



Etat de santé des masses d'eaux côtières dans le secteur Loire-Vilaine

Année 2012

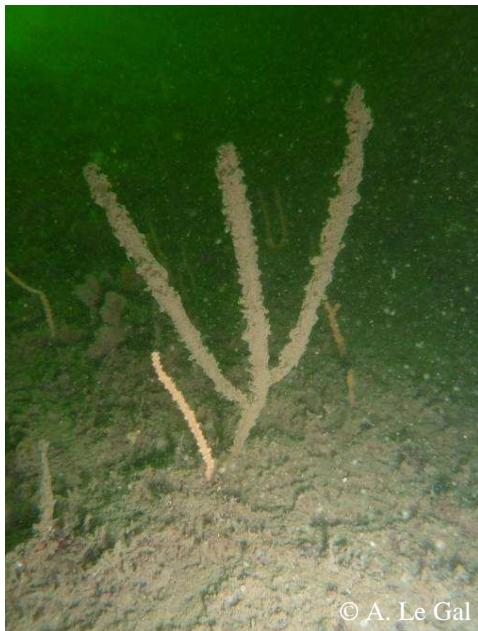
Rapport du MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE
Station de Biologie Marine de CONCARNEAU
Novembre 2013



Bio-Littoral

Programme financé par





© A. Le Gal

Ile Dumet : L'éponge *Haliclona oculata* recouverte de vase



© Bio-Littoral

Le Pilier : La laminaire *Laminaria hyperborea* est présente jusqu'au sédiment



© A. Le Gal

Goué Vas : L'anthozoaire *Alcyonium digitatum*, l'éponge *Cliona celata* et la gorgone *Eunicella verrucosa*



© Bio-Littoral

Le Pilier : Une gorgone *Eunicella verrucosa*

Organisme coordinateur : MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

Station de Biologie Marine de Concarneau

Place de La Croix – BP 225 - 29182 CONCARNEAU Cedex

Tel. : 02.98.50.42.91 - Fax : 02.98.97.81.24 - E-mail : derrien@mnhn.fr / alegal@mnhn.fr

Chef de Projet, Responsabilité scientifique :

- Pour le MNHN : Dr DERRIEN-COURTEL Sandrine, Chargée de Recherche (Concarneau)
- Pour BIO-LITTORAL : Dr BARILLE Anne-Laure, Directrice (Nantes)

Rédaction :

- DERRIEN-COURTEL Sandrine (MNHN Concarneau)
- BARILLE Anne-Laure (Bio-Littoral)
- LE GAL Aodren (MNHN Concarneau)
- COCAUD Annaïk (Bio-Littoral)

Références bibliographiques de ce rapport :

DERRIEN-COURTEL S., BARILLE Anne-Laure, LE GAL A. COCAUD Annaïk (2013) Etat de santé des masses d'eaux côtières dans le secteur Loire-Vilaine – année 2012, Rapport intermédiaire. Contrat ELV-MNHN, 101p.

SOMMAIRE

1 INTRODUCTION.....	7
2 PROTOCOLE D'ETUDE 2012	9
2.1 Stations de suivi	9
2.2 Protocole d'échantillonnage et d'évaluation de « l'état de santé » des masses d'eaux côtières dans le secteur Loire-Vilaine	10
2.2.1 Le protocole DCE « Macroalgues subtidales ».....	11
2.2.2 Le protocole ECBRS.....	12
3 RESULTATS DU SUIVI 2012.....	14
3.1 Présentation des résultats par site.....	14
3.1.1 Ile Dumet	14
3.1.2 Bonen du Four	20
3.1.3 Goué Vas.....	26
3.1.4 Le Four-LHY	28
3.1.5 Le Four-CYS.....	29
3.1.6 La Pointe du Croisic.....	30
3.1.7 Penchâteau	33
3.1.8 Baguenaud	35
3.1.9 La Banche nord.....	40
3.1.10 La Banche sud.....	42
3.1.11 La Pointe Saint Gildas	47
3.1.12 Le Pilier.....	49
3.2 Discussion des résultats à l'échelle de l'ensemble du secteur d'étude	53
3.2.1 Compartiment « Macroalgues »	53
3.2.2 Compartiment « Macrofaune »	58
3.2.3 Diversité spécifique	82
3.2.4 Evolution de la turbidité entre 2011 et 2012	83
4 CONCLUSION ET PERSPECTIVES	92
4.1 Evolution des biocénoses subtidales rocheuses sur le secteur « Estuaires Loire-Vilaine » :	92
4.2 De la DCE à « l'évaluation de l'Etat de Conservation des Biocénoses des Roches Subtidales » (ECBRS), une évolution méthodologique au service de la fonctionnalité :	95
BIBLIOGRAPHIE.....	99
ANNEXES	100

Liste des figures

Figure 1 : Emprise géographique du projet.....	7
Figure 2 : Positionnement des transects de suivi des zones de laminaires dans le projet d'étude 2009.....	9
Figure 3 : Positionnement des stations de suivi 2012 dans le projet d'étude ELV	10
Figure 4 : Calcul de l'indice de qualité du site.....	12
Figure 5 : Ile Dumet : Evolution de l'extension en profondeur des limites des ceintures algales.....	14
Figure 6 : Ile Dumet : Evolution de la composition de la strate arbustive selon le niveau	15
Figure 7 : Ile Dumet : Evolution de la composition de la « strate fonctionnelle ».....	16
Figure 8 : Ile Dumet : Evolution de la densité des invertébrés benthiques au sein du circalittoral côtier.....	18
Figure 9 : Ile Dumet : Evolution de l'abondance relative des invertébrés benthiques au sein du circalittoral côtier	19
Figure 10 : Bonen du Four : Evolution de l'extension en profondeur des limites des ceintures algales.....	20
Figure 11 : Bonen du Four : Evolution de la composition de la strate arbustive selon le niveau	21
Figure 12 : Bonen du Four : Evolution de la composition de la « strate fonctionnelle »	22
Figure 13 : Bonen du Four : Evolution de la densité des invertébrés benthiques au sein du circalittoral côtier	24
Figure 14 : Bonen du Four: Evolution de l'abondance relative des invertébrés benthiques au sein du circalittoral côtier.	25
Figure 15 : Goué Vas : Evolution de l'extension en profondeur des limites des ceintures algales	26
Figure 16 : Goué Vas du Four : Evolution de la composition de la « strate fonctionnelle ».....	27
Figure 17: Le Four-LHY : Composition de la « strate fonctionnelle »	28
Figure 18: Le Four-CYS : Composition de la « strate fonctionnelle »	29
Figure 19 : Pointe du Croisic : Evolution de l'extension en profondeur des limites des ceintures algales	30
Figure 20 : Pointe du Croisic : Evolution de la composition de la strate arbustive selon le niveau	31
Figure 21 : Penchâteau : Evolution de l'extension en profondeur des limites des ceintures algales.....	33
Figure 22 : Penchâteau : Evolution de la composition de la strate arbustive selon le niveau	34
Figure 23 : Baguenaud : Evolution de l'extension en profondeur des limites des ceintures algales.....	35
Figure 24 : Baguenaud : Evolution de la composition de la strate arbustive selon le niveau	36
Figure 25 : Baguenaud: Evolution de la densité des invertébrés benthiques au sein du circalittoral côtier	38
Figure 26 : Baguenaud: Evolution de l'abondance relative des invertébrés benthiques au sein du circalittoral côtier.....	39
Figure 27 : La Banche nord : Evolution de l'extension en profondeur des limites des ceintures algales	40
Figure 28 : La Banche nord : Evolution de la composition de la strate arbustive selon le niveau	41
Figure 29 : La Banche sud : Extension en profondeur des limites des ceintures algales	42
Figure 30 : La Banche sud : Composition de la strate arbustive selon le niveau	43
Figure 31 : La Banche Sud : Evolution de la composition de la « strate fonctionnelle »	43
Figure 32 : La Banche sud: Evolution de la densité des invertébrés benthiques au sein du circalittoral côtier	45
Figure 33 : La Banche sud: Evolution de l'abondance relative des invertébrés benthiques au sein du circalittoral côtier.	46
Figure 34 : La Pointe Saint Gildas : Extension en profondeur des limites des ceintures algales	47
Figure 35 : La Pointe Saint Gildas : Composition de la strate arbustive selon le niveau.....	48
Figure 36 : Ile du Pilier : Evolution de l'extension en profondeur des limites des ceintures algales	49
Figure 37 : Ile du Pilier : Evolution de la composition de la strate arbustive selon le niveau.....	51
Figure 38 : Le Pilier : Evolution de la composition de la « strate fonctionnelle »	51
Figure 39 : Limites d'extension en profondeur des ceintures algales sur l'ensemble du secteur d'étude en 2012	53
Figure 40 : Composition et densité de la strate arbustive de l'infralittoral supérieur en 2012.....	54
Figure 41 : Sédimentologie des fonds marins bretons (source Ifremer)	55
Figure 42 : Présentation cartographique de la « strate fonctionnelle »	56
Figure 43 : Infralittoral supérieur : Abondance relative de la faune	61
Figure 44 : Infralittoral supérieur : Densité de la faune	62
Figure 45 : Infralittoral supérieur : Fréquence occurrence de la faune	63
Figure 46 : Infralittoral supérieur : Densité totale et proportion de la faune dressée sur le secteur ELV	64
Figure 47 : Infralittoral supérieur : Recouvrement moyen des espèces encroûtantes de la faune	65
Figure 48 : Infralittoral supérieur : Recouvrement moyen total et proportion de la faune encroûtante sur le secteur ELV	66
Figure 49 : -8m C.M. : Abondance relative de la faune sur les sites de Bonen, la Banche sud et le Croisic	68
Figure 50 : -8m C.M. : Densité de la faune sur les sites de Bonen, la Banche sud et le Croisic	69
Figure 51 : -8m C.M. : Fréquence d'occurrence de la faune sur les sites de Bonen, la Banche sud et le Croisic	70
Figure 52 : -8m C.M. : Recouvrement moyen de la faune encroûtante sur les sites de Bonen, la Banche sud.....	71
Figure 53 : -13m C.M. : Abondance relative de la faune sur le site de Bonen	72
Figure 54 : -13m C.M. : Densité de la faune sur le site de Bonen	73
Figure 55 : -13m C.M. : Densité de la faune sur le site de Bonen	74
Figure 56 : Circalittoral côtier : Abondance relative de la faune	77
Figure 57 : Circalittoral côtier : Densité de la faune	78
Figure 58 : Circalittoral côtier : Fréquence occurrence de la faune	79
Figure 59 : Circalittoral côtier : Densité totale et proportion de la faune dressée sur le secteur ELV	80

Figure 60 : Infralittoral supérieur : Recouvrement moyen des espèces encroûtantes de la faune	80
Figure 61 : Circalittoral côtier : Recouvrement moyen total et proportion de la faune encroûtante sur le secteur ELV	81
Figure 62 : Infralittoral supérieur : Diversité spécifique.....	82
Figure 63 : Circalittoral côtier : Diversité spécifique.....	82
Figure 64: Evolution mensuelle des volumes d'eau lâchés par le barrage d'Arzal en 2009 à 2012	83
Figure 65: Débit de la Vilaine d'octobre 2011 à septembre 2012.....	84
Figure 66: Turbidité de surface et de fond en Baie de Vilaine (mars-septembre 2012).....	85
Figure 67 : Concentration en chlorophylle de surface : moyenne en mai et juin 2012	86
Figure 68: Evolution des mesures de l'oxygène dissous en surface et au fond dans la baie de Vilaine de juillet à septembre 2012.....	86
Figure 69 : Influence du panache turbide de la Loire	87
Figure 70 : Moyenne des débits journaliers et quantité de matières en suspension (MES) mesurées à la station de Montjean-sur-Loire	88
Figure 71 : Moyenne des débits journaliers mesurés à la station de Montjean-sur-Loire	88
Figure 72 : Situation géographique des activités anthropiques génératrices de turbidité dans la baie de Loire	89
Figure 73 : Volumes mensuels de sédiments rejetés sur le site de la Lambarde en 2009 et 2011	90
Figure 74 : Evolution des panaches turbides de la Loire et de la Vilaine sous influence de différents régimes de vent en période estivale	91
Figure 75 : Classement obtenus pour les sites de la masse d'eau FRGC46	96
Figure 76 : 2009-2012 : Evolution de l'infralittoral supérieur à Penchâteau	98

Liste des tableaux

Tableau 1 : Nombre de transects retenus par station dans le projet d'étude 2009	8
Tableau 2 : Protocoles appliqués sur les sites de suivis en 2012	11
Tableau 3 : Grille de lecture de l'EQR	12
Tableau 4 : Comparaison des protocoles DCE et ECBRS	13
Tableau 5 : Ile Dumet : Etat de santé du site en 2012 selon l'indicateur macroalgues subtidales	16
Tableau 6 : Bonen du Four : Etat de santé du site selon l'indicateur macroalgues subtidales	23
Tableau 7 : Pointe du Croisic : Etat de santé du site selon l'indicateur macroalgues subtidales	32
Tableau 8 : Baguenaud : Etat de santé du site selon l'indicateur macroalgues subtidales	36
Tableau 9 : La Banche nord : Etat de santé du site selon l'indicateur macroalgues subtidales.....	41
Tableau 10 : La Banche sud : Etat de santé du site selon l'indicateur macroalgues subtidales	44
Tableau 11 : La Pointe Saint Gildas : Etat de santé du site selon l'indicateur macroalgues subtidales	48
Tableau 12 : Ile du Pilier : Etat de santé du site selon l'indicateur macroalgues subtidales	52
Tableau 13 : Résultats 2012 de l'étude de la « strate fonctionnelle »	56
Tableau 14 : Résultats 2011 de l'étude de la « strate fonctionnelle »	56
Tableau 15 : Résultats 2012 de l'étude de la « strate fonctionnelle »	57
Tableau 16 : Résultats du suivi ELV (infralittoral supérieur et inférieur) entre 2009 et 2012.....	57
Tableau 17 : Faune : Liste de taxa potentiellement indicateurs dans l'évaluation de l'ECBRS.	94

Liste des planches photos

Planche I : Illustration de la faune fixée présente dans l'infralittoral supérieur.....	60
Planche II : Illustration de la faune fixée présente à la bathymétrie -8m C.M.....	67
Planche III : Illustration de la faune fixée présente à la bathymétrie -13m C.M.	71
Planche IV : Illustration de la faune fixée présente dans le circalittoral côtier	76

Liste des annexes

Annexe 1 : Typologies des ceintures algales	100
Annexe 2 : Régime des vents dans la région Pays de la Loire	101

Présentation des acteurs

Sandrine DERRIEN-COURTEL (MNHN Concarneau)	Responsabilité scientifique, mise au point du protocole, rédaction, expertise taxonomique, Responsable de l'acquisition des données MNHN-Concarneau sur 5 stations, Relevés scientifiques en plongée
Anne-Laure BARILLE (Bio-Littoral)	Responsable de l'acquisition des données Bio-Littoral sur 8 stations, Apports d'informations environnementales complémentaires, rédaction, Relevés scientifiques en plongée
Aodren LE GAL (MNHN Concarneau)	Mise au point du protocole, saisie, traitement et mise en forme des données, rédaction du rapport, Relevés scientifiques en plongée
Jean-Claude MENARD (ELV)	Apports d'informations environnementales complémentaires, relecture
Annaïk COCAUD (Bio-Littoral)	Relevés scientifiques en plongée, traitement et mise en forme des données, rédaction, expertise taxonomique
Nicolas TRUHAUD (Bio-Littoral)	Relevés scientifiques en plongée, Traitement en laboratoire
François-Xavier DECARIS (MNHN Concarneau)	Relevés scientifiques en plongée, expertise taxonomique
Elodie CATHERINE (MNHN Concarneau)	Saisie de données, traitements des échantillons et des données
Nicolas HARIN (Bio-Littoral)	Chef d'opération hyperbare et responsable logistique pour Bio-Littoral, Bancarisation et cartographies des données
René DERRIEN (MNHN Concarneau)	Chef d'opération hyperbare et responsable logistique pour le MNHN-Concarneau, Relevés scientifiques en plongée

1 Introduction

Contexte de l'étude

Le 11 avril 2008 paraissait un article dans l'Echo de la Presqu'île à la suite d'un interview de deux plongeurs (Jean-Claude Ménard et Eric Lauvray) pratiquant depuis près de 40 ans la chasse sous-marine dans la zone côtière au large de La Baule (Figure 1) et y dénonçant la dégradation des milieux aquatiques et la perte de biodiversité.

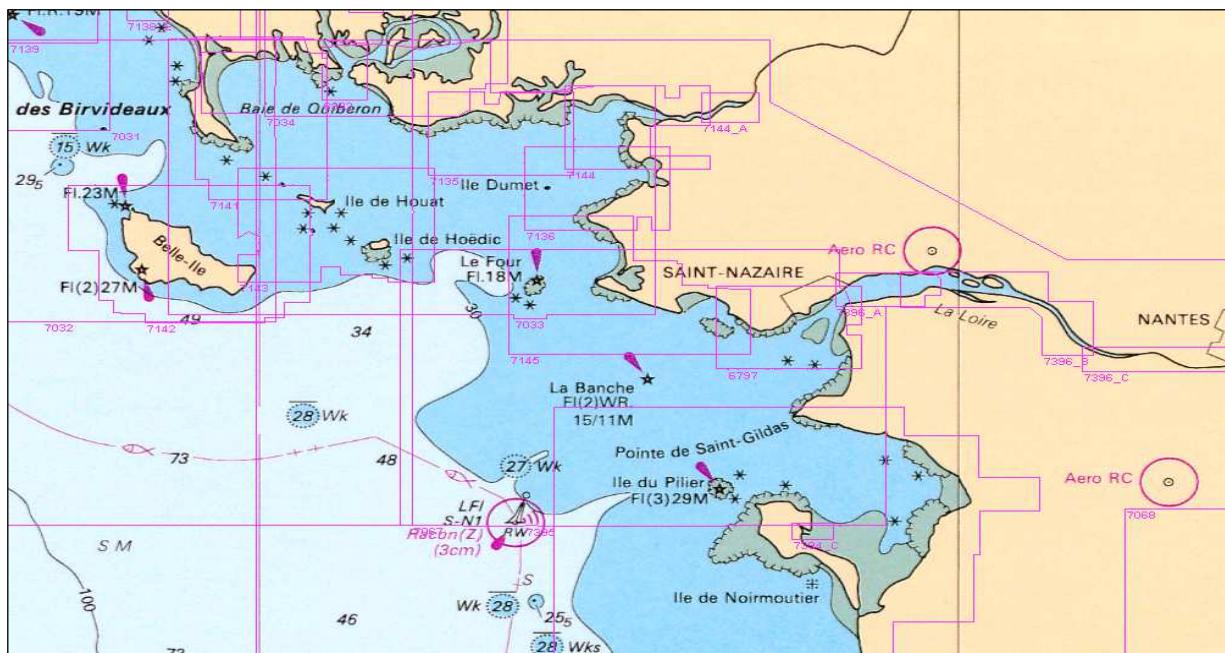


Figure 1: Emprise géographique du projet

Ces deux usagers dressaient un constat alarmant de l'état de la faune et flore locale, de la qualité des eaux littorales, relayés par des professionnels de la mer comme les mytiliculteurs de Pénestin ou des pêcheurs sur la Turballe.

Ils ont notamment observé une raréfaction de la ressource halieutique (bars, lieus, soles). Des champs de laminaires ont entièrement disparu en quelques années dans les secteurs des Charpentiers, de la Pierre percée, de Baguenaud côté est, ainsi que toutes les zones exposées aux courants venant de l'estuaire de la Loire et certaines de la Vilaine. Le phénomène est également observé sur le plateau de la Banche à la pointe du Croisic ainsi que sur celle du Castelli. Les plongeurs font l'hypothèse que cette disparition est liée à une diminution de la photosynthèse en raison d'une augmentation de la turbidité et des blooms de phytoplancton. Sur certaines zones, les moulières recouvrent des secteurs importants de roches influant considérablement sur la biodiversité.

A la suite de cet article, Jean-Claude Menard et Eric Lauvray ont constitué une association « Estuaires Loire Vilaine » (ELV) dont l'objet est « l'étude, la préservation, la réhabilitation des fonds marins et la qualité des eaux dans les estuaires et l'espace côtier LOIRE / VILAINE ».

Une première étude en 2009

En 2009, un important programme de recherche a été mené par ELV en collaboration avec Ifremer,

le MNHN de Concarneau et le bureau d'études Bio-Littoral pour se poursuivre en 2010 et 2011 (Barillé et Derrien-Courtel, 2010 ; Derrien-Courtel *et al.*, 2011a ; Derrien-Courtel *et al.*, 2012). Ce programme a bénéficié du soutien financier de nombreuses structures telles que la fondation TOTAL, l'Agence de l'Eau Loire Bretagne, l'Agence des Aires Marines Protégées, SAUR/Séché Environnement.

Cette étude portait sur l'évaluation de l'état de santé des masses d'eau côtières et des fonds marins dans le secteur Loire-Vilaine à l'aide du suivi de l'indicateur « laminaires ». Le protocole utilisé dans l'étude ELV est basé sur celui élaboré par S. Derrien-Courtel et A. Le Gal (Derrien-Courtel et Le Gal, 2010) du MNHN de Concarneau pour la Directive Cadre sur l'Eau (DCE).

La stratégie d'échantillonnage proposée par Bio-Littoral, vise à mesurer l'influence que les panaches turbides de la Loire et de la Vilaine, et diverses activités anthropiques (dragage, clapage, extraction, pêche...) peuvent avoir sur le développement des laminaires.

Onze sites d'études (cf. Tableau 1 et Figure 2) avaient été retenus en fonction de la pertinence de leur situation géographique et des connaissances déjà acquises : connaissance ELV, suivi DCE 2006 (Derrien-Courtel *et al.*, 2007, Barillé, 2007) et inventaire des laminaires de 1975 à 1985 (Gruet, 1975 ; Gruet, 1989).

Les sites sous influence directe du panache de l'estuaire de la Loire sont suivis sur deux transects : l'un exposé au panache turbide et l'autre protégé. C'est le cas des sites de Baguenaud et La Banche (cf. Figure 2). Un premier transect est réalisé dans une zone exposée au panache et un second dans une zone qui est protégée du panache turbide.

Site d'étude	Masse d'eau DCE	Nb de transects	Données antérieures
Ile Dumet	CG 44	1	Site DCE suivi par MNHN Concarneau
Pointe du Croisic	CG 45	1	Site ELV suivi par Bio-Littoral
Bonen du Four	CG 45	1	Site DCE suivi par MNHN Concarneau
Goué Vas	CG 45	1	Site ELV suivi par MNHN Concarneau
Penchâteau	CG 46	1	Site ELV suivi par Bio-Littoral
Baguenaud	CG 46	2	Site ELV suivi par Bio-Littoral
Plateau de la Banche	CG46	2	Site DCE suivi par Bio-Littoral
Saint-Gildas	CG 46	1	Site DCE et suivi par Bio-Littoral
Ile du Pilier	CG 46	1	Site DCE suivi par Bio-Littoral

Tableau 1 : Nombre de transects retenus par station dans le projet d'étude 2009

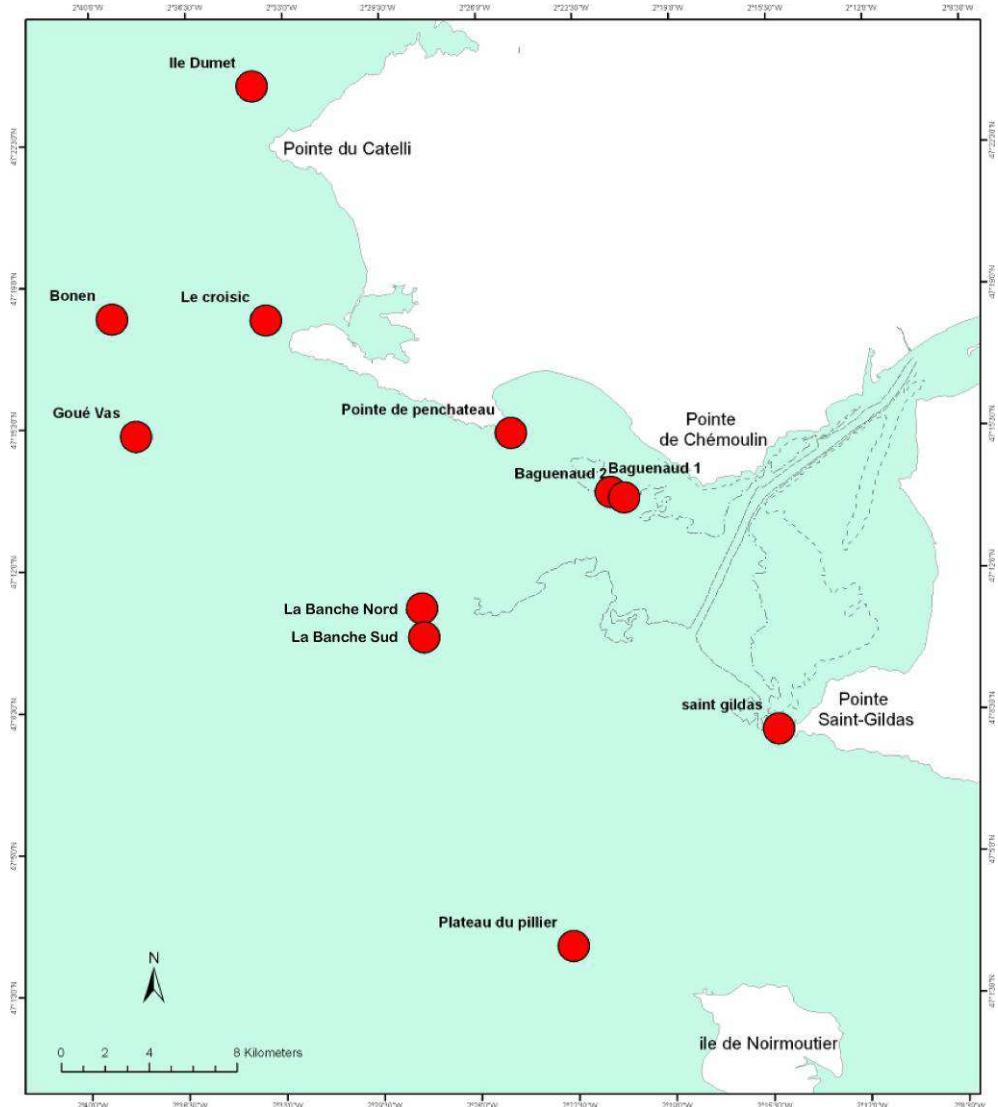


Figure 2 : Positionnement des transects de suivi des zones de laminaires dans le projet d'étude 2009

Ce rapport présente les résultats finaux de l'année de suivi 2012 et fait suite aux rapports intermédiaires (Derrien et Le Gal, 2012 ; Cocaud et Barillé, 2012).

2 Protocole d'étude 2012

2.1 Stations de suivi

En 2012, 5 stations ont été échantillonnées par le MNHN-Concarneau (Cf. Figure 3). Le site de Goué Vas, ainsi que 2 nouveaux sites (Le Four-LHY et Le Four-CYS) ont fait l'objet d'un échantillonnage simplifié portant uniquement sur la strate arbustive. Les sites de l'Ile Dumet et de Bonen du Four ont été échantillonnés de manière complète selon les protocoles DCE et ECBRS.

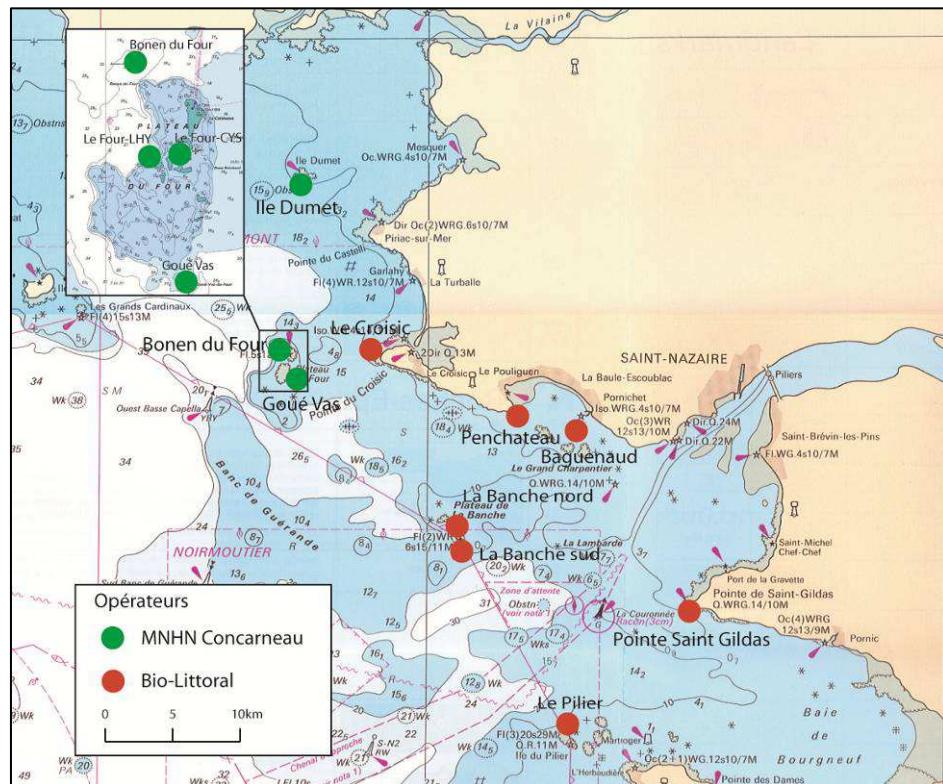


Figure 3 : Positionnement des stations de suivi 2012 dans le projet d'étude ELV

2.2 Protocole d'échantillonnage et d'évaluation de « l'état de santé » des masses d'eaux côtières dans le secteur Loire-Vilaine

Dans le cadre de ce projet, nous avions proposé, tout au moins dans un premier temps, de nous baser sur un protocole existant, celui que nous avons mis en place dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) (Derrien-Courtel et Le Gal, 2010) consultable à l'adresse suivante : <http://wwz.ifremer.fr/dce/content/download/16113/239866/file/DCE%202010%20Derrien%20et%20Le%20Gal.pdf>.

Un nouveau protocole a vu le jour en 2011, pour initier une réflexion dans le cadre de deux directives européennes « Habitats, Faune, Flore » (DHFF) et « Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin » (DCSMM), et notamment l'aspect «évaluation de l'état de conservation des habitats naturels marins ». Ce protocole appelé « Evaluation de l'Etat de Conservation des Biocénoses des Roches Subtidales » (ECBRS) (Derrien-Courtel *et al.*, 2011b) a été élaboré par la Station de Biologie Marine de Concarneau, en se basant sur les données et les observations recueillies dans le cadre de l'inventaire « Znief-Penmarc'h » et des suivis Rebent, DCE et ELV. Pour faire émerger des indicateurs efficaces et adaptés à l'échelle de la façade Manche/Atlantique, la réflexion doit se poursuivre grâce aux données générées par l'application de ce protocole (et dans le cadre du marché CARTHAM de l'AAMP en particulier).

En 2012, les protocoles DCE et ECBRS ont tous deux été appliqués sur 2 sites ELV échantillonnés par le MNHN Concarneau (Ile Dumet et Bonen du Four), dans un souci de continuité pour le premier (DCE), et de collecte de données complémentaires pour le deuxième (ECBRS), dans le but de mieux renseigner les paramètres de structure et de fonctionnalité des biocénoses des roches

subtidales. En complément, le site de Goué Vas (suivi selon le protocole DCE en 2009 et 2011) ainsi que 2 sites complémentaires ont été choisis pour y effectuer un suivi de la strate arbustive en appliquant le volet 3 du protocole ECBRS. Ces derniers ont été sélectionnés en fonction de l'intérêt de leur strate arbustive dominée par *Laminaria hyperborea* pour le premier (arbitrairement appelé « Le Four-LHY ») et par *Cystoseira baccata* pour le second (arbitrairement appelé « Le Four-CYS »).

Concernant les sites échantillonnés par Bio-Littoral, les protocoles DCE et ECBRS y ont été appliqués sur la totalité des sites. On notera uniquement l'absence d'échantillonnage des stipes de *Laminaria hyperborea* sur le site du Pilier (en raison d'une trop forte houle).

Site d'étude	Masse d'eau DCE	Protocole d'échantillonnage appliqué
Ile Dumet	GC 44	DCE + ECBRS complet
Bonen du Four	GC 45	DCE + ECBRS complet
Le Four -LHY	GC 45	ECBRS : volet 3
Le Four-CYS	GC 45	ECBRS : volet 3
Goué Vas	GC 45	ECBRS : volet 3
Le Croisic	GC 45	DCE + ECBRS complet
Pointe de Penchâteau	GC 46	DCE + ECBRS complet
Baguenaud	GC 46	DCE+ ECBRS complet
La Banche nord	GC 46	DCE + ECBRS complet
La Banche sud	GC 46	DCE + ECBRS complet
Pointe de Saint-Gildas	GC 46	DCE + ECBRS complet
Le Pilier	GC 46	DCE (manque les stipes de <i>L. hyperborea</i>)+ ECBRS

Tableau 2 : Protocoles appliqués sur les sites de suivis en 2012

2.2.1 Le protocole DCE « Macroalgues subtidales »

L'indicateur « Macroalgues subtidales » (Derrien-Courtel et Le Gal, 2010) issu du protocole DCE est établi grâce aux 5 paramètres suivants, suivis au sein de l'infralittoral inférieur et supérieur :

- Les limites d'extension en profondeur des différentes ceintures algales présentes,
- La composition et la densité des espèces définissant l'étagement (laminaires et autres macroalgues participant à la définition des différentes ceintures) = espèces structurantes,
- La composition spécifique (espèces caractéristiques et espèces opportunistes),
- La richesse spécifique floristique totale,
- L'étude des stipes de *Laminaria hyperborea* et de leurs épibioses.

Chacun de ces paramètres est noté. L'indice de qualité (IQ) du site est obtenu en calculant la moyenne (rapportée sur 100 points) des notes obtenues pour chacun des niveaux (*cf. Figure 4*).

Dans la mesure où l'un des paramètres ne peut être noté (ex : absence de *Laminaria hyperborea*), la note moyenne de chaque niveau est pondérée pour ne pas pénaliser l'indice de qualité global du site.

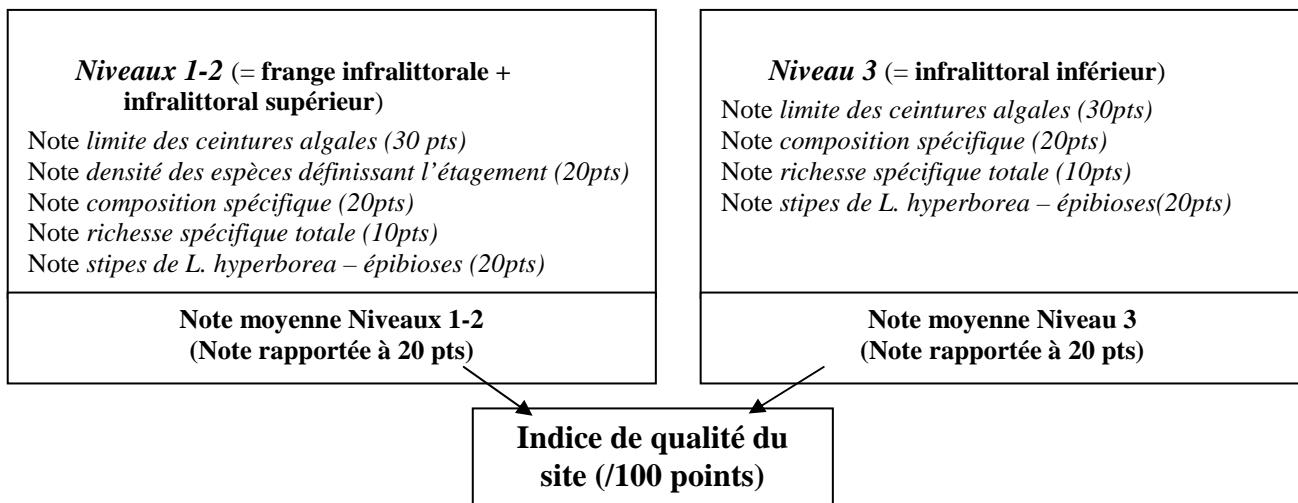


Figure 4 : Calcul de l'indice de qualité du site

L'EQR ou « Ecological Quality Ratio » se calcule en faisant le rapport entre l'indice de qualité d'un site et la médiane des indices de qualité des sites de référence. Ce sont les sites de Chausey, des Haies de la Conchée (Saint-Malo) et des Pierres Noires (Baie d'Etel) qui, au niveau de la notation, représentent la référence pour les masses d'eau peu turbides soumises à l'influence sédimentaire dont font partie l'ensemble des masses d'eau du secteur Loire-Vilaine. [On rappellera toutefois que ce sont bien les listes d'espèces définies pour chaque écorégion qui servent au suivi et à la qualification des masses d'eaux correspondantes].

Une grille de lecture permet, en fonction de l'EQR d'un site, de qualifier « l'état de santé » de la masse d'eau concernée, conformément au Tableau 3.

EQR	[0-0,25[Mauvais
	[0,25-0,45[Médiocre
	[0,45-0,65[Moyen
	[0,65-0,85[Bon
	[0,85-1[Très bon

Tableau 3 : Grille de lecture de l'EQR

2.2.2 Le protocole ECBRS

Concernant l'ECBRS, certains paramètres ainsi que l'échantillonnage du circalittoral côtier (niveau 4) ont été ajoutés pour répondre à cette nouvelle problématique de structure et de fonctionnalité de l'habitat :

- La composition et la densité de la faune,
- L'étude des stipes de *Laminaria hyperborea* et de leurs épibioses,
- La structure des populations de *Laminaria hyperborea* et de *Laminaria ochroleuca*.

Le Tableau 4 présente le détail des protocoles DCE et ECBRS.

		Protocole DCE	Protocole ECBRS	Volets de l'ECBRS	Intérêt du complément ECBRS
[1]	Limites des ceintures algales	oui	oui		Indicateur de la structure de l'habitat + réponse rapide
[2]	Dénombrement des espèces structurantes, caractéristiques et opportunistes	10Q ou 8Q au -3m selon si niv2 ou niv 3 10Q ou 8Q au -8m selon si niv2 ou niv 3 10Q ou 8Q au -13m selon si niv2 ou niv 3	10Q au -3m si niv 2 10Q au -8m si niv 2 10Q au -13m si niv 2	Volet 1 (obligatoire)	Mesure des tendances plus fine si bathy, fixes (car la s/strate répond plus lentement que la structure de l'habitat [Kennelly SJ (1987); Melville AJ and Connell SD (2001); Lilley SA and Schiel DR (2006)]).
[3]	Relevé de la biodiversité totale	oui	non		Car la s/strate répond plus lentement que la structure de l'habitat [Kennelly SJ (1987); Melville AJ and Connell SD (2001); Lilley SA and Schiel DR (2006)] (et c'est donc d'autant plus vrai pour les espèces non caractéristiques)
[4]	Dénombrement de la faune fixée totale et indice d'abondance de la faune vagile	non	10Q au -3m si niv 2 10Q au -8m si niv 2 10Q au -13m si niv 2 10Q au niv 4 (bathy à déterminer)	Volet 2 (optionnel)	1-pour certains sites/milieux, la faune est plus pertinente que la flore 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.
Paramètres	Etude des stipes de <i>Laminaria hyperborea</i> et de leurs épibioses : 1-longueur stipe 2-longueur épiphytée 3-surface de l'ensemble des épibioses 4-lister les 5 principales espèces	oui (10 stipes par bathy/niv)	oui (10 stipes répartis dans le niv 2)	Volet 1 (obligatoire)	indicateur âge
		oui (10 stipes par bathy/niv)	oui (10 stipes répartis dans le niv 2)		toujours analyse expérimentale
		oui (10 stipes par bathy/niv)	oui (10 stipes répartis dans le niv 2)		suffisamment représentatif (pour le moment)
		oui (10 stipes par bathy/niv)	oui (10 stipes répartis dans le niv 2)		toujours analyse expérimentale
[6]	Dénombrement des individus de la strate arbustive (sans les jeunes individus indéterminés) + mesure de la longueur des stipes de LHY et LOC quand elles sont présentes et identifiées Fucus serratus Himanthalia elongata Alaria esculenta Laminaria digitata Laminaria hyperborea Laminaria ochroleuca Saccorhiza polyschides Laminaria saccharina Cystoseira sp. Halidrys siliquosa Desmarestia ligulata Desmarestia dumresnaya Desmarestia viridis Sargassum muticum Undaria pinnatifida	non	oui : si infralittoral supérieur ne dépasse pas -18m C.M. 10Q au -3m si niv 2 3Q au -5,5m si niv 2 3Q au -8m si niv 2 3Q au -10,5m si niv 2 3Q au -13m si niv 2 3Q au -15,5m si niv 2 3Q au -18m si niv 2 oui : si infralittoral supérieur dépasse -18m C.M. 10Q au -3m si niv 2 3Q au -8m si niv 2 3Q au -13m si niv 2 3Q au -18m si niv 2 3Q au -23m si niv 2 3Q au -28m si niv 2 3Q au -33m si niv 2	Volet 3 (optionnel)	1- Développer davantage les indicateurs de fonctionnalité de l'habitat à laminaires (ou Cystoseira) 2-affiner les relations impacts/pressions sur la structure de ces habitats

Tableau 4 : Comparaison des protocoles DCE et ECBRS

3 Résultats du suivi 2012

3.1 Présentation des résultats par site

3.1.1 Ile Dumet

a) Limite d'extension en profondeur des ceintures algales

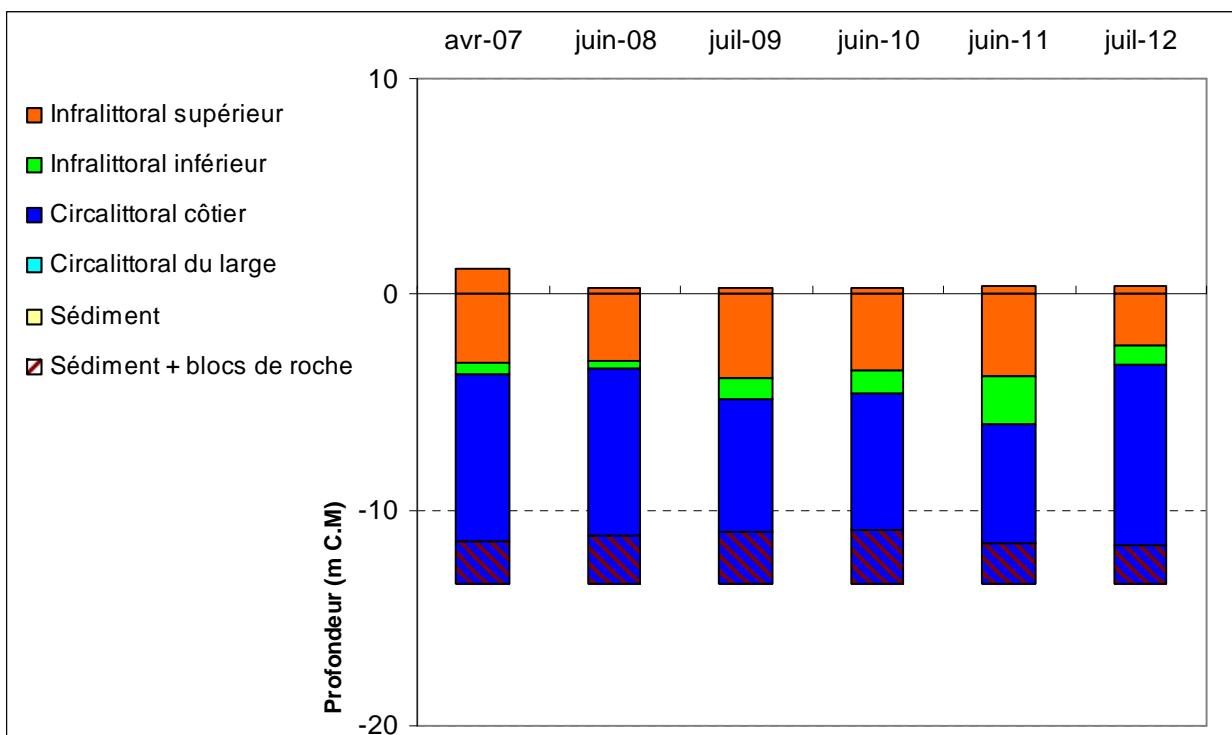


Figure 5 : Ile Dumet : Evolution de l'extension en profondeur des limites des ceintures algales

En 2012, ce site se caractérise par la présence :

- de 2 bathymétries constantes : le -3m C.M. dans le niveau 3 et le -8m C.M. dans un tombant de niveau 4 ;
- d'une bathymétrie supplémentaire et définie au niveau 4 : le -11m C.M. ;
- de 3 niveaux : le niveau 2 (de +0,3m C.M. à -2,4m C.M.), le niveau 3 (de -2,4m C.M. à -3,3m C.M.) et le niveau 4 (de -3,3m C.M. à -11,6m C.M. profondeur à laquelle apparaît le sédiment de type vase avec quelques blocs de roche).

Après une légère descente en profondeur des ceintures algales entre 2007 et 2009 (cf. Figure 5), les limites de la ceinture à laminaires denses (niveau 2) restent stables entre 2009 et 2011. En 2012, les ceintures algales remontent de manière significative. Depuis le début des suivis en 2007, c'est la première fois que les laminaires disparaissent à une profondeur si faible.

Le reste du substrat rocheux disponible est toujours occupé par le circalittoral côtier (niveau 4).

b) Densité et composition de la strate arbustive

La Figure 6 présente l'évolution de la composition de la strate arbustive aux bathymétries fixes. Suite au déclin important de la densité des laminaires en 2010 (-38,4 ind/m²), une nette amélioration est observée en 2011 (+12,0 ind/m²). Cependant, entre 2012 et 2011, *Saccorhiza polyschides* est de nouveau en déclin. Elle a totalement disparu du -3m C.M. (qui se trouve pour la première fois dans une ceinture de l'infralittoral inférieur), remplacée par de jeunes individus de *Cystoseira baccata*.

déjà présente en 2011 mais en densité moindre ($0,4 \text{ ind/m}^2$ en 2011 et 2 ind/m^2 en 2012). La bathymétrie fixe du -3m C.M. étant passée de l'infra-littoral supérieur (de 2007 à 2011) à l'infra-littoral inférieur en 2012, un relevé au -2 m C.M. a été réalisé en 2012 afin d'avoir quand même une mesure dans le niveau 2, nécessaire à la notation DCE de ce paramètre.

Ainsi, dans ce niveau 2, les laminaires, exclusivement représentées par *Saccorhiza polyschides* atteignent $6,4 \text{ individus/m}^2$ ($-9,6 \text{ ind/m}^2$ par rapport à 2010).

En 2012, la laminaire *Laminaria hyperborea* est toujours totalement absente du site ; en conséquence, le relevé « épibioses des stipes de *L. hyperborea* » n'a pas pu être effectué.

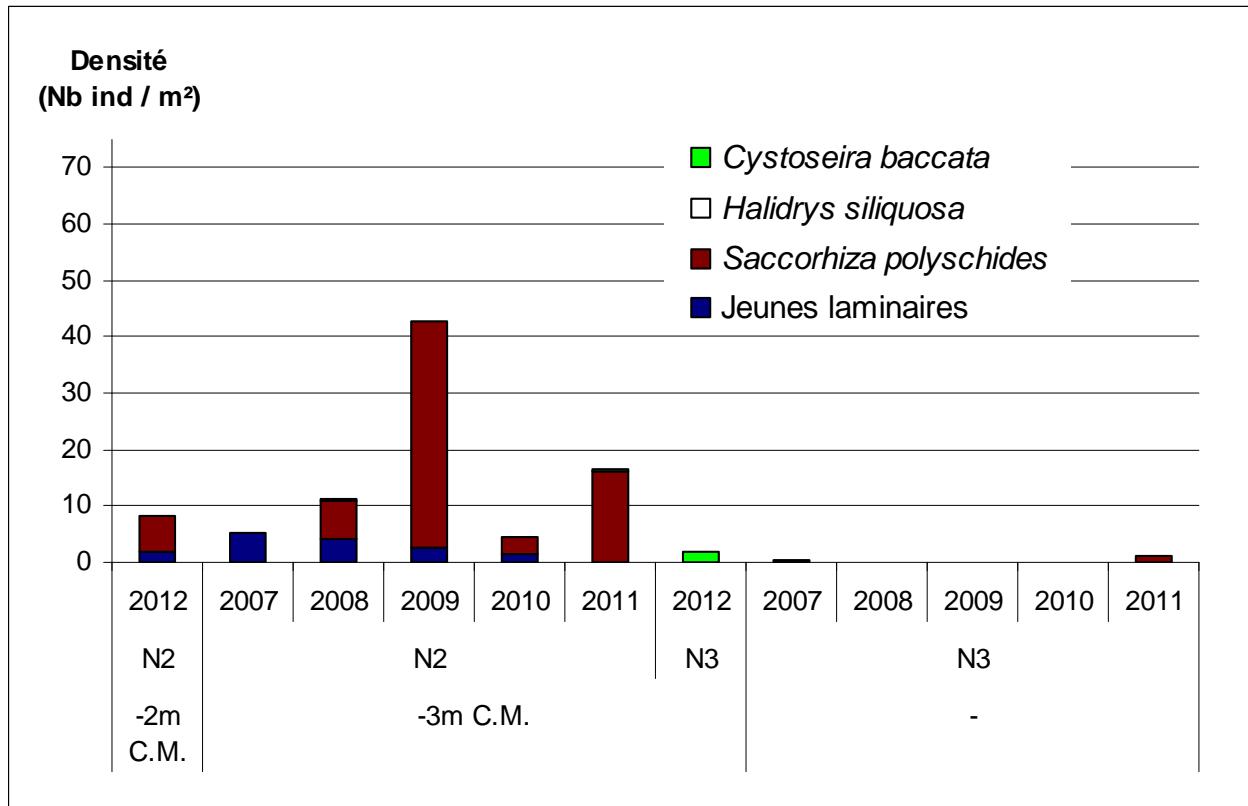


Figure 6 : Ile Dumet : Evolution de la composition de la strate arbustive selon le niveau

c) Evolution de la composition de la « strate fonctionnelle » dans l'infra-littoral

La strate fonctionnelle regroupe les laminaires qui participent à la formation d'une canopée (les jeunes laminaires en sont donc exclues) ainsi que les autres algues arbustives : *Halidrys siliquosa*, *Sargassum muticum*, *Cystoseira spp.*, *Desmarestia spp.*....

La Figure 7 présente la composition et la densité de la « strate fonctionnelle » au -3m C.M., situé dans l'infra-littoral supérieur de 2007 à 2011 et dans l'infra-littoral inférieur en 2012. Aussi, le -2m C.M. a été échantillonné afin d'avoir quand même une mesure dans le niveau 2 en 2012, nécessaire à la notation DCE de ce paramètre.

A l'Ile Dumet, la strate est essentiellement constituée de la laminaire annuelle *Saccorhiza polyschides* avec, selon les années, le recensement d'*Halidrys siliquosa* (2008) ou de *Cystoseira baccata* (2011 et 2012). La densité de *Saccorhiza polyschides* varie beaucoup d'une année à l'autre.

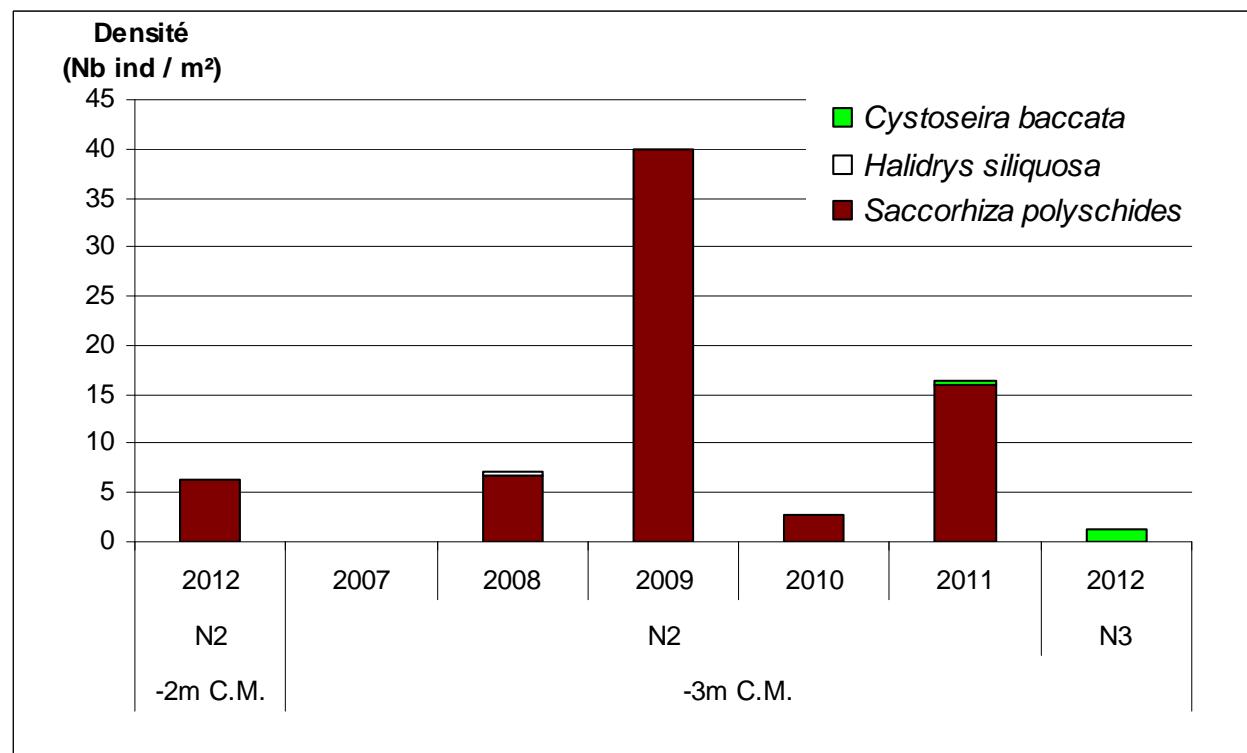


Figure 7 : Ile Dumet : Evolution de la composition de la « strate fonctionnelle »

d) Etat de santé du site

Le site de l'Ile Dumet obtient un classement dans la catégorie médiocre (cf. Tableau 5). La faible densité des algues arbustives, la faible biodiversité et l'abondance des espèces opportunistes expliquent ce résultat.

Niveau 2	
Note ceinture (/30pts)	9.2
Note densité espèces structurantes (/20 pts)	0
Note composition spécifique (/20 pts)	2.5
Note diversité (/10 pts)	0
Note stipe (/20 pts)	
Total	11.7
Barème	80
Note niveau 2	2.9

Niveau 3	
Note ceinture (/30pts)	6.7
Note composition spécifique (/20 pts)	0
Note diversité (/10 pts)	2.5
Note stipe (/20 pts)	
Total	9.2
Barème	60
Note niveau 3	3.1

I.Q.	15.0
EQR	0.26
Valeur de réf	56.8

Tableau 5 : Ile Dumet : Etat de santé du site en 2012 selon l'indicateur macroalgues subtiales

e) Evolution du circalittoral côtier

Depuis 2011, les invertébrés benthiques sont échantillonnés à l'aide de 10 quadrats réalisés dans l'étage circalittoral côtier.

L'analyse de l'évolution de la densité des invertébrés (Figure 8) met en évidence des différences marquées entre les années 2011 et 2012. En effet, certaines espèces abondantes telles les amphipodes tubicoles (crustacés), l'hydraire *Diphasia margareta* et l'éponge *Homaxinella subdola* très abondantes en 2011 ne sont plus observées en 2012. On note également la forte régression de l'anthozoaire *Caryophyllia smithii*, l'ascidie *Stolonica socialis* et l'éponge *Raspailia ramosa*. En parallèle, certaines espèces sont observées pour la première fois en 2012 et sont très abondantes. Il s'agit de l'annélide *Spirobranchus sp.*, des bryozoaires *Cellaria fistulosa*, *Crisia aculeata* et *Scrupocellaria scrupea* et de l'éponge *Stelligera rigida*. On remarque enfin la forte diminution des gorgones *Eunicella verrucosa* dont la densité est divisée par 2. Cependant, une forte proportion des individus recensés en 2011 étaient des juvéniles qui n'ont peut-être pas survécu.

D'après la Figure 9, les espèces les plus représentées en 2011 sont l'ascidie *Stolonica socialis* (41.7%), l'hydraire *Diphasia margareta* (39.8%) et les amphipodes tubicoles (11.3%). En 2012, les espèces dominantes sont l'annélide *Spirobranchus* (43.8%), l'ascidie *Stolonica socialis* (17.7%) ainsi que les bryozoaires *Scrupocellaria scrupea* (8.7%), *Crisia aculeata* (8.2%) et *Cellaria fistulosa* (5.9%).



L'anthozoaire *Caryophyllia smithii* a une densité en forte régression.



L'annélide polychète *Spirobranchus sp.* est très abondante.

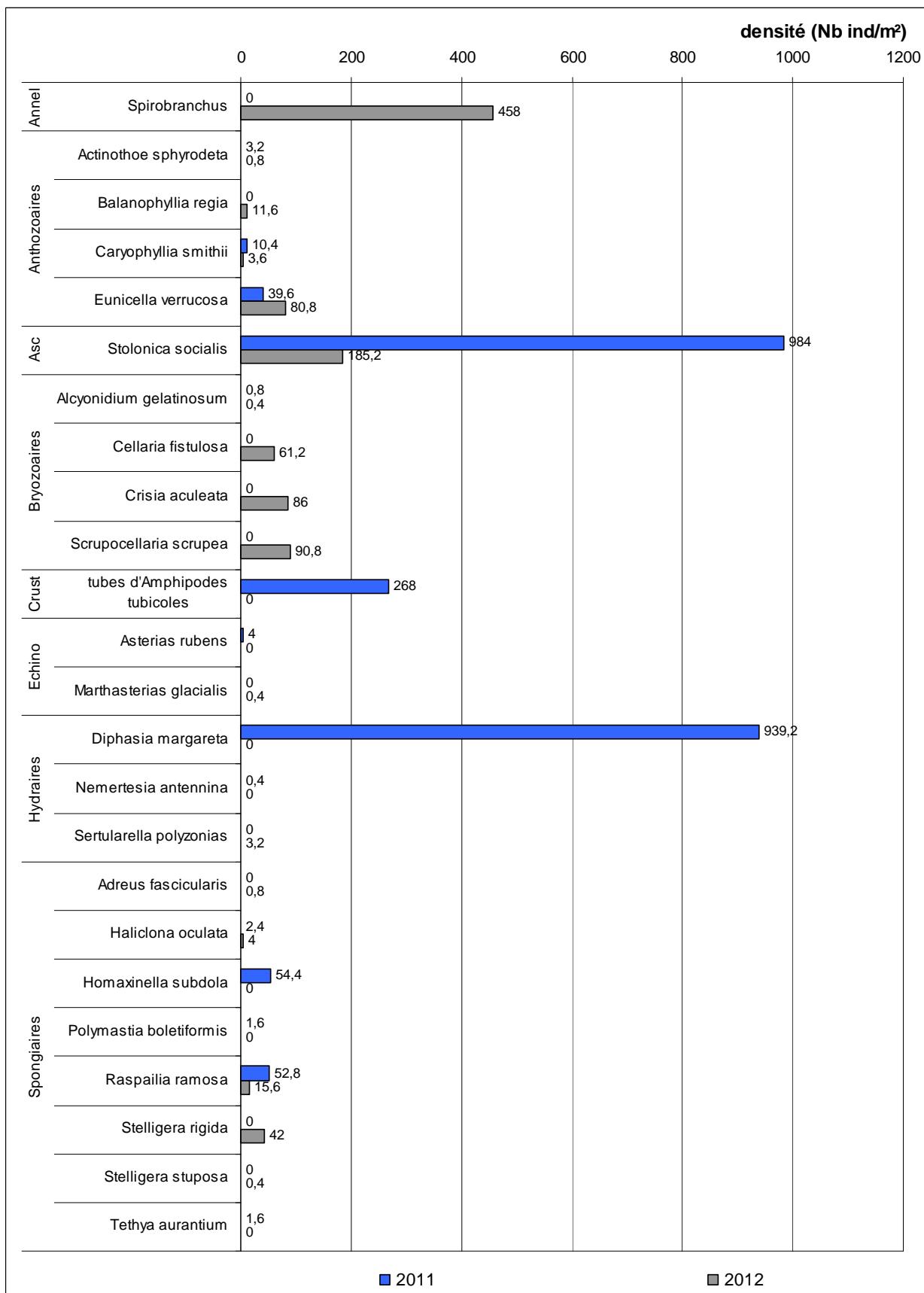


Figure 8 : Ile Dumet : Evolution de la densité des invertébrés benthiques au sein du circalittoral côtier
 (Annel : Annelides, Crus : Asc, Ascidiées, Crustacés, Echino : Echinodermes)

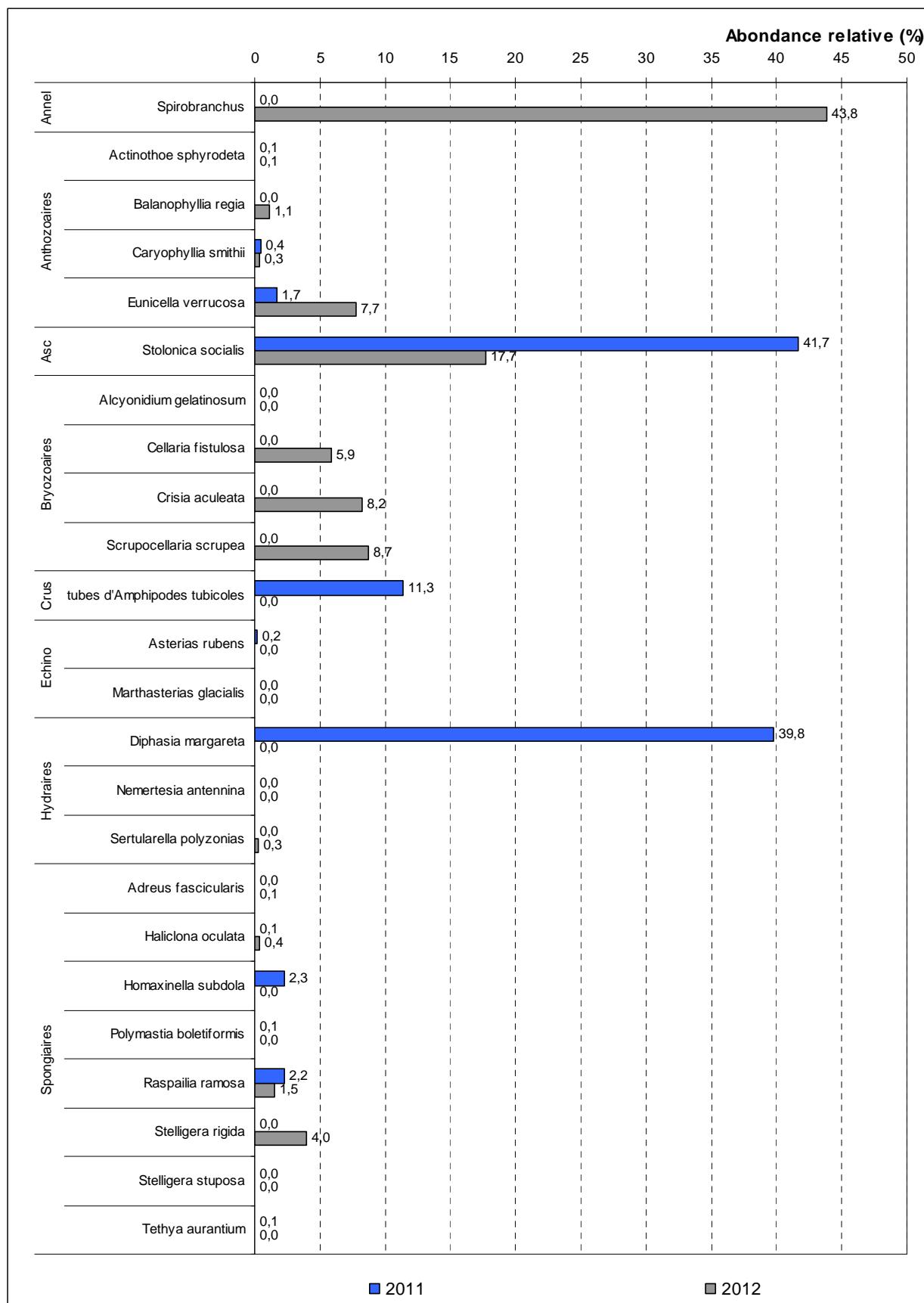


Figure 9 : Ile Dumet : Evolution de l'abondance relative des invertébrés benthiques au sein du circalittoral côtier
 (Annel : Annelides, Crus : Asc, Ascidiés, Crustacés, Echino : Echinodermes)

3.1.2 Bonen du Four

a) Limite d'extension en profondeur des ceintures algales

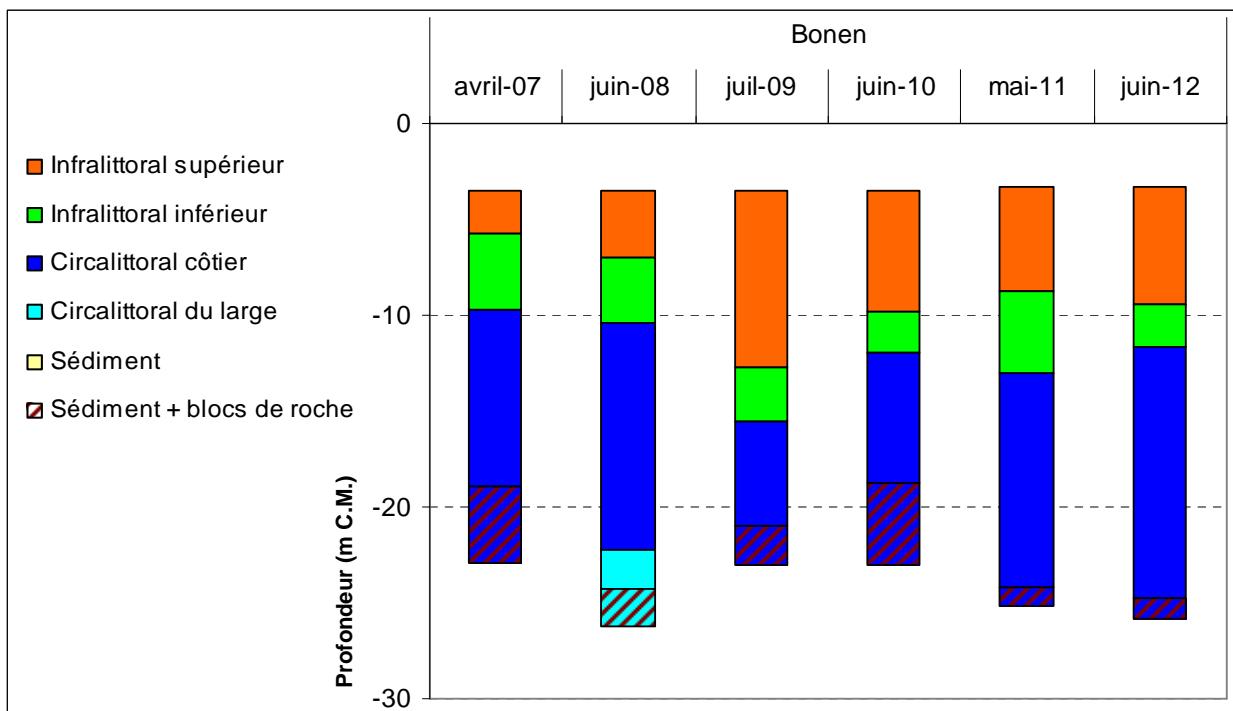


Figure 10 : Bonen du Four : Evolution de l'extension en profondeur des limites des ceintures algales

En 2012 (cf. Figure 10), ce site se caractérise par la présence :

- de 3 bathymétries constantes : le -3m C.M. et le -8m C.M. toutes les deux dans le niveau 2, et le -13m C.M. dans le niveau 4 ;
- d'une bathymétrie intermédiaire au niveau 2 : le -5,5m C.M. ;
- d'une bathymétrie fixe et définie au niveau 4 : le -17m C.M. ;
- de 3 niveaux : le niveau 2 (de -3,3m C.M. à -9,4m C.M.), le niveau 3 (de -9,4m C.M. à -11,7m C.M.) et le niveau 4 (de -11,7m C.M. à -24,8m C.M., profondeur à laquelle le sédiment de type sable coquillier vaseux avec blocs de roche fait son apparition).

Après une descente en profondeur des ceintures algales pendant la période 2007-2009 puis une remontée en 2010, on assiste en 2011 à une augmentation de l'amplitude de l'infralittoral inférieur, ce qui a pour conséquence de repousser ses limites d'extension vers la surface et vers le fond. La limite inférieure de l'infralittoral supérieur, quant à elle, remonte donc de 1,1m entre 2010 et 2011.

Le relevé des ceintures 2012 montre une petite descente (0,7m) en profondeur de la zone à laminaires denses mais une remontée sensible (2,4m) de la ceinture à laminaires clairsemées. Le niveau 4 occupe de nouveau le reste de la roche disponible.

b) Densité et composition de la strate arbustive

D'après la Figure 11, après une nette augmentation de la densité totale des algues arbustives au -3m C.M., on assiste à une régression entre 2010 (70 ind/m²) et 2011 (43 ind/m²). En 2012, la strate arbustive s'est un peu développée (+10 ind/m²) et on notera surtout une augmentation de la densité de *Laminaria hyperborea* par rapport à 2011. La strate, à cette bathymétrie est essentiellement composée de *Saccorhiza polyschides* dont la densité reste relativement stable par rapport à 2011. Au final, la densité totale des algues arbustives reste bien supérieure à celle des années 2007 à 2009.

Concernant le -8m C.M., la densité totale diminue en 2012 (2,8 ind/m²) par rapport à 2011 (10,8 ind/m²). Cependant, on note la présence de *Laminaria hyperborea* observée pour la première fois à cette profondeur (un individu est également observé dans le niveau 3 entre -9,4 et -11,7m C.M.).

Enfin, en 2012, du fait de la remontée de la limite inférieure des laminaires, le -13m C.M. se retrouve dans le niveau 4 et, par définition, aucune lamine n'y est présente.

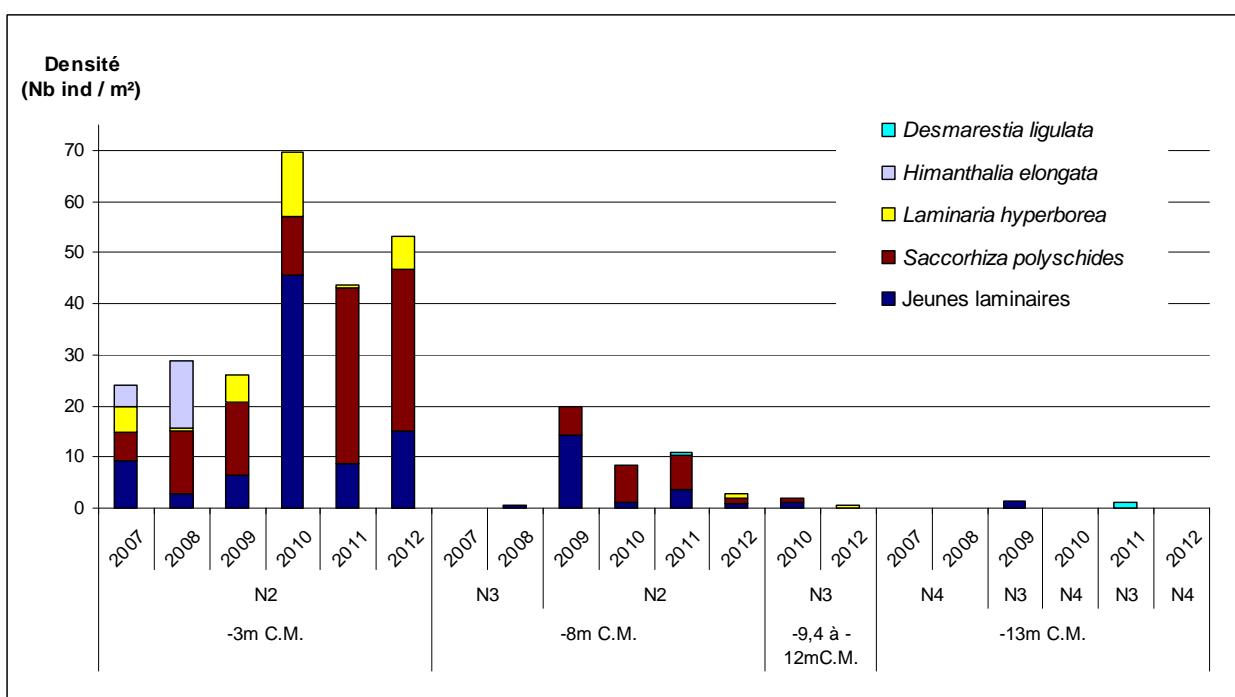


Figure 11 : Bonen du Four : Evolution de la composition de la strate arbustive selon le niveau

c) Evolution de la composition de la « strate fonctionnelle » dans l'infralittoral

La strate fonctionnelle regroupe les laminaires qui participent à la formation d'une canopée (les jeunes laminaires en sont donc exclues) ainsi que les autres algues arbustives : *Halidrys siliquosa*, *Sargassum muticum*, *Cystoseira spp.*, *Desmarestia spp.*....

La Figure 12 présente la composition de la « strate fonctionnelle » au -3m C.M. et -8m C.M. depuis 2007, et au -5,5m C.M. depuis 2011.

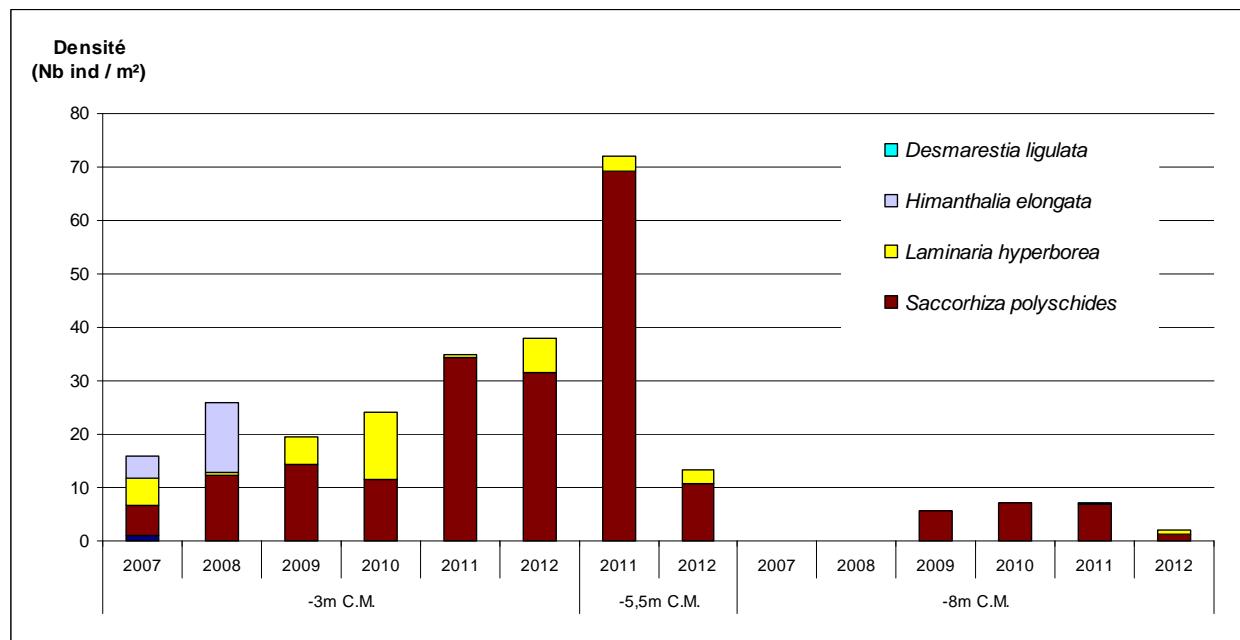


Figure 12 : Bonen du Four : Evolution de la composition de la « strate fonctionnelle »

En 2012, la « strate fonctionnelle » est en grande majorité composée de *Saccorhiza polyschides* et, dans une moindre mesure, de *Laminaria hyperborea*.

Au -3m C.M., la « strate fonctionnelle » atteint son plus fort développement en 2012 (38 ind/m²). La laminaire *L. hyperborea* (espèce pluriannuelle) qui a un potentiel structurant important, voit sa population augmenter en densité. Elle passe de 0,4 à 6,4 ind/m² entre 2011 et 2012.

Au -5,5m C.M., la densité totale est en forte diminution passant de 72 à 13,3 ind/m². Elle est essentiellement composée de *Saccorhiza polyschides* et de quelques *Laminaria hyperborea*.

Au -8m C.M., depuis l'apparition de cette bathymétrie dans le niveau 2 (en 2009), la densité et la composition de la « strate fonctionnelle » évolue peu jusqu'en 2011. En 2012, la densité de la strate fonctionnelle est plus faible mais on note l'apparition de *L. hyperborea*.

La laminaire *Laminaria hyperborea* étant présente dans le niveau 2, une série de 10 stipes a fait l'objet d'une étude « épibioses des stipes de *L. hyperborea* » (réalisée *in situ* - protocole ECBRS).

d) Etat de santé du site

Le site de Bonen obtient un EQR de 0.89 (cf. Tableau 6), ce qui le place dans la catégorie très bon état. Les notes d'extension en profondeur des ceintures et de densité d'algues structurantes contribuent à ce bon résultat.

Niveau 2	
Note ceinture (/30pts)	22.6
Note densité espèces structurantes (/20 pts)	15
Note composition spécifique (/20 pts)	5
Note diversité (/10 pts)	2.5
Note stipe (/20 pts)	0
Total	45.1
Barème	100
Note niveau 2	9.0

Niveau 3	
Note ceinture (/30pts)	23.7
Note composition spécifique (/20 pts)	7.5
Note diversité (/10 pts)	2.5
Note stipe (/20 pts)	
Total	33.7
Barème	60
Note niveau 3	11.2

I.Q.	50.7
EQR	0.89
Valeur de réf	56.8

Tableau 6 : Bonen du Four : Etat de santé du site selon l'indicateur macroalgues subtiales

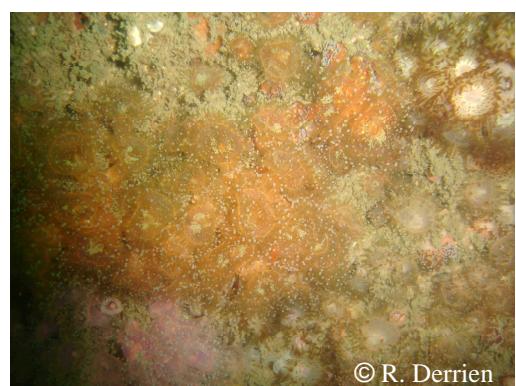
e) Evolution du circalittoral côtier

Depuis 2011, les invertébrés benthiques sont échantillonnés à l'aide de 10 quadrats réalisés dans l'étage circalittoral côtier.

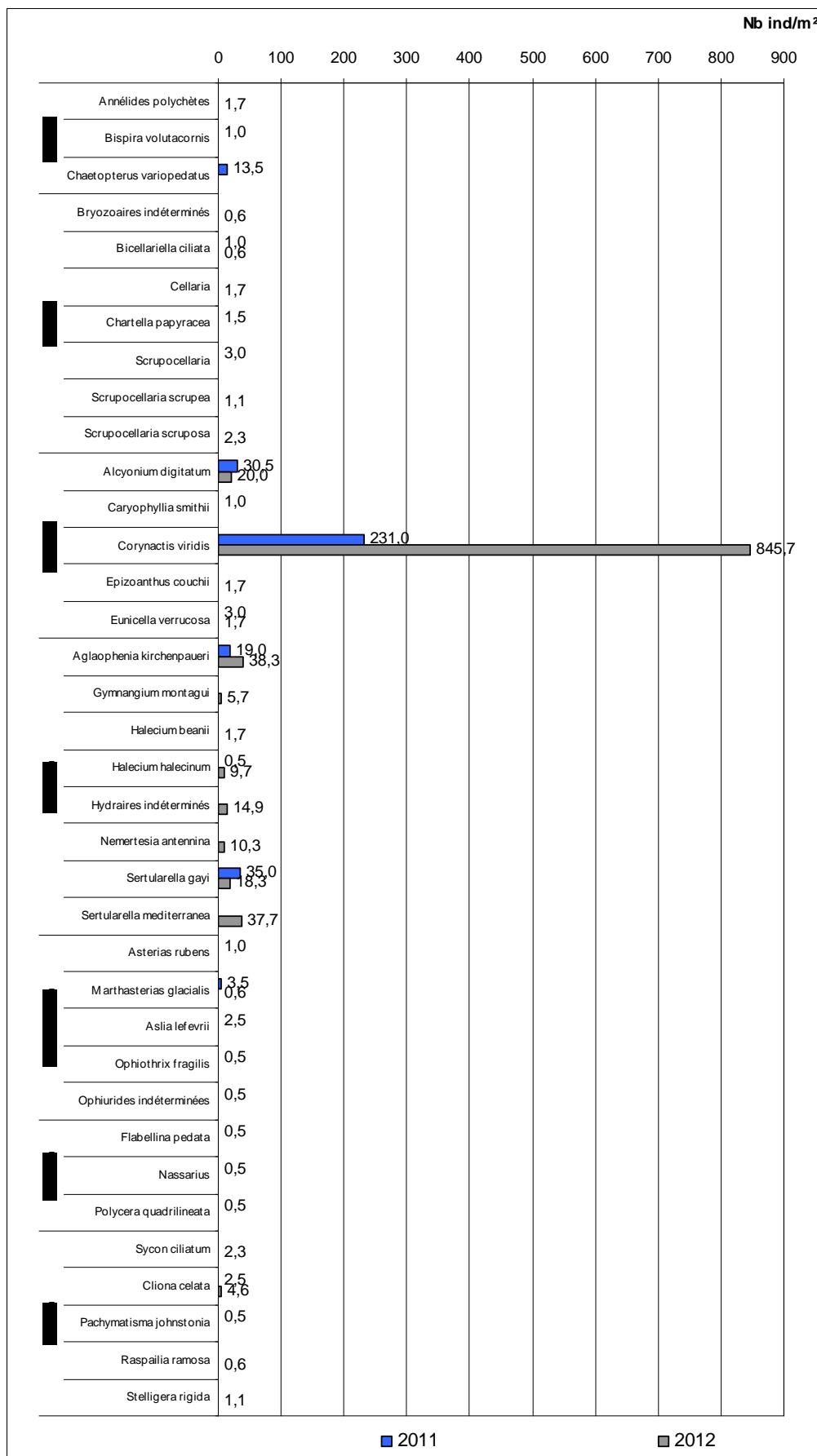
L'analyse des graphiques (Figure 13 et Figure 14) représentant la densité et l'abondance relative des invertébrés met en évidence l'augmentation de la densité de l'anthozoaire *Corynactis viridis* et l'apparition de l'hydraire *Sertularella mediterranea*. Par contre, on note la régression de l'anthozoaire *Alcyonium digitatum* et des hydriaires *Aglaophenia kirchenpaueri* et *Sertularia gayi*.



L'anthozoaire *Alcyonium digitatum* a une densité en régression.



L'anthozoaire *Corynactis viridis* présente une densité en augmentation.


Figure 13 : Bonen du Four : Evolution de la densité des invertébrés benthiques au sein du circalittoral côtier

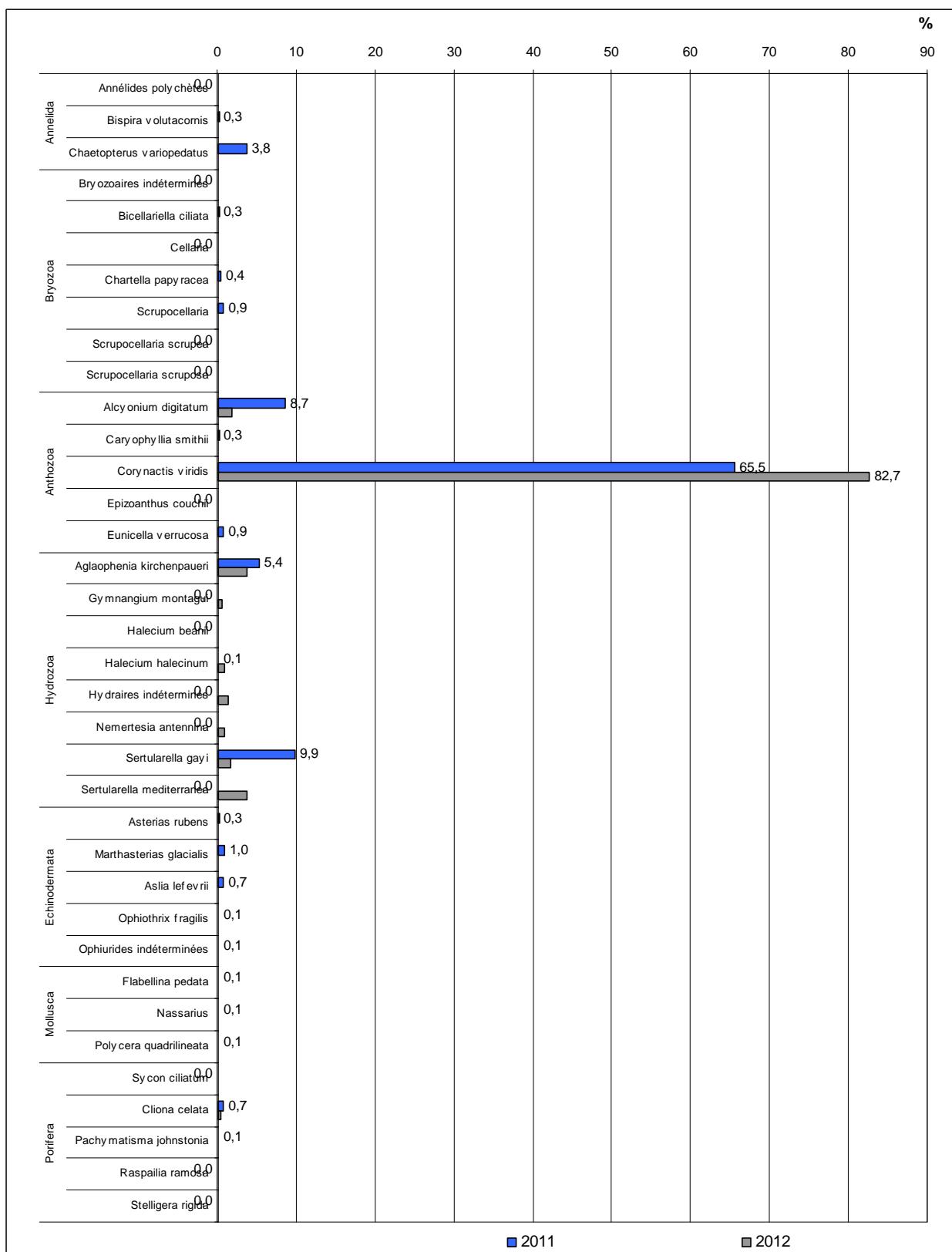


Figure 14 : Bonen du Four: Evolution de l'abondance relative des invertébrés benthiques au sein du circalittoral côtier

3.1.3 Goué Vas

En 2012, ce site a fait l'objet d'un relevé des limites d'extension en profondeur des ceintures algales et de la strate fonctionnelle au -3m C.M. (Volet 3 de l'ECBRS).

a) Limite d'extension en profondeur des ceintures algales

Le site de Goué Vas du Four a été prospecté en 2009, 2011 et 2012. L'extension en profondeur des ceintures algales pour ces années est présentée dans la figure suivante :

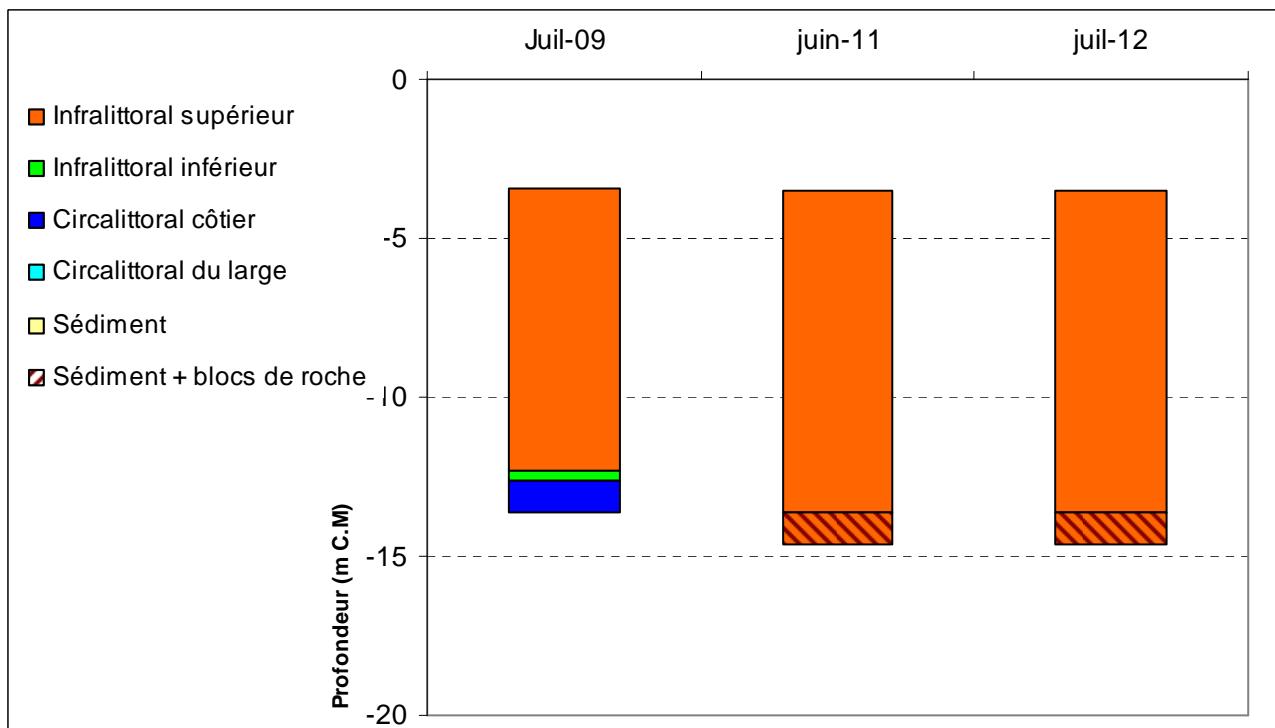


Figure 15 : Goué Vas : Evolution de l'extension en profondeur des limites des ceintures algales

En 2012 (cf. Figure 15), ce site se caractérise par la présence :

- d'une bathymétrie constante : le -3m C.M. (les autres bathymétries ne sont pas échantillonnées en 2012)
- d'un seul niveau : le niveau 2 (de -3,5m C.M. à -13,6m C.M., profondeur à laquelle le sédiment de type sable grossier avec blocs de roche fait son apparition).

Entre 2011 et 2012, on ne note aucune évolution dans les limites de ceintures. En effet, les laminaires sont encore présentes avec une densité de plus de 3 ind/m² à -13,6m C.M., lorsqu'apparaît le sédiment.

Les laminaires *Laminaria hyperborea* et *Saccorhiza polyschides* sont toutes les deux présentes dans le niveau 2 et contribuent à la « strate fonctionnelle ».



© R. Derrien



© R. Derrien

b) Evolution de la composition de la « strate fonctionnelle » dans l'infralittoral

La strate fonctionnelle regroupe les laminaires qui participent à la formation d'une canopée (les jeunes laminaires en sont donc exclues) ainsi que les autres algues arbustives : *Halidrys siliquosa*, *Sargassum muticum*, *Cystoseira spp.*, *Desmarestia spp.*....

La Figure 16 présente la composition et la densité de la « strate fonctionnelle » aux trois bathymétries constantes (-3m C.M., -8m C.M. et -13m C.M.) et aux bathymétries intermédiaires (-5,5m C.M. et -10,5m C.M.) étudiées en 2011¹.

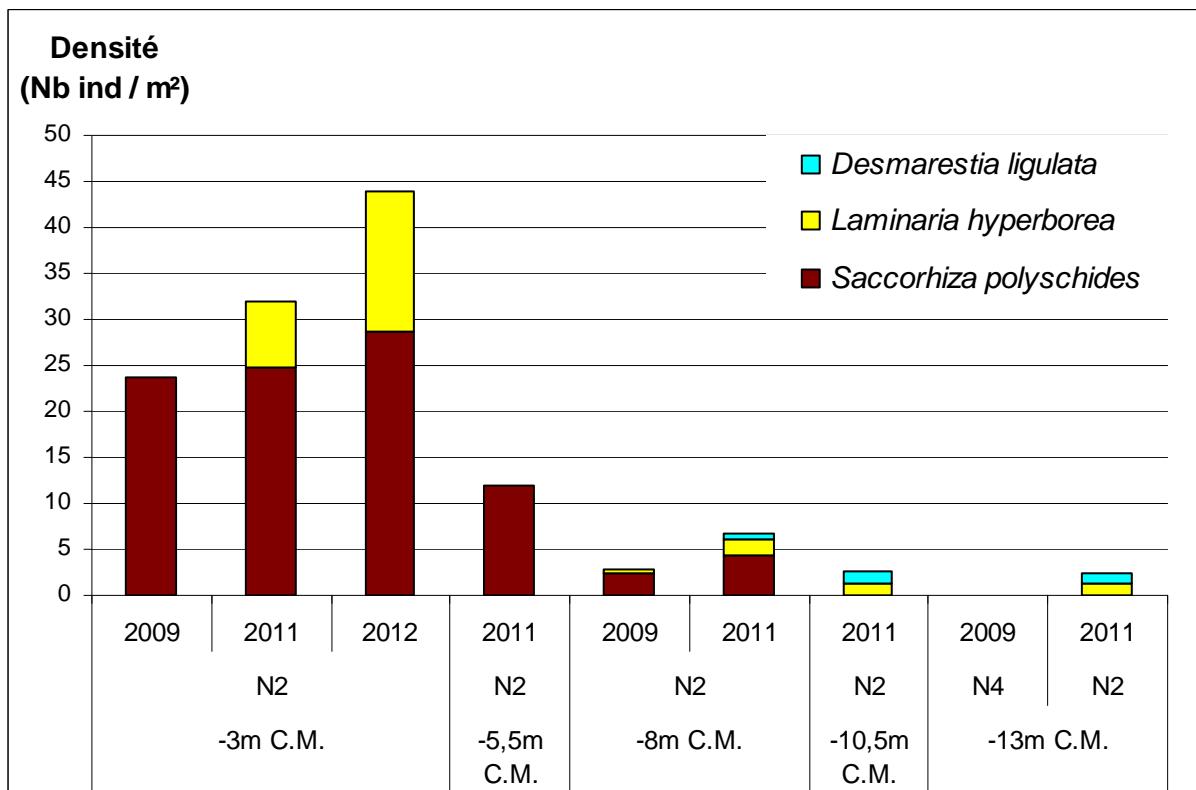


Figure 16 : Goué Vas du Four : Evolution de la composition de la « strate fonctionnelle »

Les données ont été collectées à l'aide de 10 quadrats échantillonnés aux bathymétries constantes (-3m, -8m et -13m C.M.), et de 3 quadrats supplémentaires aux profondeurs intermédiaires (-5,5 et -10,5m C.M.) en 2011.

En 2012, la densité de la strate fonctionnelle augmente, passant de 32 à 44 ind/m².

Depuis 2009, la population de *Laminaria hyperborea* a pris de l'importance et renforce le rôle structurant de cette strate par le caractère pérenne de cette espèce et par l'augmentation de la surface potentielle de colonisation pour les épibioses associées.

¹ Ces bathymétries n'ont pas été échantillonnées en 2012. En effet, pour pouvoir prospector à coût constant deux sites supplémentaires en 2012 (« Le Four-LHY » et « Le Four-CYS »), nous avions proposé à ELV de restreindre nos investigations sur Goué vas.

3.1.4 Le Four-LHY

a) Composition de la « strate fonctionnelle » dans l'infra-littoral

La strate fonctionnelle regroupe les laminaires qui participent à la formation d'une canopée (les jeunes laminaires en sont donc exclues) ainsi que les autres algues arbustives : *Halidrys siliquosa*, *Sargassum muticum*, *Cystoseira spp.*, *Desmarestia spp.*....

La Figure 16 présente la composition et la densité de la « strate fonctionnelle » à -4m C.M..

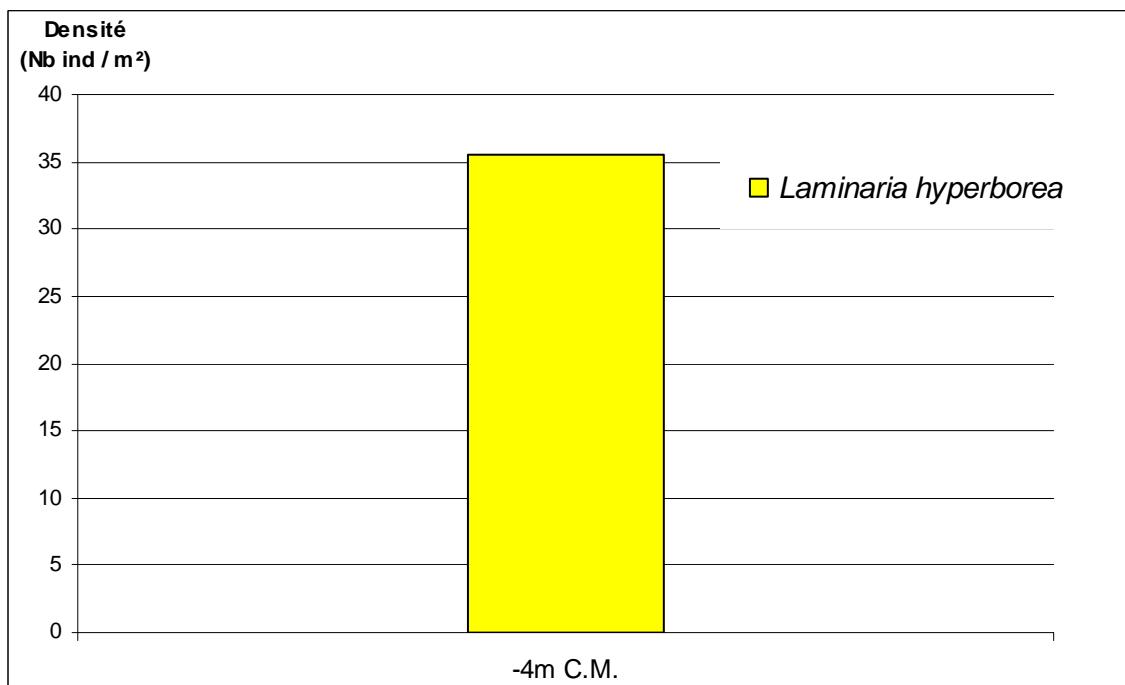


Figure 17: Le Four-LHY : Composition de la « strate fonctionnelle »

Les données ont été collectées à l'aide de 10 quadrats réalisés au -4m C.M.

En 2012, la strate fonctionnelle est uniquement composée de *Laminaria hyperborea* avec une densité de 35,6 ind/m². Il s'agit de la plus forte densité de *Laminaria hyperborea* observée jusqu'ici sur l'ensemble des sites du secteur ELV.

Deux stipes accolés sur un fond de frondes de *Laminaria hyperborea*.



3.1.5 Le Four-CYS

a) Evolution de la composition de la « strate fonctionnelle » dans l'infralittoral

La strate fonctionnelle regroupe les laminaires qui participent à la formation d'une canopée (les jeunes laminaires en sont donc exclues) ainsi que les autres algues arbustives : *Halidrys siliquosa*, *Sargassum muticum*, *Cystoseira spp.*, *Desmarestia spp.*....

La Figure 18 présente la composition et la densité de la « strate fonctionnelle » à -1,3m C.M..

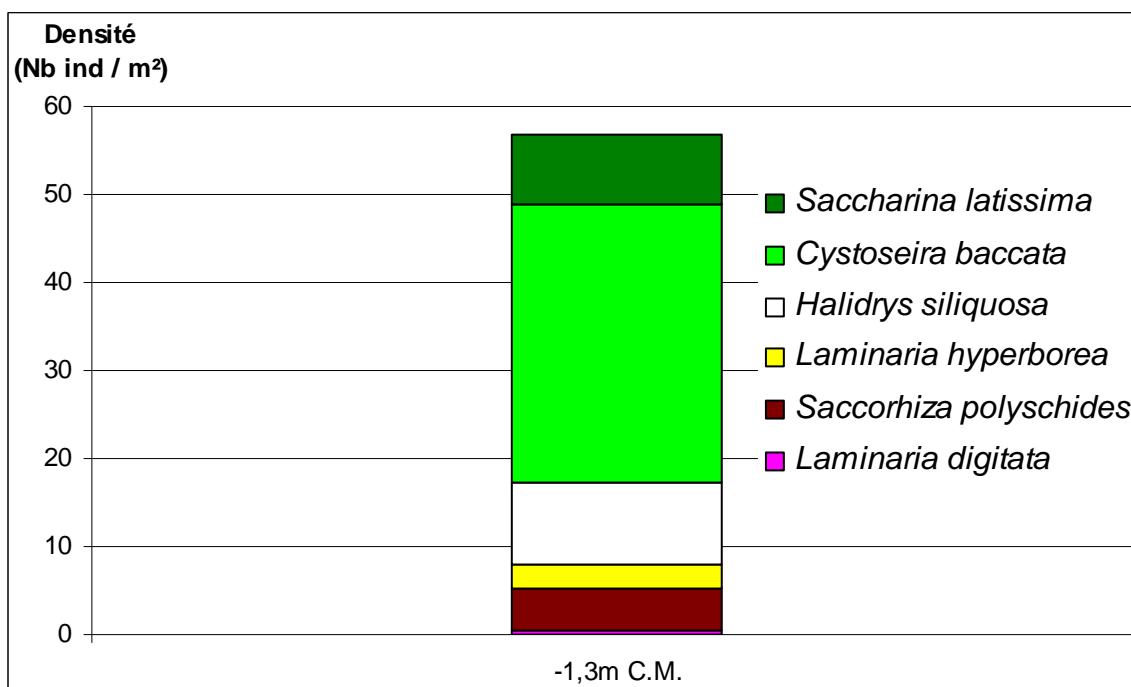


Figure 18: Le Four-CYS : Composition de la « strate fonctionnelle »

Les données ont été collectées à l'aide de 10 quadrats réalisés au -1,3m C.M.

Sur ce site, la strate fonctionnelle est très diversifiée avec 5 espèces recensées. Les espèces dominantes sont *Cystoseira baccata* (31,6 ind/m²) et *Halidrys siliquosa* (9,2 ind/m²). On retrouve également en mélange 4 espèces de laminaires : *Saccorhiza polyschides* (9,2 ind/m²), *Laminaria hyperborea* (2,8ind/m²), *Saccharina latissima* (8,0 ind/m²) et *Laminaria digitata* (0,4 ind/m²). La composition spécifique de la strate fonctionnelle traduit le mode relativement abrité auquel est soumis ce site.



Cystoseira baccata



Halidrys siliquosa

3.1.6 La Pointe du Croisic

a) Limite d'extension en profondeur des ceintures algales

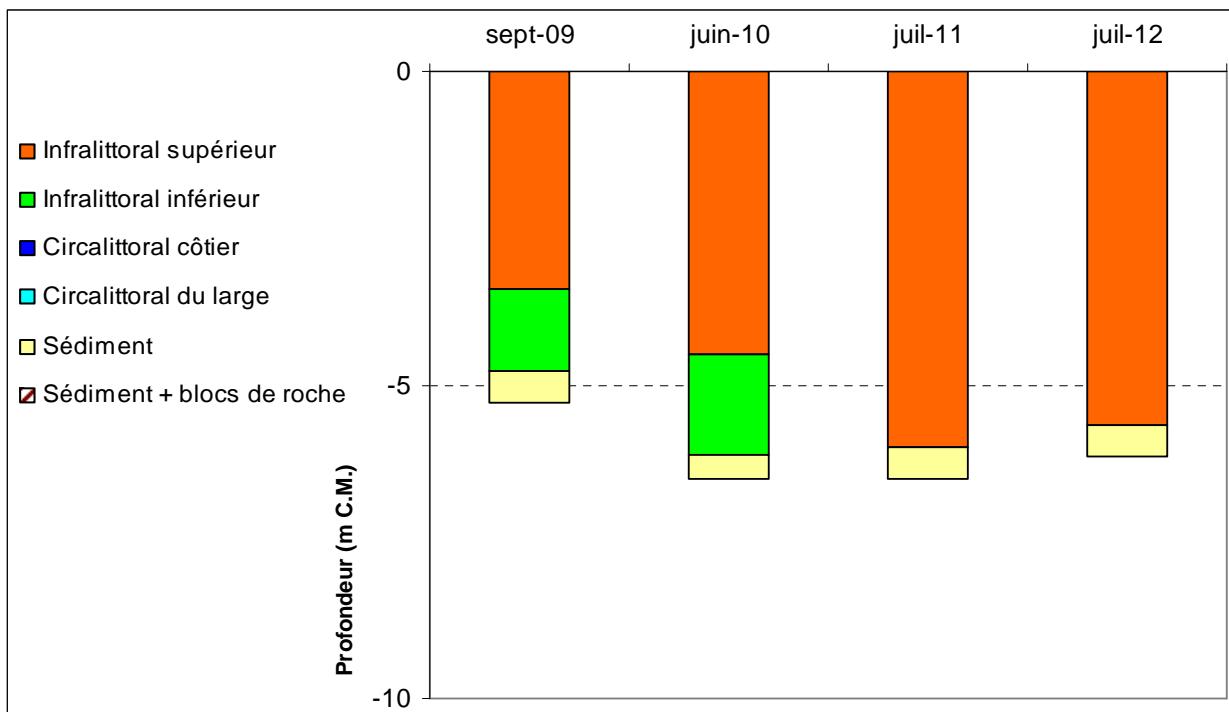


Figure 19 : Pointe du Croisic : Evolution de l'extension en profondeur des limites des ceintures algales

En 2012 (cf. Figure 15), ce site se caractérise par la présence :

- d'une bathymétrie constante : le -3m C.M située dans l'infralittoral supérieur ;
- d'un seul niveau : l'infralittoral supérieur (de -0m C.M. à -5.6m C.M., profondeur à laquelle le sédiment fait son apparition).

Comme en 2011, l'infralittoral supérieur occupe toujours l'ensemble du substrat rocheux disponible. Il n'est pas possible d'analyser l'évolution de ce paramètre sur ce site car le sédiment vient tronquer le bas de la ceinture. En effet, comme on peut le voir sur la photo ci dessous, une jeune laminaire s'est fixée sur un substrat rocheux fixe puis elle agrandit avant que le sédiment ne vienne recouvrir son stipe et son crampon. Le sédiment constitué de sables grossiers à graveleux se déplace donc rapidement sur une faible épaisseur (ici moins de 10 cm), ce qui traduit un hydrodynamisme assez important dans ce secteur et explique l'absence de sédiments fins.



Une jeune laminaire en partie recouverte par le sédiment

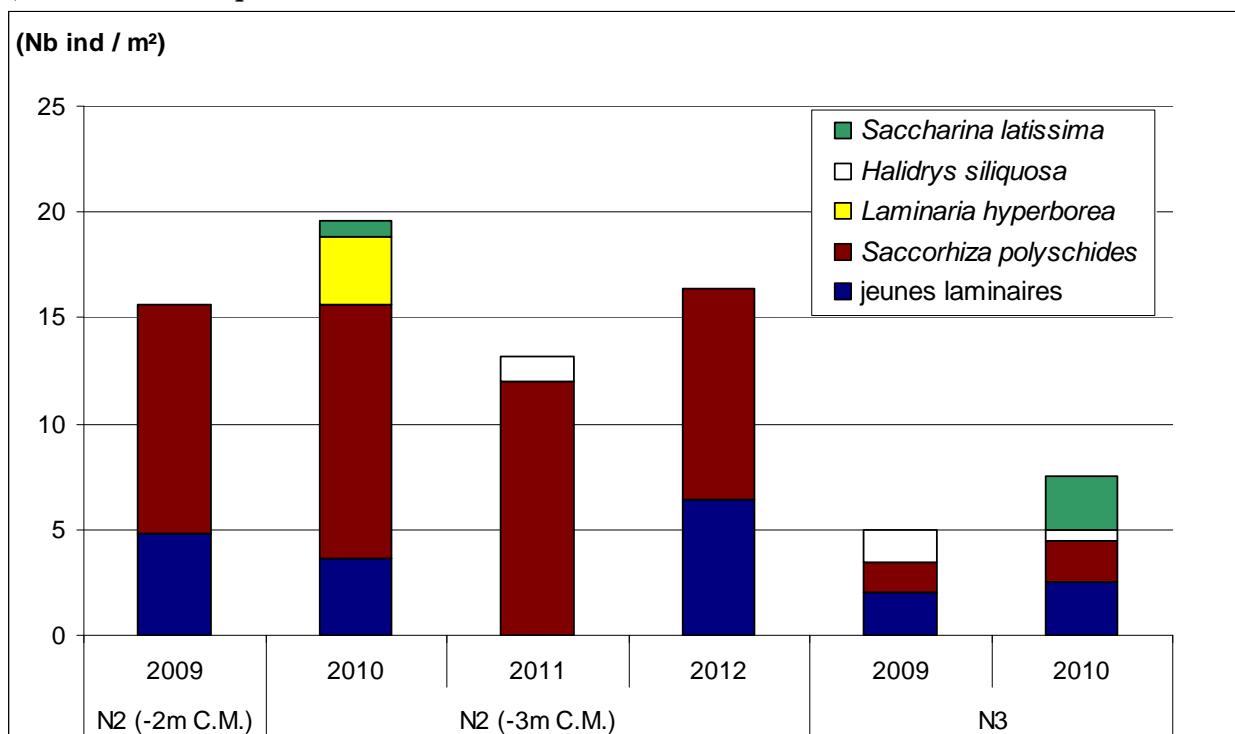
b) Densité et composition de la strate arbustive


Figure 20 : Pointe du Croisic : Evolution de la composition de la strate arbustive selon le niveau

Par rapport à l'année précédente, la densité de la strate arbustive a un peu augmenté. Cependant, il faut noter qu'en faisant abstraction des jeunes laminaires, la densité des algues arbustives est en régression. Par contre, *Halidrys siliquosa* qui avait fait son apparition au -3m C.M. en 2011 n'est plus observée à cette profondeur. Cependant celle-ci est toujours présente sur le site mais plus en profondeur (-4m C.M.).



L'algue *Halidrys siliquosa* au -4m C.M.

c) Etat de santé du site

Niveau 2	Le Croisic
Note ceinture (/30pts)	11.4
Note densité espèces structurantes (/20 pts)	5
Note composition spécifique (/20 pts)	2.5
Note diversité (/10 pts)	2.5
Note stipe (/20 pts)	
Total	21.4
Barème 1	80
Note niveau 2	5.4

I.Q.	26.8
EQR	0.47
Valeur de réf	56.8

Tableau 7 : Pointe du Croisic : Etat de santé du site selon l'indicateur macroalgues subtidales

*La limite inférieure de cette ceinture n'est pas identifiable (transect trop long). La note n'est prise en compte que si elle améliore le résultat final.

Le site de la Pointe du Croisic obtient un EQR de 0.47 (Tableau 7), ce qui le classe en qualité « moyenne».

3.1.7 Penchâteau

a) Limite d'extension en profondeur des ceintures algales

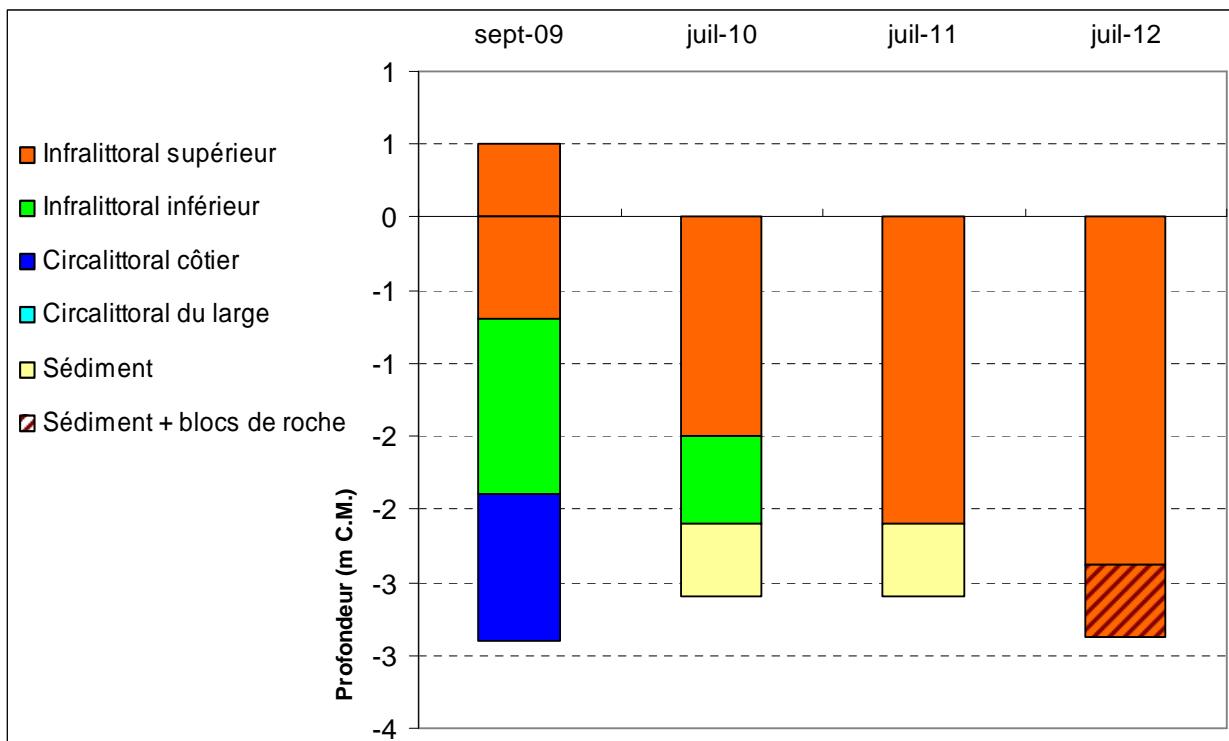


Figure 21 : Penchâteau : Evolution de l'extension en profondeur des limites des ceintures algales

En 2012 (cf. Figure 21), ce site se caractérise par la présence d'un seul niveau : l'infralittoral supérieur (de -0m C.M. à -2.4m C.M., profondeur à laquelle le sédiment composé de galets et cailloutis plus ou moins envasés fait son apparition).

L'amélioration du site observée en 2011 se confirme en 2012. En effet, l'infralittoral supérieur occupe toujours l'ensemble du substrat disponible.

b) Densité et composition de la strate arbustive



En 2012, la strate arbustive de l'infralittoral supérieur (Figure 22) se compose de rares laminaires juvéniles, de quelques *Saccharina latissima* et principalement de *Laminaria hyperborea* dont la densité est quasiment identique à celle de 2011 (+0,8 ind/m²). On note la disparition de *Saccorhiza polyschides* et de l'algue opportuniste *Desmarestia ligulata*. La densité totale des espèces arbustives a diminué en passant de 20 ind/m² à 12.4 ind/m². Cependant, la disparition de l'espèce considérée comme opportuniste *Desmarestia ligulata* explique une grande partie de cette diminution de densité. En effet, si on ne tient compte que des espèces jouant un rôle fonctionnel, la diminution de la densité cumulée est moins nette : 15.2 ind/m² en 2011 contre 12.4 ind/m² en 2012. Toutefois, les mesures réalisées sur la laminaire pérenne *Laminaria hyperborea* (protocole ECBRS) soulignent une diminution de la longueur des stipes qui sont passés de 25.5 à 12.9cm ainsi qu'une augmentation du taux de nécroses (cf. Tableau 13 et Tableau 14).

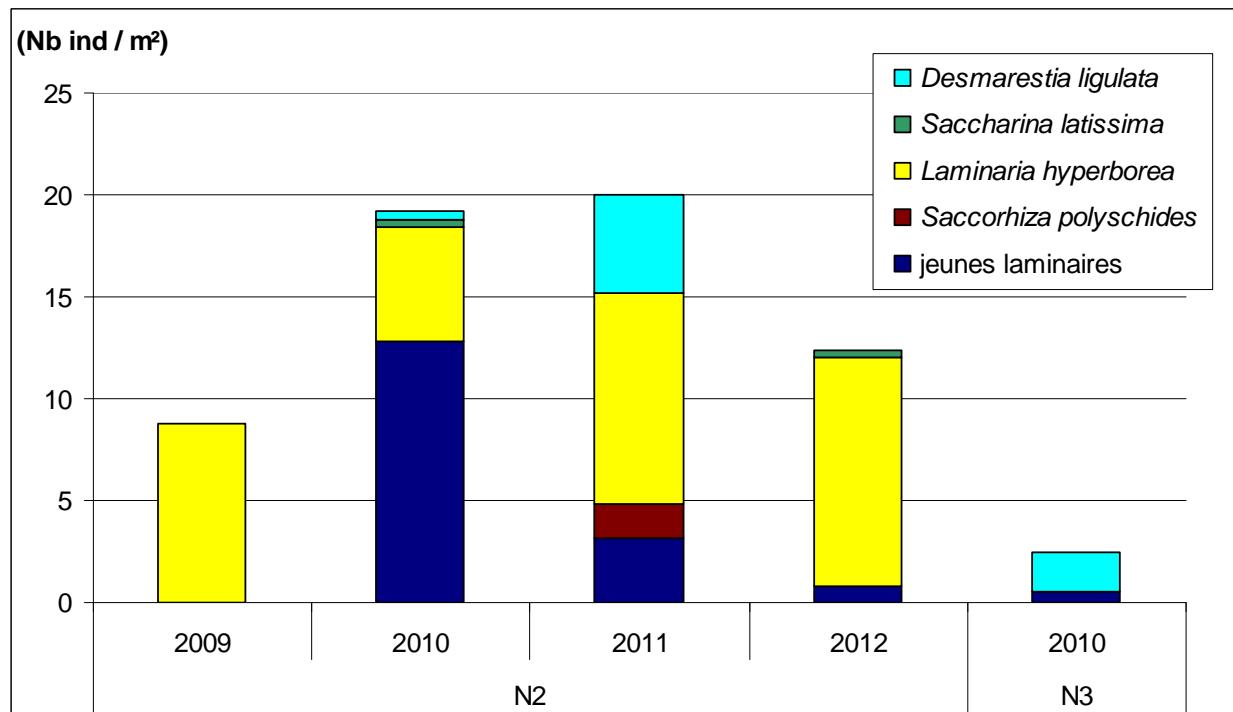


Figure 22 : Penchâteau : Evolution de la composition de la strate arbustive selon le niveau

c) Etat de santé du site

Pen Château	
Note ceinture (/30pts)	5,7*
Note densité espèces structurantes (/20 pts)	5
Note composition spécifique (/20 pts)	7.5
Note diversité (/10 pts)	2.5
Note stipe (/20 pts)	10
Total	25.0
Barème 1	70
Note niveau 2	7.1

Pen Château	
I.Q.	35.7
EQR	0.63
Valeur de réf	56.8

Tableau 9 : Penchâteau : Etat de santé du site selon l'indicateur macroalgues subtidales

*La limite inférieure de cette ceinture n'a pas été identifiée (apparition précoce du sédiment). La note n'est prise en compte que si elle améliore le résultat final.

Le site de la pointe de Penchâteau obtient un EQR de 0,63, ce qui correspond à un «état moyen». Aucun paramètre en particulier ne se distingue au niveau de ses résultats.

3.1.8 Baguenaud

a) Limite d'extension en profondeur des ceintures algales

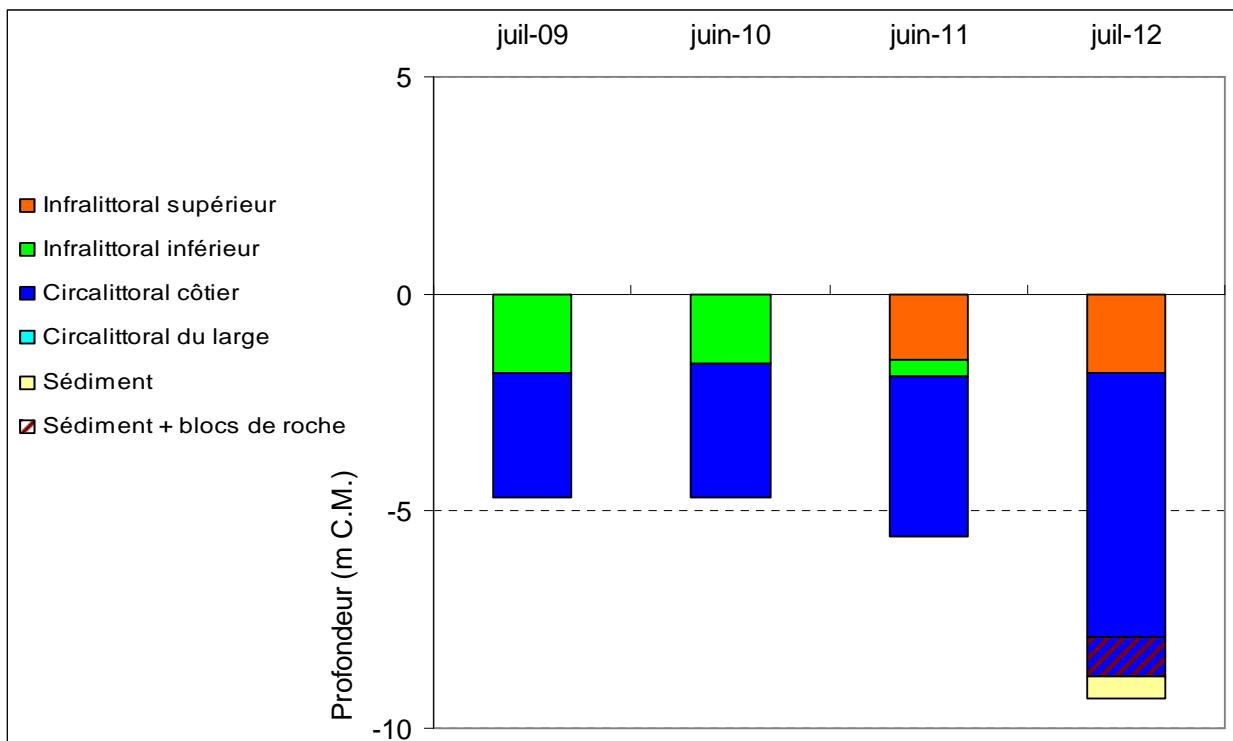


Figure 23 : Baguenaud : Evolution de l'extension en profondeur des limites des ceintures algales

En 2012 (cf. Figure 23), ce site se caractérise par la présence :

- d'une bathymétrie constante : le -3m C.M située dans le circalittoral côtier;
- De deux niveaux : l'infralittoral supérieur (de -0m C.M. à -1.8m C.M.) et le circalittoral côtier (de -1.8m C.M. à -6.7m C.M., profondeur à laquelle le sédiment fait son apparition).

Depuis 2010, le site s'est considérablement amélioré. En effet, l'augmentation de densité des laminaires permet de définir une ceinture de l'infralittoral supérieur depuis 2011. En 2012, la profondeur des dernières laminaires est très légèrement plus profonde que celle relevée en 2011. En 2012, le circalittoral côtier prend directement le relais de l'infralittoral supérieur (absence de l'infralittoral inférieur) et occupe l'ensemble du reste du substrat rocheux disponible.

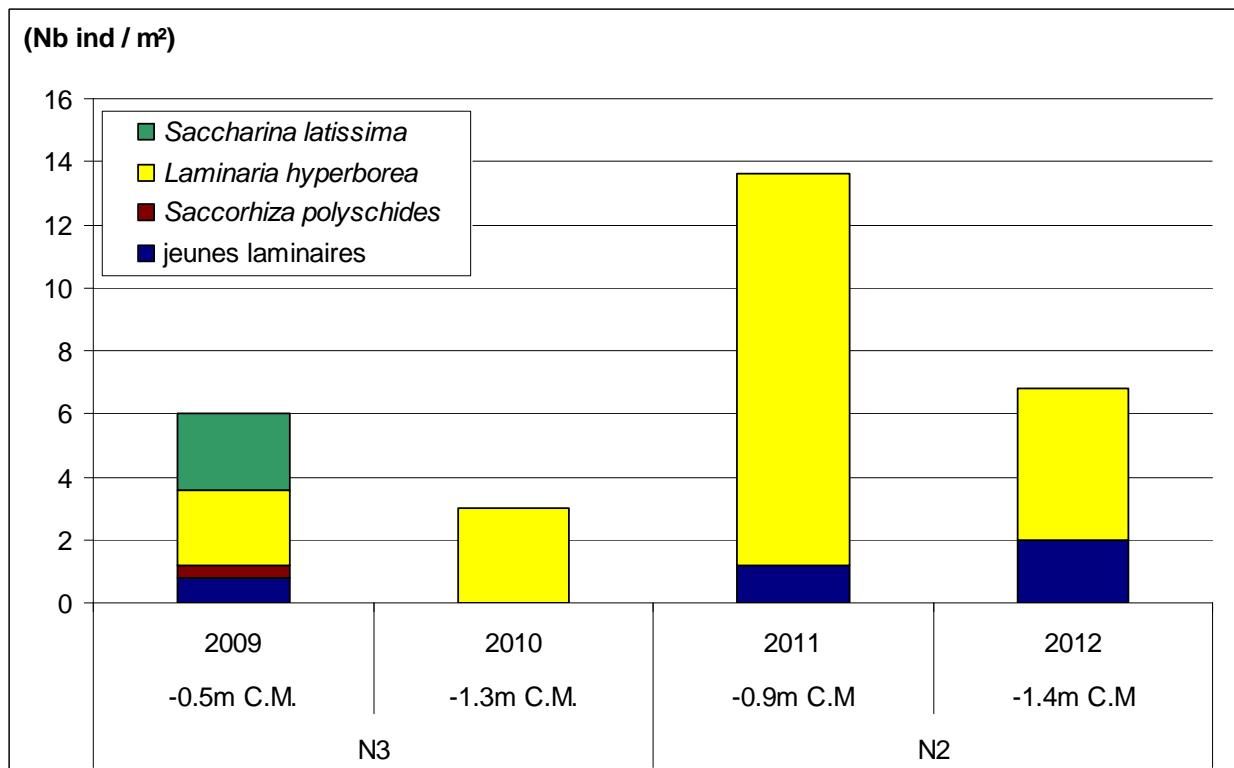
b) Densité et composition de la strate arbustive


Figure 24 : Baguenaud : Evolution de la composition de la strate arbustive selon le niveau

La Figure 24 met en évidence une nette diminution de la densité de *Laminaria hyperborea* qui passe de 12.4 à 4.8 individus au m². Les laminaires juvéniles sont un peu plus nombreuses en 2012, ce qui traduit un meilleur recrutement.

c) Etat de santé du site

Avec un EQR de 0,43 (cf. Tableau 8), le site de Baguenaud est classé de justesse dans la catégorie « moyen ». Les notes de « ceintures » et de densité d’algues arbustives pénalisent ce site.

	Bagueneau
Note ceinture (/30pts)	4.4
Note densité espèces structurantes (/20 pts)	0
Note composition spécifique (/20 pts)	15
Note diversité (/10 pts)	2.5
Note stipe (/20 pts)	2.5
Total	24.4
Barème 1	100
Note niveau 2	4.9

	Bagueneau
I.Q.	24.4
EQR	0.43
Valeur de réf	56.8

Tableau 8 : Baguenaud : Etat de santé du site selon l’indicateur macroalgues subtidales

d) Evolution du circalittoral côtier

Depuis 2011, les invertébrés benthiques sont échantillonnés à l'aide de 10 quadrats réalisés dans l'étage circalittoral côtier à la même bathymétrie (-3m C.M.).

L'analyse des graphiques (Figure 25 et Figure 26) représentant la densité et l'abondance relative des invertébrés met en évidence une diminution de la densité de tubes d'amphipodes tubicoles qui restent toutefois le taxon dominant.

Entre 2011 et 2012, on note la régression des ophiures *Ophiothrix fragilis* et de l'éponge *Polymastia penicillus*. A l'inverse, certains taxons semblent plus abondants, c'est notamment le cas de l'annélide *Spirobranchus sp.*, de l'alcyon *Alcyonium digitatum* et de l'hydraire *Aglaophenia sp.*. On relève également l'apparition de balanes (Cirripedia), du bryozoaire *Crisia sp.*, des hydriaires *Abietinaria sp.* et de l'éponge *Haliclona oculata*.



Quelques espèces représentatives du circalittoral côtier de Baguenaud : Les cirripèdes, l'hydraire *Obelia dichotoma* et l'éponge *Haliclona oculata*

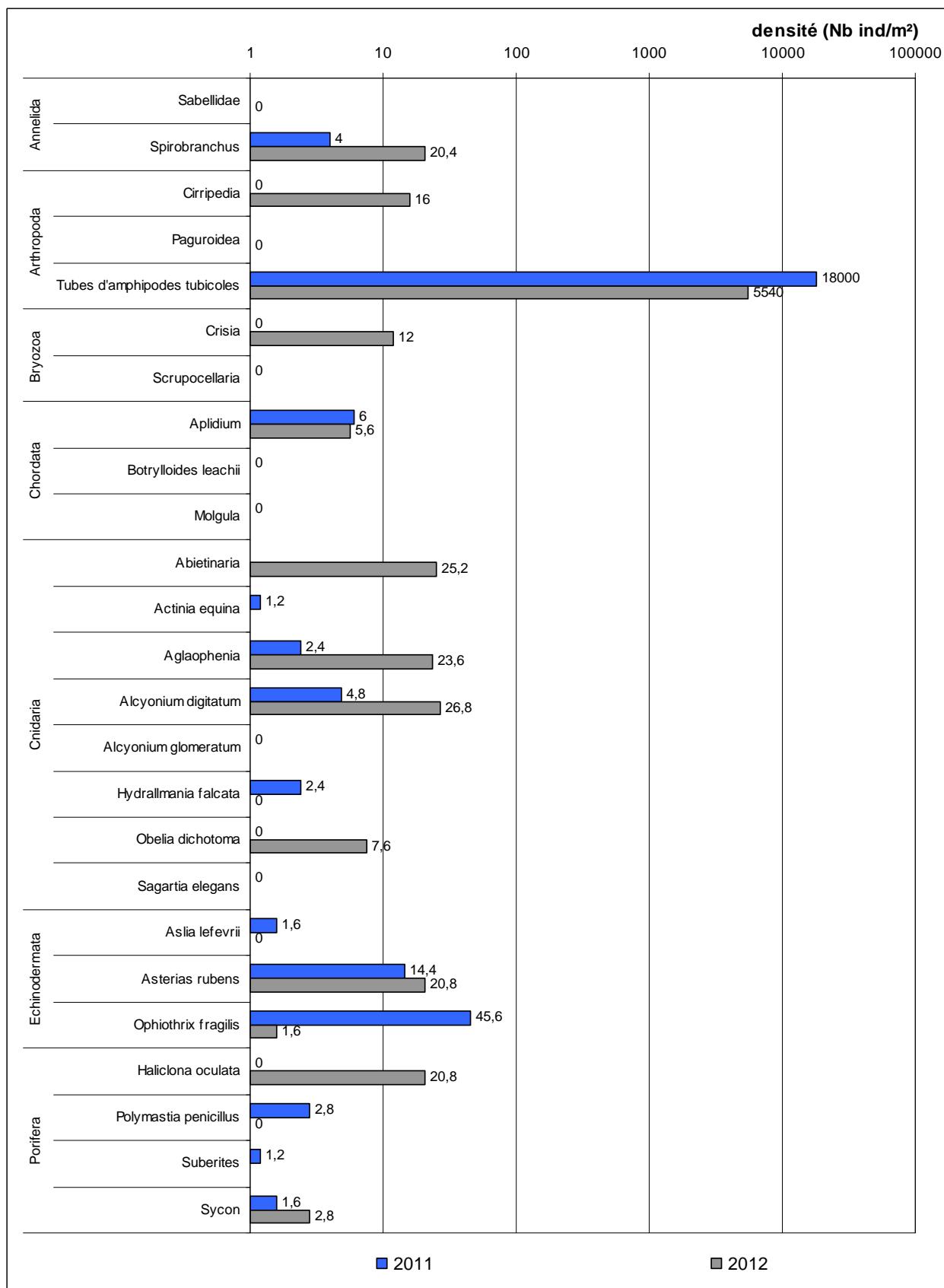


Figure 25 : Baguenaud: Evolution de la densité des invertébrés benthiques au sein du circalittoral côtier
Pour des raisons de lisibilité, une échelle logarithmique a été utilisée

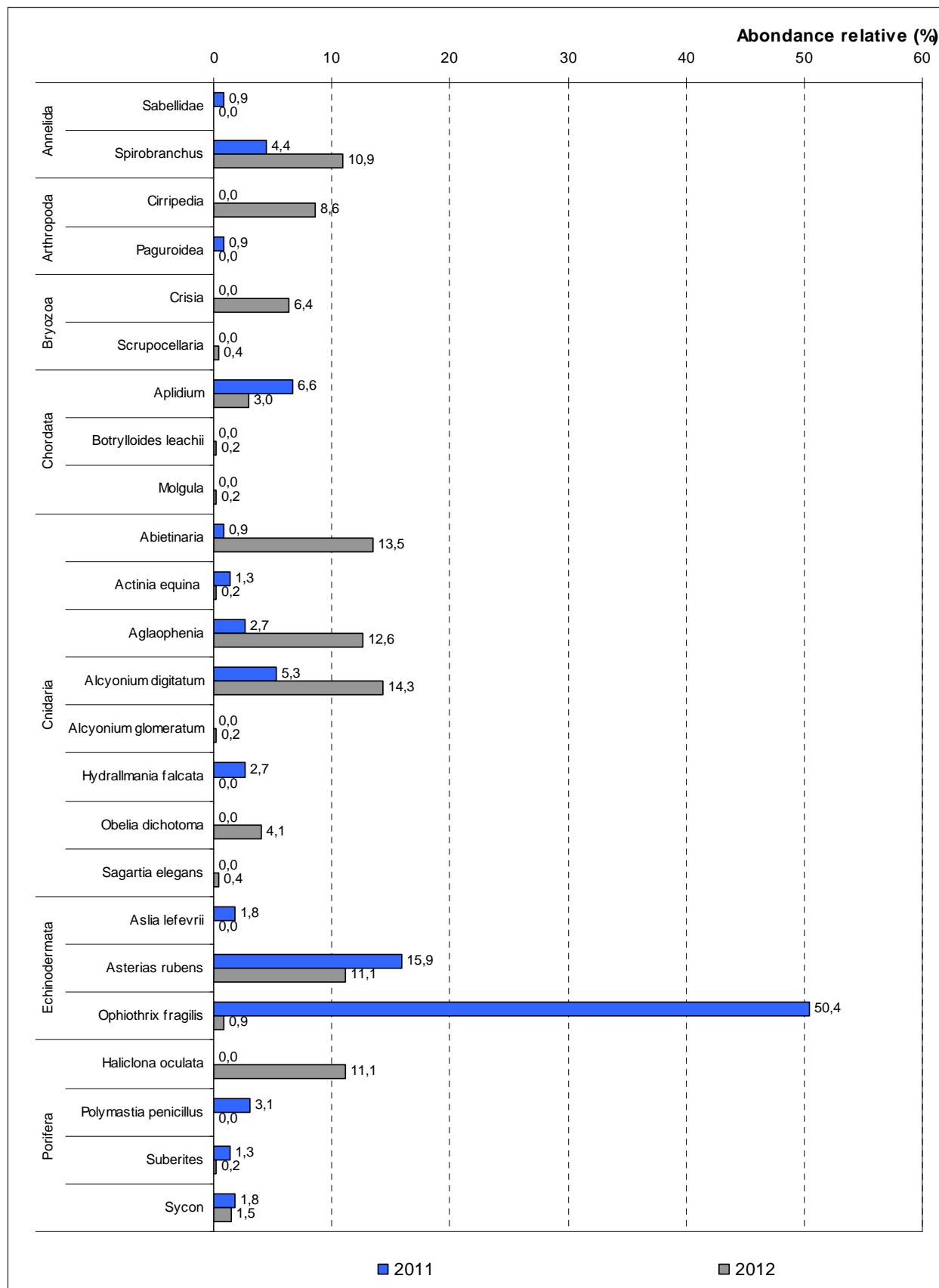


Figure 26 : Baguenaud: Evolution de l'abondance relative des invertébrés benthiques au sein du circalittoral côtier

3.1.9 La Banche nord

a) Limite d'extension en profondeur des ceintures algales

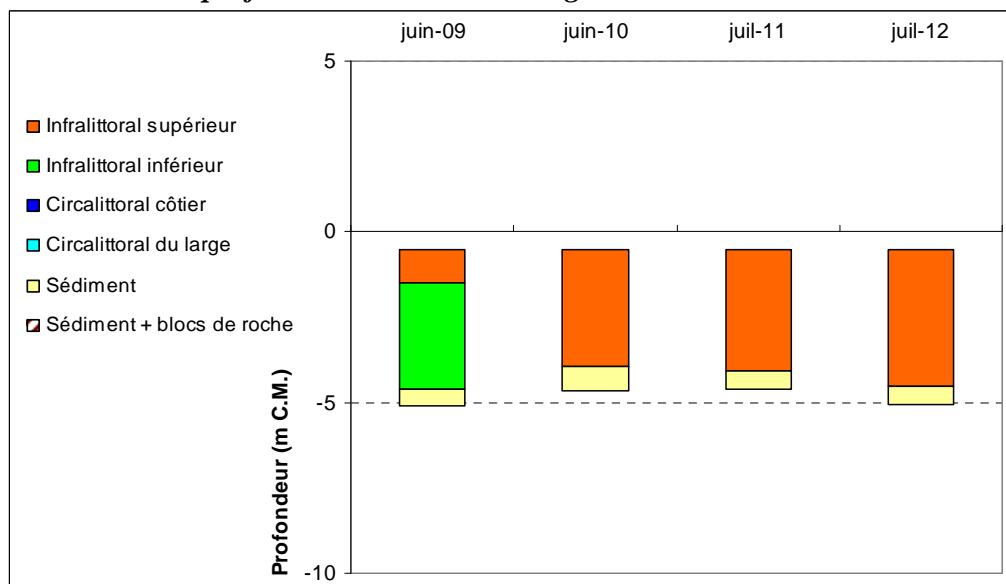


Figure 27 : La Banche nord : Evolution de l'extension en profondeur des limites des ceintures algales

En 2012 (cf. Figure 27), ce site se caractérise par la présence :

- d'une bathymétrie constante : le -3m C.M. située dans l'infralittoral supérieur;
- d'un seul niveau : l'infralittoral supérieur (de -0.5m C.M. à -4.5m C.M., profondeur à laquelle le sédiment fait son apparition).

Il n'y a pas d'évolution visible au niveau de l'étagement des ceintures entre 2011 et 2012. L'infralittoral supérieur est toujours tronqué par le sédiment sableux qui fait son apparition à -4.5m C.M..

b) Densité et composition de la strate arbustive

D'après la Figure 28, la strate arbustive du -3m C.M. n'a pas beaucoup évolué. La strate est largement dominée par *Laminaria hyperborea* (en légère diminution) et les jeunes laminaires. On remarque l'apparition d'*Halidrys siliquosa*.



Laminaria hyperborea



Halidrys siliquosa

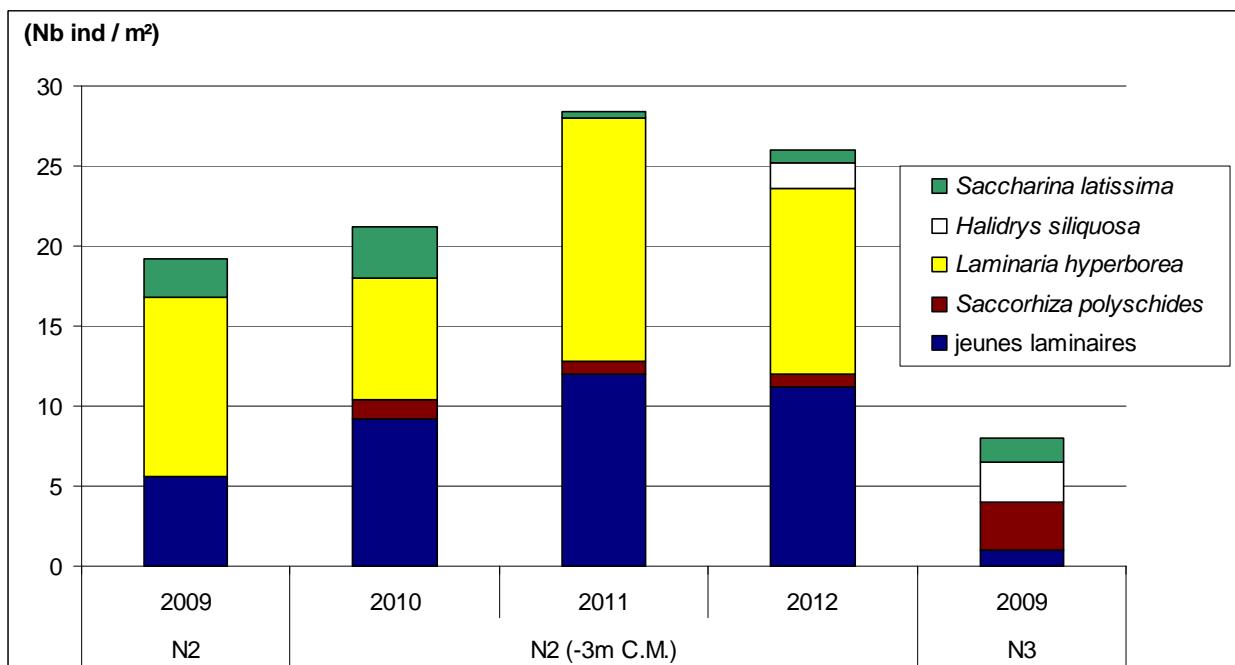


Figure 28 : La Banche nord : Evolution de la composition de la strate arbustive selon le niveau

c) Etat de santé du site

Le site de la Banche nord est classé en « bon état » grâce à un EQR de 0,75 (cf. Tableau 9).

	La Banche nord
Note ceinture (/30pts)	10,9*
Note densité espèces structurantes (/20 pts)	10
Note composition spécifique (/20 pts)	10
Note diversité (/10 pts)	2.5
Note stipe (/20 pts)	7.5
Total	30.0
Barème 1	70
Note niveau 2	8.6

	La Banche nord
I.Q.	42.9
EQR	0.75
Valeur de réf	56.8

Tableau 9 : La Banche nord : Etat de santé du site selon l'indicateur macroalgues subtidales

*La limite inférieure de cette ceinture n'est pas identifiable (apparition du sédiment). La note n'est prise en compte que si elle améliore le résultat final.

3.1.10 La Banche sud

a) Limite d'extension en profondeur des ceintures algales

Le transect étudié en 2010 et 2011 n'est pas le même que celui de 2009, il a été positionné à environ une cinquantaine de mètres de celui de 2009, afin de trouver une dénivellation plus importante, permettant ainsi d'appréhender des amplitudes de ceintures algales plus importantes.

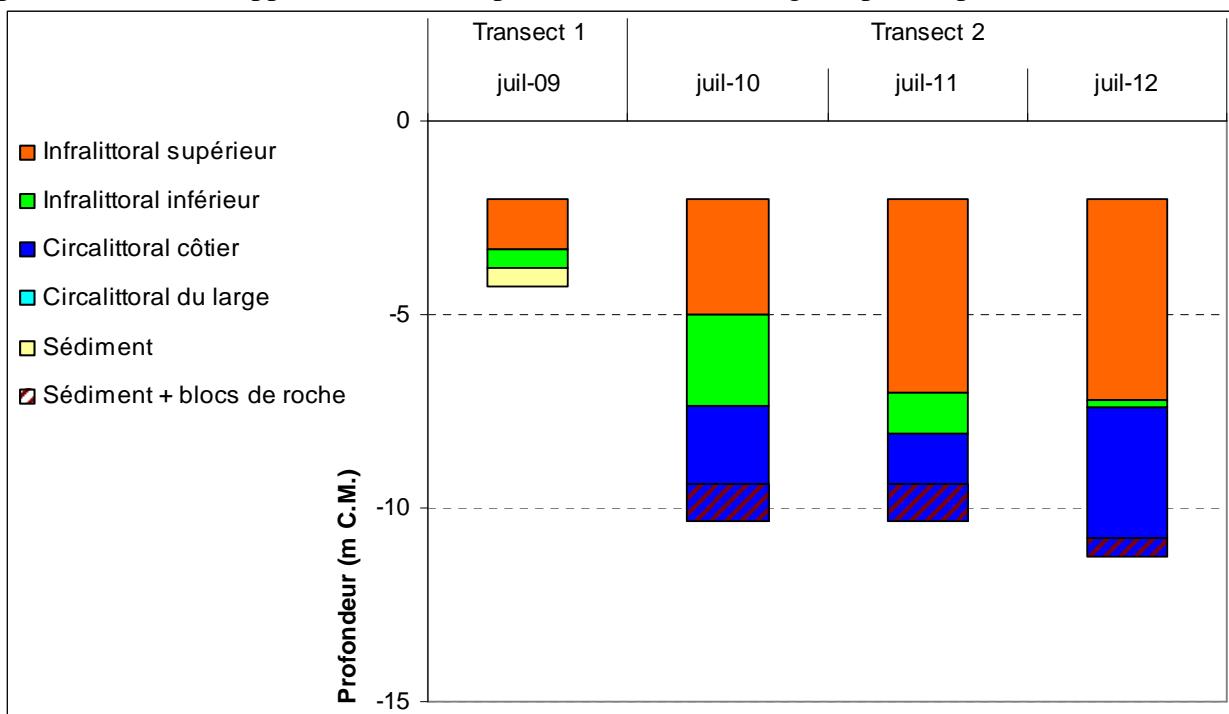


Figure 29 : La Banche sud : Extension en profondeur des limites des ceintures algales

En 2012 (cf. Figure 29), ce site se caractérise par la présence :

- de 2 bathymétries constantes : le -3m C.M. situé dans l'infralittoral supérieur et le -8m C.M. situé dans le circalittoral côtier;
- de 3 niveaux : l'infralittoral supérieur (de -2.0m C.M. à -7.2m C.M.) l'infralittoral inférieur (de -7.2m C.M. à -7.4m C.M.) et le circalittoral côtier (qui débute à -7.4m C.M. mais qui est tronqué par des blocs de roches en mélange avec du sédiment à -10.8m C.M.).

Entre 2011 et 2012, la principale évolution concerne la limite inférieure de l'infralittoral qui se situe désormais à -7.4m C.M contre 8.1m C.M. en 2011.

b) Densité et composition de la strate arbustive



En 2012, l'infralittoral inférieur n'a pas été échantillonné car il était trop restreint pour y poser des quadrats. La Figure 30 met en évidence une diminution de la densité totale de la strate arbustive. Cette diminution est liée à la disparition de *Saccharina latissima* et de *Saccorhiza polyschides* et à la diminution de la densité de *Laminaria hyperborea* au sein des quadrats échantillonnés.

Laminaria hyperborea

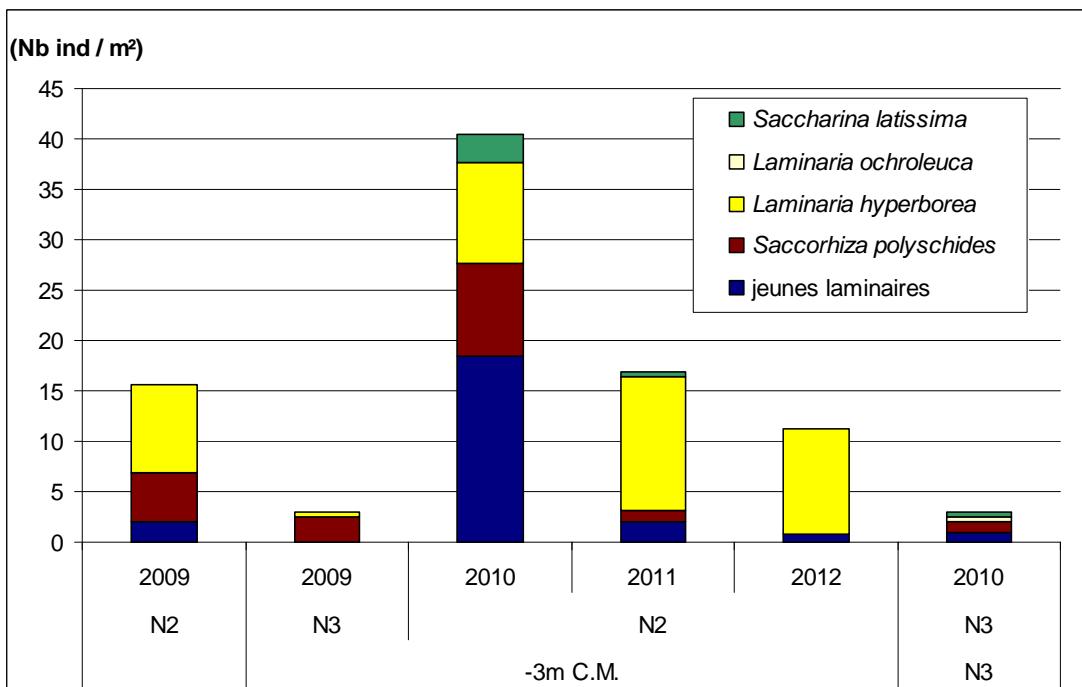


Figure 30 : La Banche sud : Composition de la strate arbustive selon le niveau

c) *Evolution de la composition de la « strate fonctionnelle » dans l'infralittoral*

En 2012, un échantillonnage complémentaire de la strate arbustive a été réalisé pour la première fois sur le site de la Banche (Figure 31). A -5.5m C.M., la strate arbustive est peu dense, majoritairement composée de *Laminaria hyperborea*. On note également la présence de *Saccorhiza polyschides* qui était absente du -3m C.M..

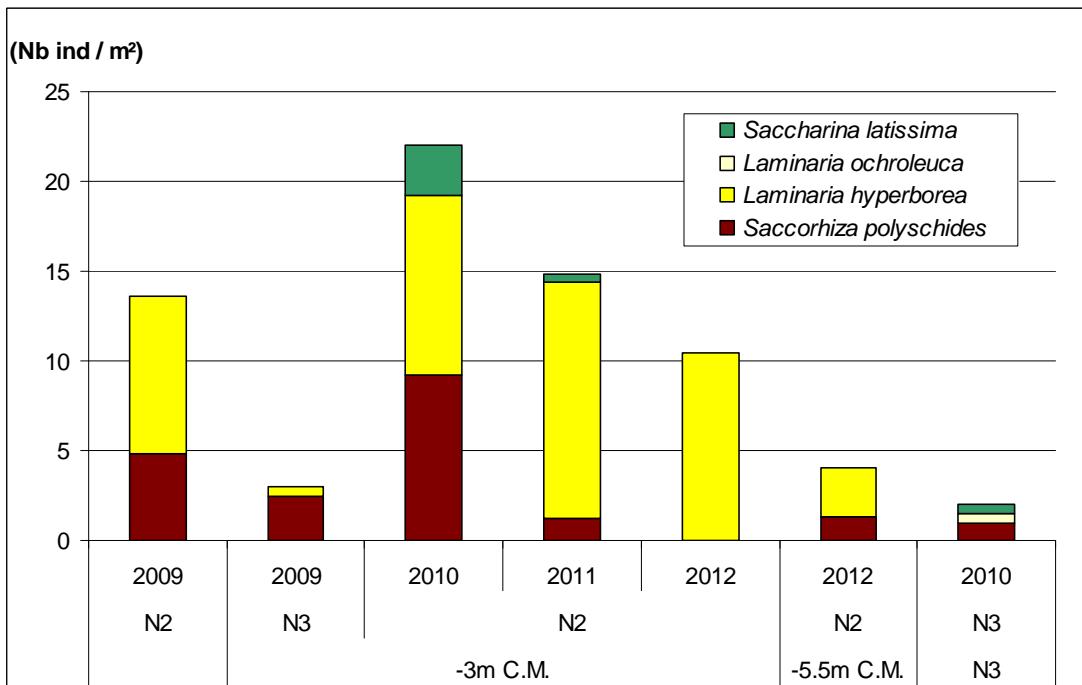


Figure 31 : La Banche Sud : Evolution de la composition de la « strate fonctionnelle »

d) Etat de santé du site

	La Banche sud
Note ceinture (/30pts)	17.3
Note densité espèces structurantes (/20 pts)	5
Note composition spécifique (/20 pts)	7.5
Note diversité (/10 pts)	2.5
Note stipe (/20 pts)	7.5
Total	39.8
Barème 1	100
Note niveau 2	8.0

	La Banche sud
I.Q.	39.8
EQR	0.70
Valeur de réf	56.8

Tableau 10 : La Banche sud : Etat de santé du site selon l'indicateur macroalgues subtidales

Avec un EQR de 0,70, le site de La Banche sud est classé dans la catégorie « bon état » (cf. Tableau 10). Ce résultat s'explique par la bonne note obtenue pour le paramètre limite d'extension en profondeur de l'infralittoral supérieur.

e) Evolution du circalittoral côtier

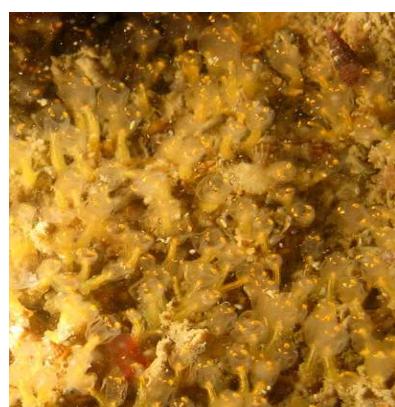
Depuis 2011, les invertébrés benthiques sont échantillonnés à l'aide de 10 quadrats réalisés dans l'étage circalittoral côtier.

L'analyse des graphiques (Figure 32 et Figure 33) représentant l'évolution de la densité et de l'abondance relative des invertébrés entre 2011 et 2012 met en évidence une augmentation de la densité de l'ascidie *Pycnoclavella aurilucens* et l'apparition de l'ascidie *Stolonica socialis* (qui devient l'espèce dominante en 2012), des Phonoridiens *Phoronis* sp. et de l'éponge *Haliclona oculata*.

En parallèle, on relève la disparition de *Spirobranchus lamarcki*, de l'hydraire *Sertularella ellisii* et une raréfaction des échinodermes *Asterias rubens* et *Marthasterias glacialis*.



L'ascidie *Stolonica socialis*



L'ascidie *Pycnoclavella aurilucens*



Les Phonoridiens *Phoronis* sp.

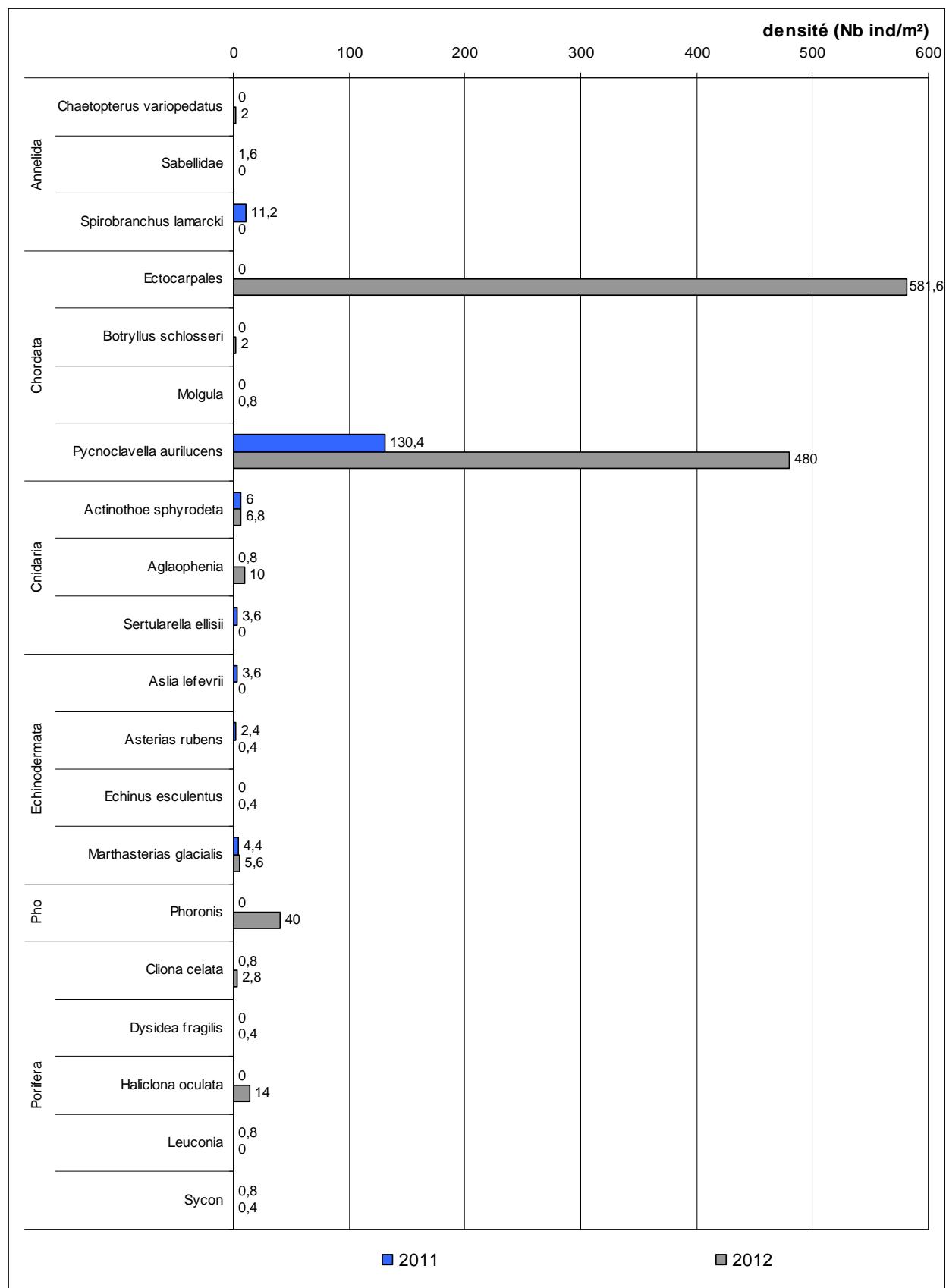


Figure 32 : La Banche sud: Evolution de la densité des invertébrés benthiques au sein du circalittoral côtier

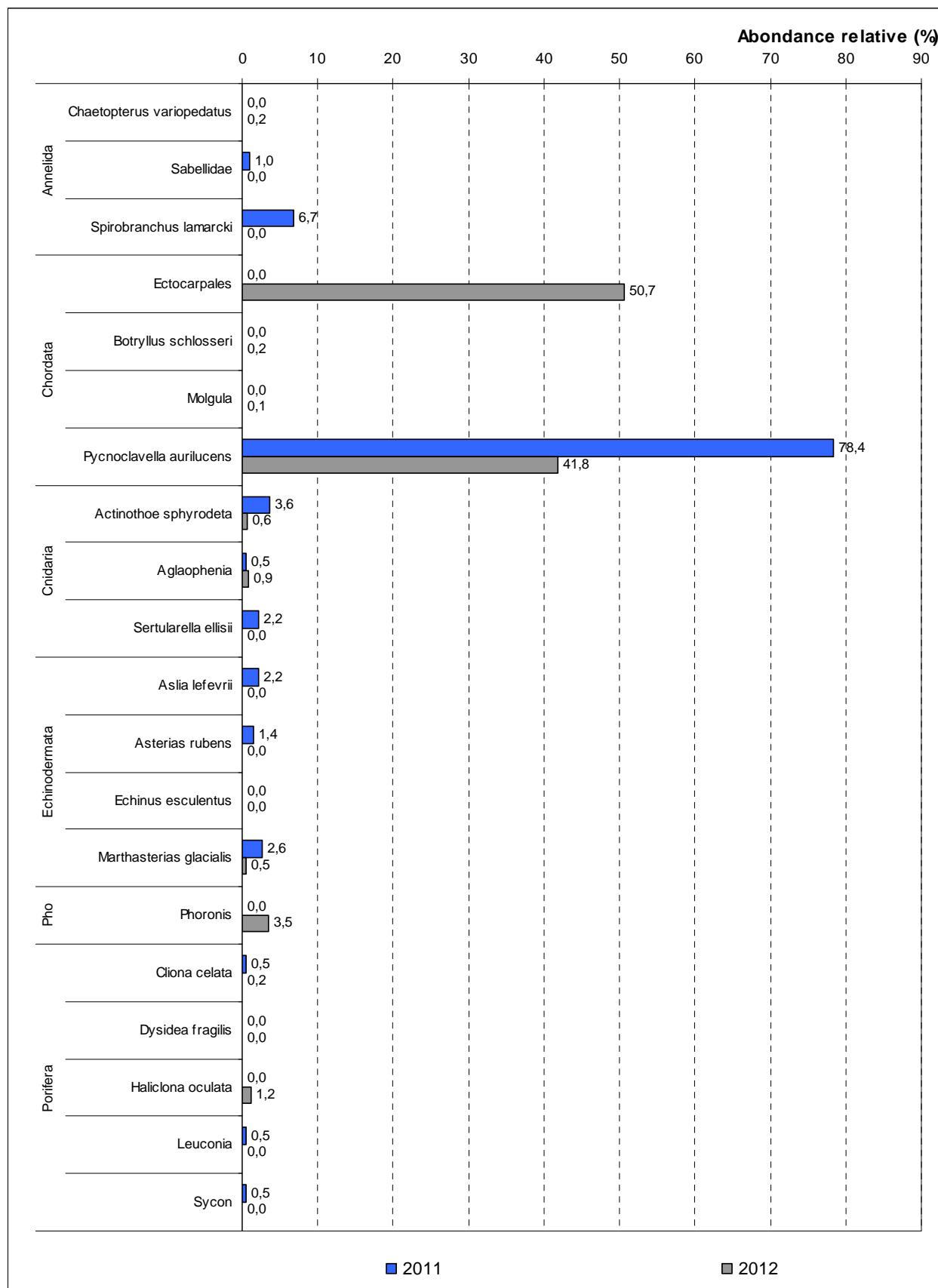


Figure 33 : La Banche sud: Evolution de l'abondance relative des invertébrés benthiques au sein du circalittoral côtier

3.1.11 La Pointe Saint Gildas

Pour la pointe Saint Gildas, le transect 2009 a été échantillonné à partir du bord. Ce premier transect était donc la continuité du platier intertidal. En 2010, ce transect était continuellement dans la zone de déferlement. A la troisième tentative, Bio-Littoral a donc choisi de décaler le transect vers le large. Le transect N°2 suivi depuis 2010 présente un relief plus important. Le transect étudié en 2010 et 2011 n'étant pas le même que celui de 2009, aucune comparaison ne sera faite avec les résultats de 2009.

a) Limite d'extension en profondeur des ceintures algales

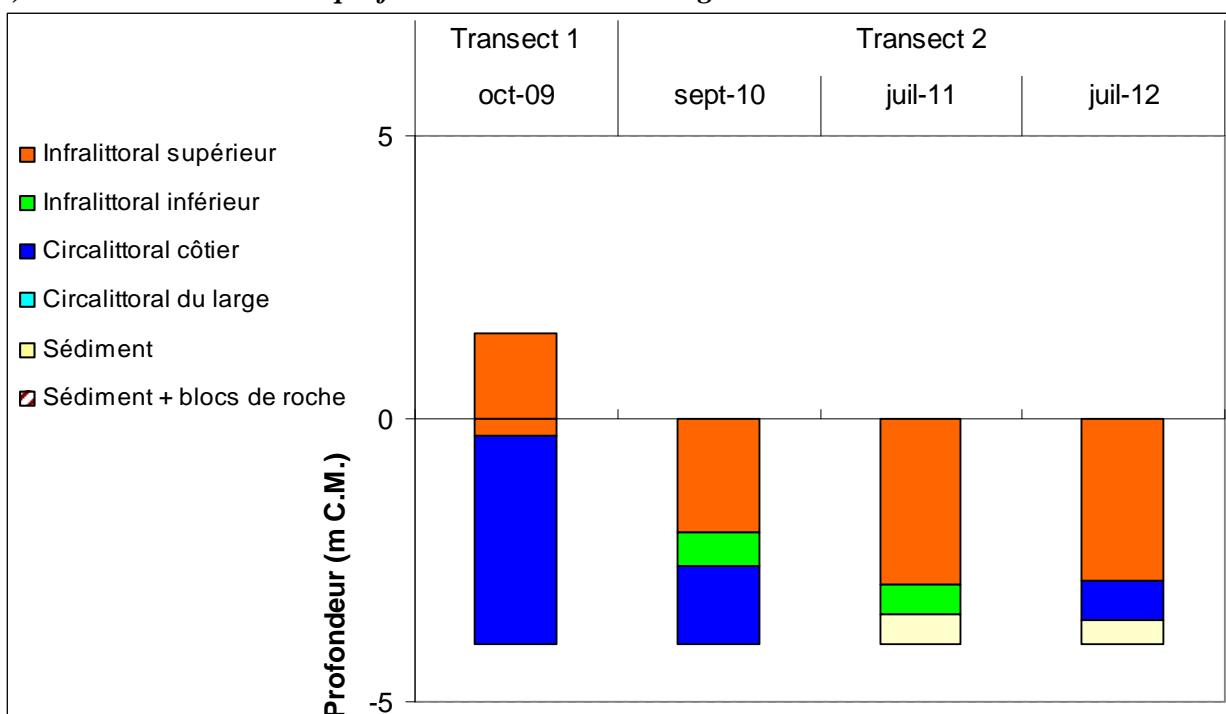


Figure 34 : La Pointe Saint Gildas : Extension en profondeur des limites des ceintures algales

En 2012 (cf. Figure 34), ce site se caractérise par la présence :

- d'une bathymétrie constante : le -3m C.M. situé dans l'infralittoral inférieur ;
- de 2 niveaux : l'infralittoral supérieur (de -0m C.M. à -2.9m C.M.) et du circalittoral côtier (de -2.9m C.M. à -3.6m C.M, profondeur à laquelle le sédiment fait son apparition).



Alors qu'entre 2010 et 2011, l'évolution de l'étagement des ceintures algales indiquait une diminution de la turbidité (Derrien-Courtel et al., 2012). En 2012, une dégradation semble être observée. L'infralittoral inférieur a totalement disparu laissant réapparaître un circalittoral. Notons toutefois que la limite de l'infralittoral supérieur reste stable.

Laminaria hyperborea

b) Densité et composition de la strate arbustive

La Figure 35 souligne une stabilité de la densité de la strate arbustive. L'évolution est marquée par une diminution des jeunes laminaires indéterminées au profit des *Laminaria hyperborea*. Le reste de la strate se compose de rares *Halidrys siliquosa* et *Desmarestia ligulata*.

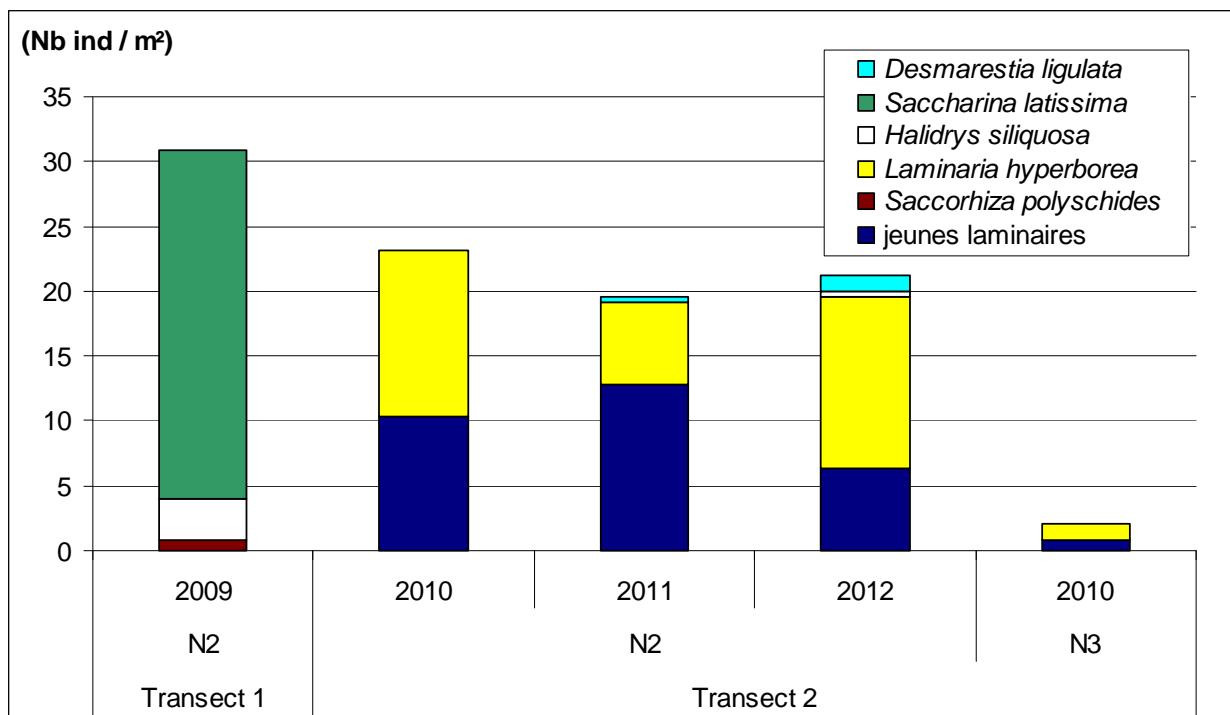


Figure 35 : La Pointe Saint Gildas : Composition de la strate arbustive selon le niveau

c) Etat de santé du site

Avec un EQR de 0,61, le site de La Pointe Saint Gildas est classé dans la catégorie « état moyen » (cf. Tableau 11).

Pointe St Gildas	
Note ceinture (/30pts)	6.9
Note densité espèces structurantes (/20 pts)	5
Note composition spécifique (/20 pts)	15
Note diversité (/10 pts)	2.5
Note stipe (/20 pts)	5
Total	34.4
Barème 1	100
Note niveau 2	6.9

Pointe St Gildas	
I.Q.	34.4
EQR	0.61
Valeur de réf	56.8

Tableau 11 : La Pointe Saint Gildas : Etat de santé du site selon l'indicateur macroalgues subtidiales

3.1.12 Le Pilier

a) Limite d'extension en profondeur des ceintures algales

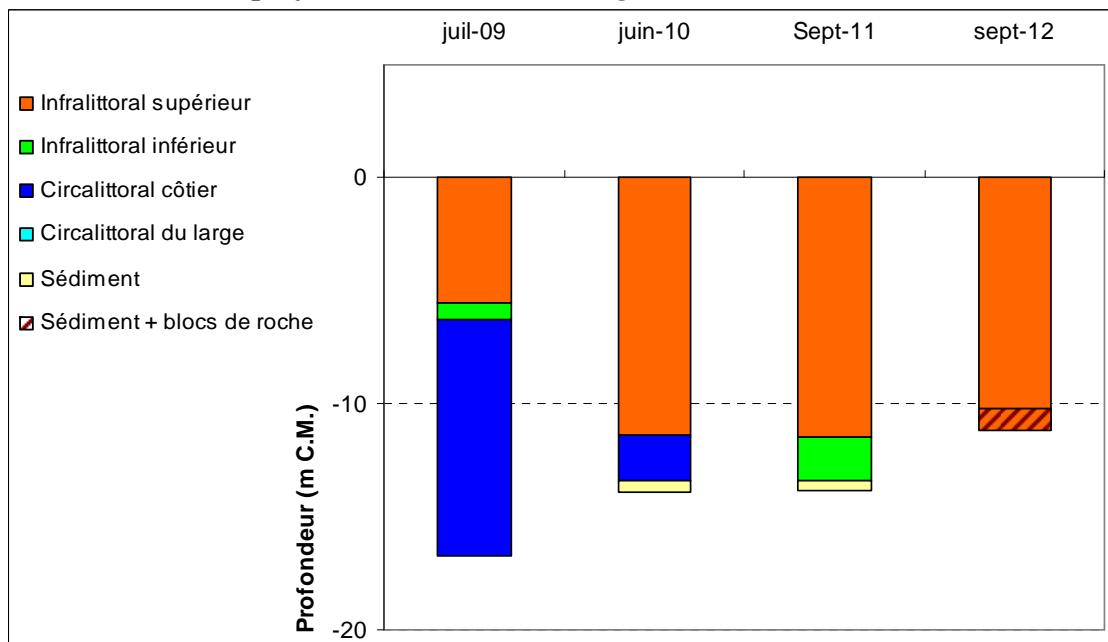


Figure 36 : Ile du Pilier : Evolution de l'extension en profondeur des limites des ceintures algales

En 2012 (cf. Figure 36), ce site se caractérise par la présence :

- de 2 bathymétries constantes : le -3m C.M et le -8m C.M. situés dans l'infralittoral supérieur ;
- d'un seul niveau : l'infralittoral supérieur (de 0m C.M. à -10.2m C.M, profondeur à laquelle un fond de galets fait son apparition).

Du fait de la présence de galets, il n'est pas possible de déterminer la limite inférieure de la ceinture à laminaires denses et donc d'effectuer une comparaison avec les données de 2011.



Evolution du substrat observé sur le site de L'île du Pilier entre 2011 et 2012

b) Densité et composition de la strate arbustive

Entre 2011 et 2012, la densité de la strate arbustive au -3m C.M. a augmenté (cf. Figure 37). La laminaire *Laminaria hyperborea* reste l'espèce dominante. Le recrutement en laminaires est bien supérieur à celui de 2011 (6.8 contre 14.8 ind/m² en 2011 et 2012, respectivement). L'algue opportuniste *Desmarestia ligulata* est légèrement plus abondante alors que la laminaire annuelle *Saccorhiza polyschides* a disparu.

Concernant le -8m C.M., la strate arbustive a radicalement changé entre 2010 et 2012 (pas d'échantillonnage en 2011). D'une part, la densité a fortement chuté passant de 28.8 (avec une très grande majorité de laminaires juvéniles) à 6.4 ind/m² et enfin, la composition spécifique est totalement différente.



Laminaria hyperborea denses au dessus de -8m C.M.



Dernières laminaires observées à -10m CM.

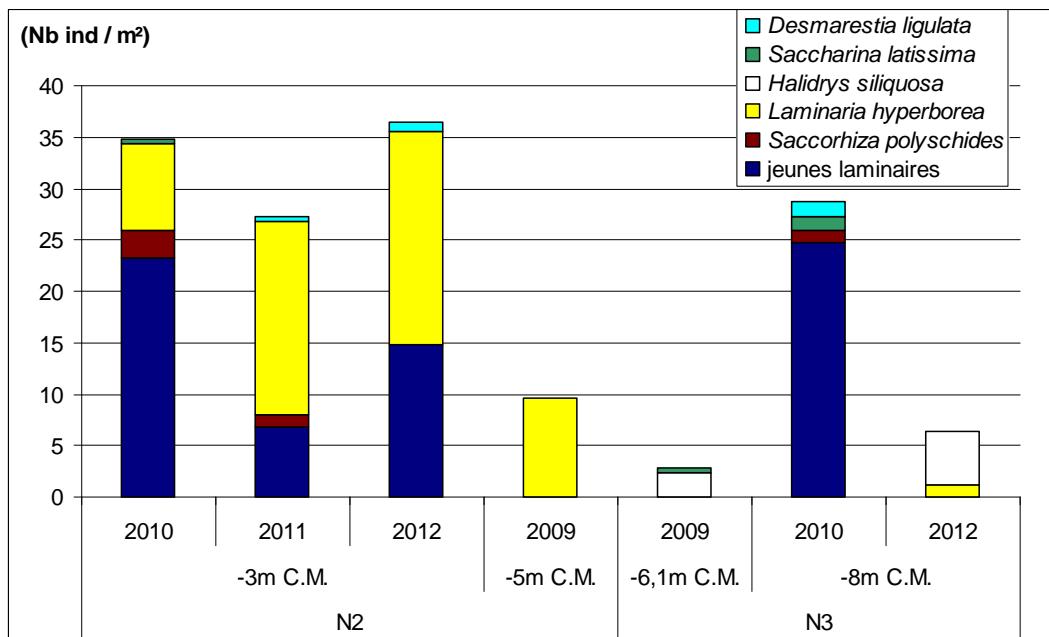


Figure 37 : Ile du Pilier : Evolution de la composition de la strate arbustive selon le niveau

c) Evolution de la composition de la « strate fonctionnelle » dans l'infra-littoral

En 2012, et par rapport à 2011, l'échantillonnage du -3m C.M. montre un remplacement de *Saccorhiza polyschides* par *Laminaria hyperborea*. Au -8m C.M., par rapport aux données 2010, on note aussi le remplacement de *Saccorhiza polyschides* par *Laminaria hyperborea* ainsi que l'apparition non négligeable de *Halidrys siliquosa* et la disparition de *Saccharina latissima* et *Desmarestia ligulata*.

Dans la mesure où aucune bathymétrie intermédiaire n'a été spécifiquement échantillonnée (Figure 38), il n'y a pas de donnée supplémentaire à analyser.

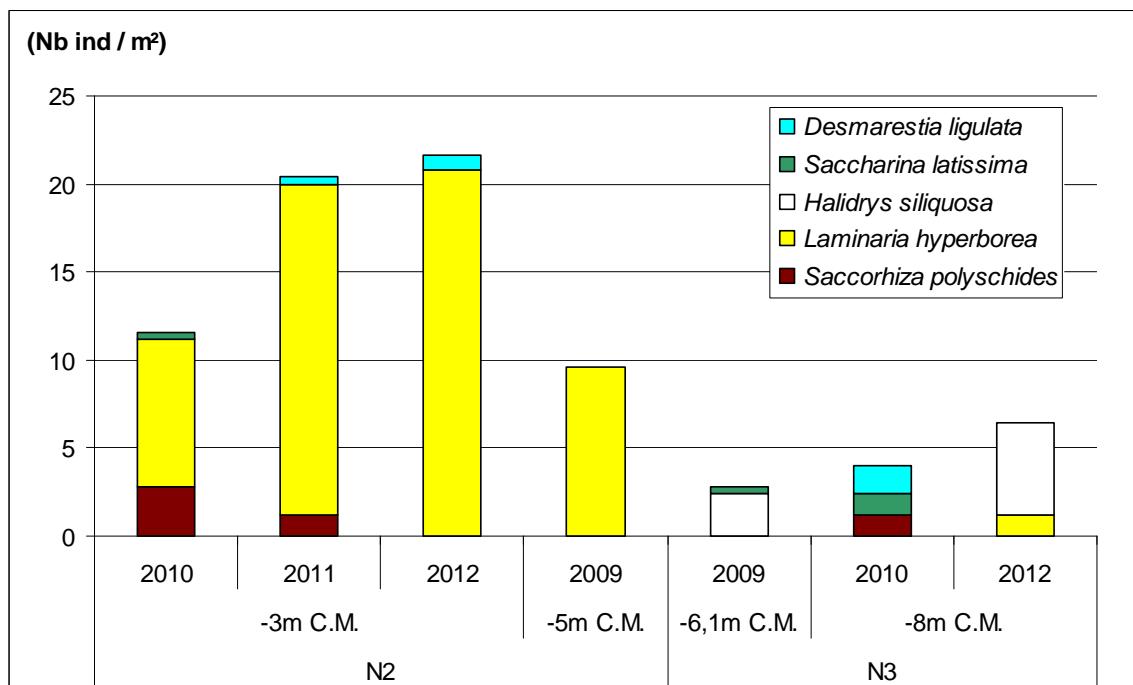


Figure 38 : Le Pilier : Evolution de la composition de la « strate fonctionnelle »

d) Etat de santé du site

Le site de l'Ile du Pilier présente de très bons résultats pour les paramètres « ceintures », « densité des algues structurantes » et « composition spécifique ». Les autres notes sont moyennes. Ce site obtient un classement dans la catégorie « Très bon état » grâce à un EQR de 1,37 (cf. Tableau 12). Néanmoins, l'échantillonnage des stipes de *Laminaria hyperborea* n'a pas pu être effectué en raison des conditions météorologiques (houle).

Niveau 2	Le Pilier
Note ceinture (/30pts)	24.5*
Note densité espèces structurantes (/20 pts)	15
Note composition spécifique (/20 pts)	17.5
Note diversité (/10 pts)	5
Note stipe (/20 pts)	donnée absente
Total	37.5
Barème 1	80
Note niveau 2	15.5

	Le Pilier
I.Q.	77.5
EQR	1.37
Valeur de réf	56.8

Tableau 12 : Ile du Pilier : Etat de santé du site selon l'indicateur macroalgues subtidales

*La limite inférieure de cette ceinture n'est pas identifiable (apparition du sédiment). La note n'est prise en compte que si elle améliore le résultat final.

3.2 Discussion des résultats à l'échelle de l'ensemble du secteur d'étude

3.2.1 Compartiment « Macroalgues »

a) Limite d'extension en profondeur des ceintures algales

La Figure 39 représente les limites d'extension en profondeur des différentes ceintures algales présentes sur l'ensemble du secteur d'étude en 2012.

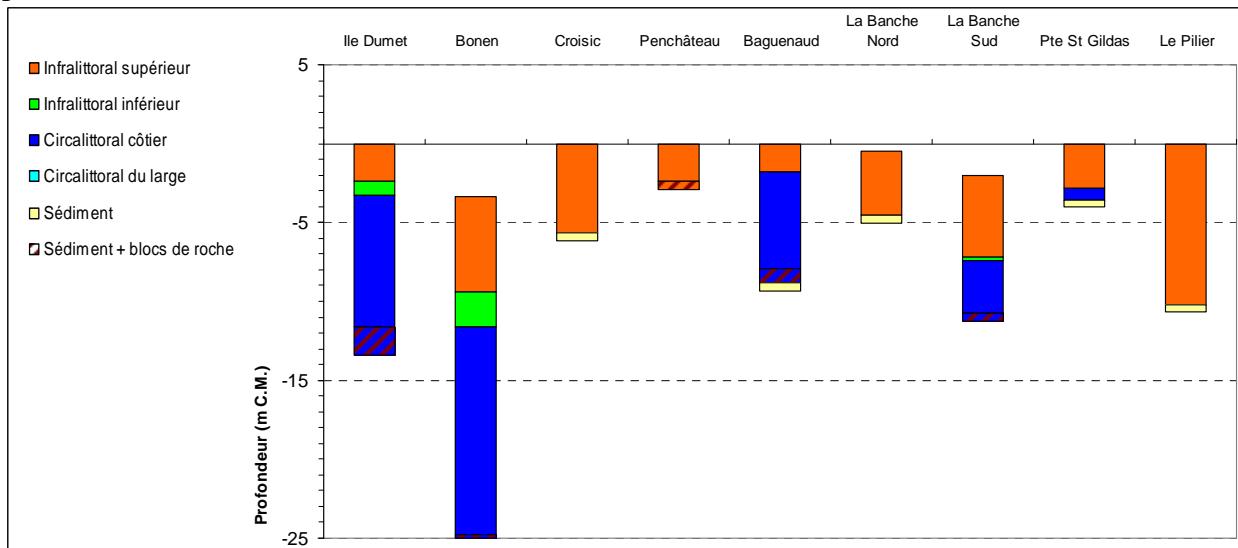


Figure 39 : Limites d'extension en profondeur des ceintures algales sur l'ensemble du secteur d'étude en 2012

Les relevés des ceintures algales de 2012 confirment que les laminaires atteignent des profondeurs nettement plus importantes sur les sites les plus éloignés des estuaires de la Loire et de la Vilaine. Baguenaud et la Pointe Saint Gildas, soumis à l'influence directe de la Loire ainsi que l'Ile Dumet, soumis à celle de la Vilaine sont les sites où les laminaires sont les plus contraintes en terme d'extension en profondeur. La limite basse de l'infralittoral supérieur n'est pas observable sur le site de la Banche nord, ce qui empêche la comparaison avec le site du sud du plateau.

b) Densité et composition de la strate arbustive

La Figure 40 présente la composition et la densité de la strate arbustive de l'infralittoral supérieur (entre -1 et -5m C.M.) sur le secteur de l'étude ELV, en 2012. Cette année, 2 nouveaux sites localisés sur le plateau du Four ont fait l'objet d'un échantillonnage de la strate arbustive.

Les résultats 2012 confirment un certain nombre de constats dressés lors des années précédentes.

La densité de la strate arbustive est globalement plus importante sur les sites éloignés de la côte. Ceci traduit l'influence de la Vilaine d'une part et sans doute un impact important du panache de la Loire sur les sites du plateau de la Banche et l'influence du clapage des vases du Port Autonome de Nantes Saint-Nazaire (4 à 6 millions de tonnes clapées sur le site de la Lambarde proche du plateau de la Banche chaque année) d'autre part.. En 2012, les laminaires denses sont présentes pour la deuxième année consécutive sur le site de Baguenaud, situé à proximité de l'estuaire de la Loire.

Les données complémentaires acquises sur le plateau du Four mettent en évidence l'hétérogénéité de la composition de la strate arbustive. En effet, selon la localisation, la strate arbustive est dominée : soit par *Saccorhiza polyschides*, soit par *Laminaria hyperborea*, soit par *Halidrys siliquosa* et *Cystoseira baccata* en mélange avec toutes les espèces de laminaires recensées sur le secteur. Ceci montre que certains facteurs (exposition, influence sédimentaire...) peuvent agir à échelle très locale.

Les résultats 2012 confirment l'existence d'une « frontière » située entre Le Croisic et Le Pouliguen, qui sépare les sites dominés par *Laminaria hyperborea* à l'est des sites dominés par *Saccorhiza polyschides* à l'Ouest.

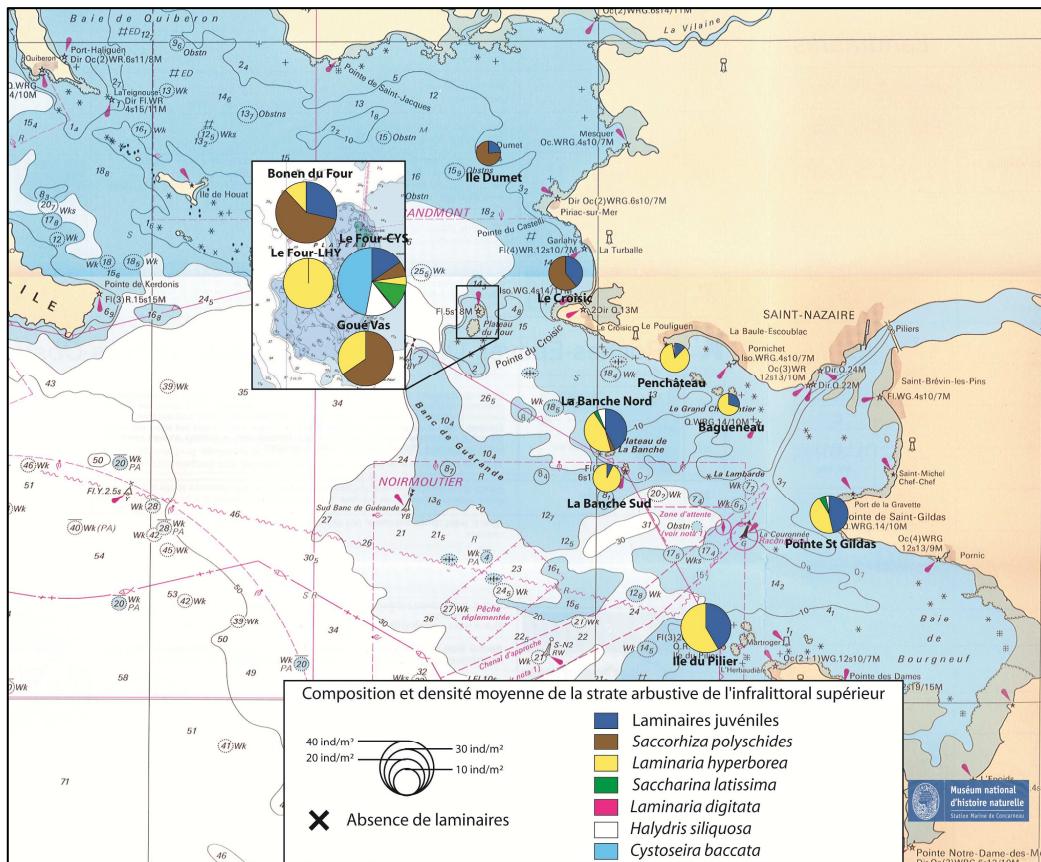


Figure 40 : Composition et densité de la strate arbustive de l'infralittoral supérieur en 2012

Ce phénomène est assez étonnant dans la mesure où *Saccorhiza polyschides* profite habituellement des eaux turbides et stratifiées pour se développer, au détriment de *Laminaria hyperborea*. En effet, en Bretagne sud, *Saccorhiza polyschides* qui tolère des températures plus élevées que *Laminaria hyperborea* (Birckett *et al.*, 1998 ; Müller *et al.*, 2009) domine dans les faibles profondeurs (Derrien-Courtel *et al.*, 2013). Les données Ifremer disponibles sur le site Ifremer consacré à l'environnement littoral (<http://www.ifremer.fr/envlit/>) montrent que la température peut atteindre les 22°C en été sur les sites de Pornichet et de la Pointe Saint Gildas, ce qui élimine l'hypothèse d'un rafraîchissement de l'eau par l'apport de la Loire (qui aurait favorisé *Laminaria hyperborea*).

La nature du sédiment pourrait représenter une piste à explorer. En effet, d'après la carte de sédimentologie des fonds marin bretons (Figure 41) cette frontière écologique correspond également à une frontière sédimentaire, située au niveau de la pointe du Croisic, qui sépare les fonds dominés par la vase des fonds dominés par les sédiments un peu plus grossiers tels que les sables fins et les sables moyens et grossiers.

En effet, en tant qu'espèce pélophile, *Saccorhiza polyschides* résiste bien aux apports de vase et est souvent encore présente, là où *Laminaria hyperborea* ne parvient plus à s'implanter. Une forte influence vaseuse est sans doute à l'origine de l'absence de *Laminaria hyperborea* à l'Ile Dumet et de sa faible abondance à Bonen du Four (situé au Nord du plateau). Les parties sud et ouest du plateau, moins soumises à la remise en suspension de vase (cf. Figure 41), sont plus propices au développement de *Laminaria hyperborea*. Concernant le site Four-Cys situé à l'Est du plateau, le mode abrité et l'hétérogénéité du substrat (roche mère et blocs de roches) explique la diversité recensée au sein de la strate arbustive.

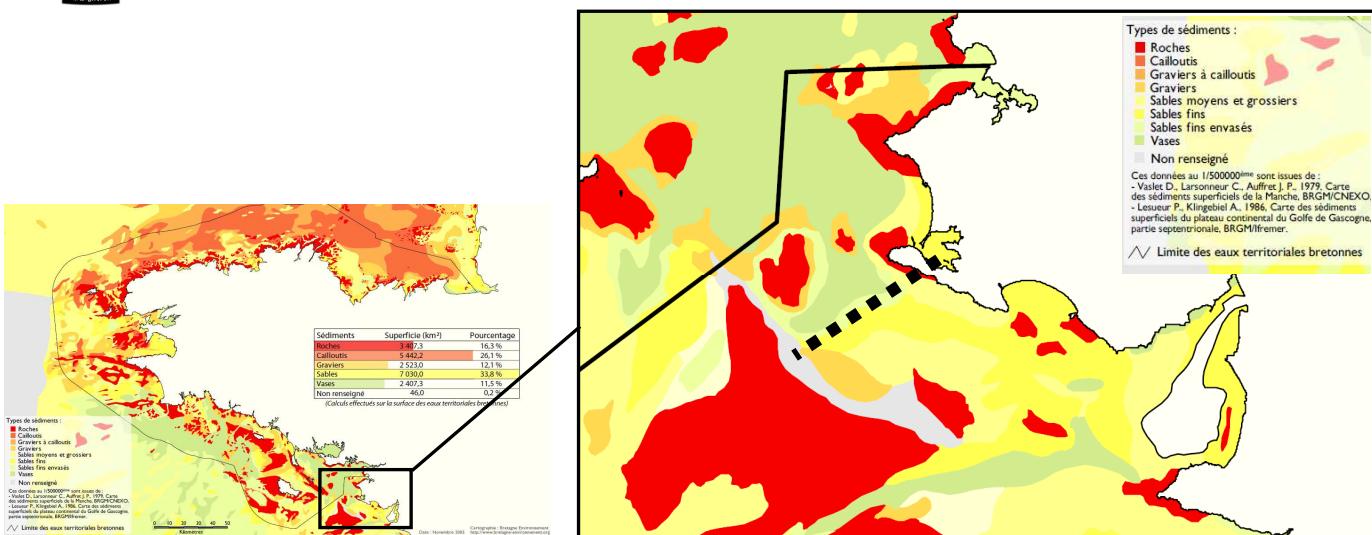


Figure 41 : Sédimentologie des fonds marins bretons (source Ifremer)

c) Composition de la « strate fonctionnelle »

En 2012, pour la seconde fois, des données complémentaires ont été acquises selon le protocole ECBRS afin d'approfondir le suivi de la strate fonctionnelle. Ce terme regroupe les laminaires qui participent à la formation d'une canopée (les jeunes laminaires en sont donc exclues) ainsi que les autres algues arbustives : *Halidrys siliquosa*, *Sargassum muticum*, *Cystoseira spp.*, *Desmarestia spp....*

L'objectif majeur est d'analyser plus finement la structure des populations de *Laminaria hyperborea* et *Laminaria ochroleuca* (en s'intéressant à leur taille et leur état physiologique) au sein des sites et d'en suivre l'évolution. Les principaux résultats indiquent que la population de *Laminaria hyperborea* est caractérisée par un faible taux de nécrose hormis sur les sites de Penchateau, la Pointe saint Gildas et le Pilier. Sur ces sites, les nécroses sont en général de faible importance (stade 2) hormis sur le site de Penchateau où des stipes en stade 4 sont régulièrement observés. On remarque également (cf. Tableau 13 et Figure 42) que les individus sont en moyenne plus grands sur le nouveau site Four LHY (Lmoy = 25,5 cm, Lmax = 60cm). Sur 4 autres sites, la laminaire *Laminaria hyperborea* a une taille moyenne comprise entre 15 et 20cm (La Banche nord et Sud, Pointe Saint Gildas et le Pilier).

Les sites de la Banche nord et sud présentent des densités de *Laminaria hyperborea* plus importantes que celles mesurées à Penchateau et Baguenaud mais les faibles longueurs des stipes (Lmoy = 10,0 cm et 6 cm respectivement) indiquent qu'il s'agit d'individus jeunes.

La comparaison avec les données 2011 (Cf. Tableau 14) montre que l'état physiologique apparent (nécroses) de *Laminaria hyperborea* s'est dégradé sur les sites de Penchateau et de la Pointe saint Gildas. Sur le site du Pilier, on constate une amélioration.

Concernant la taille des stipes, c'est toujours sur le site du Pilier que les individus les plus grands sont recensés. On relève une augmentation significative de la taille moyenne des stipes sur les sites de Bonen, Goué Vas, la Banche Nord, la Banche sud et la Pointe Saint Gildas. A l'inverse, les sites de Penchateau, Baguenaud et le Pilier montrent une baisse importante de la taille moyenne des individus.

Site	Ile Dumet	Bonen	PI four Cysto	PI four L.hyp	Goue Vas	Croisic	Penchateau	Baguenaud	Banche nord	Banche Sud	Pointe Saint Gildas	Le Pilier
Profondeur	0-2,4	-3	-1	-4	-3	-3	-1	-2	-3	-3	-2	-5
Densité moyenne en LHY	0	6.4	2.8	35.3	16.8	0	11.2	4.8	11.6	11.2	12.8	21.2
Longueur moyenne des stipes	-	7.6	11.5	25.5	12.2	-	12.9	11.3	19.4	15.1	18.7	17.6
Longeur max observée	-	18	20	60	43	-	33	22	33	33	66	116
% de stipes en stade 1	-	100.0	100.0	98.9	100.0	-	60.7	100.0	100.0	100.0	56.3	81.4
% de stipes en stade 2	-	0.0	0.0	0.0	0.0	-	17.9	0.0	0.0	0.0	43.8	17.1
% de stipes en stade 3	-	0.0	0.0	0.0	0.0	-	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
% de stipes en stade 4	-	0.0	0.0	1.1	0.0	-	17.9	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4

Tableau 13 : Résultats 2012 de l'étude de la « strate fonctionnelle » de l'infralittoral supérieur (0 à -4.4m C.M) selon le protocole ECBRS

Site	Ile Dumet	Bonen	Goue Vas	Croisic	Penchateau	Baguenaud	Banche nord	Banche Sud	Pointe Saint Gildas	Le Pilier
Profondeur (m.C.M.)	-3	-3	-3	-3	-1	-1	-3	-3	-2,1	-4,4
Densité moyenne en <i>L. hyperborea</i>	0	0,4	8,8	0	10,4	12,4	14,8	13,2	6,4	16,4
Longueur moyenne des stipes	0,0	1,0	4,1	0	25,7	25,5	10,0	6,0	12,2	45,5
Longeur max observée (cm)	0	1	23	0	76	62	25	27	40	97
% de stipes en stade 1	0,0	100,0	90,9	0	92,3	87,1	100,0	97,0	100,0	24,4
% de stipes en stade 2	0,0	0,0	9,1	0	7,7	12,9	0,0	3,0	0,0	75,6
% de stipes en stade 3	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tableau 14 : Résultats 2011 de l'étude de la « strate fonctionnelle » de l'infralittoral supérieur (0 à -4.4m C.M) selon le protocole ECBRS

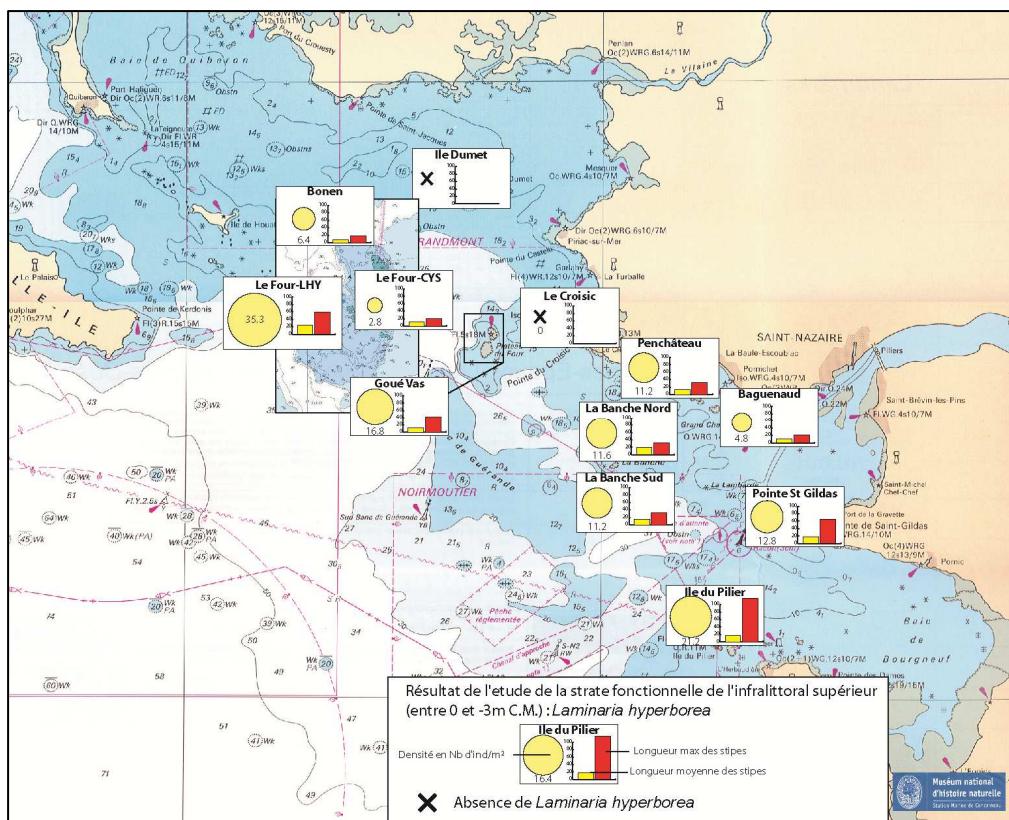


Figure 42 : Présentation cartographique de la « strate fonctionnelle » de l'infralittoral supérieur (-1 à -5m C.M) selon le protocole ECBRS

Les sites de Bonen et de Goué Vas sont les seuls sites dont la « strate fonctionnelle » a été étudiée en 2011 (Cf. Tableau et Tableau). Les individus observés au-delà du -3m étant rares, il n'est pas possible de mettre actuellement en évidence une tendance évolutive.

En 2012, ces données complémentaires de « strate fonctionnelle » ont été acquises sur les sites de Bonen et du Pilier (Cf. Tableau) mais plus pour Goué Vas où un relevé simplifié avait été programmé. Ces deux sites (Bonen et Le Pilier) permettaient ces mesures car les bathymétries -5.5, -8 et -10.5m C.M. se situaient dans l'infralittoral supérieur. Hormis un individu de 20 cm observé à Bonen, les rares individus rencontrés sont de petites tailles (Lmax = 11 cm) et ne présentent pas de nécrose.

Site	Bonen			Goué Vas		
Profondeur (m C.M.)	-5,5	-8	-10,5	-5,5	-8	-10,5
Densité moyenne en <i>L. hyperborea</i>	4,7	0,0	0,0	0,0	0,8	1,0
Longueur moyenne des stipes	2,7	0,0	0,0	0,0	4,0	1,3
Longeur max observée (cm)	5,4	0	0	0	1	1
% de stipes en stade 1	100,0	0,0	0,0	0,0	33,3	100,0
% de stipes en stade 2	0,0	0,0	0,0	0,0	66,7	0,0

Tableau 15 : Résultats 2011 de l'étude de la « strate fonctionnelle » de l'infralittoral supérieur (-5.5 à -10.5m C.M) selon le protocole ECBRS

Site	Bonen		Pilier		
Profondeur (m C.M.)	-5.5	-8	-5.5	-8	-10.5
Densité moyenne en <i>L. hyperborea</i>	2.7	1.3	14.7	5.3	2.7
Longueur moyenne des stipes	3.2	20.0	5.1	3.6	5
Longeur max observée (cm)	3.5	20	11	5.5	3.5
% de stipes en stade 1	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
% de stipes en stade 2	0,0	0,0	0,0	0,0	0

Tableau 15 : Résultats 2012 de l'étude de la « strate fonctionnelle » de l'infralittoral supérieur (-5.5 à -10.5m C.M) selon le protocole ECBRS

d) Evolution de l'état de santé des sites de suivi ELV

Le Tableau 16 synthétise les résultats et l'évolution enregistrés en appliquant le protocole « DCE-Macroalgues subtidales » sur les sites de suivi de l'étude ELV entre 2009 et 2012.

	Ile Dumet	Bonen	Goué Vas	Le Croisic	Pen Château	Baguenaud	La Banche nord	La Banche sud	Pointe St Gildas	Le Pilier
EQR 2009	0.55	1.12	0.98	0.72	0.31	0.47	0.77	0.66	Nouveau transect en	0.91
EQR 2010	0.26	1.00	Suivi arrêté	0.62	0.40	0.46	0.69	0.81	0.86	1.06
EQR 2011	0.50	1.07	1.14	0.70	0.50	0.55	0.94	0.78	0.52	1.06
EQR 2012	0.26	0.89	Suivi arrêté	0.47	0.63	0.43	0.75	0.70	0.61	1,37*

Tableau 16 : Résultats du suivi ELV (infralittoral supérieur et inférieur) entre 2009 et 2012

n.b. : Dans un souci d'homogénéité, les EQR 2009 ont été recalculés par rapport à la nouvelle valeur de référence en vigueur (Derrien-Courtel et Le Gal, 2010)

* les stipes de *Laminaria hyperborea* n'ont pas pu être échantillonnés

En rouge : sites où l'infralittoral inférieur n'a pas été échantillonné

En 2012, les sites en bon ou très bon état sont ceux qui sont les plus éloignés de l'estuaire de la Loire (Le Pilier et les 2 sites de la Banche) mais également le site de Bonen du Four. Globalement, on observe une évolution contrastée selon les sites. Depuis 2009, ceux qui se sont améliorés sont Goué Vas, Penchâteau (malgré une diminution de la taille des stipes de *Laminaria hyperborea* et un taux de nécrose de stade 4 proche de 20% sur ce site) et le Pilier. Par contre, les sites du Croisic et de la Pointe Saint Gildas se sont détériorés. Enfin, les sites de l'Ile Dumet, Bonen, Baguenaud et la Banche nord sont stables ou oscillent autour des mêmes résultats selon l'année.

La comparaison avec les sites échantillonnés de manière « complète » en 2011 montre une dégradation de l'EQR (exception faite du site de Penchâteau). L'année 2011 étant caractérisée par une pluviométrie exceptionnellement faible (Derrien-Courtel *et al.*, 2012), on pouvait s'attendre à ce type d'évolution dès que celle-ci serait revenue à un niveau normal.

3.2.2 Compartiment « Macrofaune »

Depuis l'année 2011, les invertébrés benthiques sont également dénombrés dans les quadrats de l'infralittoral et du circalittoral côtier.

a) Bathymétrie -3m C.M.

Nous proposons ici d'analyser les données issues des relevés effectués au plus près de la bathymétrie -3m C.M., dans la zone à laminaires denses (infralittoral supérieur).

La Figure 43 présente l'abondance relative de la faune. Cette analyse permet d'identifier les espèces dominantes au sein des sites. La Figure 44 présente la densité des différentes espèces (en nb d'individus par m²) et permet de comparer l'abondance des espèces d'un site à l'autre. Enfin, la Figure 45 illustre la fréquence d'occurrence des espèces au sein des quadrats et donc leur récurrence (on ne visualise pas l'abondance des espèces mais plutôt l'homogénéité de leur répartition spatiale au sein d'une même ceinture).

Concernant la faune « dressée » (et/ou dénombrable), l'anthozoaire *Corynactis viridis* est abondant sur les deux sites du Plateau du Four ainsi que sur l'Ile Dumet. On note également l'abondance des crustacés cirripèdes sur le site de Bonen du Four. Plus au sud, on remarque l'abondance de l'ascidie introduite *Perophora japonica* sur les sites de la Banche nord, Penchâteau et le Croisic. L'ascidie *Pycnoclavella aurilucens* est fortement représentée sur le site du Pilier mais totalement absente des autres sites, à cette profondeur. L'ascidie introduite *Styela clava* est recensée pour la première fois sur le secteur ELV, à l'Ile Dumet.

Les sites de la Banche sud et de la Pointe Saint Gildas sont dominés par les hydriaires (*Aglaophenia pluma* pour le premier et des hydriaires indéterminés pour le second).

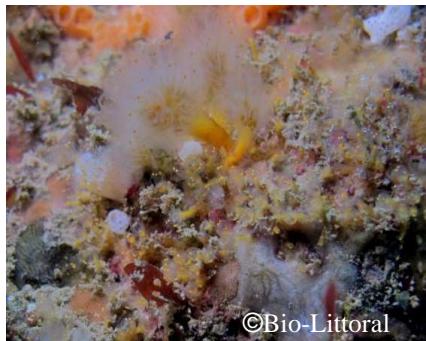
La représentation spatiale de l'abondance relative des principales espèces dénombrables (cf. Figure 46) souligne (comme en 2011) des différences de composition marquées selon les zones. De manière générale, c'est sur les sites situés au large (en bon ou très bon état écologique) que la faune est la plus abondante. Cette représentation cartographique montre également que l'échinoderme *Asterias rubens* est assez bien représenté sur l'ensemble des sites côtier du secteur ELV. On remarque aussi un changement radical de composition faunistique à partir du Croisic. En effet, au nord de cette limite, *Corynactis viridis* est l'espèce majoritaire tandis qu'entre le Croisic et Penchâteau c'est l'ascidie *Perophora japonica* qui domine. Les hydriaires constituent l'essentiel de la faune sur les sites de la Banche sud et de la Pointe Saint Gildas. Le site du Pilier, situé à l'extrême sud de la zone d'étude, est dominé par les ascidies *Pycnoclavella aurilucens* et *Aplidium punctum*.

Pour les spongiaires, *Amphilectus fucorum* et *Halichondria panicea* sont les plus fréquentes (cf. Figure 45) mais il semble difficile de relier leur présence à un niveau d'état écologique. Par contre, il semblerait qu'une corrélation existe entre l'EQR et la présence d'autres espèces d'éponges. C'est le cas pour l'éponge encroûtante *Hemimycale columella* qui est très fréquemment observée sur le site du Pilier mais qui n'est pas recensée dans les quadrats de l'infralittoral supérieur des autres sites (même constat qu'en 2011). A noter que l'éponge *Hemimycale columella* est néanmoins observée en dehors des quadrats sur certains sites dont la Banche sud, la Pointe de Saint Gildas et Pentchâteau. De même, les éponges calcaires du type *Sycon* sont uniquement observées sur les sites en bon ou très bon état écologique. A l'inverse, on relève la présence de *Haliclona oculata* sur les sites à EQR faibles (à noter que si l'espèce est absente de l'infralittoral supérieur de l'Ile Dumet, elle est abondante dans le circalittoral côtier).

Enfin, le groupe des échinodermes est fortement représenté sur les sites à faible EQR. On remarque en particulier l'abondance de l'étoile de mer *Asterias rubens* sur les sites de Penchâteau, la Pointe Saint Gildas, Baguenaud et l'Ile Dumet. Ce constat avait déjà été établi à partir des données de 2011.

En s'intéressant plus particulièrement aux espèces encroûtantes (cf. Figure 47), on remarque en premier lieu que les éponges dominent. Parmi celles-ci, *Haliclona panicea* est plus abondante sur les sites à EQR moyen à faible tandis que *Haliclona viscosa*, *Hemimycale columella* et *Phorbas plumosus* sont mieux représentées sur les sites en bon ou très bon état écologique.

La représentation spatiale de la composition de la faune encroûtante (cf. Figure 48) met en évidence la faible abondance des espèces encroûtantes sur les sites de l'Ile Dumet et de Bonen. Globalement, on remarque que l'éponge *Amphilectus fucorum* est commune sur le secteur (absente uniquement à Penchâteau). Au sud de la Pointe du Croisic, l'éponge *Haliclona panicea* est fortement représentée sur les sites soumis à l'influence de la Loire (Baguenaud, Penchâteau, la Pointe Saint Gildas et la Banche nord). Le site du Pilier, situé le plus au sud, se démarque par l'abondance de l'éponge *Hemimycale columella* et des Didemnidae.



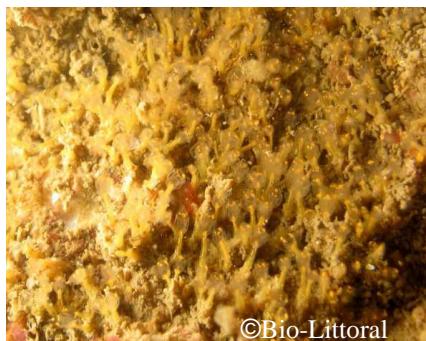
©Bio-Littoral
L'ascidie *Aplidium punctum*



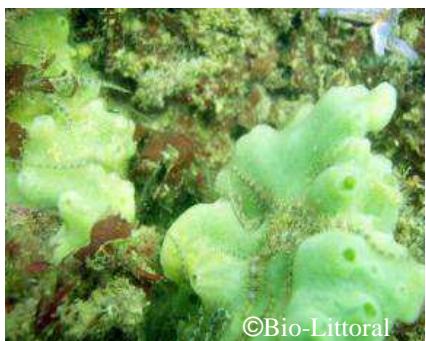
©Bio-Littoral
L'éponge *Amphilectus fucorum*



©Bio-Littoral
L'anthozoaire *Actinothoe sphyrodetata*



©Bio-Littoral
L'ascidie *Pycnoclavella aurilucens*



©Bio-Littoral
L'éponge *Halichondria panicea*



©Bio-Littoral
Le Phoronidien *Phoronis sp.*



©Bio-Littoral
L'échinoderme *Asterias rubens*

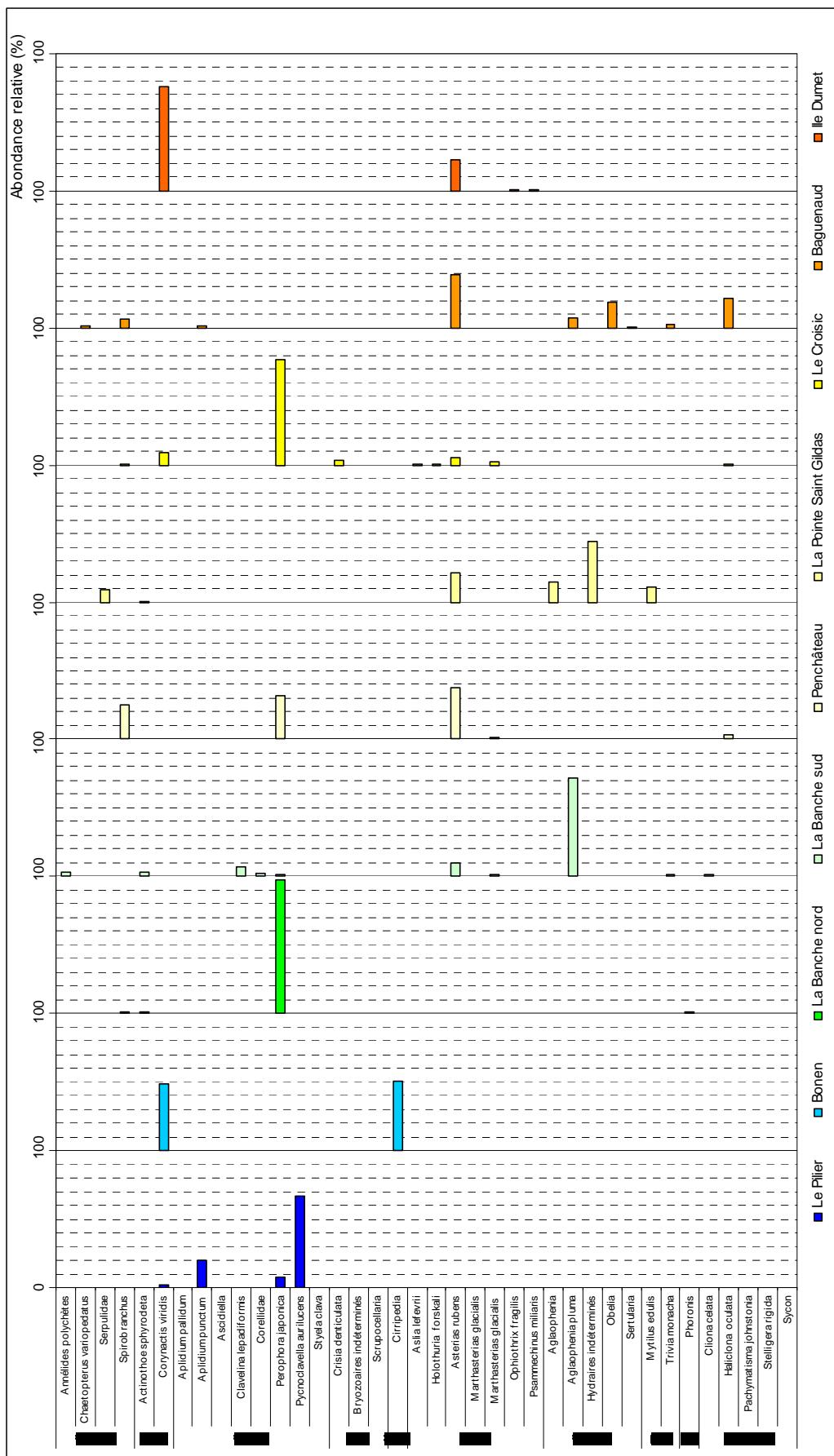


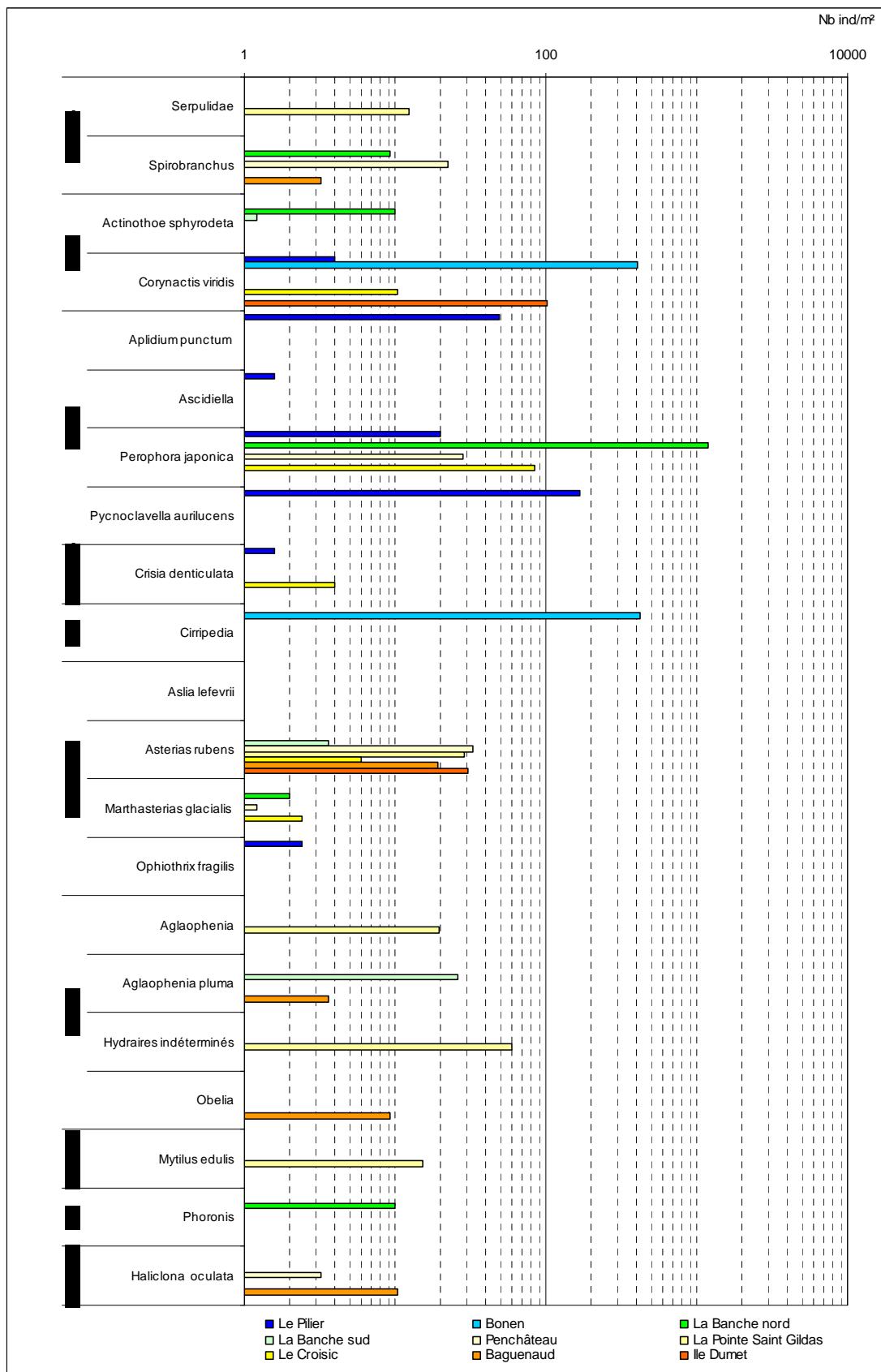
©Bio-Littoral
L'éponge calcaire *Sycon sp.*



©Bio-Littoral
L'éponge *Hemimycale columella*

Planche I : Illustration de la faune fixée présente dans l'infralittoral supérieur


Figure 43 : Infralittoral supérieur : Abondance relative de la faune
(Les sites sont classés par EQR décroissant)
(Antho : Anthozoaires, Bryo : Bryozaires, Crust : Crustacés, Echino : Echinodermes, Moll : Mollusques, Pho : Phonoridiens)


Figure 44 : Infralittoral supérieur : Densité de la faune

Pour des raisons de lisibilité, une échelle logarithmique a été utilisée

Nb : Les taxa pour lesquels moins de 10 individus ont été observés sur l'ensemble du secteur ne sont pas représentés

(Les sites sont classés par EQR décroissant)

(Anthon : Anthozoaires, Crus : Crustacés, Pho : Phoroniens)

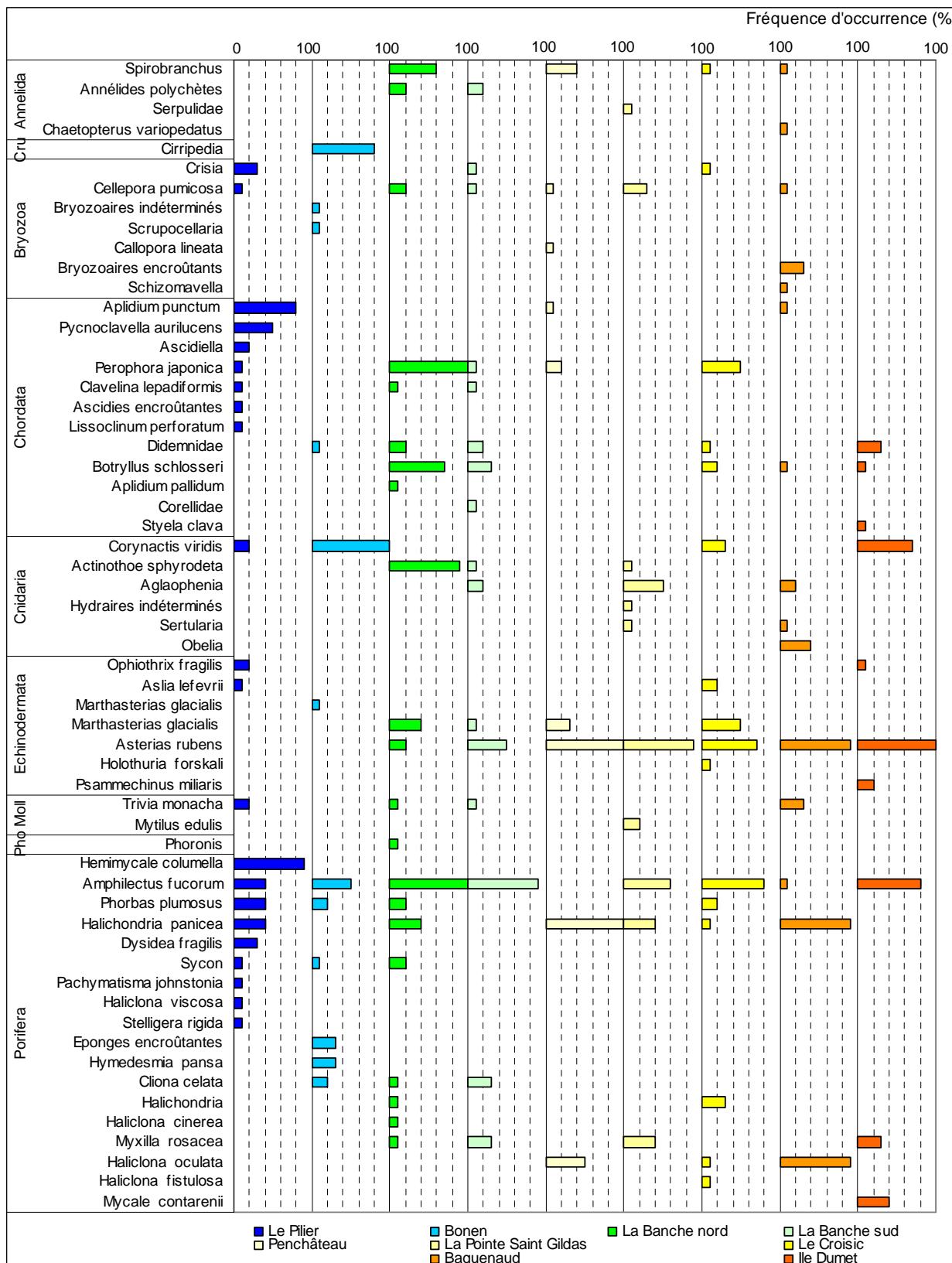


Figure 45 : Infralittoral supérieur : Fréquence occurrence de la faune
(Crustacés, Phoroniens)

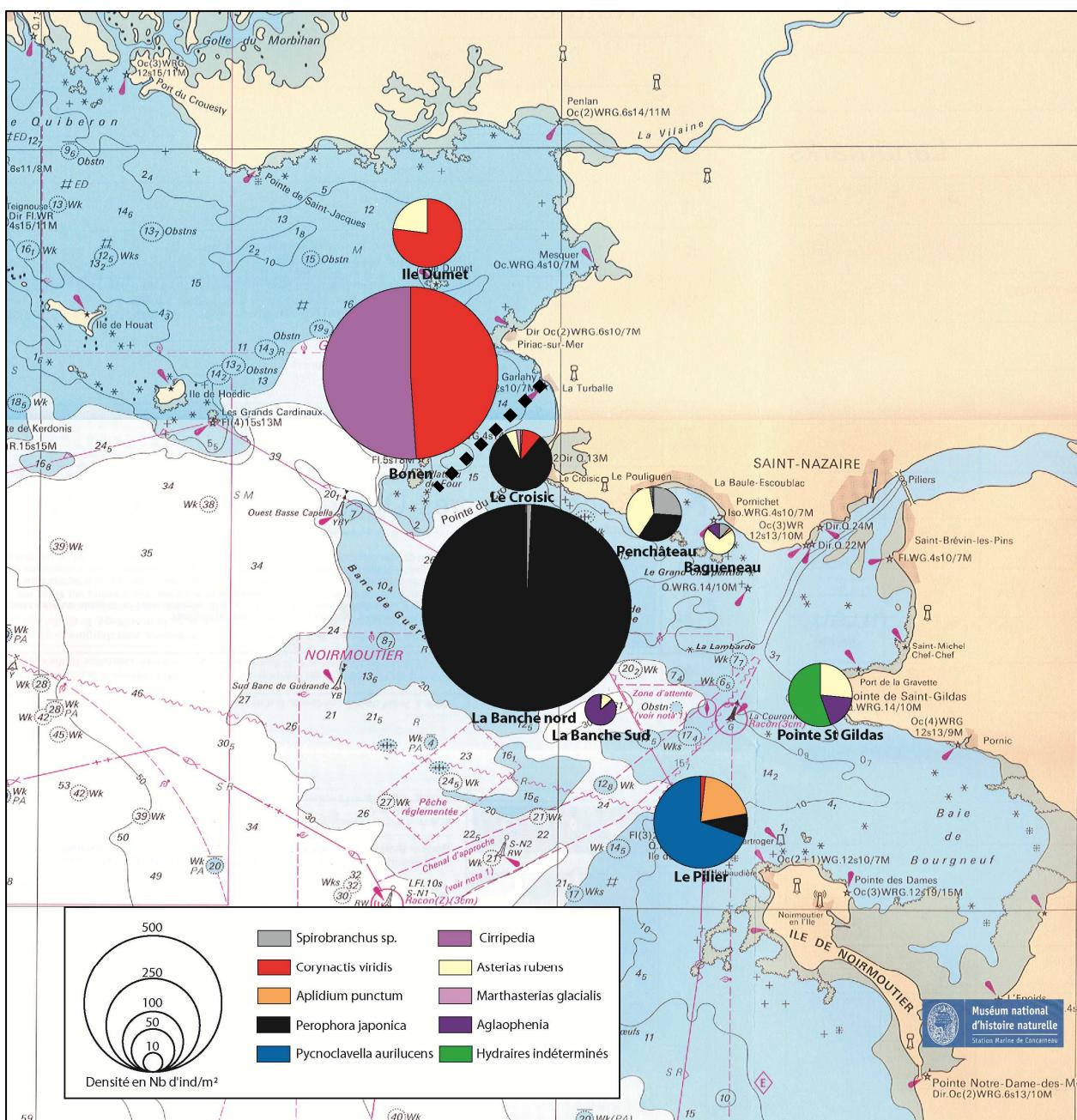


Figure 46 : Infralittoral supérieur : Densité totale et proportion de la faune dressée sur le secteur ELV

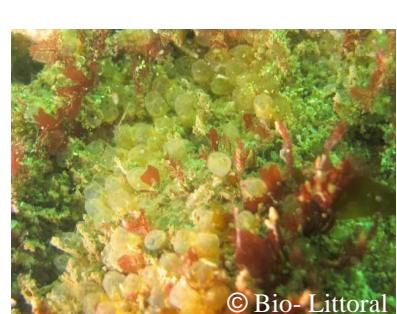
Pour une meilleure lisibilité, les espèces dont les effectifs sur l'ensemble des sites est inférieur à 100 ind et les espèces présentes sur moins de 4 sites ne sont pas représentées (Les amphipodes tubicoles ont également été retirés en raison de leur abondance extrême sur certains sites)



Hydrières du genre Aglaophenia
© A. Le Gal



L'anémone *Corynactis viridis*
© Bio-Littoral



L'ascidie *Perophora japonica*
© Bio-Littoral

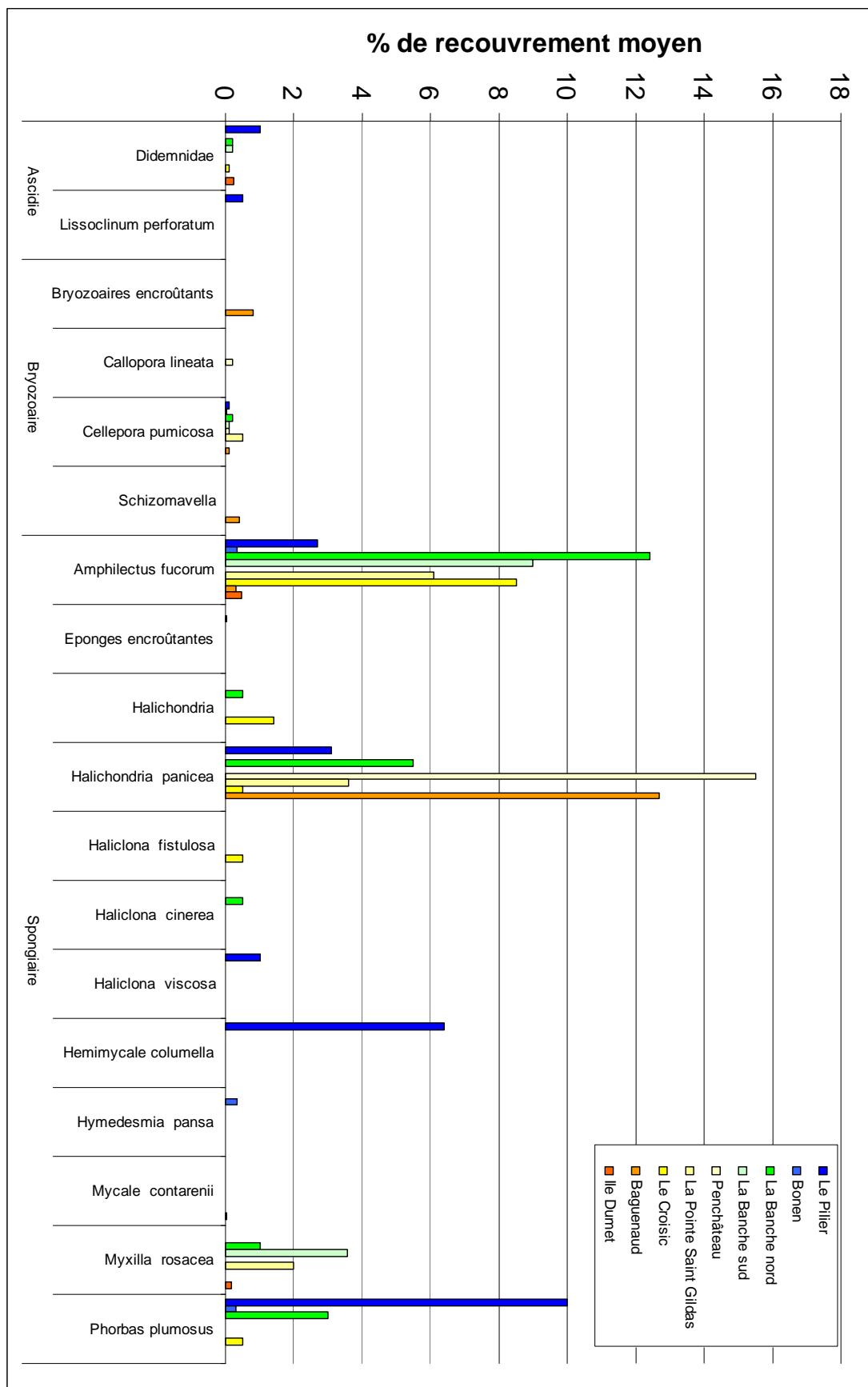


Figure 47 : Infralittoral supérieur : Recouvrement moyen des espèces encroûtantes de la faune
 (Les sites sont classés par EQR décroissant)

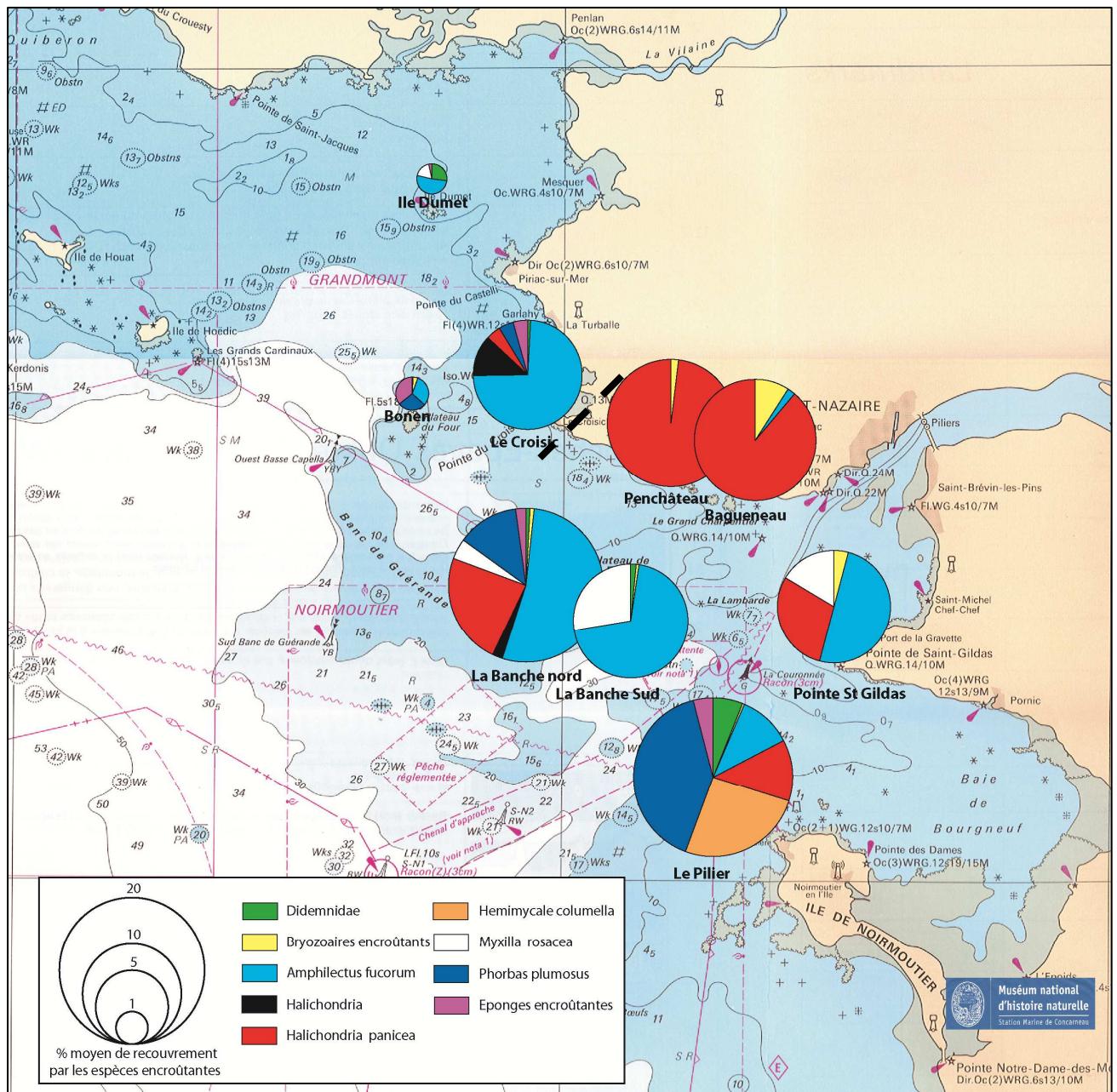


Figure 48 : Infralittoral supérieur : Recouvrement moyen total et proportion de la faune encroûtante sur le secteur ELV

Pour une meilleure lisibilité, certains taxa faiblement représentés sont regroupés dans un groupe taxonomique supérieur (ex : éponges encroûtantes)



© A. Le Gal
L'éponge *Phorbas plumosus*

b) Bathymétrie -8m C.M.

Cette bathymétrie a été étudiée sur les 3 sites suivants : Bonen, la Banche sud et le site du Croisic. Sur le site de l'Ile Dumet, la bathymétrie -8m C.M. se situe dans un tombant et n'est donc pas quantitativement échantillonnée. Cette bathymétrie se situe dans la ceinture à laminaires denses (infralittoral supérieur) sur le site de Bonen tandis que pour les sites de la Banche sud et du Croisic, elle se trouve dans le circalittoral côtier.

La Figure 49 représente l'abondance relative de la faune. Cette analyse permet d'identifier les espèces dominantes au sein des sites. La Figure 50 représente la densité des différentes espèces (en nb d'individus par m²) et permet de comparer l'abondance des espèces entre les sites. Enfin, la Figure 51 illustre la fréquence d'occurrence des espèces au sein des quadrats et donc leur récurrence (on ne visualise pas l'abondance des espèces mais plutôt l'homogénéité de leur répartition spatiale au sein d'une même ceinture).

Concernant la faune « dressée » (et/ou dénombrable), l'analyse de la Figure 49 et de la Figure 50 indique que quelques espèces seulement constituent l'essentiel des effectifs. Ainsi sur le site de Bonen, L'anémone *Corynactis viridis* domine largement accompagnée de balanes et de quelques *Aglaophenia kirchenpaueri*. Sur le site de la Banche sud, les ascidies *Stolonica socialis* et *Pycnoclavella aurilucens* représentent à elles seules près de 93% des effectifs. Enfin sur le site du Croisic, ce sont l'annélide *Spirobranchus sp.*, les anthozoaires *Alcyonium digitatum* et *Corynactis viridis*, l'ascidie *Stolonica socialis* et les balanes qui constituent la majeure partie de la faune.

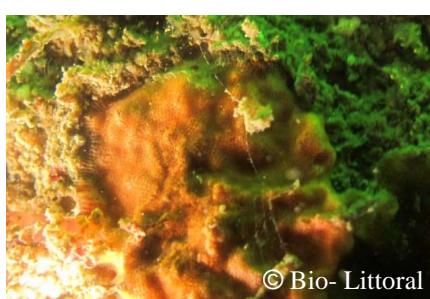
L'analyse de la fréquence d'occurrence (cf. Figure 51) permet de faire ressortir quelques espèces peu abondantes (ou non dénombrables) mais spatialement communes. Ainsi, sur le site de Bonen, les espèces les plus communes sont l'anthozoaire *Corynactis viridis* mais aussi l'éponge *Cliona celata* et le bryozoaire *Scruppocellaria sp.*. Concernant le site de la Banche sud, les espèces les plus fréquentes sont les bryozoaires *Cellepora pumicosa* et *Schizomavella sp.*, l'anthozoaire *Actinothoe sphyrodeteta*, l'échinoderme *Marthasterias glacialis* et l'éponge *Amphilectus fucorum*.

Enfin, au Croisic, les anthozoaires *Alcyonium digitatum*, *Corynactis viridis* et *Eunicella verrucosa*, l'ascidie *Stolonica socialis*, et les éponges *Haliclona oculata*, *Raspailia hispida* et *Stelligera rigida* sont communément observées.

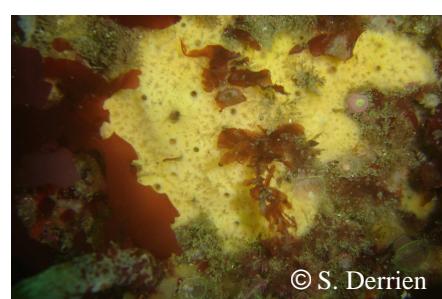
Au -8m C.M., les espèces encroûtantes sont faiblement représentées (en particulier à Bonen) et ce malgré le fait que cette bathymétrie se situe dans le circalittoral côtier au niveau de la Banche sud et du Croisic. Sur ces deux derniers sites, ce sont le bryozoaire *Schizomavella sp.* et les éponges *Amphilectus fucorum* et *Myxilla rosacea* qui composent l'essentiel de la strate encroûtante.



Un hydraire du genre
Aglaophenia



Un Bryozoaire encroûtant,
probablement du genre *Schizomavella*



L'éponge encroûtante *Myxilla rosacea*

Planche II : Illustration de la faune fixée présente à la bathymétrie -8m C.M.

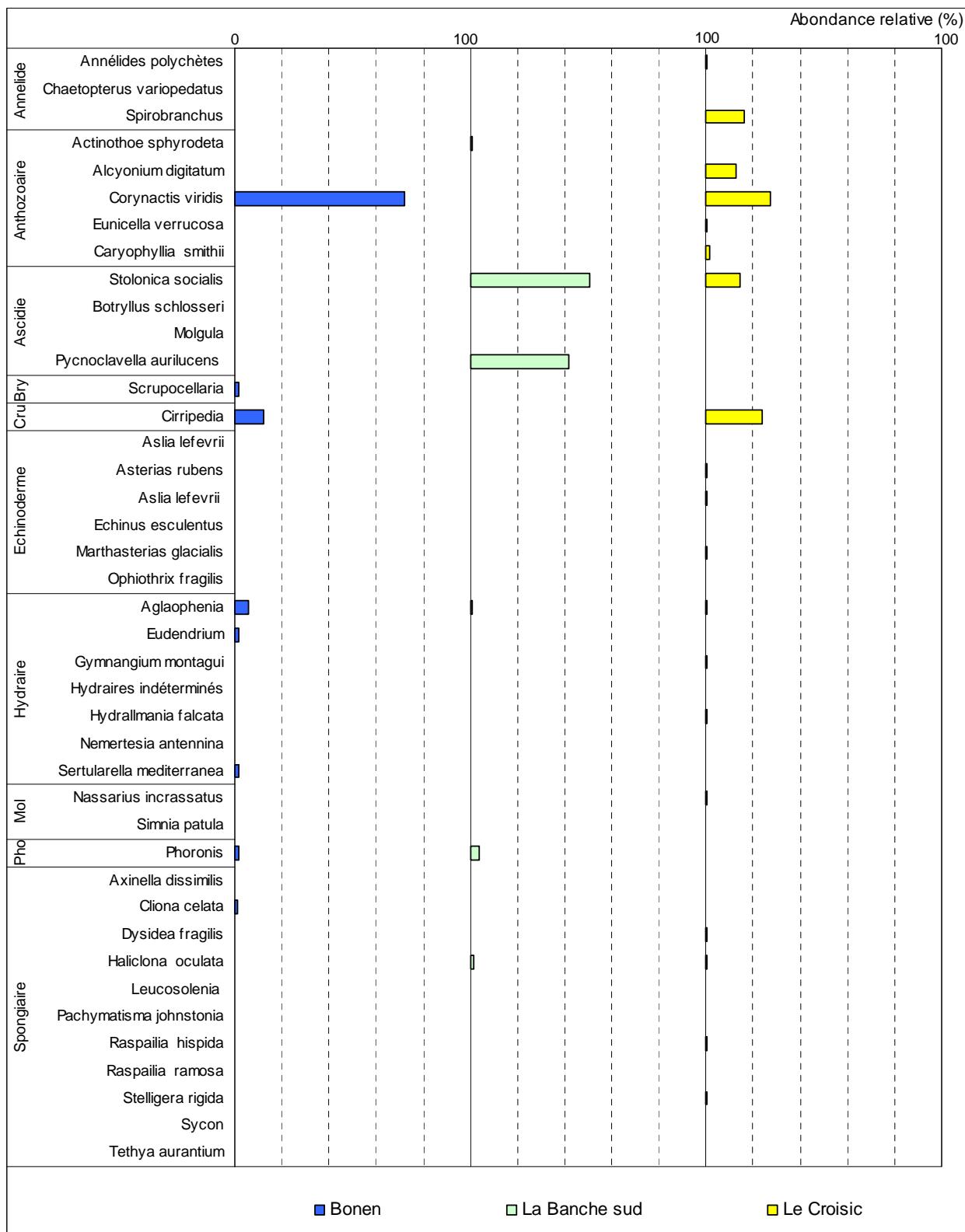


Figure 49 : -8m C.M. : Abondance relative de la faune sur les sites de Bonen, la Banche sud et le Croisic
 (Cru : Crustacés, Bry : Bryozoaires, Mol : Mollusques, Pho : Phonoridiens)

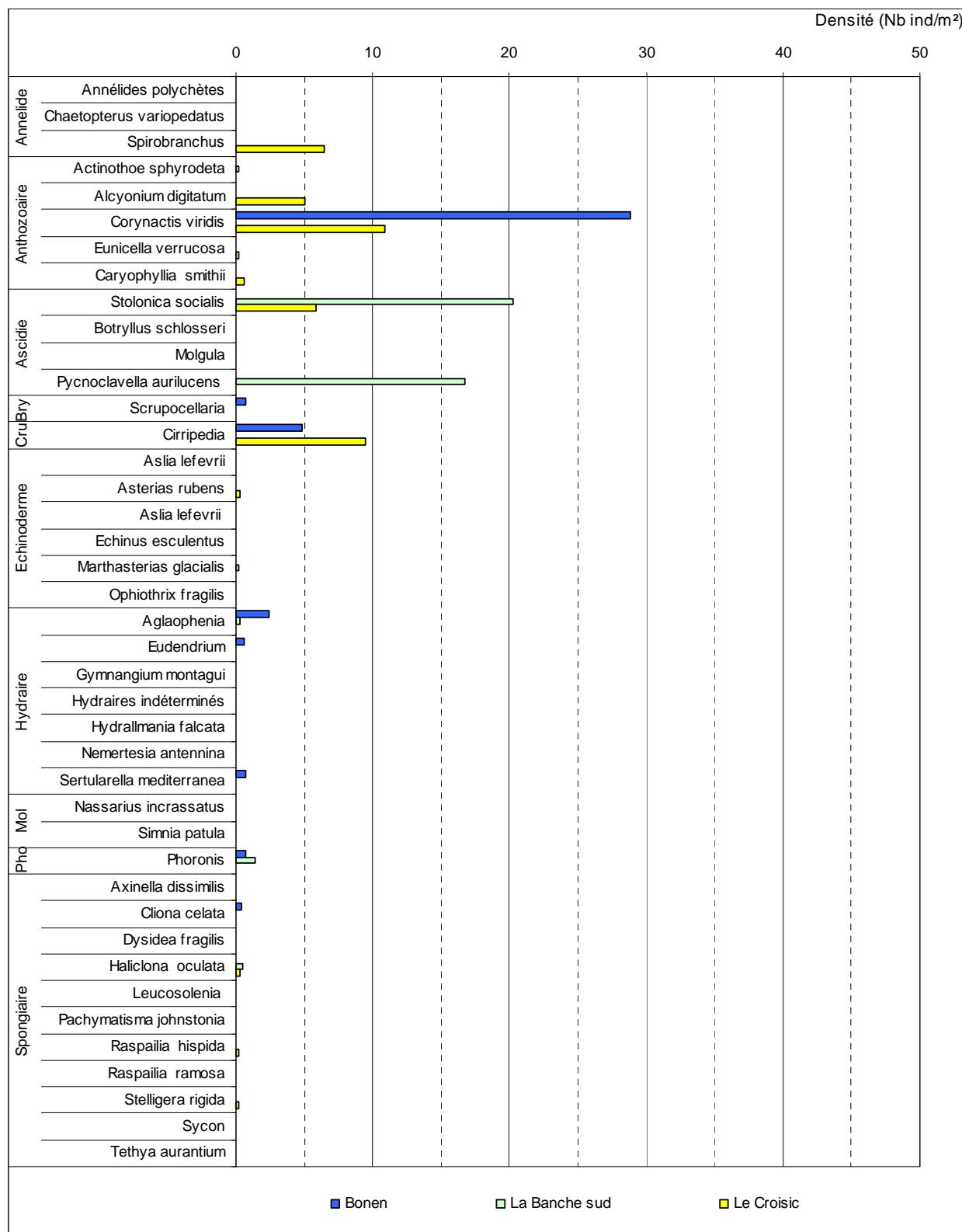
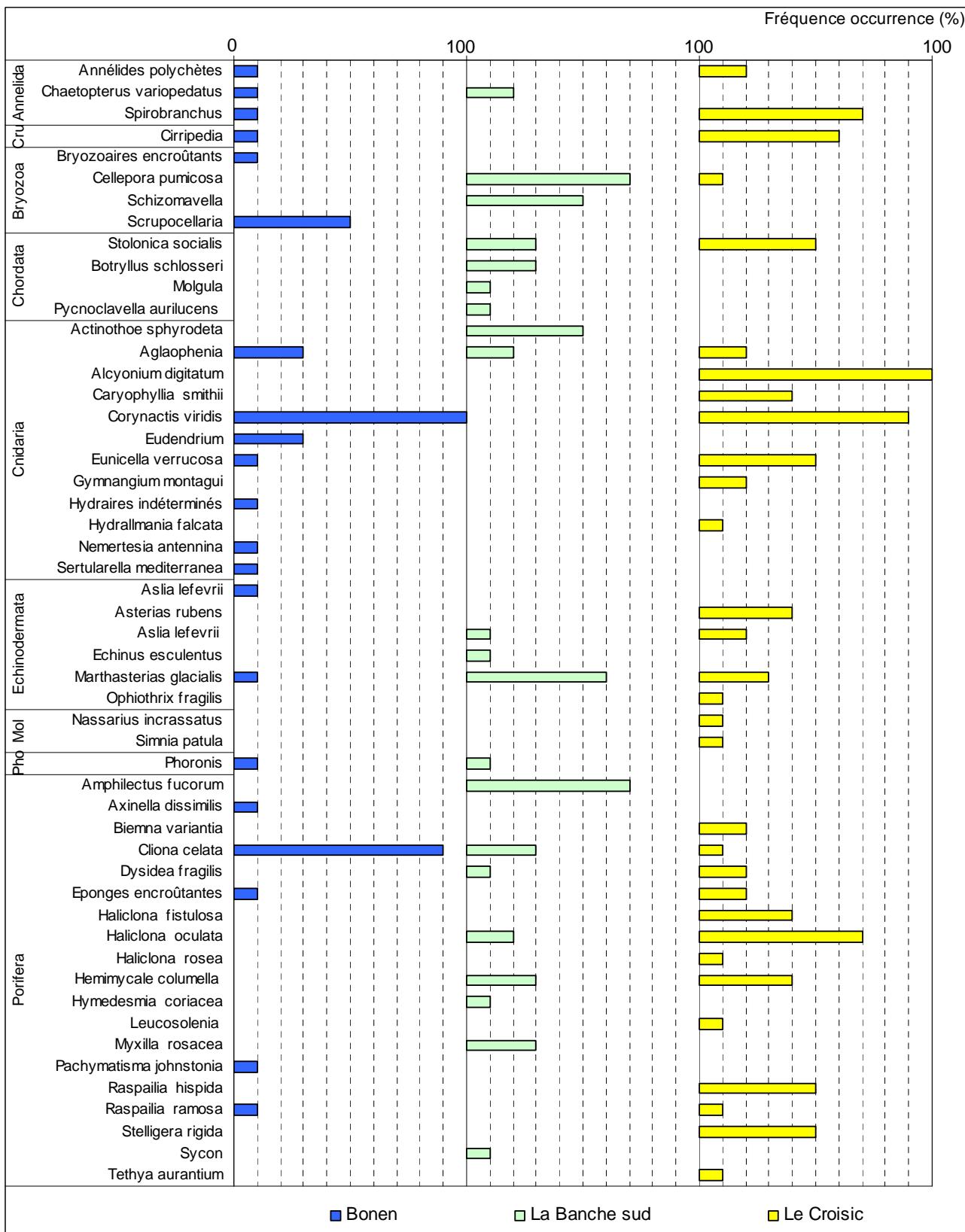


Figure 50 : -8m C.M. : Densité de la faune sur les sites de Bonen, la Banche sud et le Croisic
 (Cru : Crustacés, Bry : Bryozoaires, Mol : Mollusques, Pho : Phonoridiens)



**Figure 51 : -8m C.M. : Fréquence d'occurrence de la faune sur les sites de Bonen, la Banche sud et le Croisic
(Cru : Crustacés, Bryo : Bryozoaires, Mol : Mollusques, Pho : Phonoridiens)**

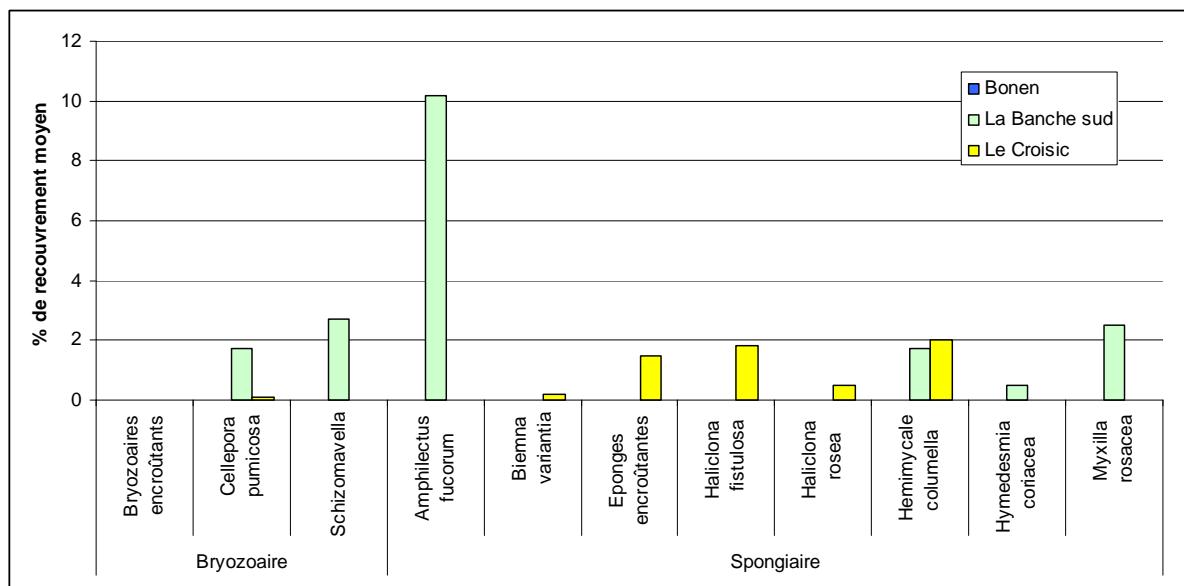


Figure 52 : -8m C.M. : Recouvrement moyen de la faune encroûtante sur les sites de Bonen, la Banche sud et le Croisic

c) Bathymétrie -13m C.M.

Cette bathymétrie n'est représentée que sur les sites de Bonen du Four et Goué Vas. A Goué Vas, elle se situe dans l'infralittoral supérieur alors qu'à Bonen, elle se trouve dans l'infralittoral inférieur. Cependant, le suivi de la sous strate (faune et flore) sur quadrat n'est plus réalisé depuis 2012.

La Figure 53 représente l'abondance relative de la faune. Cette analyse permet d'identifier les espèces dominantes. La Figure 54 représente la densité des différentes espèces (en nb d'individus par m²). Enfin, la Figure 55 illustre la fréquence d'occurrence des espèces au sein des quadrats et donc leur récurrence (on ne visualise pas l'abondance des espèces mais plutôt l'homogénéité de leur répartition spatiale au sein d'une même ceinture). Les espèces encroûtantes étant extrêmement peu représentées (recouvrement moyen <1%), nous n'avons pas jugé pertinent de les représenter dans un graphique à part. La Figure 53 et la Figure 54 soulignent l'abondance des anthozoaires *Corynactis viridis* et *Alcyonium digitatum* et des hydriaires *Aglaophenia kirchenpaueri* et *Sertularella mediterranea* qui représentent à elles seules plus de 93% des espèces animales dénombrables du -13m C.M. à Bonen.

Selon la Figure 55, les espèces les plus communément observées sont les anthozoaires *Corynactis viridis* et *Alcyonium digitatum*, l'éponge *Cliona celata* et les hydriaires *Aglaophenia kirchenpaueri* et *Haleciunum halecinum*.



© R. Derrien

Les anthozoaires *Corynactis viridis* et *Alcyonium digitatum* sont abondants



© R. Derrien

L'éponge *Cliona celata* accompagnée d'annélides *Bispira volutacornis*

Planche III : Illustration de la faune fixée présente à la bathymétrie -13m C.M.

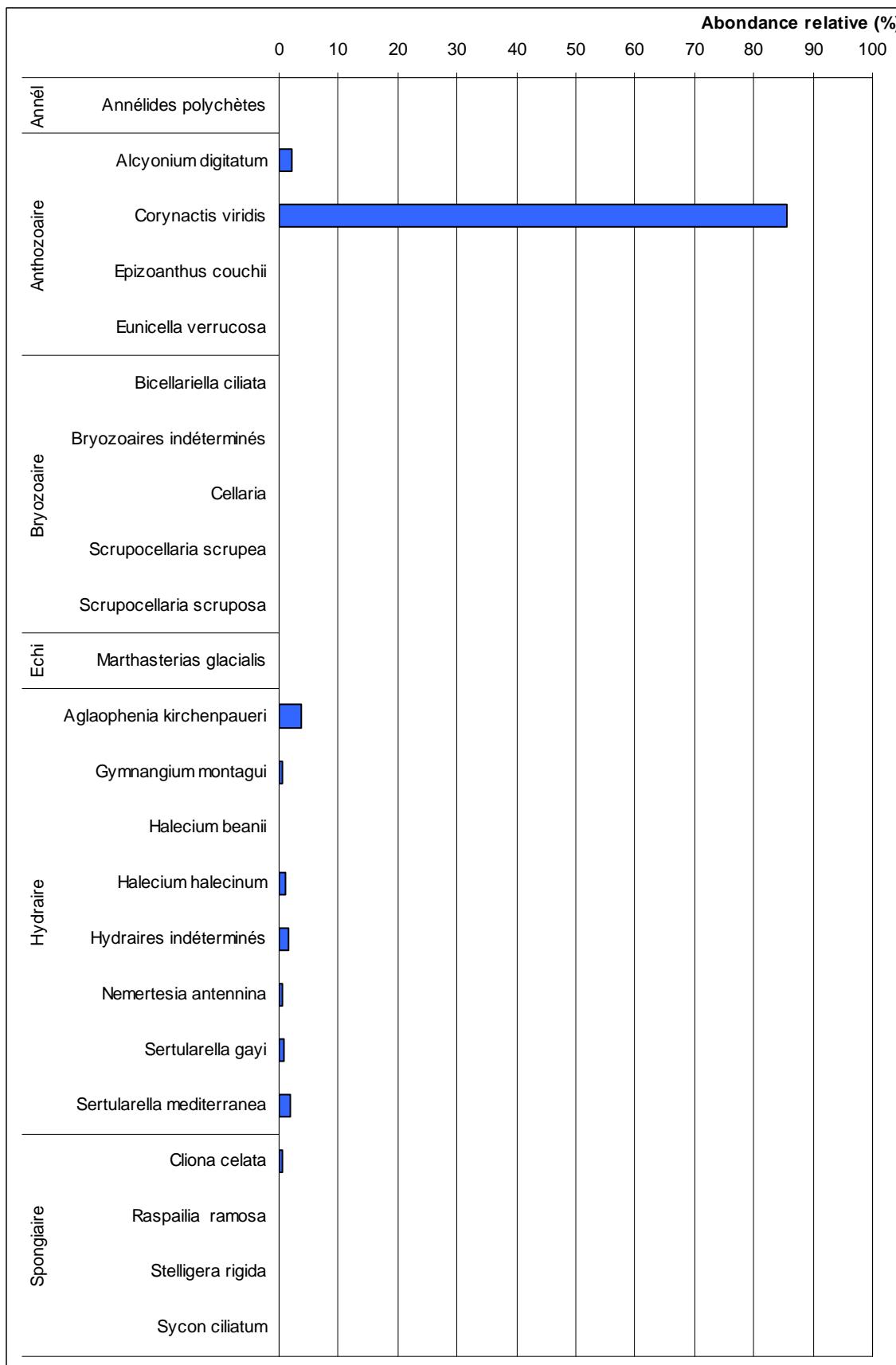
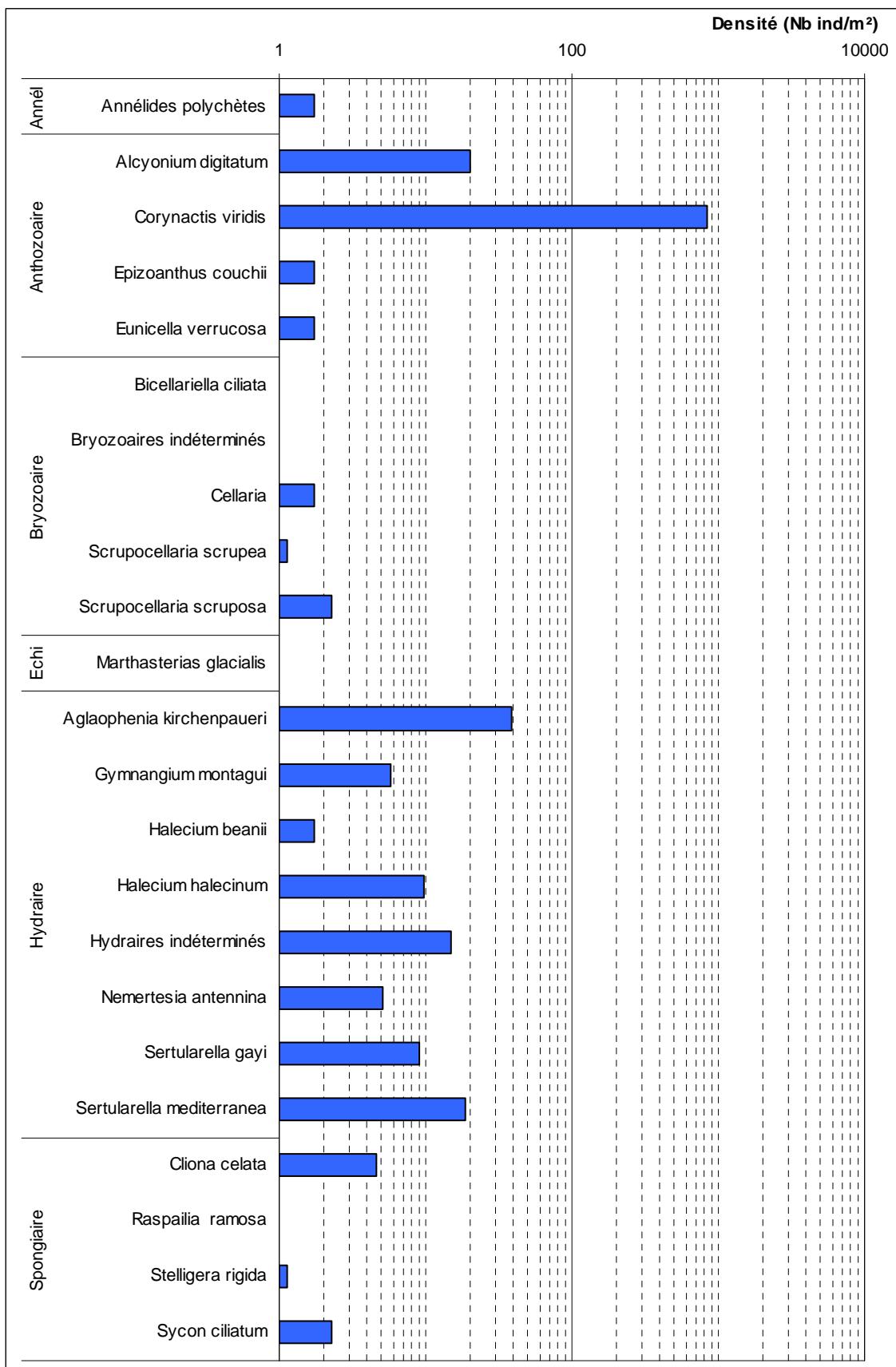


Figure 53 : -13m C.M. : Abondance relative de la faune sur le site de Bonen
 (Annél : Annélides et Echi : Echinodermes)


Figure 54 : -13m C.M. : Densité de la faune sur le site de Bonen

(Annél : Annélides et Echi : Echinodermes)
 Une échelle logarithmique a été utilisée pour améliorer la lisibilité

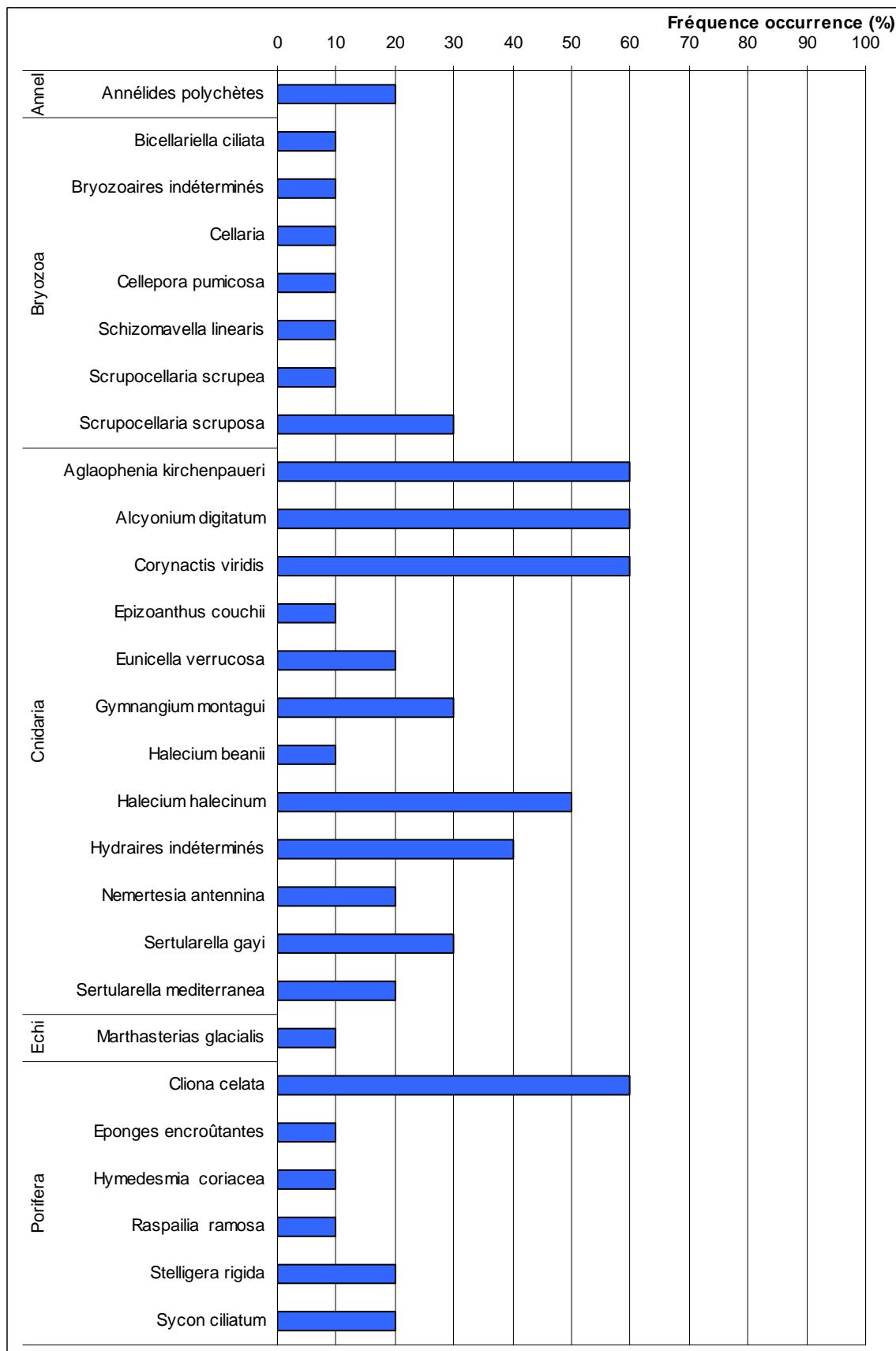


Figure 55 : -13m C.M. : Densité de la faune sur le site de Bonen
 (Annél : Annélides et Echi : Echinodermes)

d) Circalittoral côtier

La Figure 56 présente l'abondance relative de la faune. Cette analyse permet d'identifier les espèces dominantes au sein des sites. La Figure 57 présente la densité des différentes espèces (en nb d'individus par m²) et permet de comparer l'abondance des espèces entre les sites. Enfin, la Figure 58 illustre la fréquence d'occurrence des espèces au sein des quadrats et donc leur récurrence (on ne visualise pas l'abondance des espèces mais plutôt l'homogénéité de leur répartition spatiale au sein d'une même ceinture).

Concernant la faune « dressée » (et/ou dénombrable), l'analyse de l'ensemble de ces figures souligne en premier lieu l'abondance des amphipodes tubicoles à Baguenaud. Le pourcentage de roche colonisée est bien inférieur à ce qui était observé en 2011 pour ce site (jusqu'à 90% contre 6% en 2012).

Au niveau des annélides, on remarque l'abondance du genre *Spirobranchus* sur les sites étant classés en catégorie moyen ou médiocre.

Parmi les anthozoaires, l'anémone *Corynactis viridis* est très abondante sur les sites de Bonen et du Croisic. L'alcyon *Alcyonium digitatum* est fortement représenté à Bonen, au Croisic, à Penchâteau et Baguenaud. Enfin, on remarque l'abondance des gorgones *Eunicella verrucosa* et de *Balanophyllia regia* sur le site de l'Ile Dumet.

Concernant les ascidies, *Stolonica socialis* est abondante à la Banche sud, au Croisic et à l'Ile Dumet. *Pycnoclavella aurilucens* est fortement représentée à la Banche sud et à la Pointe Saint Gildas. Enfin, l'espèce introduite *Perophora japonica* explose à Penchâteau.

Globalement, les bryozoaires sont abondants sur le site de l'Ile Dumet.

Le site de Bonen se différencie des autres sites par la forte densité de plusieurs espèces d'hydriades.

Parmi les spongiaires, certaines espèces telles que *Cliona celata* sont plus abondantes sur les sites en bon ou très bon état tandis que d'autres espèces telles que *Stelligera rigida*, *Raspailia hispida* et *Raspailia ramosa* sont plus nombreuses sur les sites en état moyen ou médiocre.

La Figure 58 permet de dresser quelques constats complémentaires. On remarque ainsi que l'éponge *Haliclona oculata* est fréquente sur les sites en état moyen et médiocre mais totalement absente sur un site en très bon état tel que Bonen. C'est le cas également des éponges du genre *Raspailia*. Enfin, on note la présence de l'éponge *Homaxinella subdola* qui affectionne les sites sous influence vaseuse, et que l'on trouve sur le site de la Pointe Saint Gildas.

La représentation spatiale des espèces communes et abondantes (*Cf. Figure 59*) souligne l'abondance de *Pycnoclavella aurilucens* sur les sites situés au sud de la pointe du Croisic (hormis à Baguenaud). On remarque également que l'annélide *Spirobranchus sp.* est bien présent sur les sites côtiers situés au nord de l'estuaire de la Loire. De même, l'anthozoaire *Alcyonium digitatum* est recensé sur les sites au nord ouest de l'estuaire de la Loire mais est absent des sites situés plus au sud (La Banche sud et la Pointe Saint Gildas) ainsi que du site de l'Ile Dumet, sans doute trop envasé.

Concernant la faune encroûtante (cf. Figure 60), celle-ci est essentiellement composée d'éponges et de quelques bryozoaires. Parmi ces derniers, on remarque que le genre *Cellepora* est présent sur l'ensemble des sites avec une abondance plus marquée sur le site de l'Ile Dumet.

Concernant les spongiaires, les espèces les mieux représentées sont *Amphilectus fucorum* et *Myxilla rosacea* sur les sites en bon ou moyen état ainsi que *Eurypon clavatum* et *Halicnemia patera* sur l'Ile Dumet.

La Figure 61 montre une forte hétérogénéité dans la composition de la faune encroûtante selon les sites.

L'éponge *Suberite*L'ascidie *Stolonica socialis*
accompagnée d'anthozoaires
Actinothoe sphyrodetataLes anthozoaires *Corynactis*
viridis et *Alcyonium digitatum*

© Bio-Littoral

Une éponge du genre *Stelligera*

© A. Le Gal

L'éponge *Homaxinella subdola*L'annelide *Spirobranchus sp.*

© Bio-Littoral

Les anthozoaires *Eunicella*
verrucosa et *Alcyonium digitatum*

© R. Derrien

L'éponge encroûtante
Amphilectus fucorum

© Bio-Littoral

L'ascidie *Perophora japonica*

Planche IV : Illustration de la faune fixée présente dans le circalittoral côtier
(Les photos ne sont pas toujours prises sur les sites de suivi ELV)

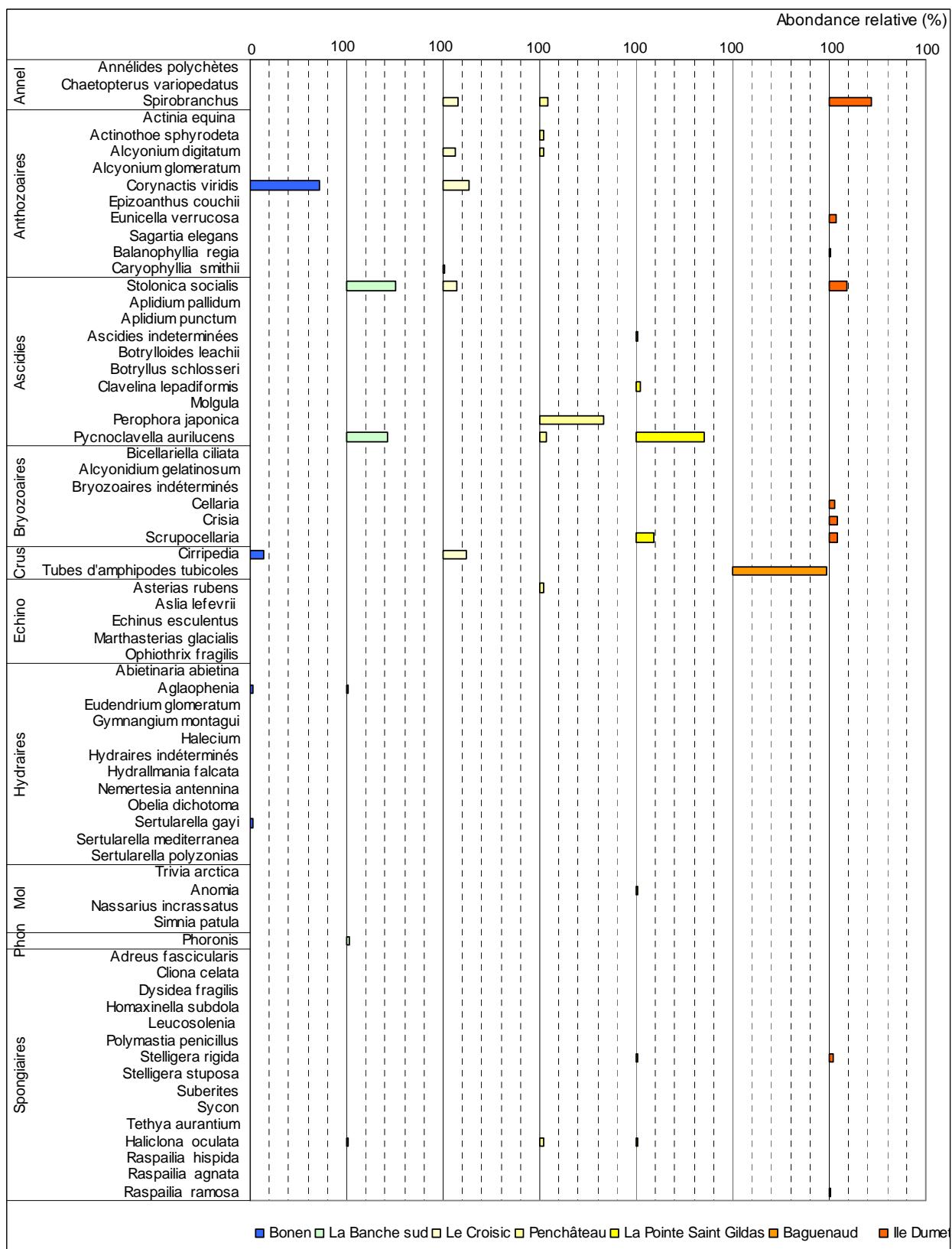
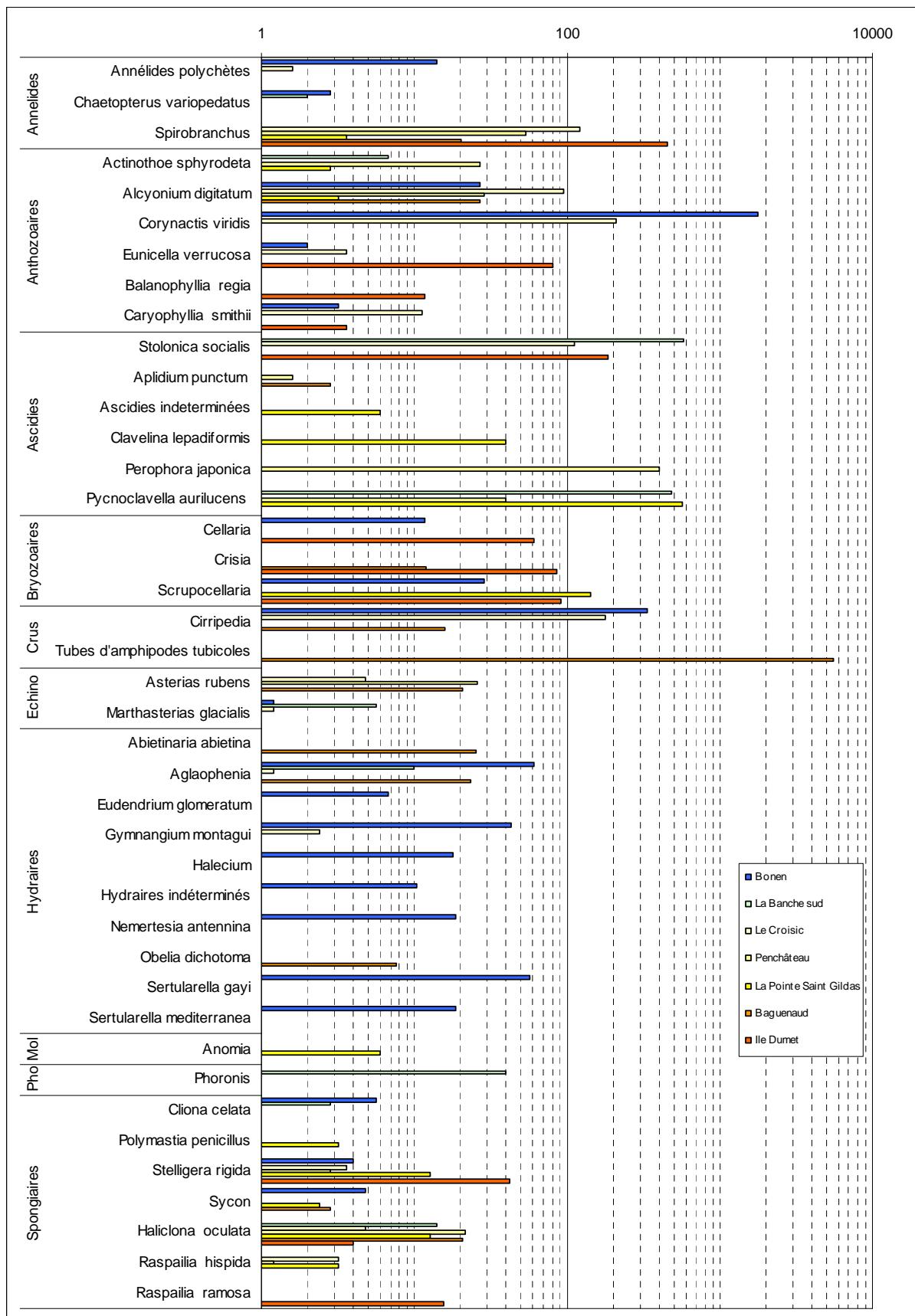


Figure 56 : Circalittoral côtier : Abondance relative de la faune
 (Annél : Annélides, Crus : Crustacés, Echino : Echinodermes, Mol : Mollusques, Pho : Phoronidiens)
 (Les sites sont classés par EQR décroissant)


Figure 57 : Circalittoral côtier : Densité de la faune

Pour des raisons de lisibilité, une échelle logarithmique a été utilisée

Nb : Les taxa pour lesquels moins de 10 individus ont été observés sur l'ensemble du secteur ne sont pas représentés

(Crus : Crustacés, Echino : Echinodermes, Mol : Mollusques, Pho : Phoronidiens)

(Les sites sont classés par EQR décroissant)

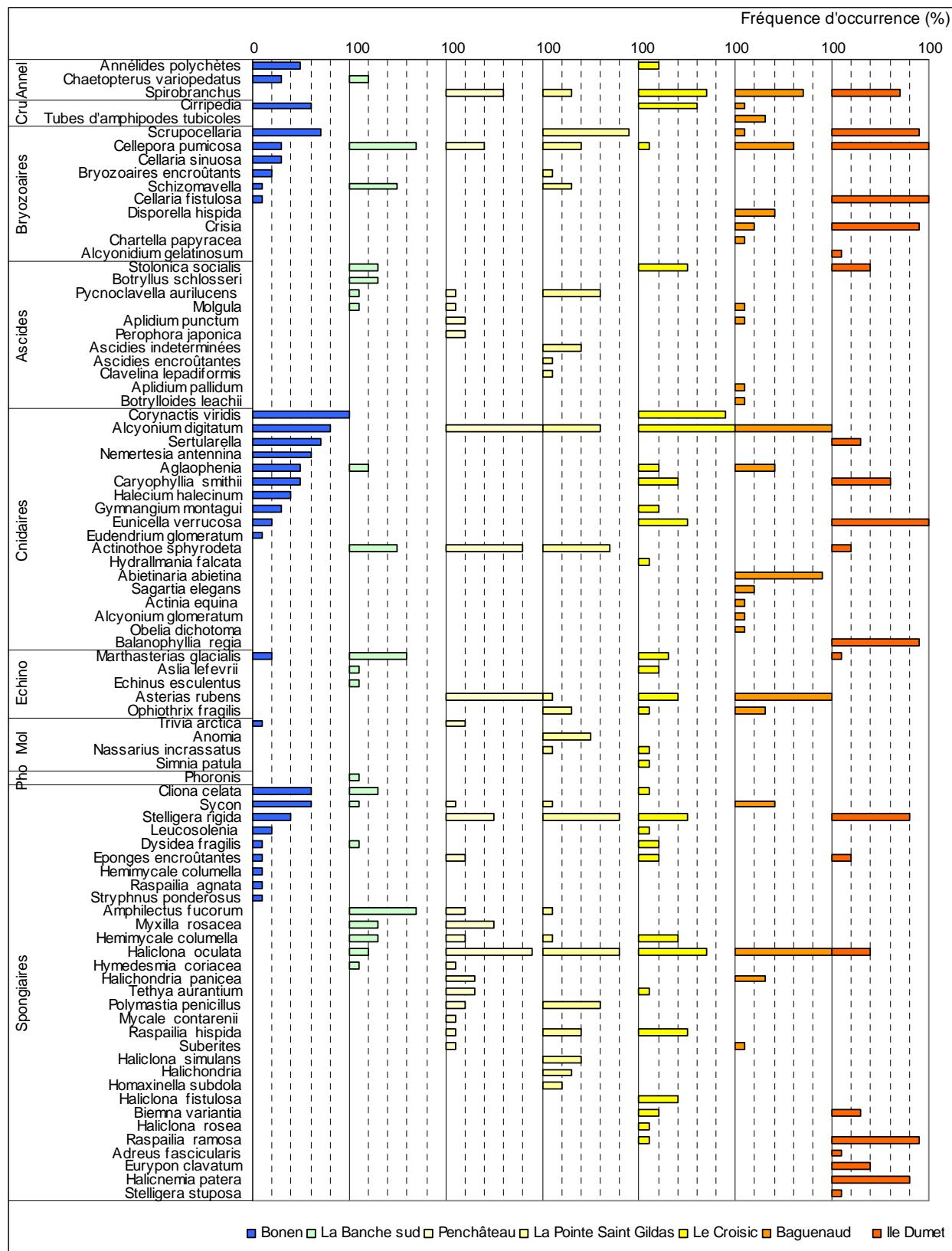


Figure 58 : Circalittoral côtier : Fréquence occurrence de la faune
 (Annél : Annélides, Cru : Crustacés, Echino : Echinodermes, Mol : Mollusques, Pho : Phoronidiens)
 (Les sites sont classés par EQR décroissant)

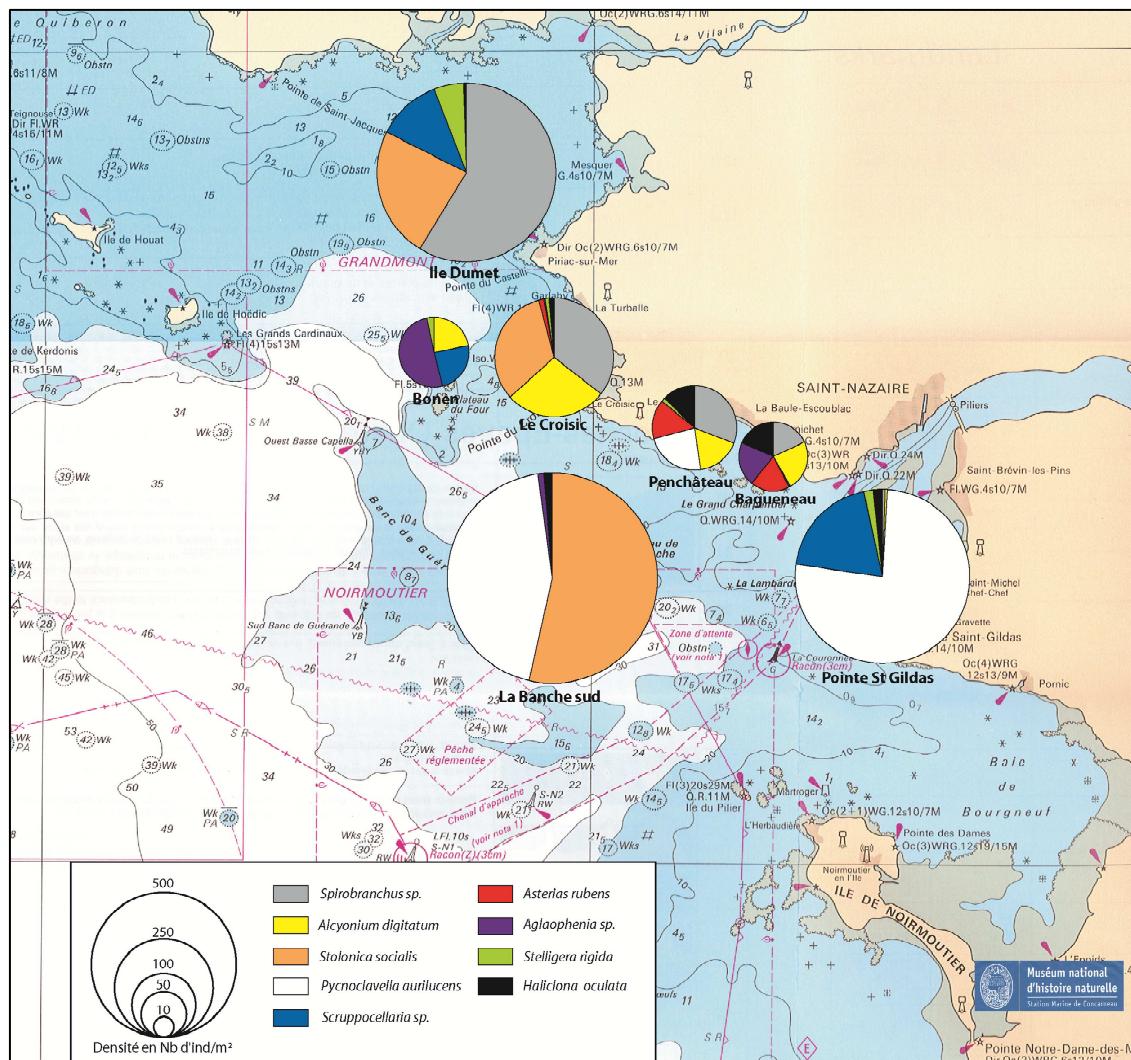


Figure 59 : Circalittoral côtier : Densité totale et proportion de la faune dressée sur le secteur ELV

Pour une meilleure lisibilité, les espèces dont les effectifs sur l'ensemble des sites est inférieur à 100 ind et les espèces présentes sur moins de 3 sites ne sont pas représentées (Les amphipodes tubicoles ont également été retirés en raison de leur abondance extrême sur le site de Baguenaud)

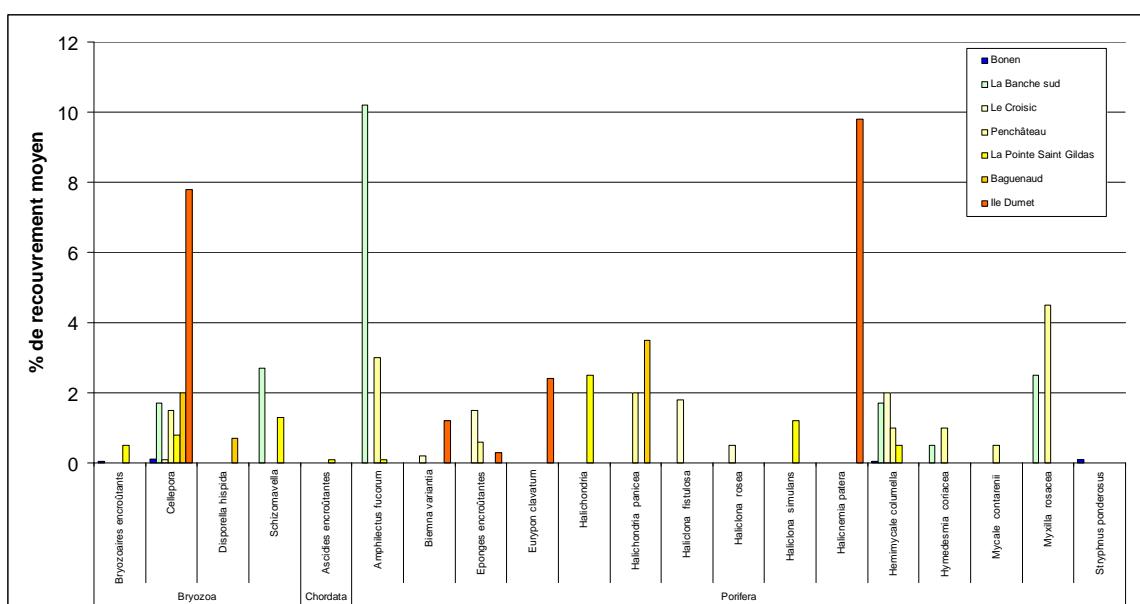


Figure 60 : Infralittoral supérieur : Recouvrement moyen des espèces encroûtantes de la faune

(Les sites sont classés par EQR décroissant)

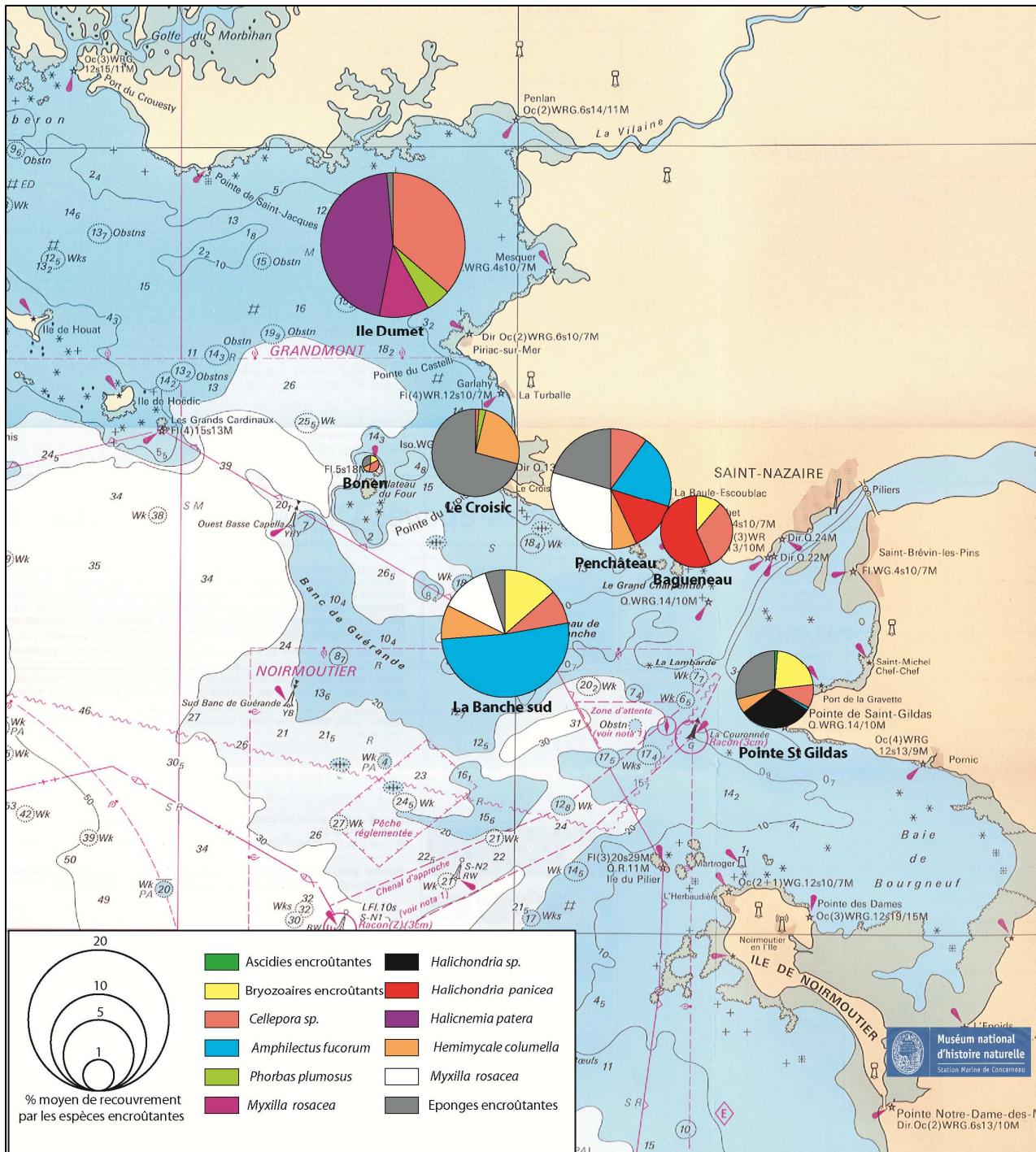


Figure 61 : Circalittoral côtier : Recouvrement moyen total et proportion de la faune encroûtante sur le secteur ELV

Pour une meilleure lisibilité, certains taxa faiblement représentés sont regroupés dans un groupe taxonomique supérieur (ex : autres éponges encroûtantes)

3.2.3 Diversité spécifique

La Figure 62 présente la diversité spécifique de l'infra-littoral supérieur recensée sur 10 quadrats. On note que la flore est nettement plus diversifiée que la faune hormis sur les sites du Pilier et des deux sites de la Banche. Le nombre de taxon oscille entre 17 et 27 pour la flore et 9 et 22 pour la faune. On remarque que les bons résultats en termes d'EQR ne sont pas pour autant synonyme d'une forte diversité spécifique, ce que nous avions déjà constaté dans le cadre des suivis Rebent et DCE, en Bretagne.

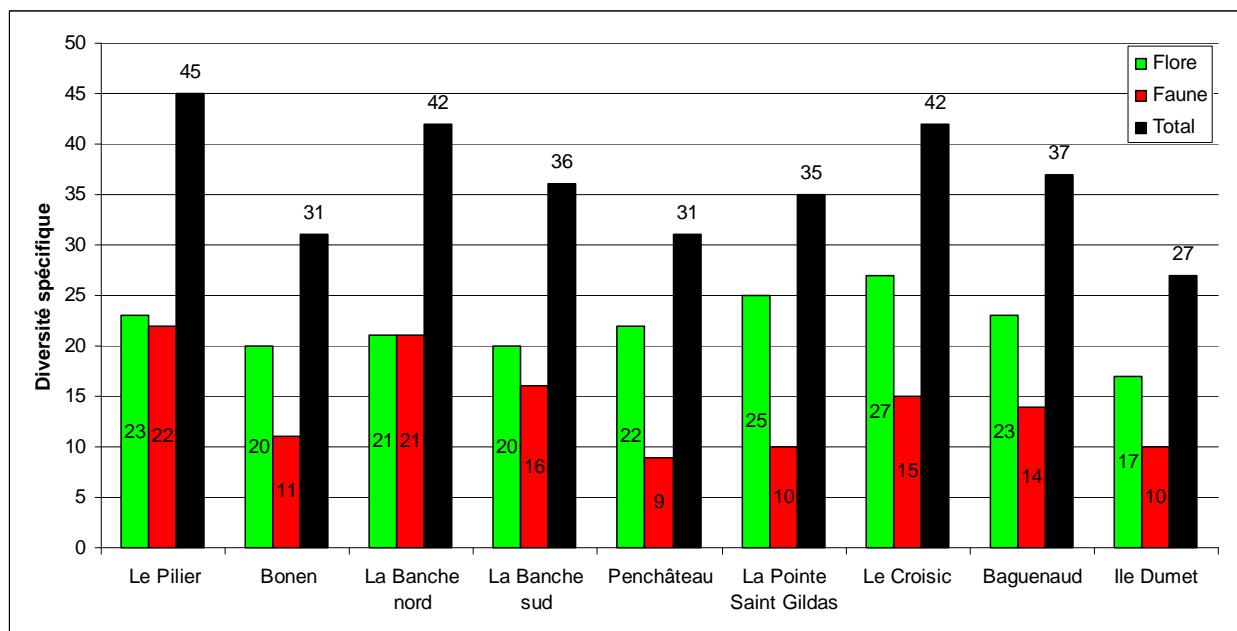


Figure 62 : Infralittoral supérieur : Diversité spécifique

La Figure 63 représente la diversité spécifique du circalittoral côtier recensée sur 10 quadrats. Le nombre de taxa varie assez peu (contrairement à 2011) en étant compris entre 21 taxa à la Banche sud et à l'Ile Dumet et 30 sur les sites de Bonen et du Croisic.

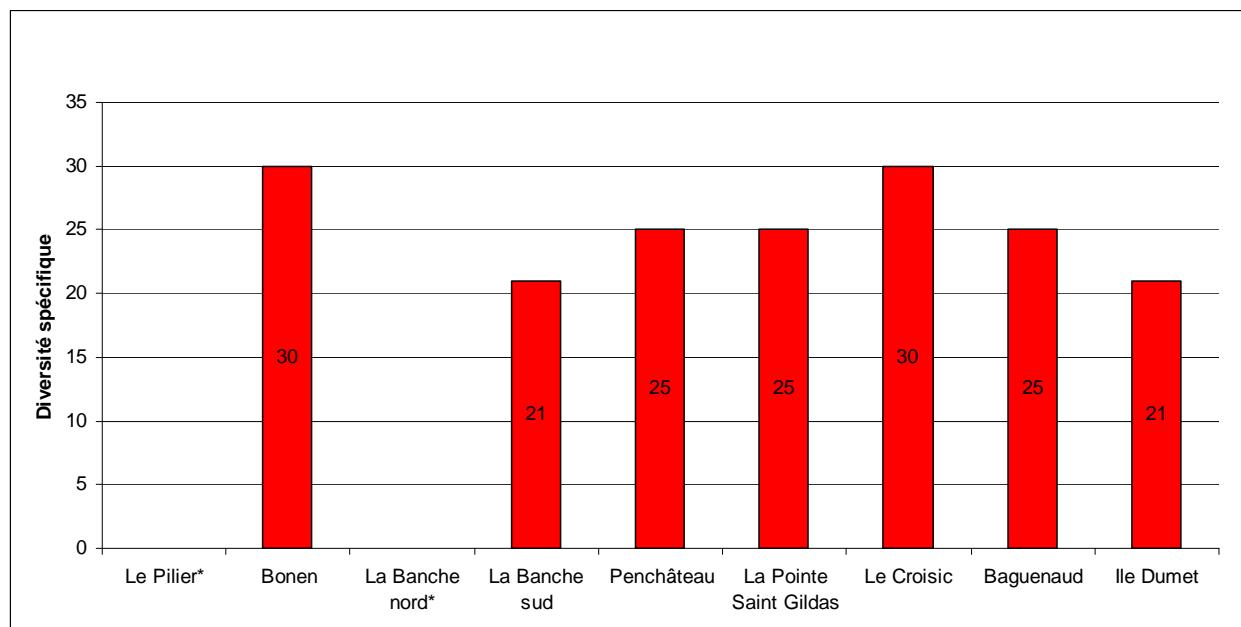


Figure 63 : Circalittoral côtier : Diversité spécifique

* : sites où le circalittoral côtier est absent

3.2.4 Evolution de la turbidité entre 2011 et 2012

Dans ce chapitre, nous étudions les causes potentielles des évolutions observées entre 2011 et 2012. L'analyse hydrologique (Barillé et Derrien-Courtel, 2010) montre deux systèmes indépendants : un secteur nord sous influence de la Vilaine et un secteur sud sous influence de la Loire. Le site du Croisic se situe à la confluence des deux panaches Loire et Vilaine selon le régime des vents. La turbidité dans ces deux secteurs est liée en grande partie au débit des fleuves et donc à la pluviométrie sur les bassins versants, mais des activités anthropiques peuvent également y contribuer.

a) En baie de Vilaine

La turbidité dans la baie de la Vilaine est principalement soumise à la gestion du barrage d'Arzal et à l'érosion des vasières exhaussées par les vagues durant des périodes de vents forts qui conditionnent entièrement l'écoulement du fleuve. Le principal objectif de ce barrage, mis en service en 1970, est de produire de l'eau potable pour toutes les zones très touristiques de La Baule, de la presqu'île de Guérande et de la presqu'île de Rhuys. Le barrage provoque un important envasement en amont de l'édifice. Afin d'expulser cette accumulation de vase, des chasses d'eau sont effectuées après une remise en suspension de la vase grâce à des rotodévaseurs. Pour que ces chasses soient efficaces, il faut un important volume d'eau en amont du barrage, lié à un fort débit de la Vilaine. La Figure 64 montre que les débits de Vilaine sur la période janvier-avril 2012 sont encore plus faibles que ceux de 2011, qui était déjà considérée comme une année à faible pluviométrie. C'est seulement en mai que de fortes précipitations sont venues compenser le manque d'eau.

En 2009, des volumes de 30 millions de m³ d'eau ont été lâchés par le barrage entre la mi-janvier et la mi-février tandis que ce même volume a été lâché sur une période plus courte en mars 2010 (Cf. Figure 64). On peut aisément admettre que, à volume d'eau égal, seuls les premiers lâchés entraînent d'importantes quantités de vase ; ensuite, la zone étant déjà lessivée, si le courant n'est pas plus fort, il n'y a pas d'érosion supplémentaire. Il semble donc que les quantités de vase entraînées par l'ouverture du barrage soit de même amplitude sur les années 2009 et 2010. La seule différence tient au décalage dans le temps de ce processus. En 2011, il n'y eu qu'une courte période d'ouverture du barrage en janvier, avec un «lâché» maximal de 25 millions de m³.

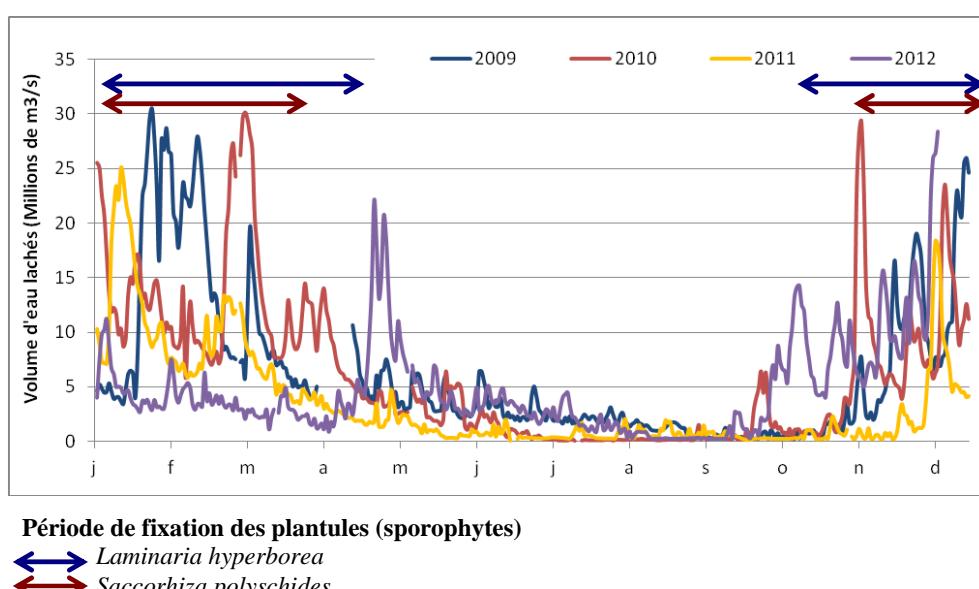


Figure 64: Evolution mensuelle des volumes d'eau lâchés par le barrage d'Arzal en 2009 à 2012
 (données IAV)

En 2012, le débit de la Vilaine est particulièrement faible pendant le premier trimestre, avant de retrouver des valeurs légèrement supérieures à la climatologie mensuelle moyenne (période 1970-2011) (Cf. Figure 65). Les volumes lachés entre janvier et avril ont été très faibles (<12 millions de m³). Cette année, le « lâché » maximal a eu lieu bien plus tard, en mai, avec un volume proche de 23 millions de m³.

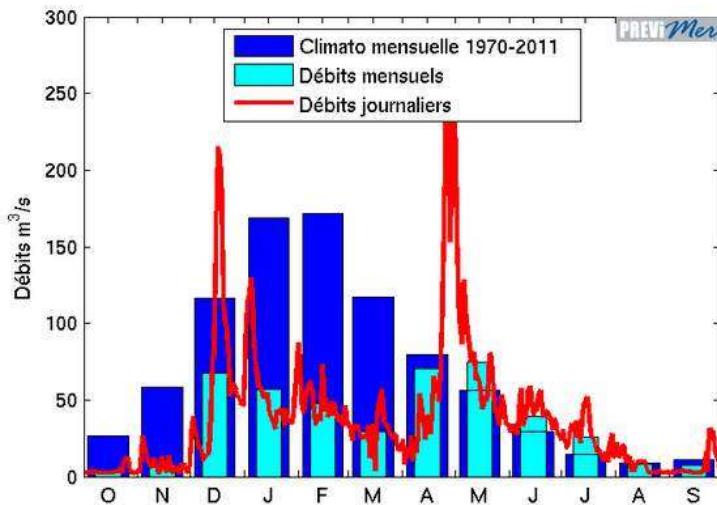


Figure 65: Débit de la Vilaine d'octobre 2011 à septembre 2012
 (Source Bulletin prévimer N°17, IFREMER)

En 2010, les champs de laminaires, soumis à l'influence du panache de la Vilaine (stations de l'Ile Dumet et Croisic) étaient de moins bonne qualité qu'en 2009. En effet, malgré des conditions d'ensoleillement exceptionnelles en 2010, qui avaient permis l'accroissement des ceintures de laminaires en profondeur grâce à un important recrutement de juvéniles sur tous les autres sites, ce phénomène ne s'était pas produit sur les sites de Dumet et du Croisic. L'hypothèse avancée, était que l'ouverture tardive (au mois de mars), du barrage d'Arzal avait entraîné un dépôt de vase sur les roches juste avant la fixation des juvéniles de laminaires. En effet, la reproduction des laminaires passe par une émission de gamètes dans l'eau qui donnent un zygote qui devra se fixer sur un substrat rocheux pour se développer (Barillé et Derrien, 2010). Fin mars, début avril, les zygotes se seront fixés sur un film de vase qui a pu être emporté avec un courant un peu fort.

En 2011, l'ouverture du barrage d'Arzal en janvier semble ne pas avoir eu cette incidence néfaste sur le développement des laminaires (Derrien-Courtel et Le Gal, 2011). Mais il faudra également prendre en compte l'action de l'érosion des vasières et donc avoir, comme pour les crues, un aperçu des périodes de vents dominants et les conséquences sur la turbidité (Ménard JC, com. pers.²). En 2012, la faible pluviométrie hivernale et l'absence de « lâché » de volume d'eau important par le barrage d'Arzal pendant une bonne partie de la période de fixation des zygotes laissaient entrevoir des conditions favorables au développement des laminaires sur le site de l'Ile Dumet. Cependant, une nette dégradation de l'EQR de ce site est observée. Cette évolution est notamment liée à la forte régression des laminaires *Saccorhiza polyschides* (à la fois en terme de densité et de limite d'extension en profondeur). En effet, c'est la première fois qu'aucune laminaire n'est observée au -3m C.M. (elles sont remplacées par quelques rares Cystoseires). Le bulletin prévimer N°15 souligne une turbidité importante début mars 2012 qui serait la conséquence d'un bloom phytoplanctonique. Les 2 pics de turbidité de fond aux alentours du 19 et 25 mars (Cf. Figure 66) seraient liés à la remise en suspension du sédiment par l'action des vagues pour le premier et à une marée de vive eau pour le second. Les données de turbidité mettent en évidence des pics réguliers pendant la quasi-totalité du printemps.

² cf Etude « la modélisation hydrodynamique de l'estuaire de la Vilaine », réalisée par DHI entre 2006 et 2013 (maître d'ouvrage IAV). Dans cette étude, les concentrations de matière en suspension de 2008, phases 2 et 3 sont analysées.

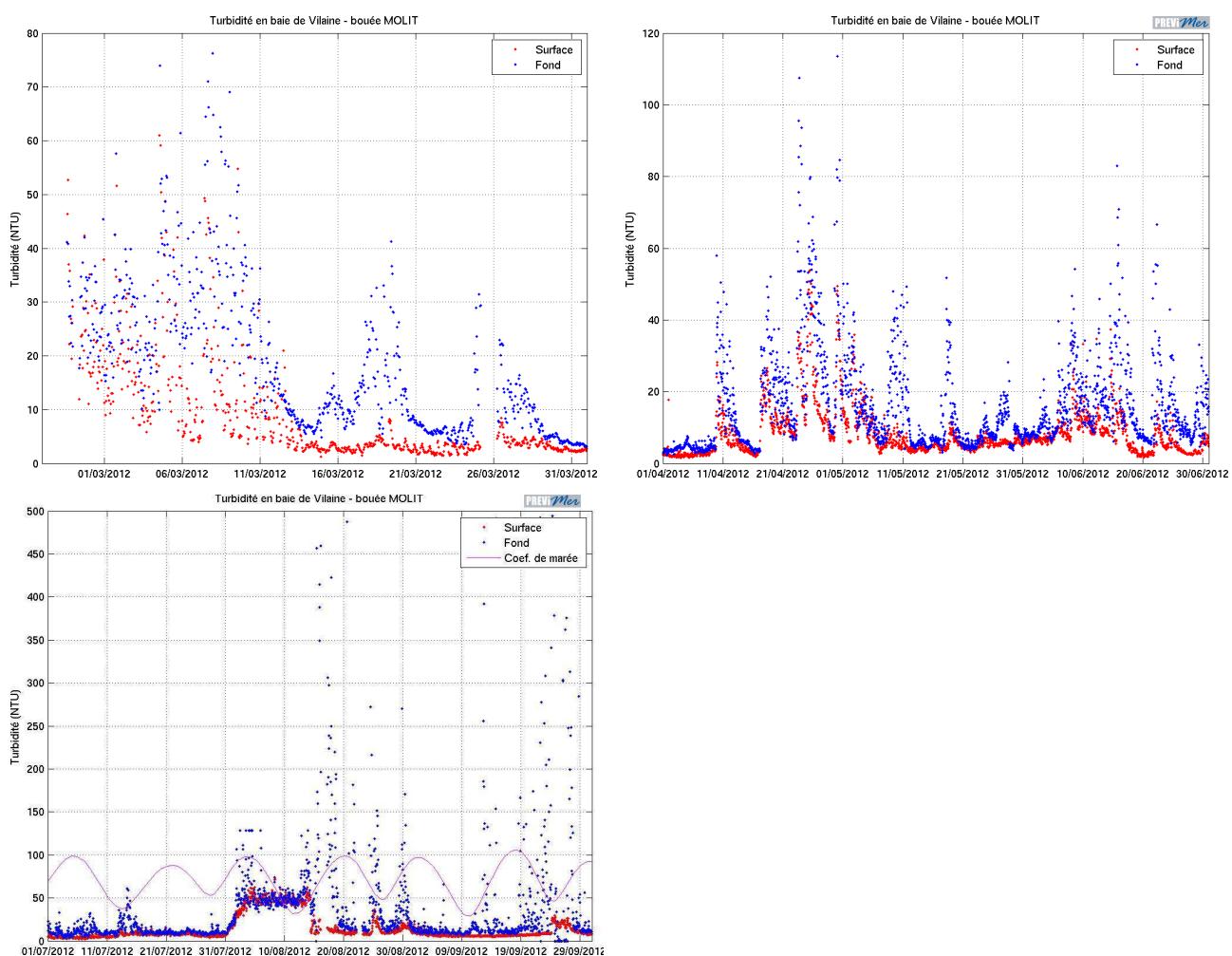


Figure 66: Turbidité de surface et de fond en Baie de Vilaine (mars-septembre 2012)

(Source Bulletin prévimer N°17, IFREMER)
 (noter les différences d'échelle entre les 3 graphiques)

Une des hypothèses qui pourrait être retenue pour cette évolution, serait une dégradation de la qualité de l'eau avec de très fortes efflorescences phytoplanctoniques observées par satellite en baie de Vilaine en mai et juin 2012 (Fig. 67) (données bulletin 16 Prévimer –IFREMER). La décomposition bactérienne de ces efflorescences de microalgues qui ont sédimenté sur le fond (augmentation de la fluorescence enregistrée au fond) entraîne une forte déplétion en oxygène du milieu (hypoxie : lorsque la concentration en oxygène > 3 mg/l), ce qui a pu être enregistré par la bouée MOLIT qui est située au nord de l'Ile Dumet (Fig. 68) (données bulletin 17 Prévimer – IFREMER).

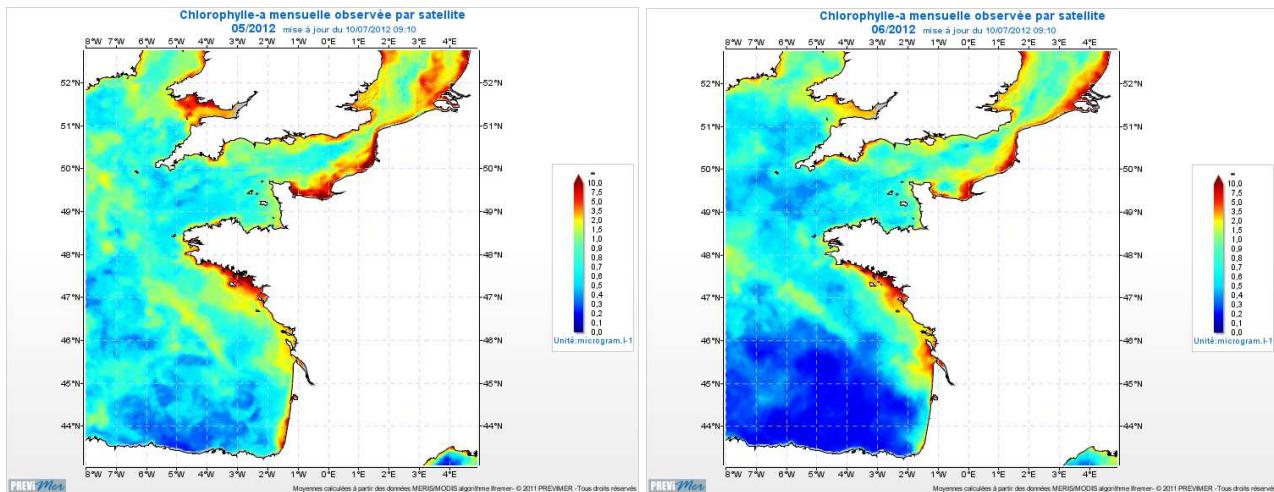


Figure 67 : Concentration en chlorophylle de surface : moyenne en mai et juin 2012
(bulletin 16 Prévimer IFREMER).

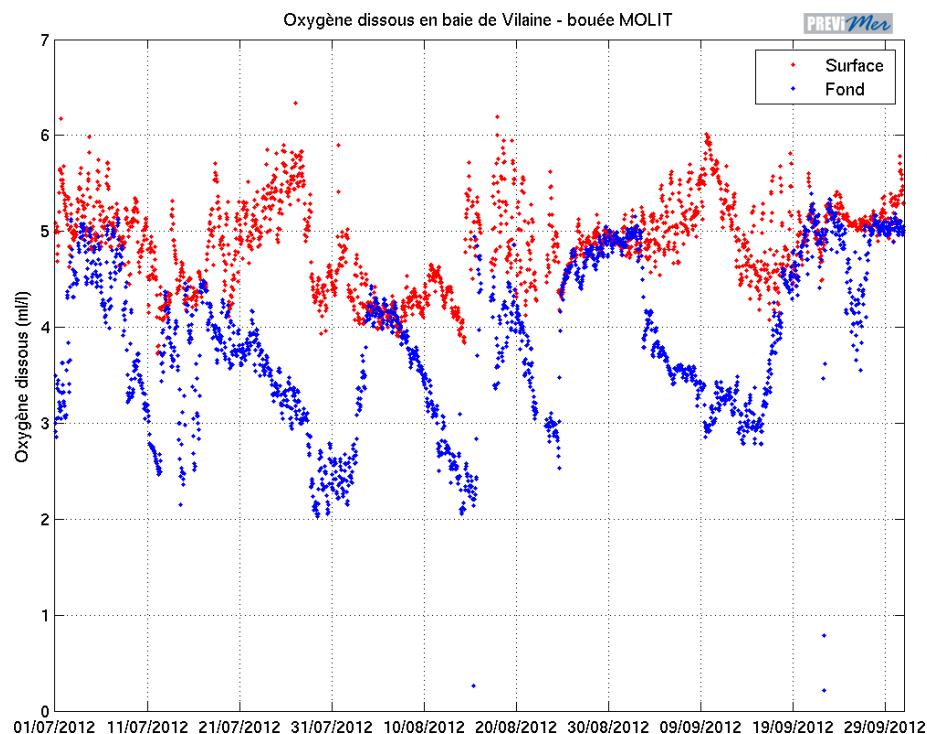


Figure 68: Evolution des mesures de l'oxygène dissous en surface et au fond dans la baie de Vilaine de juillet à septembre 2012

Donnée Bouée MOLIT située au nord de l'île Dumet. (bulletin 17 Prévimer IFREMER)

On observe des périodes de réchauffement importantes début mai, où la température de surface passe en quelques jours de 12 à 16 °C, ainsi que fin mai où elle passe de 14 à plus de 20 °C. Ces réchauffements sont dus à des périodes d'ensoleillement importantes, en particulier fin mai. Le réchauffement de début mai a probablement également été facilité par la forte stratification causée par les débits importants du barrage d'Arzal qui a eu lieu début mai.

Il serait très intéressant d'étudier l'influence des dates et débits du barrage d'Arzal sur le développement phytoplanctonique et les phénomènes d'hypoxies en baie de Vilaine.

b) Dans l'Estuaire de la Loire

Plusieurs facteurs sont susceptibles d'engendrer de la turbidité dans le secteur de la Loire.

1 -Le panache turbide de la Loire

2 -Les extractions de granulats marins (2 sites : le Charpentier et le Pilier)

3 -La zone de clapage de la Lambarde pour les sédiments dragués dans le chenal de la Loire

4 - le dragage ponctuel, DAS, s'effectue au jusant. Par grandes marées et vents NE, les vitesses de courant sont de 4 à 6 noeuds. Si le dragage est proche de l'embouchure, les vases sont expulsées vers les charpentiers. Si le dragage est plus en amont, elles alimentent le bouchon vaseux expulsé lors de crues > à 3000 m³ cumulé au bouchon vaseux (Ménard JC, com. pers.).

Le panache turbide de la Loire

La turbidité du secteur côtier est liée en grande partie au débit des fleuves et donc à la pluviométrie (cf. Figure 69).

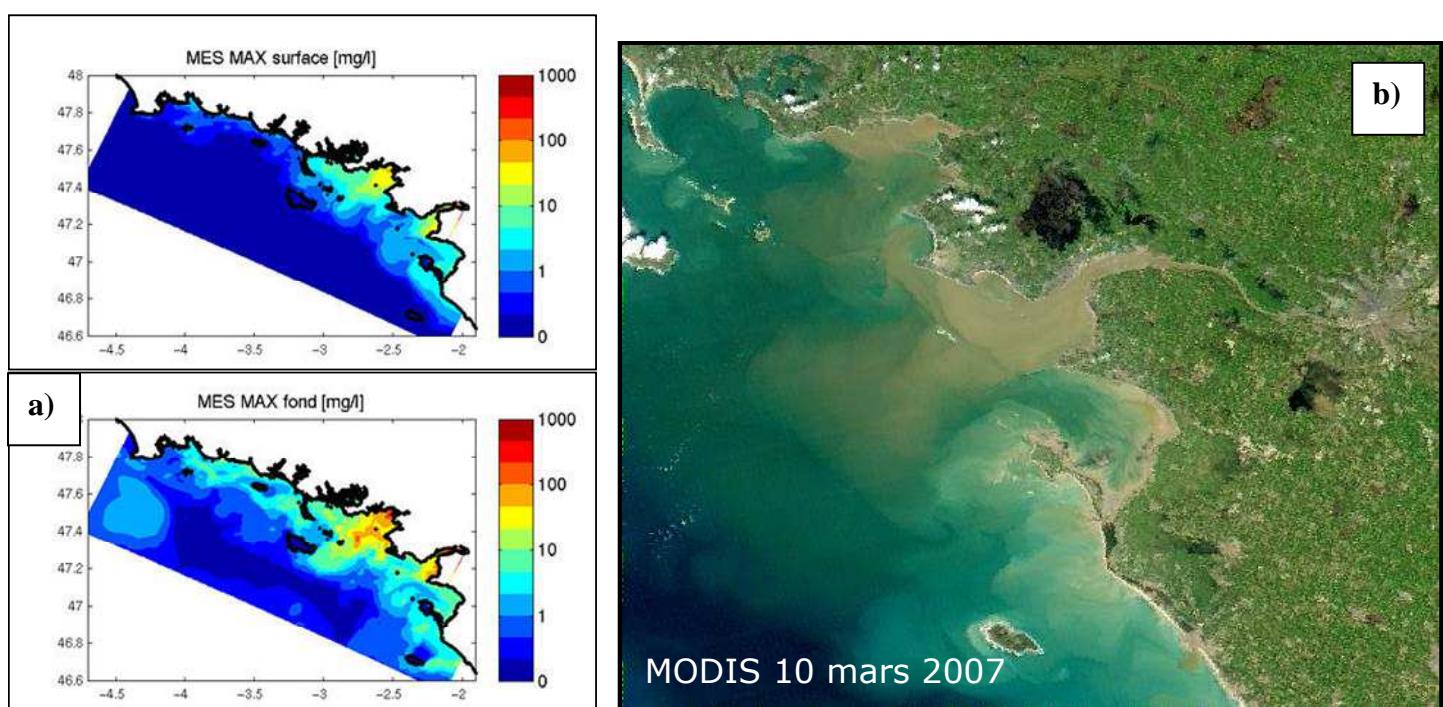


Figure 69 : Influence du panache turbide de la Loire

- a) : Matière en suspension (MES) maximum en octobre 2004 dans le secteur estuaires Loire-Vilaine (Tessier, 2006)
 b) : Panache turbide (Image spot 2007, source site GIP Loire estuaire)

La Loire ayant un très grand bassin versant, les variations de débit proviennent généralement des précipitations sur le Massif Central ou dans la vallée de la Maine (Bertier, comm. pers.).

Les mesures réalisées à Montjean sur Loire (situé à 107km en amont de Donges et considérée comme station de référence) (Cf. Figure 70 et 71) soulignent bien une corrélation entre la concentration en matière en suspension et le débit. Il est donc certain qu'une partie de la turbidité en sortie de Loire soit liée à la pluviométrie (lessivage des sols).

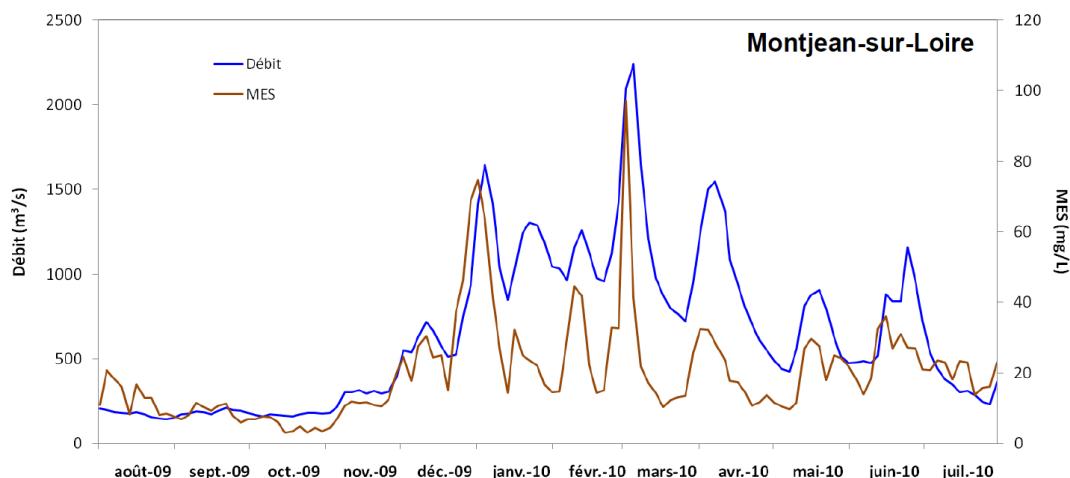


Figure 70 : Moyenne des débits journaliers et quantité de matières en suspension (MES) mesurées à la station de Montjean-sur-Loire
 (source : Réseau SYVEL)

Au niveau climatologique, le bilan 2012 (Météo France, 2012) fait état d'un ensoleillement légèrement supérieur à la normale, associé à une pluviométrie faible de janvier à avril. Néanmoins, les fortes précipitations des mois de mai et juin et les forts débits de la Loire associés ont peut-être contrebalancé les conditions favorables du début de printemps et sont peut-être à l'origine de la dégradation de l'état écologique de la plupart des sites.

Concernant la production phytoplanctonique en mai et juin, les niveaux de chlorophylle-a ne sont jamais très élevés car il n'y a pas eu de périodes ensoleillées suffisamment longues pour qu'une efflorescence majeure se développe, comme cela peut arriver dans le panache de la Loire en mai. Toutefois, du fait des apports soutenus par les fleuves, la concentration en chlorophylle a été supérieure à la normale en mai et juin.

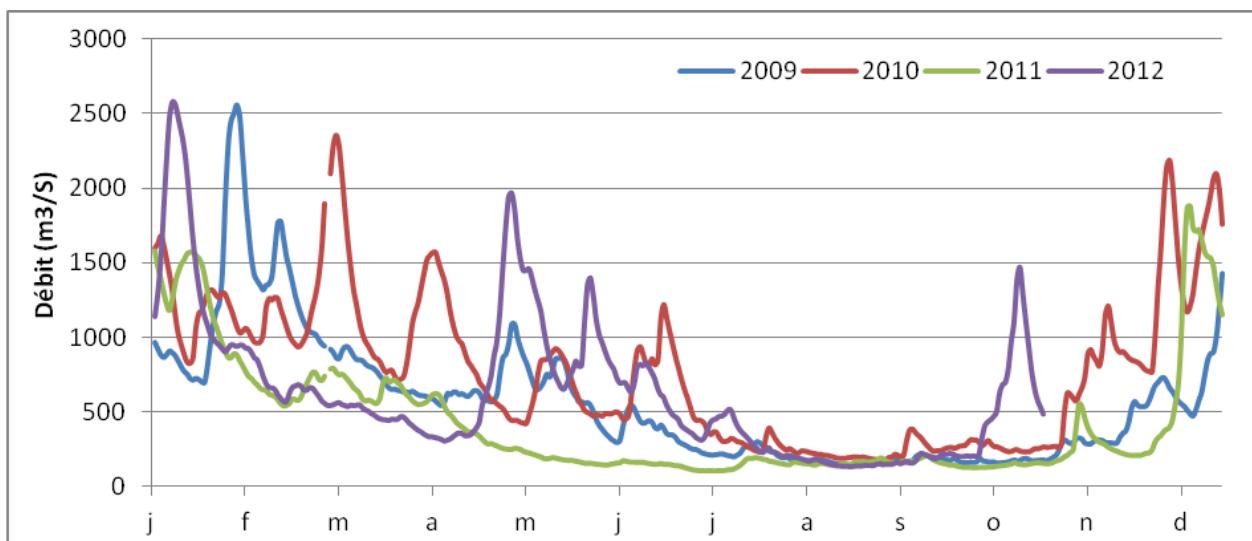


Figure 71 : Moyenne des débits journaliers mesurés à la station de Montjean-sur-Loire
 (Source : Banque Hydro)

Les extractions de sables

Actuellement, deux zones d'extraction de granulats marins sont en activité dans le site étudié (Figure 72).

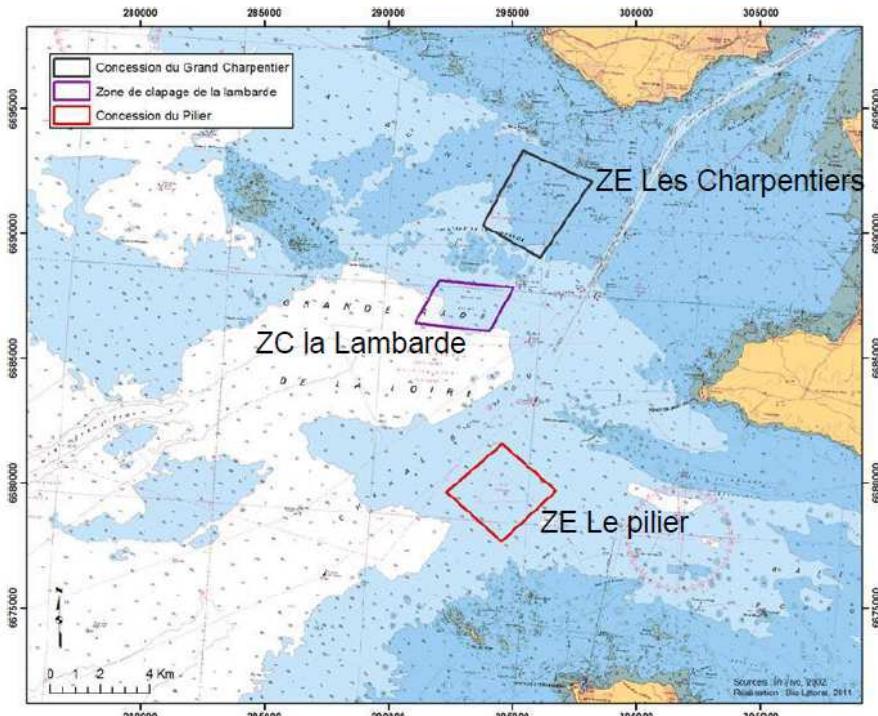


Figure 72 : Situation géographique des activités anthropiques génératrices de turbidité dans la baie de Loire

La zone d'extraction des Charpentiers, exploitée depuis 1987, connaît un faible volume d'extraction ($200000 \text{ m}^3/\text{an}$) depuis 1997 en raison de l'envasement du sédiment extrait qui le rend moins intéressant. En effet, l'excavation produite par l'extraction des sables piége les particules fines qui viennent de la Loire. L'extraction est pratiquée au jusant pour permettre au bateau de remonter la Loire avec le flot, vers les zones de stockage à terre. Compte tenu du faible tonnage prélevé, le panache turbide généré par l'extraction de granulats au Charpentier ne semble pas de nature à impacter de manière importante les laminaires des sites étudiés.

La zone d'extraction du Pilier, exploitée depuis 1988 occupe une surface de $8,2 \text{ km}^2$. L'exploitation des granulats marins a généré une dépression pouvant atteindre plus de 6 m de fond. Poussées par le courant venu du large, les fractions fines s'accumulent dans la partie orientale de la dépression tandis que les sables graveleux non envasés continuent d'être exploités dans la partie occidentale. L'activité d'extraction du Pilier, telle qu'elle est pratiquée actuellement ne peut pas générer un important panache de turbidité. Aucun impact n'est attendu sur les laminaires situées sur le Pilier ou sur la pointe de Saint-Gildas.

Le clapage à la Lambarde

Depuis, 1984, le Grand Port Maritime de Nantes-Saint-Nazaire (GPMNSN) drague les vases qui s'accumulent dans le chenal pour permettre aux navires d'accéder aux installations industrielles réparties sur la côte nord de l'estuaire de la Loire, depuis Saint-Nazaire jusqu'à la raffinerie pétrolière de Donges. Depuis dix ans, une moyenne annuelle d'environ 6 Mm^3 est exportée (par clapages) sur le site de la Lambarde, situé en face de l'embouchure de la Loire. La faible évolution de la bathymétrie du site de la Lambarde depuis 20 ans, indique que les sédiments clapés sont rapidement dispersés par les courants. Bien que la dominance des courants de marée soit d'orientation Est vers l'Ouest, ce qui implique un retour de l'essentiel des vases vers l'estuaire de la Loire, il est possible que sous certaines conditions de vents et de marée, cette vase viennent

s'accumuler sur les roches qui sont à proximité. Compte tenu des volumes en jeu, l'impact de cette activité sur les champs de laminaires limitrophes est potentiellement important mais on ne maîtrise pas encore l'amplitude de cet impact lié à la synergie entre les clapages et les facteurs environnementaux (vent et courant de marée). En 2011, seule la station de la Banche Sud subissait une dégradation de son état écologique alors que les autres stations s'amélioraient. Le régime des vents de sud pendant la période de clapage peut être à l'origine de cette dégradation. La totalité des volumes clapés à la Lambarde en 2012 est de 4.6 Mm³ (3,5Mm³ en 2011, 6,4Mm³ en 2010 et 5,2Mm³ en 2009). Sur ces trois années, la saisonnalité des clapages est très similaire avec un maximum au printemps (mars-avril), un arrêt estival et une reprise moyenne des clapages en automne (cf. Figure 73). En 2012, la reprise de clapage n'a repris qu'en novembre.

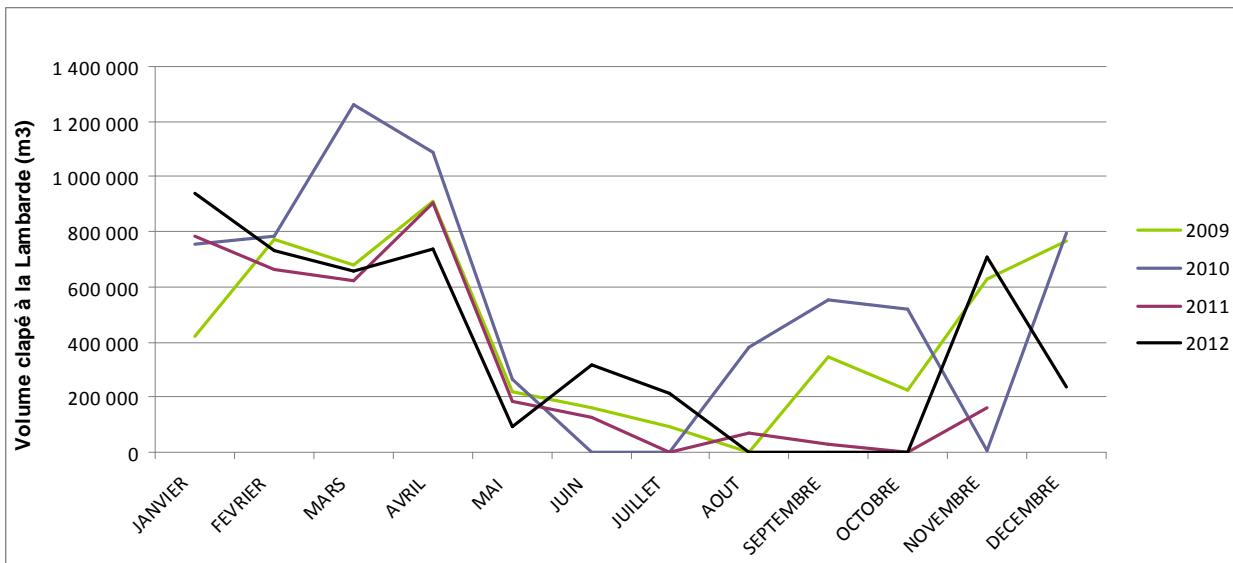


Figure 73 : Volumes mensuels de sédiments rejetés sur le site de la Lambarde en 2009 et 2011
(données GPMNSN)

Influence du vent

La Figure 74 représente une synthèse de nombreuses années d'observation menées par les plongeurs de l'association ELV. Celle-ci montre que :

- Par vent d'Est, tout le panache turbide des fleuves est poussé vers le nord le long des côtes, touchant plus particulièrement les sites de Baguenaud, Penchateau, le Croisic et l'île Dumet. Selon l'importance du panache, la station de la Banche nord peut également être dans ce panache (Cf. Figure 74a).
- Par vent d'Ouest, les panaches turbides des deux fleuves sont dirigés vers le sud (Cf. Figure 74b). Celui de la Vilaine englobe les sites de l'île Dumet et du Croisic. Celui de la Loire entre majoritairement dans la baie de Bourgneuf en impactant fortement le site de la pointe de Saint Gildas.

Les travaux de modélisation du panache de la Loire (Direction P Le Hir IFREMER) en collaboration avec le GIP Loire-Estuaire devraient valider ces processus.

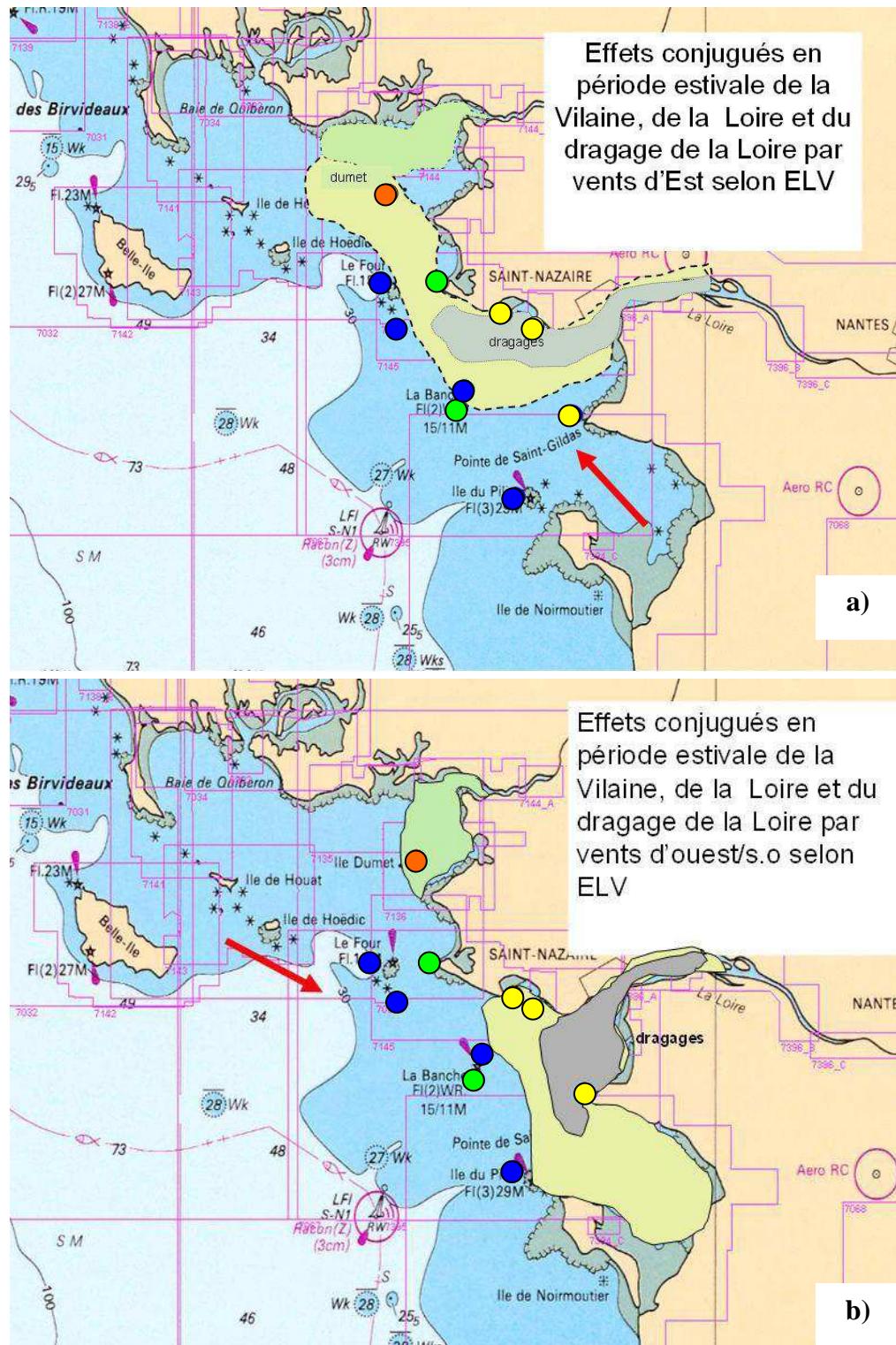


Figure 74 : Evolution des panaches turbides de la Loire et de la Vilaine sous influence de différents régimes de vent en période estivale
a) régime de vent d'Est, b) régime de vent d'Ouest

D'après les relevés de météo France (cf. Annexe 2), entre février et mai 2012, les vents sont majoritairement de secteur Nord-est sauf en avril ou les vents de secteur Sud-ouest dominent.

4 Conclusion et Perspectives

Rappelons tout d'abord que ce suivi est une première sur l'ensemble de la façade Manche-Atlantique, car il est beaucoup plus dense sur le plan temporel (échantillonnage annuel) et spatial (11 points dans 3 masses d'eau) que tous les autres suivis existants actuellement (REBENT, DCE,...) sur la façade Manche/Atlantique. Il a ainsi permis d'obtenir des séries de données très complètes pendant 4 à 5 ans selon les sites.

Grâce à l'association ELV et ses partenaires scientifiques et financiers, cette quatrième année de suivi des sites du secteur « Estuaires Loire-Vilaine » a notamment permis :

- de mieux comprendre l'évolution des peuplements subtidaux rocheux de ce secteur, et d'affiner ainsi notre connaissance sur leur écologie et donc leur répartition, face aux pressions locales et parfois plus globales ;
- d'utiliser cette zone atelier pour répondre à certains questionnements plus généraux et affiner ainsi notre approche dans le diagnostique de « l'évaluation de l'état de conservation des biocénoses des roches subtidales » (ECBRS) en particulier. L'intérêt d'un suivi fin de la strate arbustive a ainsi été confirmé et il a été proposé comme paramètre de suivi pour le programme de surveillance des fonds subtidaux rocheux dans le cadre de la DCSMM.
- de mettre en évidence la diversité de strate arbustive sur le plateau du Four. En effet, l'échantillonnage complémentaire de deux sites a permis de mettre en évidence un site où la strate arbustive est composée uniquement de *Laminaria hyperborea* et un autre où toutes les espèces arbustives recensées sur le secteur ELV coexistent.
- de progresser encore dans l'identification d'indicateurs complémentaires, et au niveau de la faune benthique des étages infralittoraux et circalittoraux en particulier (ECBRS).

4.1 Evolution des biocénoses subtidales rocheuses sur le secteur « Estuaires Loire-Vilaine » :

Sur ce secteur, et il s'agit d'un cas typique pour la façade Manche / Atlantique, grâce à l'ensemble des données acquises et analysées, tant au niveau biologique, écologique, qu'au niveau des facteurs environnementaux (anthropiques et naturels), une approche déjà beaucoup plus intégrée et pertinente a pu être menée sur les **aspects pressions/impacts**. Notamment, nous avons pu mesurer le degré **d'influence des panaches estuariens et autres activités humaines** (clapages,...) **sur ces biocénoses rocheuses** (habitat « récif » 1170) dans un secteur où la qualité des eaux est un enjeu particulièrement important.

Ainsi, ces données 2012 confirment toujours l'existence d'un gradient d'influence des estuaires de la Loire et de la Vilaine qui détériore la qualité des sites vis à vis de l'indicateur macroalgues subtidales. Si on regarde de plus près l'évolution des EQR et celle des métriques liées à la structure même de l'habitat « laminaires », comme l'extension en profondeur des ceintures algales et la densité de la strate arbustive, et en particulier celle de la laminaire pérenne *Laminaria hyperborea* depuis 2009, on constate que l'état écologique de certains sites tels que Bonen du Four, Le Pilier, Penchateau, La Banche nord et la Banche sud semblent s'être améliorés ou du moins stabilisés. Concernant le site de Penchateau, si les résultats obtenus d'après l'indicateur DCE « macroalgues subtidales » indiquent une amélioration du site entre 2011 et 2012, on peut noter une augmentation sensible du taux de nécroses chez la laminaire pérenne *Laminaria hyperborea*. Ce paramètre suivi depuis l'introduction du complément de protocole ECBRS (2011) n'est pas pris en compte dans l'indicateur DCE. Cependant, les laminaires atteintes par le stade 4 de nécroses (18%) vont disparaître et cela se ressentira peut être dans les résultats 2013 (au travers des métriques « extension des ceintures », « densité de la strate arbustive », « longueur et épibioses des stipes de *Laminaria* »).

hyperborea »). D'autres sites évoluent assez sensiblement d'une année à l'autre. C'est le cas pour l'Ile Dumet et le Croisic.

Sur ce secteur d'étude, on constate que les deux laminaires *Laminaria hyperborea* et *Saccorhiza polyschides* restent largement majoritaires. *Laminaria hyperborea* domine sur les sites situés au sud de la Pointe du Croisic alors que *Saccorhiza polyschides* est majoritaire sur les sites du nord. Entre 2011 et 2012, Il ne se dégage pas de tendance nette concernant la densité de *Laminaria hyperborea*. Après une augmentation entre 2011 et 2012, la densité de *Laminaria hyperborea* reste stable ou en très légère diminution sur la plupart des sites (seuls les sites de la Pointe Saint Gildas et du Pilier connaissent une augmentation).

Les nouvelles données acquises en 2012 confirment l'hypothèse selon laquelle la répartition de ces deux espèces de laminaires serait corrélée à la nature des fonds sédimentaires. En effet, grâce au maillage important de stations de suivi, on peut vérifier que *S. polyschides*, qui est une espèce pélophile³ se développe effectivement beaucoup mieux à proximité des fonds vaseux de l'estuaire de la Vilaine (Ile Dumet, Bonen du Four et Goué Vas), et qu'à l'inverse, *L. hyperborea* domine largement sur les roches situées à proximité des fonds sableux de l'estuaire de la Loire (cf. Figure 40) ou sur certaines portions du Plateau du Four sans doute moins soumises à l'influence de la vase. Bien sûr, certains facteurs environnementaux rentrent en ligne de compte (pluviométrie, orientation et force des vents...) et vont influencer le ratio *Saccorhiza polyschides/Laminaria hyperborea* chaque année. De plus, certains épisodes exceptionnels impactant les laminaires (tempêtes, température de l'eau, crues, anoxies...) peuvent entraîner la disparition de celles-ci et en particulier de *Laminaria hyperborea*. Cette dernière mettra sans doute plusieurs années à recoloniser les sites de la baie de vilaine où les conditions ne sont pas des plus favorables à son développement.

Sur ce secteur, et sans ce suivi annuel, nous n'aurions donc pas été en mesure de faire la démonstration du rôle de certaines pressions sur les peuplements benthiques. Nous pouvons rappeler qu'avant l'effet du clapage sur la Lambarde en 2011, c'est le développement important de moulières en 2009 (sites impactés : Baguenaud et Penchâteau) lié aux crues de 2004, et des printemps 2007 et 2008 qui avait été identifié. Au cours de l'hiver 2009/2010, le rejet des vases du port de la Baule et du Pouliguen avaient été responsables des mauvais résultats de l'indicateur « macroalgues subtidales » en 2010. Le mauvais résultat de Dumet en 2010 (EQR = 0,26) pourrait être attribué à l'effet probable des lâchers d'eau du barrage d'Arzal au moment de la crue de printemps (cf. Figure 64), dans une moindre mesure à l'effet du roto-dévaseur remettant en suspension les vases du chenal en aval du barrage, et enfin aux turbidités locales exercées par le vent et les vagues sur les vasières. Toujours concernant Dumet, une des hypothèses qui pourrait être intéressante à vérifier pour comprendre cette nouvelle dégradation en 2012, serait une détérioration de la qualité de l'eau avec de très fortes efflorescences phytoplanctoniques observées par satellite en baie de Vilaine en mai et juin 2012 (le relevé ayant été effectué le 10 juillet 2012). La décomposition bactérienne de ces efflorescences de microalgues qui ont sédimenté sur le fond (augmentation de la fluorescence enregistrée au fond) entraîne une forte déplétion en oxygène du milieu, mais il reste à comprendre comment un phénomène d'hypoxie ou de prolifération microalgale peut intervenir sur le développement des macroalgues : quelles réponses des algues annuelles, quelles réponses des algues pérennes, et avec quels temps de latence, etc. ...

Les données de 2012 ont permis de compléter l'analyse du compartiment faune. Selon les cas, cette nouvelle série de données permet parfois de confirmer le caractère d'indicateur de certaines espèces ou d'en proposer de nouvelles pour cette écorégion « Manche occidentale –Pays de Loire » (cf. Tableau 17). Ces résultats encourageants soulignent la nécessité de pérenniser cette série de données.

³ Est considéré comme pélophile un être vivant qui se développe préférentiellement en milieux argileux

En termes de perspectives, cette seconde série de données acquises sur la « strate fonctionnelle » et les suivantes devraient nous permettre d'évaluer plus précisément l'évolution des algues arbustives et les laminaires en particulier. Ceci doit nous permettre de mesurer plus finement la dynamique de ces espèces dites « ingénierues », pour mieux comprendre le rôle qu'elles jouent pour les espèces fixées de la sous-strate dans un premier temps et peut-être pour les espèces dites halieutiques dans un deuxième temps. Les observations réalisées sur certains sites ELV en 2013 confirment que des changements significatifs peuvent s'opérer rapidement au sein de la strate fonctionnelle. Il est donc pertinent de prolonger ce suivi fin annuellement.

Phylum	Taxon	Taxa potentiellement indicateurs d'un bon état écologique		Taxa potentiellement indicateurs d'un mauvais état écologique ou d'une pression	
		2011	2012	2011	2012
Annelida	<i>Spirobranchus sp</i>			X	X
Arthropoda	Amphipodes tubicoles			X	X
Bryozoa	Bryozoaires encroûtants (<i>Cellepora</i>)			X	X
	<i>Cellaria sp.</i>				X (<i>Circalittoral</i>)
	<i>Crisia sp.</i>				X (<i>Circalittoral</i>)
	<i>Scrupocellaria sp.</i>				X (<i>Circalittoral</i>)
Chordata	Didemnidae	X			
	<i>Perophora sp . (japonica)</i>			X	?
Echinodermata	<i>Asterias rubens</i>			X	X
	<i>Marthasterias glacialis</i>			X	
	<i>Ophiothrix fragilis</i>			X	
	<i>Psammechinus miliaris</i>			X	
Anthozoa	<i>Balanophyllia regia</i>				X
Hydrozoa	<i>Abietinaria abietina</i>				X
	<i>Diphasia margareta</i>			X	
Porifera	<i>Amphilectus fucorum</i>	X	X		
	<i>Cliona celata</i>		X		
	<i>Halicnemia patera</i>				X
	<i>Hemimycale columella</i>	X	X (<i>Infralittoral</i>)		
	<i>Hymedesmia pansa</i>	X	?		
	<i>Eurypon clavatum</i>				X
	<i>Leucosolenia</i> (<i>Leucosolenia</i> sp. et <i>Leucosolenia variabilis</i>)	X	X		
	<i>Phorbas plumosus</i>	X	X		
	<i>Sycon</i> sp (Sycon sp. et <i>Sycon ciliatum</i>)	X	X (<i>Infralittoral</i>)		
	<i>Biemna variantia</i>			X	X
	<i>Halichondria panicea</i>			X	X
	<i>Haliclona oculata</i>			X	X
	<i>Haliclona viscosa</i>		?	X	
	<i>Homaxinella subdola</i> (vase)			X	?
	<i>Myxilla rosacea</i>		X	X	
	<i>Tethya aurantium</i>			X	

Tableau 17 : Faune : Liste de taxa potentiellement indicateurs dans l'évaluation de l'ECBRS.

? : manque de données pour confirmer

4.2 De la DCE à « l'évaluation de l'Etat de Conservation des Biocénoses des Roches Subtidales » (ECBRS), une évolution méthodologique au service de la fonctionnalité :

1- Grâce à cette série de données, acquises depuis 3 ou 4 ans (selon les sites) avec une telle échelle de temps (périodicité annuelle, contre tous les 3 ans pour le Rebent et tous les 6 ans pour la DCE) et d'espace (11 transects pour 3 masses d'eaux), les résultats posent de nombreuses questions, en particulier celle du maillage des stations de suivi selon le protocole de notation des masses d'eau DCE. En effet, énormément d'éléments issus de ces résultats nous permettent désormais d'affiner **l'approche méthodologique** consistant à définir, à partir de plusieurs points, celui qui pourrait être considéré comme représentatif de chaque masse d'eau.

A titre d'exemple, cette série de données met en évidence la variabilité des résultats en termes d'EQR au sein d'une même masse d'eau, en fonction des sites de suivi. Ainsi, en 2011, la masse d'eau FRGC46 était classée dans trois catégories de qualité différente selon le site : deux sites la classaient en très bon état, un site la classait en bon état et trois sites la classaient en état moyen. En 2012, un site la classe en très bon état, deux sites en bon état, deux en état moyen et un en état médiocre (cf. Figure 75).

Une réflexion nationale a été menée sur la manière d'agrérer, pour chaque masse d'eau, les notes obtenues au niveau des différents éléments de qualité biologiques. Faut-il prendre le plus déclassant (c'est la position actuelle) ou faut-il moyenner les notes ? Quand on obtient, comme c'est le cas ici, des notes différentes sur plusieurs sites et pour un même élément de qualité (ici « macroalgues subtidales »), mène-t-on la même réflexion ? Doit-on là aussi garder le site le plus déclassant, et qui donne donc la plus mauvaise note à la masse d'eau ? Ou bien doit-on moyenner les notes obtenues sur l'ensemble des sites prospectés ? Pour le moment, la règle consiste à faire la moyenne des EQR de la même masse d'eau (c'est en tous les cas le choix qui a été fait jusqu'à présent, au moins dans l'Atlas DCE Loire-Bretagne).

La DCE doit-elle permettre d'identifier les zones vulnérables et impactées par des activités humaines, même si elle concerne une partie limitée de la surface de la masse d'eau, ou bien doit-elle illustrer la qualité de la majeure partie de la masse d'eau ? En fait, nous pensons qu'elle doit faire les deux : le contrôle de surveillance doit donner une vision globale de la qualité de la masse d'eau et de son évolution. Si la qualité de la masse d'eau est moyenne, médiocre ou mauvaise, le contrôle opérationnel est chargé de vérifier l'efficacité des mesures prises pour retrouver le bon état. Si on observe une dégradation inexplicable – cas de la masse d'eau GC50 large Sables d'Olonne - on met en place un contrôle d'enquête pour essayer de trouver les causes de la dégradation (Oger-Jeanneret, com. pers.). Donc si on souhaite cibler les problèmes liés aux activités humaines, alors un site situé à l'extrême la plus « au large » de la masse d'eau n'est peut-être pas le plus approprié. Et parmi les sites les plus impactés, on peut alors peut-être cibler ceux qui se situent à proximité de pressions bien identifiées et pour lesquelles des mesures seraient envisageables (éloignement de l'activité, changement dans la saisonnalité de l'activité, etc....).

Les données acquises dans le cadre de ce « suivi ELV » permettent désormais de réfléchir vraiment concrètement aux stratégies à mener sur le choix des sites, et alimentent donc pleinement les débats de la communauté scientifique, sur cet élément de qualité, au niveau national (et en particulier avec l'Onema, tout particulièrement intéressé par ces travaux). Ce suivi s'avère être également un formidable outil d'aide à la compréhension des phénomènes de pressions-impacts, éléments

aujourd’hui plus que nécessaires à la mise en œuvre des futures mesures de gestions pour la DCE et bientôt pour la DCSMM.

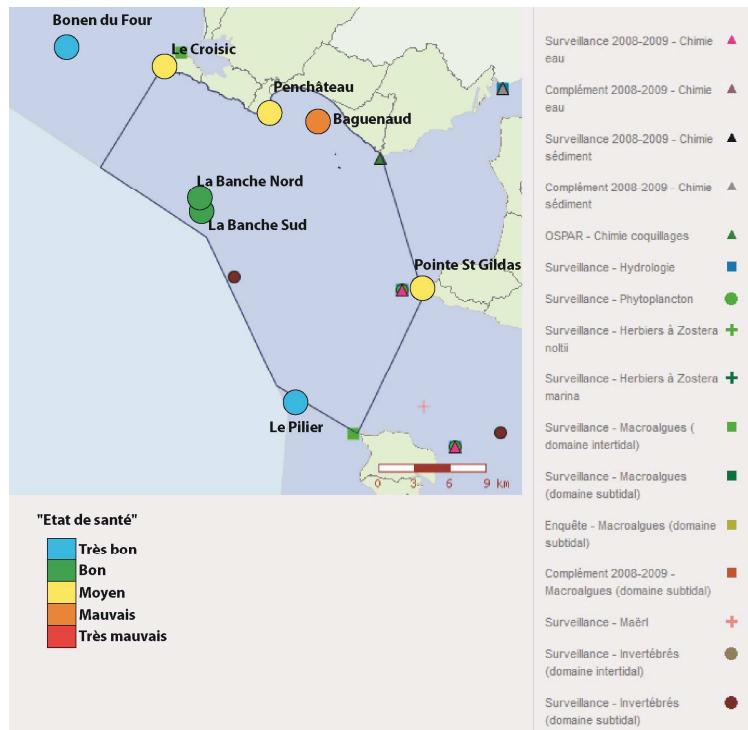


Figure 75 : Classement obtenus pour les sites de la masse d'eau FRGC46

(Extrait de l'Atlas DCE Loire Bretagne - <http://envlit.ifremer.fr>)

Actuellement, cette masse d'eau FRGC46 « Loire large » est classée en très bon état pour les « Macroalgues subtidales ». Ce classement résulte des résultats acquis⁴ en 2010 sur les deux points qui ont été sélectionnés en 2007 pour la surveillance DCE : La Banche et Le Pilier. Cette étude va donc permettre une réflexion approfondie sur la problématique du choix des sites représentatifs de la qualité d'une masse d'eau

2- Enfin, nous avons pu mesurer la très forte variabilité inter-annuelle des habitats à laminaires. Cela conforte désormais l'idée selon laquelle, pour rendre compte au mieux de la qualité des masses d'eaux, certaines métriques (limites des ceintures algales, dénombrement des individus de la strate arbustive,...) mériteraient une mesure annuelle (sur les sites soumis à des pressions) tandis que d'autres (dénombrement des espèces caractéristiques, relevé de la biodiversité totale,...) pourraient conserver une périodicité plus ample.

En effet, en observant les effets d'une année pluviométrique exceptionnelle sur l'indicateur macroalgues subtidales, on en retient que l'indicateur DCE utilisé réagit au moins partiellement à cette variable environnementale (qui influe ensuite en synergie avec des facteurs anthropiques : aménagements des estuaires, remembrement, pollution et drainages des sols des bassins versants...). En particulier, la métrique « limites des ceintures algales » est la plus sensible aux variations annuelles, car la turbidité de l'eau va directement influer sur le succès du recrutement des jeunes laminaires en profondeur. Ce type d'éléments nous a donc incité à proposer une évolution de la surveillance DCE, avec la redéfinition de la périodicité des suivis non plus par « élément de qualité »

⁴ Les résultats détaillés par masse d'eau et par élément de qualité sont en ligne sur : http://envlit.ifremer.fr/var/envlit/storage/documents/atlas_DCE/scripts/site/carte.php?map=LB

mais par métrique, et donc avec un suivi annuel des « limites des ceintures algales » sur les sites sensibles.

D'autre part, l'EQR « macroalgues subtidales », s'il répond bien à la qualification des masses d'eaux à dominante macroalgale, nous montre bien que certaines de ses métriques sont particulièrement réactives aux changements environnementaux (densité de la strate arbustive, limites des ceintures algales), mais qu'en contre partie, certaines autres semblent beaucoup plus longues à réagir (composition spécifique, richesse spécifique totale). En effet, à la lumière des observations de terrain effectuées depuis de nombreuses années sur les roches subtidales, nous pensons que la sous-strate (floristique et faunistique) réagit un peu plus lentement que la strate arbustive (Derrien-Courtel, comm. pers.), ce qui a également été constaté par d'autres auteurs (Kennelly S.J., 1987 ; Lilley S.A. et Schiel D.R., 2006 ; Melville A.J. et Connell S.D., 2001).

Avant de pouvoir jouer son rôle d'habitat structurant et d'offrir ainsi une canopée protectrice aux espèces de la sous-strate, les très jeunes laminaires vont devoir se développer. Au stade de jeunes pousses (quelques centimètres), ces petites lames appartiennent encore à la sous-strate et des conditions favorables à leur développement seront nécessaires pour voir se transformer ce recrutement en « champ de laminaire », au sens structurant et fonctionnel du terme. Mais pour suivre et donc mesurer l'évolution de ces populations, il va nous falloir **poursuivre des investigations annuelles** d'une part, et **les mesures fines de la structuration des populations de laminaires** d'autre part (Derrien-Courtel *et al.*, 2011b). La continuité de ce travail devrait nous permettre de mieux appréhender l'état de santé et l'évolution des fonds rocheux dans le secteur Loire Vilaine et l'écosystème « forêt de laminaires » en particulier, qui joue un rôle clef du point de vue fonctionnel (Barillé et Derrien-Courtel, 2010) en tant que :

- support d'une grande biodiversité,
- écosystème à forte productivité de matière organique consommée sur place via un réseau trophique complexe ou exportée (laisse de mer qui participe par exemple à la dynamique dunaire),
- zone de frayère et de nurserie,
- écosystème à forts enjeux de services pour l'Homme (Activité de pêche professionnel et de loisir, plongée...).

Parallèlement, et nous l'avions déjà dit plus haut, **l'étude de la faune associée** semble déjà prometteuse pour l'identification d'indicateurs complémentaires (cf. Tableau 17), prenant ainsi en compte la fonctionnalité de ces biocénoses à laminaires, dans un contexte de changement global et de pressions anthropiques croissantes.

En effet, les compartiments « flore » et « faune » sont extrêmement imbriqués, et pour faire simple, on peut même dire que la régression de l'un se fait souvent au bénéfice de l'autre. Lorsque la laminaire *Laminaria hyperborea* disparaît au profit de moulières par exemple, et qu'ensuite elles sont elles-mêmes consommées par l'étoile de mer *Asterias rubens* qui disparaît à son tour, permettant l'installation de la laminaire opportuniste *Saccorhiza polyschides* puis la recolonisation de la roche par *Laminaria hyperborea*, on comprend la nécessité de prendre en compte la faune, au même titre que la flore (cf. Figure 76).

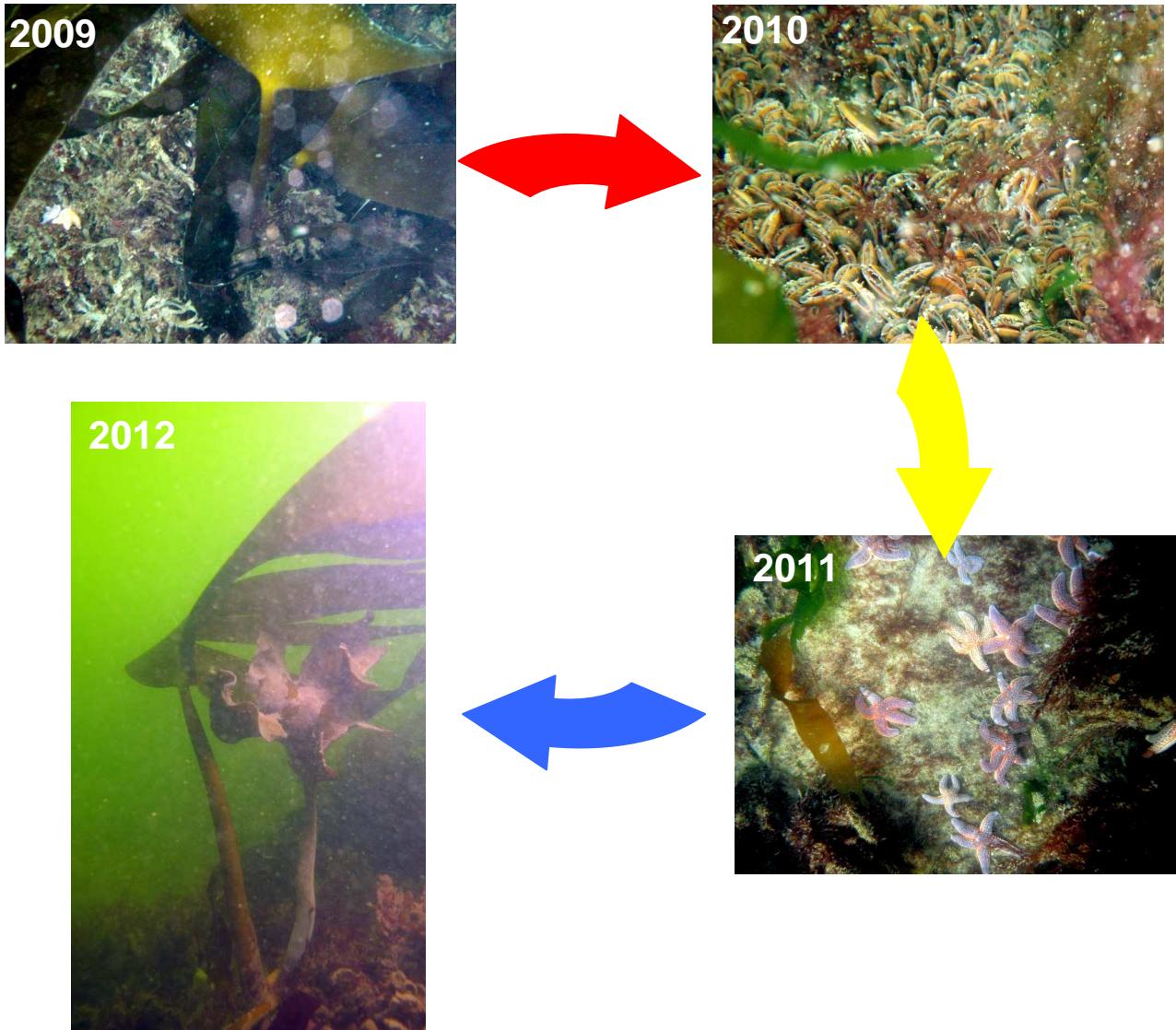


Figure 76 : 2009-2012 : Evolution de l'infralittoral supérieur à Penchâteau

D'autre part, lorsque certains sites, voire certaines masses d'eaux sont soumis à une turbidité particulièrement importante et quasiment permanente, les ceintures du circalittoral remontent alors très près du zéro hydrographique, permettant parfois très difficilement à l'infralittoral de se développer ; dans ce cas, la mise au point d'indicateurs « faune » s'avèrerait très utile pour qualifier ces biocénoses particulières et en mesurer l'évolution.

Enfin, lorsque certaines masses d'eau ne disposent de substrat rocheux qu'à partir d'une certaine profondeur, et que ces « basses » n'ont pas ou très peu d'infralittoral, un indicateur basé sur la faune devient alors indispensable pour qualifier leur état écologique.

Les résultats de 2011 semblaient mettre en évidence une « barrière écologique » au niveau de la Pointe du Croisic pour les peuplements de la sous-strate, et pour la faune en particulier. Les données de 2012 ne confirment que partiellement cette observation notamment au niveau de la faune dénombrable et, dans une moindre mesure, de la faune encroûtante de l'infralittoral supérieur (cf. Figure 46 et Figure 48). Par contre, il ne semble pas possible d'étendre ce constat aux données du circalittoral de 2012.

Bibliographie

- Barillé A.L. et Derrien-Courtel S., 2010. Etat de santé des masses d'eaux côtières dans le secteur Loire-Vilaine avec le bio-indicateur des laminaires, Rapport final. Contrat ELV-Bio-Littoral, 94p.
- Barillé A.L., 2007. Mise en place de la DCE dans les masses d'eau côtières des Pays de la Loire-Prospession de la flore et de la faune benthiques et proposition d'un réseau de surveillance. Contrat IFREMER-Bio-Littoral, 63p.
- Birkett D.A., Maggs C.A., Dring M.J., Boaden P.J.S., 1998. Infralittoral reef biotopes with kelp species. An overview of dynamic and sensitivity characteristics for conservation management of marine SACs, vol 4. UK Marine SACs Project, 1998,
- Cocaud A. et Barillé A.L. 2012. Etat de santé des masses d'eaux côtières dans le secteur Loire-Vilaine – année 2012, Rapport intermédiaire. Contrat ELV-Bio-Littoral, 60p.
- Derrien-Courtel S. et Le Gal A., 2010. Mise au point du protocole de suivi des macroalgues subtidales pour la façade Manche-Atlantique. Contrat IFREMER-MNHN, 37p.
- Derrien-Courtel S. et Le Gal A., 2012. Etat de santé des masses d'eaux côtières dans le secteur Loire-Vilaine – année 2012, Rapport intermédiaire. Contrat ELV-MNHN, 23p.
- Derrien-Courtel S., Le Gal A et Barillé A.L. 2011a. Etat de santé des masses d'eaux côtières dans le secteur Loire-Vilaine – année 2010. Contrat ELV-MNHN, 46p.
- Derrien-Courtel S., Le Gal A., De Casamajor M.-N., 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, ed. juin 2011, 26p
- Derrien-Courtel S, Gal A, Grall J (2013) Regional-scale analysis of subtidal rocky shore community. *Helgol Mar Res*: 1-16.doi:10.1007/s10152-013-0355-2
- Derrien-Courtel S., Le Gal A et Barillé A.L. 2012. Etat de santé des masses d'eaux côtières dans le secteur Loire-Vilaine – année 2011. Contrat ELV-MNHN, 90p.
- Derrien-Courtel S., Le Gal A., Mercier-Pécard M., Derrien R., Mercier N. et Decaris F.-X., 2007. Suivi DCE Stationnel - Station de référence- Région Bretagne - *Fonds subtidiaux rocheux faune/flore* - Année 2006. Contrat IFREMER-MNHN, 111p.
- Gruet Y., 1975. Répartition des laminaires (algues phéophycées) sur l'estran de la côte de Loire-Atlantique et du nord de la Vendée. *Bull. SC. Sc. Nat. Ouest de la France*, 73 : 101-109
- Gruet Y., 1989. Algues Loire Atlantique Vendée. ED. Bulletin de la Société des Sciences Naturelles de l'Ouest de la France, 90p.
- Kennelly S.J., 1987. Physical disturbances in an Australian kelp community. I. Temporal effects. *Mar Ecol Prog Ser* 40: 145-153
- Lilley S.A. et Schiel D.R., 2006. Community effects following the deletion of a habitat-forming alga from rocky marine shores. *Oceanologia* (148): 672-681
- Melville A.J. et Connell S.D., 2001. Experimental effects of kelp canopies on subtidal coralline algae. *Austral Ecol* (26): 102-108
- Müller R, Laepple T., Bartsch I., Wiencke C. 2009. Impact of oceanic warming on the distribution of seaweeds in polar and cold-temperate waters. *Bot Mar* 52 (6):617-638. doi:10.1515/bot.2009.080

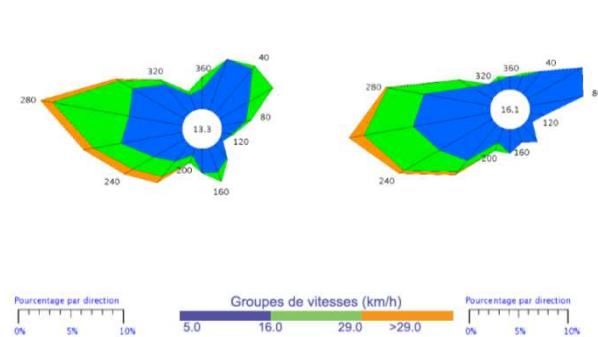
Annexes

Annexe 1 : Typologies des ceintures algales

Ceinture algale	Eau peu turbide		Eau très turbide
	Site exposé	Site abrité	
Frange infralittorale (facultative) =Niveau 1	Présence de <i>Laminaria digitata</i>	Présence de <i>Laminaria digitata</i> ou de <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>) densité $\geq 3/m^2$	Champs de <i>Cystoseira spp.</i> et <i>Halidrys siliquosa</i> ($\geq 3ind/m^2$)	<i>Sargassum muticum</i> et/ou <i>Halidrys siliquosa</i> , parfois associées avec <i>Laminaria hyperborea</i> , et/ou <i>Saccorhiza polyschides</i> ($\geq 3ind/m^2$). 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>) densité $<3/m^2$	Champs de <i>Solieria chordalis</i> ($<3ind/m^2$)	Rares <i>Sargassum muticum</i> et/ou <i>Halidrys siliquosa</i> éparses ($<3ind/m^2$). Abondance de l'algue rouge sciophile <i>Solieria chordalis</i> et de la faune fixée
Circalittoral côtier =Niveau 4	Absence de laminaires et présence d'algues sciaphiles (<i>Dictyopteris polypodioides</i> , <i>Rhodymenia pseudopalmata</i> ...), prédominance de la faune fixée	Absence de <i>Solieria chordalis</i> et présence d'algues sciaphiles (<i>Dictyopteris polypodioides</i> , <i>Rhodymenia pseudopalmata</i> ...), prédominance de la faune fixée	Dominance de la faune fixée, algues foliacées rares
Circalittoral du large =Niveau 5	Algues dressées absentes. Apparition de faune sciophile	Algues dressées absentes. Apparition de faune sciophile	Dominance de la faune fixée, algues dressées absentes

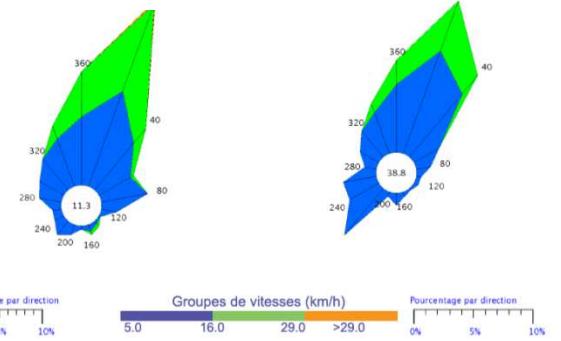
Annexe 2 : Régime des vents dans la région Pays de la Loire
 (Données Météo France)

Janvier 2012



La Roche/Yon (85)

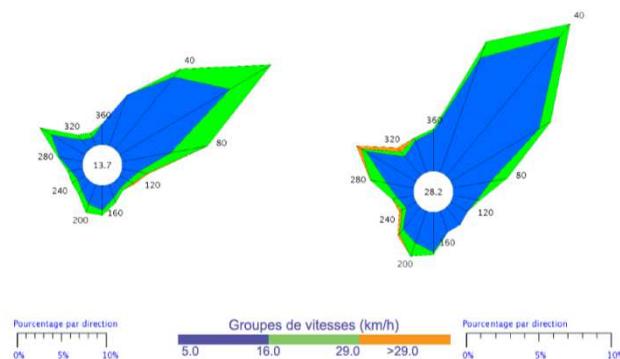
Février 2012



La Roche/Yon (85)

Le Mans (72)

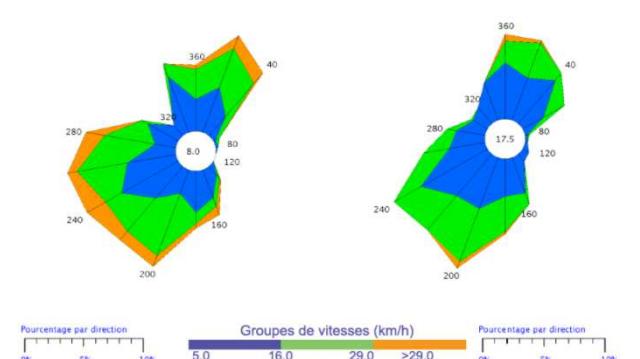
Mars 2012



Nantes (44)

Rose des vents

Avril 2012



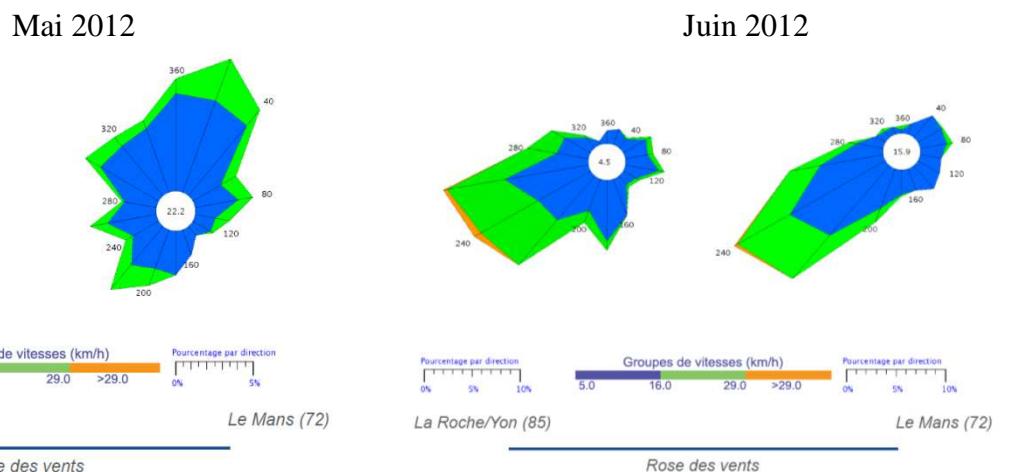
Angers (49)

La Roche/Yon (85)

Le Mans (72)

Rose des vents

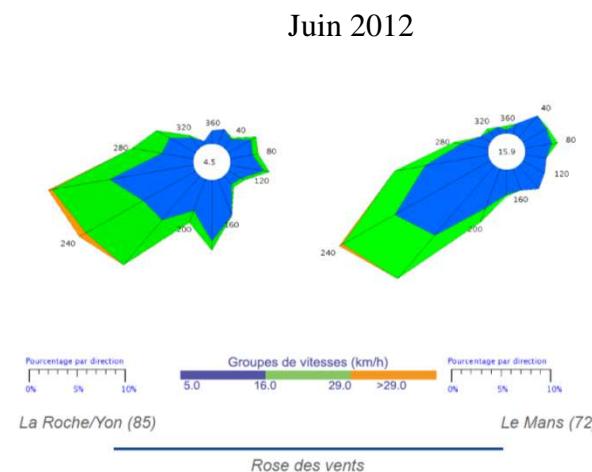
Rose des vents



Angers (49)

Le Mans (72)

Rose des vents



La Roche/Yon (85)

Le Mans (72)

Rose des vents