

Muséum National d'Histoire Naturelle
Station Marine de Concarneau
LEMAR UMR 6539 / Observatoire marin - IUEM – UBO

Derrien-Courtel S.
Le Gal A.
Voisin A.
Derrien R.
Decaris F.-X.



OFB
OFFICE FRANÇAIS
DE LA BIODIVERSITÉ



SLAMIR

Suivi de la biodiversité associée aux champs de LAMinaires du Parc naturel marin d'Iroise

Rapport final



Version du rapport : 14/11/2022



UBO
Université de Bretagne Occidentale

LEMAR



Sommaire

Présentation des acteurs	6
Introduction	8
1 Présentation de l'étude SLAMIR	9
1.1 Sites d'étude	9
1.1.1 Site des Remeurs (secteur Molène Nord – site témoin non exploité)	12
1.1.2 Site des Laz (secteur Molène Nord – site exploité)	13
1.1.3 Site de Men Gwenn (secteur Molène Sud – site exploité)	14
1.1.4 Site (de la roche) du petit Taureau (secteur Sud – site témoin)	15
1.1.5 Site de la roche de l'aviron (secteur Molène Sud – site exploité)	16
1.1.6 Site des Liniou (secteur Nord PNMI – site témoin)	17
1.1.7 Site des Liniou-PNMI (secteur Nord PNMI – site témoin)	18
1.1.8 Site des Fourches (secteur Nord PNMI – site exploité)	18
1.1.9 Site des Fourches - PNMI (secteur Nord PNMI – site exploité)	19
1.1.10 Site de Penn Gamm (secteur Sein - site non exploité)	20
1.2 Protocoles d'échantillonnage	21
1.2.1 DCE2-complet	22
1.2.2 Complément ZNIEFF	22
1.2.3 DCE-2 partiel	22
1.3 Données environnementales et données d'exploitation	23
2 Résultats	25
2.1 Relevés DCE des biocénoses de l'infralittoral supérieur	25
2.1.1 Ceintures algales	25
2.1.2 Densité des algues structurantes	26
2.1.3 Composition de la strate arbustive	27
2.1.4 Longueur cumulée de stipe	29
2.1.5 Structure de taille des laminaires	31
2.1.6 Comparaison des communautés	41
2.1.7 Groupes fonctionnels	49
2.2 Mise en relation des paramètres « environnementaux » et « pression d'exploitation » avec les données « biodiversité associée » issues du suivi SLAMIR	51
2.2.1 Données environnementales et données d'exploitation	52
2.2.2 Données de biodiversité	56
2.3 Inventaire znieff de Penn Gamm (Sein)	58
2.3.1 Résultat inventaire par niveau et par microhabitat par phylum	58
2.3.2 Espèces et Habitats déterminants observés	61
3 Discussion	63

3.1	Fonctionnalité et évolution des champs de laminaires en Bretagne et en Iroise	63
3.1.1	Densité et composition de la strate arbustive _____	63
3.1.2	Longueur cumulée de stipes de laminaires pérennes _____	66
3.2	Evaluation du système de gestion : différences entre zones exploitées, zones non exploitées _____	68
Conclusion et perspectives _____		<i>Erreur ! Signet non défini.</i>

Liste des figures

Figure 1 : Localisation des sites d'étude SLAMIR	11
Figure 2 : Localisation du site des Remeurs	12
Figure 3 : Photos du site des Remeurs	12
Figure 4 : Localisation du site des Laz	13
Figure 5 : Photos de la trace du passage du peigne sur le site des Laz	13
Figure 6 : Localisation du site de Men Gwenn	14
Figure 7 : Photos des nécroses de laminaires sur le site de Men Gwenn en 2020	14
Figure 8 : Localisation du site du petit Taureau.....	15
Figure 9 : Trace du passage d'un peigne sur le site témoin du petit Taureau.....	15
Figure 10 : Localisation du site de la Roche de l'Aviron	16
Figure 11 : Photos de la zone du passage du peigne sur le site de la Roche de l'Aviron	16
Figure 12 : Localisation du site des Liniou	17
Figure 13 : Photo de la forêt de laminaires sur le site de Liniou	17
Figure 14 : Localisation du site de Liniou-PNMI	18
Figure 15 : Localisation du site des Fourches	18
Figure 16 : Photos de la strate arbustive sur le site des Fourches	19
Figure 17 : Localisation du site des Fourches-PNMI.....	19
Figure 18 : Localisation du site de Penn Gamm	20
Figure 19 : Photos des algues structurantes du site de Penn Gamm	20
Figure 20 : Limites d'extension en profondeur des ceintures algales sur le site des liniou....	25
Figure 21 : Limites d'extension en profondeur des ceintures algales sur le site de Penn Gamm	26
Figure 22 : Densité totale des algues structurantes sur les sites suivis selon le protocole « DCE-2 complet »	26
Figure 23 : Composition de la strate arbustive sur les sites suivis selon le protocole « DCE-2 complet »	27
Figure 24 : Photos de recrutement de laminaires dans les zones de passage du peigne.....	27
Figure 25 : Composition de la strate arbustive sur les sites suivis selon le protocole « DCE-2 partiel »	28
Figure 26 : Box plot des longueurs de stipe cumulées au m ² sur les 4 sites d'étude.....	30
Figure 27 : Longueur de stipes cumulée sur les sites suivi en DCE-2 partiel	31
Figure 28 : 2021 : Structure de taille des laminaires sur le site des Remeurs (2,5m ²).....	32
Figure 29 : 2021 : Structure de taille des laminaires sur le site des Laz (2,5m ²).....	33
Figure 30 : 2021 : Structure de taille des laminaires sur le site des Liniou (1,25m ²).....	35
Figure 31 : 2021 : Structure de taille des laminaires sur le site des Fourches (1,25m ²)	35
Figure 32 : 2020 : Structure de taille des laminaires sur le site des Remeurs (2,5m ²).....	37
Figure 33 : 2020 : Structure de taille des laminaires sur le site de Men Gwenn (2,5m ²).....	38
Figure 34 : 2020 : Structure de taille des laminaires sur le site de Basse Vihan (1,25m ²).....	39
Figure 35 : 2020 : Structure de taille des laminaires sur le site des fourches-PNMI (1,25m ²).....	40
Figure 36 : Photos des quadrats réalisés sur le site de Remeurs	41
Figure 37 : Densité des taxa dénombrables sur les sites des Laz et des Remeurs.....	42
Figure 38 : Recouvrement moyen des espèces encroûtantes sur les sites des Laz et des Remeurs.....	43
Figure 39 : Bilan des tests statistiques menés sur les abondances des sites des Laz et des Remeurs	44
Figure 40 : Photos de quelques espèces observées sur les sites du secteur Nord PNMI.....	45
Figure 41 : Densité des taxa dénombrables sur les sites des Fourches et des Liniou	46
Figure 42 : Recouvrement moyen des espèces encroûtantes sur les sites des Fourches et des Liniou	47
Figure 43 : Bilan des tests statistiques menés sur les abondances des Fourches et des Liniou	48
Figure 44 : Définition des différents groupes fonctionnels (GF) : groupes morpho-anatomiques (GMA) et groupes trophiques (GT) avec leurs subdivisions par Phyla.....	49

Figure 45 : Bilan des tests statistiques menés sur les abondances groupes fonctionnels au sein des sites des Laz et des Remeurs	50
Figure 46 : Bilan des tests statistiques menés sur les abondances groupes fonctionnels au sein des sites des Fourches et des Liniou	51
Figure 47 : Transformation log de la variable « exploitation » pour qu'elle suive une loi normale	52
Figure 48 : Modèle théorique des bâtons brisés pour l'analyse des données environnementales	53
Figure 49 : ACP environnementale, représentation en cadrage de type 1 à gauche et en cadrage de type 2 à droite.	54
Figure 50 : ACP sur les données environnementale et d'exploitation, représentation en cadrage de type 1	55
Figure 51 : ACP des données quantitatives de faune et de flore en cadrage de type 1	56
Figure 52 : Plan d'échantillonnage réalisé	58
Figure 53 : Evolution de la strate arbustive entre -8 à -11m CM en Bretagne	64
Figure 54 : MDS des espèces dénombrables du -8m CM des sites de suivis REBENT-Bretagne	66
Figure 55 : Evolution de la longueur cumulée de stipe entre -8 à -11m CM en Bretagne	67
Figure 56 : Influence sédimentaire sur le site des Remeurs	Erreur ! Signet non défini.
Figure 57 : Propositions de protocole d'échantillonnage afin de caractériser les effets du taux d'exploitation.....	Erreur ! Signet non défini.

Liste des tableaux

Tableau 1 : Présentation des sites d'étude pour l'étude des biocénoses associées aux laminaires	10
Tableau 2 : Statut annuel d'exploitation des sites échantillonnés.....	11
Tableau 3 : Bilan de l'échantillonnage réalisé dans le cadre du suivi SLAMIR	21
Tableau 4 : Ensemble des variables environnementales et d'exploitation disponibles pour les analyses	24
Tableau 5 : Flore : Bilan des espèces recensées sur le site de Penn Gamm par niveau et micro-habitat.....	59
Tableau 6 : Faune : Bilan des espèces recensées sur le site de Penn Gamm par niveau et micro-habitat (1/2)	60
Tableau 7 : Faune : Bilan des espèces recensées sur le site de Penn Gamm par niveau et micro-habitat (2/2)	61
Tableau 8 : Espèces déterminantes recensées sur le site de Penn Gamm.....	62
Tableau 9 : Habitats déterminants recensées sur le site de Penn Gamm.....	62
Tableau 10 : Préconisation en termes de suivis et de gestion à mettre en place concernant l'activité d'exploitation goémonière de <i>L.hyperborea</i>	Erreur ! Signet non défini.

Présentation des acteurs

Sandrine DERRIEN-COURTEL (MNHN Concarneau)	Responsabilité scientifique, relecture du rapport
Aodren LE GAL (MNHN Concarneau) Anthony VOISIN (UBO-LEMAR)	Saisie, analyse des données, rédaction du rapport
Sandrine DERRIEN-COURTEL (MNHN Concarneau), <i>Systématique des Algues et des Spongiaires</i> François-Xavier DECARIS (MNHN Concarneau), <i>Systématique des Ascidies, des Hydraires et des Bryozoaires</i>	Expertise taxonomique
Aodren LE GAL (MNHN Concarneau) Sandrine DERRIEN-COURTEL (MNHN Concarneau) René DERRIEN (MNHN Concarneau)	Relevés scientifiques en plongée
Claire LASPOUGEAS (PNMI/OFB) Anna CAPIETTO (PNMI/OFB) Pierre MISKO (PNMI/OFB)	Relecture du rapport

Comment citer ce rapport :

Derrien-Courtel S., Le Gal A., Voisin A., Derrien R., Decaris F.-X., 2022. SLAMIR : Suivi de la biodiversité associée aux champs de LAMinaires du Parc naturel marin d'IRoise. Conventions OFB-MNHN Concarneau & MNHN-UBO. Rapport final, 74 pp.

Introduction

Parmi ses orientations de gestion, le Parc Naturel Marin d'Iroise (PNMI) a pour objectif d'assurer une exploitation durable des champs d'algues. En effet, il abrite de grands champs de laminaires, qui sont à la fois un habitat majeur abritant de nombreuses espèces et une ressource exploitée par les goémoniers.

L'exploitation au peigne à *Laminaria hyperborea* s'est développée dans les années 1990. Le système de gestion de cette exploitation, piloté par le Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins (CRPMEM) de Bretagne et le préfet de Région, a évolué en 2015 avec la mise en place d'un système de gestion plus fin. En 2015, des zones ont été fermées à l'exploitation de *L. hyperborea* dans le PNMI, suite à la concertation engagée dans le cadre de la gestion intégrée de l'archipel de Molène. Actuellement, en Bretagne, l'exploitation se fait selon un système d'alternance de périodes d'exploitation et de jachère sur des bandes de 1 mile de large sur un cycle de 3 ans. Dans le PNMI, des zones ont été fermées à l'année pour des raisons environnementales. Le conseil de gestion du PNMI a demandé à plusieurs reprises d'évaluer l'efficacité de ce système de gestion.

Le programme SLAMIR (Suivi des LAMinaires en Iroise) vise à apporter des éléments de réponse à deux principaux questionnements :

- Quelle est la fonctionnalité des champs de *Laminaria hyperborea* ?
- Quel est l'impact de l'exploitation goémonière ?

Dans le cadre de cette étude, 4 grands paramètres ont été étudiés par 4 équipes de scientifiques : la biomasse, la biodiversité associée, les réseaux trophiques et les peuplements de poissons. Le MNHN Concarneau était chargé d'étudier la strate arbustive et sa biodiversité associée.

Lors de la première phase du projet SLAMIR (2018-2019), le MNHN-Concarneau est intervenu d'une part pour former et accompagner les agents du PNMI à l'application du protocole de suivi "DCE-2 partiel", d'autre part pour étudier deux couples de sites témoins/exploités.

Lors de la seconde phase du projet (2020-2021), des données complémentaires ont été acquises concernant la strate arbustive des forêts de laminaires grâce aux échantillonnages réalisés par les agents du PNMI et du MNHN-Concarneau. Le MNHN-Concarneau a également réalisé une nouvelle étude des biocénoses associées aux laminaires sur deux nouveaux couples de sites témoins/exploités.

Ce rapport final dresse le bilan des données acquises depuis 2018 avec pour objectifs de mesurer les effets potentiels de l'exploitation de *L. hyperborea* sur la fonctionnalité de l'habitat des forêts de laminaires ainsi que sur les biocénoses associées et d'en déduire des préconisations de mesures de gestion et de programmes de suivis des champs de laminaires d'Iroise.

1 Méthodes

1.1 Sites d'étude

Dans le cadre de ce projet, des couples de sites (1 site témoin et 1 site exploité) ont été définis dans 4 secteurs (Molène Nord, Molène Sud, Nord PNMI, Sein), identifiés comme étant prioritaires en termes d'enjeux pour la ressource, par le PNMI et la profession goémonière.

Lors de la première phase du projet SLAMIR (2018-2019), l'étude portait sur 4 sites répartis dans 2 secteurs : secteur nord-ouest et secteur sud-ouest (Tableau 1 et Figure 1). A l'issue de cette première phase, le couple Roche de l'Aviron / Petit Taureau a été abandonné en raison de la quasi absence de traces de passage de peigne sur le site exploité. En 2019, un nouveau couple de sites a été défini dans le secteur Nord du PNMI : site des Liniou (Site DCE-Témoin) et site des Fourches (Site exploité). En 2021, le site exploité de Men Gwenn a également été abandonné pour être remplacé par le site exploité du Plateau des Laz, en raison de taux importants de nécroses relevés sur les individus de *Laminaria hyperborea* sur Men Gwenn en 2020. Les données de géolocalisation disponibles en 2020 ont donc permis de réorienter le suivi (pour une année) sur les Laz.

Globalement, les sites exploités ne présentaient que quelques traces de passage de peigne. Les données de géolocalisation, disponibles fin 2020, ont permis de montrer que le site des fourches était exploité et que le site de Men Gwenn était peu exploité.

Après avoir suivi une formation du MNHN-Concarneau au protocole « DCE2-partiel » en 2018, les agents du PNMI ont pu l'appliquer sur 4 sites : Men Gwenn, Remeurs, Fourches-PNMI et Liniou-PNMI.

Les sites d'études ont été sélectionnés au sein de secteurs définis par l'ensemble des partenaires du projet.

Zone	Nom site	Type de site	Y (DD WGS 84)	X (DD WGS 84)	Operateur	Bathymétrie étudiée	Protocole	Type habitat
Molène Nord	Les Laz	Exploité	48.4246	-4.91983	MNHN-Concarneau	11m CM	DCE2 complet	roche mère avec roche moyenne
Molène Nord	Les Remeurs (Ar Goz Vaz)	Témoin	48.42848	-4.98388	MNHN-Concarneau	10,8m CM	DCE2 complet	Roche mère entrecoupée de sable
Molène Nord	Les Remeurs (Ar Goz Vaz)	Témoin	48.4261	-4.9852	PNMI	10,8m CM	DCE2 partiel	Roche mère entrecoupée de sable
Molène Sud	Men Gwenn	Exploité	48.38995	-4.99537	MNHN-Concarneau	10,8m CM	DCE2 complet	Platier/Petites roches
Molène Sud	Men Gwenn	Exploité	48.38996	-4.99536	PNMI	9m CM	DCE2 partiel	Platier/Petites roches

Molène Sud	Roche de l'Aviron	Exploité	48.34765	-4.95843	MNHN-Concarneau	9,2m CM	DCE2 complet	Roche mère en platier/cailloutis/ limite sable
Molène Sud	Roche du petit taureau	Témoin	48.33108	-4.90595	MNHN-Concarneau	9,2m CM	DCE2 complet	Platier/ roches moyenne
Nord PNMI	Les Fourches-PNMI	Exploité	48.45148	-4.78827	PNMI	7m à 9m CM	DCE2 partiel	Platier Roche mère /cailloutis/limite sable
Nord PNMI	Les Fourches	Exploité	48.45332	-4.79293	MNHN-Concarneau	8m CM	DCE2 complet	Roche mère avec blocs, gros, moyens, petits et veine de sable
Nord PNMI	Linou	Témoin	48.490233	-4.80770	MNHN-Concarneau	3m,8m,13m,18m CM	REBENT / DCE2 complet	Roche mère et roche moyenne sur platier
Nord PNMI	Linou-PNMI	Témoin	48.4904333	-4.79472	PNMI	11m CM	DCE2 partiel	Roche mère et roche moyenne sur platier
Sein	Penn Gamm	Non exploité	48.0549	-4.865267	MNHN-Concarneau	3m,8m,13m,18m,23m CM	DCE2 complet/Complément ZNIEFF	Platier en pente forte

Tableau 1 : Présentation des sites d'étude pour l'étude des biocénoses associées aux laminaires

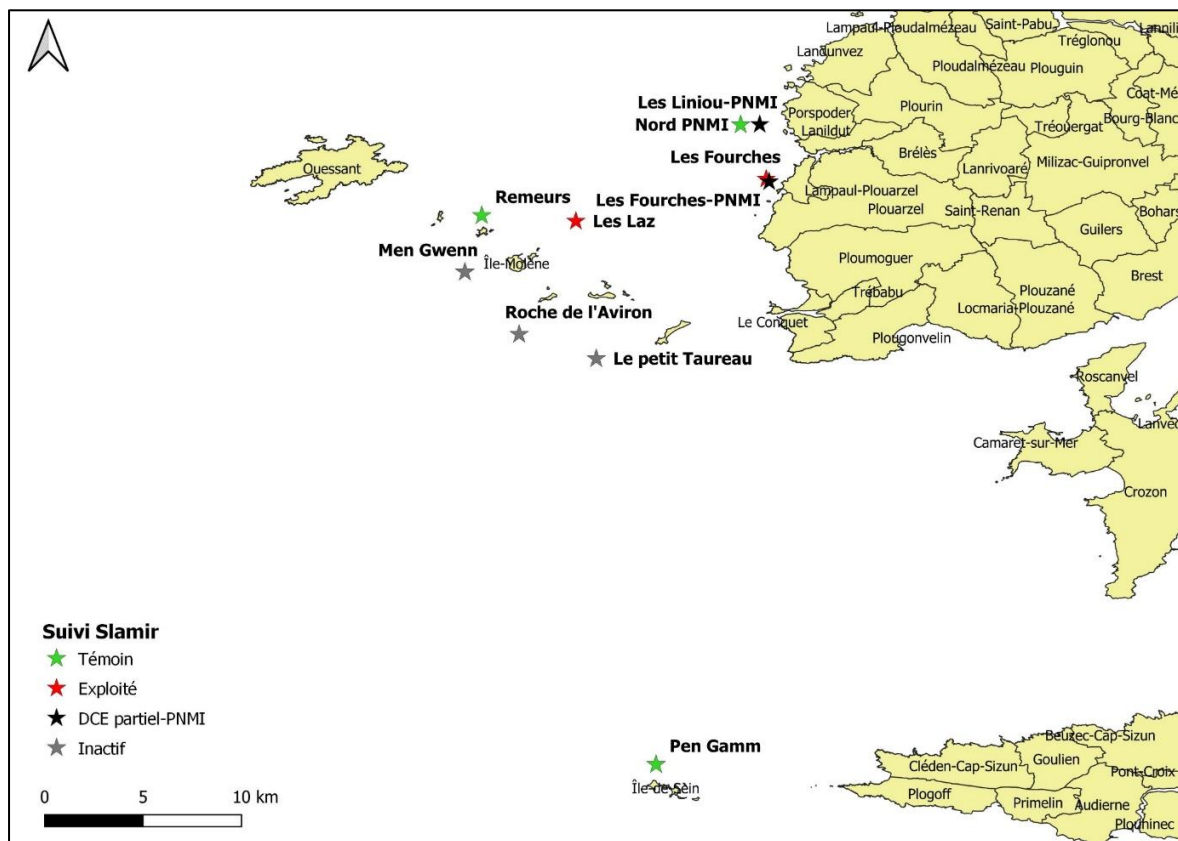


Figure 1 : Localisation des sites d'étude SLAMIR

Pour chacun des sites, le statut annuel d'exploitation défini par l'arrêté préfectoral n°2014-9271 est précisé dans le Tableau 2.

Secteur		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Molène Nord	Men Gwenn	f	f	o	f	f	o	f
	Les Remeurs	Fermé						
	Les Laz	o	f	f	o	f	f	o
Nord PNMI	Les Fourches	f	o	f	f	o	f	f
	Les Liniou	zone non exploitable						
	Les Liniou PNMI	zone non exploitable						
Molène Sud	Petit Taureau	fermé						
	Roche de l'Aviron	f	f	o	f	f	o	f
Sein	Sein	Zone non exploitée						

Tableau 2 : Statut annuel d'exploitation des sites échantillonnés

o : ouvert, f : fermé, d'après l'arrêté préfectoral n°2014-9271

1.1.1 Site des Remeurs (secteur Molène Nord – site témoin non exploité)

Le site des Remeurs (Secteur Molène Nord – site témoin non exploité) est situé dans les environs d'Ar Goz Vaz (Figure 2). Sur ce site, on retrouve un substrat constitué d'une roche mère sur laquelle reposent de gros blocs. La zone est entrecoupée de larges bandes de sable. Les relevés ont été réalisés à la profondeur de -11m CM¹ (même profondeur que le site exploité du Plateau des Laz). Ce site, probablement plus abrité des grandes houles de par sa position à l'est de l'archipel, a pour particularité de présenter un mélange de *L. hyperborea* et de *L. ochroleuca* (Figure 3).

Ce site a été échantillonné par l'équipe du MNHN le 6 juillet 2018 et le 23 juin 2021, en suivant le protocole « DCE complet » et le 12 août 2019 et le 30 juillet 2020 par les agents du PNMI en suivant le protocole « DCE partiel ».

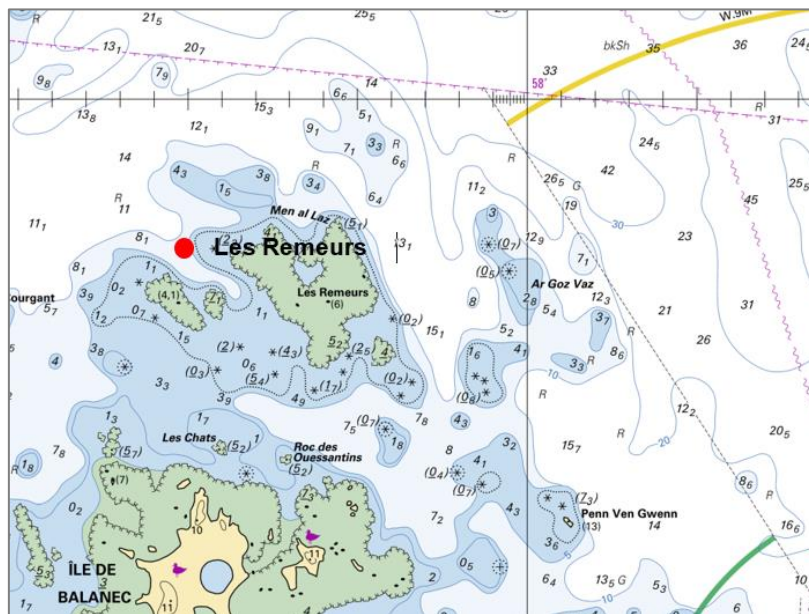


Figure 2 : Localisation du site des Remeurs

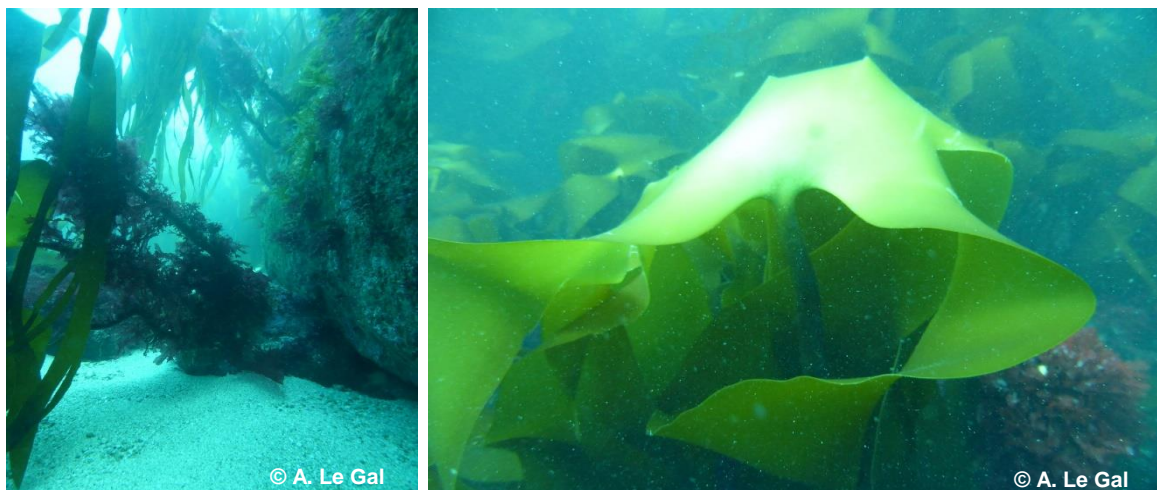


Figure 3 : Photos du site des Remeurs
A droite : *Laminaria ochroleuca*

¹ CM : Cote Marine, profondeur rapportée au zéro hydrographique

1.1.2 Site des Laz (secteur Molène Nord – site exploité)

Le site des Laz (Secteur Molène Nord, site exploité) situé sur le plateau des Laz (Figure 4) remplace le site de Men Gwenn. Sur ce site, on retrouve un substrat principalement constitué d'une roche mère sur laquelle reposent quelques blocs de taille moyenne. Les relevés ont été réalisés à la profondeur de -11m CM (même profondeur que le site témoin des Remeurs) dans une trace de passage de peigne.

Ce site a été échantillonné uniquement le 23 juin 2021 par l'équipe du MNHN en suivant le protocole « DCE complet ». L'exploitation du secteur était autorisée en 2021. Les traces de passages de peigne devaient donc dater du début de l'année 2021 (<6 mois).

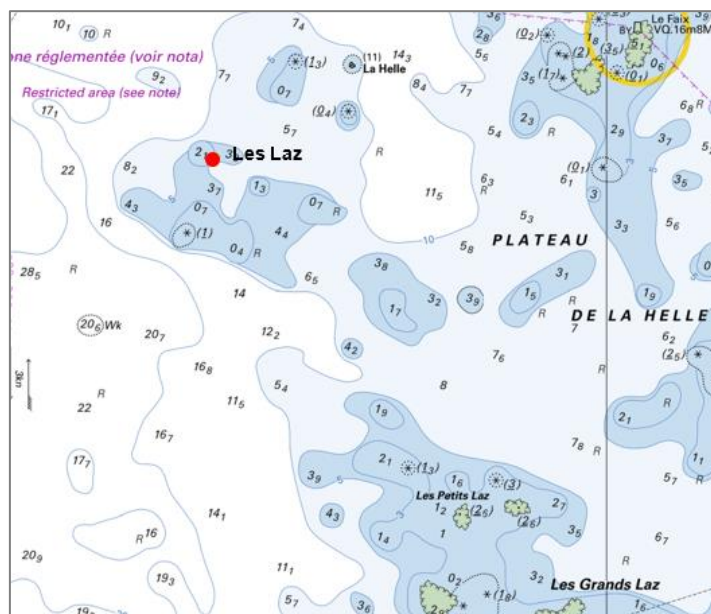


Figure 4 : Localisation du site des Laz

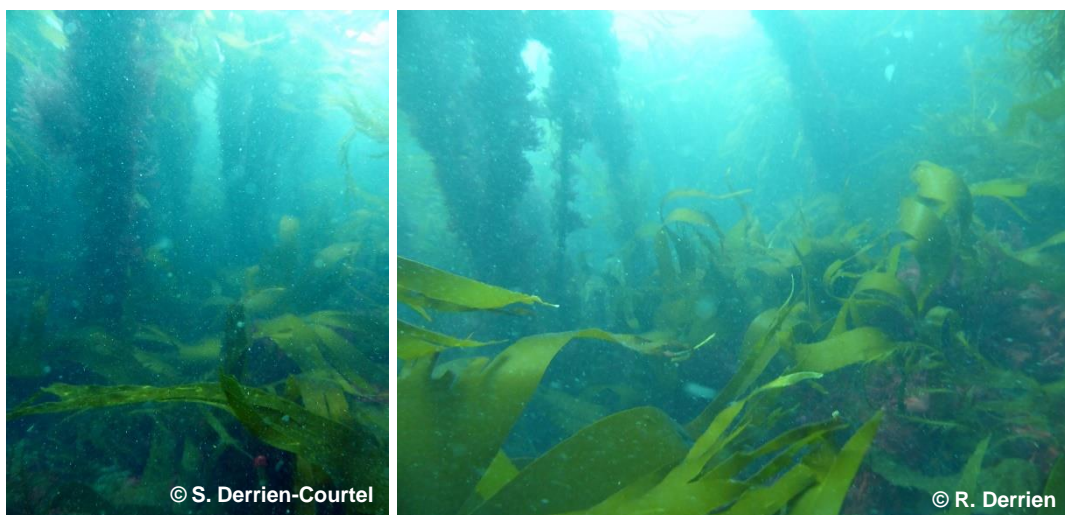


Figure 5 : Photos de la trace du passage du peigne sur le site des Laz
On note la différence de taille des laminaires dans la zone de passage et en périphérie

1.1.3 Site de Men Gwenn (secteur Molène Sud – site exploité)

Le site de Men Gwenn (secteur Molène Nord – site exploité) (Figure 6) a été échantillonné le 6 juillet 2018 pour l'étude des biocénoses associées aux laminaires, puis en 2019 et 2020 selon le protocole « DCE-2 partiel » (strate arbustive) par les agents du PNMI.

En 2018, le balisage mis en place par Ifremer n'a pas été retrouvé, mais les passages de peigne étaient nets. Ce site a été abandonné en 2021 (après 3 années de suivi) en raison de fonds (blocs de roche petits à moyens) différents de ceux du site témoin des Remeurs (gros blocs sur roche mère) (Figure 7), d'une exposition aux courants sans doute différente (probablement plus de courant sur Remeurs que sur Men Gwenn) et en raison d'un important phénomène de nécrose risquant d'altérer l'analyse et ainsi d'apporter un biais dans l'interprétation des données. Suite à l'analyse des données de géolocalisation et une concertation entre les équipes scientifiques, ce site a été abandonné au profit des Laz en 2021 par deux équipes (MNHN et station biologique de Roscoff). Quitte à changer de site, cette recherche nous a également permis de privilégier un site avec un taux d'exploitation plus important, comme c'était le cas pour le plateau des Laz.

Le secteur étant ouvert à l'exploitation en 2017, les passages observés devaient dater de 1 an à 6 mois environ. En 2020, ce site a présenté un important phénomène de nécrose de *L. hyperborea* (Figure 7). Les prélèvements ont confirmé l'absence de composés dérivés du TBT (biocide utilisé dans les antifoulings des bateaux). Pour l'instant, les hypothèses d'une tempête, d'une bactérie ou encore d'une importante élévation de la température (Derrien-Courtel, comm. pers) ont été évoquées pour expliquer ce phénomène.

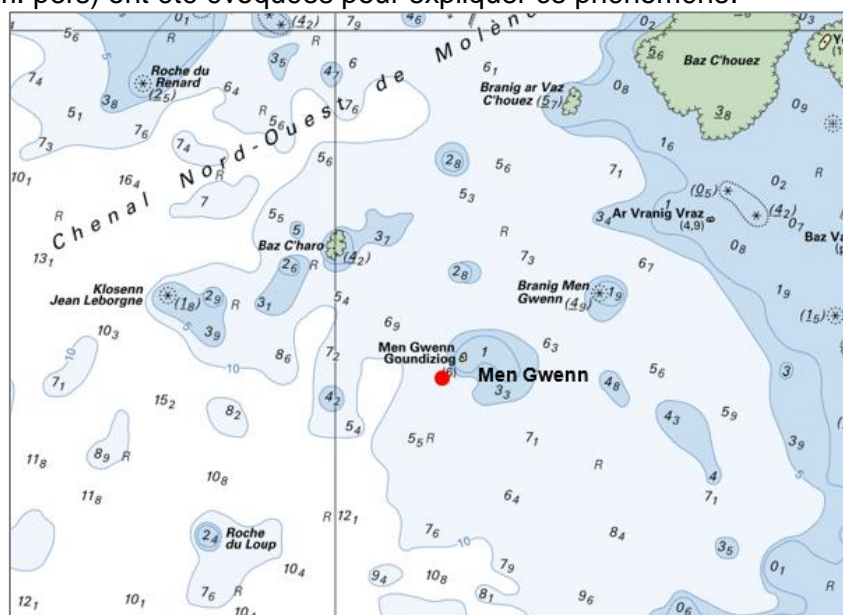


Figure 6 : Localisation du site de Men Gwenn



© P. Thiriet



© P. Thiriet

Figure 7 : Photos des nécroses de laminaires sur le site de Men Gwenn en 2020

1.1.4 Site (de la roche) du petit Taureau (secteur Molène Sud – site témoin)

Le site du petit Taureau (secteur Molène Sud – site témoin) a été échantillonné uniquement lors de la première phase de l'étude SLAMIR le 5 juillet 2018.

Le travail a été réalisé au cap 270° à la profondeur de -9,2m CM pour correspondre à la profondeur de la zone exploitée sur le site de la roche de l'aviron.

Le substrat se compose de roche mère sur laquelle reposent des blocs de petite et moyenne taille.

Ce site n'est plus suivi car des traces de passages de peignes sont observées alors qu'il s'agit d'un site témoin. Ces passages se matérialisent sous la forme de couloirs (de 1 à 2m de large) dans lesquels les algues arbustives sont quasiment absentes et où certains blocs sont retournés (Figure 9).

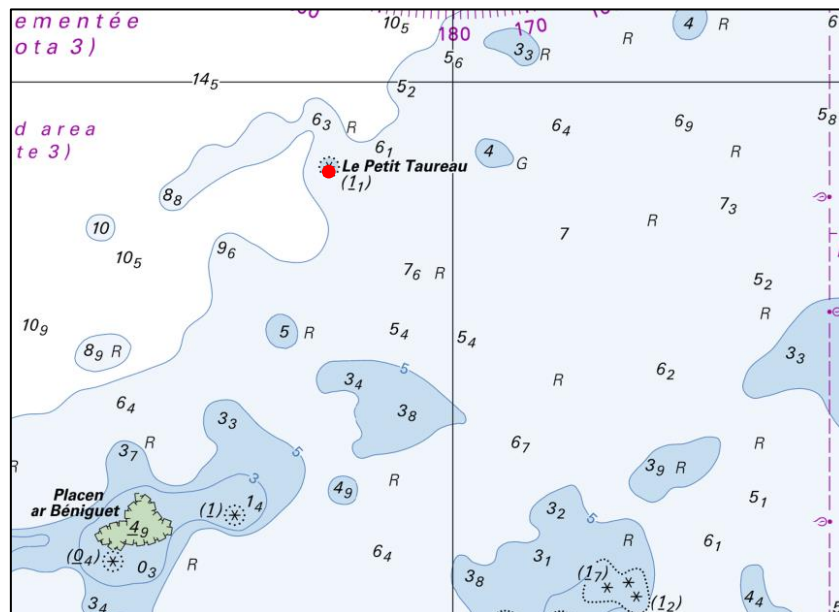


Figure 8 : Localisation du site du petit Taureau



Figure 9 : Trace du passage d'un peigne sur le site témoin du petit Taureau

1.1.5 Site de la roche de l'aviron (secteur Molène Sud – site exploité)

Le site de la roche de l'aviron (secteur Molène Sud – site exploité) (Figure 10) a été échantillonné uniquement lors de la première phase de l'étude SLAMIR le 5 juillet 2018. Le secteur était ouvert à l'exploitation en 2017.

Les fonds sur le site se présentent sous la forme de roche mère avec des blocs de roche de taille moyenne et des sédiments sur lesquels reposent également des blocs de tailles variables.

Ce site n'est plus suivi car les traces de passages du peigne observées sur le site témoin (site de la roche du petit Taureau) étaient plus importantes que sur le site exploité. Sur ce site, le passage du peigne n'est pas évident, sans doute en raison du délai écoulé entre exploitation et suivi, mais également du passage du peigne en limite roche-sédiment (Figure 11).

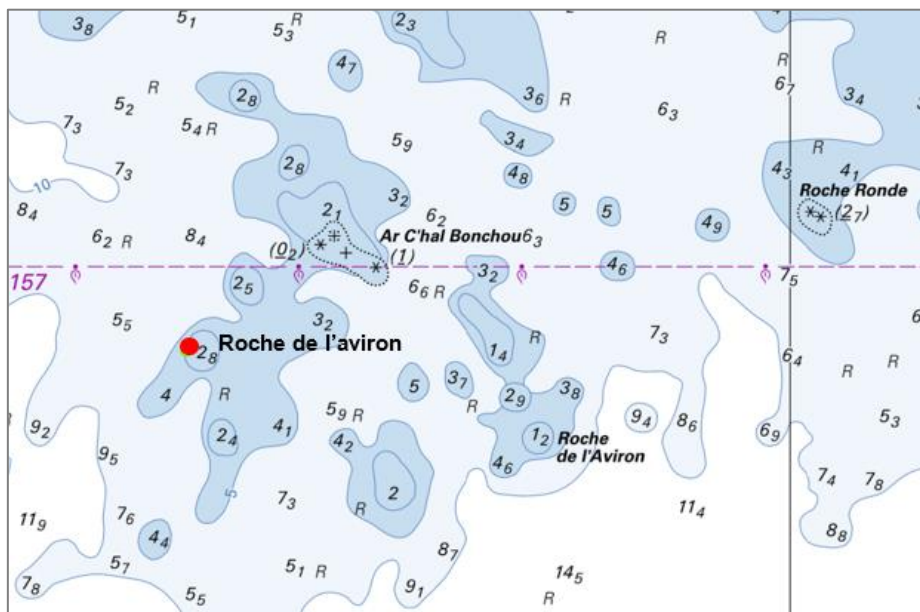


Figure 10 : Localisation du site de la Roche de l'Aviron



Figure 11 : Photos de la zone du passage du peigne sur le site de la Roche de l'Aviron

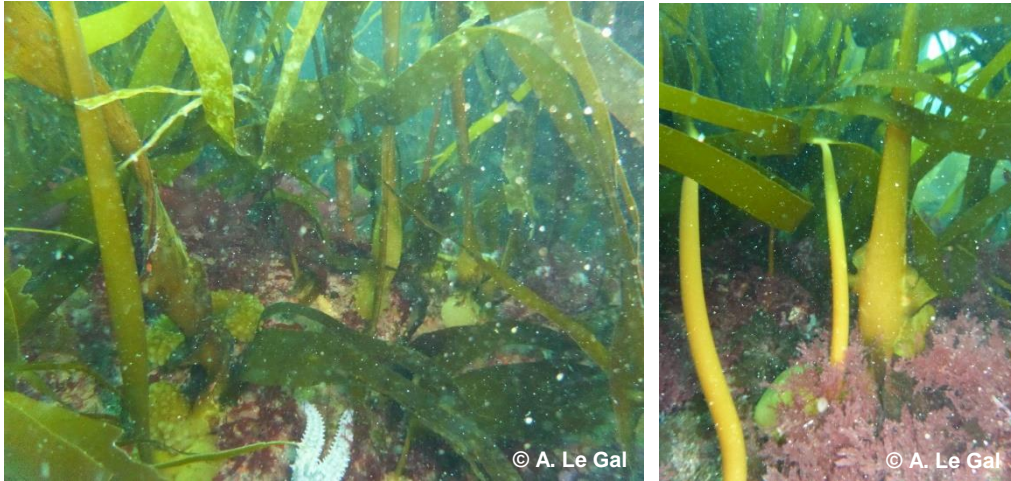


Figure 16 : Photos de la strate arbustive sur le site des Fourches

1.1.9 Site des Fourches - PNMI (secteur Nord PNMI – site exploité)

Le site des Fourches (secteur Nord PNMI – site exploité) est un site suivi par les agents du PNMI avec le protocole « DCE2-partiel ». Le site se présente sous la forme de roche mère en platier avec cailloutis en limite de sédiments. Le site a été échantillonné en 2019 et 2020. La dernière période d'ouverture de ce secteur à l'exploitation était l'année 2019.

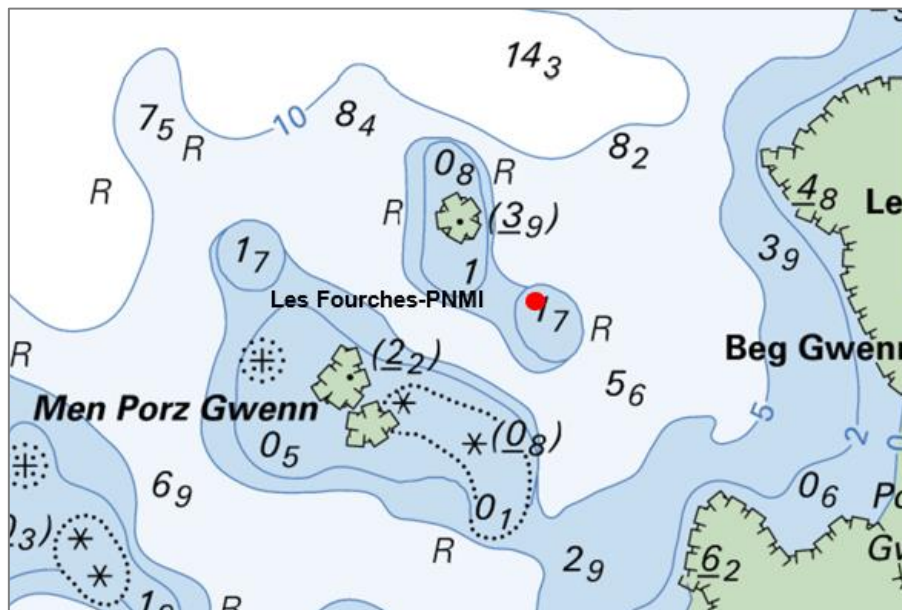


Figure 17 : Localisation du site des Fourches-PNMI

1.2 Protocoles d'échantillonnage

Année de relevé	Thématique	saison	secteur Molène Sud			secteur Molène Nord		secteur Nord PNMI				secteur Sein
			La roche du petit taureau	Roche de l'Aviron	Men Gwenn	Les Remeurs	Les Laz	Les Fourches-PNMI	Les Fourches	Liniau-PNMI	Les Liniou - SiteRebent/DCE	Sein
	commentaire		Site témoin abandonné car trace d'exploitation	Site exploité abandonné car beaucoup de sédiment et faible exploitation	Site exploité, échantillonnage réalisé dans trace de peigne bien nette, remplacé par les Laz en 2021	Site Témoin	Site exploité (remplace Men Gwenn), échantillonnage réalisé dans un passage de peigne		Site exploité, échantillonnage réalisé dans un passage de peigne		Site Témoin	
2018	Biodiversité associée	été	10Q+	10Q+	10Q+ à 11m	10Q+ à 11m						
2019	Biodiversité associée	été			10Q- mais bathy non comparable (-9m CM)	10Q- mais bathy non comparable (-7m CM)		5Q- mais bathy non comparable (-2m CM)				
2020	Biodiversité associée	été			10Q- à 11m	10Q- à 11m		10Q- entre 7 et 9m		10Q- à 11m	10Q et 5Q- à 8m CM	
2021	Biodiversité associée	été				10Q+ à 11m	10Q+ à 11m		10Q+ à 8m CM			10Q+ à 3m et 10Q+ à 28m, 5Q- à 3m, 8m, 13m, 18m et 23m

Tableau 3 : Bilan de l'échantillonnage réalisé dans le cadre du suivi SLAMIR

En bleu : échantillonnage réalisé par le PNMI selon le protocole DCE-2 partiel,

en noir : échantillonnage réalisé par le MNHN Concarneau selon le protocole DCE-2 complet

Q : Quadrat faune et flore, Q+ : Quadrat faune et flore + mesure longueur algues arbustives pérennes et Q- : Quadrat avec seulement comptage et mesure des algues arbustives pérennes (donc sans faune et flore de la sous strate)

1.2.1 DCE2-complet

Ce protocole est appliqué depuis 2014 à l'échelle de la façade Manche-Atlantique dans le cadre du dispositif de surveillance DCE. Il a été appliqué tel quel pour les sites des Liniou (réseau de suivi DCE) et de Pen Gamm (Sein) qui présentent tous deux une forte dénivellation. Concernant les autres sites des couples site exploité-site témoin, le protocole est légèrement adapté. En effet, en raison de l'importance de l'enjeu du suivi des laminaires dans cette étude, les algues structurantes pérennes sont mesurées dans l'ensemble des 10 quadrats échantillonnés, au lieu des 5 prévus dans le protocole « DCE-2 partiel ».

Sur chaque site, un relevé (comptage non destructif) de la faune et de la flore est réalisé sur 10 quadrats de 0,25m². Pour chaque espèce, un dénombrement est effectué, soit sous forme de nombre d'individus (ou de colonies), soit de pourcentage de recouvrement ou encore de classe de pourcentage de recouvrement (pour les algues encroûtantes uniquement).

Les plongeurs utilisent des fiches immergeables pour noter leurs observations ainsi que des racks de prélèvements pour collecter des spécimens difficiles à identifier *in situ*.

Ces échantillons sont identifiés ultérieurement au laboratoire.

A chaque bathymétrie échantillonnée dans l'infralittoral supérieur, les algues structurantes pérennes (laminaires dans le cas présent) font l'objet d'une mesure de la longueur de leur stipe au sein de 5 quadrats minimum (Derrien-Courtel et Le Gal, 2014).

1.2.2 Complément ZNIEFF

Un complément ZNIEFF (Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique) a été appliqué en plus du protocole « DCE-2 complet » sur le site de Penn Gamm (Sein) en 2021. Ce complément a été fait en lien avec le projet de cartographie de la Chaussée de Sein financé par le Parc naturel marin d'Iroise. Ce suivi permet d'avoir une information sur la présence d'espèces, d'associations d'espèces ou d'habitats rares (ex. micro-habitats) présents sur ce site qui n'est pas soumis à de l'exploitation depuis de nombreuses années. En effet, ce protocole consiste à inventorier les espèces et habitats déterminants présents au sein des différentes ceintures et au sein des différents micro-habitats inventoriés (Derrien-Courtel et al, 2022). Les espèces déterminantes en particulier doivent répondre a minima à l'un des 6 critères de déterminance définis et validés en CSRPN-Bretagne (espèces en dangers, espèces peu communes présentant des faciès particulièrement développés, espèces protégées, espèces en marginalité écologique, espèces autochtones rares et espèces ingénieuses et/ou jouant un rôle d'indicateur d'importance, permettant un habitat diversifié) (Derrien-Courtel, Coord, 2010). L'habitat de type platier étant déjà bien échantillonné grâce au protocole « DCE-2 complet », l'effort complémentaire ZNIEFF a principalement porté sur les micro-habitats (tombants, failles, surplombs...), ainsi que sur la ceinture du circalittoral du large.

1.2.3 DCE-2 partiel

Le protocole « DCE-2 partiel » a été appliqué par les agents du PNMI afin de réaliser un suivi annuel de la strate arbustive sur les sites de 2 couples site exploité-site témoin. Ce protocole consiste à dénombrer les algues arbustives au sein de 10 quadrats à une bathymétrie commune aux sites de chaque couple. Parmi ces algues arbustives, les algues structurantes pérennes (ici les laminaires *L. hyperborea*, *L. digitata* et *L. ochroleuca*) font également l'objet d'une mesure de leur stipe.

1.3 Données environnementales et de données d'exploitation

L'acquisition de données environnementales (variables physiques et chimiques) a été faite par extraction de la base de données Marine Copernicus (<https://marine.copernicus.eu/fr>). Un ensemble de variables physiques et chimiques a pu être utilisé. La modélisation permet de disposer de données à des résolutions spatiales et temporelles intéressantes. Cependant, dans certains cas, elles ne peuvent pas rendre compte des variations des paramètres, notamment en raison de la distance entre les points échantillonnés et les points utilisés pour la simulation. A cela s'ajoutent des variations des paramètres physiques à de petites échelles (modification du courant par la topographie des fonds par exemple) qui ne peuvent être pris en compte, mais peuvent avoir des effets sur les biocénoses.

D'autres variables, comme le forçage du vent (fetch), ont été calculées pour chacune des stations étudiées. Lors de premières analyses, les données ont été moyennées sur l'année afin d'observer la variabilité inter annuelle des paramètres environnementaux sur les sites.

Les variables de récolte correspondent au tonnage, à la biomasse, au taux d'exploitation.

L'exploitation des laminaires se fait par bande d'exploitation d'1 mille nautique de large. Chaque bande est ouverte une année puis fermée pour une durée de 2 ans, permettant ainsi un système de jachère triennale nécessaire pour la reproduction de l'espèce (arrêté préfectoral n° 2015-11189). Un carroyage d'1 mille par 1,5 mille permet d'avoir les données à une échelle plus fine (zone d'exploitation).

- Le tonnage correspond à la masse (en tonnes) de laminaires rapportée à une zone d'exploitation.
- La biomasse est une modélisation de la biomasse totale de laminaires présentes sur chaque zone d'exploitation (Tempera *et al*, 2021).
- L'exploitation correspond au taux d'exploitation entre la récolte (production déclarée) et biomasse de laminaires. Les données d'exploitation utilisées ont été récupérées pour chaque zone d'exploitation correspondant aux sites étudiés. Les données d'exploitation sont calculées par saison d'exploitation sur 2019, 2020 et 2021. La saison 1 correspond à la période du 1^{er} Janvier au 15 Mai, la saison 2 correspond à la période du 1^{er} Septembre au 31 Décembre.
- Le nombre de bateaux exploitant chaque zone d'exploitation a pu être utilisé pour ajouter des informations sur l'intensité d'exploitation de chaque site.

Afin d'étudier ensemble les variables environnementales et d'exploitation, une moyenne sur ces saisons d'exploitation a été faite pour chaque variable physique et chimique.

L'ensemble des variables utilisées dans les analyses est présenté dans le Tableau 4. Pour avoir une résolution maximale des données, il a été choisi de travailler à des profondeurs fixes de -3, -8 et -11m CM (Cote Marine).

Variables	Notation	Unité	Variation temporelle	
Physique	Température à la profondeur	<i>Tp</i>	°C	x
	Courant maximal	<i>CourantMax</i>	nd	
	Hauteur moyenne de vague	<i>vmh0_mean</i>	m	x
		<i>vmh0_max</i>		
	Fetch moyen, maximal et minimal	<i>Fetch_mean</i>	km	
<i>Fetch_max</i> <i>Fetch_min</i>				
Chimie	Concentration moyenne en chlorophylle <i>a</i>	<i>chl</i>	µmol.L ⁻¹	x
	Concentration moyenne en nitrates	<i>no3</i>	µmol.L ⁻¹	x
	Concentration moyenne en phosphates	<i>po4</i>	µmol.L ⁻¹	x
	Concentration moyenne en dioxygène	<i>o2</i>	µmol.L ⁻¹	x
Récolte	Tonnage	<i>Tonnage</i>	tonne	x
	Biomasse	<i>Biomasse</i>	tonne	x
	Exploitation	<i>Exploitation</i>	%	x
	Nombre de bateaux	<i>Nb_bateau</i>	nombre	x

Tableau 4 : Ensemble des variables environnementales et d'exploitation disponibles pour les analyses

2 Résultats

2.1 Relevés DCE des biocénoses de l'infralittoral supérieur

2.1.1 Ceintures algales

Sur les sites des Remeurs, des Laz et des Fourches, ne présentant que très peu de dénivelé, la roche est entièrement colonisée par une ceinture de l'infralittoral supérieur à laminaires denses de *Laminaria hyperborea* et *Saccorhiza polyschides*.

Le site des Liniou, suivi dans le cadre de la DCE, présente une dénivellation de +3 à -20,2m CM. L'analyse des limites d'extension en profondeur des ceintures algales de 2020 (cf. Figure 20) montre l'existence d'une ceinture de l'infralittoral supérieur à *Laminaria digitata*. Celle-ci s'étend de +3m à -5,4m CM. Le reste du substrat disponible est colonisé par une ceinture de l'infralittoral supérieur, qui s'étend jusqu'au sédiment à -18,8m CM.

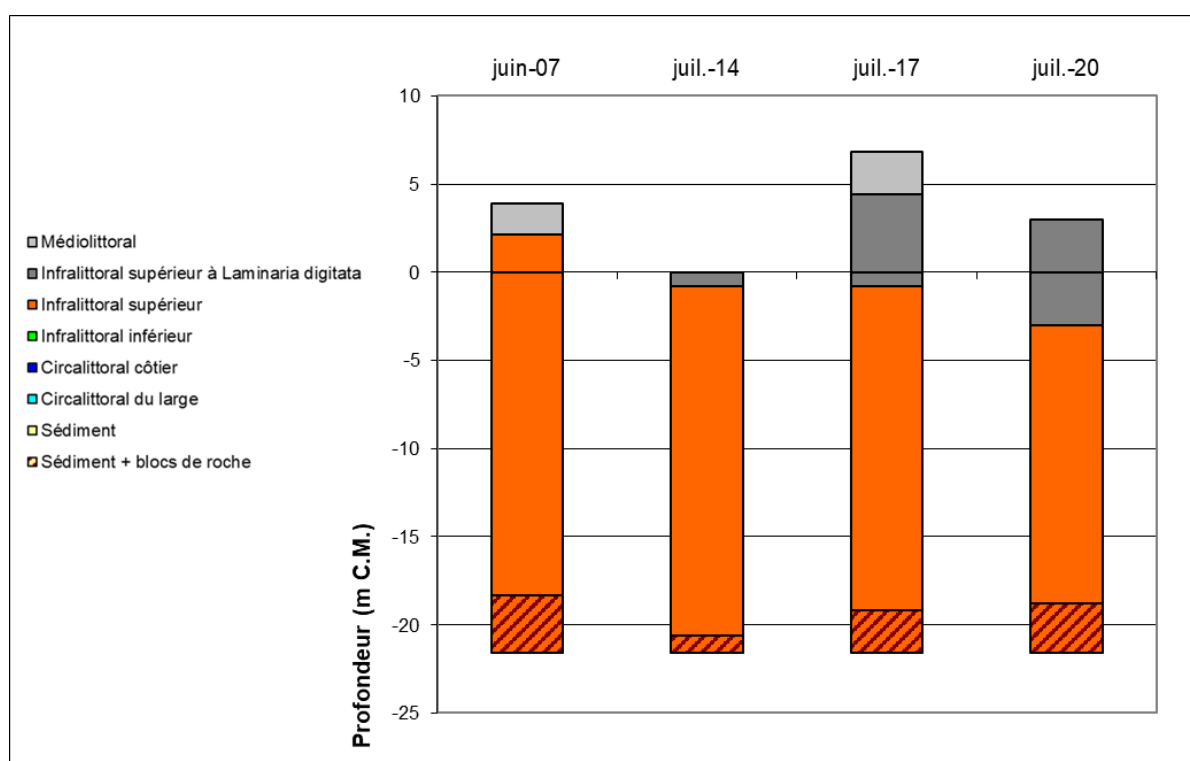


Figure 20 : Limites d'extension en profondeur des ceintures algales sur le site des Liniou – données issues des suivis REBENT/DCE antérieurs à SLAMIR

Concernant le site de Penn Gamm (Sein) (Figure 21), l'infralittoral supérieur débute à +1,8m CM avec une frange à *Alaria esculenta* puis à *Laminaria digitata* jusqu'à -4,8m. Cette ceinture se prolonge avec les laminaires *S. polyschides* et *L. hyperborea* en population dense jusqu'à -25,4m CM. La topographie en pente forte favorise un passage direct à une ceinture du circalittoral côtier (entre -25,4m et -34,0m CM), puis à une ceinture du circalittoral du large. Le fond, atteint à -38,3m CM, présente de grosses roches arrondies entre lesquelles s'intercalent du sable grossier.

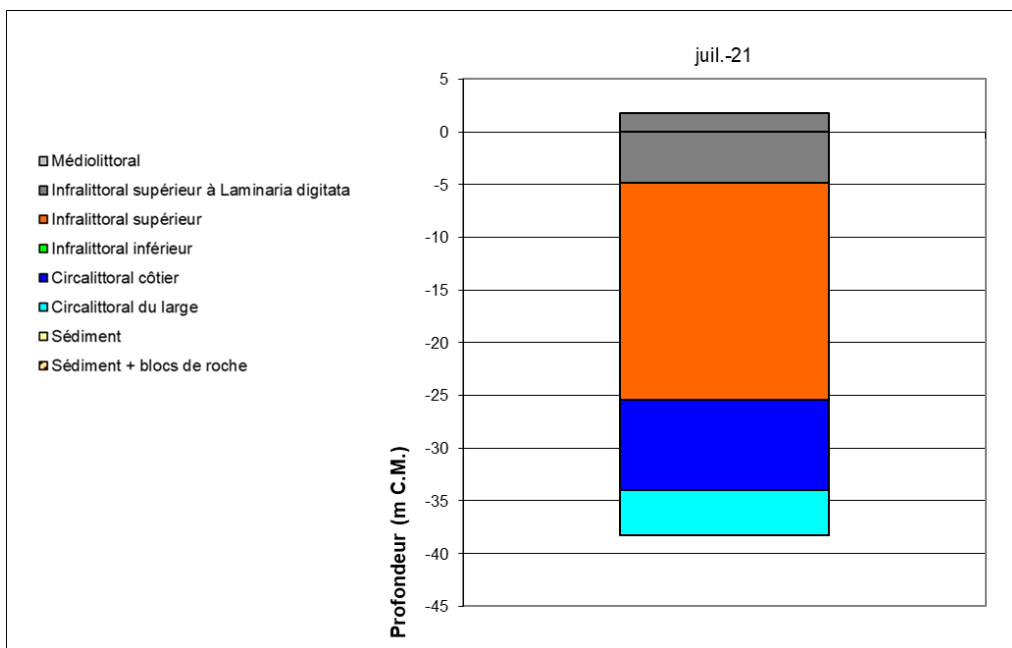


Figure 21 : Limites d’extension en profondeur des ceintures algales sur le site de Penn Gamm

2.1.2 Densité des algues structurantes

Sur le secteur de Molène Nord, la densité totale des algues structurantes est supérieure sur le site exploité des Laz (81,2 ind/m²) que sur le site des Remeurs (20,4 ind/m²).

Sur le secteur Nord-PNMI, le site témoin des Liniou présente une plus forte densité d’algues structurantes (59,8 ind/m²) que le site exploité des Fourches (42,4 ind/m²).

Le site de Penn Gamm présente une densité d’algues structurantes de 129,6 ind/m². Cette forte abondance s’explique par la profondeur inférieure d’échantillonnage (-3m CM) et par l’abondance de la laminaire annuelle *S. polyschides* (91,2 ind/m²).

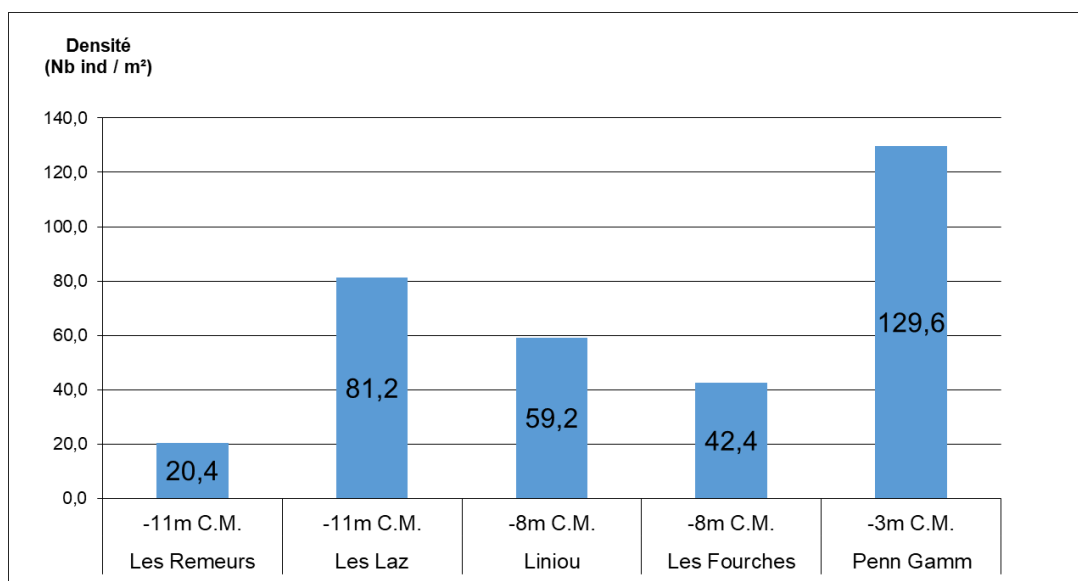


Figure 22 : Densité totale des algues structurantes sur les sites suivis selon le protocole « DCE-2 complet »

2.1.3 Composition de la strate arbustive

2.1.3.1 Stations suivies selon le protocole « DCE-2 complet »

La Figure 23 montre que la strate arbustive est globalement dominée par *L. hyperborea* et *S. polyschides*.

Au sein du couple Remeurs/Laz, la laminaire pérenne *L. hyperborea* domine sur le site témoin des Remeurs, tandis que la laminaire annuelle *S. polyschides* et les jeunes laminaires indéterminées sont plus abondantes sur le site exploité des Laz.

Au sein du couple Liniou/Fourches, on note également que la strate arbustive du site témoin est largement dominée par *L. hyperborea*. Sur le site exploité des Fourches, *L. hyperborea* reste majoritaire mais on note une proportion bien plus importante de *S. polyschides* et de jeunes laminaires indéterminées.

Enfin, le site de Penn Gamm présente une strate arbustive largement dominée par *S. polyschides*. Ceci s'explique par sa position géographique plus au sud et par la profondeur échantillonnée de -3m C.M. Ces deux facteurs favorisent *S. polyschides* qui affectionne les eaux plus chaudes.

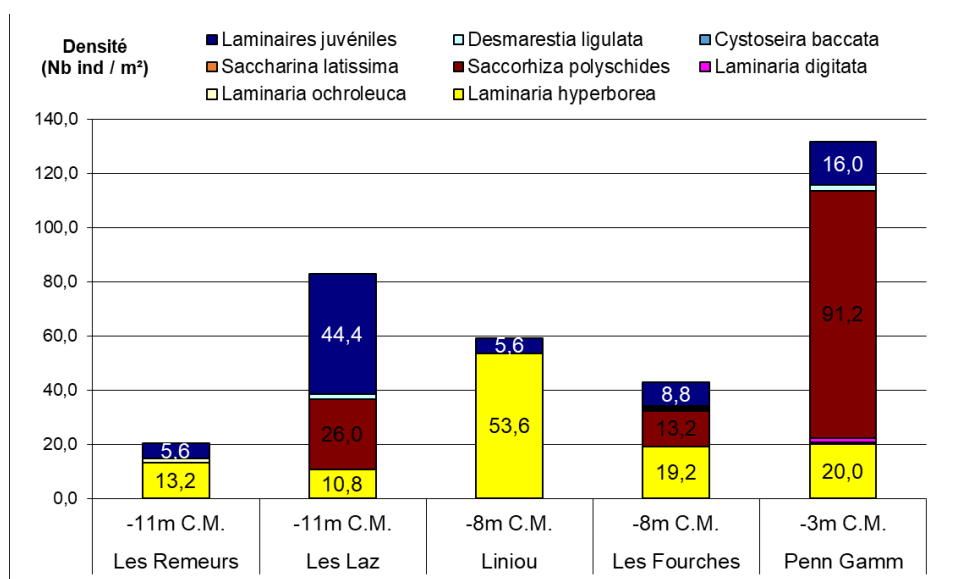


Figure 23 : Composition de la strate arbustive sur les sites suivis selon le protocole « DCE-2 complet »

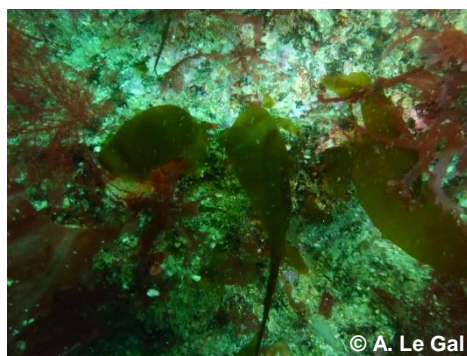


Figure 24 : Photos de recrutement de laminaires dans les zones de passage du peigne

2.1.3.2 Stations suivies selon le protocole « DCE2-partiel »

Afin de mieux interpréter les résultats obtenus à partir des échantillonnages réalisés par les agents du PNMI, les données acquises par le MNHN Concarneau sont également ajoutées pour les sites suivis par les deux structures (Remeurs 2018, Men Gwen 2018 et Liniou 2020) (cf. Figure 25). On soulignera en premier lieu quelques différences dans les bathymétries échantillonnées, ce qui limite les comparaisons intra sites.

Concernant le site des Remeurs, les données acquises par le PNMI en 2020 semblent cohérentes avec le relevé effectué par le MNHN Concarneau en 2018. En effet, les densités mesurées pour *L. hyperborea* et les jeunes laminaires sont proches. On notera seulement que la laminaire *L. ochroleuca* n'est pas observée par les agents du Parc.

Pour le site de Men Gwen, l'échantillonnage réalisé en 2020 montre un net changement de composition de la strate arbustive par rapport à la situation de 2018. Les densités des jeunes laminaires et de *S. polyschides* ont fortement chuté au profit de *L. hyperborea*.

Dans le secteur des Fourches, le site échantillonné en 2020 par le PNMI présente une strate arbustive largement dominée par *L. hyperborea*, avec quelques jeunes laminaires indéterminées et quelques *S. polyschides*. En 2021, l'échantillonnage réalisé au sein d'un passage de peigne montre une strate arbustive où la proportion de la laminaire annuelle *S. polyschides* a fortement augmenté. Le même constat peut être dressé pour les jeunes laminaires indéterminées.

Enfin, dans le secteur Nord-PNMI, les deux sites non exploités présentent des strates arbustives largement dominées par *L. hyperborea*, accompagnée de quelques laminaires indéterminées. Les différences de densités entre les sites Liniou et Liniou-PNMI (Basse Vihan) peuvent s'expliquer par les profondeurs d'échantillonnage différentes. En effet, les données acquises dans le cadre du suivi REBENT sur le site des Liniou font état d'une densité de *L. hyperborea* de 22,8 ind/m² au -13m CM.

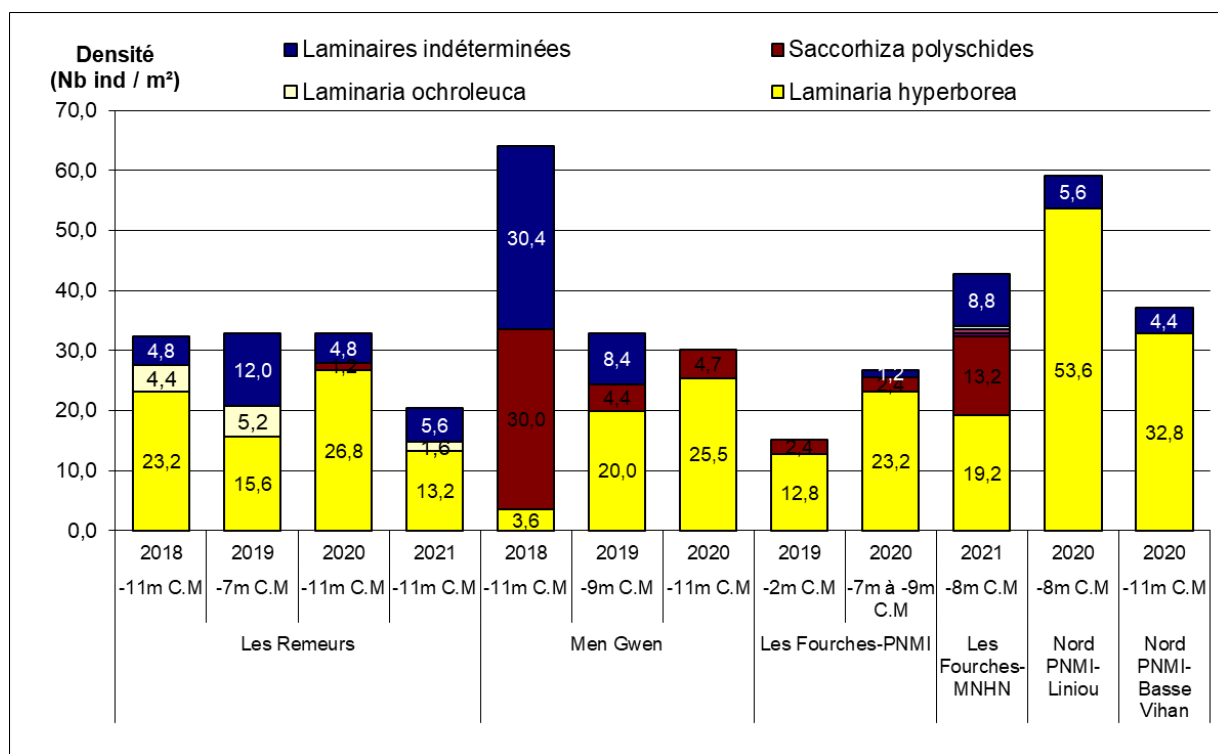


Figure 25 : Composition de la strate arbustive sur les sites suivis selon le protocole « DCE-2 partiel »

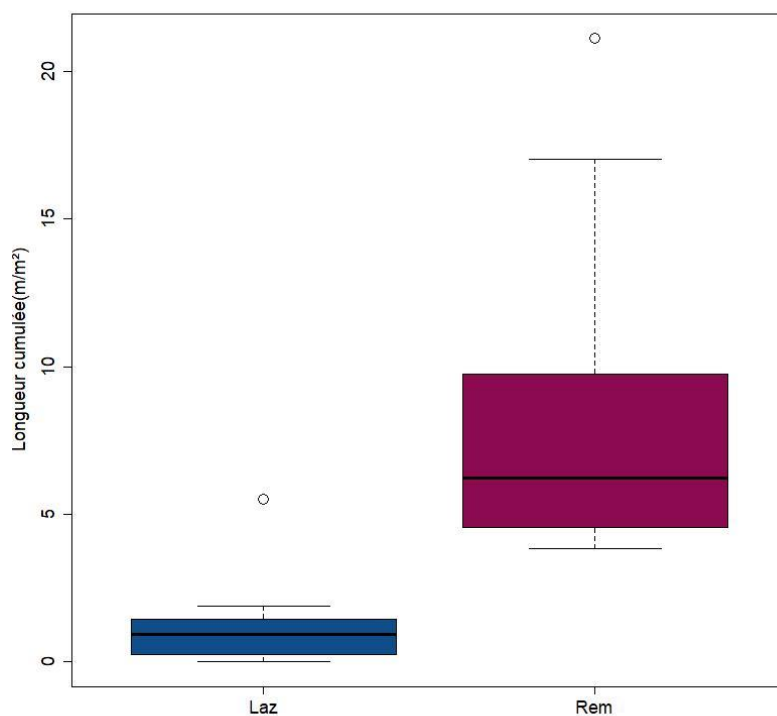
2.1.4 Longueur cumulée de stipe

2.1.4.1 Stations suivies selon le protocole « DCE-2 complet »

Les mesures réalisées montrent une grande différence entre les sites exploités et les sites témoins (Figure 28). En effet, les longueurs cumulées moyennes de stipes au m² sur les sites témoins sont de 8,68ml/m² sur le site de Remeur et de 10,8ml/m² sur le site de Liniou, tandis qu'elles sont de 1,3ml/m² sur les Laz et de 3,54ml/m² aux Fourches.

Concernant le secteur « Remeurs – Les Laz », la normalité des données n'étant pas respectée pour le site des Laz (p value = 0.001007), un test de Wilcoxon est donc réalisé. Celui-ci confirme que les moyennes des longueurs cumulées de stipes des sites des Remeurs et des Laz sont significativement différentes (p value= p -value = 0.000765).

Pour le secteur Nord-PNMI, si la normalité des données est bien respectée pour les deux sites : Les fourches et les Liniou, ce n'est pas le cas du critère d'homoscédasticité. Par conséquent, un test de Welch par permutation est appliqué. Celui confirme que la différence entre les moyennes de longueurs cumulées de stipes est significative (p value= 0.001998).



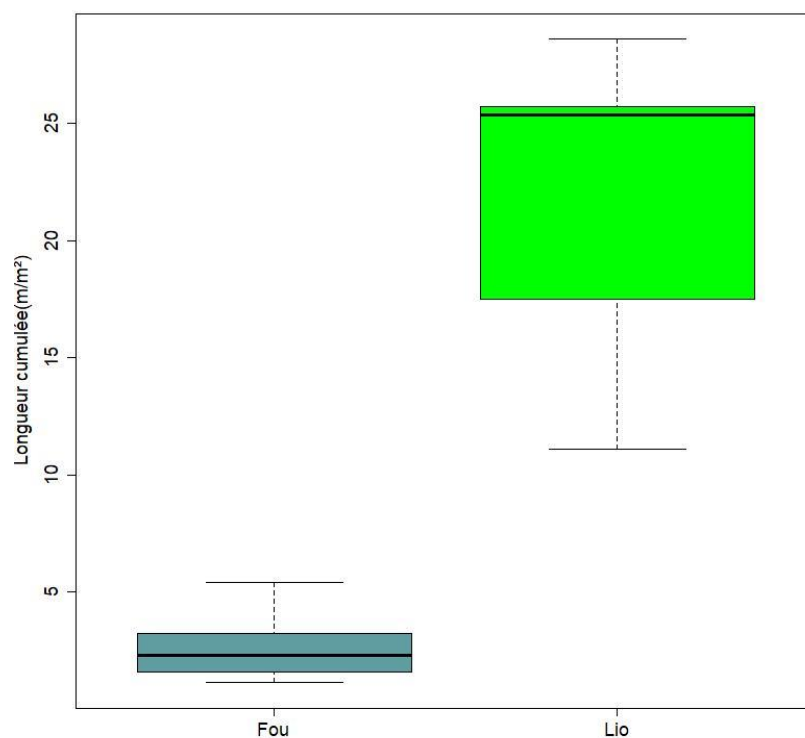


Figure 26 : Box plot des longueurs de stipe cumulées au m² sur les 4 sites d'étude pour toutes les années de suivis

2.1.4.2 Stations suivies selon le protocole « DCE-2 partiel »

Afin de faciliter l'interprétation des résultats, les données issues des échantillonnages réalisés par le MNHN Concarneau selon le protocole « DCE-2 complet » sont également intégrées (cf. Figure 27).

Il faut noter que lors de la première année d'application du protocole « DCE-2 partiel » par les agents du PNMI, quelques échantillonnages ont été réalisés à des bathymétries différentes de celles prévues.

Sur le site des Remeurs, les mesures réalisées à -7m CM soulignent la plus grande proportion de *L. ochroleuca* dans la canopée par rapport aux relevés réalisés à -11m CM. En 2020, les données acquises à -11m CM mettent en évidence une longueur de stipe au m² plus importante et quasi exclusivement composée de *L. hyperborea* (15,73ml/m²). On constate des différences importantes au niveau des longueurs cumulées mesurées sur ce site entre 2018 et 2021.

Concernant le site de Men Gwenn, les données de 2019 montrent la grande différence de longueur cumulée entre la zone de passage du peigne (1,35ml/m² en 2018) et en dehors (11,4ml/m²), bien que cela soit à modérer dans la mesure où les échantillonnages n'ont pas été réalisés à la même profondeur. En 2020, l'ensemble du site a subi un phénomène de nécrose. Près de 41% de l'ensemble de la population de *L. hyperborea* est fortement nécrosée, avec essentiellement des stades 4 (lame entièrement disparue et stipe partiellement nécrosé). Le taux de nécrose est encore plus important chez les individus de grande taille (100% des individus dont le stipe dépasse 10cm sont nécrosés). Dans cette situation, le paramètre longueur cumulée reste faible, avec seulement 2,3ml/m².

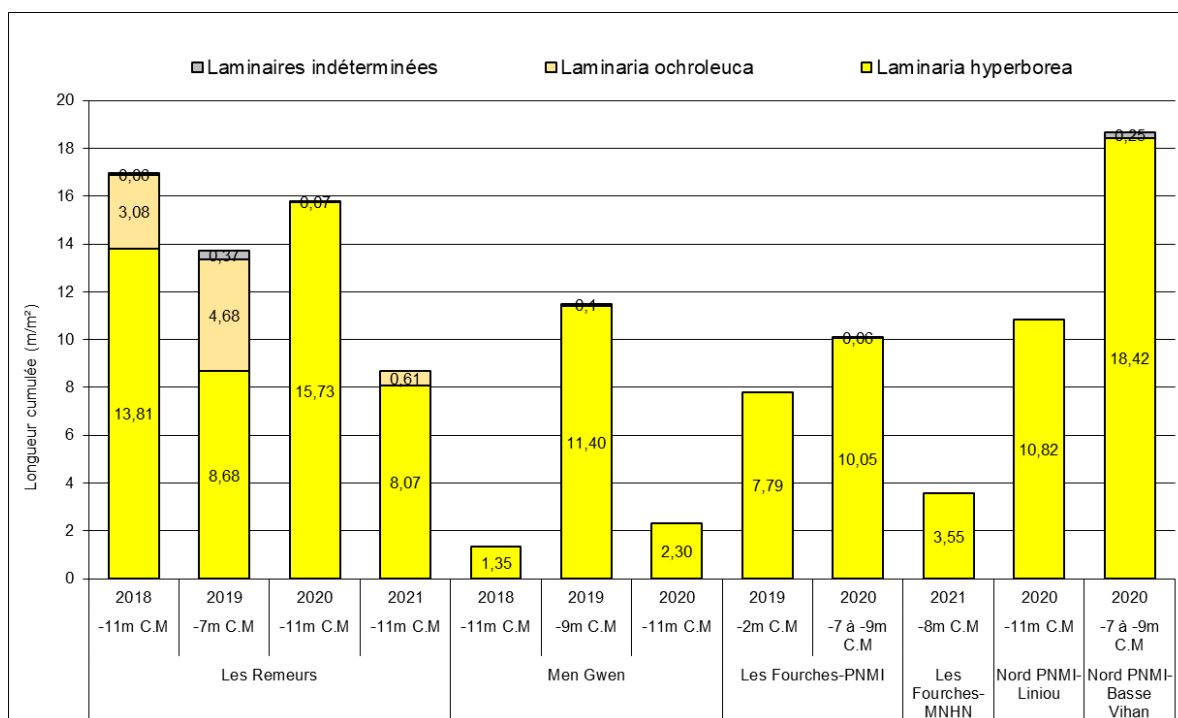


Figure 27 : Longueur de stipes cumulée sur les sites suivi en DCE-2 partiel
 Les données acquises via le protocole « DCE-2 complet » sont intégrées pour faciliter l'analyse globale (Pour rappel, les sites exploités sont Men Gwenn, Les Fourches-MNHN et Les Fourches-PNMI ; les sites non exploités sont PNMI-Basse Vihan (aussi appelé Liniou-PNMI), Les Remeurs et Nord PNMI-Liniou (aussi appelé Liniou))

2.1.5 Structure de taille des laminaires

2.1.5.1 Stations suivies selon le protocole « DCE-2 complet »

Les mesures de longueur de stipes réalisées sur les individus de *L. hyperborea*, *L. ochroleuca* et de laminaires indéterminées (au sein de 10 quadrats de 0,25m² soit 2,5m²) permettent d'étudier la structure de taille des populations de laminaires.

Au sein du secteur Molène Nord (Figure 28 et Figure 29), sur le site des Remeurs (site témoin non exploité), *L. ochroleuca* est toujours présente mais *L. hyperborea* reste l'espèce dominante. En 2021, les individus de *L. ochroleuca* recensés sont moins grands (80cm max) qu'en 2018 (160cm max). La densité totale en laminaires est également plus faible, avec 14,8 ind/m² contre 28,4 ind/m² en 2018.

Sur le site du plateau des Laz (site exploité), *L. hyperborea* est la seule espèce recensée. Très peu de laminaires sont présentes dans les zones de passage du peigne. A part un individu de 128cm, l'ensemble des individus se regroupe dans les classes de tailles ≤20cm.

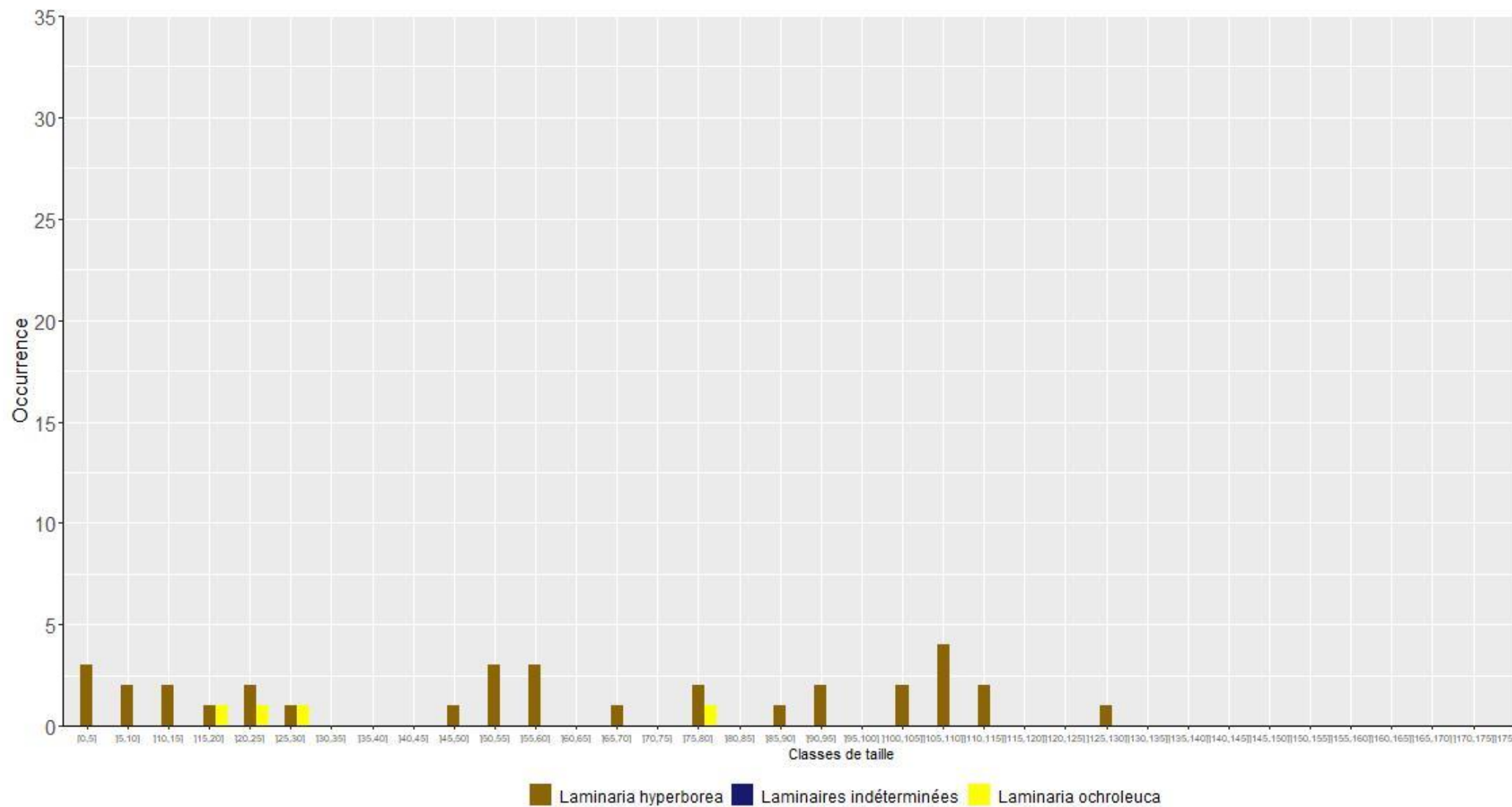


Figure 28 : 2021 : Structure de taille des laminaires sur le site des Remeurs (2.5m²)
L'échelle des abscisses est homogénéisée pour les 6 sites étudiées

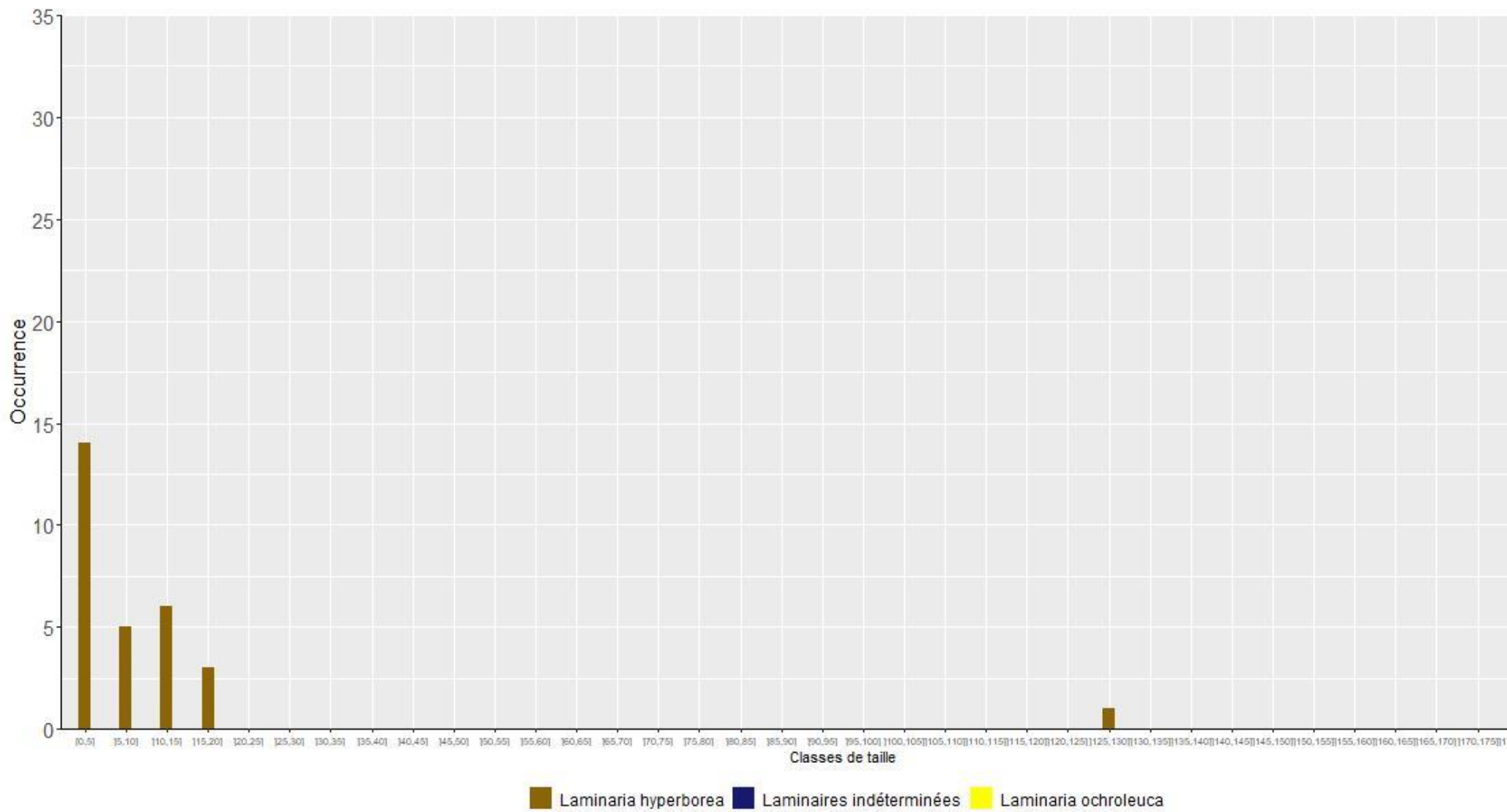


Figure 29 : 2021 : Structure de taille des laminaires sur le site des Laz (2.5m²)
L'échelle des abscisses est homogénéisée pour les 6 sites étudiées

Au sein du secteur Nord PNMI (Figure 30 et Figure 31), *L. hyperborea* est la seule espèce observée. La différence de structure de taille est assez nette, avec des individus dont le stipe ne dépasse jamais les 40cm sur le site exploité des Fourches, alors que près de 50% des individus dépassent cette classe de taille sur le site témoin des Liniou (Lmax =192cm).

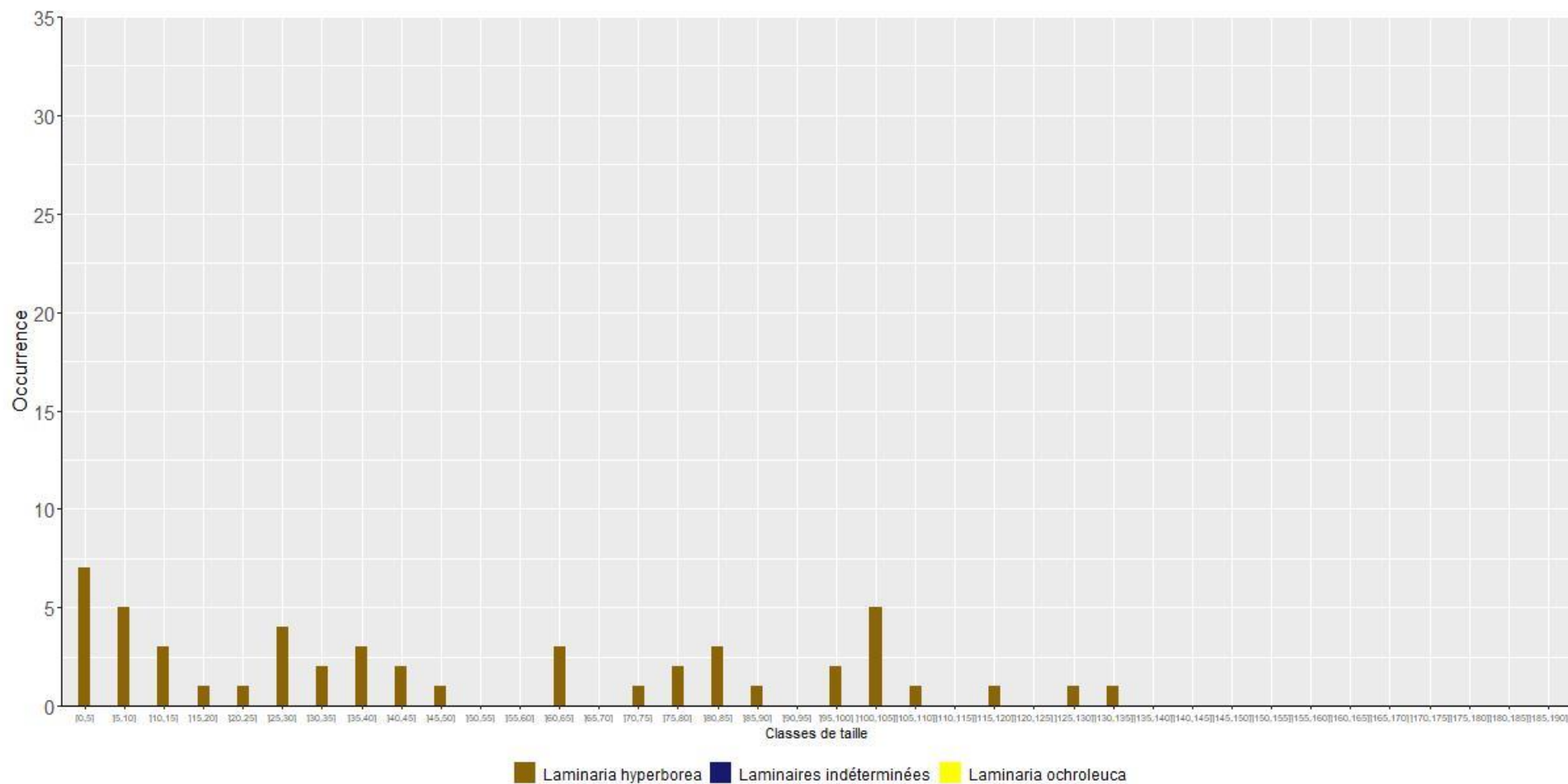


Figure 30 : 2021 : Structure de taille des laminaires sur le site des Liniou (1,25m²)

L'échelle des abscisses est homogénéisée pour les 6 sites étudiés



Figure 31 : 2021 : Structure de taille des laminaires sur le site des Fourches (1,25m²)

L'échelle des abscisses est homogénéisée pour les 6 sites étudiés

2.1.5.2 Stations suivies selon le protocole « DCE-2 partiel »

L'échantillonnage du site des Remeurs ayant été réalisé à une bathymétrie non comparable avec les autres en 2019, seules les données acquises en 2020 sont présentées (cf. Figure 32). La structure de taille des individus montre une plus grande abondance des effectifs de petites tailles (≤ 20 cm). On observe ensuite des effectifs faibles pour les tailles comprises entre 20 et 90cm. Les classes de tailles comprises entre 90 et 135 cm sont un peu mieux représentées. Cette structure de taille est assez comparable avec celles observées en 2018 et 2021.

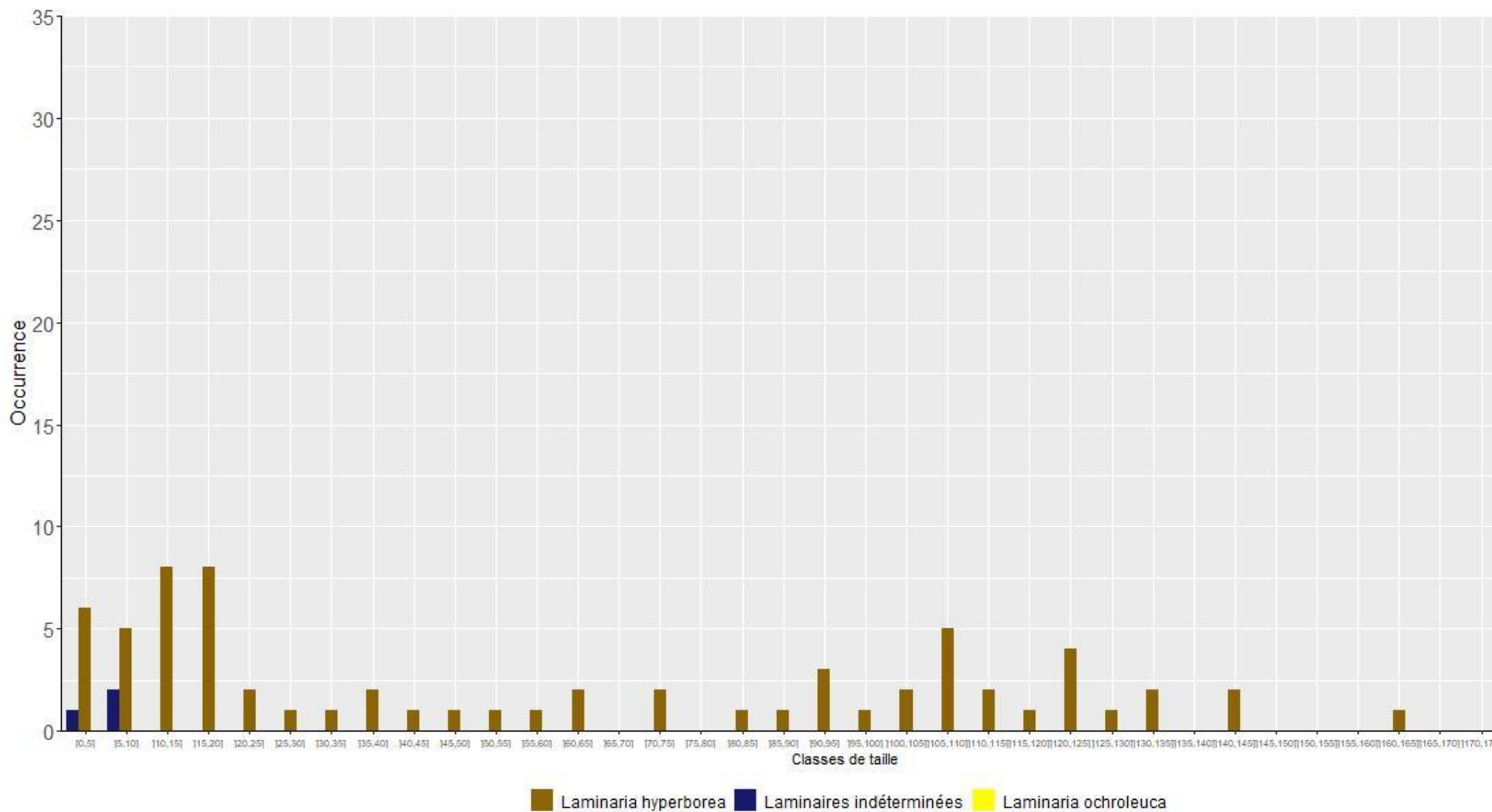


Figure 32 : 2020 : Structure de taille des laminaires sur le site des Remeurs (2,5m²)
L'échelle des abscisses est homogénéisée pour les 6 sites étudiées

L'échantillonnage du site de Men Gwenn ayant été réalisé à une bathymétrie non comparable avec les autres en 2019, seules les données acquises en 2020 sont présentées (cf. Figure 33). La structure de taille des individus montre une faible représentation des classes de taille supérieures à 10cm. Ceci s'explique par le phénomène de nécrose observé sur ce site en 2020. Tous les individus dont le stipe dépassait 10cm étaient nécrosés. Il est probable que les individus de taille supérieure aient déjà disparu, suite aux nécroses comme en attestent les nombreux stipes retrouvés détachés (Thiriet, comm. pers).

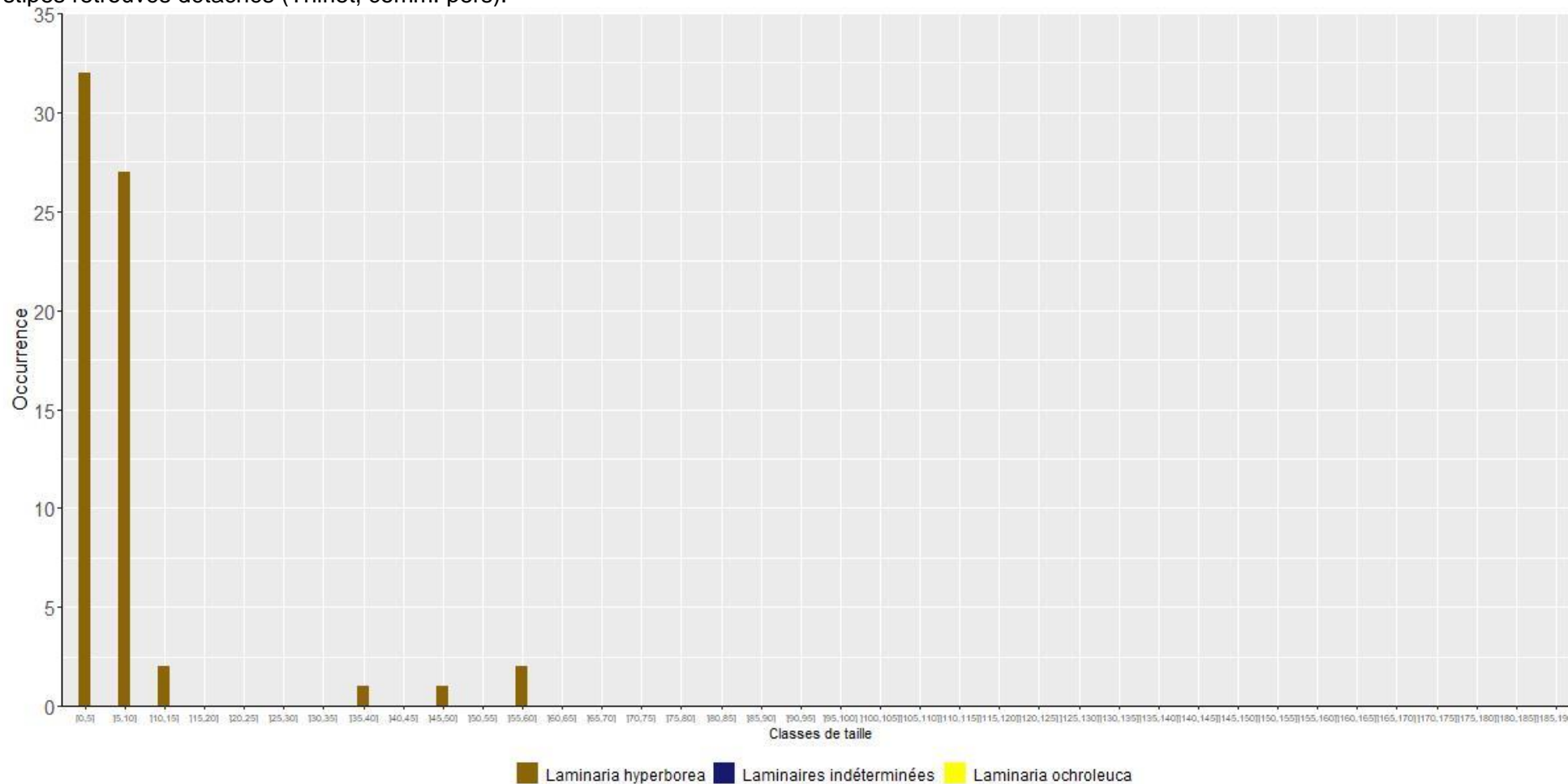


Figure 33 : 2020 : Structure de taille des laminaires sur le site de Men Gwenn (2,5m²)
L'échelle des abscisses est homogénéisée pour les 6 sites étudiées

Au sein du secteur Nord-PNMI, le site Liniou-PNMI (Basse Vihan) a été échantillonné en 2020 à la bathymétrie -11m CM (cf. Figure 34). La structure de taille est comparable à celle obtenue pour le site des Liniou suivi par le MNHN Concarneau. Les classes inférieures à 40cm sont les mieux représentées. Les tailles comprises entre 40 et 75cm présentent de faibles effectifs. On retrouve ensuite un peu plus d'individus dans les classes de tailles comprises entre 75 et 105cm. Quelques individus de grandes tailles (max = 145cm) sont observés.

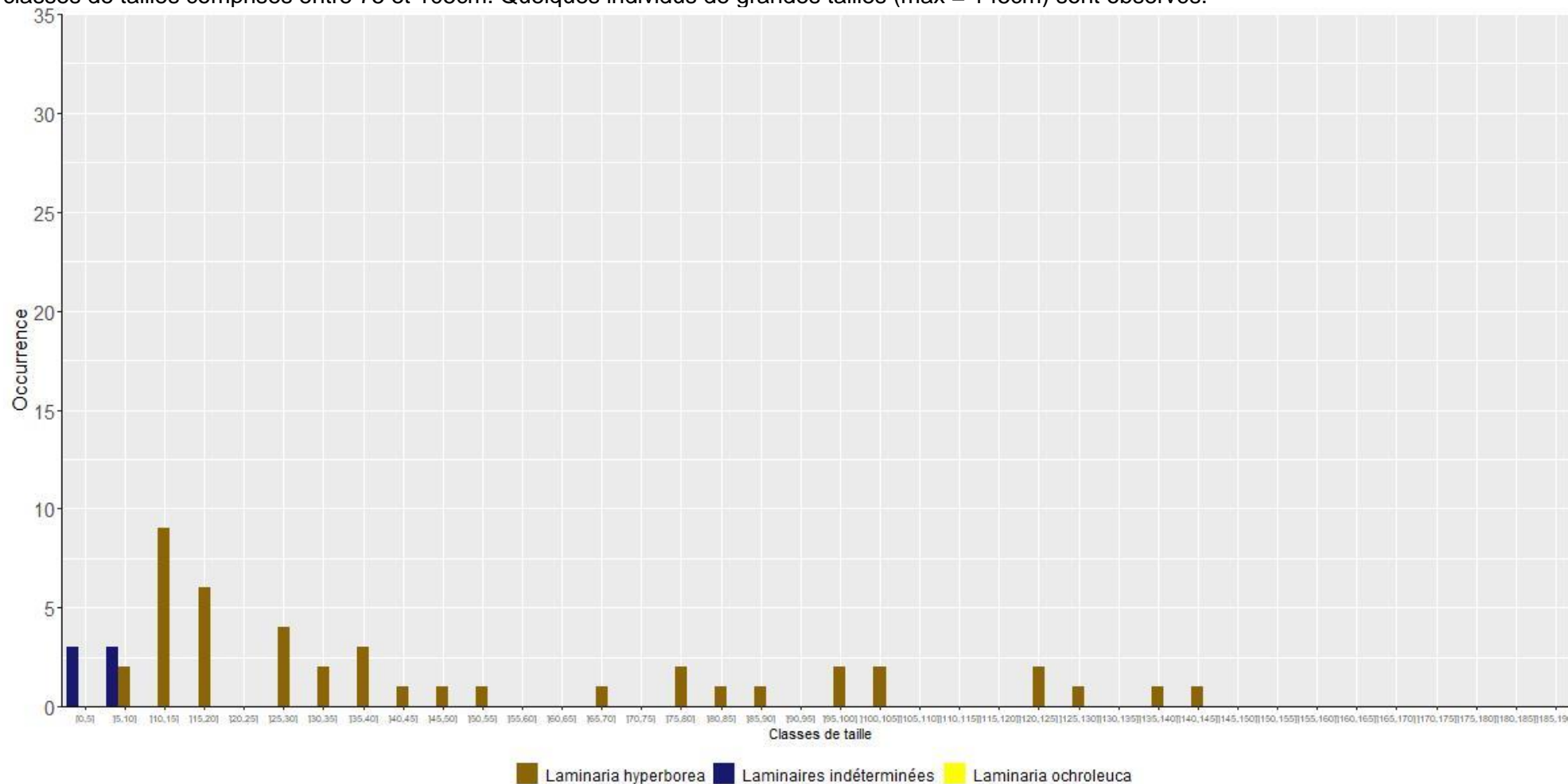


Figure 34 : 2020 : Structure de taille des laminaires sur le site de Liniou-PNMI (1,25m²)
L'échelle des abscisses est homogénéisée pour les 6 sites étudiés

Concernant le site des Fourches échantillonné par les agents du PNMI, les données 2020 (cf. Figure 35) montrent une structure de taille correspondant à un site non exploité, avec une majorité de laminaires de tailles comprises entre 0 et 45cm. Les classes supérieures sont un peu moins représentées et les effectifs au sein de chaque classe ont tendance à diminuer progressivement jusqu'à la classe maximale de 100-115 cm.

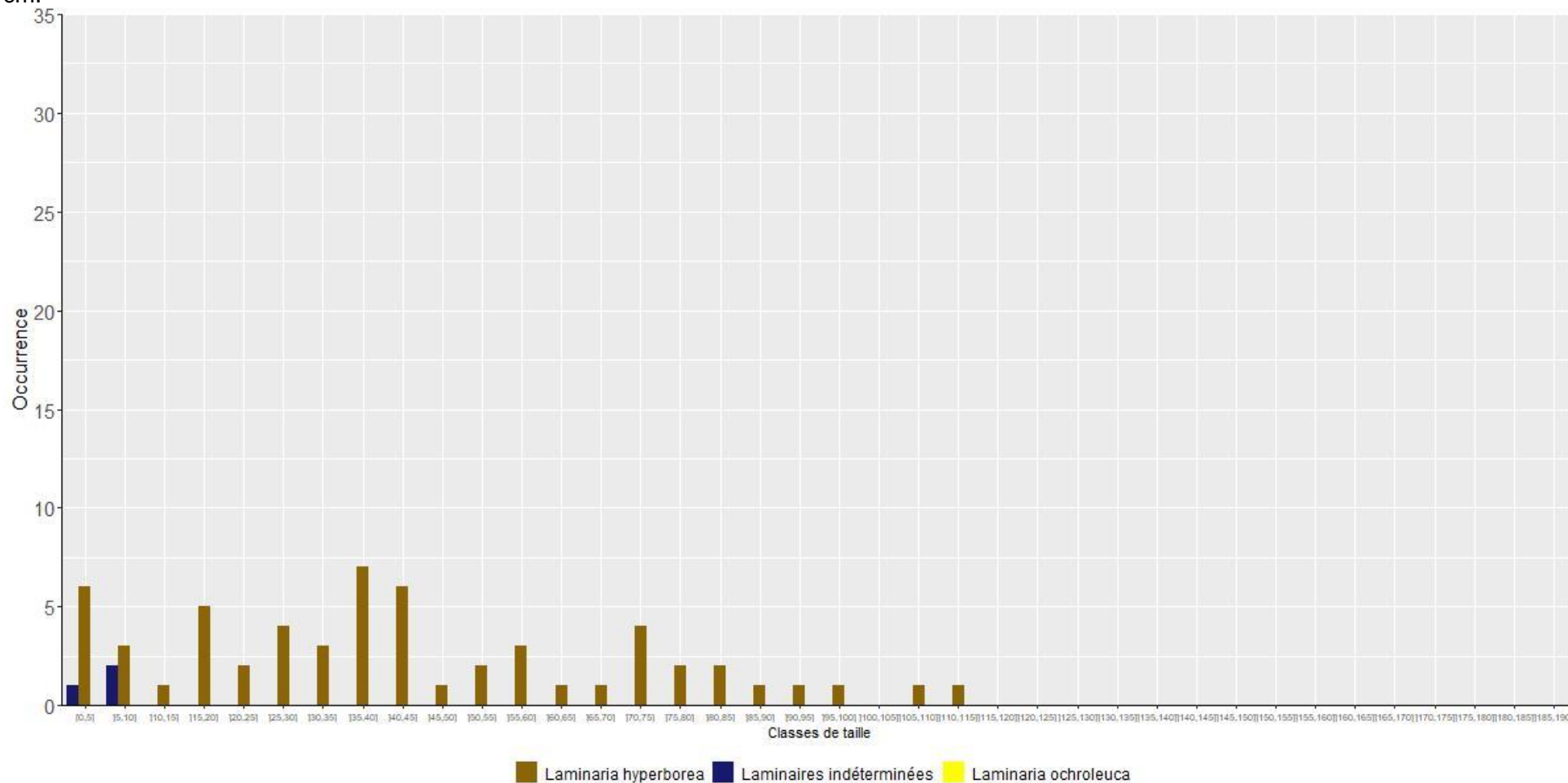


Figure 35 : 2020 : Structure de taille des laminaires sur le site des fourches-PNMI (1,25m²)
L'échelle des abscisses est homogénéisée pour les 6 sites étudiées

2.1.6 Comparaison des communautés

2.1.6.1 *Secteur Molène Nord : Les Remeurs et les Laz*

La biodiversité totale est de 51 taxa dont 31 pour la flore et 20 pour la faune sur le site des Remeurs, contre 44 taxa dont 33 pour la flore et 11 pour la faune sur le site des Laz.

La comparaison des abondances (Figure 37) montre de fortes différences entre les 2 sites pour certaines espèces.

Concernant la flore, la plupart des espèces abondantes sur Remeurs sont aussi bien représentées sur le site des Laz. On signalera néanmoins que les algues *Rhodymenia pseudopalmata* et *Drachiella heterocarpa*, bien représentées sur les Remeurs ne sont pas observées sur le site des Laz.

A l'inverse, on observe de fortes densités d'espèces sur le site des Laz, alors qu'elles sont rares ou absentes sur le site de Remeurs. C'est le cas de *Acrosorium ciliolatum*, *Drachiella spectabilis*, *Bonnemaisonia hamifera* et *Saccorhiza polyschides* pour les algues et de l'ascidie *Morchellium argus* pour la faune.

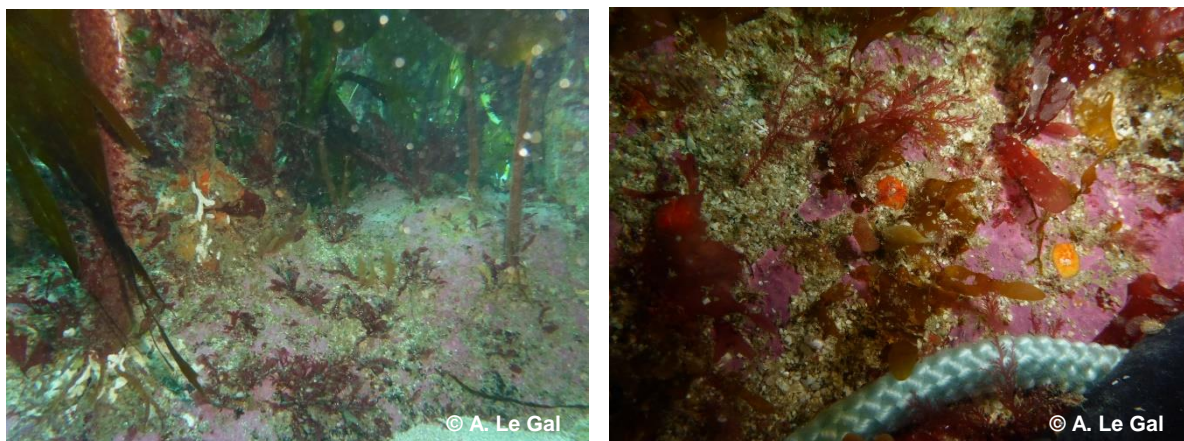


Figure 36 : Photos des quadrats réalisés sur le site de Remeurs



Figure 37 : Densité des taxa dénombrables sur les sites des Laz et des Remeurs
Pour des raisons de lisibilité, une échelle logarithmique a été utilisée

Au niveau de la faune encroûtante (Figure 38), celle-ci est assez peu abondante. La seule espèce commune aux deux sites est *Hemimycale columella*. Sur le site des Remeurs, l'espèce dominante est l'éponge *Mycale subclavata*, tandis que sur le site des Laz, il s'agit de *Haliclona fistulosa*.

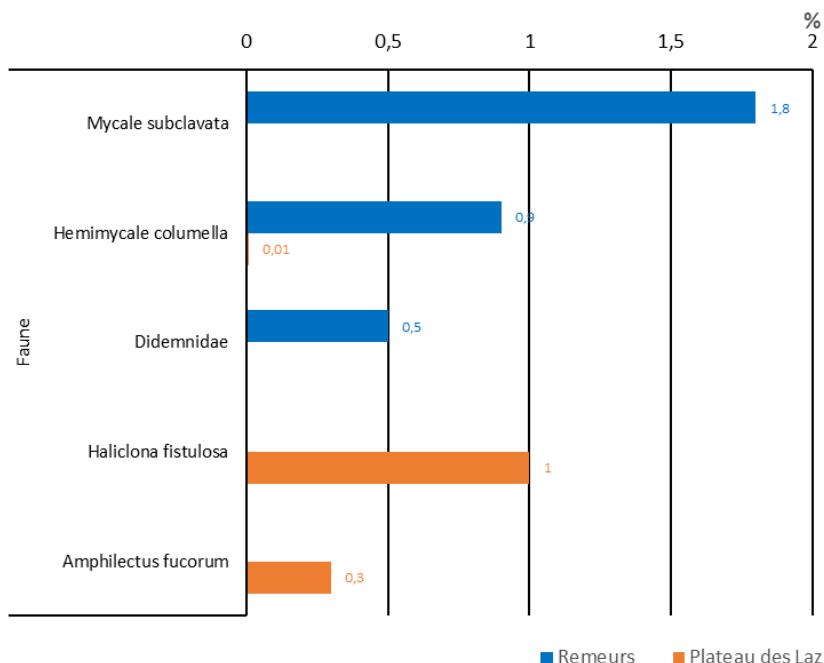


Figure 38 : Recouvrement moyen des espèces encroûtantes sur les sites des Laz et des Remeurs

Afin de déterminer si des différences significatives dans les abondances moyennes des taxa pouvaient être mises en évidence, un test t de Welch de comparaison de moyenne par permutation (n=1000) a été réalisé pour chaque taxa. Ce type de test est bien adapté dans le cas des petits échantillons (10 dans notre cas). La synthèse de ces tests est présentée ci-dessous (cf. Figure 39).

Ainsi, il apparaît que certains taxa sont significativement plus abondants sur le site témoin non exploité des Remeurs. Il s'agit de l'algue *Phyllophora crista*, des algues calcaires encroûtantes, du bryozoaire *Alcyonidium diaphanum*, de l'ascidie *Morchellium argus* et du cnidaire *Balanophyllia (Balanophyllia) regia*. Ces trois dernières espèces sont généralement rencontrées en milieu faiblement exposé et/ou en présence de dépôts sédimentaires. Ceci est cohérent avec la présence de *Laminaria ochroleuca* qui apprécie les zones faiblement exposées mais à fort courant d'une part, et la présence de bandes de sédiment observé sur le site d'autre part.

A l'inverse, d'autres taxa sont plus abondants sur le site exploité des Laz. Ces taxa sont les algues *Bonnemaisonia hamifera*, *Drachiella spectabilis*, *Heterosiphonia plumosa*, *Acrosorium ciliolatum*, *Kallymenia reniformis*, *Delesseria sanguinea* et *Saccorhiza polyschides*.

Parmi ces algues, plusieurs sont généralement associées aux forêts de laminaires : *Drachiella spectabilis*, *Heterosiphonia plumosa*, *Acrosorium ciliolatum*, *Kallymenia reniformis*, *Delesseria sanguinea*. Le test statistique ne met pas en évidence de différences de densité concernant *Laminaria hyperborea*, en raison de l'abondance des jeunes individus qui compensent la perte des individus de grande taille. En revanche, la laminaire annuelle *S. polyschides* est significativement plus abondante au sein du passage du peigne sur le site exploité des Laz.

Taxon	Unité	Ab moy Laz	Ab moy Remeurs	Statistique t	p_value	Différence significative
Bonnemaisonia hamifera	Nb ind	7,1	0,0	-2,8390	0,0000	***
Drachiella spectabilis	Nb ind	8,6	0,0	-3,5560	0,0000	***
Phyllophora crispa	Nb ind	4,3	14,6	4,4670	0,0000	***
Rhodophyta	IA	3,7	5,7	5,4321	0,0000	***
Heterosiphonia plumosa	Nb ind	15,2	2,1	-5,6114	0,0000	***
Acrosorium ciliolatum	Nb ind	9,1	0,1	-6,4395	0,0000	***
Kallymenia reniformis	Nb ind	3,7	0,6	-2,9048	0,0010	**
Delesseria sanguinea	Nb ind	1,8	0,6	-3,2863	0,0050	**
Alcyonidium diaphanum	Nb ind	0,0	2,4	2,6759	0,0060	**
Saccorhiza polyschides	Nb ind	6,5	0,0	-2,6282	0,0080	**
Balanophyllia (Balanophyllia) regia	Nb ind	0,0	2,2	1,5078	0,0110	*
Morchellium argus	Nb ind	1,2	0,0	-1,9080	0,0400	*
Pterothamnion plumula	Nb ind	0,0	0,9	2,3772	0,0529	
ErythroGLOSSUM laciniatum	Nb ind	13,8	5,4	-1,9690	0,0709	
Metacalophyllis laciniata	Nb ind	2,6	1,0	-1,8915	0,0749	
Phaeophyceae	Nb ind	11,1	1,4	-2,0368	0,0829	
Halopteris filicina	Nb ind	17,8	10,3	-1,6942	0,0949	
Didemnidae	%	0,0	0,5	1,8605	0,1009	
Stenogramma interruptum	Nb ind	1,6	0,0	-1,8091	0,1049	
Polyneura bonnemaisonii	Nb ind	0,0	0,3	1,9640	0,1079	
Polymastia penicillus	Nb ind	0,1	1,0	1,6462	0,1119	
Drachiella heterocarpa	Nb ind	0,0	2,1	1,7685	0,1129	
Desmarestia ligulata	Nb ind	0,4	0,0	-1,8091	0,1129	
Sphondylothamnion multifidum	Nb ind	0,4	0,0	-1,8091	0,1129	
Cruoria pellita	IA	0,6	0,0	-1,7650	0,1149	
Clavelina lepadiformis	Nb ind	0,0	1,1	1,5238	0,1159	
Rhodymenia pseudopalmata	Nb ind	0,0	9,0	1,3036	0,1189	
Symphycladiella parasitica	Nb ind	5,6	1,3	-1,3971	0,1858	
Bonnemaisonia asparagoides	Nb ind	13,3	8,2	-1,2751	0,2238	
Compsothamnion gracillimum	Nb ind	0,0	0,8	1,3093	0,2258	
Haliclona (Halichoelona) fistulosa	%	1,0	0,0	-1,2457	0,2278	
Corynactis viridis	Nb ind	0,0	3,0	1,2027	0,2288	
Tethya aurantium	Nb ind	0,2	0,0	-1,5000	0,2358	
Hemimycale columella	%	0,0	0,9	1,4886	0,2388	
Mycale (Carmia) subclavata	%	0,0	1,8	1,2027	0,2448	
Scrupocellaria scrupea	Nb ind	0,0	0,3	1,4056	0,2458	
Marthasterias glacialis	Nb ind	0,0	0,2	1,5000	0,2458	
Laminaria ochroleuca	Nb ind	0,0	0,4	1,3093	0,2507	
Dysidea fragilis	Nb ind	0,0	0,2	1,5000	0,2527	
Sabella discifera	Nb ind	1,6	5,6	1,3598	0,2657	
Vertebrata byssoides	Nb ind	0,2	0,9	1,1306	0,3247	
Meredithia microphylla	Nb ind	10,2	5,5	-0,9930	0,3586	
Polyclinum aurantium	Nb ind	0,4	1,5	1,1602	0,3736	
Dictyopteris polypodioïdes	Nb ind	3,3	5,6	0,9527	0,4146	
Tritia incrassata	Nb ind	0,0	0,1	1,0000	0,4765	
Sphaerococcus coronopifolius	Nb ind	0,9	0,1	-0,9983	0,4825	
Compsothamnion decompositum	Nb ind	0,0	0,7	1,0000	0,4835	
Rhodophyllis divaricata	Nb ind	0,0	0,1	1,0000	0,4865	
Urticina felina	Nb ind	0,0	0,1	1,0000	0,4885	
Ulva	Nb ind	0,1	0,0	-1,0000	0,4955	
Trivia monacha	Nb ind	0,0	0,1	1,0000	0,5035	
Calliblepharis ciliata	Nb ind	4,7	7,2	0,6758	0,5035	
Polysiphonia stricta	Nb ind	0,8	0,0	-1,0000	0,5045	
Amphilectus fucorum	%	0,3	0,0	-1,0000	0,5055	
Dictyota dichotoma var. intricata	Nb ind	0,1	0,0	-1,0000	0,5085	
Laminaria hyperborea	Nb ind	2,7	3,3	0,6996	0,5115	
Crisia denticulata	Nb ind	0,0	0,3	1,0000	0,5125	
Apoglossum ruscifolium	Nb ind	0,0	0,1	1,0000	0,5175	
Aplidium punctum	Nb ind	1,0	0,4	-0,8356	0,5624	
Polymastia boletiformis	Nb ind	0,1	0,2	0,6000	0,5714	
Caryophyllia (Caryophyllia) smithii	Nb ind	0,1	0,2	0,6000	0,6004	
Halurus equisetifolius	Nb ind	0,1	0,2	0,6000	0,6124	
Dictyota dichotoma	Nb ind	9,8	7,6	-0,5170	0,6214	
Plocamium cartilagineum	Nb ind	5,8	7,2	0,5221	0,6673	
Phaeophyceae	IA	0,6	0,8	0,3721	0,7343	

Figure 39 : Bilan des tests statistiques menés sur les abondances des sites des Laz et des Remeurs

*** : $p\text{-value} \leq 0.001$; ** : $p\text{-value} \leq 0.01$; * : $p\text{-value} < 0.05$

2.1.6.2 Secteur Nord-PNMI : Les fourches, les Liniou

La biodiversité totale est de 38 taxa dont 26 pour la flore et 12 pour la faune sur le site des Liniou, contre 43 taxa dont 31 pour la flore et 12 pour la faune sur le site des Fourches.

La comparaison des abondances (Figure 41) montre de fortes différences entre les 2 sites pour beaucoup d'espèces.

On note en particulier l'abondance de certains taxa sur le site des Liniou, alors qu'ils sont absents ou très faiblement représentés sur le site des fourches. Pour la flore il s'agit principalement de *Erythroglossum laciniatum*, *Bonnemaisonia hamifera*, *Nothokallymenia crouaniorum* et *Symphycladiella parasitica*. Concernant la faune, les taxa concernés sont les bryozoaires *Cradoscrupocellaria reptans* et *Bicellariella ciliata*, l'ascidie *Pycnoclavella aurilucens* et le cnidaire *Corynactis viridis*.

A l'inverse, on observe de fortes densités d'espèces sur le site des Fourches alors qu'elles sont rares ou absentes sur le site des Liniou. C'est le cas pour les algues *Drachiella spectabilis*, *Asparagopsis armata*, *Corallina officinalis*, *Saccorhiza polyschides* et *Lomentaria articulata* (Figure 41) et les ascidies *Morchellium argus*, *Polyclinum aurantium* et *Aplidium pallidum* pour la faune.

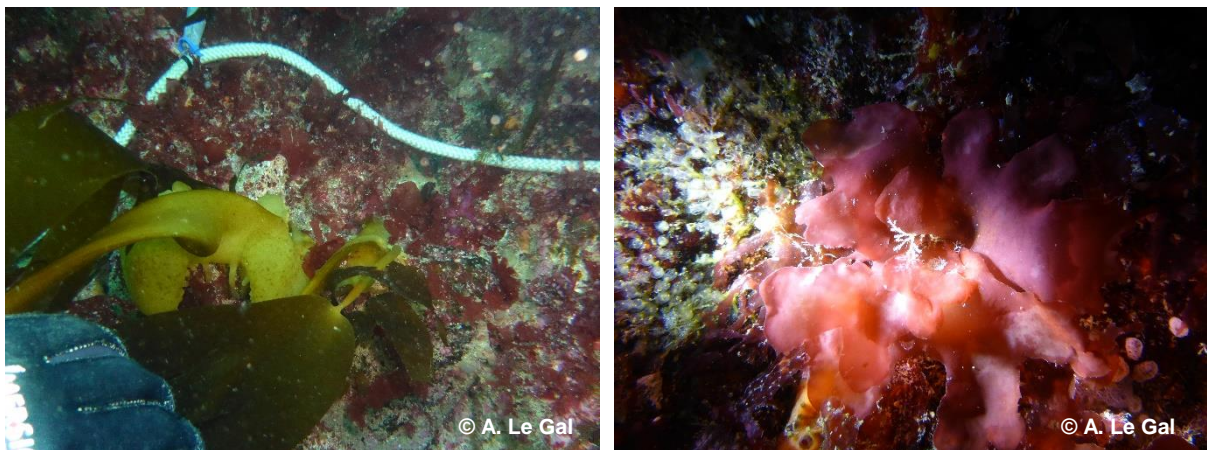


Figure 40 : Photos de quelques espèces observées sur les sites du secteur Nord PNMI

A gauche, *Saccorhiza polyschides* et *Laminaria hyperborea* sur le site des Fourches

A droite : l'algue rouge *Nothokallymenia crouaniorum* observée sur le site des Liniou

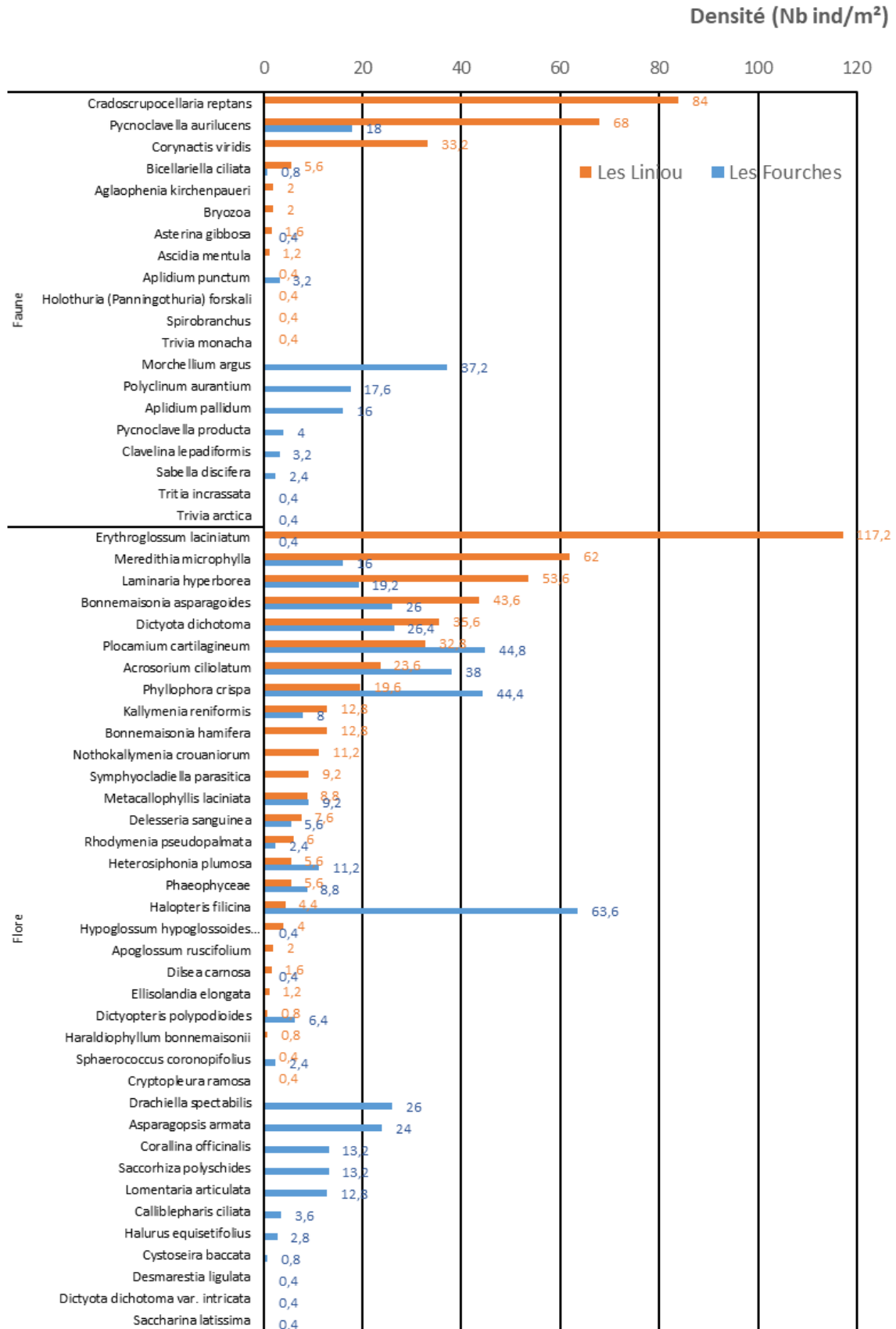


Figure 41 : Densité des taxa dénombrables sur les sites des Fourches et des Liniou

Concernant les espèces encroûtantes (Figure 42), l'éponge *Amphilectus fucorum* est la principale espèce observée aux Liniou (2,9%). Sur le site des Fourches, aucune espèce ne dépasse 1% de recouvrement moyen.

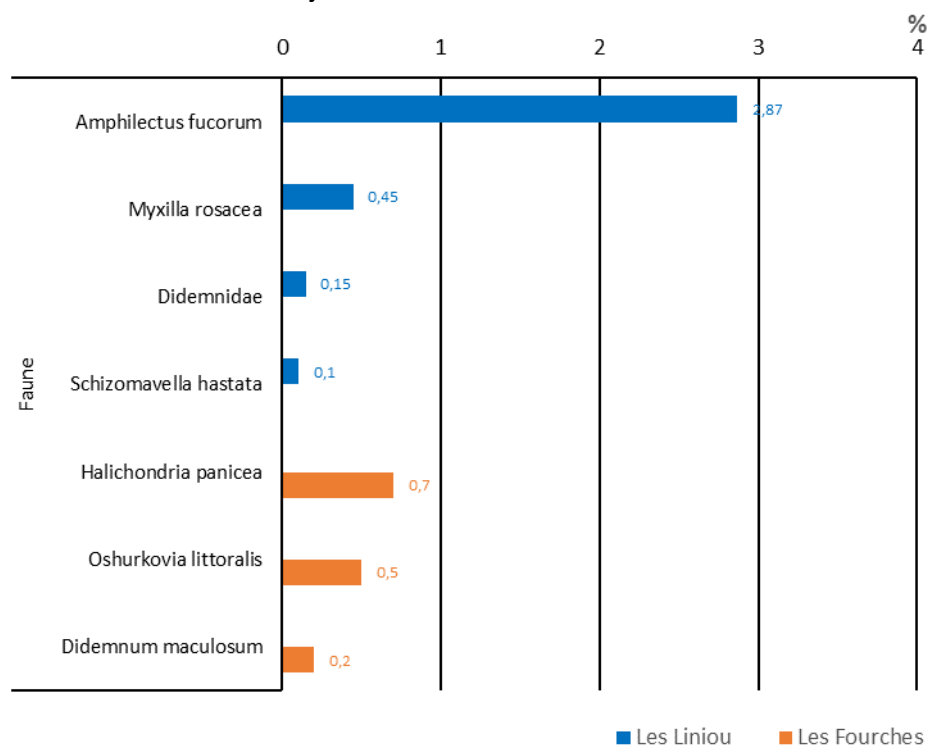


Figure 42 : Recouvrement moyen des espèces encroûtantes sur les sites des Fourches et des Liniou

La comparaison des abondances moyennes par un test de Welch par permutation (N=1000) permet de mettre en évidence que certains taxa sont significativement plus abondants sur le site non exploité des Liniou. Il s'agit des algues *Erythrogloussum laciniatum*, *Nothokallymenia crouaniorum*, *Laminaria hyperborea*, *Bonnemaisonia hamifera*, *Symphycladiella parasitica*, *Apoglossum ruscifolium*, *Hypoglossum hypoglossoides* ainsi que de l'éponge encroûtante *Amphilectus fucorum*, du bryzoaire *Cradoscrupocellaria reptans*, du cnidaire *Corynactis viridis* et de Didemnidae indéterminés pour la faune.

Concernant les taxa qui, au contraire sont plus abondants sur le site exploité des Fourches, on retrouve *Halopteris filicina*, *Saccorhiza polyschides*, *Asparagopsis armata*, *Corallina officinalis*, *Drachiella spectabilis*, *Halurus equisetifolius* et *Calliblepharis ciliata* ainsi que les ascidies polyclinidés *Morchellium argus* et *Aplidium pallidum*.

Ces résultats soulignent principalement une plus grande abondance de la laminaire annuelle *S.polyschides* au détriment de la laminaire pérenne *L.hyperborea*. Parmi les différences significatives mises en évidence, celle concernant *Nothokallymenia crouaniorum* est plus probablement liée à une différence inter-site qu'à l'exploitation. En effet, cette espèce rare et récemment décrite a fait l'objet de très peu d'observations (www.inpn.mnhn.fr).

Taxon	Unité	Ab moy Fourches	Ab moy Liniou	Statistique t	p_value	Différence significative
Halopteris filicina	Nb ind	15,9	1,1	10,413244	0,000000	***
ErythroGLOSSUM laciniatum	Nb ind	0,1	29,3	-11,633558	0,000000	***
Saccorhiza polyschides	Nb ind	3,3	0,0	3,011080	0,000000	***
Amphilectus fucorum	%	0,0	2,9	-3,124800	0,000000	***
Asparagopsis armata	Nb ind	6,0	0,0	3,354102	0,000000	***
Nothokallymenia crouaniorum	Nb ind	0,0	2,8	-3,628247	0,000000	***
Laminaria hyperborea	Nb ind	4,8	13,4	-3,685714	0,000000	***
Cradoscrupocellaria reptans	Nb ind	0,0	21,0	-5,568466	0,000000	***
Corallina officinalis	Nb ind	5,7	0,0	3,090754	0,000999	***
Drachiella spectabilis	Nb ind	6,5	0,0	3,161239	0,001998	**
Morchellium argus	Nb ind	9,3	0,0	3,656835	0,001998	**
Corynactis viridis	Nb ind	0,0	8,3	-2,056447	0,002997	**
Bonnemaisonia hamifera	Nb ind	0,0	3,2	-2,117189	0,002997	**
Symphycladiella parasitica	Nb ind	0,0	2,3	-2,249336	0,002997	**
Apoglossum ruscifolium	Nb ind	0,0	0,5	-3,000000	0,012987	*
Halurus equisetifolius	Nb ind	0,7	0,0	2,688774	0,013986	*
Aplidium pallidum	Nb ind	4,0	0,0	2,419434	0,015984	*
Didemnidae	%	0,0	0,2	-2,355408	0,019980	*
Hypoglossum hypoglossoides	Nb ind	0,1	1,0	-2,377217	0,035964	*
Calliblepharis ciliata	Nb ind	0,9	0,0	2,076923	0,039960	*
Polyclinum aurantium	Nb ind	4,4	0,0	1,566111	0,052947	
Clavelina lepadiformis	Nb ind	0,8	0,0	1,632993	0,052947	
Dictyopteris polypodioides	Nb ind	1,6	0,2	1,315071	0,058941	
Phyllophora crispa	Nb ind	11,1	4,9	2,066922	0,059940	
Meredithia microphylla	Nb ind	4,0	15,5	-2,034876	0,071928	
Bicelliaria ciliata	Nb ind	0,2	1,4	-1,643168	0,095904	
Cruoria pellita	IA	0,9	0,1	1,909337	0,095904	
Ascidia mentula	Nb ind	0,0	0,3	-1,963961	0,097902	
Lomentaria articulata	Nb ind	3,2	0,0	1,326696	0,101898	
Myxilla (Myxilla) rosacea	%	0,0	0,5	-1,711055	0,104895	
Ellisolandia elongata	Nb ind	0,0	0,3	-1,963961	0,104895	
Bryozoa	Nb ind	0,0	0,5	-1,860521	0,106893	
Acrosorium ciliolatum	Nb ind	9,5	5,9	1,465089	0,137862	
Sphaerococcus coronopifolius	Nb ind	0,6	0,1	1,555428	0,139860	
Bonnemaisonia asparagoides	Nb ind	6,5	10,9	-1,613359	0,151848	
Aplidium punctum	Nb ind	0,8	0,1	1,634848	0,154845	
Pycnoclavella aurilucens	Nb ind	4,5	17,0	-1,580086	0,157842	
Sabella discifera	Nb ind	0,6	0,0	1,500000	0,217782	
Cystoseira baccata	Nb ind	0,2	0,0	1,500000	0,230769	
Didemnum maculosum	%	0,2	0,0	1,500000	0,231768	
Heterosiphonia plumosa	Nb ind	2,8	1,4	1,212436	0,248751	
Halichondria (Halichondria) panicea	%	0,7	0,0	1,352729	0,259740	
Asterina gibbosa	Nb ind	0,1	0,4	-1,236245	0,279720	
Kallymenia reniformis	Nb ind	2,0	3,2	-1,068103	0,287712	
Dictyota dichotoma	Nb ind	6,6	8,9	-0,930988	0,393606	
Dilsea carnosa	Nb ind	0,1	0,4	-0,933257	0,459540	
Delesseria sanguinea	Nb ind	1,4	1,9	-0,704761	0,475524	
Holothuria (Panningothuria) forskali	Nb ind	0,0	0,1	-1,000000	0,477522	
Dictyota dichotoma var. intricata	Nb ind	0,1	0,0	1,000000	0,484515	
Phaeophyceae	IA	0,1	0,0	1,000000	0,486513	
Aglaophenia kirchenpaueri	Nb ind	0,0	0,5	-1,000000	0,491508	
Corallina officinalis	%	0,3	0,0	1,000000	0,496503	
Saccharina latissima	Nb ind	0,1	0,0	1,000000	0,496503	
Sphondylothamnion multifidum	Nb ind	0,1	0,0	1,000000	0,499500	
Trivia monacha	Nb ind	0,0	0,1	-1,000000	0,502498	
Schizomavella (Schizomavella) hastata	%	0,0	0,1	-1,000000	0,504496	
Trivia arctica	Nb ind	0,1	0,0	1,000000	0,504496	
Oshurkovia littoralis	%	0,5	0,0	1,000000	0,508492	
Haraldiophyllum bonnemaisonii	Nb ind	0,0	0,2	-1,000000	0,514486	
Spirobranchus	Nb ind	0,0	0,1	-1,000000	0,514486	
Cryptopleura ramosa	Nb ind	0,0	0,1	-1,000000	0,515485	
Pycnoclavella producta	Nb ind	1,0	0,0	1,000000	0,517483	
Tritia incrassata	Nb ind	0,1	0,0	1,000000	0,522478	
Rhodymenia pseudopalmeta	Nb ind	0,6	1,5	-0,789690	0,524476	
Desmarestia ligulata	Nb ind	0,1	0,0	1,000000	0,528472	
Plocamium cartilagineum	Nb ind	11,2	8,2	0,655139	0,538462	
Phaeophyceae	Nb ind	2,2	1,4	0,578691	0,560440	
Metacalophyllis laciniata	Nb ind	2,3	2,2	0,131940	0,885115	
Rhodophyta	IA	2,0	2,0	0,000000	0,958042	

Figure 43 : Bilan des tests statistiques menés sur les abondances des Fourches et des Liniou
 *** : p-value ≤ 0.001 ; ** : p-value ≤ 0.01 ; * : p-value < 0.05

2.1.7 Groupes fonctionnels

Une comparaison des abondances des différents groupes fonctionnels a été réalisée pour chacun des couples de sites témoin/exploité. Les groupes fonctionnels sont définis sur la base de critères morphoanatomiques pour les algues et du régime trophique pour la faune (cf. Figure 44).

Groupes Fonctionnels		Phyla
GMA	Groupes morpho-anatomiques	
2	Algues filiformes et cylindriques grêles et souples	Chlorophycées Ochrophycées Rhodophycées
3	Algues cylindriques épaisses et rigides	Chlorophycées Ochrophycées Rhodophycées
4	Algues en lames souples	Chlorophycées Ochrophycées Rhodophycées
5	Algues en lames rigides	Chlorophycées Ochrophycées Rhodophycées
6	Algues calcifiées	Rhodophycées
7	Algues encroûtantes	Ochrophycées Rhodophycées
GT	Groupes trophiques	
0	Filtreurs actifs	Bryozoaires Chordés Cnidaires Mollusques Phoronidés Porifères
1	Filtreurs passifs	Annélides Bryozoaires Cnidaires Echinodermes Mollusques
2	Filtreurs mixtes	Arthropodes
3	Prédateurs herbivores	Echinodermes Mollusques
4	Prédateurs carnivores	Arthropodes Echinodermes Mollusques Plathelminthes

Figure 44 : Définition des différents groupes fonctionnels (GF) : groupes morpho-anatomiques (GMA) et groupes trophiques (GT) avec leurs subdivisions par Phyla
(Derrien-Courtel et L'Hardy-Halos, com. pers.)

2.1.7.1 Secteur Molène Nord : Les Remeurs, les Laz

La comparaison des abondances moyennes par un test de Welch par permutation (N=1000) (Figure 45) permet de mettre en évidence une différence d'abondance pour 6 groupes fonctionnels. Ainsi, les phéophycées en lame rigides (laminaires), les algues rouges filiformes et cylindriques et les algues rouges en lame souple sont plus abondantes sur le site exploité des Laz. En revanche, les algues rouges encroûtantes, les bryozoaires dressés (*Alcyonidium diaphanum*) et les cnidaires dressés (*Balanophyllia regia* et *Corynactis viridis*) sont mieux représentés sur le site témoin des Remeurs.

Groupe fonctionnel	Unité	Abondance Moyenne Laz	Abondance Moyenne Remeurs	Statistique t	p_value	Différence significative
Rhodophyta_0	IA	0,37	0,57	5,4321448	0,0000000	***
Ochrophyta_5	Nb ind	8,12	2,04	-3,3680894	0,0000000	***
Rhodophyta_2	Nb ind	17,08	6,04	-4,9124113	0,0000000	***
Rhodophyta_4	Nb ind	19,92	6,32	-4,6550599	0,0000000	***
Bryozoa_0	Nb ind	0	1,2	3,1429363	0,0029970	**
Cnidaria_1	Nb ind	0,04	2,2	1,3874054	0,0069930	**
Rhodophyta_5	Nb ind	4,24	12,32	1,8385597	0,0559441	
Porifera_0	Nb ind	0,12	0,56	1,6818357	0,0719281	
Chordata_0	%	0	0,05	1,8605210	0,0909091	
Rhodophyta_7	IA	0,06	0	-1,7650452	0,0939061	
Ochrophyta_2	Nb ind	7,12	4,12	-1,6942214	0,0969031	
Annelida_1	Nb ind	0,64	2,24	1,3597788	0,2277722	
Echinodermata_4	Nb ind	0	0,08	1,5000000	0,2317682	
Mollusca_4	Nb ind	0	0,08	1,5000000	0,2507493	
Chlorophyta_4	Nb ind	0,04	0	-1,0000000	0,4995005	
Ochrophyta_7	IA	0,01	0	-1,0000000	0,5204795	
Porifera_0	%	0,145	0,27	0,7045127	0,5334665	
Ochrophyta_4	IA	0,05	0,08	0,5570860	0,6343656	
Rhodophyta_3	Nb ind	2,68	2,92	0,2112245	0,8431568	
Chordata_0	Nb ind	1,04	1,2	0,2242305	0,9140859	
Ochrophyta_4	Nb ind	5,44	5,28	-0,0832050	0,9440559	

Figure 45 : Bilan des tests statistiques menés sur les abondances groupes fonctionnels au sein des sites des Laz et des Remeurs

*** : $p\text{-value} \leq 0.001$; ** : $p\text{-value} \leq 0.01$; * : $p\text{-value} < 0.05$

2.1.7.2 Secteur Nord-PNMI : Les Fourches, Les Liniou

La même analyse a été réalisée pour le couple de site du secteur Nord-PNMI (Figure 46). Les résultats indiquent que les algues brunes filiformes et cylindriques (*Halopteris filicina*) et les algues rouges encroûtantes sont plus abondantes sur le site exploité des Fourches. A l'inverse, les bryozoaires dressés (*Cradoscupocellaria reptans* et *Bicelliariella ciliata*), les cnidaires (*Corynactis viridis* et *Aglaophenia kirchenpaueri*) et les algues rouges en lame souple (*Erythrogloussum laciniatum* et *Meredithia microphylla* principalement) sont mieux représentés sur le site témoin des Liniou.

Goupe fonctionnel	Unité	Abondance Moyenne Les Fourches	Abondance Moyenne Liniou	Statistique t	p_value	Différence significative
Bryozoa_0	Nb ind	0,08	9,16	-5,80442233	0	***
Cnidaria_1	Nb ind	0	3,52	-2,22675816	0	***
Ochrophyta_2	Nb ind	6,36	0,44	10,4132437	0	***
Rhodophyta_4	Nb ind	10,36	24,96	-5,43218654	0	***
Rhodophyta_6	Nb ind	2,28	0,12	2,9180901	0,002997	**
Porifera_0	%	0,07	0,332	-2,39821469	0,01998002	*
Rhodophyta_7	IA	0,09	0,01	1,90933748	0,06693307	
Rhodophyta_5	Nb ind	5,08	2,72	1,97435972	0,07992008	
Ochrophyta_3	Nb ind	0,08	0	1,5	0,23276723	
Ochrophyta_5	Nb ind	4,16	5,92	-1,22034043	0,25274725	
Echinodermata_4	Nb ind	0,04	0,16	-1,23624508	0,26673327	
Annelida_1	Nb ind	0,24	0,04	1,21267813	0,32867133	
Chordata_0	Nb ind	9,92	6,96	0,85145636	0,40559441	
Rhodophyta_6	%	0,03	0	1	0,48951049	
Echinodermata_3	Nb ind	0	0,04	-1	0,4955045	
Rhodophyta_3	Nb ind	4,72	3,4	0,70532789	0,4985015	
Ochrophyta_7	IA	0,01	0	1	0,5024975	
Bryozoa_0	%	0,05	0,01	0,78446454	0,71728272	
Ochrophyta_4	Nb ind	3,36	3,64	-0,27638758	0,73126873	
Chordata_0	%	0,02	0,015	0,33838413	0,75124875	
Mollusca_4	Nb ind	0,08	0,04	0,4472136	0,75224775	
Rhodophyta_2	Nb ind	7,72	7,12	0,27276735	0,83716284	
Rhodophyta_0	IA	0,2	0,2	0	0,97902098	

Figure 46 : Bilan des tests statistiques menés sur les abondances groupes fonctionnels au sein des sites des Fourches et des Liniou

*** : $p\text{-value} \leq 0.001$; ** : $p\text{-value} \leq 0.01$; * : $p\text{-value} < 0.05$

2.2 Mise en relation des paramètres « environnement » et « pression d'exploitation » avec les données « biodiversité associée » issues du suivi SLAMIR

L'étude des relations entre les données environnementales, les données de récolte et les données biologiques a été réalisée à l'aide d'Analyses en Composantes Principales (ACP). L'ACP est une méthode d'ordination en espace réduit, permettant une représentation optimale d'un jeu de données multidimensionnelles. Deux types de cadrage des diagrammes de doubles projections ont été produits. La qualité des représentations en espace réduit est évaluée en comparant la proportion de variance dans les axes successifs de l'ACP, à celles attendues selon un modèle nul. Le modèle du bâton brisé donne la part de variance attendue dans chacun des axes, lorsque cette dernière est répartie aléatoirement entre eux. Ainsi, il est préférable d'étudier les dimensions qui présentent une inertie supérieure aux seuils de bâtons brisés.

En raison de la nature des données, il a été nécessaire d'effectuer une transformation des données pour qu'elles suivent une loi normale. Cela a notamment été nécessaire pour les données d'exploitation. En effet, un déséquilibre existe sur l'exploitation des sites (Figure 47).

Sur l'ensemble des sites étudiés, une seule station est fortement exploitée, tandis que la plupart sont peu ou pas exploitées. Ainsi, une transformation log a été nécessaire pour cette variable. De plus, les variables ont également été centrées et réduites pour retirer les différences de dimension (unité) et permettre une représentation dans un même espace.

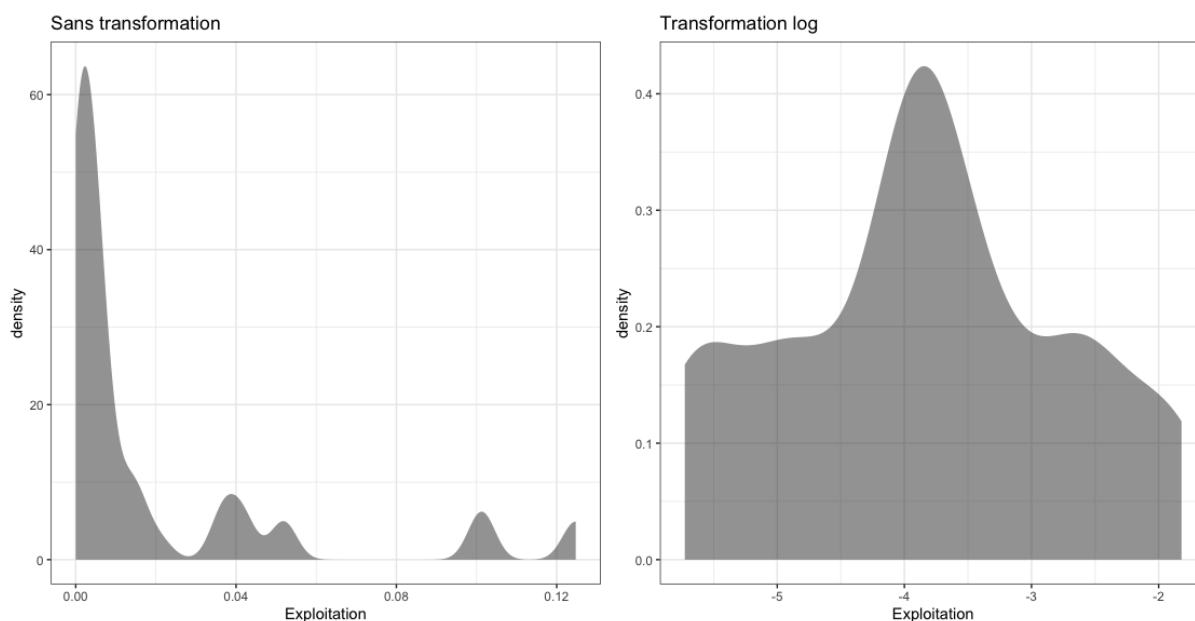


Figure 47 : Transformation log de la variable « exploitation » pour qu'elle suive une loi normale

Une analyse d'inflation de la variance (VIF) a révélé la présence de nombreuses colinéarités entre les variables. Suite à cette analyse, seules certaines variables ont été sélectionnées pour les analyses.

Pour l'analyse des données environnementales, il a été nécessaire de retirer les variables *vmho_mean* et *PO4*. Sur les analyses des variables environnementales et des données d'exploitation, il a été nécessaire de retirer les variables *O2*, *NO3* et *chl* en raison du fort effet de la saison sur ces paramètres, et la variable « exploitation », directement liée aux variables « tonnage et « biomasse exploitée ».

2.2.1 Données environnementales et données d'exploitation

L'analyse par ACP des données environnementales et des données d'exploitation doit permettre de comprendre quelles variables distinguent les sites échantillonnés.

En ce qui concerne les données environnementales, l'analyse du modèle des bâtons brisés a révélé que la variance entre les sites ne peut pas être expliquée par les deux premiers axes de l'ACP (Figure 48). En effet, l'inertie des premiers axes est inférieure au modèle théorique nul, impliquant une part plus importante de l'aléatoire dans l'explication de cette variance entre les stations.

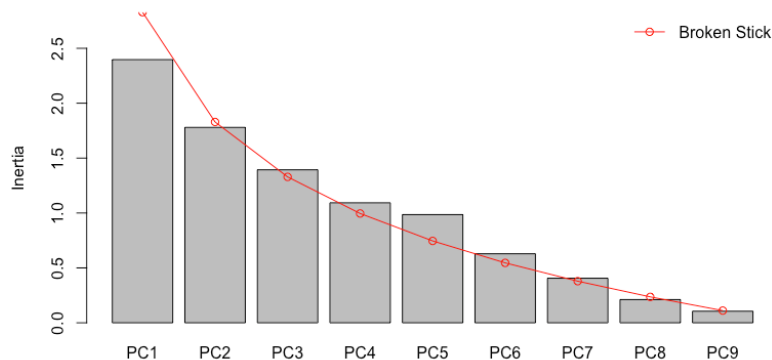


Figure 48 : Modèle théorique des bâtons brisés pour l'analyse des données environnementales

Ainsi, les axes 3 et 4 de l'ACP ont été étudiés (Figure 49). Pour cette analyse, les données ont été moyennées par année et profondeur. Chaque point correspond au site d'étude, à l'année et à la profondeur d'échantillonnage (*site_année_profondeur* – ex : Rem_2021_-3). D'après l'ACP, les stations présentent une forte structuration en fonction des variables physiques. Les variables d'hydrodynamisme, liées au courant (*Courant_max*) et au forçage du vent (*fetch_min*) entraînent une distinction des stations Remeurs (Rem) et Men Gwenn (MGw) par rapport aux autres stations. D'autre part, la variable de température aux profondeurs (*Tp*) provoque un étirement des points de chaque station. Par ailleurs, une analyse préliminaire avec la définition de la longitude et de la latitude comme variable géographique a montré que ces deux paramètres constituaient une part importante de la variance expliquée entre ces sites. De plus, la distinction des sites en ajoutant la longitude permet également un regroupement des sites en fonction des types d'exploitation. En effet, le site présentant une exploitation importante se trouve le plus à l'Est, près de la côte finistérienne, tandis que les sites témoins et les sites inactifs se regroupent davantage ensemble, vers l'ouest. Ainsi, globalement, les données environnementales utilisées permettent difficilement d'expliquer la variance entre les stations, majoritairement expliquée par leur positionnement géographique.

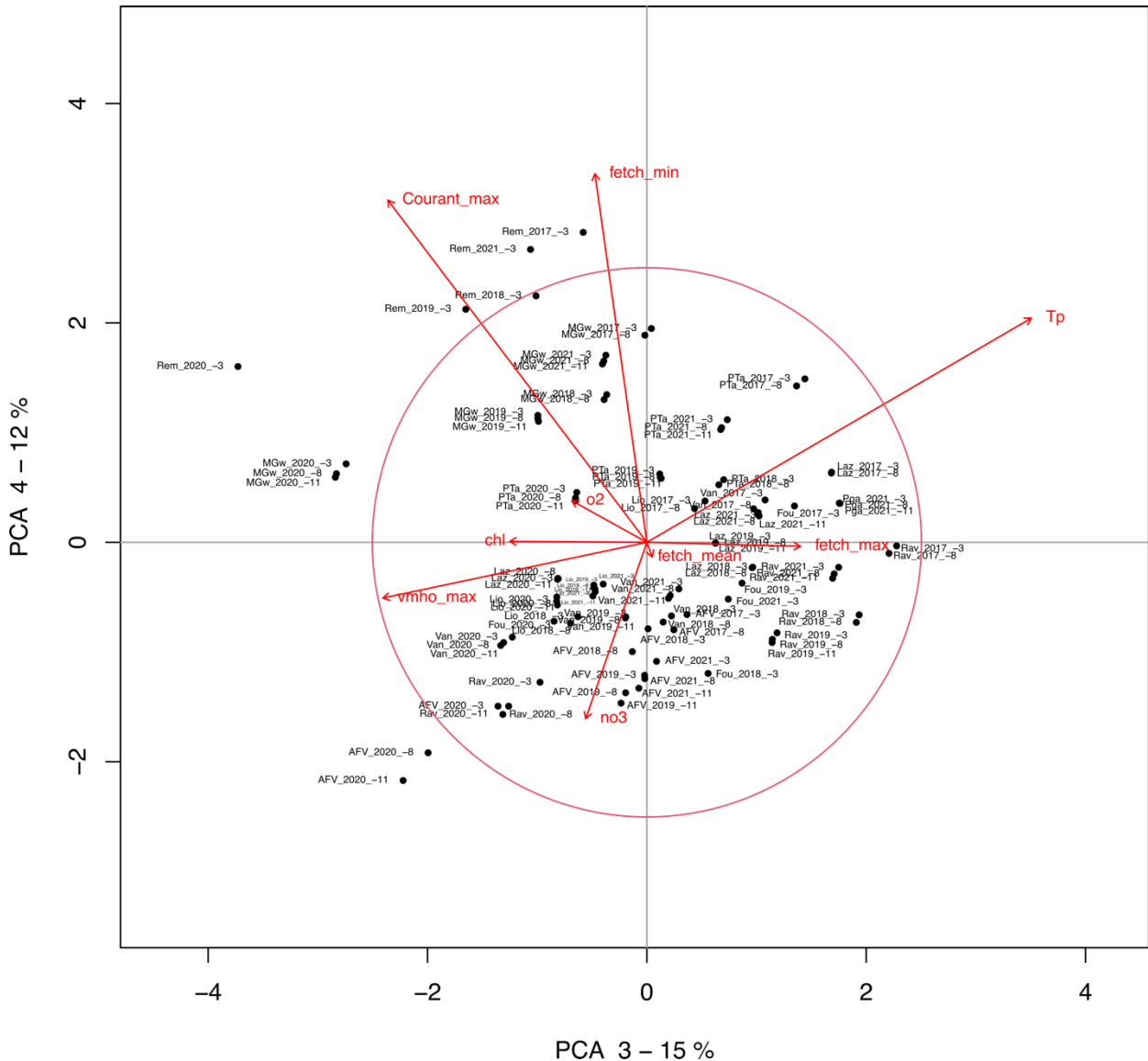


Figure 49 : ACP environnementale, représentation en cadrage de type 1 à gauche et en cadrage de type 2 à droite.

La forme des points représente le type de site : rond = site exploité, triangle = site témoin et carré = site inactif.

Pour l'ACP prenant en compte les données d'exploitation, les données ont été utilisées au niveau de la saison d'exploitation. Aucune distinction n'a été faite au niveau de la profondeur, en raison de faibles changements dans les variables entre le -3, -8 et -11m CM. Ainsi, chaque point correspond au site d'étude, à l'année et à la saison d'exploitation (*site_année_saison* – ex : Fou_2021_1). Le pourcentage de variance expliquée est plus important en travaillant sur les saisons d'exploitation. Les deux premiers axes permettent notamment d'expliquer 53,98% de la variance totale des sites (Figure 50). Un effet important de la saison a été observé au niveau des variables environnementales, pouvant être représenté par l'étirement des stations selon la température dans la Figure 49. D'autre part, il est possible d'observer un regroupement des sites inactifs sur la gauche de l'ACP. Les sites témoins se répartissent sur le bas de l'ACP, tandis que les sites exploités se distinguent en fonction des axes 1 et 2, sur la diagonale de l'ACP. Cependant, on observe que les variables d'exposition telles que le fetch, la hauteur de vague ou le courant sont celles qui sont le mieux représentées dans cette représentation en deux dimensions. Sur l'axe 1, c'est notamment la combinaison de ces variables physiques qui permet d'expliquer davantage la répartition des sites. Les deux

stations exploitées se distinguent principalement par rapport à leur faible exposition et à leur différence de quantités exploitées de laminaires. En effet, la station Les Laz (Laz), localisée entre Ouessant et la côte finistérienne est naturellement plus exposée que la station Les Fourches (Fou), près de la côte. L'ACP met donc ici en évidence une anti-corrélation entre l'exposition des sites (VmH0 et Fetch) et leur niveau d'exploitation. Ceci traduit probablement une exploitation privilégiée des sites moins exposés et moins distants de la côte pour des raisons de risques et de coût d'exploitation.

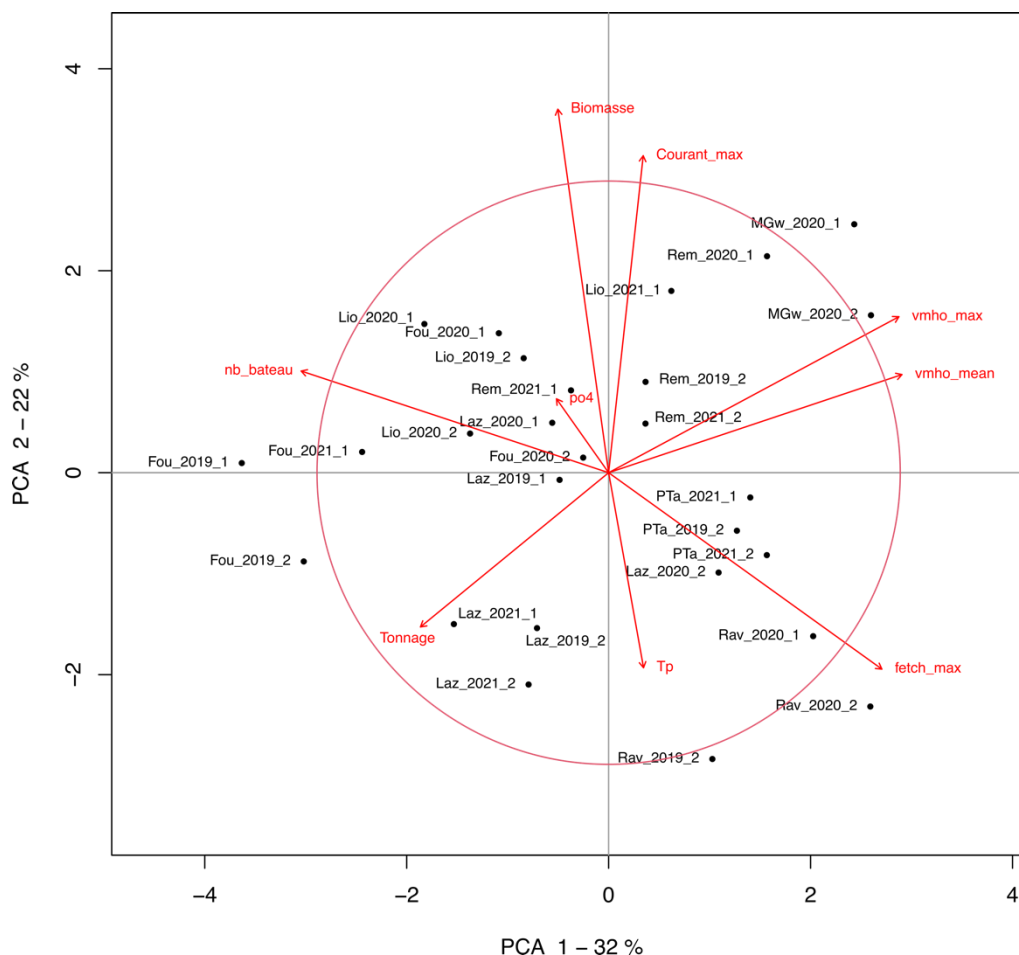


Figure 50 : ACP sur les données environnementale et d'exploitation, représentation en cadrage de type 1

Dans la nomenclature des stations, le dernier chiffre correspond à la saison d'exploitation : 1 : du 1^{er} janvier au 15 avril et 2 : 1^{er} septembre au 31 décembre

Ces premières analyses permettent de montrer que les stations se structurent principalement en fonction de leurs paramètres environnementaux et notamment de leur exposition au vent, au courant et aux vagues. Des différences naturelles importantes entre les sites peuvent représenter des limites dans l'étude de l'impact d'une pression. En effet, la variance entre les sites peut davantage s'expliquer par des variations des paramètres environnementaux que par la présence d'un gradient de pression. En l'occurrence, le gradient de pression lié à l'exploitation des laminaires utilisées dans cette étude ne permet pas de disposer d'un gradient progressif sur les sites échantillonnés. Une seule station présente un taux d'exploitation important, entraînant un déséquilibre dans la représentation de la donnée.

2.2.2 Données de biodiversité

L'ACP basée sur les données de biodiversité vise à mettre en évidence les espèces qui caractérisent les stations étudiées.

L'ACP des données de biodiversité montre une distinction par rapport aux profondeurs d'échantillonnage (Figure 51). Les espèces à conserver sont sélectionnées sur la base de la qualité de leur représentation dans le diagramme (*pseudo-R*²). Ainsi, seules les espèces dont 50% de la variance est représentée ont été conservées.

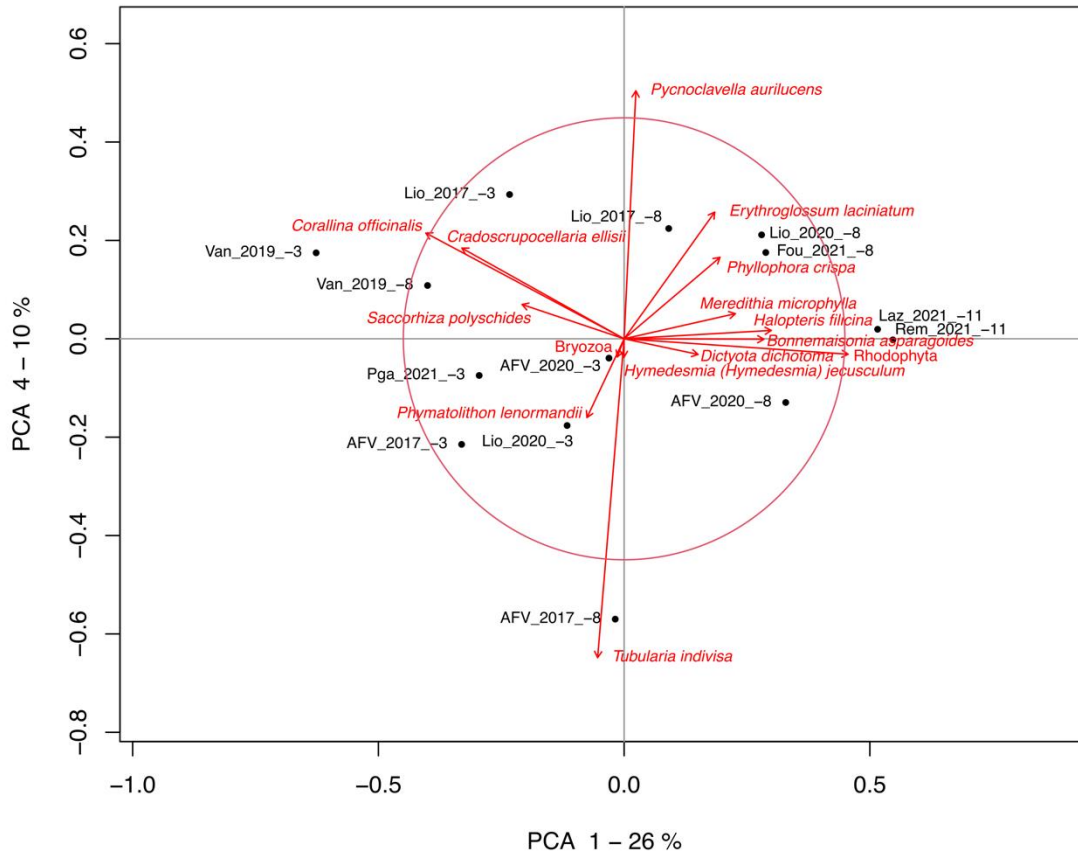


Figure 51 : ACP des données quantitatives de faune et de flore en cadrage de type 1

La distinction des sites sur l'axe PCA 1 se fait principalement en fonction de la profondeur, avec *Corallina officinalis*, espèce photophile et tolérante aux fortes expositions, plus abondante dans les premiers mètres (-3m CM d'Ar Forc'h Vihan, Pointe du Van, Liniou), tirant vers la gauche du diagramme. Sur la droite de l'ACP, les sites des Laz et des Remeurs sont principalement caractérisés par l'abondance des algues rouges encroûtantes (rhodophyta), l'algue rouge filamenteuse *B.asparagoides* et la phéophycée *Halopteris filicina*. La bathymétrie -8m d'Ar Forc'h Vihan se distingue fortement selon l'axe 2 de l'ACP, en raison de la présence de l'hydriaire *Tubularia indivisa* qui forme des populations denses sous les laminaires. De même, sur ce même axe, on retrouve à l'opposé l'ascidie *Pycnoclavella aurilucens*, très présente sur le site des Liniou.



© R. Derrien
Tubularia indivisa au -8m d'Ar
Forc'h Vihan

Afin de comprendre les effets des différentes variables environnementales sur les biocénoses associées aux laminaires, une analyse canonique de redondances (RDA) a été initiée. La RDA est une méthode canonique permettant l'analyse de plusieurs tableaux de données. Cette méthode permet de modéliser une matrice réponse Y (matrice d'espèces) en fonction d'une matrice explicative X (matrice de variables environnementales pour les mêmes sites). La RDA inclut une étape d'ACP et les modèles peuvent être représentés graphiquement et interprétés de manière similaire. Cependant, ils nécessitent une triple projection, afin d'inclure les variables explicatives en plus des sites et des variables réponses. Comme pour les ACP, les données de communautés ont préalablement subi une transformation de Hellinger. Dans tous les cas, les diagrammes de triples projections ont été construits en positionnant les sites dans l'espace des descripteurs environnementaux (contraintes linéaires).

Afin d'étudier l'effet des variables d'exploitation sur les données de biodiversité, il a été tenté de construire des modèles de RDA. De nombreuses limites sont apparues ne permettant pas la construction de ces modèles. Les périodes d'exploitation des laminaires et d'échantillonnage de la biodiversité ne sont pas synchrones (Figure 52). Ainsi, la plupart des données ne peuvent pas être comparées. Par exemple, l'exploitation de la station les Fourches date de 2019, tandis que l'échantillonnage de la biocénose a été effectué en 2021. Ce pas de temps entre les deux événements peut difficilement permettre de révéler statistiquement l'impact de l'exploitation sur les communautés, des recolonisations du milieu pouvant se faire. Des séries de données plus longues seraient nécessaires pour permettre de vérifier et valider ces approches statistiques.

De plus, le site témoin (Liniou), géographiquement proche des Fourches, n'a pas été échantillonné la même année, puisqu'il a été relevé dans le cadre des réseaux REBENT et DCE. Des différences dans les communautés pourraient effectivement s'observer mais représenteraient le résultat de processus naturels entre les échantillonnages. De plus, certaines stations ont été échantillonnées à des profondeurs différentes de celles qui avaient été programmées, limitant la comparaison des communautés en raison de l'effet de la profondeur sur la structuration des communautés macroalgales et de la faune associée.

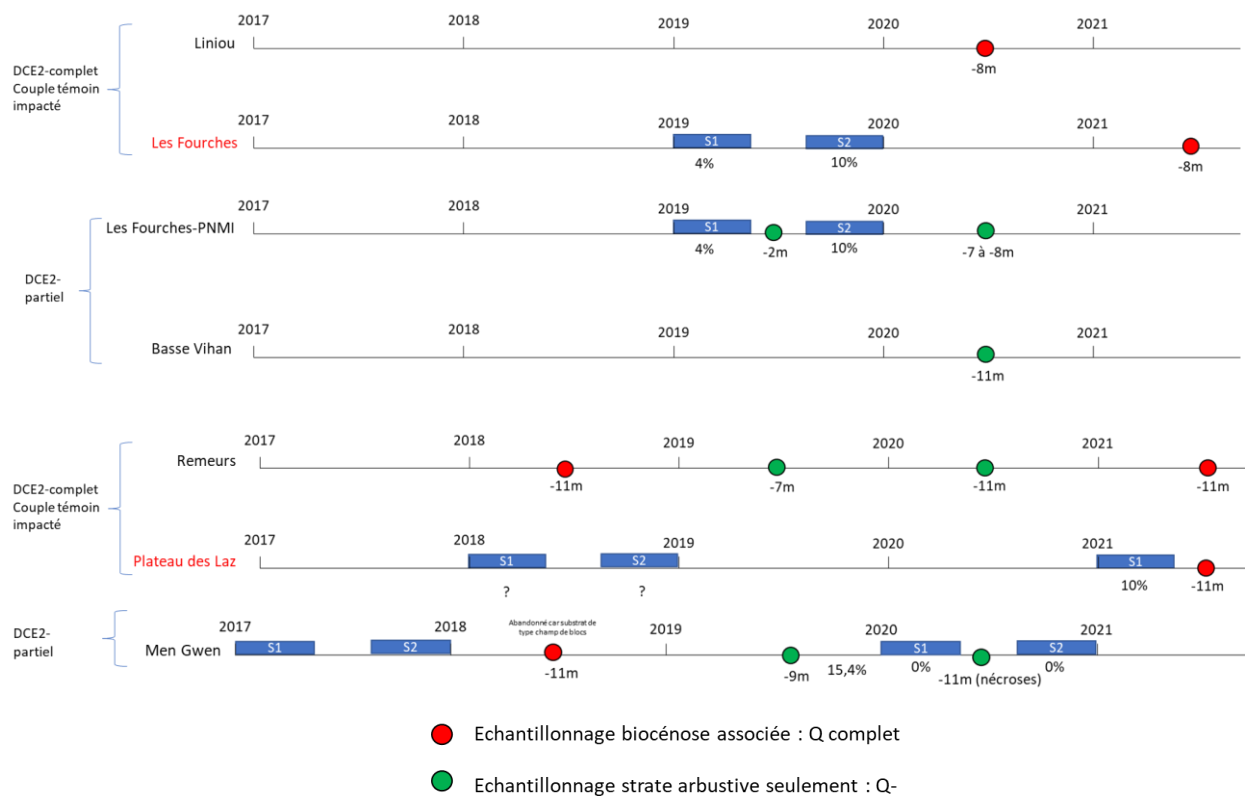


Figure 52 : Plan d'échantillonnage réalisé

Les rectangles bleus correspondent aux saisons d'exploitation (taux d'exploitation précisé)

Enfin, le protocole d'échantillonnage provoque un biais dans l'analyse des données. En effet, le design entre les sites témoins et les sites exploités est différent. Un échantillonnage aléatoire a été appliqué sur les sites témoins, tandis que l'échantillonnage des sites impactés s'est fait uniquement dans les trainées des peignes par l'équipe du MNHN. Par conséquent, un biais naturel est présent dans la donnée de biodiversité, créant une différence artificielle entre les deux types de sites.

2.3 Inventaire ZNIEFF de Penn Gamm (Sein)

Un complément ZNIEFF (Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique) a été appliqué en plus du protocole « DCE-2 complet » sur le site de Penn Gamm (Sein) en 2021. Ce complément a été fait en lien avec le projet de cartographie de la Chaussée de Sein financé par le Parc naturel marin d'Iroise. Ce suivi permet d'avoir une information sur la présence d'espèces, d'associations d'espèces ou d'habitats rares (ex. micro-habitats) présents sur ce site qui n'est pas soumis à de l'exploitation depuis de nombreuses années.

2.3.1 Résultat inventaire par niveau et par microhabitat par phylum

L'inventaire mené sur le site de Penn Gamm a permis d'identifier un total de 165 taxa dont 56 pour la flore et 109 pour la faune (cf. Tableau 5, Tableau 6 et Tableau 7). Au sein de la flore, les rhodophycées sont les mieux représentées, tandis qu'au sein de la faune, les groupes des spongiaires, des cnidaires et des bryozoaires sont les plus diversifiés.

La diversité floristique est maximale dans l'infralittoral supérieur avec 48 taxa. Concernant la faune, la diversité augmente avec la profondeur pour atteindre son maximum dans le circalittoral côtier avec 91 taxa.

	N1		N2			N4		N5		
	PI	N1	parois +/- vert	PI	Tomb	N2	PI	N4	PI	N5
Chlorophyta				2		2	1	1		
Bryopsis plumosa							1	1		
Lychaete pellucida				1		1				
Ulva lactuca				1		1				
Ochrophyta	1	1	2	9	3	9	4	4	2	2
Alaria esculenta				1		1				
Algues brunes encroûtantes							1	1		
Desmarestia ligulata				1		1				
Dictyopteris polypodioides			1	1	1	1	1	1	1	1
Dictyota dichotoma			1	1		1	1	1		
Dictyota dichotoma var. intricata							1	1		
Halopteris filicina									1	1
Laminaires indéterminées				1	1	1				
Laminaria digitata	1	1		1		1				
Laminaria hyperborea				1	1	1				
Laminaria ochroleuca				1		1				
Saccorhiza polyschides				1		1				
Rhodophyta	5	5	4	37	8	37	15	15	3	3
Acrosorium ciliolatum			1	1		1	1	1		
Algues calcaires encroûtantes	1	1		1	1	1	1	1	1	1
Apoglossum ruscifolium				1		1				
Asparagopsis armata							1	1		
Bonnemaisonia asparagoides			1	1		1	1	1	1	1
Calliblepharis ciliata	1	1		1		1				
Chondracanthus acicularis				1		1				
Chondrus crispus				1	1	1				
Corallina officinalis				1	1	1				
Corallinaceae	1	1	1	1		1				
Cruoria pellita				1		1	1	1	1	1
Cryptopleura ramosa				1	1	1				
Delesseria sanguinea				1		1	1	1		
Dilsea carnosa	1	1		1		1				
Drachiella spectabilis				1		1				
Erythroglossum laciniatum				1		1	1	1		
Gelidium corneum	1	1		1	1	1				
Gigartina pistillata				1		1				
Halurus equisetifolius				1		1				
Heterosiphonia plumosa				1		1				
Hypoglossum hypoglossoides							1	1		
kallymenia reniformis			1	1		1				
Lomentaria orcadensis				1		1				
Membranoptera alata				1		1				
Meredithia microphylla				1		1				
Metacallophyllis laciniata				1	1	1				
Osmundea pinnatifida				1		1				
Palmaria palmata				1		1				
Phycodrys rubens				1		1				
Phyllophora crispa				1		1				
Pleonosporium borrieri				1		1				
Plocamium cartilagineum				1	1	1	1	1		
Polysiphonia				1		1				
Pterosiphonia complanata				1		1				
Rhodophyta				1	1	1	1	1		
Rhodymenia				1		1	1	1		
Rhodymenia holmesii							1	1		
Rhodymenia pseudopalmata				1		1	1	1		
Schottera nicaeensis							1	1		
Sphaerococcus coronopifolius				1		1				
Sphondylothamnion multifidum				1		1	1	1		
Total	6	6	6	48	11	48	20	20	5	5

Tableau 5 : Flore : Bilan des espèces recensées sur le site de Penn Gamm par niveau et micro-habitat

Microhabitats : Parois plus ou moins verticales, Platier, Tombant

	Niveau 1		Niveau 2					Niveau 4					Niveau 5							
	PI	N1	Fa	parois +/- vert	PI	Surp	Tomb	N2	Fa	parois +/- vert	PI	Surp	Tomb	N4	Fa	parois +/- vert	PI	Surp	Tomb	N5
Annelida			3	4	1	3	6			7	1	2	7			4	1	2	4	
Annelida										1			1						1	
Chaetopteridae			1	1			1	1		1			1			1			1	
Sabella discifera			1					1		1			1							
Sabella spallanzanii							1	1								1		1	1	
Sabellidae					1			1												
Salmacina dysteri			1	1	1	1	1	1		1	1	1	1			1		1	1	
Serpulidae					1			1		1		1	1			1	1		1	
Spirobranchus										1			1							
Spirobranchus lamarcki										1			1							
Arthropoda					1		1	1		1			1			1			1	
Balanomorpha					1		1	1		1			1			1			1	
Bryozoa	1	1	4	11		2	12		1	13	1	4	13		10		5	11		
Alcyonidium diaphanum					1		1		1	1		1	1		1		1	1		
Amathia																		1	1	
Bicellariella ciliata					1		1			1			1		1		1	1	1	
Bryozoa			1				1			1	1	1	1		1			1	1	
Bryozoaires encroûtants	1	1	1	1			1	1		1			1		1		1	1	1	
Bugula															1			1	1	
Bugulina flabellata										1			1		1			1	1	
Bugulina turbinata															1			1	1	
Cellepora pumicosa										1			1							
Cradoscrupecellaria ellisii					1		1													
Crisia			1	1	1		1	1		1		1	1		1		1	1	1	
Crisia aculeata										1			1		1			1	1	
Crisia ramosa					1		1			1			1							
Crisidia cornuta					1		1													
Crisularia plumosa										1			1							
Omalosecosa ramulosa										1			1							
Oshurkovia littoralis					1		1													
Pentapora fascialis										1			1							
Schizomavella (Schizomavella) hastata					1		1													
Schizomavella (Schizomavella) sarniensis					1		1													
Scrupocellaria			1	1			1					1	1						1	
Chordata	2	1	1	6			6			9			9		7	1	1	7		
Aplidium punctum										1			1							
Asciacea					1		1			1			1		1			1	1	
Clavelina lepadiformis					1		1			1			1		1			1	1	
Didemnidae	1	1	1	1			1													
Labrus mixtus					1		1			1			1		1	1		1	1	
Lissoclinum perforatum					1		1													
Parablennius gattorugine															1			1	1	
Polyclinidae															1			1	1	
Polysyncraton lacazei										1			1							
Pycnoclavella					1		1			1			1		1			1	1	
Pycnoclavella aurilucens	1	1								1			1							
Pycnoclavella producta										1			1							
Stolonicia socialis										1			1		1			1	1	
Cnidaria	3	3	2	4	16	3	9	18		2	14	1	3	15	2	2	13	1	8	14
Actinothoe sphyrodeta	1	1	1	1	1	1	1	1												
Aglaophenia	1	1			1		1	1		1	1		1		1		1	1	1	
Aglaophenia lophocarpa										1			1							
Aglaophenia parvula					1		1													
Aglaophenia tubulifera										1			1		1			1	1	
Alcyonium digitatum			1		1		1	1												
Alcyonium glomeratum															1	1		1	1	
Amphisbetia distans					1		1													
Antennella secundaria														1	1			1	1	
Antennella siliquosa															1			1	1	
Balanophyllia (Balanophyllia) regia										1			1		1			1	1	
Caryophyllia (Caryophyllia) smithii					1		1			1			1		1			1	1	
Corynactis viridis			1	1	1	1	1	1		1	1	1	1		1	1	1	1	1	
Epizoanthus couchii																		1	1	
Eudendrium							1	1												
Eudendrium capillare										1			1							
Eunicella verrucosa							1	1		1			1		1		1	1	1	
Gymnangium montagui															1			1	1	
Hydrozoa			1	1			1	1		1		1	1		1		1	1	1	
Nemertesia antennina										1			1		1		1	1	1	
Nemertesia ramosa										1			1							
Obelia					1		1													
Obelia bidentata												1	1							
Plumularia setacea					1		1													
Sagartia elegans	1	1			1		1													
Sertularia					1		1			1			1		1			1	1	
Sertularia gayi																				
Sertularia mediterranea					1		1			1			1							
Sertularia polyzonias					1		1			1			1							
Tubularia			1	1	1	1	1	1												
Tubularia indivisa					1		1	1												

Tableau 6 : Faune : Bilan des espèces recensées sur le site de Penn Gamm par niveau et micro-habitat (1/2)

Microhabitats : Parois plus ou moins verticales, Platier, Surplomb, Tombant

	Niveau 1		Niveau 2						Niveau 4						Niveau 5					
	PI	N1	Fa	parois+ /- vert	PI	Surp	Tomb	N2	Fa	parois +/- vert	PI	Surp	Tomb	N4	Fa	parois +/- vert	PI	Surp	Tomb	N5
Echinodermata			1	5	5	2	6	9	1	1	5		2	6	1		5		5	6
Antedon bifida			1	1	1	1	1	1			1		1	1			1		1	1
Aslia lefevrei					1			1	1					1	1		1			1
Echinaster (Echinaster) sepositus				1				1											1	1
Echinus esculentus					1			1	1	1	1		1				1		1	1
Henricia oculata								1	1		1		1							
Holothuria (Panningothuria) forskali				1				1	1		1		1				1		1	1
Luidia ciliaris				1	1			1	1		1		1	1			1		1	1
Marthasterias glacialis					1	1		1	1											
Ophiurida				1				1												
Mollusca					2			2						0						0
Gibbula					1			1												
Patella					1			1												
Platyhelminthes								0						0			1			1
Prostheceraeus vittatus																	1			1
Porifera	1	1		5	13	5	4	15	1	1	14	2	3	1	2	1	9		3	9
Amphilectus furciformis						1		1			1		1							
Antho (Acarina) coriacea					1			1												
Antho (Antho) involvens										1			1							
Axinella damicornis										1			1							
Clathrina coriacea					1	1		1			1		1							
Clathrina lacunosa										1			1							
Cliona celata					1			1	1	1	1		1				1		1	1
Grantia compressa					1			1												
Halichondria (Halichondria) panicea					1			1												
Haliclona										1			1	1			1			1
Haliclona (Rhizoniera) viscosa				1	1	1		1		1			1				1			1
Hemimycale columella				1				1		1			1				1		1	1
Iophon hyndmani										1			1				1			1
Mycale (Carmia) macilentata					1			1												
Mycale (Carmia) subclavata					1			1		1			1							
Myxilla (Myxilla) rosacea				1	1			1												
Pachymatisma johnstonia				1	1			1	1				1	1						
Porifera				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Stelligera stupeosa																	1			1
Sycon	1	1			1			1	1		1		1		1		1			1
Sycon ciliatum					1	1		1			1		1				1			1
Thymosia guernei											1		1							
Total	7	6	3	22	58	11	25	69	3	4	63	5	14	91	5	3	50	3	24	88

Tableau 7 : Faune : Bilan des espèces recensées sur le site de Penn Gamm par niveau et micro-habitat (2/2)

Microhabitats : Parois plus ou moins verticales, Platier, Surplomb, Tombant

2.3.2 Espèces et habitats déterminants observés

Le croisement du jeu de données avec les listes d'espèces déterminantes (Derrien-Courtel S., 2010) met en évidence la présence de 19 espèces déterminantes, dont 6 pour la flore et 13 pour la faune. Ces espèces se répartissent au sein de 3 listes sur les 6 existantes (cf. Tableau 8).

Règne	Phylum	Taxon	Liste 2 : Les espèces peu communes présentant des faciès particulièrement développés	Liste 5 : Les espèces autochtones rares	Liste 6 : Les espèces ingénieurs et/ou jouant un rôle d'indicateur d'importance, permettant un habitat diversifié
Flore	Ochrophyta	<i>Alaria esculenta</i>	X		
	Ochrophyta	Laminaires indéterminées			X
	Ochrophyta	<i>Laminaria digitata</i>			X
	Ochrophyta	<i>Laminaria hyperborea</i>			X
	Ochrophyta	<i>Laminaria ochroleuca</i>			X
	Ochrophyta	<i>Saccorhiza polyschides</i>			X
Faune	Annelida	<i>Sabella discifera</i>	X	X	
	Annelida	<i>Salmacina dysteri</i>	X	X	
	Bryozoa	<i>Omalosecosa ramulosa</i>		X	
	Bryozoa	<i>Pentapora fascialis</i>	X		
	Chordata	<i>Polysyncraton lacazei</i>	X		
	Cnidaria	<i>Aglaophenia tubulifera</i>		X	
	Cnidaria	<i>Balanophyllia (Balanophyllia) regia</i>		X	
	Cnidaria	<i>Gymnangium montagui</i>	X		
	Cnidaria	<i>Sagartia elegans</i>		X	
	Cnidaria	<i>Tubularia indivisa</i>	X		
	Echinodermata	<i>Antedon bifida</i>	X		
	Porifera	<i>Clathrina lacunosa</i>		X	
	Porifera	<i>Thyrosia guernei</i>	X	X	

Tableau 8 : Espèces déterminantes recensées sur le site de Penn Gamm

Concernant les habitats déterminants, les observations réalisées ont permis d'en caractériser 16 sur les 53 définis (Derrien-Courtel S. *et al.*, 2016). Parmi ceux-ci, on soulignera la forte représentation des habitats « Roches et blocs à *Alaria esculenta* », « Zones à *Salmacina dysteri* en tapis », « Roches et blocs circalittoraux côtiers à *Tubularia indivisa* à hydrodynamisme extrême » et « Roches et blocs circalittoraux côtiers à *Antedon bifida* ».

Code	Niveau	Habitat déterminant
P20.02.11	Niveau 4	Fissures et interstices colonisées par <i>Aslia lefevrii</i>
R08.01	Niveau 3	Roches et blocs à <i>Alaria esculenta</i>
R08.02	Niveau 3	Roches et blocs à <i>Laminaria digitata</i>
R08.03	Niveau 3	Roches et blocs à <i>Mesophyllum lichenoides</i>
R08.04.01	Niveau 4	Forêt de Laminaires dominée par <i>Laminaria hyperborea</i>
R08.04.01.01	Niveau 5	Zones à <i>Salmacina dysteri</i> en tapis
R08.04.03	Niveau 4	Forêt de Laminaires dominée par <i>Saccorhiza polyschides</i>
R08.06.02.01	Niveau 5	Ceinture infralittorale à algues rouges foliacées
R08.06.02.02	Niveau 5	Ceinture infralittorale à Corallinacées gazonnantes
R08.07	Niveau 3	Tombant de l'infralittoral
R08.07.01	Niveau 4	Tombant de l'infralittoral à <i>Alcyonium</i> spp.
R08.08.02	Niveau 4	Roches et blocs infralittoraux à <i>Corynactis viridis</i> et <i>Alcyonium digitatum</i> en zone de fort courant de marée
R09.01.01.13	Niveau 5	Roches et blocs circalittoraux côtiers à <i>Alcyonium glomeratum</i> et algues sciaphiles en zone battu
R09.01.01.15	Niveau 5	Roches et blocs circalittoraux côtiers à Hydriaires gazonnants en mode battu
R09.01.02.01	Niveau 5	Roches et blocs circalittoraux côtiers à <i>Tubularia indivisa</i> à hydrodynamisme extrême
R09.01.05.01	Niveau 5	Roches et blocs circalittoraux côtiers à <i>Antedon bifida</i>

Tableau 9 : Habitats déterminants recensés sur le site de Penn Gamm

3 Discussion

3.1 Fonctionnalité et évolution des champs de laminaires en Bretagne et en Iroise

3.1.1 Densité et composition de la strate arbustive

Les données concernant la composition de la strate arbustive acquises dans le cadre de l'étude SLAMIR ont été mises en relation avec des données similaires acquises en Bretagne, principalement dans le cadre des dispositifs REBENT et DCE. Ces réseaux permettent de disposer de données antérieures permettant notamment d'étudier l'évolution temporelle de la strate arbustive à l'échelle régionale (

Figure 53).

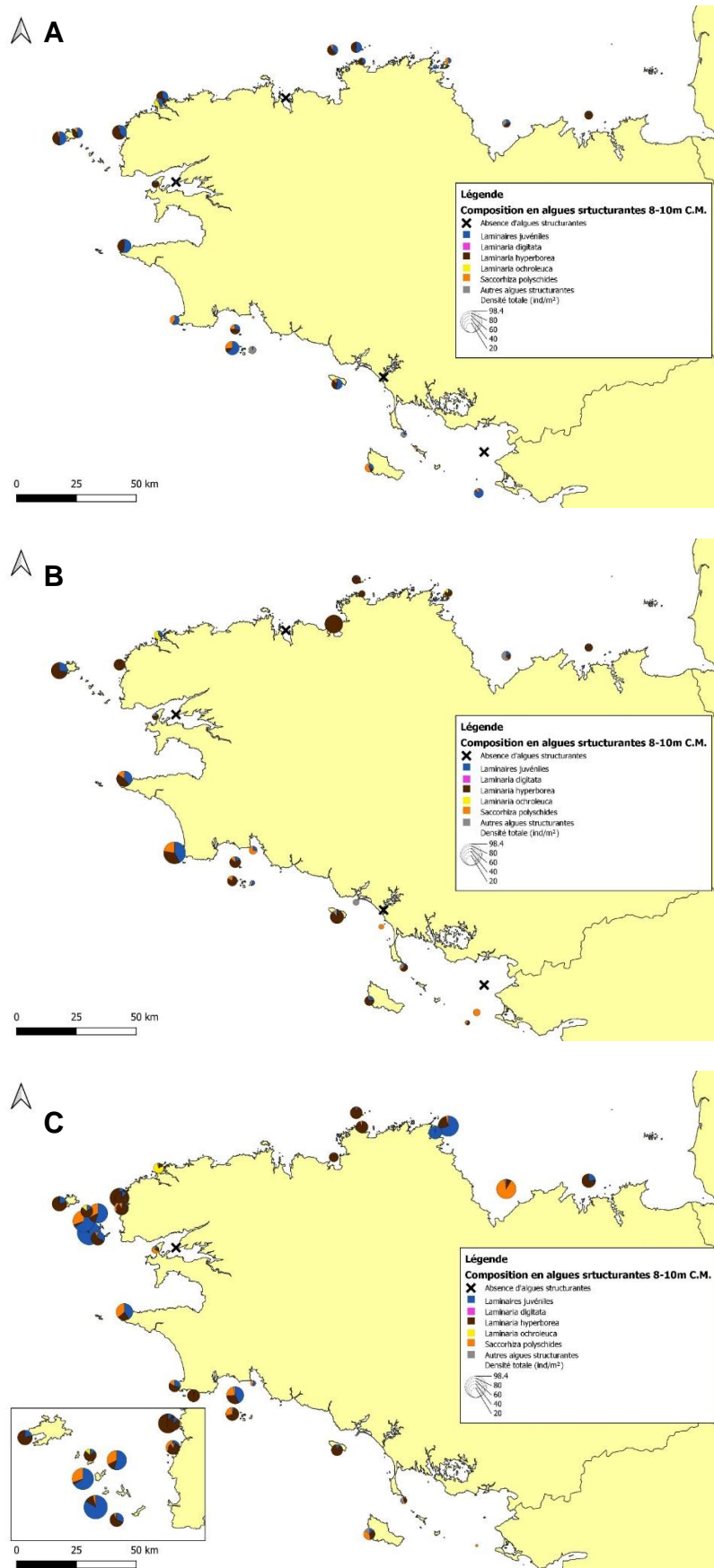


Figure 53 : Evolution de la strate arbustive entre -8 à -11m CM en Bretagne
Périodes : A(2007-2010), B(2014-2017), C(2018-2021)

A cette profondeur (-8 à -11m CM), la pointe Finistère représente la zone où les algues de la strate arbustive connaissent leur meilleur développement en termes de densité. Concernant la composition algale, *L. hyperborea* reste l'espèce dominante sur la côte nord et en Iroise. Elle se retrouve en compétition spatiale avec la laminaire annuelle *S. polyschides* sur la côte sud, en raison des températures plus élevées, le phénomène est plus net aux profondeurs inférieures (Derrien-Courtel Sandrine *et al.*, 2013b). Dans le secteur de l'étude SLAMIR, la plus forte densité d'individus de grande taille (en ne tenant pas compte des laminaires juvéniles) est observée sur le site des Liniou.

Sur les 4 sites exploités, 3 d'entre eux montrent une plus forte proportion de *S. polyschides*, à savoir les sites des Laz, de Men Gwenn et des Fourches. En libérant le substrat, l'exploitation permet la colonisation par *S. polyschides*. L'évolution temporelle de la strate arbustive après exploitation n'a pu être suivie que sur le site de Men Gwenn (2018 et 2020) ; en effet, le site des fourches a été réalisé avec le protocole « DCE complet », permettant de suivre l'évolution temporelle de la strate arbustive et de sa sous-strate, uniquement en 2021. Cependant, en raison du phénomène de nécrose observé en 2020 sur ce site de Men Gwenn, il n'est pas possible d'y analyser la résilience de la strate arbustive.

On peut s'interroger sur un changement éventuel de la sous-strate lorsque *L. hyperborea* est remplacée par *S. polyschides*. Dans le cas du projet SLAMIR, il n'est pas possible d'étudier cette question (différences inter-sites naturelles marquées entre les sites témoins et sites exploités et absence de suivi temporel au sein des zones de passage du peigne).

Dans le cadre du suivi REBENT-Bretagne, l'analyse des données du site de la Pointe du Van permet de mettre en évidence une augmentation de la proportion de *S. polyschides* vs *L. hyperborea* entre 2011 et 2019. Le MultiDimensional Scaling (MDS, Figure 54) n'indique pas de "rapprochement" vers les sites dominés par *S. polyschides* de Bretagne sud (Linuen en baie de Concarneau, Pointe du Grand Guet à Belle-Ile, et Pen a Men aux Glénan). Au contraire, les communautés semblent plus proches de celles observées sur les sites d'Iroise (Ar Forc'h Vihan et Gorle Vihan à Ouessant ou les Liniou) ; ce résultat semble indiquer que la biogéographie (Iroise vs Bretagne Sud) demeure prépondérante dans la structuration des biocénoses associées aux deux espèces de laminaires.

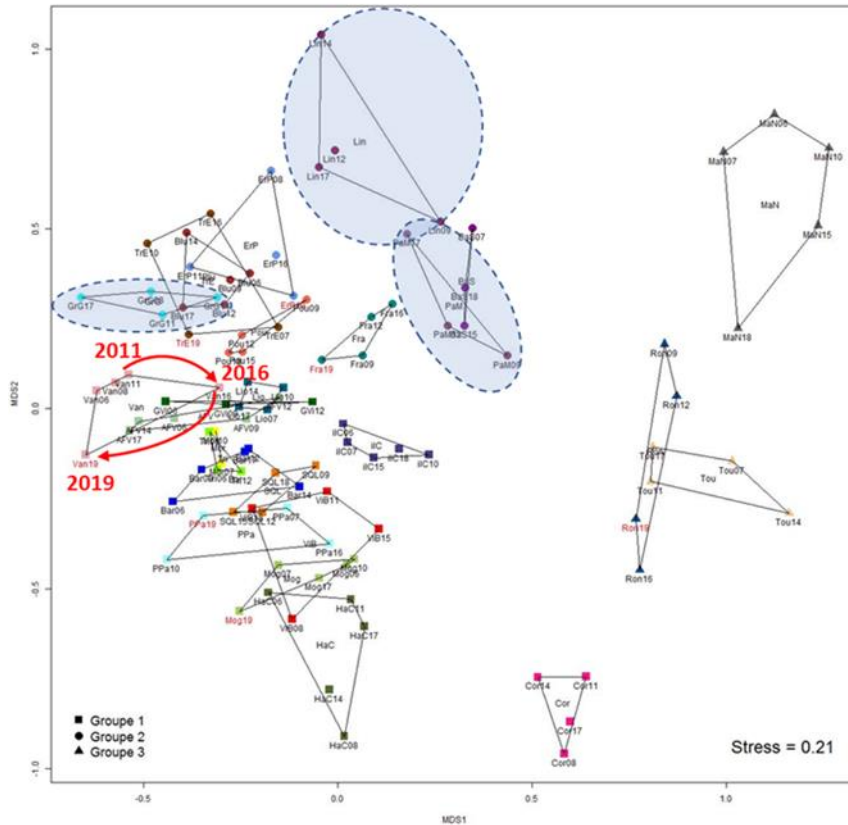


Figure 54 : MDS des espèces dénombrables du -8m CM des sites de suivis REBENT-Bretagne

3.1.2 Longueur cumulée de stipes de laminaires pérennes

Ce paramètre étant également suivi depuis 2014 dans le cadre des dispositifs REBENT et DCE, il est donc possible de comparer les données recueillies dans l'étude SLAMIR avec celles d'autres sites de Bretagne (Figure 55).

Les données indiquent que les longueurs cumulées de stipes au m² sont plus importantes en Iroise et en particulier sur les sites des Liniou, de Basse Vihan (Liniou-PNMI), de Pen Gamm (Sein) et d'Ar Forc'h Vihan. Les autres stations situées au large des côtes (Sept-Iles, Gléan, Belle-Ile) restent en deçà. Ceci met bien en évidence l'enjeu fonctionnel de l'habitat à laminaires de l'Iroise à l'échelle régionale mais également à l'échelle de la façade Manche-Atlantique.

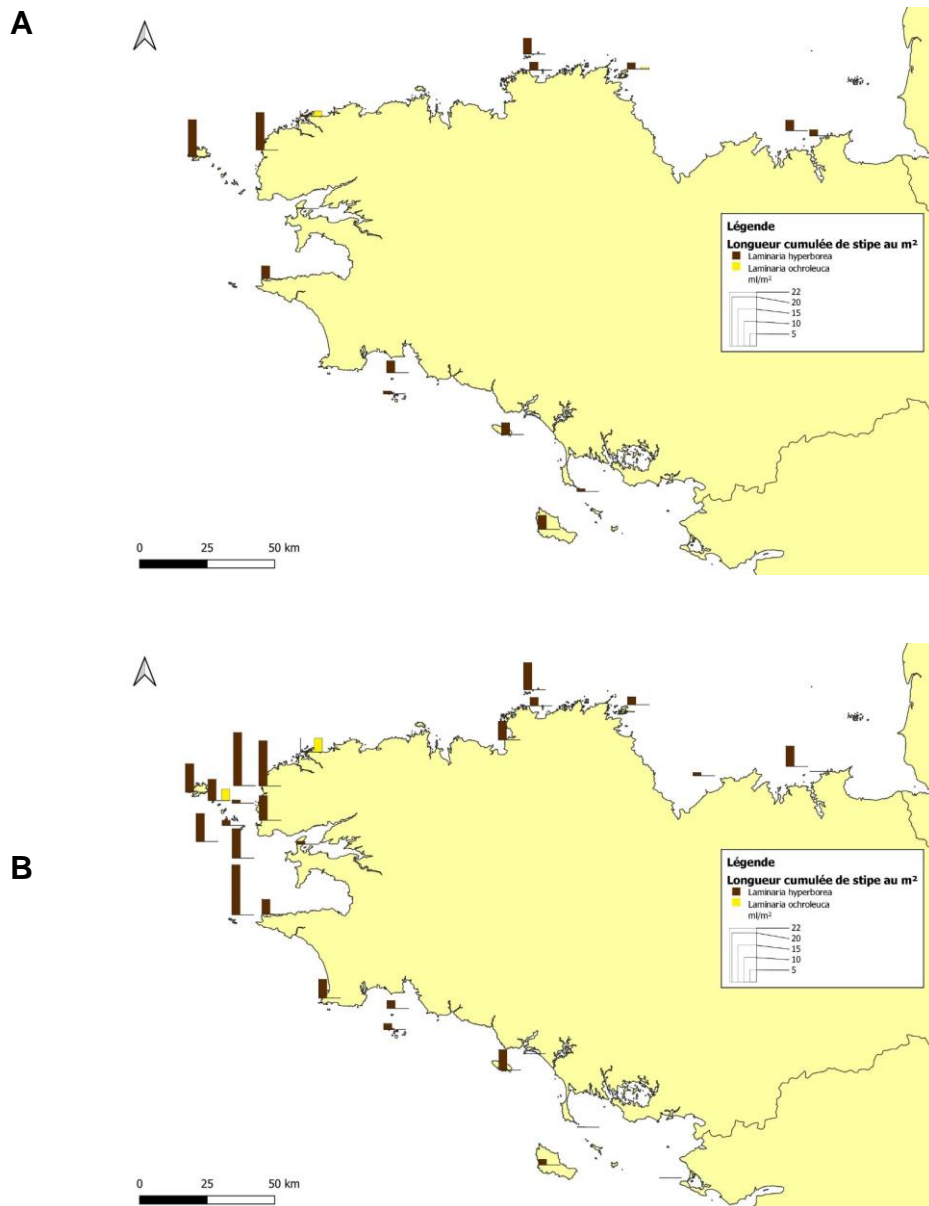


Figure 55 : Evolution de la longueur cumulée de stipe entre -8 à -11m CM en Bretagne
Périodes : A(2014-2017), B(2018-2021)

3.1 Evaluation du système de gestion : différences entre zones exploitées, zones non exploitées

Les principaux résultats obtenus dans cette étude portant sur la biodiversité associée aux champs de laminaires semblent indiquer que le peigne à *L. hyperborea* ne laisse sur place que très peu d'individus de grande taille. L'observation d'individus arrachés lors des échantillonnages indique qu'une partie de la biomasse est perdue. Ceci peut possiblement être atténué en optimisant certaines pratiques comme la durée de traîne (cf. conclusion).

Si la diminution en densité de la strate arbustive n'est pas toujours significative (certainement grâce au recrutement rapide de jeunes laminaires qui compense la perte des grands individus), la canopée est nettement diminuée par l'exploitation comme en témoignent les quantités de stipes au m² divisées par un facteur allant de 3 à 6 selon le secteur. L'espace disponible conjugué à l'accès à la lumière facilite le recrutement de jeunes laminaires avec souvent une forte proportion de l'espèce opportuniste *S. polyschides*. Malheureusement, l'évolution temporelle des biocénoses (strate arbustive et sa sous-strate) dans les zones de passage du peigne n'a pas pu être étudiée autant qu'espéré lors du lancement du projet (changement d'un site exploité étudié, phénomène de nécrose sur le site de Men Gwenn). Il est donc difficile de statuer précisément ici sur la résilience de l'habitat et en particulier de sa strate arbustive (temps de récupération de sa fonction de canopée initiale), faute de séries temporelles suffisantes.

Cependant, les travaux menés par l'Ifremer indiquent que, d'une part des individus de 60 cm sont présents dès 6 mois après le passage d'un peigne et d'autre part qu'après 2 ans, une canopée importante est en place mais pas encore comparable à la canopée initiale (Knab, 2021). Ceci est cohérent avec l'étude menée sur la résilience des forêts de laminaires exploitées en Norvège (Christie *et al.*, 1998). Bien qu'une canopée significative se reforme assez rapidement en l'espace de deux ans, il est probable que le niveau de fonctionnalité initial ne soit pas totalement récupéré en termes de complexités et d'abondances des communautés associées aux stipes et crampons des laminaires. Ceci est d'ailleurs déjà avancé dans l'étude de Christie *et al.* en Norvège (1998).

Dans le cadre de l'étude HYPERIMP (Derrien-Courtel S. *et al.*, 2013a), si nous avons bien constaté que la quantité d'épibioses (rapportée au mètre linéaire épiphyté) par individu de *L. hyperborea* était comparable un an après le passage du peigne, il n'en demeure pas moins que la quantification des épibioses (espèces fixées sur les stipes des laminaires) par m² de substrat « laminaires » n'a pas été étudiée. Cette métrique serait intéressante à suivre, car elle représenterait mieux l'effet de l'activité goémonière sur cet aspect de la fonctionnalité des champs de *L. hyperborea*.

En dehors des diminutions radicales d'effectifs de l'espèce cible *L. hyperborea*, des différences sont mises en évidence pour plusieurs espèces, entre les zones témoins et zones impactées. Cependant, parmi ces espèces, très peu connaissent la même évolution sur les deux secteurs étudiés. En effet, seules 3 espèces sont concernées par une évolution équivalente dans l'étude menée en 2021. Ainsi, l'algue rouge *Drachiella spectabilis*, la laminaire *S. polyschides* et l'ascidie polyclinidée *Morchellium argus* présentent des abondances plus importantes dans les zones de passages du peigne sur les deux secteurs. Cependant, lors des relevés menés en 2018, des résultats inverses avaient été obtenus concernant *Drachiella spectabilis* qui était plus abondante sur le site témoin que sur le site exploité. De même, le polyclinidée *Morchellium argus* était présent sur le site témoin des Remeurs mais absent du site exploité de Men Gwenn en 2018 (sans que cette différence soit statistiquement significative). Concernant les autres espèces pour lesquelles des différences d'abondance sont mises en évidence entre zone exploitée et zone témoin, il nous semble délicat de conclure à un effet lié au peigne, dans la mesure où très peu d'espèces suivent la même tendance dans les deux

secteurs étudiés. Ces différences sont probablement liées à des différences naturelles inter sites, en lien avec les conditions environnementales.

A titre d'exemple, on peut citer le cas de *Nothokallymenia crouaniorum* qui est une espèce très rare (9 sites d'observation dans l'ensemble des suivis par le MNHN Concarneau depuis 2002), observée spécifiquement sur le site témoin des Liniou. Cette espèce semble apprécier les zones d'accélération de courant (L'Hardy Halos, comm. pers.) créées par les variations de topographie comme on peut en trouver sur le site des Liniou.

Un autre exemple de différence liée aux paramètres environnementaux peut être formulé et concerne *Polyclinum aurantium* (une espèce d'ascidie marine coloniale) et *Balanophyllia (Balanophyllia) regia* (une espèce de corail) qui apprécient les apports sédimentaires et tolèrent l'enfouissement léger, tel qu'on peut le rencontrer sur le site des Remeurs.

Il est probable également que le bryzoaire dressé *Alcyonidium diaphanum* soit plus abondant sur le site des Remeurs en raison de cette influence sédimentaire et d'un niveau inférieur d'exposition à la houle (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

Ces conditions environnementales sont également certainement responsables de l'abondance de *L. ochroleuca* plus importante sur ce site lors de la première phase de l'étude en 2018.

Un autre exemple concerne *Bonnemaissonia hamifera* (espèce d'algue rouge) qui présente une abondance supérieure sur le site exploité des Laz par rapport au site témoin des Remeurs dans un cas, mais également sur le site témoin des Liniou par rapport au site exploité des Fourches dans l'autre cas.

Dans le cas de cette étude, ces différences d'abondances d'espèces sont donc très probablement liées à la variabilité intersites.

Dans le cadre de l'étude SEPALG (Derrien-Courtel S. *et al.*, 2019) dans laquelle les abondances des espèces ont été comparées au sein d'une même zone avant et après plusieurs passages du peigne (même jour), l'analyse des résultats a également montré que certaines différences significatives d'espèces autres que l'espèce cible étaient liées à la variabilité inter quadrats, avec des augmentations d'abondance de certaines espèces.

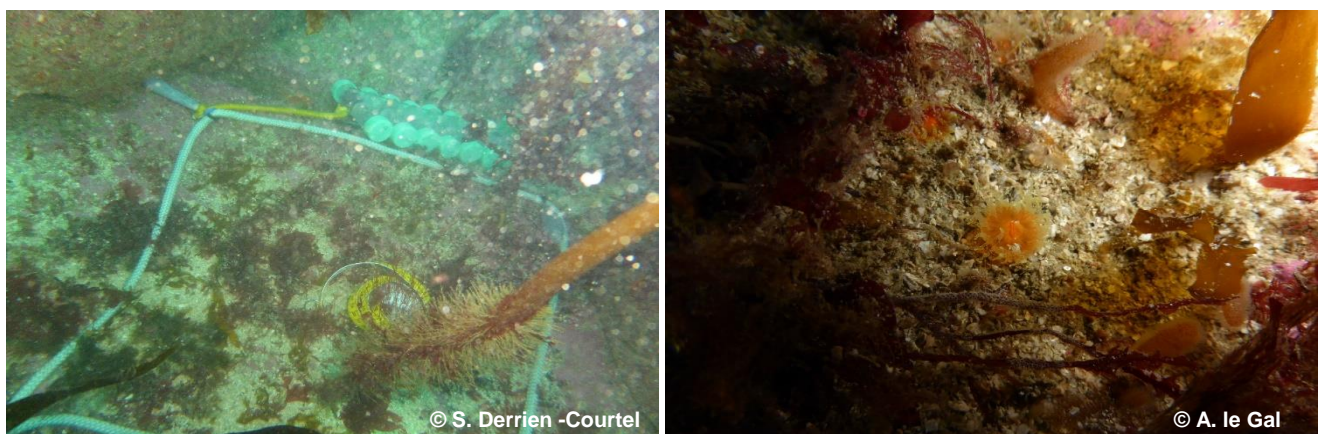


Figure 56 : Influence sédimentaire sur le site des Remeurs
A droite : *Balanophyllia (Balanophyllia) regia* et *Alcyonidium diaphanum*

Au niveau des groupes fonctionnels, les analyses réalisées indiquent que seul le groupe des filtreurs du phylum des cnidaires présente des abondances inférieures sur les 2 sites exploités. Le groupe fonctionnel correspondant aux laminaires (Nb ind-Ochrophyta_5) n'est pas significativement plus abondant sur le site exploité des Fourches par rapport au site témoin des Liniou car les jeunes laminaires et les saccorhizes ont colonisé le substrat dans les zones de passages du peigne. Le phénomène est certainement amplifié par le délai qui s'est écoulé depuis la période d'exploitation de cette zone (environ une année et demie). Les variations d'abondances de certains taxons, probablement liées à des différences inter-sites, influencent nécessairement ces résultats. Ainsi, dans le cas des Remeurs, l'influence sédimentaire favorisant le cnidaire *Balanophyllia* (*Balanophyllia*) *regia* contribue probablement plus à l'abondance du groupe fonctionnel des cnidaires filtreurs que l'absence d'exploitation.

Conclusion et perspectives

Au cours du projet SLAMIR, plusieurs événements sont venus perturber l'étude, avec notamment :

- Des changements de sites d'étude en raison, d'un niveau d'exploitation incohérent avec les prévisions d'une part (traces de peigne peu évidentes sur le site « exploité » de la Roche de l'Aviron et présentes sur le site « témoin » du Taureau) et d'une différence de substrat (champ de blocs de roches *versus* roche mère) d'autre part.
- Le report du suivi prévu en 2020 à 2021, en raison de l'impossibilité de réaliser des échantillonnages pendant la période de restriction liée à la pandémie de COVID-19.
- Quelques erreurs de profondeurs d'échantillonnage, lors des premiers relevés DCE-partiel, réalisés par les agents du PNMI en 2019.
- L'indisponibilité des informations sur les niveaux d'exploitation en préalable du choix des sites.
- Et enfin, et même si on a bien conscience de cette lacune qui n'est pas propre au projet SLAMIR, il faut rappeler qu'il est récurrent de rencontrer ces difficultés à mobiliser des données environnementales avec des résolutions spatiales et temporelles adaptées à l'analyse de la structuration des communautés benthiques.

Quelle est la fonctionnalité des champs de *Laminaria hyperborea* ?

La pointe Finistère est la zone de plus forte densité de la strate arbustive, à l'échelle de la Bretagne et de la façade Manche Atlantique. La laminaire *L. hyperborea* est l'espèce dominante en Bretagne nord et Iroise tandis que *S. polyschides* peut être dominante sur certains sites de Bretagne sud (phénomène bien plus marqué au -3m C.M.). Si on compare les biocénoses associées à *L. hyperborea* puis à *S. polyschides*, en cas de modification de la strate arbustive (ratio *Saccorhiza/L. hyperborea* qui augmente) sur un même site, on constate bien une modification de cette sous-strate, mais sans que cette dernière soit parfaitement comparable à celles associées aux forêts de saccorhizes, du moins à court terme (exemple du site de la Pointe du Van ; 2011, 2016, 2019).

Par ailleurs, les sites exploités montrent une plus forte proportion de *S. polyschides*, surtout si le site a été exploité récemment (exemple : Laz).

Enfin, les quantités de stipes au m² sont plus importantes en Iroise (vs le reste de la Bretagne et de la façade Manche-Atlantique) et en particulier sur les sites particulièrement exposés.

Ces éléments traduisent une fonctionnalité particulièrement importante et unique en Iroise, au regard des champs de laminaires du reste de la façade. A cet égard, la région de l'Iroise a donc une responsabilité particulièrement importante en terme de conservation de cet habitat hautement fonctionnel et donc de gestion de cette ressource.

Quel est l'impact de l'exploitation goémonière ?

L'étude de SLAMIR montre que le peigne prélève essentiellement les individus de plus de 45 cm de longueur de stipes. Pour autant, des individus peuvent être endommagés ou arrachés mais non prélevés. Dans un premier temps et après exploitation, la Saccorhize peut représenter une part importante du recrutement. La sous-strate ne semble pas impactée lors du passage du peigne (sauf blocs de roche), et il ne semble pas y avoir de modification des groupes fonctionnels sur les fonds de type platier. En revanche, la perte d'une grande partie du micro-habitat de *L. hyperborea* (crampon, stipe rugueux) est indéniable en raison de la disparition des grands individus ; le remplacement de cette espèce pérenne par une espèce opportuniste à bulbe et stipe plat confère aux champs de laminaires une fonctionnalité et un intérêt pour la ressource totalement modifiée.

Malgré ces difficultés et limites, il est possible de proposer quelques préconisations en termes de gestion (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) :

- Encourager l'exploitation de *L. hyperborea* en profondeur (*a minima* au-delà de -3m/-5m CM), afin de limiter le risque de remplacement par *S.polyschides* qui préfère les eaux plus chaudes, à proximité de la surface.
- Limiter la longueur des traits de peigne, afin de limiter la destruction d'individus non récoltés (casse d'individus alors que le peigne est plein). Pour cela, il est possible de proposer aux goémoniers de chercher à déterminer approximativement la longueur de trait optimale qui variera selon le peigne utilisé et la zone exploitée.
- Eviter les secteurs à champs de blocs dans la gestion des zones exploitables.

Aspects	Résultats	Préconisation suivis	Préconisation gestion
Strate arbustive - prélèvement	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Le peigne prélève essentiellement les individus >20cm-40cm de stipes (SLAMIR) ➤ Des individus peuvent être endommagés ou arrachés mais non prélevés (HYPERIMP, SLAMIR) 	Etudier optimisation longueur de trait de peigne	Directives longueur de trait de peigne en fonction résultat étude dédiée
Strate arbustive - résilience	<ul style="list-style-type: none"> ➤ La recolonisation par des jeunes laminaires est rapide (< 1 an) (HYPERIMP) ➤ Dans un premier temps, la Sacchorize peut représenter une part importante de ce recrutement (certainement favorisée par l'abondance de l'espèce à proximité) (HYPERIMP, SLAMIR) 	Suivi temporel de la recolonisation après passage (Suivi abondance de la Saccorhize)	Préconiser exploitation en dessous de -5m C.M.
Sous-strate	<ul style="list-style-type: none"> ➤ La sous-strate ne semble pas impactée lors du passage du peigne (sauf blocs de roche) (SLAMIR) 		Eviter l'exploitation dans les champs de blocs
Fonctionnalité	<ul style="list-style-type: none"> ➤ La canopée est fortement réduite mais se reforme après 2-3 ans sans néanmoins atteindre le niveau initial (Knab, 2021) (HYPERIMP) ➤ Perte d'une grande partie du micro-habitat <i>L. hyp</i> (crampon, stipe, lame) en raison de la disparition des grands individus (plus de différence après 1 an, cf. HYPERIMP) (SLAMIR) ➤ Pas de modification des groupes fonctionnels sur les fonds de type platier (SLAMIR) 	Quantification faune et flore associées au microhabitat <i>L. hyperborea</i> (crampon, stipe)	

Tableau 10 : Préconisations en termes de suivis et de gestion à mettre en place concernant l'activité d'exploitation goémonière de *L.hyperborea*

Bilan intégrant les résultats des études SLAMIR (2018-2021) et HYPERIMP (2011-2012)

Le retour d'expérience acquis dans le cadre du projet SLAMIR ainsi que d'autres portant sur des problématiques proches (SEPALG, HYPERIMP) devrait permettre la remise en question de certaines approches méthodologiques choisies au regard des objectifs de ce type de projet (choix des sites, périodicité et durée des suivis,...) d'une part et par rapport à la caractérisation de l'activité d'exploitation goémonière (taux d'exploitation assez faibles) d'autre part. Aussi, nous proposons quelques préconisations en termes de suivis :

- Réaliser des suivis pluriannuels sur les mêmes sites, dans les secteurs de passage du peigne et dans les secteurs en dehors du passage du peigne. Ceci afin de supprimer les différences inter-sites (paramètres environnementaux), d'attribuer les modifications uniquement aux effets du peigne et d'étudier la résilience de la biocénose (poids des coordonnées géographiques des sites dans les ACP environnementales). En effet, lors des différents échantillonnages, nous avons constaté que l'impact de l'exploitation n'était effectif qu'au niveau de quelques traces sur chaque site. Il était donc tout à fait possible et sans doute préférable d'utiliser les secteurs hors passage du peigne comme témoins afin de limiter les variations inter-sites des paramètres. Et comme la zone est fermée durant les 2 années suivantes (arrêté préfectoral n° 2015-11189 encadrant la gestion de la

pêche à *L. hyperborea*), il sera possible d'étudier l'évolution temporelle des biocénoses.

- Augmenter le nombre de couples site témoin/site exploité au sein d'un même secteur, afin de permettre de conclure objectivement de l'effet potentiel du peigne sur les changements d'abondances des espèces (en particulier pour mesurer l'effet du taux de récolte).
- Afin d'étudier l'effet potentiel du taux d'exploitation, il serait nécessaire d'étudier un plus grand nombre de sites (répartis en fonction d'un gradient d'exploitation) au sein de secteurs vraiment proches d'un point de vue de leurs conditions environnementales. Les secteurs de suivis seraient alors certainement plus concentrés dans la zone plus côtière du PNMI où se concentre l'exploitation (résultat de l'ACP montrant une anti corrélation entre les variables d'exploitation et les variables d'hydrodynamisme : fetch et houle) De plus, il faudrait également réadapter le protocole appliqué, afin de réaliser un échantillonnage aléatoire (et plus extensif) plutôt que stratifiée (« dans » *versus* « en dehors de la zone de passage du peigne »). Au vu des résultats acquis via différentes études portant sur l'impact du peigne et dans l'hypothèse d'une exploitation goémonière en dehors des champs de blocs, il serait sans doute opportun de se concentrer uniquement sur le suivi de la strate arbustive (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.-A**). Cependant, ce type d'échantillonnage peut être difficile à mettre en place en raison de la faible probabilité de rencontrer des zones de passages de peignes. En tenant compte de cette difficulté d'application, un autre type d'échantillonnage peut être proposé (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.-B**). Celui-ci consisterait à estimer les surfaces impactées et intactes au sein d'unités de surfaces connues (ex : carré de 50m x 50m) et de réaliser un sous échantillonnage par Q- (quadrats avec seulement comptage et mesure des algues arbustives pérennes de la strate arbustive, sans faune et flore de la sous strate) dans chacune des zones. Il serait ainsi possible d'en déduire la longueur de stipes cumulée, ou l'abondance d'individus dont la taille dépasse une valeur critique à l'échelle de chaque unité d'évaluation et d'en suivre l'évolution en fonction du taux d'exploitation.
- Maintenir, voire augmenter le suivi de la strate arbustive qui peut être assuré par les agents du PNMI.
- Prolonger le suivi DCE-partiel du site de Men Gwenn, afin de suivre la résilience de la strate arbustive après l'épisode de nécrose.
- Augmenter l'échantillonnage concernant le suivi de la strate arbustive avec, par exemple, 30Q- au lieu de 10Q- par zone d'échantillonnage pour les couples site témoin/site impacté.
- Une instrumentation des sites de suivi serait intéressante afin d'étudier l'influence de certains paramètres environnementaux sur la forêt de laminaires (composition spécifique, densité) et sa sous strate. Dans cette perspective, les paramètres suivis devront comprendre les principaux paramètres structurant les biocénoses des fonds subtidiaux rocheux (température en profondeur, turbidité, courant...).
- Réaliser une étude sur l'optimisation de l'utilisation du peigne à *L. hyperborea* afin d'établir des préconisations (longueur des traits de pêche pour limiter la destruction de biomasse non exploitée).
- Intégrer une évaluation de la quantité d'organismes associés à *L. hyperborea* (épibioses des stipes et organismes exploitant le crampon) et suivre l'évolution dans le temps après exploitation. Dans l'idéal, il serait intéressant de réaliser une quantification rapportée au m² et la comparer avec un témoin non exploité.

La caractérisation récente de l'effort de pêche constitue un nouvel atout indispensable pour prolonger le suivi de cette activité dans les années à venir. L'appropriation de certains protocoles désormais appliqués en régie par les agents du PNMI représente également un potentiel d'acquisition de données intéressant, dans la perspective de la continuité du suivi.

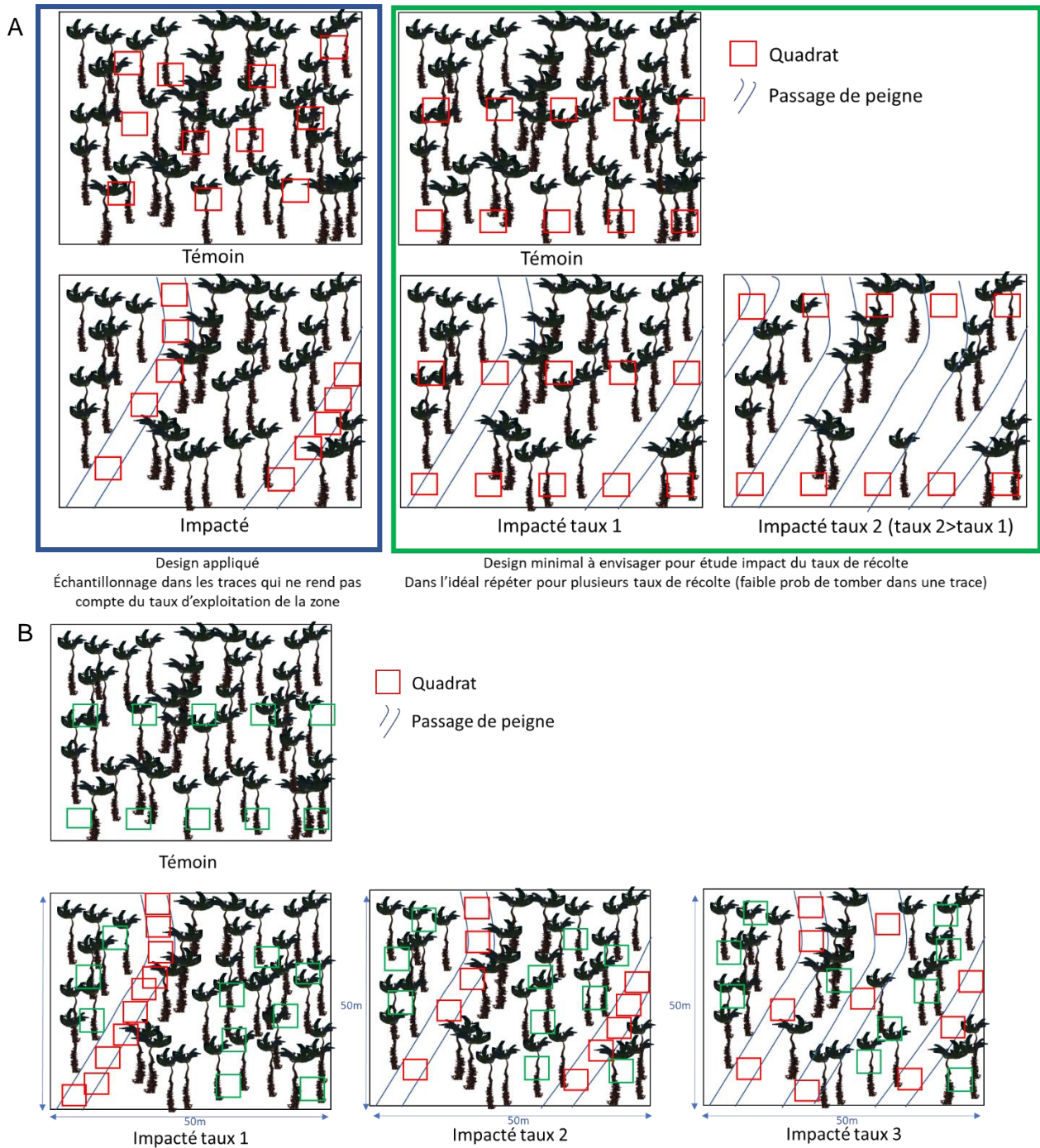


Figure 57 : Propositions de protocole d'échantillonnage afin de caractériser les effets du taux d'exploitation

Bibliographie

- Christie H., Fredriksen S. & Rinde E., 1998. Regrowth of kelp and colonization of epiphyte and fauna community after kelp trawling at the coast of Norway. *Hydrobiologia*, 375-376(0): 49-58. 10.1023/a:1017021325189
- Derrien-Courtel S. (Coord.), 2010. Faune et flore benthiques du littoral breton. Listes d'espèces déterminantes pour la réalisation des fiches znieff-mer et listes complémentaires. CSRPN Bretagne. 61 pp.
- Derrien-Courtel S., Grall J. & Hilly C., 2016. Faune et flore benthiques du littoral breton. Listes d'habitats déterminants pour la réalisation des fiches znieff-mer. Document CSRPN Bretagne. 22 pp.
- Derrien-Courtel S., Le Gal A. & Catherine E., 2013a. Etude d'incidence de l'utilisation du peigne à *Laminaria hyperborea* sur la biocénose à laminaires - rapport final – données 2012. Contrat PNMI-MNHN. 30 pp.
- Derrien-Courtel S., Le Gal A. & Derrien R., 2019. Suivi des effets des pêcheries d'algues sur le site natura 2000 des roches de Penmarc'h - rapport final – données 2019. Rapport du MNHN Concarneau. 20 pp.
- Derrien-Courtel S., Le Gal A. & Grall J., 2013b. Regional-scale analysis of subtidal rocky shore community. *Helgoland marine research*, 67(4): 697-712. 10.1007/s10152-013-0355-2
- Derrien-Courtel S. et Le Gal A., 2014. Protocole de surveillance DCE pour l'élément de qualité « Macroalgues subtidales » - Second cycle de suivi (DCE-2) Version 2022 – V4. Contrat IFREMER-MNHN, 28p
- Derrien-Courtel S., Derrien R., Le Gal A. et Decaris F.-X. (2022). Méthodologie appliquée sur la zone atelier « roches de Penmarc'h » pour la définition de Znieff marines en zone subtidale rocheuse, rapport du MNHN-Station de Biologie Marine de Concarneau, 31 pp.
- Knab L., 2021. Outils de suivi des populations de *Laminaria hyperborea* et influence de la canopée sur la croissance individuelle. Ifremer. Mémoire de stage de Master1 - Université de Bretagne Occidentale. 30 pp.
- Tempera F., Laurans M., Bajjouk T. (2021). Kelp distribution in Brittany: A sampling scheme considering the environmental space and existing data. Rapport RBE/STH/LBH 2021-1. 39p.