes (0 - 30).

seuils (points)	EQS (état)
80 - 100	High (Très bon)
60 – 79	Good (Bon)
40 – 59	Moderate (Moyen)
20 – 39	Poor (Médiocre)
0 - 19	Bad (Mauvais)