



*Etat de santé
des masses d'eaux côtières dans le
secteur Loire-Vilaine avec l'indicateur
DCE « Macroalgues subtidales »*

Année 2010

RAPPORT :

du MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE
Département Milieux et Peuplements Aquatiques
Station de Biologie Marine de CONCARNEAU
et de BIO-LITTORAL - Université de Nantes

Mai 2011



Concarneau



Bio-Littoral

Programme financé par



Organisme coordinateur : Station de Biologie Marine de Concarneau, MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE – DEPARTEMENT MILIEUX ET PEUPLEMENTS AQUATIQUES
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 :

- Dr DERRIEN-COURTEL Sandrine, Chargée de Recherche (MNHN Concarneau)

Rédaction :

- DERRIEN-COURTEL Sandrine (MNHN Concarneau)
- LE GAL Aodren (MNHN Concarneau)
- BARILLÉ Anne-Laure (Bio-Littoral)

Références bibliographiques de ce rapport :

DERRIEN-COURTEL S., LE GAL A. et BARILLE A.-L. (2011). Etat de santé des masses d'eaux côtières dans le secteur Loire-Vilaine – année 2010. Contrat ELV-MNHN, 46p.

1	Introduction.....	6
2	Protocole d'étude 2010	8
2.1	Stratégie d'échantillonnage retenue par ELV en 2010	8
2.2	Protocole d'échantillonnage et d'évaluation de « l'état de santé » des masses d'eaux	10
2.2.1	Protocole d'échantillonnage	10
2.2.2	Evaluation de « l'état de santé » des sites.....	10
3	Résultats du suivi 2010	11
3.1	Présentation des résultats par sites	11
3.1.1	Ile Dumet	11
3.1.2	Bonen du Four	13
3.1.3	La Pointe du Croisic	15
3.1.4	Penchâteau	17
3.1.5	Bagueneau.....	19
3.1.6	La Banche nord.....	21
3.1.7	La Banche sud.....	23
3.1.8	La Pointe Saint Gildas	25
3.1.9	Ile du Pilier	27
4	Discussion des résultats à l'échelle de l'ensemble du secteur d'étude.....	29
4.1.1	Limite d'extension en profondeur des ceintures algales.....	29
4.1.2	Densité et composition de la strate arbustive	29
4.1.3	Etat de santé des sites de suivi ELV : Comparaison des résultats des suivis 2009 et 2010	31
5	Conclusions sur les deux années 2009 - 2010.....	41
6	Apport du suivi ELV à la problématique DCE et REBENT	41
7	Intérêt du suivi ELV pour les problématiques de conservation des habitats	43
8	Intérêt du suivi ELV pour une gestion intégrée du littoral.....	43
9	Perspectives – 2011-2012	44
	Bibliographie	44

Liste des figures

Figure 1 : Emprise géographique du projet.....	6
Figure 2 : Positionnement des transects de suivi des zones de laminaires dans le projet d'étude 2009.....	8
Figure 3 : Positionnement des stations de suivi 2010 des zones de laminaires dans le projet d'étude ELV	9
Figure 4 : Calcul de l'indice de qualité du site	10
Figure 5 : Ile Dumet : Evolution de l'extension en profondeur des limites des ceintures algales.....	11
Figure 6 : Ile Dumet : Evolution de la composition de la strate arbustive selon le niveau	11
Figure 7 : Ile Dumet : Etat de santé du site en 2010 selon l'indicateur macroalgues subtidales.....	12
Figure 8 : Bonen du Four : Evolution de l'extension en profondeur des limites des ceintures algales.....	13
Figure 9 : Bonen du Four : Evolution de la composition de la strate arbustive selon le niveau	13
Figure 10 : Bonen du Four : Etat de santé du site selon l'indicateur macroalgues subtidales	14
Figure 11 : Pointe du Croisic : Evolution de l'extension en profondeur des limites des ceintures algales	15
Figure 12 : Pointe du Croisic : Evolution de la composition de la strate arbustive selon le niveau.....	15
Figure 13 : Pointe du Croisic : Etat de santé du site selon l'indicateur macroalgues subtidales.....	16
Figure 14 : Penchâteau : Evolution de l'extension en profondeur des limites des ceintures algales	17
Figure 15 : Penchâteau : Evolution de la composition de la strate arbustive selon le niveau	17
Figure 16 : Penchâteau : Etat de santé du site selon l'indicateur macroalgues subtidales	18
Figure 17 : Bagueneau : Evolution de l'extension en profondeur des limites des ceintures algales	19
Figure 18 : Bagueneau : Evolution de la composition de la strate arbustive selon le niveau.....	19
Figure 19 : Bagueneau : Etat de santé du site selon l'indicateur macroalgues subtidales.....	20
Figure 20 : La Branche nord : Evolution de l'extension en profondeur des limites des ceintures algales	21
Figure 21 : La Branche nord : Evolution de la composition de la strate arbustive selon le niveau.....	21
Figure 22 : La Branche nord : Etat de santé du site selon l'indicateur macroalgues subtidales	22
Figure 23 : La Branche sud : Extension en profondeur des limites des ceintures algales	23
Figure 24 : La Branche sud : Composition de la strate arbustive selon le niveau	23
Figure 25 : La Branche sud : Etat de santé du site selon l'indicateur macroalgues subtidales.....	24
Figure 26 : La Pointe Saint Gildas : Extension en profondeur des limites des ceintures algales	25
Figure 27 : La Pointe Saint Gildas : Composition de la strate arbustive selon le niveau.....	25
Figure 28 : La Pointe Saint Gildas : Etat de santé du site selon l'indicateur macroalgues subtidales	26
Figure 29 : Ile du Pilier : Evolution de l'extension en profondeur des limites des ceintures algales.....	27
Figure 30 : Ile du Pilier : Evolution de la composition de la strate arbustive selon le niveau	27
Figure 31 : Ile du Pilier : Etat de santé du site selon l'indicateur macroalgues subtidales.....	28
Figure 32 : Limites d'extension en profondeur des ceintures algales sur l'ensemble du secteur d'étude en 2010	29
Figure 33 : Composition et densité de la strate arbustive de l'infralittoral supérieur	30
Figure 34 : Visualisation sur une image satellitale du 10 mars 2007 de la séparation des masses d'eau au niveau de la pointe de Saint Gildas et remontée du panache turbide de la Loire le long de la cote nord.....	31
Figure 35 : Résultats et évolution du suivi ELV entre 2009 et 2010.....	32
Figure 36 : Matière en suspension (MES) maximum en octobre 2004 dans la zone du Mor Braz.....	33
Figure 37 : Planche des courants de marée au fond dans le secteur du Mor Braz.....	34
Figure 38 : Evolution mensuelle du débit de la Vilaine mesuré à Rieux pont de Cran	35
Figure 39 : Evolution mensuelle des volumes d'eau lâchés par le barrage d'Arzal en 2009 et 2010.....	36
Figure 40 : Cycle de reproduction des laminaires.....	36
Figure 41 : Caractéristiques de la reproduction des trois principales espèces de laminaires rencontrées dans notre étude.....	37
Figure 42 : Situation géographique des activités anthropiques génératrices de turbidité dans la baie de Loire.....	37
Figure 43 : Volumes mensuels de sédiments rejetés sur le site de la Lambarde en 2009 et 2010.....	39
Figure 44 : Evolution des panaches turbides de la Loire et de la Vilaine sous influence de différents régimes de vent en période estivale.....	40

Liste des tableaux

Tableau 1 : Nombre de transects retenus par station	7
Tableau 2 : Opérateurs des sites de suivis.....	9
Tableau 3 : Grille de lecture de l'EQR	10

Liste des annexes

Annexe 1 : Typologies des ceintures algales	46
---	----

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
Aodren LE GAL (MNHN Concarneau)	Mise au point du protocole, saisie, traitement et mise en forme, rédaction
Anne-Laure BARILLE (Bio-Littoral)	Responsable de l'acquisition des données Bio-Littoral, Apports d'informations environnementales complémentaires, rédaction
Jean-Claude MENARD	Apports d'informations environnementales complémentaires
Hélène OGER-JEANNERET	Apports d'informations environnementales complémentaires, relecture
Elodie CATHERINE (MNHN Concarneau)	Traitement et mise en forme
Sandrine DERRIEN-COURTEL (MNHN Concarneau) Aodren LE GAL (MNHN Concarneau) François-Xavier DECARIS (MNHN Concarneau) René DERRIEN (MNHN Concarneau)	Relevés scientifiques en plongée MNHN-Concarneau
Anne-Laure BARILLE (Bio-Littoral) Nicolas HARIN (Bio-Littoral) Nicolas TRUHAUD (Bio-Littoral) Annaïk COCAUD (Bio-Littoral) Mathieu ORIENT (Bio-Littoral)	Relevés scientifiques en plongée Bio-Littoral

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.

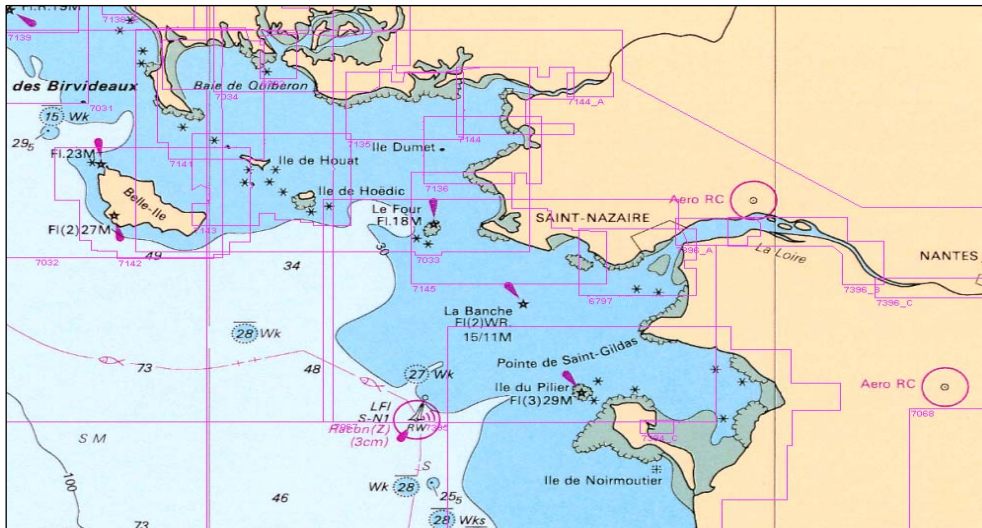


Figure 1: Emprise géographique du projet

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, lieux, 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 (Barillé et Derrien-Courtél, 2010). 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 du bio-indicateur laminaire. Le protocole utilisé dans l'étude ELV est basé sur celui élaboré par S. Derrien-Courtet et A. Le Gal (Derrien-Courtet et Le Gal, 2010) du MNHN de Concarneau pour la Directive Cadre sur l'Eau (DCE).

La stratégie d'échantillonnage adoptée visait 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 lamineux.

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-Courtet *et al.*, 2007) et inventaire des lamineux 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 Branche (cf. Figure 2).

qui nécessitent deux suivis complets sont ceux qui sont situés sous l'influence du panache de l'estuaire de la Loire. Un premier suivi est réalisé dans une zone exposée au panache et un second suivi est réalisé dans une zone qui est protégée du panache turbide.

Site d'étude	Masse d'eau DCE	Nb de transects analysés	Données antérieures
Ile Dumet	CG 44	1	Site DCE suivi par MNHN Concarneau
Pointe du Croisic	CG 45	1	Suivi par ELV
Plateau du Four - Bonen	CG 45	1	Site DCE suivi par MNHN Concarneau
Plateau du Four - Goué Vas	CG 45	1	Suivi par ELV
Penchâteau	CG 46	1	Suivi par ELV
Baguenaud	CG 46	2	Suivi par ELV
Plateau de la Branche	CG46	2	Site DCE suivi par Bio-Littoral et par ELV
Saint-Gildas	CG 46	1	Site DCE intertidal et suivi par Y Gruet 1975-1985
Ile du Pilier	CG 47	1	Site DCE suivi par Bio-Littoral

Tableau 1 : Nombre de transects retenus par station

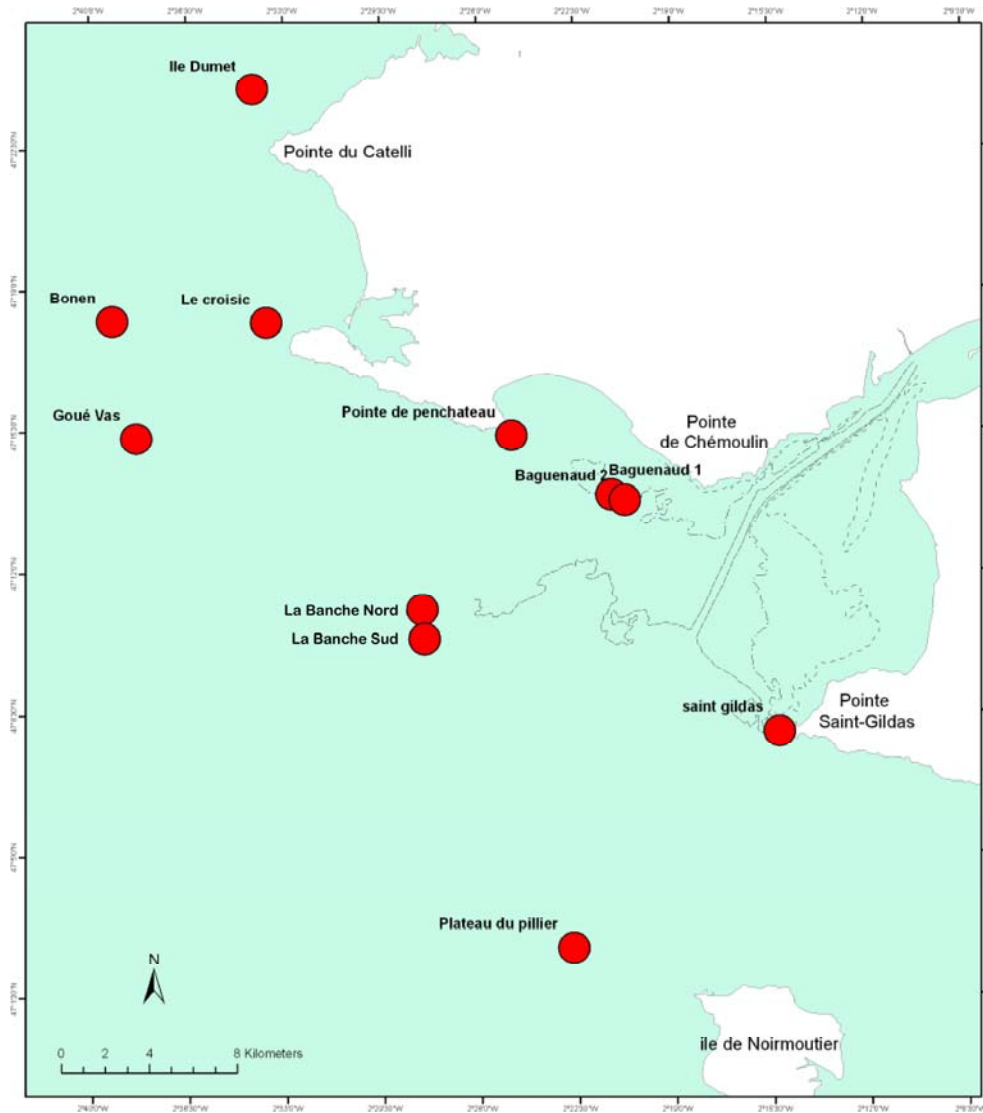


Figure 2 : Positionnement des transects de suivi des zones de laminaires dans le projet d'étude 2009

2 Protocole d'étude 2010

2.1 Stratégie d'échantillonnage retenue par ELV en 2010

Certaines stations échantillonnées par ELV en 2009 ont fait l'objet en 2010 d'un suivi analogue dans le cadre du programme de suivi DCE (Directive Cadre sur l'Eau) coordonné par Ifremer. Il s'agit d'un transect sur le plateau de la Banche et d'un transect de la station du Pilier. Ces stations n'ont donc pas été étudiées en 2010 par ELV. L'association a proposé de compléter la surveillance DCE existante en échantillonnant les autres stations (Figure 3) de manière à avoir une base de données sur au moins deux années consécutives, ce qui permettra d'apprécier la variabilité interannuelle des facteurs mesurés, et la pertinence des indicateurs utilisés. En accord avec Ifremer, les résultats acquis dans le cadre de la DCE par Bio-Littoral sont inclus dans ce rapport.

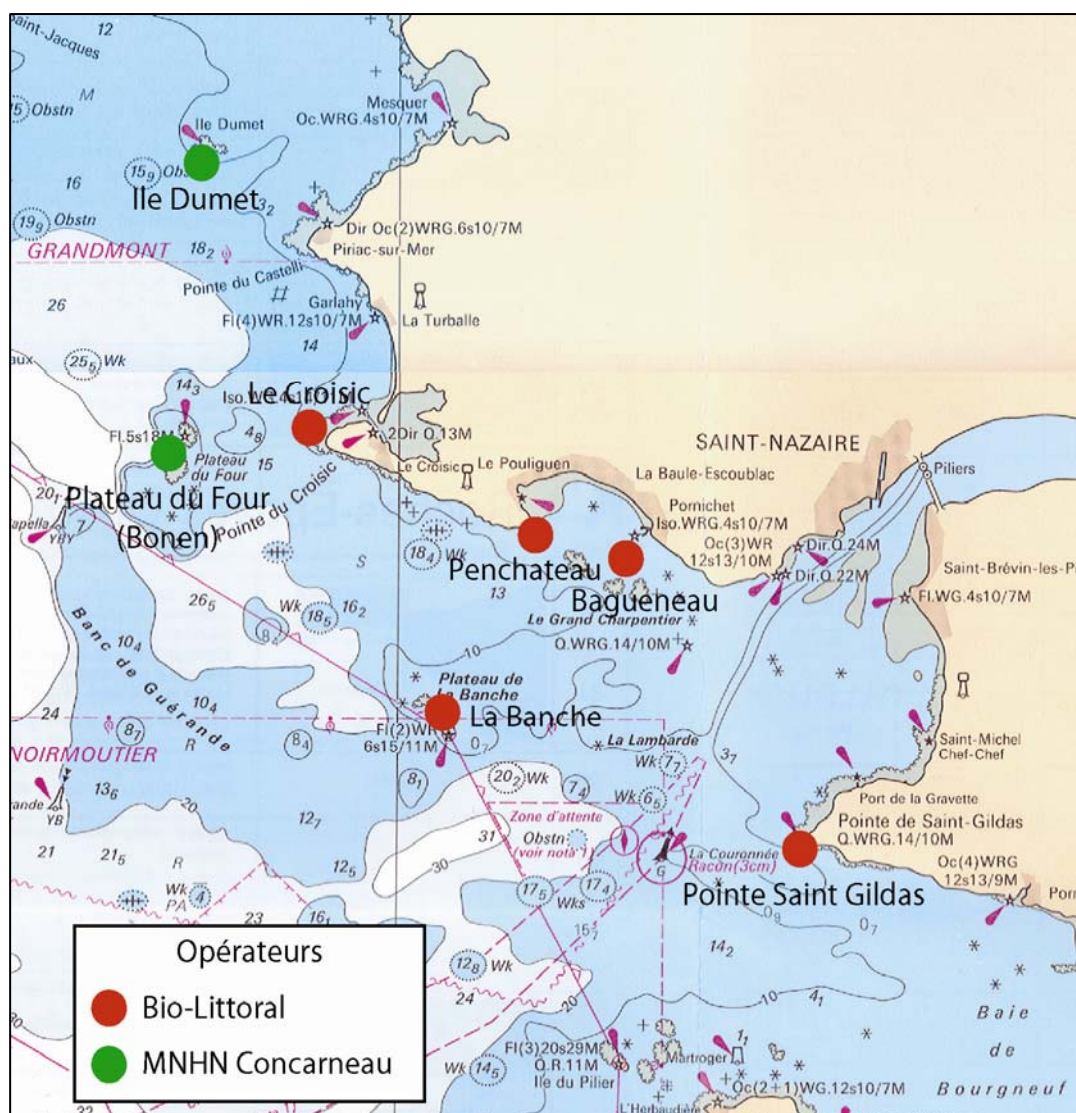


Figure 3 : Positionnement des stations de suivi 2010 des zones de laminaires dans le projet d'étude ELV

Site d'étude	Masse d'eau DCE	Nb de transects	SUIVI 2010
Ile Dumet	GC 44	1	Suivi par MNHN Concarneau
Pointe du Croisic	GC 45	1	Suivi par Bio-Littoral
Plateau du Four (Bonen)	GC 45	1	Suivi par MNHN Concarneau
Pointe de Penchâteau	GC 46	1	Suivi par Bio-Littoral
Bagueneau	GC 46	1	Suivi par Bio-Littoral
Plateau de la Banche	GC 46	1	Suivi par Bio-Littoral
Pointe de Saint-Gildas	GC 46	1	Suivi par Bio-Littoral

Tableau 2 : Opérateurs des sites de suivis

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

2.2.1 Protocole d'échantillonnage

Le protocole d'échantillonnage et d'évaluation de « l'état de santé » des sites de suivi est réalisé conformément à celui utilisé dans le cadre du suivi de l'indicateur macroalgues subtidales pour la Directive Cadre Européenne sur l'Eau (Derrien-Courtet et Le Gal, 2009) consultable à l'adresse suivante :

<http://wwwz.ifremer.fr/dce/content/download/16113/239866/file/DCE%202010%20Derrien%20et%20Le%20Gal.pdf>.

2.2.2 Evaluation de « l'état de santé » des sites

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.

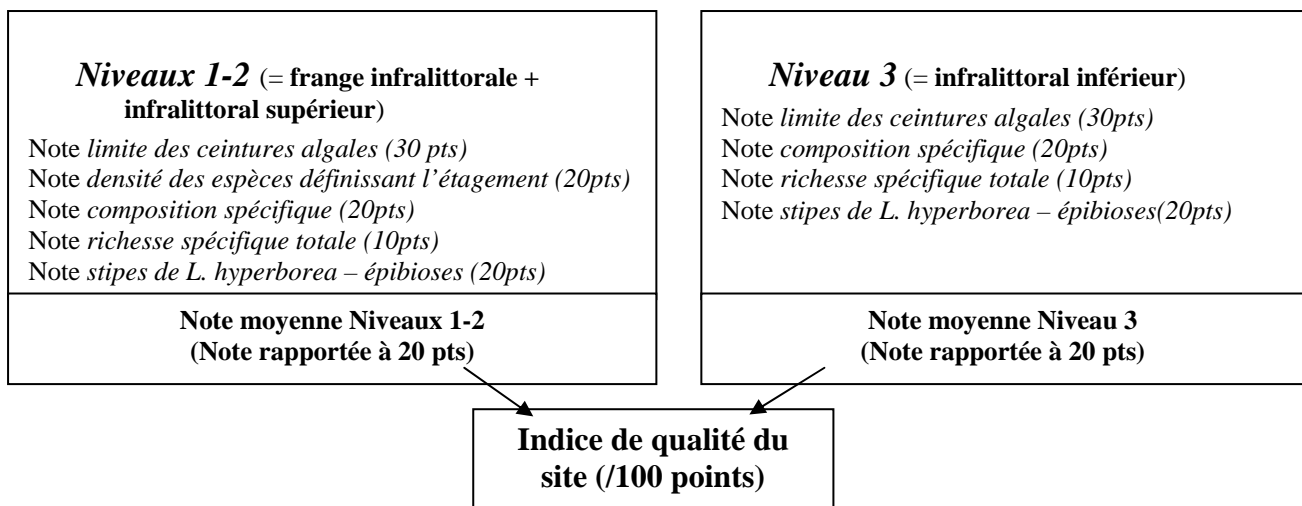


Figure 4 : Calcul de l'indice de qualité du site

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 sites d'eau peu turbide soumis à l'influence sédimentaire [on rappellera toutefois que ce sont bien les listes d'espèces définies pour chaque éco-région 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[Très mauvais
	[0,25 ; 0,45[Mauvais
	[0,45 ; 0,65[Moyen
	[0,65 ; 0,85[Bon
	[0,85 ; 1]	Très bon

Tableau 3 : Grille de lecture de l'EQR

3 Résultats du suivi 2010

3.1 Présentation des résultats par sites

3.1.1 Ile Dumet

a) Limite d'extension en profondeur des ceintures algales

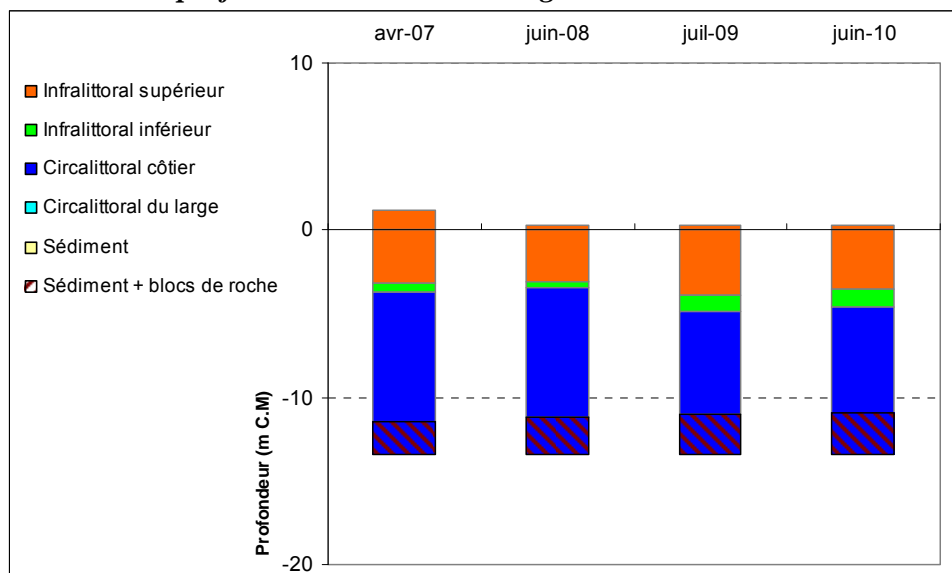


Figure 5 : Ile Dumet : Evolution de l'extension en profondeur des limites des ceintures algales

Les résultats de 2010 témoignent d'une stabilité au niveau de l'étagement des ceintures algales. Le site présente un étage infralittoral étroit puis un étage circalittoral qui, jusqu'au sédiment, colonise l'ensemble du substrat rocheux disponible.

b) Densité et composition de la strate arbustive

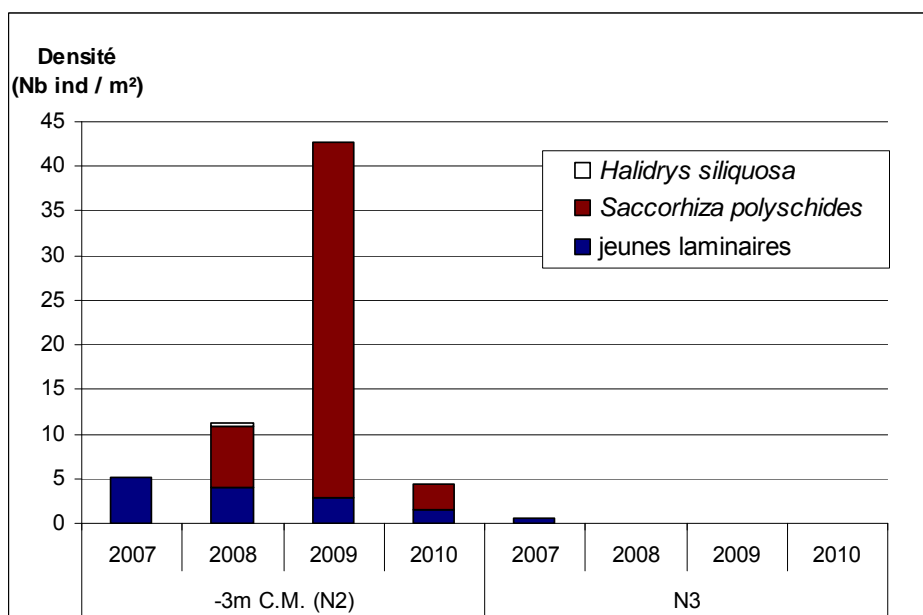


Figure 6 : Ile Dumet : Evolution de la composition de la strate arbustive selon le niveau

L'étude de la strate arbustive montre une très nette diminution de la densité des laminaires *Saccorhiza polyschides* au sein de l'infralittoral supérieur par rapport à la situation de 2009. Au vue des données antérieures, il semble que l'année 2009 fut très favorable pour le développement de cette laminaire annuelle.

c) Etat de santé du site

Niveau 2	
Note ceinture (/30pts)	8,4
Note densité espèces structurantes (/20 pts)	0
Note composition spécifique (/20 pts)	0
Note diversité (/10 pts)	2,5
Note stipe (/20 pts)	
Total	10,9
Barème	80
Note niveau 2	2,7

Niveau 3	
Note ceinture (/30pts)	9,3
Note composition spécifique (/20 pts)	0
Note diversité (/10 pts)	0
Note stipe (/20 pts)	
Total	9,3
Barème	60
Note niveau 3	3,1

I.Q.	14,6
EQR	0,26
Valeur de réf	56,8

Figure 7 : Ile Dumet : Etat de santé du site en 2010 selon l'indicateur macroalgues subtidales

Le site de l'Ile Dumet obtient de justesse un classement dans la catégorie « mauvais état » (la limite entre un état très mauvais et mauvais est à 0,25). On remarque les très mauvaises notes obtenues sur les paramètres « composition spécifique » et « diversité ».

3.1.2 Bonen du Four

a) Limite d'extension en profondeur des ceintures algales

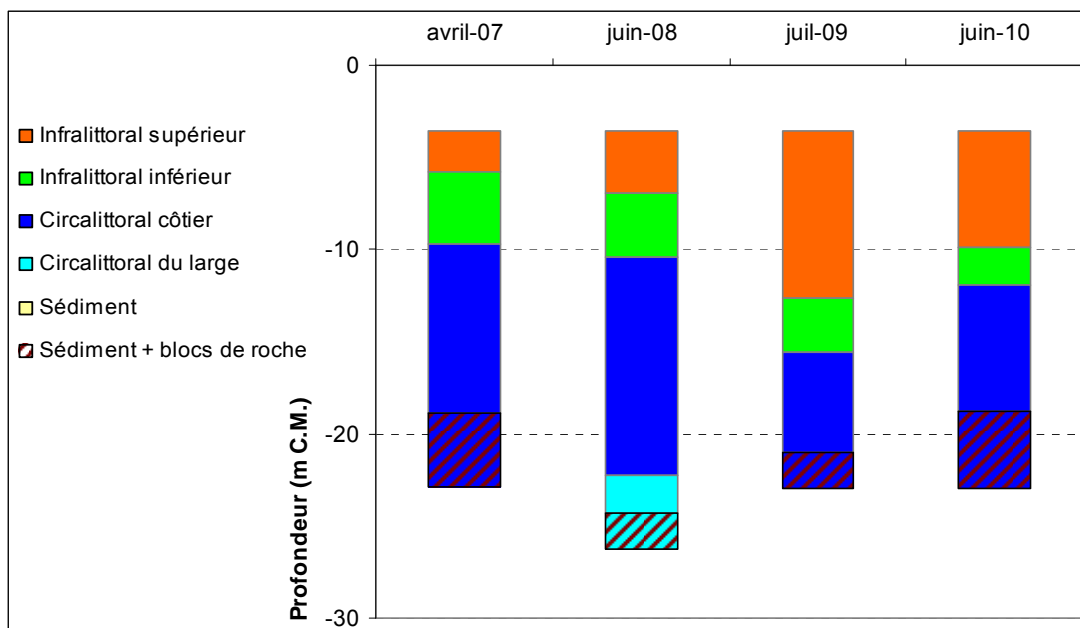


Figure 8 : Bonen du Four : Evolution de l'extension en profondeur des limites des ceintures algales

Par rapport à la situation de 2009, on observe une remontée des ceintures algales en 2010. L'infralittoral supérieur s'étend jusqu'à -9,9m contre -12,7m C.M. l'année précédente. Les laminaires clairsemées occupent une zone anciennement colonisée par des laminaires denses entre -9,9 et -12,0m C.M.. Le circalittoral côtier est remonté de 3,5m et occupe le reste du substrat rocheux disponible.

b) Densité et composition de la strate arbustive

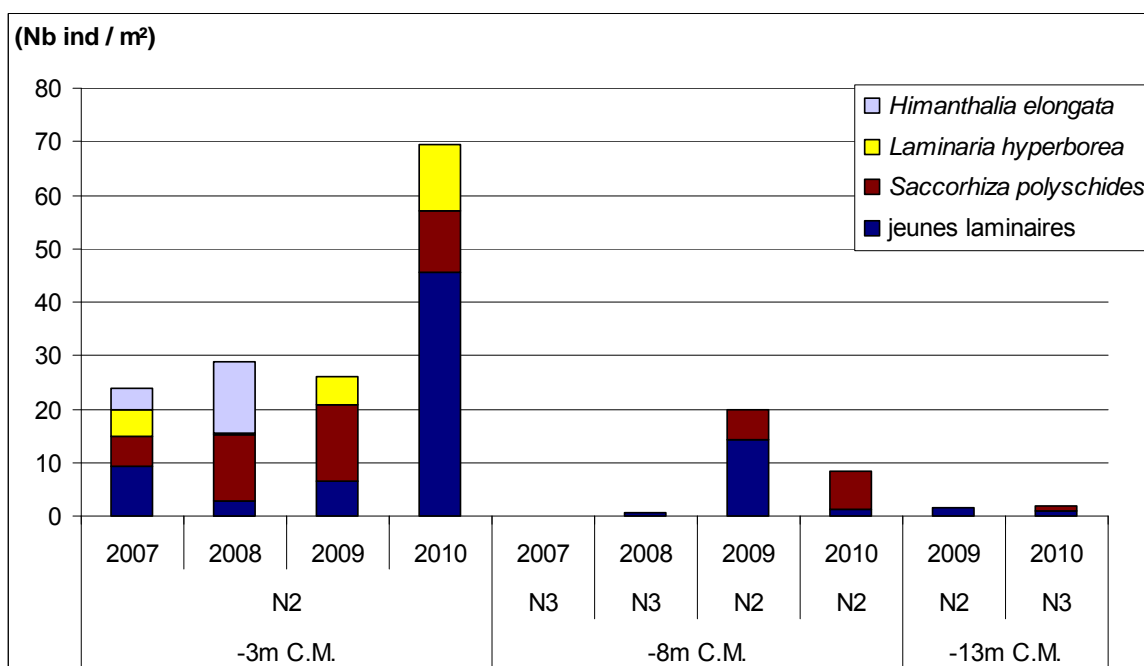


Figure 9 : Bonen du Four : Evolution de la composition de la strate arbustive selon le niveau

La densité de la strate arbustive a évolué différemment selon les bathymétries.

Au -3 m C.M., celle-ci a fortement augmenté en raison d'un important recrutement de laminaires juvéniles (45,6 en 2010 contre 6,4 ind/m² en 2009) et au développement des *Laminaria hyperborea* (12,4 en 2010 contre 5,2 ind/m²). La laminaire annuelle *Saccorhiza polyschides* à l'état adulte se maintient avec une densité proche de celle de 2009.

Concernant le -8m C.M., la densité totale des algues arbustives a diminué. Ceci s'explique par un nombre moins important de jeunes laminaires. *Saccorhiza polyschides* est toujours la seule laminaire identifiée au-delà du -3m C.M..

Enfin, au -13m C.M., aucun changement significatif n'apparaît.

c) Etat de santé du site

Niveau 2	
Note ceinture (/30pts)	23,7
Note densité espèces structurantes (/20 pts)	20
Note composition spécifique (/20 pts)	7,5
Note diversité (/10 pts)	5
Note stipe (/20 pts)	0
Total	56,2
Barème	100
Note niveau 2	11,2

Niveau 3	
Note ceinture (/30pts)	24,4
Note composition spécifique (/20 pts)	7,5
Note diversité (/10 pts)	2,5
Note stipe (/20 pts)	
Total	34,4
Barème	60
Note niveau 3	11,5

I.Q.	56,7
EQR	1,00
Valeur de réf	56,8

Figure 10 : Bonen du Four : Etat de santé du site selon l'indicateur macroalgues subtidales

Le site de Bonen du Four obtient un EQR de 1, ce qui traduit une « très bonne qualité » du site, au même niveau que les sites de références. Ce résultat est essentiellement dû aux bonnes notes de « ceintures » et de « densité des algues structurantes ».

3.1.3 La Pointe du Croisic

a) Limite d'extension en profondeur des ceintures algales

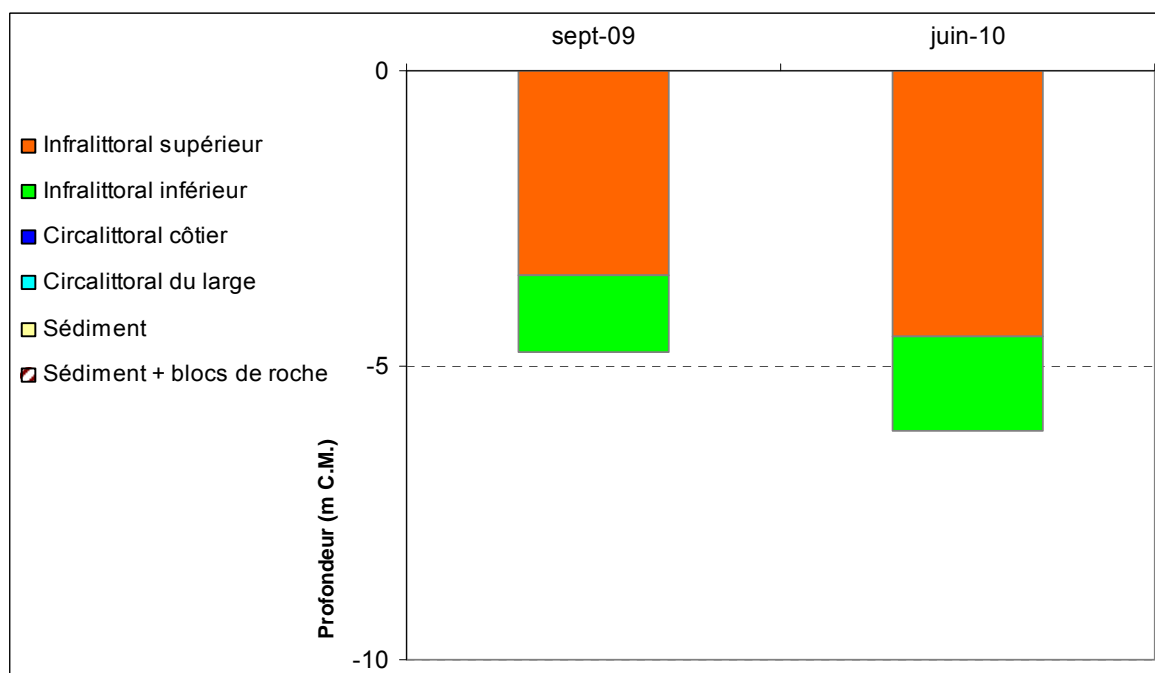


Figure 11 : Pointe du Croisic : Evolution de l'extension en profondeur des limites des ceintures algales

Par rapport à la situation de 2009, on remarque une légère extension en profondeur de l'infralittoral supérieur. Concernant l'infralittoral inférieur, sa limite inférieure n'a pas été observée en raison d'une longueur trop importante du transect.

b) Densité et composition de la strate arbustive

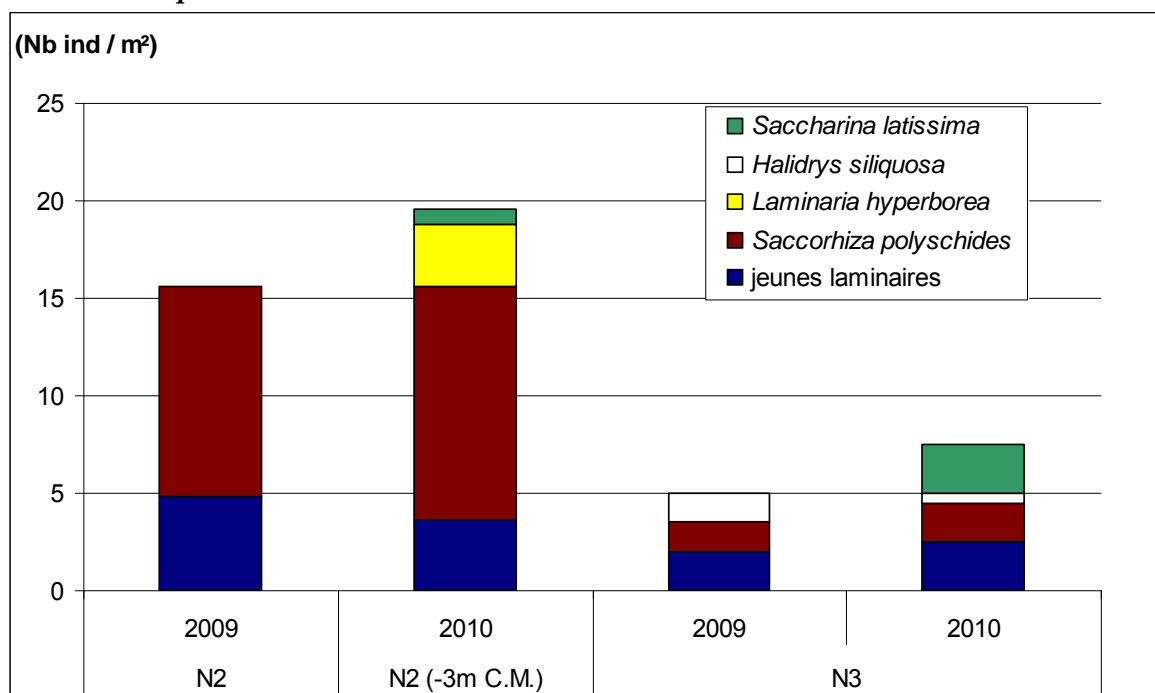


Figure 12 : Pointe du Croisic : Evolution de la composition de la strate arbustive selon le niveau

Par rapport à l'année précédente, la densité de la strate arbustive a un peu augmenté dans l'ensemble de l'infralittoral. Cette augmentation est due à l'apparition de *Saccharina latissima* au sein des 2 niveaux et de *Laminaria hyperborea* dans l'infralittoral supérieur. On notera aussi une sensible diminution de la densité d'*Halidrys siliquosa* dans le niveau 3, en 2010.

c) Etat de santé du site

Niveau 2	
Note ceinture (/30pts)	10,8
Note densité espèces structurantes (/20 pts)	5
Note composition spécifique (/20 pts)	5
Note diversité (/10 pts)	2,5
Note stipe (/20 pts)	
Total	23,3
Barème	80
Note niveau 2	5,8

Niveau 3	
Note ceinture (/30pts)	12,4*
Note composition spécifique (/20 pts)	7,5
Note diversité (/10 pts)	5
Note stipe (/20 pts)	
Total	12,5
Barème	30
Note niveau 3	8,3

I.Q.	35,4
EQR	0,62
Valeur de réf	56,8

Figure 13 : Pointe du Croisic : Etat de santé du site selon l'indicateur macroalgues subtidales
a) Notes 2010

*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 0,62, ce qui traduit une « qualité moyenne » du site. L'ensemble des paramètres pris en compte montre des résultats moyens.

On peut s'interroger sur cette dégradation du Croisic (la note était de 0,72 en 2009 contre 0,62 en 2010), alors que certains paramètres semblent annoncer une amélioration (descente en profondeur des ceintures algales par exemple : cf. Figure 11). En fait, cette note chute essentiellement du fait des très mauvaises notes de composition spécifique en 2010 par rapport à 2009 (cf Figure 13 b). En effet, en 2009, le site obtient 12,5 et 17,5 /20pts respectivement pour les niveaux 2 et 3, alors qu'en 2010 les notes sont seulement de 5 et 7,5/20pts. D'autre part, l'augmentation de la strate arbustive est très faible, il faudrait plus de 20ind/m² pour gagner des points, ce qui n'est pas le cas...

	2009	2010
Niveau 2		
Note ceinture	8,3	10,8
Note densité espèces structurantes	5	5
Note composition spécifique	12,5	5
Note diversité	0	2,5
Note stipe		
Total	25,8	23,3
Barème	80	80
Note sur 20	6,5	5,8

Niveau 3		
Note ceinture	9,8	
Note densité espèces structurantes		12,4*
Note composition spécifique	17,5	7,5
Note diversité	2,5	5
Note stipe		
Total	29,8	12,5
Barème	60	30
Note sur 20	9,9	8,3

I.Q.	41,0	35,4
EQR	0,72	0,62
Valeur de réf	56,8	56,8

b) Comparaison des notes 2010 / 2009

3.1.4 Penchâteau

a) Limite d'extension en profondeur des ceintures algales

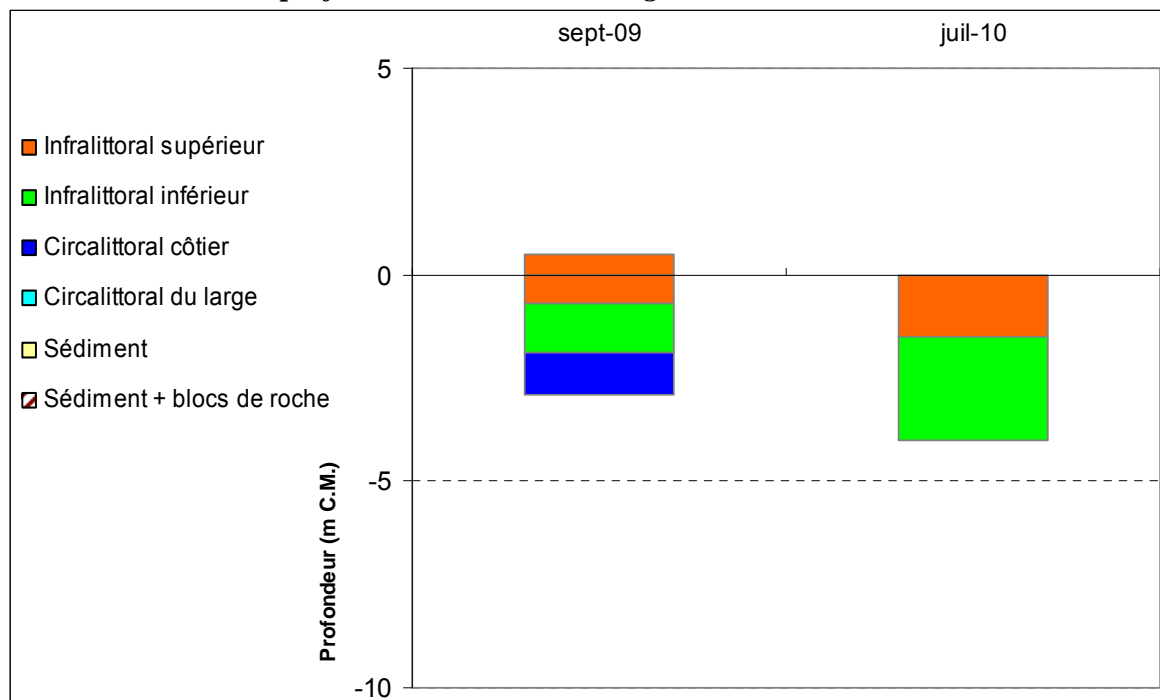


Figure 14 : Penchâteau : Evolution de l'extension en profondeur des limites des ceintures algales

En 2010, les ceintures de l'infralittoral atteignent des profondeurs plus importantes et on observe la disparition du circalittoral côtier remplacé par la ceinture à laminaires clairsemées. Ceci indique une amélioration.

b) Densité et composition de la strate arbustive

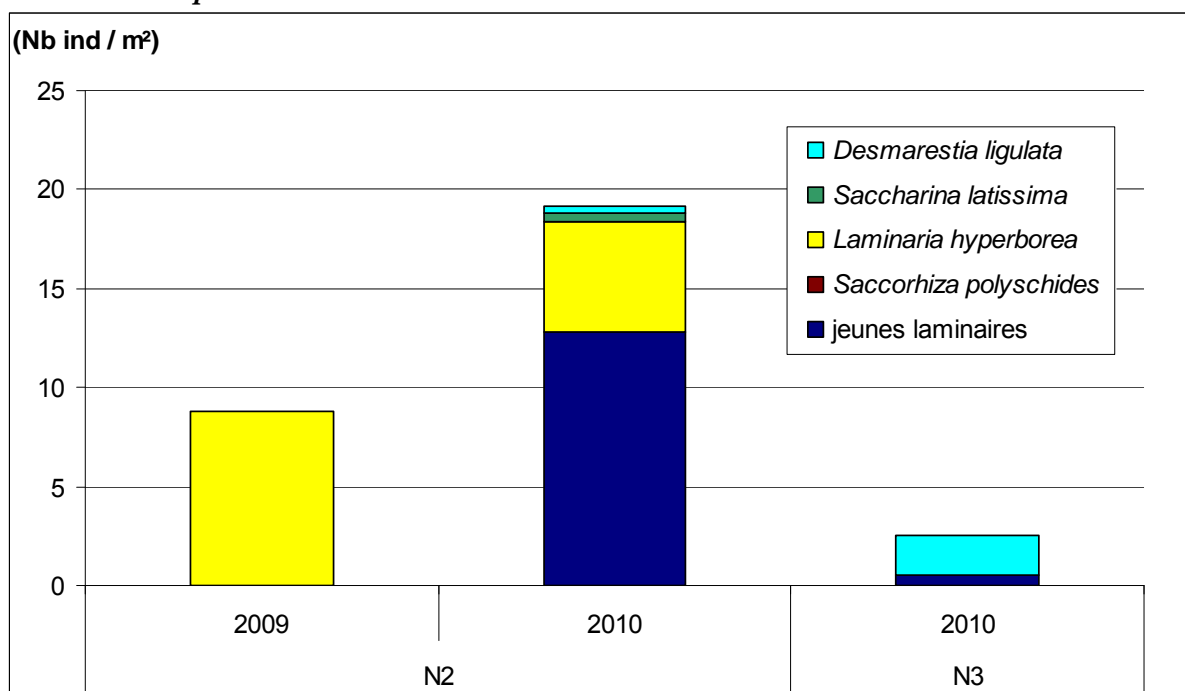


Figure 15 : Penchâteau : Evolution de la composition de la strate arbustive selon le niveau

En 2010, la strate arbustive de l'infra littoral supérieur présente une densité bien supérieure à celle de 2009. Les laminaires *Laminaria hyperborea* sont moins représentées mais on assiste à l'apparition d'une importante cohorte de laminaires juvéniles accompagnées de quelques *Desmarestia ligulata* et de *Saccharina latissima*. En 2009, l'infra littoral inférieur a été observé en dehors du transect et n'a donc pas fait l'objet d'un relevé quantitatif, c'est la raison pour laquelle les données 2009 du niveau 3 sont absentes de la Figure 15. Par contre, en 2010, des quadrats ont pu être réalisés dans le niveau 3. La strate arbustive se compose alors de rares jeunes laminaires et comparativement, de nombreuses *Desmarestia ligulata*.

c) *Etat de santé du site*

Niveau 2	
Note ceinture (/30pts)	3,6
Note densité espèces structurantes (/20 pts)	5
Note composition spécifique (/20 pts)	2,5
Note diversité (/10 pts)	2,5
Note stipe (/20 pts)	5
Total	18,6
Barème	80
Note niveau 2	4,7

Niveau 3	
Note ceinture (/30pts)	8,1*
Note composition spécifique (/20 pts)	2,5
Note diversité (/10 pts)	2,5
Note stipe (/20 pts)	
Total	13,1
Barème	60
Note niveau 3	4,4

I.Q.	22,6
EQR	0,40
Valeur de réf	56,8

Figure 16 : Penchâteau : Etat de santé du site selon l'indicateur macroalgues subtidales

*La limite inférieure de cette ceinture n'a pas été identifiée (transect trop long). 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 0,40, ce qui correspond à un «mauvais état» écologique. Aucun paramètre en particulier ne se distingue au niveau de ses résultats.

3.1.5 Bagueneau

a) Limite d'extension en profondeur des ceintures algales

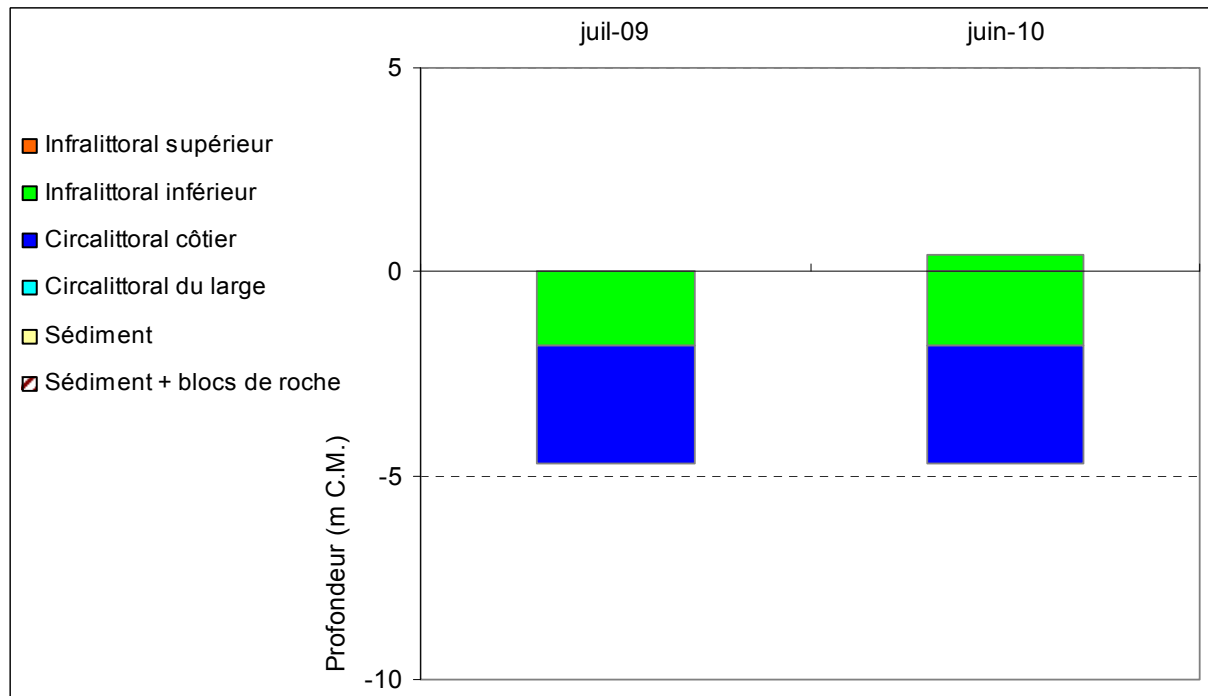


Figure 17 : Bagueneau : Evolution de l'extension en profondeur des limites des ceintures algales

Entre 2009 et 2010, le site de Bagueneau n'a pas du tout évolué du point de vue des ceintures algales. La ceinture de l'infra-littoral supérieur n'a jamais été identifiée sur ce site. Il n'y a donc visiblement pas d'évolution de la limite infra-littoral inférieure - circalittoral côtier.

b) Densité et composition de la strate arbustive

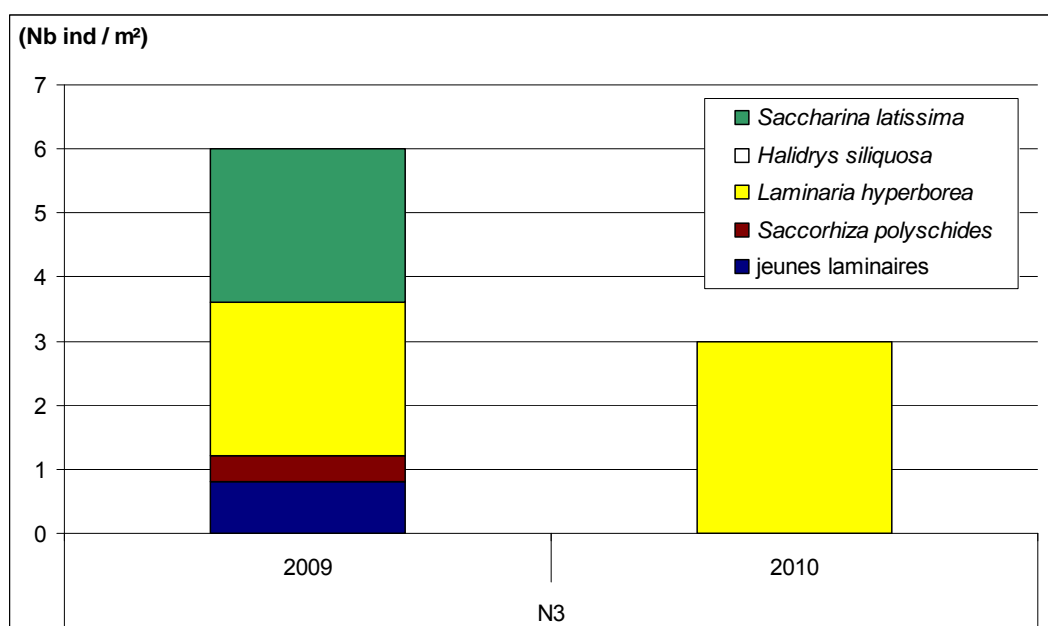


Figure 18 : Bagueneau : Evolution de la composition de la strate arbustive selon le niveau

Par rapport au relevé 2009, la strate arbustive du niveau 3 montre un certain nombre de changements. En effet, en 2010, celle-ci est composée uniquement de *Laminaria hyperborea* alors que *Saccorhiza polyschides* et *Saccharina latissima* et des jeunes laminaires étaient présentes l'année précédente.

c) *Etat de santé du site*

Niveau 2	
Note ceinture (/30pts)	
Note densité espèces structurantes (/20 pts)	
Note composition spécifique (/20 pts)	
Note diversité (/10 pts)	
Note stipe (/20 pts)	
Total	0,0
Barème	0
Note niveau 2	

Niveau 3	
Note ceinture (/30pts)	3,2
Note composition spécifique (/20 pts)	15
Note diversité (/10 pts)	2,5
Note stipe (/20 pts)	
Total	20,7
Barème	80
Note niveau 3	5,2

I.Q.	25,9
EQR	0,46
Valeur de réf	56,8

Figure 19 : Bagueneau : Etat de santé du site selon l'indicateur macroalgues subtidales

Avec un EQR de 0,46, le site de Bagueneau est classé de justesse dans la catégorie « moyen » (la limite entre un état mauvais et moyen est à 0,45). Malgré une « composition spécifique » favorable, la très mauvaise note de « ceinture » pénalise ce site.

3.1.6 La Banche nord

a) Limite d'extension en profondeur des ceintures algales

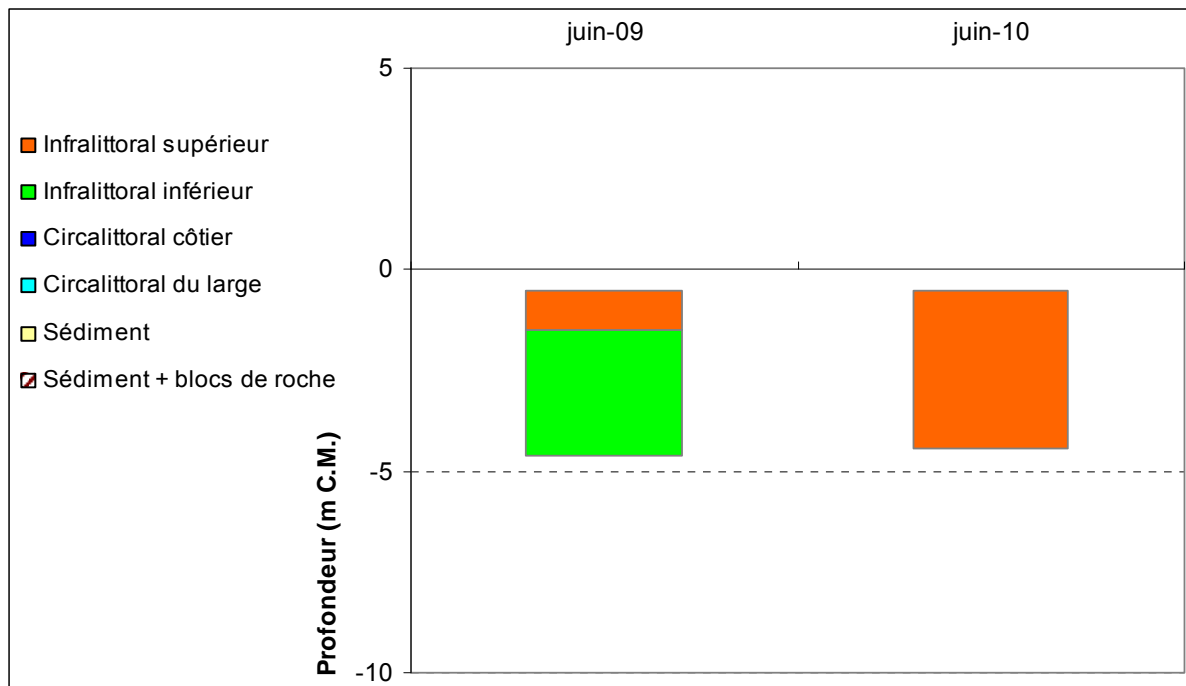


Figure 20 : La Banche nord : Evolution de l'extension en profondeur des limites des ceintures algales

Par rapport à la situation de 2009, on note la disparition de l'infralittoral inférieur qui est remplacé par une ceinture à laminaires denses qui occupe désormais l'ensemble du substrat disponible.

b) Densité et composition de la strate arbustive

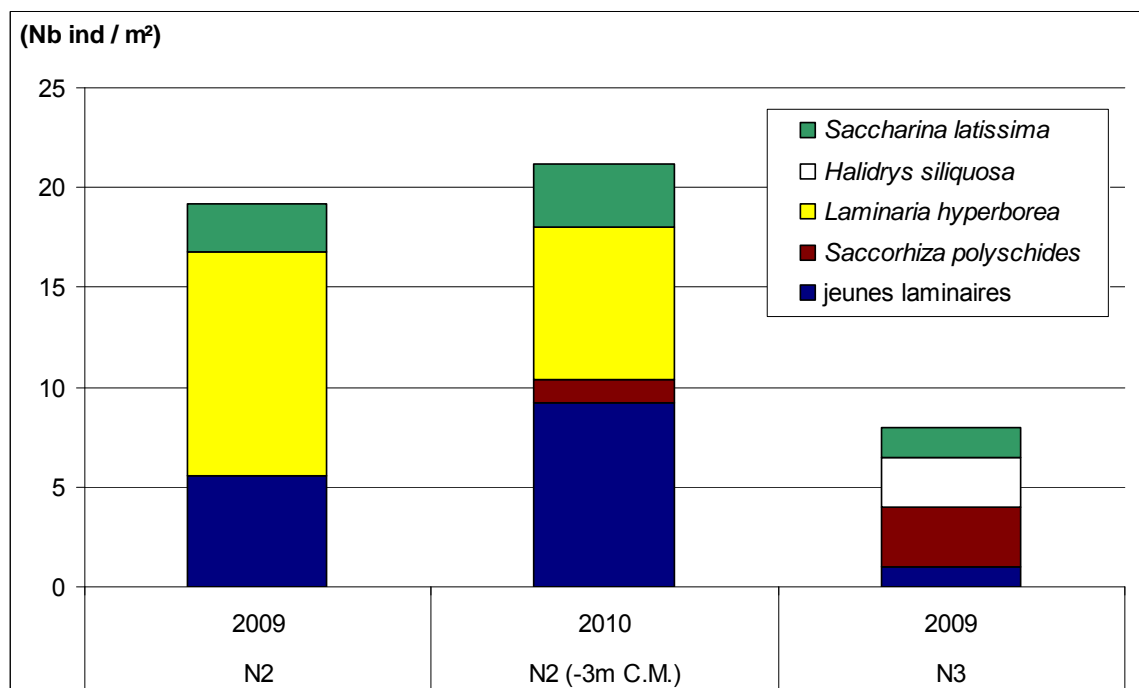


Figure 21 : La Banche nord : Evolution de la composition de la strate arbustive selon le niveau

Par rapport au relevé 2009, la strate arbustive de l'infralittoral supérieure présente une densité légèrement supérieure. Les jeunes laminaires et dans une moindre mesure *Saccharina latissima* sont plus nombreuses en 2010 alors que les laminaires *Laminaria hyperborea* ont un peu régressé. On relève également l'apparition de *Saccorhiza polyschides*.

c) *Etat de santé du site*

Niveau 2	
Note ceinture (/30pts)	9,5*
Note densité espèces structurantes (/20 pts)	5
Note composition spécifique (/20 pts)	2,5
Note diversité (/10 pts)	5
Note stipe (/20 pts)	15
Total	27,5
Barème	70
Note niveau 2	7,9

Niveau 3	Absent
----------	--------

I.Q.	39,3
EQR	0,69
Valeur de réf	56,8

Figure 22 : 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.

Le site de la Banche nord est classé en « bon état » grâce à un EQR de 0,69. La bonne note obtenue pour le paramètre « stipes de *Laminaria hyperborea* » explique en partie ce résultat.

3.1.7 La Banche sud

a) Limite d'extension en profondeur des ceintures algales

Le transect étudié en 2010 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. Pour autant, les résultats présentés ici sont ceux des deux transects, mais lors des prochains relevés, il faudra bien veiller à ce que ce soit bien le 2nd transect qui serve désormais de référence.

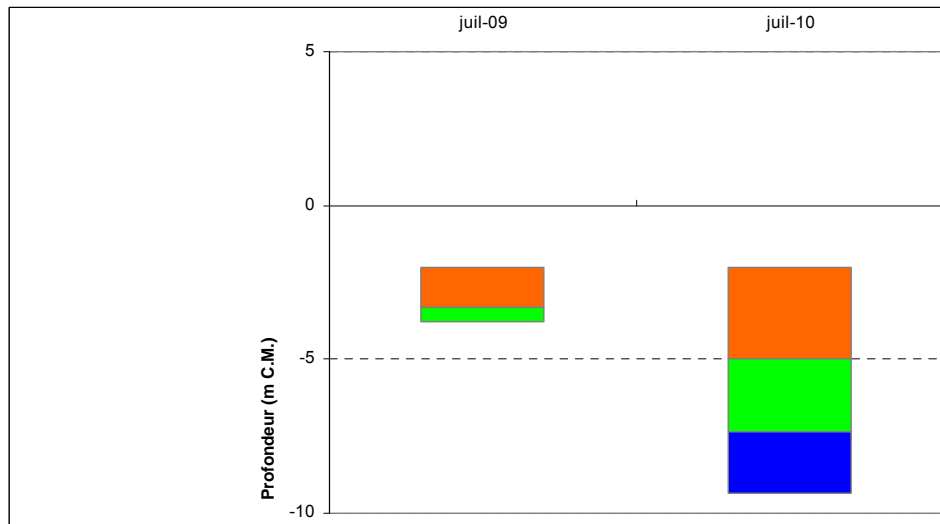


Figure 23 : La Banche sud : Extension en profondeur des limites des ceintures algales

Entre 2009 et 2010, le site de la Banche sud connaît une forte évolution au niveau de l'étagement de ses ceintures algales. La zone à laminaires denses s'étend jusqu'à -5m C.M., soit 3m en dessous de l'ancienne limite. L'infralittoral inférieur se retrouve repoussé en profondeur. Les dernières laminaires atteignent -7,4m C.M. Le reste du substrat rocheux disponible est occupé par le circalittoral côtier.

b) Densité et composition de la strate arbustive

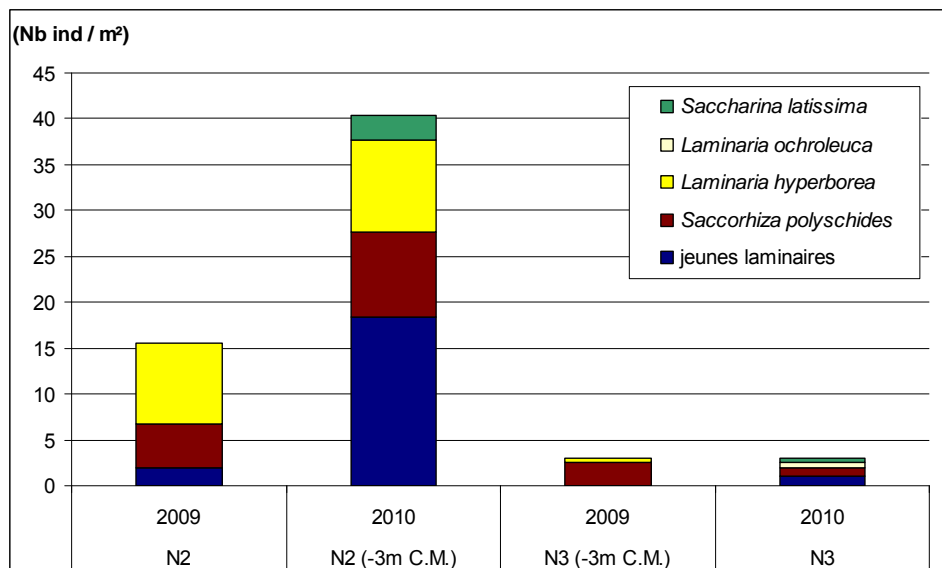


Figure 24 : La Banche sud : Composition de la strate arbustive selon le niveau

La figure 24 souligne les importants changements de densité qui sont intervenus au sein de la strate arbustive au -3m C.M., passant en effet de 3 à 40,4 ind/m². Les lamineuses *Laminaria hyperborea* et *Saccorhiza polyschides* ainsi que les jeunes lamineuses indéterminées, déjà présentes en 2009, ont vu leur densité fortement augmenter. Parallèlement, quelques individus de *Saccharina latissima* sont apparus, le transect de 2010 traverse peut-être davantage de « cuvettes » de sédiments, favorisant ainsi le développement de cette espèce de lamineuse. Enfin, concernant l'infralittoral inférieur, on retrouve les mêmes algues que dans le niveau 2, mais avec des densités bien moins importantes.

c) Etat de santé du site

Niveau 2	
Note ceinture (/30pts)	12,0
Note densité espèces structurantes (/20 pts)	15
Note composition spécifique (/20 pts)	15
Note diversité (/10 pts)	2,5
Note stipe (/20 pts)	12,5
Total	57,0
Barème	100
Note niveau 2	11,4

Niveau 3	
Note ceinture (/30pts)	15,1
Note composition spécifique (/20 pts)	7,5
Note diversité (/10 pts)	5
Note stipe (/20 pts)	
Total	27,6
Barème	80
Note niveau 3	6,9

I.Q.	45,7
EQR	0,81
Valeur de réf	56,8

Figure 25 : La Branche sud : Etat de santé du site selon l'indicateur macroalgues subtidales

Avec un EQR de 0,81, le site de La Branche sud est classé dans la catégorie « bon état ». Ce résultat s'explique par les bonnes notes obtenues pour la « densité des algues structurantes » et la « composition spécifique » au niveau de l'infralittoral supérieur.

3.1.8 La Pointe Saint Gildas

Pour la pointe Saint Gildas, le transect 2009 a été réalisé à pied, en traversant le platier avec les bouteilles sur le dos. Ce premier transect était donc la continuité sous l'eau du platier intertidal, tandis que le transect plus au large réalisé en 2010 par bateau est un relief plus profond. En 2010, la zone prospectée en 2009 était continuellement dans la zone de déferlement ; à la troisième tentative, Bio-Littoral a donc choisi de décaler le transect plus au large. Le transect étudié en 2010 n'étant pas le même que celui de 2009, aucune comparaison ne sera donc faite. Les résultats présentés sont ceux de l'année 2010, mais nous rappellerons toutefois ceux obtenus en 2009 dans le premier transect. Là aussi, le « transect -2 » de 2010 sera donc à privilégier pour les suivis à venir.

a) Limite d'extension en profondeur des ceintures algales

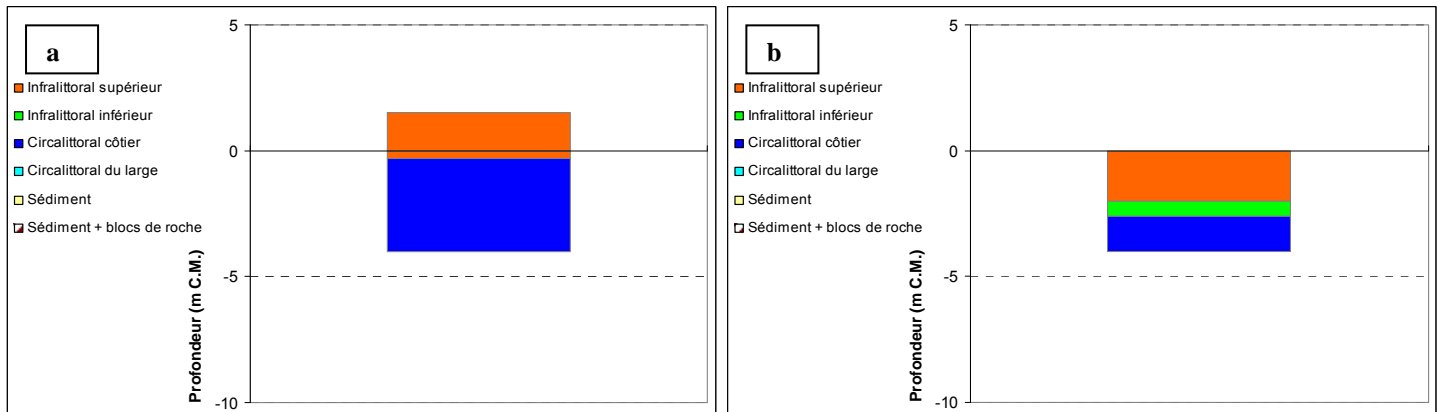


Figure 26 : La Pointe Saint Gildas : Extension en profondeur des limites des ceintures algales
a) transect-1 (2009), b) transect-2 (2010)

En 2010, l'infralittoral supérieur atteint -2m. C.M.. Les laminaires clairsemées occupent une bande étroite comprise entre -2 et -2,6m C.M. Le reste du substrat disponible est colonisé par le circalittoral côtier.

b) Densité et composition de la strate arbustive

En 2010, la strate arbustive de l'infralittoral supérieur est majoritairement composée de *Laminaria hyperborea* et de jeunes laminaires indéterminées. Quelques individus de *Saccharina latissima* sont également recensés. On retrouve *Laminaria hyperborea* et les jeunes laminaires indéterminées dans l'infralittoral inférieur avec, bien évidemment, des densités bien inférieures.

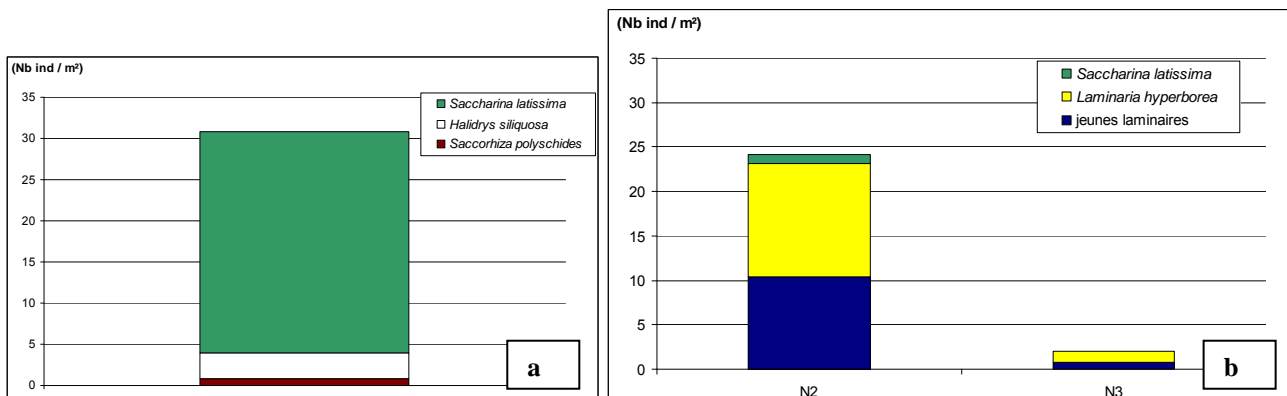


Figure 27 : La Pointe Saint Gildas : Composition de la strate arbustive selon le niveau
a) transect-1 (2009), b) transect-2 (2010)

c) Etat de santé du site

Niveau 2	
Note ceinture (/30pts)	4,9
Note densité espèces structurantes (/20 pts)	10
Note composition spécifique (/20 pts)	12,5
Note diversité (/10 pts)	2,5
Note stipe (/20 pts)	7,5
Total	37,4
Barème	80
Note niveau 2	9,3

Niveau 3	
Note ceinture (/30pts)	5,3
Note composition spécifique (/20 pts)	20
Note diversité (/10 pts)	5
Note stipe (/20 pts)	
Total	30,3
Barème	60
Note niveau 3	10,1

I.Q.	48,6
EQR	0,86
Valeur de réf	56,8

Figure 28 : La Pointe Saint Gildas : Etat de santé du site selon l'indicateur macroalgues subtidales

Avec un EQR de 0,86, le site de La Pointe Saint Gildas est classé dans la catégorie « très bon état ». On remarque de bonnes notes au niveau de la « composition spécifique ».

3.1.9 Ile du Pilier

a) Limite d'extension en profondeur des ceintures algales

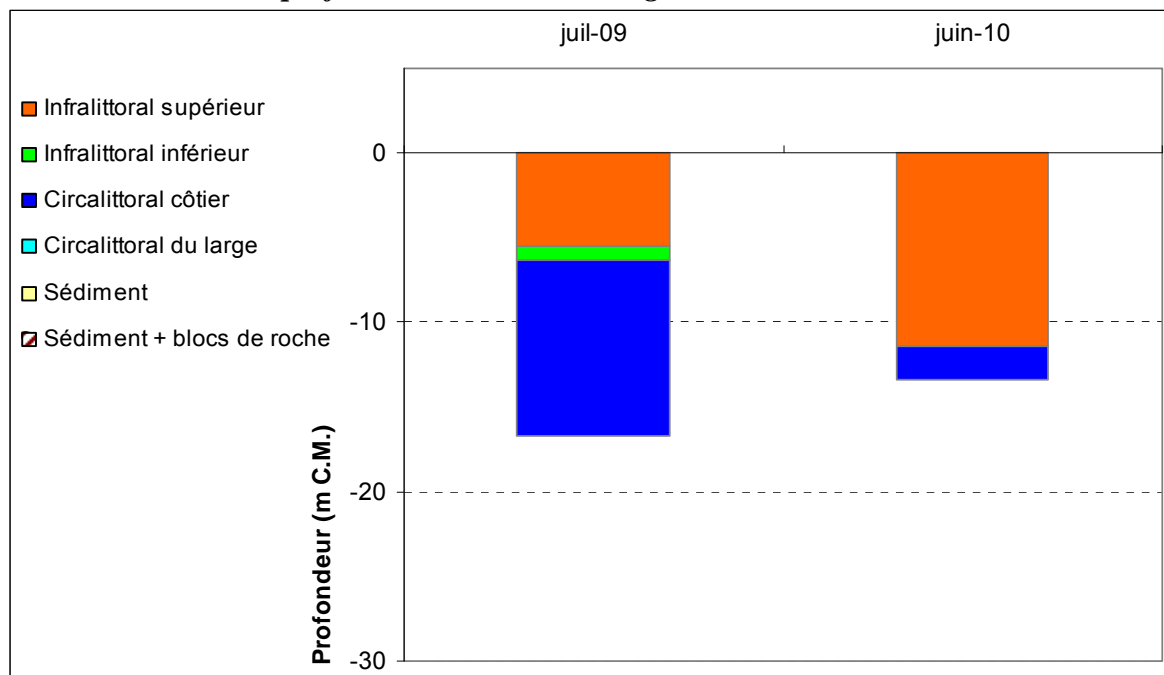


Figure 29 : Ile du Pilier : Evolution de l'extension en profondeur des limites des ceintures algales

Entre 2009 et 2010, la limite inférieure des laminaires denses est descendue de -5,5 à -11,4 m C.M. La ceinture à laminaire clairsemée n'a pas été observée en 2010 et on passe directement de l'infralittoral supérieur au circalittoral côtier.

b) Densité et composition de la strate arbustive

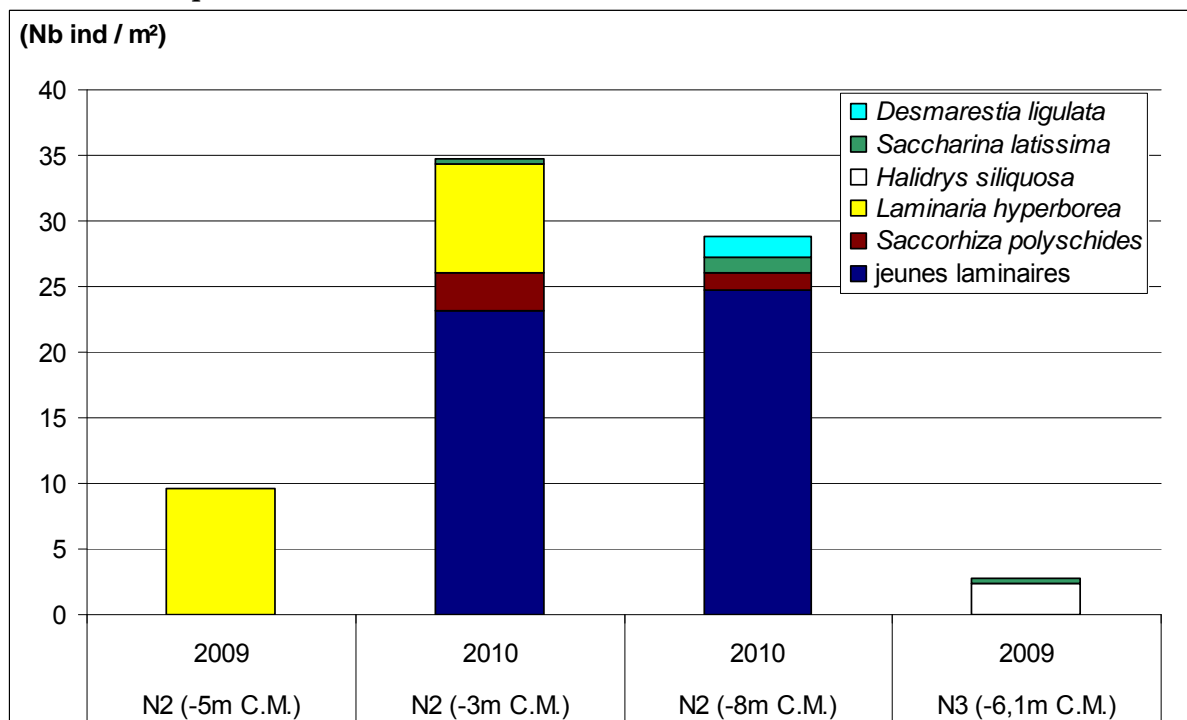


Figure 30 : Ile du Pilier : Evolution de la composition de la strate arbustive selon le niveau

Pour la ceinture de l'infra-littoral supérieur, les relevés de 2009 ont été effectués au -5m C.M. ; tandis qu'ils ont été effectués au -3m C.M. et au -8m C.M. (comme stipulé dans le protocole DCE-Macroalgues subtidales ») en 2010. Malgré le décalage de bathymétrie, on peut supposer qu'en 2010, la composition de la strate arbustive se situait entre ceux du -3m C.M. et du -8m C.M.. Cette strate s'est donc fortement modifiée, tout au moins au niveau du recrutement important des jeunes laminaires en 2010. La phéophycée *Halidrys siliquosa* observée dans l'infra-littoral inférieur en 2009 n'a plus été observée en 2010.

c) *Etat de santé du site*

Niveau 2	
Note ceinture (/30pts)	27,4
Note densité espèces structurantes (/20 pts)	10
Note composition spécifique (/20 pts)	5
Note diversité (/10 pts)	5
Note stipe (/20 pts)	12,5
Total	59,9
Barème	100
Note niveau 2	12,0

	Le Pilier
I.Q.	59,9
EQR	1,06
Valeur de réf	56,8

Figure 31 : Ile du Pilier : Etat de santé du site selon l'indicateur macroalgues subtidales

Le site de l'Ile du Pilier présente un très bon résultat pour le paramètre « ceinture ». Les autres notes sont moyennes. Ce site obtient un classement dans la catégorie « Très bon état » grâce à un EQR de 1,06.

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

4.1.1 Limite d'extension en profondeur des ceintures algales

La Figure 32 représente les limites d'extension en profondeur des différentes ceintures algales présentes sur l'ensemble du secteur d'étude en 2010.

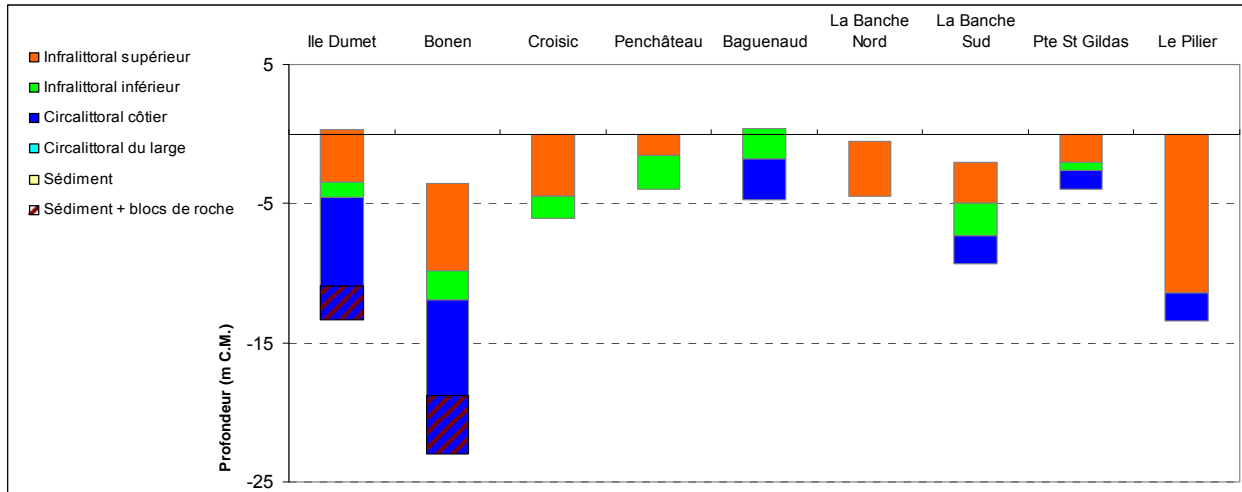


Figure 32 : Limites d'extension en profondeur des ceintures algales sur l'ensemble du secteur d'étude en 2010

Il apparaît clairement que les laminaires atteignent des profondeurs nettement plus importantes sur les sites les plus éloignés des estuaires de la Loire et de la Vilaine. La situation est intermédiaire sur les sites du plateau de la Banche. Sur les sites les plus proches de l'estuaire de la Loire, les laminaires denses ne dépassent pas les -2m C.M.. 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.

Les relevés de ceintures algales de 2010 confirment l'existence d'un gradient lié à l'éloignement de l'estuaire de la Loire qui avait déjà été mis en évidence à partir des données 2009.

4.1.2 Densité et composition de la strate arbustive

La Figure 33 présente la composition et la densité totale moyennes de l'infralittoral supérieur sur le secteur de l'étude ELV, en 2010.

La densité de la strate arbustive est plus importante sur les sites éloignés de la côte, à l'exception des sites de l'Ile Dumet et de la Banche nord. Ceci traduit l'influence de la Vilaine d'une part et sans doute un impact plus important du panache de la Loire sur le site nord du plateau de la Banche et l'influence du clapage des vases du PANSN (Port Atlantique Nantes Saint-Nazaire) : 4 à 6 millions de tonnes clapées sur le site de la Lambarde proche du plateau de la Banche d'autre part. Toute la partie Est du plateau reste dépourvue de laminaires, constat encore vérifié en 2011, alors que les conditions hydroclimatiques sont exceptionnelles (Ménard J.-C., comm pers.). Comme en 2009, les laminaires denses ne parviennent pas à se développer sur le site de Baguenaud, situé à proximité de l'estuaire de la Loire.

La Laminare *Saccorhiza polyschides* est totalement absente des relevés réalisés sur les sites proches de la Loire tandis que *Laminaria hyperborea* parvient à s'y développer. Cette observation avait déjà été faite à partir des résultats du suivi 2009. 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*. Les données Ifremer disponibles sur le site Ifremer consacré à l'environnement littoral (<http://www.ifremer.fr/envlit/>) montrent que la température atteint 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*). Sur l'ensemble du « secteur ELV », l'Ile Dumet est le seul site où *Laminaria hyperborea* est totalement absente des quadrats de l'infra-littoral supérieur.

Le site de Penchateau est toujours de mauvaise qualité en 2010, alors que les conditions climatiques ont été très favorables (peu de turbidité, pas de crues hivernales et de printemps notables, pas de blooms de phytoplancton importants). On peut penser que le dragage des vases (rejetées à 1 mile de la côte et sur Penchateau, en raison de la rupture de la conduite) du port du Pouliguen-la Baule en 2009 a impacté le site de Penchateau et l'Ile des Evens (Ménard J.-C., comm. pers.).

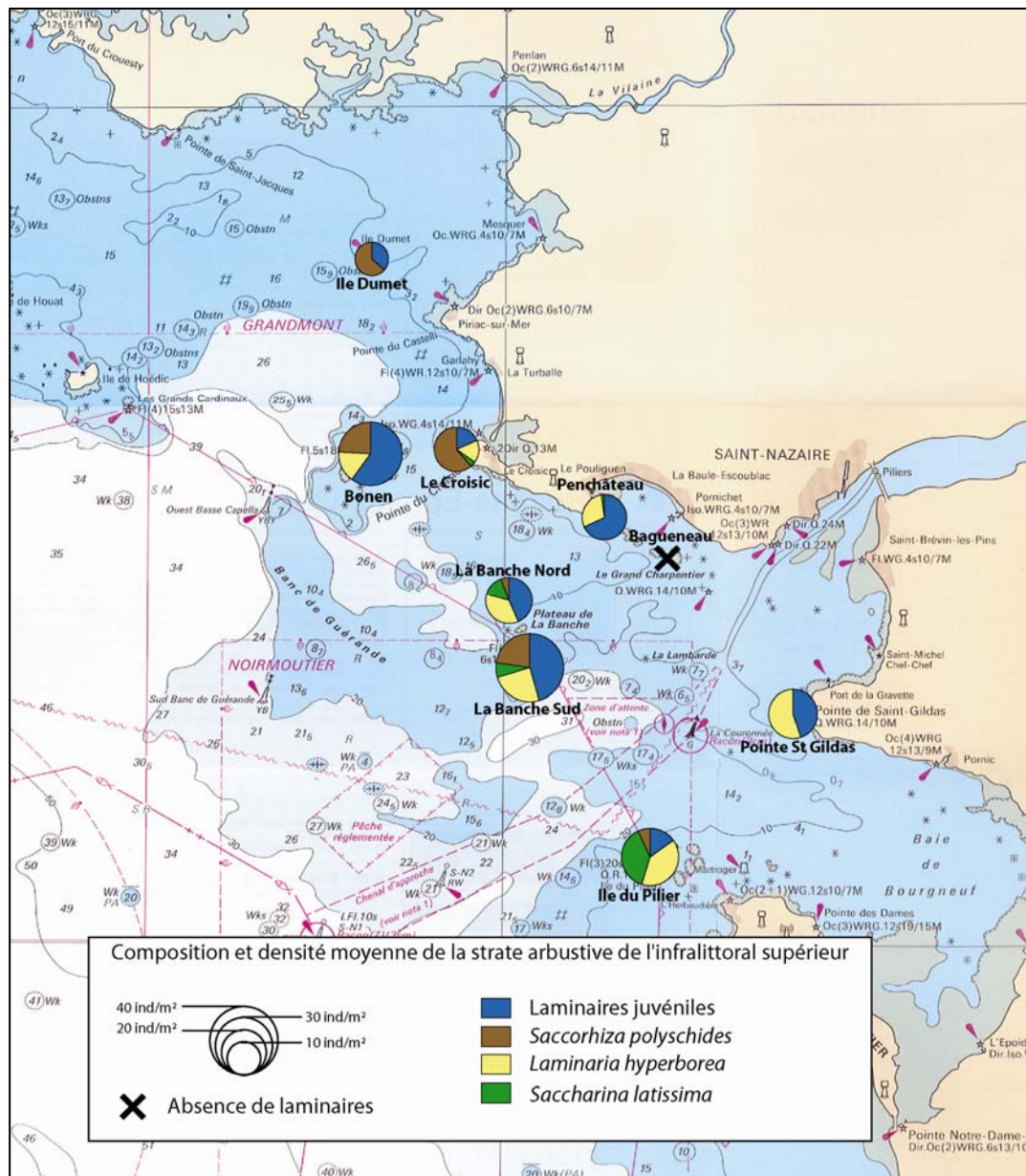


Figure 33 : Composition et densité de la strate arborescente de l'infra-littoral supérieur

Pour la Pointe St Gildas, les bons résultats de 2010 sont très certainement à relier aux conditions climatiques, et aux vents dominants d'Est sur de longues périodes en particulier, qui repoussent les

eaux de la Loire et la turbidité vers l'Ouest. En effet, les images satellitales indiquent une remontée très nette du panache de la Loire vers le nord par vent d'est, comme le montre cette image prise le 10 mars 2007. La vidange de la baie de Bourgneuf au jusant marque très nettement une séparation des masses d'eau au niveau de la pointe de Saint-Gildas (cf. Figure 34).



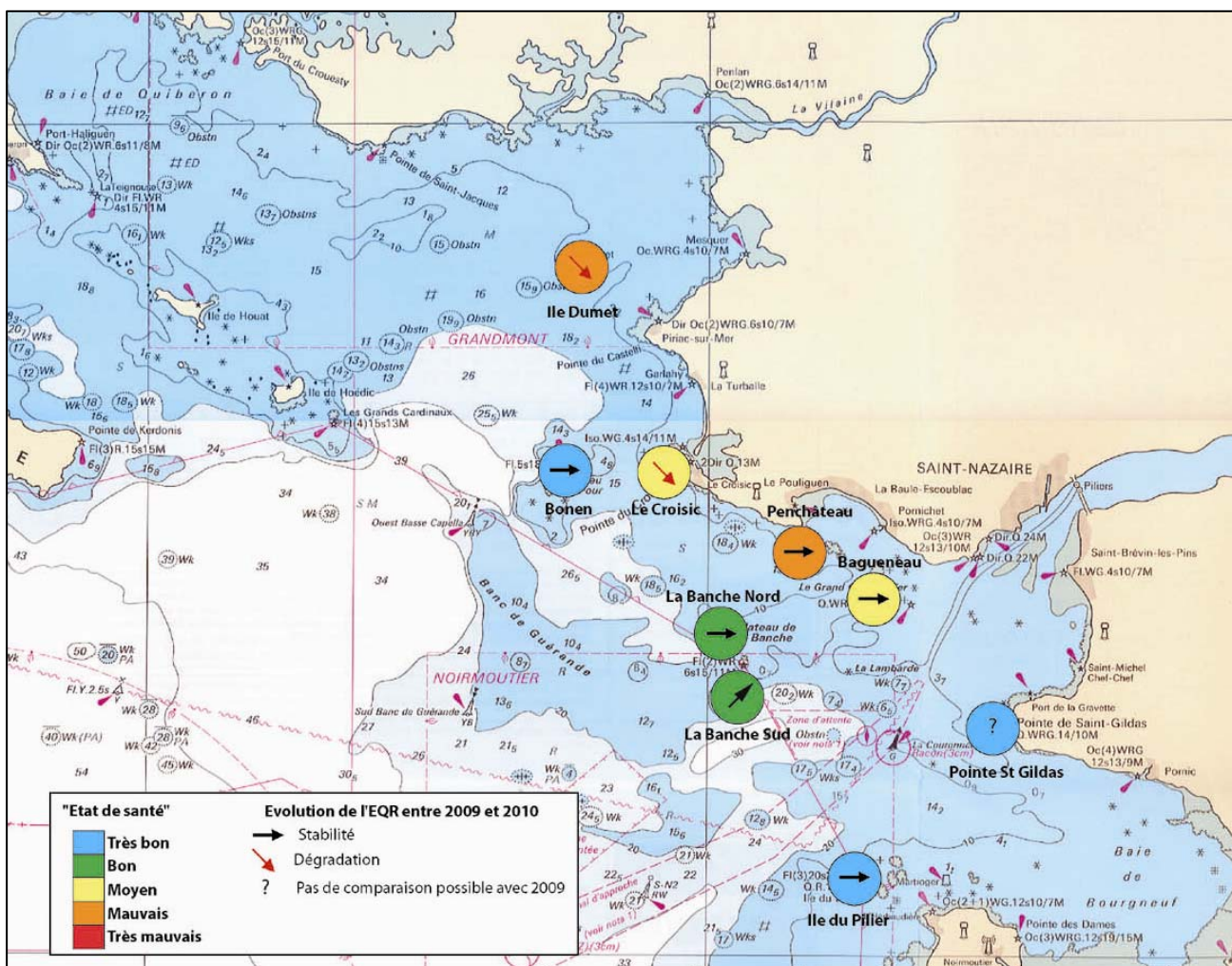
Figure 34 : Visualisation sur une image satellitale du 10 mars 2007 de la séparation des masses d'eau au niveau de la pointe de Saint Gildas (point rouge) et remontée du panache turbide de la Loire le long de la cote nord.

4.1.3 Etat de santé des sites de suivi ELV : Comparaison des résultats des suivis 2009 et 2010

La Figure 35 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 2010.

Si on se place au niveau de l'EQR au sens de la DCE, les sites suivis dans le cadre de cette étude connaissent des évolutions différentes. Ainsi, certains sites changent de catégorie par rapport à l'année précédente :

- Dégradation : Ile Dumet, le Croisic
- Stabilité : Bonen, Pen Château, Bagueneau, la Banche nord et le Pilier
- Amélioration : La Banche sud



	Ile Dumet	Bonen	Goué Vas	Le Croisic	Pen Château	Bagueneau	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		0,91
EQR 2010	0,26	1,00	Suivi arrêté	0,62	0,40	0,46	0,69	0,81	0,86	1,06*

Figure 35 : Résultats et évolution du suivi ELV entre 2009 et 2010

n.b. : Dans un souci d'homogénéité, les EQR 2009 ont été recalculés

par rapport à la nouvelle valeur de référence en vigueur (Derrien-Courtet et Le Gal, 2010)

** Un bémol est à ajouter à ce résultat compte-tenu du fait que les notes de l'infralittoral supérieur n'ont pas été obtenues aux mêmes bathymétries.*

- La carte met nettement en évidence les observations déjà formulées dans les analyses précédentes: les sites côtiers soumis à l'influence des estuaires de la Loire ou de la Vilaine sont dégradés, tandis que les sites les plus éloignés sont épargnés.
- On remarque que le site de la Pointe Saint Gildas est en très bon état malgré la proximité de l'estuaire de la Loire. Ce site est plus ou moins influencé par le panache turbide de la Loire (cf. Figure 35) selon les années. Les données recueillies montrent que cette station serait moins impactée que les sites situés plus au nord qui eux semblent subir une influence plus régulière, probablement due au dragage de la Loire D.A.S (Drague Aspiratrice Stationnaire) durant l'été, avec une remise en suspension des vases dans le courant de jusant (Ménard J.-C., comm. pers.).
- Au regard de l'image spot acquise en mars 2007 au niveau de l'estuaire de la Loire (Figure 34), on constate en effet que la trajectoire empruntée par le panache turbide semble épargner

ici la Pointe Saint Gildas mais absolument pas les sites situés dans la partie nord de l'estuaire. Mais, ce qui est vrai sur cette image en particulier, ne l'est pas nécessairement d'après Dussauze et Menesguen (2008), et sans doute d'autres auteurs, le panache de la Loire s'étendant en fait bien au-delà, les sites suivis ici sont en fait tous situés dans le panache, qui s'étend vers le large (Oger-Jeanneret H., comm pers.).

- La Figure 36 montre aussi que l'île Dumet et la Pointe du Croisic sont directement soumises à l'influence de la Vilaine lors du jusant Le Croisic est un site intéressant : soit il subit l'impact de la Vilaine lors des crues ou largage des eaux par vents de Nord/Nord-Ouest, soit pour la majeure partie du temps, il est sous l'influence de la Loire en raison de la force de Coriolis conjuguée aux vents de sud, Sud-Est, Est et des apports anthropiques du bassin versant du coteau de Guérande, via le traict du Croisic (Ménard J.-C. comm. pers., Le Gouvello, 2011).

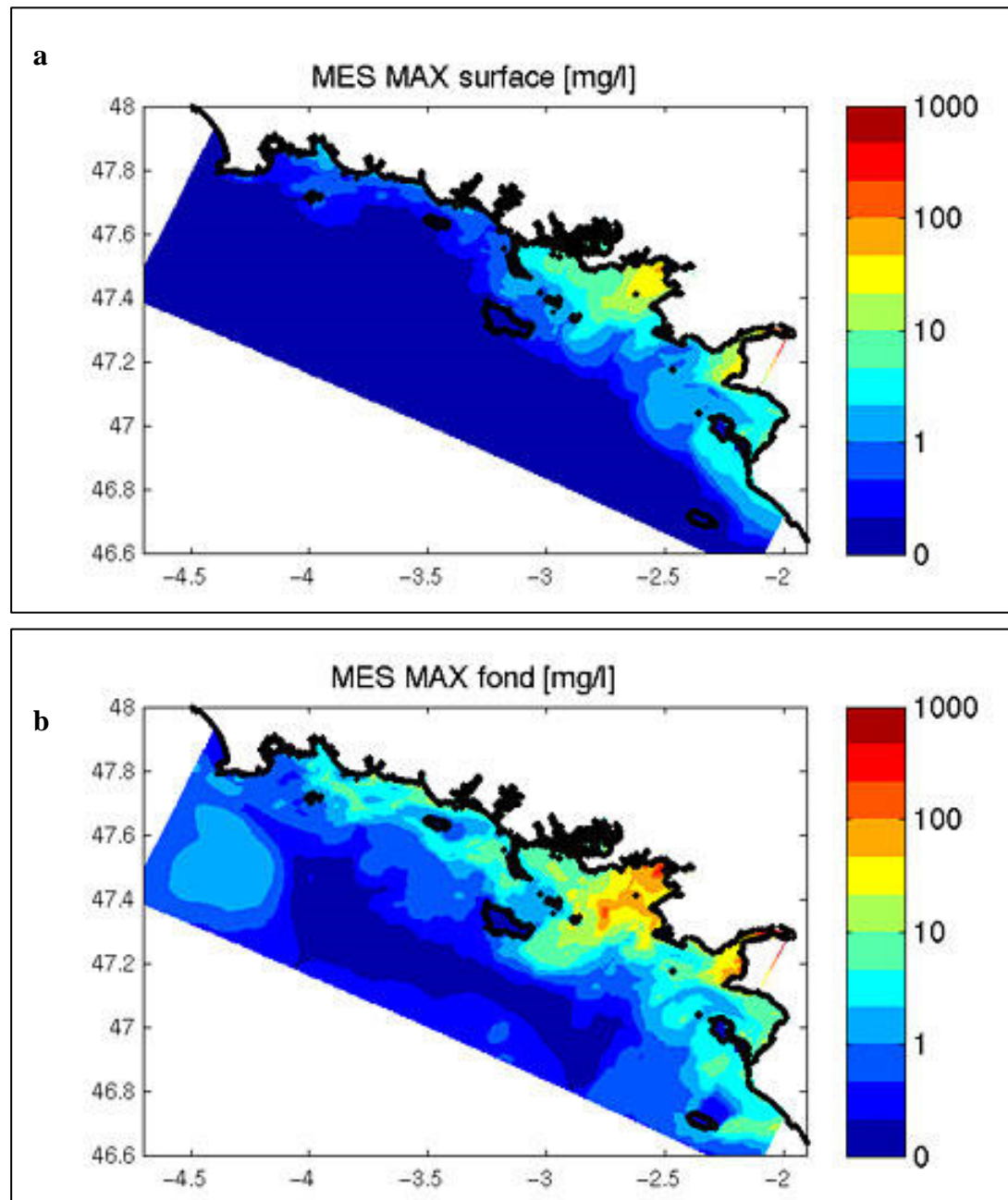


Figure 36 : Matière en suspension (MES) maximum en octobre 2004 dans la zone du Mor Braz (Tessier, 2006)

- La courantologie illustrée par la figure 37 montre deux systèmes hydrologiques séparés entre la baie de la Vilaine et la baie de la Loire. En baie de Vilaine, le flot suit un chenal bathymétrique (visible sur la figure 34). Arrivées au pied du barrage, il y a une accumulation d'eau qui ne peut plus aller vers l'amont, les masses d'eau sont alors déviées vers le nord (BM +4). Au jusant, la vidange de la baie suit le chemin inverse en empruntant le couloir bathymétrique, drainant la turbidité générée par les lâchés d'eau du barrage d'Arzal. Dans ce contexte hydrologique, le site de Bonen, est protégé par les roches du Plateau du Four qui émergent à marée basse. Cette configuration explique le bon état de santé des laminaires sur Bonen en 2010 alors que ceux de Dumet et le Croisic se sont dégradés.

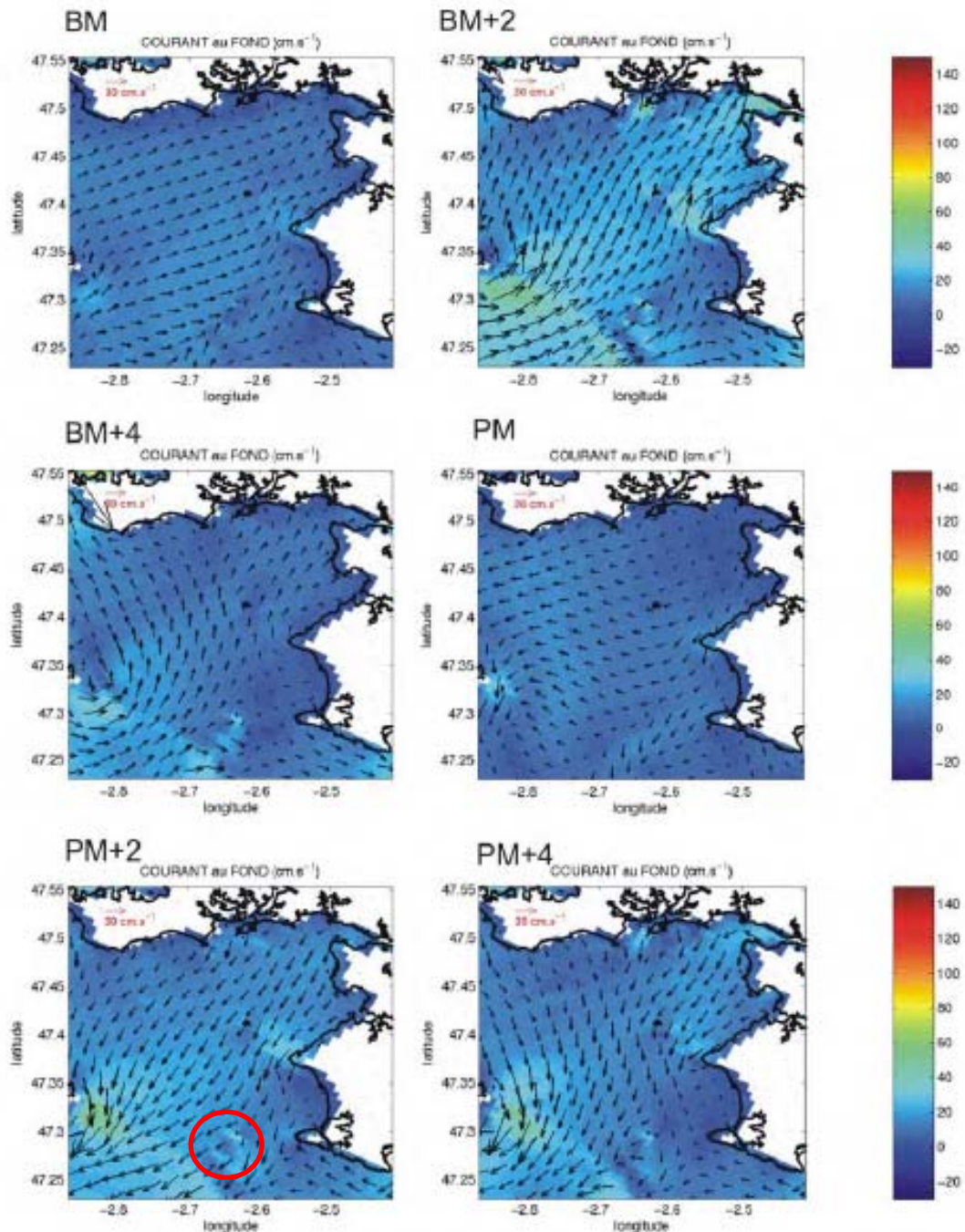


Figure 37 : Planche des courants de marée au fond dans le secteur du Mor Braz
(Simulations Mars-3D, coefficient 101, heure Saint-Nazaire ; Tessier 2006). Site de Bonen indiqué par le cercle rouge

Evolution de la turbidité entre 2009 et 2010

Ce suivi de deux années a permis de mettre en évidence le rôle prépondérant de la turbidité sur l'état de santé des champs de laminaires. Les observations de 2009 et 2010 montrent des pieds de laminaires en bonne santé quelle que soit leur densité. La piste pathologique ou l'impact potentiel d'une pollution n'a pas été étudiée. Dans ce chapitre nous étudions les causes potentielles des évolutions observées des laminaires entre 2009 et 2010.

L'analyse hydrologique (cf chapitre précédent) montre deux systèmes indépendants avec toutefois le site du Croisic qui 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 entièrement soumise à la gestion du barrage d'Arzal qui conditionne entièrement l'écoulement du fleuve. Le principal objectif de ce barrage, mis en eau en 1970, est de produire de l'eau potable pour toute la région très touristique de La Baule à la presqu'île de Guérande et 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 engins. 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 comparaison des débits de la Vilaine entre 2009 et 2010 (cf. Figure 38) montre une importante arrivée d'eau au mois de mars 2010 par rapport à 2009 alors que les débits précédents étaient plus faibles que ceux de 2009. Cette arrivée massive d'eau en mars a provoqué un important lâché d'eau au barrage d'Arzal en mars 2010 (cf. Figure 39).

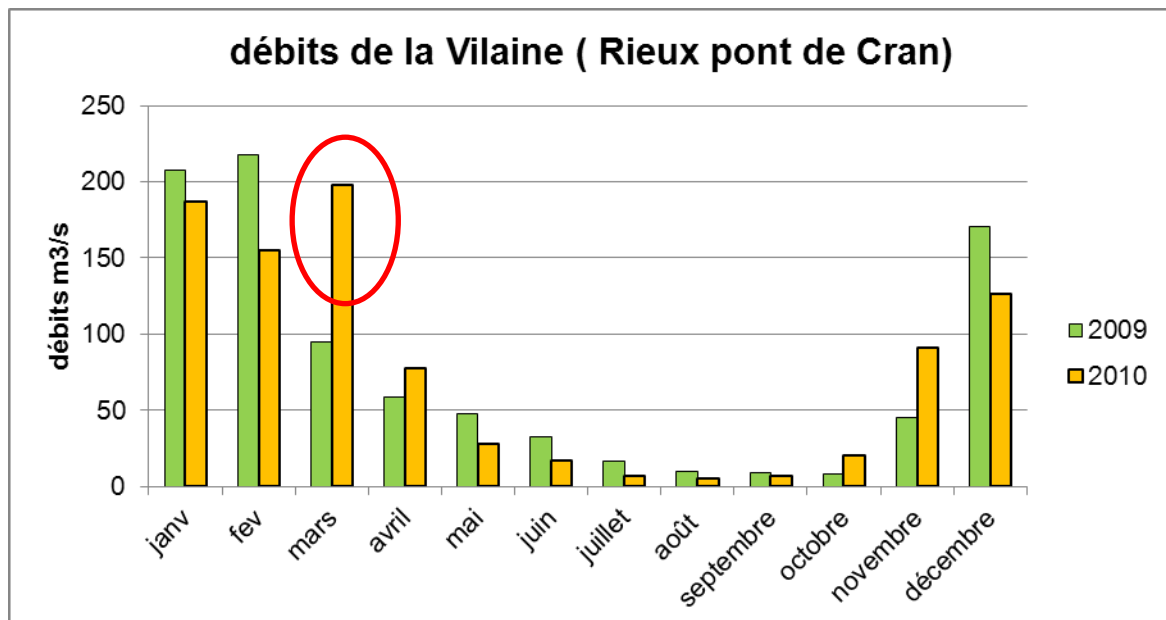


Figure 38 : Evolution mensuelle du débit de la Vilaine mesuré à Rieux pont de Cran (données IAV)

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. 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.

Volume du barrage d'Arzal

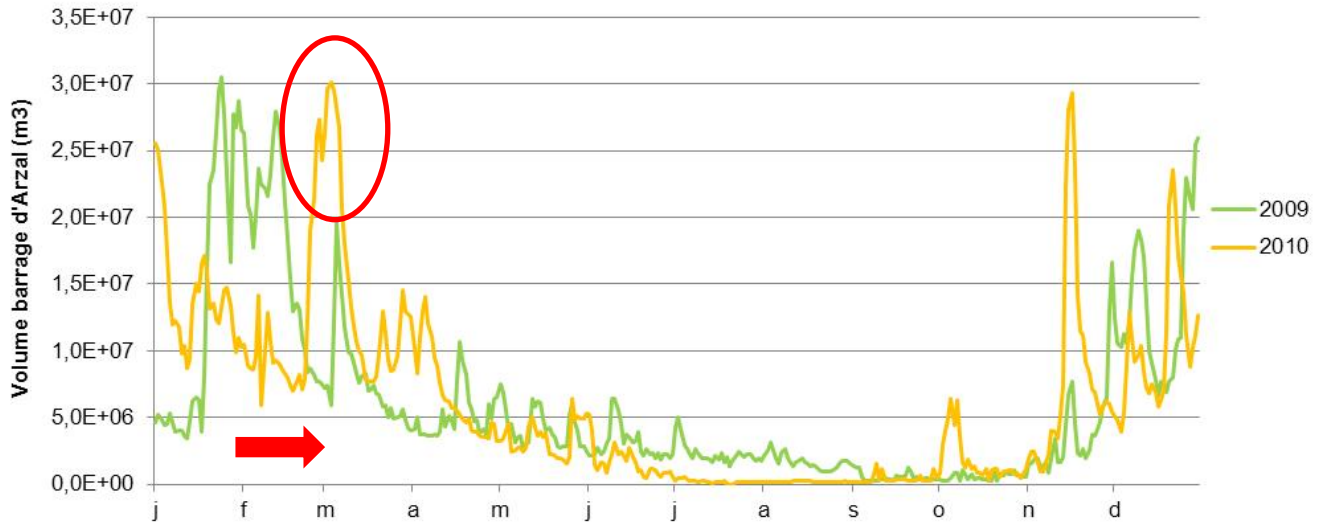


Figure 39 : Evolution mensuelle des volumes d'eau lâchés par le barrage d'Arzal en 2009 et 2010 (données IAV)

En 2010, les champs de laminaires, soumis à l'influence du panache de la Vilaine sont de moins bonne qualité qu'en 2009, malgré des conditions d'ensoleillement exceptionnelles. Comment ce décalage dans le temps pourrait-il agir sur l'état de santé des champs de laminaires ?

Une des explications possibles pourrait être liée au cycle de reproduction des laminaires. En effet, les améliorations notées dans le système Loire tiennent surtout à l'accroissement des ceintures de laminaires en profondeur grâce à un important recrutement de juvéniles. Ce phénomène ne s'est pas produit sur les sites de Dumet et du Croisic.

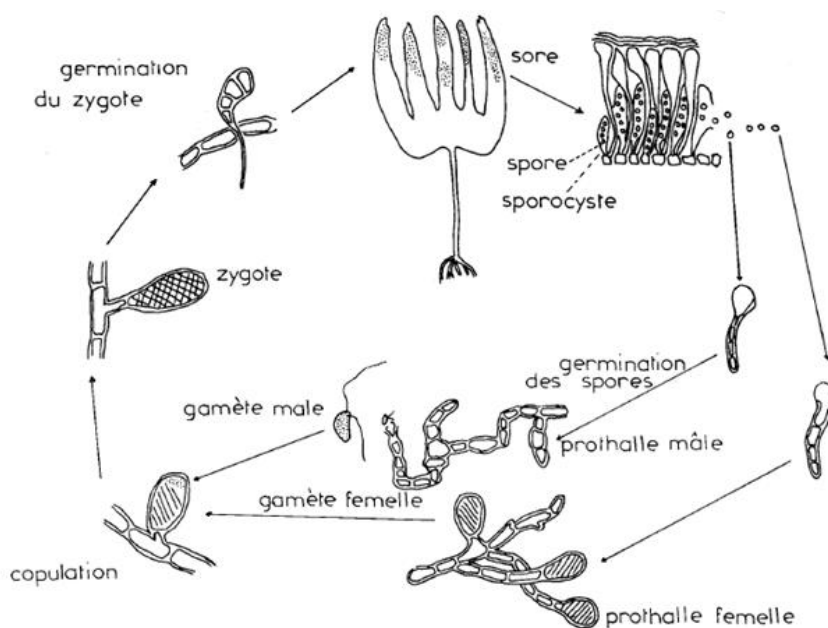


Figure 40 : Cycle de reproduction des laminaires (Pérez, 1966)

Le cycle de reproduction des laminaires, illustré dans la figure 40 montre que l'extrémité des thalles des grandes laminaires libère des spores dans l'eau qui donnent des prothalles microscopiques mâles ou femelles. Chaque prothalle émet des gamètes dans l'eau qui s'assemblent pour former un zygote qui a moins de 48h (cf. Figure 41) pour se fixer sur une roche nue. Un dépôt de quelques millimètres de vase sur la roche empêche toute fixation des larves. C'est une problématique très bien connue des ostréiculteurs qui ne doivent pas mettre trop en avance leurs collecteurs car ceux-ci s'ensavent et les larves d'huîtres ne peuvent plus adhérer au support.

	L. hyperborea	S. latissima	S. polyschides
Durée de vie	10-20 ans	2-5 ans	1 an
Maturité sexuelle	2-6 ans	15 -20 mois	8 -12 mois
Thalle fertile	Novembre à avril	Saison froide	Octobre à mai
Fixation des larves	1 à 2 jours	?	1 jour
dispersion	0 à 10 km	?	100 à 1000 m

Figure 41 : Caractéristiques de la reproduction des trois principales espèces de laminaires rencontrées dans notre étude

Dans la littérature scientifique, les paramètres environnementaux qui déterminent les dates de fixation des juvéniles de laminaires sont mal appréhendés. Dans l'état actuel de nos connaissances, une des hypothèses retenues pourrait être une période de fixation des larves autour du mois de mars pour toute la zone Vilaine-Loire. L'important lâché du barrage d'Arzal survenu quelques jours avant, couvrirait les zones potentiellement exploitable par les laminaires d'une couche de vase qui aurait pu empêcher la fixation des juvéniles. Cette hypothèse reste à vérifier par un protocole adapté. La problématique de la reproduction des laminaires *in situ* est au cœur d'un futur programme de recherche mené entre IFREMER et le MNHN.

b) En baie de Loire

Plusieurs facteurs sont susceptibles d'engendrer de la turbidité dans le secteur Loire (cf. Figure 42).

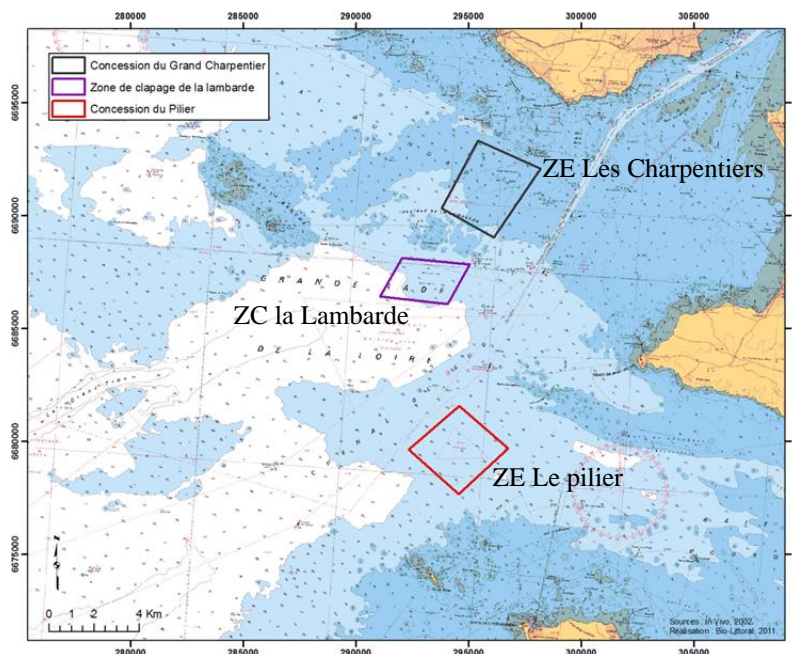


Figure 42 : Situation géographique des activités anthropiques génératrices de turbidité dans la baie de Loire

- 1 - Les extractions de granulats marins
- 2 - La zone de clapage des sédiments dragués dans le chenal de la Loire
- 3 - Le panache turbide de la Loire

b-1) Les extractions de granulats marins

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

- La zone d'extraction des Charpentiers, exploitée depuis 1987, connaît un faible volume d'extraction (200 000 m³/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 piège les particules fines qui viennent de la Loire. L'extraction est pratiquée au jusant pour profiter du flot afin de remonter la Loire vers les zones de stockage à terre. L'extension du panache turbide généré par cette activité est marquée par l'apparition d'organismes filtreurs (*Lanice conchilega*) à 1km au sud de la zone d'extraction (Barillé, 2009). Le panache turbide généré par l'extraction de granulats au Charpentier n'est donc 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 km². 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.

b-2) 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 Mm³ sont exportés (par clapages) sur le site de la Lambarde, situé en face de l'embouchure de la Loire (cf. Figure 42). 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.

Pour cette seconde année de suivi, qui a connu un développement des laminaires plus important qu'en 2009 dans le secteur Loire, la question est de savoir si cela peut être mis en relation avec l'activité de clapage ?

La totalité des volumes clapés à la Lambarde sont plus importants en 2010 (7,5 Mm³) qu'en 2009 (5,2Mm³), mais 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 43).

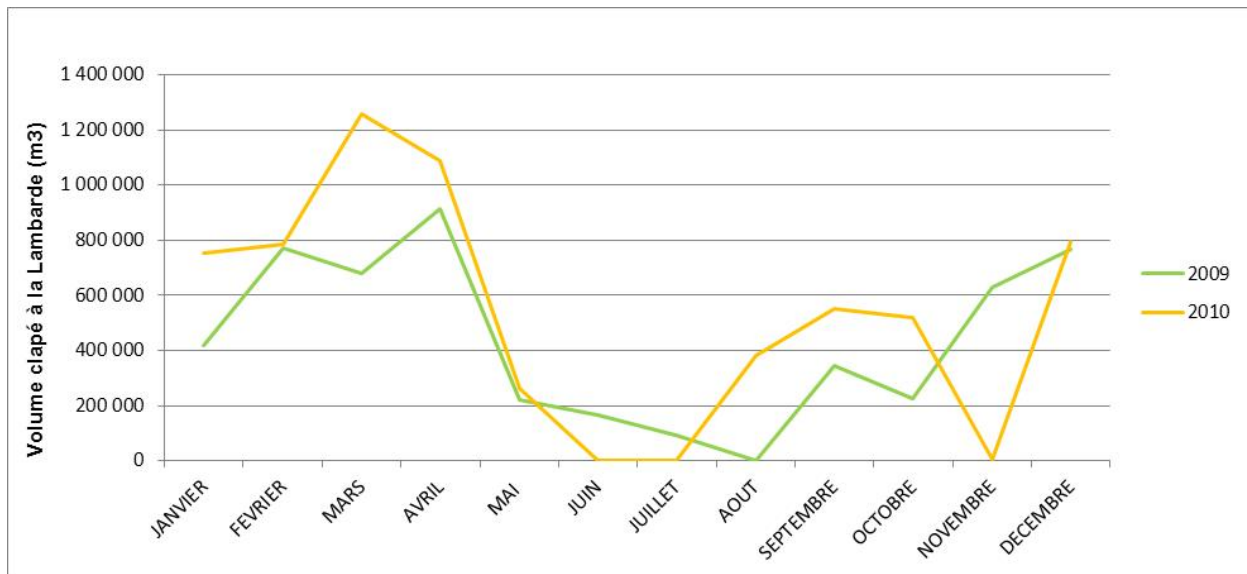


Figure 43 : Volumes mensuels de sédiments rejetés sur le site de la Lambarde en 2009 et 2010 (données GPMNSN)

Une étude plus fine des données fournies par le GPMNSN indique que l'essentiel du sédiment clapé au printemps provient du dragage du chenal externe (section 1 et 2 en aval de Saint-Nazaire) avec 800 000 m³ en mars 2010 pour moins de 300 000 m³ en avril 2009.

Malgré l'augmentation en 2010, des volumes de sédiment rejetés à la Lambarde ou des dragages effectués dans le chenal externe, les sites limitrophes enregistrent des laminaires en meilleur santé. Ce résultat est inattendu. Une des hypothèses permettant d'expliquer ce phénomène tiendrait à l'influence du vent d'Est pendant l'été 2010.

Influence du vent sur la croissance des laminaires

Les plongeurs de l'association ELV qui pratiquent cette zone depuis plus de 20 ans ont observé une grande clarté de l'eau pendant le printemps et l'été 2010, qu'ils ont mis en relation avec la prépondérance des vents d'Est pendant cette période. Cette clarté permet à la lumière une pénétration en profondeur et donc l'extension des ceintures algales en profondeur.

Les figures 44 illustrent l'influence du régime des vents sur le déplacement des masses turbides selon les plongeurs d'ELV en période d'étiage (faible débit des fleuves en condition estivale).

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 Bagueneau, Penchateau, le Croisic et Dumet. Selon l'importance du panache, la station de la Banche nord peut être également dans ce panache (cf. Figure 44 a).

Par vent d'Ouest, les panaches turbides des deux fleuves sont dirigés vers le sud (cf. Figure 44 b). Celui de la Vilaine englobe les sites de 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.

Ces schémas sont la synthèse de nombreuses années d'observation. La thèse actuellement en cours (Direction P Le Hir IFREMER) sur la modélisation du panache de la Loire en collaboration avec le GIP Loire-Estuaire devrait valider ces processus.

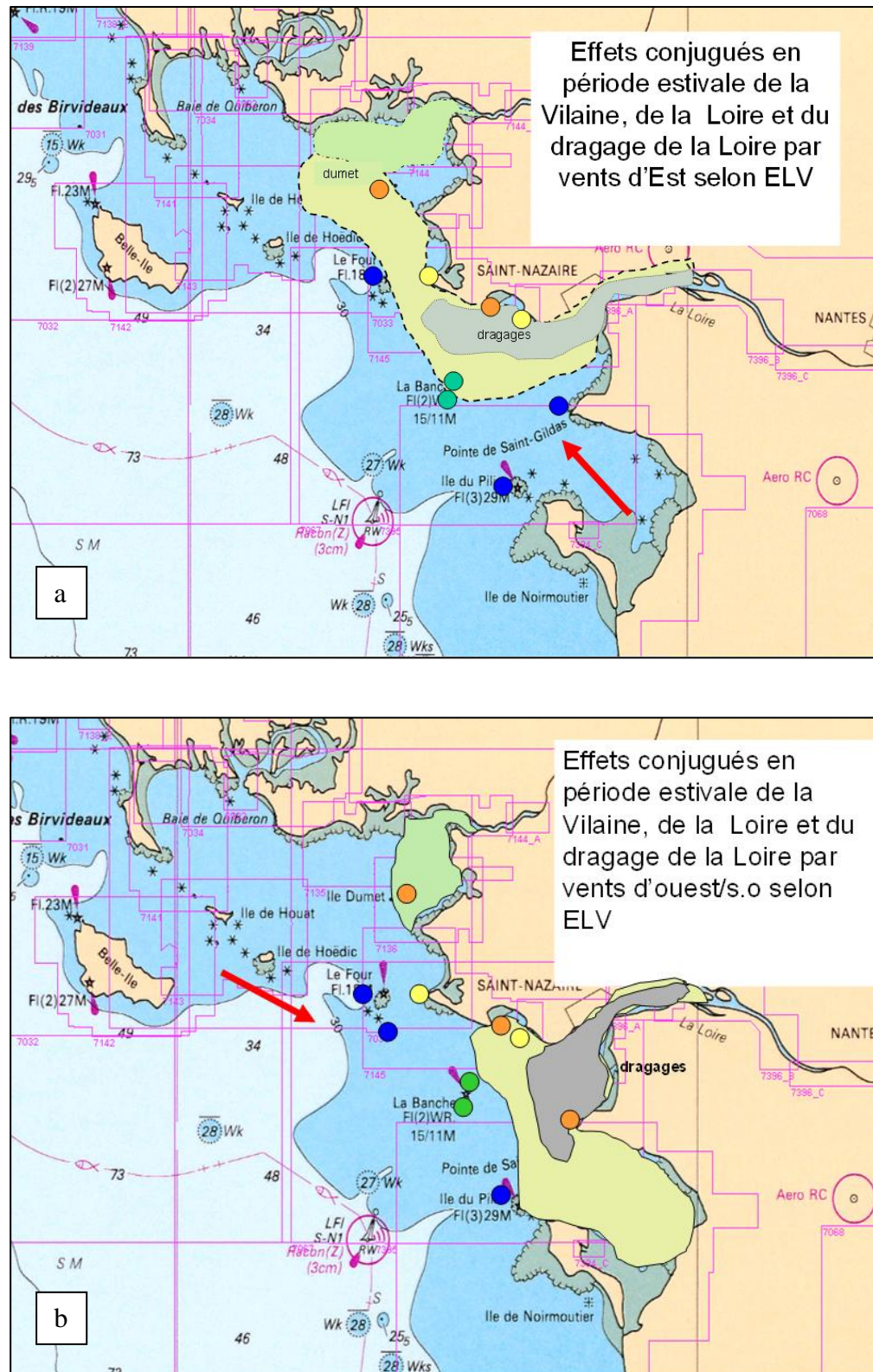


Figure 44 : Evolution des panaches turbides de la Loire et de la Vilaine sous influence de différents régimes de vent en période estivale
a) régime de vent d'Est; **B)** régime de vent d'Ouest

5 Conclusions sur les deux années 2009 - 2010

Cette seconde année de suivi confirme un certain nombre de constats établis à partir des résultats de l'année 2009 :

- 1) 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 DCE « Macroalgues subtidales ».
- 2) L'importance du facteur turbidité sur l'extension en profondeur des laminaires, soit par la limitation de la pénétration de la lumière nécessaire à la photosynthèse, soit par l'action négative de dépôt de vase sur des zones potentiellement colonisables par les jeunes laminaires.
- 3) Des connaissances sur l'écologie des laminaires encore insuffisantes. En effet, la domination de *Laminaria hyperborea*, sensible à la turbidité et aux températures trop élevées sur les sites les plus proches de la Loire est surprenante. Une attention particulière sera donc portée à l'évolution temporelle de la composition de la strate arbustive sur ces sites.

La comparaison entre les résultats acquis en 2009 et 2010 mettent en lumière certaines problématiques :

- 1) Sur le secteur d'étude, les deux laminaires *Laminaria hyperborea* et *Saccorhiza polyschides* sont largement majoritaires, mais entre 2009 et 2010, on constate aussi l'apparition ou une augmentation de la densité de *Saccharina latissima*, une laminaire indicatrice des milieux sous influence sédimentaire, sur de nombreux sites.
- 2) Au regard des résultats synthétisés précédemment, il semble qu'entre 2009 et 2010, l'estuaire de la Vilaine soit majoritairement responsable de la dégradation des sites suivis dans le cadre de cette étude. Entre 2009 et 2010, seuls les sites soumis à son influence affichent une dégradation de leur état de santé (Ile Dumet et le Croisic). Le facteur responsable de cette dégradation pourrait être un important volume d'eau lâché par le Barrage d'Arzal en mars 2010.
- 3) Pour les sites les plus exposés au panache de la Loire, on constate une stabilité de l'état de santé de l'ensemble des sites de l'étude ELV, au sens de la DCE et pour l'indicateur « Macroalgues subtidales ». Pour de nombreux paramètres mesurés tels que l'augmentation des ceintures en profondeur, la diversité des laminaires et la densité de la strate arbustive, une amélioration est observée sur de nombreux sites dans ce secteur malgré un débit de Loire et un clapage à la Lambarde plus important en 2010. Ceci semble être directement lié à l'influence du régime des vents d'Est qui diminuerait l'impact négatif de la turbidité. Cette hypothèse reste cependant à vérifier.

6 Apport du suivi ELV à la problématique DCE et REBENT

L'évolution des EQR et celle des paramètres notamment liés à la structure même de l'habitat « laminaires », comme les limites d'extension en profondeur des différentes ceintures algales et la densité de la strate arbustive, mènent à plusieurs constats :

Hormis pour le site du Croisic où l'ensemble des résultats ne montre pas de changement significatif, mais où une amélioration pourrait s'amorcer pour les mois à venir (descente en profondeur de l'infralittoral supérieur et apparition de *Laminaria hyperborea*), on constate deux tendances :

- Une stabilité des limites des ceintures qui s'accompagne d'une diminution de la densité des laminaires et des jeunes laminaires en particulier pour les sites de l'Ile Dumet et de Baguenaud, situés respectivement à proximité des estuaires de la Vilaine et de la Loire ;
- Une descente en profondeur des limites des ceintures (hormis pour Bonen qui voit ses ceintures remonter) qui s'accompagne dans tous les cas (hormis pour le Croisic) d'un important recrutement de jeunes laminaires pour les cinq autres sites : Bonen, Penchateau, Banche nord, Banche sud et Le Pilier.

Ainsi, l'EQR « macroalgues subtidales », s'il répond bien à la qualification des masses d'eaux à dominante macroalgale, nous montre bien :

- que certains de ses paramètres sont particulièrement réactifs aux changements environnementaux (densité de la strate arbustive, limite des ceintures algales),
- mais qu'en contre partie, certains autres semblent beaucoup plus longs 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-Courtél, comm. pers.) ; constat que confirment d'autres auteurs (Kennelly S.J., 1987 ; Melville A.J. and Connell S.D., 2001 ; Lilley S.A. and Schiel D.R., 2006).

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 pouces (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 **affiner davantage les mesures des populations de laminaires** d'autre part (cf projet **ECRS**¹, Derrien-Courtél, comm. pers.).

Le décalage provoqué par la réactivité en plusieurs temps des différents paramètres de l'indicateur n'est pas handicapant pour l'usage qui en est fait, lorsque l'on souhaite mesurer à un instant *t* l'état de santé de cet habitat à une échelle spatiale donnée (« usage DCE ») ; il le devient lorsqu'on s'intéresse à l'évolution temporelle de l'habitat et aux causes de ses modifications (« usage ELV »). Pour y remédier, nous y voyons 2 niveaux d'intervention :

1- celui de la **périodicité** : en effet, si l'évolution de certains paramètres peut être aussi importante en l'espace de 12 mois, comment appréhender des évolutions à l'échelle des 6 ans imposés par la DCE ? Nous voyons bien que les importantes fluctuations observées sur certains sites, d'une année sur l'autre, rendent de fait le classement peu fiable, dès lors qu'il est basé sur les résultats d'une seule année, la périodicité de 6 ans rendant les résultats totalement ininterprétables au niveau des évolutions temporelles.

2- celui de la **fonctionnalité de l'habitat**. En intégrant la faune associée (absente de la DCE), en s'intéressant aux ceintures à dominante de faune fixée (absentes de la DCE), et en affinant encore davantage l'analyse de la structure de l'habitat, nous aurons une démarche plus globale et intégrée de ces biocénoses, qui nous permettra, au moyen d'orientations de Recherche appropriées (Rebent, GDR²,...), de mieux discriminer les pressions, puis mieux évaluer l'incidence des facteurs

¹ Le projet ECRS (Etat de Conservation des Roches Subtidales) sera présenté par S. Derrien-Courtél lors de la réunion de restitution du 24 mai 2011 à l'IAV (Roche-Bernard).

² GDR : Groupement De Recherche

environnementaux sur l'état de conservation de ces habitats benthiques (cf projet **ECRS**, Derrien-Courtel, comm. pers.).

7 Intérêt du suivi ELV pour les problématiques de conservation des habitats

L'importance du **maillage des sites** Vilaine-Loire, constitue aujourd'hui une opportunité unique sur la façade Manche/Atlantique pour appréhender certains aspects de la biologie des laminaires, à des échelles spatiale et temporelle aussi fines.

Cette stratégie d'échantillonnage permet de prendre en compte des champs de laminaires à différents stade de développement : depuis la disparition récente totale (Bagueneau) jusqu'aux sites présentant un excellent état de conservation (Bonen au nord et le Piler au sud).

Elle permet également de mesurer l'impact de différents facteurs anthropiques et naturels sur l'état de santé de cet habitat remarquable : extraction de granulats (Site du Charpentier et du Piler), clapage de sédiment (site de la Lambarde), impact des dragages (chenal externe de la Loire, chenal de Pornichet), tourisme nautique/pêche non professionnelle (côte d'Amour et île de la Baule), impact des effluents côtiers et impact des débits des fleuves en terme d'apport de turbidité et de pollution avec un fleuve à débit contrôlé par un barrage (la Vilaine) et un fleuve à débit naturel (La Loire).

Un suivi temporel sur plusieurs années permettra de hiérarchiser les facteurs les plus impactant et de comprendre la synergie entre ces facteurs et les conditions hydroclimatiques qui peuvent accentuer ou minimiser leurs effets.

Cette étude pluriannuel permettra également de suivre en conditions naturelles les temps de résilience des champs de laminaires et les interactions entre les différentes composantes de cet habitat (strate arbustive, développement de la sous-strate, développement des épiphytes, faune associée).

8 Intérêt du suivi ELV pour une gestion intégrée du littoral

Une confrontation des résultats du suivi pluriannuel de ces champs de laminaires avec les données de pêche professionnelle actuellement recueillies au sein du COREPEM, permettra d'évaluer les interactions entre champs de laminaires et la faune halieutique.

Le programme de cartographie des champs de laminaires à l'horizon 2012 et une estimation de la production à travers la croissance et la densité des laminaires (suivi ELV sur plusieurs années), permettra d'estimer l'apport de cet habitat au fonctionnement écologique des écosystèmes côtiers atlantiques, notamment en terme de source de carbone.

Ainsi, avec 1) une meilleure connaissance des « services rendus » par les champs de laminaires (production de carbone, nourricerie, frayère, biodiversité de la flore et de la faune....) 2) une analyse plus pertinente des risques (anthropiques et naturels) et 3) une meilleure perception de la fragilité de cet habitat, un véritable outil de gestion pourra être mis en place pour préserver l'équilibre fragile des systèmes marins côtiers.

A ce titre, ce suivi entrepris par ELV sera déterminant pour les acteurs locaux (gestionnaires ou industriels) mais également pour les gestionnaires de bassin versant (Agence de L'eau/ ONEMA) ou pour une politique environnemental au niveau national ou européen (AAMP, IFREMER).

9 Perspectives – 2011-2012

Le suivi entrepris par ELV en 2009 et 2010 donne des résultats très intéressants, notamment sur les performances de l'indicateur laminaire mais il faut poursuivre ce suivi dans le temps pour valider les acquis et répondre aux questions que nos résultats ont soulevées.

En 2011-2012, nous prévoyons de poursuivre (si c'est possible financièrement) les relevés sur la totalité des sites afin de suivre les fluctuations observées sur certains sites, et essayer de les corrélérer avec des variations de facteurs environnementaux ou d'impacts anthropiques maintenant bien identifiés.

L'année 2011 promet d'être particulièrement intéressante avec la canicule estivale qui s'annonce. En effet, sur ce secteur d'études, nous avons la chance d'avoir des laminaires d'affinité nordique et d'affinité méridionale en mélange, l'évolution des températures pourrait avoir un impact intéressant à suivre et à analyser sur l'évolution des différentes populations en présence.

Compte tenu des hypothèses soulevées lors de l'analyse des deux premières années, une attention particulière sera portée sur la synergie entre les panaches des fleuves et le régime des vents sur l'état de santé des laminaires.

Le suivi 2011-2012 renforcera nos connaissances sur la biologie des laminaires. Les effectifs de jeunes laminaires non déterminées en 2010 restent importants, il faudra donc vérifier, lors des prochains relevés (2011...) s'il s'agissait majoritairement de *Laminaria hyperborea* ou de *Saccorhiza polyschides*. En effet, en raison des conditions climatiques particulièrement favorables (eaux claires, temps ensoleillé,...), nous avons pu constater, depuis nos derniers relevés une repousse importante de jeunes laminaires en août, septembre et une partie en octobre 2010 (Ménard J.-C., comm pers.).

Une extension du protocole actuel, permettra d'aborder la **fonctionnalité écologique de l'habitat laminaire**, en intégrant la faune associée (absente de la DCE) et en s'intéressant aux ceintures à dominante de faune fixée. Cette démarche intégrée des biocénoses, nous permettra, de mieux discriminer les pressions, et mieux évaluer l'incidence des facteurs environnementaux sur l'état de conservation de ces habitats benthiques.

Le bénéfice scientifique d'une telle étude ne prend sa véritable valeur que s'il est poursuivi dans le temps, de manière à intégrer les variations des différents paramètres. Si l'acquisition de ces données demande un gros effort sur le terrain, c'est l'intérêt scientifique de cette démarche qui motive les équipes à accomplir leur travail dans des conditions qui ne sont pas toujours faciles. Et c'est cette motivation qui nous mène à solliciter nos partenaires financiers pour nous aider à poursuivre le travail entrepris.

En vous remerciant de la confiance que vous nous avez accordée.

Bibliographie

- BARILLE A.L. et S. DERRIEN-COURTEL, 2010. Etat de santé des masses d'eaux côtières dans le secteur Loire-Vilaine avec le bio-indicateur des lamineaires. Rapport ELV, 94p.
- BARILLÉ A-L., 2009. Impact écologique de l'extraction sur la faune benthique de la concession du Grand Charpentier. Rapport Bio-Littoral pour le groupement des Sabliers de l'Atlantique, 36p.
- BARILLÉ A-L., 2010. Suivi bio-sédimentaire de l'extraction de granulats sur la concession du Pilier. Rapport Bio-Littoral pour le Groupement d'extracteurs du Pilier. Bilan quinquennal 2009.
- DERRIEN-COURTEL S., LE GAL A., MERCIER-PECARD M., DERRIEN R., MERCIER N. et DECARIS FX., 2007. Suivi DCE Stationnel - Station de référence- Région Bretagne - Fonds subtidaux rocheux faune/flore - Année 2006. Contrat IFREMER-MNHN, 111p.
- 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., 2009. Mise au point du protocole de suivi des macroalgues subtidales pour la façade manche-atlantique. Contrat IFREMER-MNHN, 30p.
- DUSSAUZE M. et MENESGUEN A., 2008. Simulation de l'effet sur l'eutrophisation côtière bretonne de 3 scénarios de réduction des teneurs en nitrate et phosphate de chaque bassin versant breton et de la Loire. Rapport pour la Région Bretagne et l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne, 160 p.
- GRUET Y., 1975. Répartition des lamineaires (algues phéophycées) sur l'estran de la cote 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 SJ, 1987. Physical disturbances in an Australian kelp community. I. Temporal effects. *Mar Ecol Prog Ser* 40: 145-153
- LE GOUVELLO R., 2011. Inventaire des données et suivis existants sur le secteur côtier Loire/Vilaine. Projet "Projet Santé Littoral Mer Loire Vilaine", Rapport d'étude pour l'association Estuaire Loire Vilaine <http://www.assoloirevilaine.fr/index.php?La-qualité-des-eaux/>, 287 pages + annexes.
- LILLEY S.A. and 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. and CONNELL S.D., 2001. Experimental effects of kelp canopies on subtidal coralline algae. *Austral Ecol* (26): 102-108
- PÉRÈS J. M., 1966. La vie dans l'océan, *Seuil*, Paris, 26, 190 p.
- TESSIER C., 2006. Caractérisation des turbidités en zone côtière : l'exemple de la région marine Bretagne Sud : Thèse de Doctorat, Université Bordeaux 1, 273 p.
- Site Ifremer consacré à l'environnement littoral :
<http://www.ifremer.fr/envlit>
- Site du GIP Loire Estuaire :
<http://www.loire-estuaire.org/epa/acquis/panache.html>

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 digitata</i> , <i>Laminaria hyperborea</i> , <i>Laminaria ochroleuca</i> et <i>Saccorhiza polyschides</i>) densité $\geq 3/m^2$	Champs de <i>Cystoseira</i> spp. 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 digitata</i> , <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 d'algues rouges sciaphiles <i>Solieria chordalis</i> et de la faune fixée
Circalittoral côtier =Niveau 4	Absence de laminaires et présence d'algues sciaphiles (<i>Dictyopteris polypodioides</i> , <i>Rhodomenia pseudopalmata</i> ...), prédominance de la faune fixée	Absence de <i>Solieria chordalis</i> et présence d'algues sciaphiles (<i>Dictyopteris polypodioides</i> , <i>Rhodomenia 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 sciaphile	Algues dressées absentes. Apparition de faune sciaphile	Dominance de la faune fixée, algues dressées absentes