Protocole d'observation *in situ* et proposition de calcul d'un indice de qualité pour le suivi des macroalgues sur les estrans intertidaux rocheux dans le cadre DCE (CCO)
Bretagne – Massif Armoricain

E. Ar Gall & M. Le Duff

Lémar UMR6539 et UMS - IUEM – UBO, Place N. Copernic, Technopôle Brest Iroise, 29280 PLOUZANE

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 en Bretagne Massif Armoricain, 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).

Le protocole et le calcul de l'indice ne diffèrent dans les autres parties de la façade Manche-Atlantique que par le nombre d'espèces caractéristiques par ceinture / niveau bathymétriques et donc par les grilles indiciaires de la métrique 2.

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

L'indice développé prend en compte la contribution de chaque communauté / ceinture 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 sous-indices / métriques.

I. Couverture végétale globale (métrique 1)

Tous les niveaux du médio-littoral sont concernés, et la couverture de chaque ceinture est convertie en points. Seules les ceintures présentes sont prises en compte. Les points obtenus pour chaque ceinture sont cumulés pour donner une valeur globale pour l'estran. Si une ceinture 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 Rhodophycées prenant souvent dans ce cas la place des Phaeophyceae dominantes.
Pour tenir compte de l'importance relative du couvert végétal de chaque ceinture, tout en permettant un calcul simple du sous-indice, avec des nombres entiers et un total ne dépassant pas 40, chaque ceinture sera classée en fonction de la surface qu'elle représente.
On utilise alors 5 tableaux indiciels différents, l'évaluation des deux ceintures les moins étendues passant par l'utilisation du même tableau. Si une ou deux ceintures sont absentes du site, on applique une règle de trois à partir de la somme obtenue avec les ceintures existantes, afin d'évaluer le sous-indice 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

Rang 1	
valeur	pourcentage
9	75 – 100 %
7	50 – 75 %
6	25 – 50 %
5	10 – 25 %
4	5 - 10 %
2	2.5 – 5 %
0	0 – 2.5 %

Rang 2	
valeur	pourcentage
8	75 – 100 %
7	50 – 75 %
6	25 – 50 %
5	10 – 25 %
3	5 - 10 %
2	2.5 – 5 %
0	0 – 2.5 %

Rang 3	
valeur	pourcentage
7	75 – 100 %
6	50 – 75 %
5	25 – 50 %
3	10 – 25 %
2	5 - 10 %
1	2.5 – 5 %
0	0 – 2.5 %

Rang 4	
valeur	pourcentage
6	75 – 100 %
5	50 – 75 %
4	25 – 50 %
3	10 – 25 %
2	5 - 10 %
1	2.5 – 5 %
0	0 – 2.5 %

Rangs 5 & 6	
valeur	pourcentage
5	75 – 100 %
4	50 – 75 %
3	25 – 50 %
3	10 – 25 %
2	5 - 10 %
1	2.5 – 5 %
0	0 – 2.5 %

rangs 1 à 6	
valeur par niveau	pourcentage de recouvrement
9 - 5	75 – 100 %
7 - 4	50 – 75 %
6 - 3	25 – 50 %
5 - 3	10 – 25 %
4 - 2	5 - 10 %
2 - 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 ceintures ou populations linéaires de Phaeophyceae structurantes. Parmi ces ceintures 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 ceinture dans le calcul du 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 et dont la couverture moyenne par ceinture 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 du sous-indice = somme des valeurs obtenues par ceinture (ou groupement) / 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 ceinture / n X 5
lorsque n ceintures (ou Pc / Fspi) sont présentes

Pc + Fspi	An + Fves	Fser	He + Bb	Ld
Ascophyllum nodosum	*Ascophyllum nodosum*	*Chondrus crispus*	*Asparagopsis armata / Falkenbergia*	*Calliblepharis jubata*
Catenella caespitosa (repens)	*Cladophora rupestris*	*Cladophora rupestris*	*Bifurcaria bifurcata*	*Chondracanthus acicularis*
Fucus spiralis (complexe)	*Corallina / Ellisolandia / Jania squamata*	*Corallina / Ellisolandia / Jania squamata*	*Calliblepharis jubata*	*Chondrus crispus*
Hildenbrandia rubra	*Fucus serratus*	*Cryptopleura ramosa*	*Chondracanthus acicularis*	*Corallina / Ellisolandia / Jania squamata*
Hydropunctaria (Verrucaria) maura	*Fucus vesiculosus*	*Fucus serratus*	*Chondrus crispus*	*Cryptopleura ramosa*
Lichina pygmaea	*Gelidium spinosum (pulchellum / latifolium)*	*Gelidium spinosum (pulchellum / latifolium)*	*Cladophora rupestris*	*Cystoclonium purpureum*
Pelvetia canaliculata	*Gelidium pusillum / crinale*	*Gelidium pusillum / crinale*	*Corallina / Ellisolandia / Jania squamata*	*Himanthalia elongata*
	Lithophyllum incrustans	*Lithophyllum incrustans*	*Cryptopleura ramosa*	*Laminaria digitata*
	Lomentaria articulata	*Lomentaria articulata*	*Cystoclonium purpureum*	*Laurencia obtusa / Osmundea hybrida (L. hybrida)*
	Mastocarpus stellatus	*Mastocarpus stellatus*	*Gelidium spinosum (pulchellum / latifolium)*	*Lithophyllum incrustans*
	Phymatolithon (Lithothamnion) lenormandii	*Osmundea pinnatifida*	*Himanthalia elongata*	*Lomentaria articulata*
	Plumaria plumosa	*Palmaria palmata*	*Laurencia obtusa / Osmundea hybrida (L. hybrida)*	*Mastocarpus stellatus*
	Rhodothamniella floridula	*Phymatolithon (Lithothamnion) lenormandii*	*Lithophyllum incrustans*	*Osmundea pinnatifida / osmunda*
		Plumaria plumosa	*Lomentaria articulata*	*Palmaria palmata*
		Rhodothamniella floridula	*Mastocarpus stellatus*	*Plocamium* (complexe)
			Osmundea pinnatifida / osmunda	*Saccharina latissima*
			Palmaria palmata	*Saccorhiza polyschides*
			Plocamium (complexe)	
			Rhodothamniella floridula	
7 espèces	**13 espèces**	**15 espèces**	**19 espèces**	**17 espèces**

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

La liste complète des espèces caractéristiques de l'intertidal - substrat dur figure ci-après. Elle compte 34 genres ou espèces de macrophytes marins, dont 2 espèces de Lichens, 10 espèces de Phaeophyceae, 21 genres ou espèces de Rhodophyceae et 1 espèce de Chlorophyceae.

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 sur le terrain (ex: *Laurencia obtusa* / *L. hybrida*). Les synonymies sont également indiquées, lorsque nécessaire.

Ascophyllum nodosum
Asparagopsis armata / Falkenbergia rufolanosa
Bifurcaria bifurcata
Calliblepharis jubata
Catenella caespitosa (repens)
Chondracanthus acicularis
Chondrus crispus
Cladophora rupestris
Corallina / Ellisolandia (elongata) / Jania squamata
Cryptopleura ramosa
Cystoclonium purpureum
Fucus serratus
Fucus spiralis (complexe), incluant *F. guiryi*
Fucus vesiculosus
Gelidium spinosum / G. pulchellum / G. latifolium
Gelidium pusillum / crinale
Hildenbrandia rubra = H. prototypus
Himanthalia elongata
Laminaria digitata
Laurencia obtusa / Osmundea (Laurencia) hybrida
Lichina pygmaea
Lithophyllum incrustans
Lomentaria articulata
Mastocarpus stellatus / Petrocelis cruenta
Osmundea pinnatifida (Laurencia pinnatifida) / O. osmunda
Palmaria palmata
Pelvetia canaliculata
Phymatolithon (Lithothamnion) lenormandii
Plocamium complexe : incluant *cartilagineum, lyngbianum, maggsiae, nanum*
Plumaria plumosa
Rhodothamniella floridula
Saccharina latissima (Laminaria saccharina)
Saccorhiza polyschides
Verrucaria (Hydropunctaria) maura

Liste des espèces caractéristiques de l'ensemble d'un estran (intertidal) rocheux, hors micro-habitats (Bretagne – Massif Armoricain).

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 (7)	
value	Pc - Fspi
30	≥4
20	3
10	2
5	1
0	0

characteristical species (13)	
value	An - Fves
30	≥ 7 0
20	5 – 6
10	3 – 4
5	1 – 2
0	0

characteristical species (15)	
value	Fser
30	≥ 8
20	6 – 7
10	4 - 5
5	1 – 3
0	0

characteristical species (19)	
value	He - Bb
30	≥ 10
20	7 –9
10	4 - 6
5	1 - 3
0	0

characteristical species (17)	
value	Ld
30	≥ 9
20	7– 8
10	4 - 6
5	1 - 3
0	0

pourcentage d'espèces retenues par ceinture	**note par ceinture**
> 50	**30**
[35 - 50]	**20**
[20 - 35]	**10**
[5 - 20]	**5**
0	**0**

III. Couverture des espèces opportunistes (métrique 3)

L'indice 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 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 CFR boundaries définies au préalable au niveau européen.
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).

Boundaries (seuils en points)	Status (EQS) (état écologique)
80 - 100	High (très bon)
60 – 79	Good (bon)
40 – 59	Moderate (moyen)
20 – 39	Poor (médiocre)
0 - 19	Bad (mauvais)