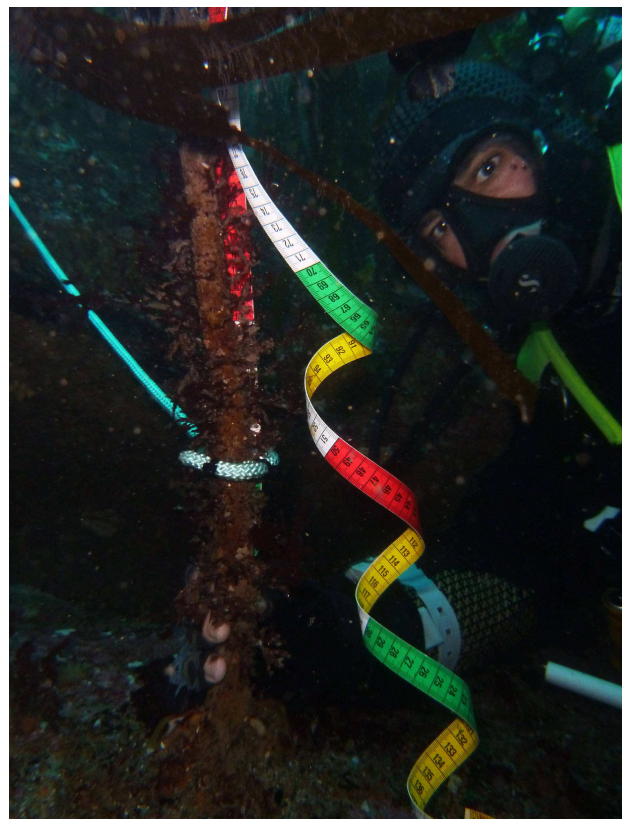


---

Mise en Réseau des suivis des Biocénoses des roches  
subtidales de la façade Manche-Atlantique  
&  
Elaboration d'une stratégie d'évaluation de leur Etat de  
Conservation  
**Protocole ECBRS**

> **Version 5, janvier 2014**



# Préambule

Ce document présente le protocole ECBRS dans sa version de janvier 2014. Il s'agit d'une version modifiée du protocole (Derrien-Courtel *et al.*, 2011b) présenté dans le rapport :

Derrien-Courtel S., Le Gal A., De Casamajor M.-N. et F. Gevaert (2011). Mise en réseau des suivis des biocénoses des roches subtidales de la façade Manche/Atlantique & Elaboration d'une stratégie d'Evaluation de leur Etat de Conservation - Document de travail version 3, Ed juillet 2011. 27 p

Les évolutions du protocole ECBRS sont issues d'une réflexion menée sur le protocole DCE macroalgues subtidales dans le cadre du second plan de gestion DCE (Derrien-Courtel et Le Gal, 2014). Ce protocole, toujours en cours de développement est susceptible de connaître encore quelques évolutions.

Les experts suivants ont également été associés à ce protocole en le testant sur leurs propres sites de suivis :

**Marie-Noëlle DE CASAMAJOR**, *Cadre de Recherche*

Ifremer - LRHA

UFR Côte Basque

1, allée du Parc Montaury - 64600 Anglet

**Anne-Laure BARILLE**, *Directrice*

Bio-Littoral

2, rue du Château de l'Eraudière

Immeuble Le Nevada - CS 80693 - 44306 Nantes Cedex 3

## Comment citer ce Rapport ?

---

Derrien-Courtel S. et Le Gal A. (2014). Mise en réseau des suivis des biocénoses des roches subtidales de la façade Manche/Atlantique & Elaboration d'une stratégie d'Evaluation de leur Etat de Conservation – Protocole ECBRS - version 5. 18 p.

### Crédit Photos de Couverture :

© A. LE GAL – MNHN Concarneau

© E. CATHERINE – MNHN Concarneau

# Sommaire

<b>INTRODUCTION</b>	<b>4</b>
<b>I. GENERALITES</b>	<b>5</b>
<b>II. PARAMETRES ETUDIES</b>	<b>5</b>
<b>II.1 VOLET 1</b>	<b>5</b>
Paramètre 1 : Limites d'extension en profondeur des différentes ceintures algales	6
Paramètre 2 : Dénombrement des algues structurantes, caractéristiques et opportunistes	7
Paramètre 3 : Etude de 10 stipes de <i>Laminaria hyperborea</i> et de leurs épibioses	9
<b>II.2 VOLET 2</b>	<b>9</b>
Paramètre 4 : Etude de la flore et de la faune	9
<b>II.3 VOLET 3</b>	<b>10</b>
Paramètre 5 : Structure des populations d'algues arbustives pérennes	10
<b>CONCLUSION</b>	<b>12</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>13</b>

## Liste des figures

Figure 1 : Cas de figure d'un site avec des algues structurantes appartenant aux typologies de milieux turbides et peu turbides.....	6
Figure 2 : Echantillonnage à réaliser en fonction de la configuration d'un site.....	11

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Présentation des paramètres étudiés selon le protocole ECBRS et comparaison avec le programme de surveillance DCE-1 .....	4
Tableau 2 : Liste des espèces structurantes par type de milieu et d'écorégion .....	7
Tableau 3 : Liste des espèces caractéristiques de l'infralittoral en fonction de l'écorégion.....	8
Tableau 4 : Liste des espèces opportunistes .....	8

## Listes des annexes

Annexe I : Planche Photo .....	14
Annexe II : Typologies des ceintures algales .....	15
Annexe III : Algues structurantes définissant l'étagement des ceintures subtidales .....	17
Annexe IV: Les différents stades de nécroses chez <i>Laminaria hyperborea</i> .....	18

# Introduction

De nouveaux développements méthodologiques ont été nécessaires pour répondre aux besoins de la directive « Habitat-Faune-Flore » (DHFF) et de la Directive Cadre Stratégie Milieu Marin (DCSMM). Les travaux engagés et l'expérience acquise sur les programmes de surveillance DCE et REBENT Bretagne ont amplement alimenté cette réflexion. En l'occurrence, le programme de surveillance DCE (financé par l'Agence de l'Eau Loire Bretagne et l'Ifremer) et le suivi annuel mené dans le secteur « estuaires Loire Vilaine » (grâce aux financements sollicités par l'Association ELV<sup>1</sup>) a constitué un support méthodologique qui a fait l'objet de quelques évolutions afin de mieux répondre aux besoins de ces 2 directives. Ce travail a abouti à la proposition du nouveau protocole « **Etat de Conservation des Biocénoses des Roches Subtidales** » (**ECBRS**) qui reprend une partie des paramètres mesurés pour le programme de surveillance DCE. Ceci permettant de calculer un indice de qualité partiel. De plus, des compléments ont été apportés pour s'intéresser encore davantage à la structure et la fonctionnalité des habitats.

Ce protocole ECBRS doit permettre d'évaluer l'état de conservation et la fonctionnalité des habitats rocheux subtidaux. Pour cela, il s'appuie sur 5 paramètres répartis au sein de 3 volets (cf. Tableau 1) **dont 2 sont obligatoire (Volet 1 et 3)**. Ce tableau permet de visualiser les différences avec le protocole DCE « Macroalgues subtidales ».

A ce sujet, il faut noter que le paramètre « biodiversité totale » de la DCE pour l'élément de qualité « Macroalgues subtidales » n'est plus suivi pour 2 raisons :

- L'analyse des données de biodiversité acquises dans le cadre des suivi Rebent et DCE montre que des sites de très bonne qualité (tel que des sites de référence) présentent une diversité algale souvent moyenne, alors que les sites soumis à des pressions naturelles ou anthropiques sont parfois plus riches, du fait, par exemple, du développement d'un cortège d'espèces tolérantes aux milieux sédimentaires (*Lomentaria clavellosa*, *Osmundea pinnatifida*, *Nitophyllum punctatum*...). La conjugaison d'apports de matière en suspension avec des zones à fort courants (types chenaux) permet souvent l'installation d'espèces supplémentaires.
- Enfin, le paramètre « biodiversité » demande une très bonne connaissance en identification des organismes fixés, ce qui nécessite une formation et une expérience conséquente, qu'il n'est pas toujours évident d'acquérir pour les opérateurs, tout au moins dans un premier temps.

Volet	Paramètre	Echantillonnage	Comparaison avec protocole DCE-1	Justification
1 (obligatoire)	Limites des ceintures algales	Le long du transect	Recherche des limites inférieures de l'infralittoral supérieur et inférieur et du circalittoral côtier.	Indicateur à réponse rapide des pressions qui influent sur la clarté de l'eau (eutrophisation, clapage...)
	Dénombrement des espèces structurantes, caractéristiques et opportunistes	10 Q dans l'infralittoral supérieur au -3m C.M. (ou à défaut entre 0 et -3m C.M.) Optionnel : 10 Q au -8 et au -13m C.M. (si dans l'infralittoral supérieur)	L'infralittoral inférieur n'est plus échantillonné car il s'agit d'un niveau de transition entre l'infralittoral supérieur et le circalittoral côtier dont les limites sont très variables et difficiles à estimer L'étude du -8m et du -13m C.M. devient optionnelle	La présence d'espèces caractéristiques ou opportunistes renseigne sur l'état écologique. L'évaluation de la fonctionnalité passe notamment par l'étude des espèces ingénieuses. Complément d'information par rapport au -3m C.M. intéressant pour l'évolution de la biodiversité avec la bathymétrie quand l'infralittoral inférieur présente une grande amplitude.
	Etude des stipes de <i>Laminaria hyperborea</i> et de leurs épibioses	10 stipes répartis dans l'infralittoral supérieur	10 stipes	Indicateur du niveau de fonctionnalité car les stipes et leurs épibioses représentent des microhabitats
2 (optionnel)	Dénombrement de la faune fixée totale	10 Q dans l'infralittoral supérieur au -3m C.M. (ou à défaut entre 0 et -3m C.M.) = complément dans les quadrats du volet 1	Nouveau paramètre	1- La faune est parfois presque plus pertinente que la flore pour certains sites/milieux 2- Pour affiner l'interprétation des résultats et donc la réponse des indicateurs face aux pressions, la faune, compartiment indissociable de la flore doit être prise en compte. Sans ces 2 compartiments, on ne peut aborder les aspects fonctionnels (dont trophiques) de ces habitats.
	Dénombrement de la flore et de la faune fixée totale	10Q dans le circalittoral côtier		
3 (obligatoire)	Etude de la structure des populations des algues arborescentes (dénombrement, mesure de longueur et état physiologique)	Si la fin de l'infralittoral supérieur est <-5.5m C.M : 5Q tous les 1m	Nouveau paramètre	1- Développer davantage les indicateurs de fonctionnalité de l'habitat à laminaires (ou <i>Cystoseira spp.</i> ) 2- Affiner les relations impacts/pressions sur la structure de ces habitats
		Si la fin de l'infralittoral supérieur est >=5.5m C.M et <-18m C.M. : 5Q tous les 2,5m		
		Si la fin de l'infralittoral supérieur est >=18m C.M : 5Q tous les 5m		

**Tableau 1 : Présentation des paramètres étudiés selon le protocole ECBRS et comparaison avec le programme de surveillance DCE-1**

Les éléments en bleu représentent une diminution et ceux en rouge une augmentation de l'échantillonnage par rapport au programme de surveillance DCE 2009-2013 (= « DCE-1 »)

<sup>1</sup> Agence de l'Eau Loire Bretagne, Agence des Aires Marines Protégées, Association Loire Vilaine, Cap Atlantic, DREAL Loire Atlantique, Fondation TOTAL, IAV, Ifremer, Sécché Environnement / Saur,

Concernant la fréquence d'échantillonnage, celle-ci sera adaptée en fonction des études à réaliser. L'équipe de S. Derrien de la Station de Biologie Marine de Concarneau se propose d'assister les opérateurs sur cette réflexion.

## I. Généralités

Ce protocole est destiné à l'évaluation de sites de type « platiers subtidaux rocheux », et ne tient donc pas compte des micro-habitats de type faille, surplombs, tombants et grottes.

Dans le cadre de la DCE, et en Manche en particulier, les périmètres des masses d'eau parfois très peu étendus vers le large ont pu contraindre les opérateurs dans le choix des sites, dévaluant de fait la notation de la masse d'eau au regard de l'indicateur « Macroalgues subtidales ». En conséquence, une réelle réflexion devra être systématiquement menée sur le choix des sites à prospector, pour que cette stratégie d'évaluation de l'état de conservation ait un sens pour les roches subtidales, et à l'échelle du périmètre considéré (périmètre Natura 2000, périmètre d'étude d'incidence, etc. ...).

La période d'échantillonnage à privilégier s'échelonne entre mi-mars et mi-juillet (période de développement optimal de la flore).

L'échantillonnage se fait le long d'un transect (cf. Annexe I), positionné dans une zone qui présente une dénivellation assez rapide pour que le transect ne soit pas trop long (tout en évitant au maximum les grands tombants). C'est le long du transect que s'effectue le relevé des limites d'extension en profondeur des ceintures algales (cf. Annexe II et Annexe III). Dans le cas de site sans dénivellation, une bathymétrie fixe (conservée pour les éventuels suivis) sera à définir. Dans ce cas, l'échantillonnage à réaliser dépendra de la ceinture algale dans laquelle se trouve cette bathymétrie fixe.

Les mesures sont réalisées *in situ* sur des quadrats de 0,25 m<sup>2</sup> (0.5m x 0.5m). Il est nécessaire de veiller à ce que les quadrats ne contiennent pas de zone sédimentaire, de blocs de roche mobiles ou encore de faille. Le protocole ECBRS a été conçu de manière à répartir les paramètres au sein de 3 volets dont 2 sont désormais obligatoires : les volets 1 et 3 sont obligatoires et le volet 2 reste optionnel. En fonction du contexte (DCSMM, étude d'impact...) et des moyens alloués, le nombre de volets à appliquer ira de 1 à 3.

L'application de l'ECBRS demandera au minimum de réaliser 10 quadrats dans lesquels seule la flore sera échantillonnée au -3m C.M. (ou à défaut dans la ceinture), au sein de l'infra littoral supérieur (volet 1) et au maximum 40Q dans lesquels la flore et la faune seront échantillonnées au sein de l'infra littoral supérieur et du circalittoral côtier (volets 1, 2 et 3 complets), auxquels s'ajoutent encore l'étude de 10 stipes de *Laminaria hyperborea* ainsi que des quadrats spécifiques à la strate arbustive (qui sont plus rapides à réaliser).

## II. Paramètres étudiés

### II.1 Volet 1

Le volet 1 reste obligatoire, et correspond à une évolution du protocole d'échantillonnage de l'indicateur DCE « Macroalgues subtidales ». En effet, par rapport au suivi DCE-1, on propose ici de ne plus suivre le paramètre « biodiversité », car celui-ci est jugé peu pertinent.

D'autre part, à la différence du protocole DCE, le volet 1 de ce protocole « Etat de Conservation des Biocénoses des Roches Subtidales » (ECBRS) ne prend pas en compte l'infra littoral inférieur qui est défini par la présence des espèces structurantes en densité inférieure à 3 ind/m<sup>2</sup>. Cette ceinture qui correspond à une zone de transition entre l'infra littoral supérieur (espèces structurantes  $\geq 3$  ind/m<sup>2</sup>) et le circalittoral (absence d'algues structurantes) occupe généralement une faible proportion du substrat rocheux. En cas de modification de la structure biocénotique d'un site, les limites inférieure et supérieure de l'infra littoral inférieur peuvent fortement évoluer du fait de l'apparition ou de la disparition de quelques individus d'algues structurantes. La sous-strate algale évolue moins rapidement que les algues structurantes et peut donc se trouver en décalage par rapport à ces dernières (Kennelly, 1987; Melville et

Connell, 2001; Lilley et Schiel, 2006). En conséquence, nous proposons de concentrer les efforts d'échantillonnage sur l'infra-littoral supérieur et le circo-littoral côtier.

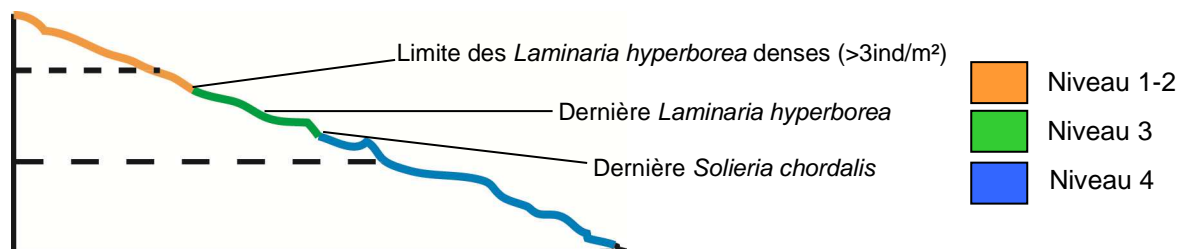
### **Paramètre 1 : Limites d'extension en profondeur des différentes ceintures algales**

Le relevé des limites d'extension en profondeur des différentes ceintures algales doit faire l'objet d'une attention toute particulière, car toute la suite du protocole en dépend. Ces profondeurs (par la suite corrigées et rapportées au zéro hydrographique) sont relevées du fond vers la surface (pour des raisons de sécurité liées au profil de la plongée). A chaque limite de ceinture algale, la profondeur, l'heure et la date sont systématiquement notées.

Les limites d'extension en profondeur des différentes ceintures algales sont définies par rapport à la présence / absence et l'abondance des algues structurantes (cf. Annexe II et Annexe III). La limite entre la frange infra-littorale (ceinture facultative de niveau 1) et l'infra-littoral supérieur (niveau 2) n'a pas besoin d'être déterminée et on considère une seule ceinture à laminaires denses en regroupant ces deux horizons. Toutefois, la présence de la laminaire *Laminaria digitata* ou de *Gelidium corneum* (dans le pays Basque) et de *Padina pavonica* et donc de la ceinture facultative de niveau 1 est notée.

Nous attirons l'attention sur les cas suivants, qui peuvent poser problèmes :

- La limite entre l'infra-littoral supérieur et l'infra-littoral inférieur est définie par la densité des algues arbustives (3 ind au m<sup>2</sup>). Tant que des patches de 3 individus au m<sup>2</sup> sont observés (même de manière discontinue), la zone fait partie de l'infra-littoral supérieur.
- Il est possible que la ceinture de l'infra-littoral inférieur soit absente. En effet, dans les zones à forte dénivellation (tombant, chaos de gros blocs), on peut passer directement de l'infra-littoral supérieur (3 algues structurantes au m<sup>2</sup>) au circo-littoral côtier (aucune algue structurante). Cela se produit notamment lorsque la fin de l'infra-littoral supérieur correspond au début d'un tombant.
- Sur certains sites, le substrat rocheux peut être au moins en partie constitué de galets ou de petits blocs de roche. Si ces derniers ne peuvent être considérés en tant que tel comme mobiles en raison de leur taille, ils peuvent le devenir lorsque des algues de grande taille les colonisent. Ce cas a été rencontré aux Triagoz au large de Trébeurden (Côtes d'Armor). Lors du relevé des limites d'extension en profondeur des ceintures algales, nous avons pu constater que de grands individus de laminaires se trouvaient ainsi déplacés au-delà de -20m C.M., au sein du circo-littoral côtier... Il est très probable que des blocs situés à de plus faibles profondeurs se soient déplacés lors de grandes marées ou à l'occasion de fortes houles, en raison de la surface de résistance importante que représentaient les laminaires qui s'y étaient développées. L'apparition d'individus anormalement grands (c'est à dire s'ils succèdent à de petits individus) fixés sur des petits blocs doit alerter le plongeur en charge du relevé des ceintures. Ceux-ci ne doivent pas être pris en compte pour définir les limites des ceintures algales.
- Sur certains sites, les algues structurantes des typologies « milieux peu turbides » et « milieux turbides » peuvent coexister et prendre le relais l'une de l'autre. Lorsque ces cas complexes sont rencontrés, il est préférable de détailler les limites d'extension en fonction des densités critiques (+ ou - de 3 ind/m<sup>2</sup>) pour chacune des espèces appartenant à l'une et/ou à l'autre des typologies des ceintures algales. La Figure 1 illustre le cas d'un site où la rhodophycée *Solieria chordalis* (utilisée dans la typologie des milieux turbides) prend le relais de la laminaire *Laminaria hyperborea* (utilisée dans la typologie des milieux peu turbides). Dans ce cas, il est important de bien noter les profondeurs limites des deux espèces.



**Figure 1 : Cas de figure d'un site avec des algues structurantes appartenant aux typologies de milieux turbides et peu turbides**



## Paramètre 2 : Dénombrement des algues structurantes, caractéristiques et opportunistes

Ces espèces sont dénombrées dans les quadrats positionnés au -3m C.M. ou à défaut à une autre bathymétrie (entre 0 et -3m C.M.) représentant l'infralittoral supérieur si nécessaire (si l'infralittoral supérieur n'atteint pas le -3m C.M.). Les bathymétries -8m C.M. et -13m C.M. peuvent être étudiées de manière optionnelle en fonction des moyens financiers et humains dont disposent les opérateurs. Si aucune des 3 bathymétries -3m C.M., -8m C.M. et -13m C.M ne se situe dans l'infralittoral supérieur, il sera nécessaire d'en définir une autre qui sera conservée dans les futurs suivis. Il sera donc préférable de choisir cette bathymétrie dans la zone médiane de la ceinture. Les listes d'espèces à prendre en compte sont présentées dans le Tableau 2, le Tableau 3 et le Tableau 4. Le dénombrement d'individus peut parfois s'avérer délicat, notamment pour les espèces formant des tapis (ex : *Polysiphonia spp.*, Corallinacées,...). Il sera néanmoins nécessaire d'estimer le nombre d'individus et ne pas se contenter d'un pourcentage de recouvrement.

Concernant les espèces structurantes, les juvéniles devront être distingués des autres individus même si l'espèce peut être déterminée. Par exemple, on comptera séparément les *Saccorhiza polyschides* juvéniles des autres. La limite de taille distinguant les 2 catégories sera fixée à 1cm de longueur de stipe. Nous préconisons cette distinction car les laminaires juvéniles peuvent être très nombreuses mais toutes ne pourront se développer et participer à la strate arbustive. Néanmoins, il reste intéressant de les comptabiliser car elles témoignent de l'importance du recrutement. Enfin, si plusieurs bathymétries fixes se situent dans l'infralittoral supérieur, les algues structurantes devront être dénombrées à la bathymétrie où elles sont le plus denses (il s'agit majoritairement du -3m C.M., mais cela reste à vérifier sur place par l'opérateur).

		Ecorégions		
		Manche orientale	Manche occidentale – Bretagne - Pays de Loire	Pays Basque
Type de milieu	Peu turbide	<i>Laminaria digitata</i> <i>Laminaria hyperborea</i> <i>Laminaria ochroleuca</i> <i>Saccharina latissima</i> <i>Saccorhiza polyschides</i> jeunes laminaires indéterminées	<i>Laminaria digitata</i> <i>Laminaria hyperborea</i> <i>Laminaria ochroleuca</i> <i>Saccharina latissima</i> <i>Saccorhiza polyschides</i> jeunes laminaires indéterminées	<i>Padina pavonica</i> <i>Cystoseira spp.</i> <i>Laminaria ochroleuca</i> <i>Saccharina latissima</i> <i>Saccorhiza polyschides</i> jeunes laminaires indéterminées
	Turbide	-	<i>Padina pavonica</i> <i>Solieria chordalis</i> <i>Halidrys siliquosa</i> <i>Cystoseira spp</i> <i>Sargassum muticum</i> <i>Saccharina latissima</i> <i>Laminaria hyperborea</i> <i>Saccorhiza polyschides</i> jeunes laminaires indéterminées	-

**Tableau 2 : Liste des espèces structurantes par type de milieu et d'écorégion**

Manche orientale	Manche occidentale-Bretagne-Pays de la Loire	Pays basque
<i>Ahnfeltia plicata</i>	<i>Acrosorium venulosum</i>	Algues brunes encroûtantes
<i>Acrosorium venulosum</i>	Algues calcaires dressées	<i>Calliblepharis ciliata</i>
Algues calcaires dressées	<i>Bonnemaisonia asparagoides</i>	<i>Callophyllis laciniata</i>
<i>Apoglossum ruscifolium</i>	<i>Calliblepharis ciliata</i>	<i>Champia parvula</i>
<i>Bonnemaisonia asparagoides</i>	<i>Callophyllis laciniata</i>	<i>Corallina</i> spp.
<i>Calliblepharis ciliata</i>	<i>Cruoria pellita</i>	<i>Cystoseira</i> spp.
<i>Calliblepharis jubata</i>	<i>Cryptopleura ramosa</i>	<i>Dictyopteris polypodioides</i>
<i>Callophyllis laciniata</i>	<i>Delesseria sanguinea</i>	<i>Dictyota dichotoma</i>
<i>Cladostephus spongiosus</i>	<i>Dictyopteris polypodioides</i>	<i>Drachiella spectabilis</i>
<i>Cordylecladia erecta</i>	<i>Dictyota dichotoma</i>	<i>Gelidium corneum</i>
<i>Cruoria pellita</i>	<i>Dilsea carnosa</i>	<i>Gelidium</i> spp.
<i>Cryptopleura ramosa</i>	<i>Drachiella spectabilis</i>	<i>Halopithys incurva</i>
<i>Delesseria sanguinea</i>	<i>ErythroGLOSSUM laciniatum</i>	<i>Halopteris filicina</i>
<i>Dictyopteris polypodioides</i>	<i>Halopteris filicina</i>	<i>Halurus equisetifolius</i>
<i>Dictyota dichotoma</i>	<i>Halurus equisetifolius</i>	<i>Heterosiphonia plumosa</i>
<i>Dilsea carnosa</i>	<i>Heterosiphonia plumosa</i>	<i>Jania rubens</i>
<i>ErythroGLOSSUM laciniatum</i>	<i>Kallymenia reniformis</i>	<i>Lithophyllum incrustans</i>
<i>Halopteris filicina</i>	<i>Laminaria hyperborea</i>	<i>Mesophyllum lichenoides</i>
<i>Heterosiphonia plumosa</i>	<i>Meredithia microphylla</i>	<i>Nitophyllum punctatum</i>
<i>Kallymenia reniformis</i>	<i>Phyllophora crispa</i>	<i>Peyssonnelia</i> spp.
<i>Laminaria digitata</i>	<i>Phymatolithon lenormandii</i>	<i>Phyllophora crispa</i>
<i>Laminaria hyperborea</i>	<i>Plocamium cartilagineum</i>	<i>Plocamium cartilagineum</i>
<i>Laminaria saccharina</i>	<i>Polyneura bonnemaisonii</i>	<i>Pterosiphonia complanata</i>
<i>Meredithia microphylla</i>	<i>Rhodymenia pseudopalmata</i>	<i>Pterosiphonia pennata</i>
<i>Phyllophora crispa</i>	<i>Sphaerococcus coronopifolius</i>	<i>Rhodymenia pseudopalmata</i>
<i>Phyllophora pseudoceranoïdes</i>	<i>Apoglossum ruscifolium</i>	<i>Sphondylothamnion multifidum</i>
<i>Phymatolithon lenormandii</i>	<i>Calliblepharis jubata</i>	<i>Stypocaulon scoparium</i>
<i>Plocamium cartilagineum</i>	<i>Chondria dasyphylla</i>	<i>Taonia atomaria</i>
<i>Polyneura bonnemaisonii</i>	<i>Chylocladia verticillata</i>	<i>Zanardinia typus</i>
<i>Rhodymenia pseudopalmata</i>	<i>Cystoseira</i> spp.	
<i>Sargassum muticum</i>	<i>Halidrys siliquosa</i>	
	<i>Nitophyllum punctatum</i>	
	<i>Padina pavonica</i>	
	<i>Pterothamnion</i> spp.	
	<i>Rhodophyllis</i> spp.	
	<i>Sargassum muticum</i>	
	<i>Solieria chordalis</i>	

Tableau 3 : Liste des espèces caractéristiques de l'infralittoral en fonction de l'écorégion

Groupe taxonomique	Espèces	Remarque
Chlorophycées	<i>Codium</i> spp.	Considérées comme opportunistes pour l'écorégion pays basque uniquement
	<i>Cladophora</i> spp.	
	<i>Enteromorpha</i> spp.	
	<i>Ulva</i> spp.	
Microalgues coloniales	Diatomées (filamenteuses)	
Phéophycées	<i>Desmarestia ligulata</i>	
	Ectocarpales	
	<i>Hincksia</i> spp.	
Rhodophycées	<i>Ceramium</i> spp.	
	<i>Hypoglossum hypoglossoides</i>	
	<i>Heterosiphonia japonica</i>	
	<i>Polysiphonia</i> spp. (hormis <i>P. lanosa</i> et <i>P. elongata</i> )	

Tableau 4 : Liste des espèces opportunistes



### **Paramètre 3 : Etude de 10 stipes de *Laminaria hyperborea* et de leurs épibioses**

Il s'agit d'effectuer des relevés sur dix stipes représentatifs de la zone prospectée, choisis de manière aléatoire au sein de l'infralittoral supérieur, si cette laminaire y est dominante et bien représentée. Pour chaque stipe de *Laminaria hyperborea*, on relève alors *in situ* :

- la longueur totale du stipe (du début de la lame au début du crampon),
- la longueur du stipe colonisée par les épibioses (du début du crampon jusqu'à la fin des épibioses),
- la surface occupée par l'ensemble des épibioses. Il s'agit d'estimer la surface occupée par l'ensemble des épibioses dans un plan : [hauteur le long du stipe] x [la largeur perpendiculairement au stipe] x2 (si les épibioses sont présentes sur les 2 côtés du stipe),
- les 5 principales espèces présentes en épibiose (flore et faune). En cas de doute sur la détermination des épibioses présentes, un échantillon pourra être prélevé pour une identification ultérieure.

L'opérateur a la possibilité d'effectuer ce relevé pendant l'échantillonnage des quadrats répartis au sein de l'infralittoral supérieur, ou bien au cours d'un relevé indépendant.

Afin d'assurer une sélection aléatoire des individus de *Laminaria hyperborea*, nous proposons de procéder de la manière suivante :

Le plongeur palme au dessus de la canopée et se laisse couler main en avant en fermant les yeux. Les mesures porteront sur l'individu de *Laminaria hyperborea* le plus proche du point de contact de la main sur le substrat (en évitant les topographies particulières telles que les tombants par exemple). Le plongeur se déplace pour échantillonner l'ensemble de l'infralittoral supérieur. L'échantillonnage ne concernera pas les individus juvéniles (taille inférieure à 1cm). Afin de limiter les coûts et assurer un niveau de précision suffisant, les dix stipes pourront être récoltés à condition que *Laminaria hyperborea* soit suffisamment bien représentée (elle est trouvée facilement). Sinon, les mesures seront réalisées *in situ*.

## **II.2 Volet 2**

Le volet 2 reste optionnel, et a pour objectif d'intégrer le « compartiment faune », absent de la DCE-1, pour mieux intégrer la fonctionnalité des biocénoses et répondre ainsi davantage à l'évaluation de l'état de conservation des habitats subtidiaux rocheux dans leur ensemble. D'autre part, ces données faunistiques, ajoutées à celles des macroalgues, permettent une bien meilleure prise en compte des biocénoses benthiques à dominante faunistique, particulièrement significatives dans certains milieux turbides, où les macroalgues infralittorales ne sont pas nécessairement les espèces indicatrices les plus appropriées.

L'application de ce volet 2 à un grand nombre de sites soumis à des gradients de pressions spatiaux-temporels permettra d'affiner les listes d'espèces indicatrices, pour lesquelles les données quantitatives restent encore aujourd'hui insuffisantes à l'échelle de la façade Manche/Atlantique.

### **Paramètre 4 : Etude de la flore et de la faune**

Ce paramètre demande de réaliser un dénombrement complémentaire des invertébrés fixés au sein des 10 quadrats obligatoires du volet 1. De plus, la ceinture du circalittoral côtier sera également échantillonnée en réalisant 10 quadrats dans lesquels sera dénombré l'ensemble des algues et des invertébrés fixés. Pour les espèces encroûtantes, on note le pourcentage de recouvrement (on ne relève que les espèces dont le recouvrement est supérieur à 1%). Les espèces dont on peut individualiser les individus seront dénombrées même si elles sont abondantes.

Si aucune des 3 bathymétries -3m C.M., -8m C.M. et -13m C.M ne se situe dans le circalittoral côtier, il sera nécessaire d'en définir une autre qui sera conservée dans les futurs suivis. Il sera donc préférable de choisir cette bathymétrie dans la zone médiane de la ceinture.

## II.3 Volet 3

Ce troisième volet est devenu obligatoire, mais naturellement que lorsque les sites sont pourvus de laminaires et/ou cystoseires, et a pour objectif de suivre de manière plus fine les algues structurantes pérennes des sites où l'infralittoral est dominé par les laminaires et/ou les cystoseires, et qui, dans ce cas, jouent un rôle fonctionnel majeur. Ce volet complète efficacement l'étude des limites d'extension en profondeur des ceintures. Toutefois, ces espèces pérennes n'étant pas présentes partout, cette étude n'est pas réalisable sur tout le littoral, et c'est la raison pour laquelle elle est optionnelle ; néanmoins, sur les sites qui en sont pourvus, ce volet devient obligatoire. Enfin, ce volet, nous l'avons déjà mentionné, doit permettre une meilleure prise en compte de l'état général des populations de laminaires et/ou de cystoseires. A cet égard, on peut rappeler les études menées sur les laminaires nécrosées d'Iroise (Derrien-Courtel et Le Gal, 2011) d'une part et sur la raréfaction des laminaires (Derrien-Courtel et al., 2013) en particulier sur le secteur du Mor Braz (Barillé et Derrien-Courtel, 2010; Derrien-Courtel *et al.*, 2011a) d'autre part.

### **Paramètre 5 : Structure des populations d'algues arbustives pérennes**

On dénombre et on identifie à l'espèce les algues potentiellement arbustives **dont le stipe mesure plus de 1cm** (toutes les laminaires dont le stipe mesure moins de 1cm seront dénombrées et regroupées dans une catégorie « laminaires juvéniles ») dans des quadrats supplémentaires qui seront échelonnés en fonction de la profondeur de la limite inférieure de l'infralittoral supérieur (« N2 inf »), que celle-ci soit tronquée par du sédiment ou déterminée :

- Si N2 inf < -5,5m C.M : 5 quadrats tous les 1m à partir du -1m C.M., soit 25 quadrats au maximum,
- Si N2 inf ≥ -5,5m C.M et < -18m C.M. : 5 quadrats tous les 2,5m à partir du -3m C.M., soit 30 quadrats au maximum,
- Si N2 inf ≥ -18m C.M : 5 quadrats tous les 5m à partir du -3m C.M., soit 30 quadrats au maximum (la profondeur maximum observée pour la limite inférieure de l'infralittoral supérieur est de -30.6m C.M).

Nous proposons de réaliser un minimum de 5 quadrats par bathymétrie. Cependant, l'opérateur peut en réaliser un plus grand nombre, notamment lorsque la densité des algues arbustives est faible.

Dans ces quadrats, on mesure également la longueur du stipe des laminaires pérennes *Laminaria digitata*, *Laminaria hyperborea* et *Laminaria ochroleuca* (lorsque le stipe mesure plus de 1 cm) et on qualifie leur état physiologique (cf. Annexe IV). Lorsque des cystoseires sont présentes (et dans le pays basque notamment), on mesure la taille totale des individus de *Cystoseira spp.* (et *C. baccata* notamment).

Ce protocole peut être assez complexe à intégrer, notamment en raison des multiples cas de figures (configuration de sites) qui peuvent se présenter. Nous conseillons aux opérateurs d'apporter une attention particulière pour s'assurer que l'ensemble des données nécessaires soient bien recueillies. Des fiches spécifiques pourront s'avérer fort utiles pour que les plongeurs s'assurent que l'ensemble de l'échantillonnage ait bien été réalisé.

La Figure 2 présente quelques cas de figures qui permettent de visualiser l'échantillonnage à réaliser en fonction du nombre de volets sélectionnés.

Prof / Ceinture	Q- (strate arbustive)	Quadrats Faune et Flore	Stipes de L. hyp
0			
1	5Q-	10Q Flore DCE + Faune	10
2		8Q Flore DCE	10
3			
4			
5			
6			
7			
8		10Q Flore et Faune	
9			

Prof / Ceinture	Q- (strate arbustive)	Quadrats Faune et Flore	Stipes de L. hyp
0			
1	5Q-		↑ 10 ↓
2	5Q-		
3	5Q-	10Q Flore DCE + Faune	
4	5Q-		
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13		10Q Flore et Faune	
14			
15			

Prof / Ceinture	Q- (strate arbustive)	Quadrats Faune et Flore	Stipes de L. hyp
0			↑ 10 ↓
1			
2			
3	5Q-	10Q Flore DCE + Faune	
4			
5	5Q-		
6			
7			
8	5Q-	10Q Flore DCE	
9			
10			
11			
12			
13		10Q Flore et Faune	
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			

Prof / Ceinture	Q- (strate arbustive)	Quadrats Faune et Flore	Stipes de L. hyp	
0			↑ 10 ↓	
1				
2				
3	5Q-	10Q Flore DCE + Faune		
4				
5				
6				
7				
8	5Q-	10Q Flore DCE		
9				
10				
11				
12				
13	5Q-	10Q Flore DCE		
14				
15				
16				
17				
18	5Q-			
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25		10Q Flore DCE + Faune		
26				
27				
28				

**Figure 2 : Echantillonnage à réaliser en fonction de la configuration d'un site**

(Prof en m C.M.)

Penser à vérifier que les espèces structurantes ont bien été dénombrées à la bathymétrie où elles sont le plus denses (au sein du -3m, -8m ou -13m C.M.) conformément au protocole (cf. paramètre 2)

En noir : partie obligatoire du volet 1 et du volet 3,

En orange : partie optionnelle du volet 1,

En rouge, volet 2 optionnel

Q- : Quadrats du volet 3 dans lesquels on dénombre les algues arbustives et/ou structurantes et on mesure les laminaires pérennes (ou les cystoseires dans le cas du Pays Basque)

## Conclusion

Le protocole ECBRS a été développé pour répondre à un besoin croissant de protocole standardisé permettant l'exploitation et la comparabilité des données acquises. Il vise à répondre aux exigences d'un large panel d'études (évaluation initiale, études d'incidences,...). Pour ce faire, les paramètres optionnels permettent de renforcer l'effort d'échantillonnage en fonction des études. Ce protocole permet d'échantillonner des sites avec ou sans dénivelé.

L'équipe « Ecologie des fonds subtidaux rocheux » de la Station de Biologie Marine de Concarneau se tient disponible pour accompagner les institutions ou les structures privées dans l'application de ce protocole. Dans le cadre des formations proposées (ECBRS, Potentialité ZNIEFF), une formation spécifique peut être organisée pour aider les opérateurs à se familiariser avec les différents paramètres mesurés. Enfin, si nécessaire, nous pouvons assurer le travail de détermination des échantillons collectés, après contractualisation avec l'organisme demandeur.

## Bibliographie

- Barillé AL et Derrien-Courtel S (2010) Etat de santé des masses d'eau côtières dans le secteur Loire-Vilaine avec le Bio-indicateur des Laminaires- année 2009. Contrat ELV - Bio-Littoral - MNHN, 93p
- Castric-Fey A (1973) Hydraires et Bryozoaires infralittoraux du plateau continental Sud-armoricain. I. Plateau de Rochebonne et île d'Yeu. *Cah Biol Mar* 14: 205-216
- Castric-Fey A, Girard-Descatoire A, L'Hardy-Halos MT et Derrien-Courtel S (2001) La vie sous-marine en Bretagne – Découverte des fonds rocheux. Les Cahiers Naturalistes de Bretagne n°3, edit. biotope Conseil Régional de Bretagne, 176p
- Castric-Fey A, Girard-Descatoire A et Lafargue F (1978) Les peuplements sessiles de l'archipel de Glenan. Répartition de la faune dans les différents horizons. *Vie Milieu* 28-29 (1) ser AB: 51-67
- Connor DW, Allen JH, Golding N, Lieberknecht LM, Northen KO et Reker JB (2004) The Marine Habitat Classification for Britain and Ireland Version 04.05. Peterborough JNCC, 49p
- Derrien-Courtel S et Le Gal A (2011) Rapport sur les observations d'un phénomène de nécroses sur la laminaire *Laminaria hyperborea* pendant l'année 2008, Contrat IFREMER-MNHN, juin 2012, 28p
- Derrien-Courtel S et Le Gal A (2014) Protocole de surveillance DCE pour l'élément de qualité "Macroalgues subtidales" - Second cycle de suivi (DCE-2) - Version 2014-V1, Contrat Ifremer-MNHN, 28p
- Derrien-Courtel S, Le Gal A et Barillé AL (2011a) Etat de santé des masses d'eau côtières dans le secteur Loire-Vilaine - année 2010, Contrat ELV-Bio- Littoral-MNHN, Mai 2011, 37p
- Derrien-Courtel S, Le Gal A, De Casamajor M-N et Gevaert F (2011b) Mise en réseau des suivis des biocénoses des roches subtidales de la façade Manche/Atlantique & Elaboration d'une stratégie d'Evaluation de leur Etat de Conservation- Document de travail version 1.3, 26p
- Derrien-Courtel S, Le Gal A et Grall J (2013) Regional-scale analysis of subtidal rocky shore community. *Helgol Mar Res*: 1-16
- Kennelly SJ (1987) Physical disturbances in an Australian kelp community. I. Temporal effects. *Mar Ecol Prog Ser* 40: 145-153
- Lilley SA et Schiel DR (2006) Community effects following the deletion of a habitat-forming alga from rocky marine shores. *Oceanologia* (148): 672-681
- Melville AJ et Connell SD (2001) Experimental effects of kelp canopies on subtidal coralline algae. *Austral Ecol* (26): 102-108

## Annexe I : Planche Photo



**Derniers préparatifs avant la plongée**



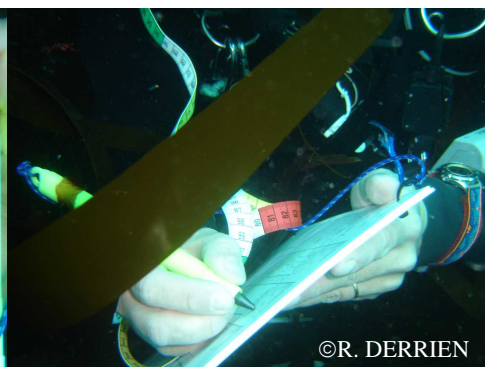
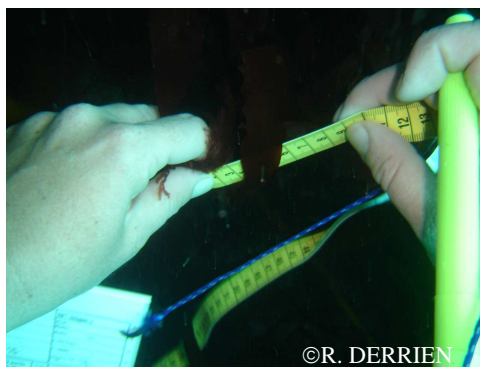
**La pose du transect**



**Plongeur réalisant un relevé de ceinture**



**Plongeur du MNHN effectuant un relevé sur quadrat**



**Plongeur effectuant un relevé sur un stipe de *Laminaria hyperborea*.**

## Annexe II : Typologies des ceintures algales

### Typologies des ceintures algales

**1) Dans le cas des milieux peu turbides**, l'étagement des peuplements a été défini selon (Castric-Fey, 1973; Castric-Fey *et al.*, 1978; Castric-Fey *et al.*, 2001; Connor *et al.*, 2004). Nous replacerons ici, pour mémoire les niveaux d'étagement de la roche sublittorale (c'est-à-dire l'infralittoral et le circalittoral) au sein de l'étagement littoral global (du supralittoral au circalittoral) :

- Etage supralittoral (= zone des embruns marins) caractérisé par les lichens  
- Etage médiolittoral (= zone de balancement des marées ou estran) caractérisé par des ceintures de Fucales émergées (*Pelvetia*, *Fucus*, *Ascophyllum*) ou des populations de crustacés et mollusques fixés sur la roche (balanes, patelles, moules...), puis par la ceinture de *Chondrus - Mastocarpus* (émergée en marée de vive eau).

- Etage infralittoral (= zone continuellement immergée, à forte instabilité environnementale) caractérisé par de grandes algues photophiles : laminaires et Fucales sous-marines (*Sargassum*, *Cystoseira*, *Halidrys*) et la dominance de la flore sur la faune fixée.

\* Horizon à *Laminaria digitata* = «Niveau 1» (en mode battu : ceinture de *Laminaria digitata* denses frange infralittorale (facultative) ; en mode calme : *Laminaria digitata* clairsemées, *Saccharina latissima*, pelouse à *Padina* (facultative), herbiers à *Zostera marina* sur sable.

\* Horizon à laminaires denses (« kelp forest », ou à Fucales sous-marines denses) = «Niveau 2» (en mode battu : forêt de laminaires denses ; en mode calme : prairies de *Cystoseira* et *Halidrys*) = étage infralittoral supérieur. Pour cette ceinture, on compte plus de 3 pieds de laminaires par mètre carré.

\* Horizon à laminaires clairsemées («laminarian park»), ou à Fucales sous-marines clairsemées et prairies denses d'algues de petite taille = «Niveau 3» (en mode battu : laminaires clairsemées ; en mode calme : prairies de *Solieria chordalis*) = étage infralittoral inférieur. Pour cette ceinture, on compte moins de 3 pieds de laminaires par mètre carré.

- Etage circalittoral (= zone de faibles variations environnementales)

\* Horizon circalittoral côtier : = étage circalittoral supérieur. Les laminaires sont désormais absentes. Horizon caractérisé par la présence d'algues sciaphiles (*Dictyopteris polypodioides*, *Rhodymenia pseudopalmata*...) de densité décroissante avec la profondeur et la dominance de la faune fixée (gorgones, roses de mer, éponges axinellides ...) sur la flore = «Niveau 4».

\* Horizon circalittoral du large : = étage circalittoral inférieur caractérisé par l'absence d'algues dressées et l'apparition d'un nouveau stock d'animaux fixés (*Dendrophyllia cornigera* ...) : faune fixée sciaphile dominante = «Niveau 5».

### **Cas du pays basque**

Pour cette écorégion, la définition de l'étagement en milieu peu turbide a demandé quelques adaptations.

\* Horizon à *Padina pavonica* = «Niveau 1» ; pelouse à *Padina* (facultative).

\* Horizon à *Cystoseires denses* = «Niveau 2» prairies de *Cystoseira* = étage infralittoral supérieur. Pour cette ceinture, on compte plus de 3 pieds de *Cystoseires* par mètre carré.

\* Horizon à *Cystoseires clairsemées* = «Niveau 3» = étage infralittoral inférieur. Pour cette ceinture, on compte moins de 3 pieds de *Cystoseires* par mètre carré.

- Etage circalittoral (= zone de faibles variations environnementales)

\* Horizon circalittoral côtier : = étage circalittoral supérieur. Les *Cystoseires* sont désormais absentes. Horizon caractérisé par la présence d'algues sciaphiles de densité décroissante avec la profondeur et la dominance de la faune fixée (*Alcyonium digitatum*, *Corynactis viridis*, *Actinothoe sphyrodeta*...) sur la flore = «Niveau 4».

\* Horizon circalittoral du large : = étage circalittoral inférieur caractérisé par l'absence d'algues dressées et l'apparition d'un nouveau stock d'animaux fixés : faune fixée sciaphile dominante = «Niveau 5».



**2) Dans les milieux très turbides**, la tranche d'eau d'où peut s'effectuer la photosynthèse est réduite et les peuplements infralittoraux photophiles tendent à disparaître. Par contre, les espèces circalittorales peuvent remonter jusqu'à la limite inférieure de l'estran. Il est donc difficile de situer les limites entre les étages. Sur les roches toujours plus ou moins soumises à l'ensablement ou à l'envasement, les algues dominantes sont les algues brunes *Saccharina latissima* et *Sargassum muticum* et l'algue rouge sciaphile *Solieria chordalis*.

Nous devons donc redéfinir les niveaux d'étagement au moyen des espèces présentes dans ces habitats sous-marins d'eaux turbides, à la fois abrités et soumis à des courants de marée importants.

\* Horizon à *Padina pavonica* : Sur la roche, présence facultative de *Padina pavonica*.

\* Horizon à Sargasses et Halidrys denses: Champ de *Sargassum muticum* et/ou *Halidrys siliquosa*, parfois associés à *Saccharina latissima*, *Laminaria hyperborea*, et/ou *Saccorhiza polyschides*. Sous strate de Rhodophycées sciaphiles. Dominance des algues sur la faune fixée = étage infralittoral supérieur.

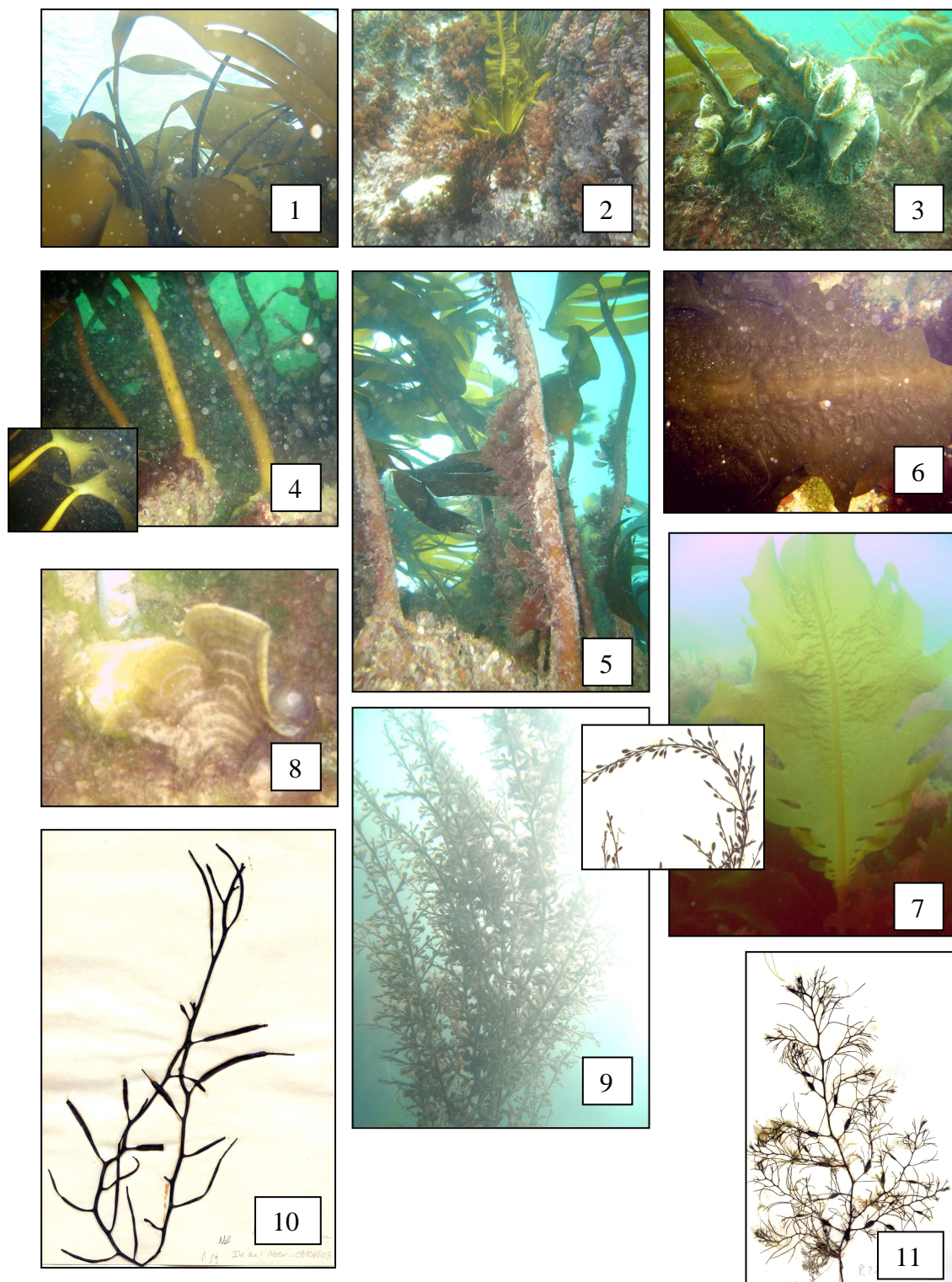
\* Horizon à Sargasses et Halidrys clairsemées: Rares *Sargassum muticum* et/ou *Halidrys siliquosa* en touffes dispersées. Abondance des algues Rhodophycées sciaphiles comme *Solieria chordalis* et de la faune fixée = étage infralittoral inférieur.

\* Horizon circalittoral côtier : Dominance de la faune fixée ; algues foliacées rares = étage circalittoral supérieur, peu distinct, ici, de l'étage circalittoral inférieur.

\* Horizon circalittoral du large : = étage circalittoral inférieur caractérisé par l'absence d'algues dressées et l'apparition d'un nouveau stock d'animaux fixés: faune fixée sciaphile dominante.

Ceinture algale	Site exposé	Eau peu turbide		Eau très turbide
		Cas du Pays Basque	Site abrité	
Frange infralittorale (facultative) = Niveau 1	Présence de <i>Laminaria digitata</i>	Présence de <i>Padina pavonica</i>	Présence de <i>Laminaria digitata</i> ou <i>Padina pavonica</i>	Présence de <i>Padina pavonica</i>
Infralittoral supérieur = Niveau 2	"Forêt de laminaires denses" : Laminaires ( <i>Laminaria hyperborea</i> , <i>Laminaria ochroleuca</i> , et <i>Saccorhiza polyschides</i> et <i>Saccharina latissima</i> ) densité > ou = 3/m <sup>2</sup>	Champs de <i>Cystoseira</i> spp. (> ou = 3ind/m <sup>2</sup> )	Champs de <i>Cystoseira</i> spp., et/ou <i>Saccharina latissima</i> et/ou <i>Halidrys siliquosa</i> (> ou = 3ind/m <sup>2</sup> )	<i>Sargassum muticum</i> et/ou <i>Halidrys siliquosa</i> , parfois associées avec <i>Laminaria hyperborea</i> , et/ou <i>Saccorhiza polyschides</i> , et/ou <i>Saccharina latissima</i> (> ou = 3ind/m <sup>2</sup> ). Sous strate composée d'algues rouges sciaphiles
Infralittoral inférieur = Niveau 3	"Forêt de laminaires clairsemées" : Laminaires ( <i>Laminaria hyperborea</i> , <i>Laminaria ochroleuca</i> , et <i>Saccorhiza polyschides</i> et <i>Saccharina latissima</i> ) densité < 3/m <sup>2</sup>	Champs de <i>Cystoseira</i> spp. (< 3 ind/m <sup>2</sup> )	Champs de <i>Cystoseira</i> spp., et/ou <i>Saccharina latissima</i> et/ou <i>Solieria chordalis</i> (< 3ind/m <sup>2</sup> )	Rares <i>Sargassum muticum</i> et/ou <i>Halidrys siliquosa</i> éparses < 3ind/m <sup>2</sup> . Abondance d'algues rouges sciaphiles <i>Solieria chordalis</i> et de la faune fixée
Circalittoral côtier = Niveau 4	Absence de laminaires et présence d'algues sciaphiles, prédominance de la faune fixée	Dominance de la faune fixée, algues foliacées rares	Absence de <i>Cystoseira</i> spp., et/ou <i>Saccharina latissima</i> et/ou <i>Solieria chordalis</i> et présence d'algues sciaphiles, prédominance de la faune fixée	Dominance de la faune fixée, algues foliacées rares
Circalittoral du large = Niveau 5	Algues dressées absentes. Apparition de faune sciaphile	Dominance de la faune fixée, algues dressées absentes	Algues dressées absentes. Apparition de faune sciaphile	Dominance de la faune fixée, algues dressées absentes

### Annexe III : Algues structurantes définissant l'étagement des ceintures subtidales



**Légende :** 1- *Laminaria digitata* ; 2- *Alaria esculenta* ; 3- *Saccorhiza polyschides* ; 4- *Laminaria ochroleuca* ; 5- *Laminaria hyperborea* ; 6- *Saccharina latissima* ; 7- *Undaria pinnatifida* (**attention**, cette laminaire introduite ne participe pas à la typologie des ceintures subtidales !) ; 8- *Padina pavonica* ; 9- *Sargassum muticum* ; 10- *Halidrys siliquosa* ; 11- *Cystoseira spp.*



## Annexe IV: Les différents stades de nécroses chez *Laminaria hyperborea*

→ une laminaire *Laminaria hyperborea* en bonne santé :  
photo 1 :

→ une laminaire *Laminaria hyperborea* nécrosée :  
photos 2, 3 et 4 :

**Stade 2-** avec une fronde en partie « nécrosée »

**Stade 3-** avec une fronde quasiment totalement  
disparue

**Stade 4-** avec une fronde totalement disparue

