



CRPMEM Bretagne

Evaluation de l'impact de l'exploitation d'*Ascophyllum nodosum* par les récoltants professionnels d'algues de rive Et pistes pour l'adaptation de la gestion

Programme Agrid (2019 - 2022)



Janvier 2023

Programme porté par le Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins de Bretagne avec le financement de :





SOMMAIRE

INTRODUCTION	5
1. Historique des prélèvements et cadre de gestion	6
1.1. Evolution de la récolte.....	6
1.2. Le cadre de gestion actuel.....	6
2. Evaluation d'impact d'une récolte durant la période estivale	9
2.1. Protocole mis en œuvre	10
2.2. Résultats des suivis terrain	11
2.3. Bilan des résultats et critique du protocole	19
2.4. Interprétation et discussion	22
2.5. Conclusion	24
3. Evaluation d'impact d'une récolte à une taille supérieure à 30 cm.....	25
3.1. Protocole mis en œuvre	25
3.2. Résultats des suivis terrain	26
3.3. Critique du protocole	28
3.4. Interprétation et discussion	28
4. Quelle gestion de la ressource en <i>Ascophyllum nodosum</i> à l'étranger ?	30
5. Bilan des évaluations de biomasse exploitable.....	33
5.1. Protocole mis en œuvre	33
5.2. Résultats des suivis terrain	33
5.3. Critique du protocole	36
5.4. Interprétation et discussion	36
6. Conclusion générale	37
BIBLIOGRAPHIE.....	39
ANNEXES.....	41

LISTE DES TABLES ET FIGURES

Figure 1 : Evolution des prélèvements d'A. nodosum depuis 1958 (en tonnes). Les données 2010 et 2011 ne concernent que le Finistère. Sources : [2, 3 et références incluses ; données déclaratives des récoltants professionnels fournies mensuellement aux DDTM's bretonnes].....	6
Figure 2 : Carte représentant les jachères à Ascophyllum nodosum des Côtes d'Armor avant 2017. ...	7
Figure 3 : Carte représentant le réseau de jachères à Ascophyllum nodosum dans les Côtes d'Armor depuis 2017.	7
Figure 4 : Exemple de calendrier d'ouverture mis en place sur les jachères à A. nodosum dans les Côtes d'Armor.	8
Figure 5 : Carte représentant le réseau de jachères à Ascophyllum nodosum dans le Finistère depuis 2017.....	9
Figure 6 : Carte de localisation des différents sites de suivi de pour l'évaluation d'impact d'une coupe estivale sur A. nodosum	10
Figure 7 : évolution de la longueur moyenne des individus (en cm) sur la zone témoin des différents sites. Les barres d'erreur correspondent à l'intervalle de confiance à 95%	12
Tableau 1 : Longueurs moyennes des individus en cm sur les différentes zones témoin, toutes périodes confondues.....	13
Tableau 2 : résultats des tests de Kruskal-Wallis réalisés afin de comparer les longueurs moyennes des individus au cours du temps sur chaque site	13
Figure 8 : longueur moyenne des individus (en cm) sur la zone témoin et la zone expérimentale de récolte avant l'été, un an après la coupe (juin 2020) et deux ans après la coupe (juin 2021).	14
Tableau 3 : résultats des tests de Student effectués sur les longueurs des individus entre la zone témoin et la zone de récolte estivale à différents pas de temps après la coupe. La présence d'astérisque(s) indique l'existence d'une différence significative selon différents seuils (* : p-value < 0,05 ; ** : p-value < 0,01 ; ***p-value < 0,001).	15
Tableau 4 : résultats des tests de Student effectués sur les longueurs des individus de chaque zone entre un an et deux ans après la coupe. La présence d'astérisque(s) indique l'existence d'une différence significative selon différents seuils (* : p-value < 0,05 ; ** : p-value < 0,01 ; ***p-value < 0,001).	15
Tableau 5 : Evolution des longueurs moyennes des individus (en cm) sur la zone témoin et la zone expérimentale entre t+1 an après la coupe et t+ 2 ans après la coupe.....	16
Figure 9 : Evolution de la densité de juvéniles (en nombre d'individus /m ²) sur la zone témoin et la zone récoltée avant l'été. Les barres d'erreur représentent l'intervalle de confiance à 95%.....	17
Tableau 6 : résultats des tests de Kruskal-Wallis effectués sur les densités de juvéniles (en nombre d'individus par m ²) sur chaque type de zone à différents pas de temps après la coupe. La présence d'astérisque(s) indique l'existence d'une différence significative selon différents seuils (* : p-value < 0,05).....	18
Tableau 7 : résultats des tests de Wilcoxon-Mann-Whitney effectués sur les densités de juvéniles (en nombre d'individus par m ²) pour comparer chaque type de zone, toutes dates confondues. La présence d'astérisque(s) indique l'existence d'une différence significative selon différents seuils (* : p-value < 0,05). La densité moyenne a été calculée dans la partie droite du tableau.	19
Tableau 8 : récapitulatif de l'évolution des longueurs des individus sur la zone témoin et la zone récoltée avant l'été entre un et deux ans après la coupe.	20



Tableau 9 : Conclusion obtenues à l’issue du test de Wilcoxon-Mann-Whithney visant à évaluer s’il existe une différence significative de la longueur des individus sur la zone de coupe par rapport à la zone témoin à différents pas de temps..... 21

Figure 10 : Carte de localisation des différents sites de suivi de pour l’évaluation d’impact d’une coupe à une taille minimale plus haute sur *A. nodosum* 26

Figure 11 : Proportion de la biomasse initiale récoltée (en %) après un temps de repos de 13 et 21 mois en fonction de la taille de coupe sur les différents secteurs. 27

Tableau 10 : Récapitulatif des mesures réglementaires et des recommandations définies dans différents pays où *A. nodosum* est récoltée à titre professionnel, d’après [16, 17, 18, 19, 20, 21, 22]. 31

Figure 12 : Résultats des évaluations de biomasse moyenne exploitable en kg/m² dans les jachères du Finistère au cours du programme Agrid avant et / ou après l’ouverture de la récolte. 34

Figure 13 : Résultats des évaluations de biomasse moyenne exploitable en kg/m² dans les jachères des Côtes d’Armor au cours du programme Agrid avant et / ou après l’ouverture de la récolte..... 34

Figure 14 : Résultats des évaluations de biomasse moyenne exploitable en kg/m² dans les secteurs non intégrés au réseau de jachères breton au cours du programme Agrid. 35



INTRODUCTION

Ascophyllum nodosum est présente sur l'ensemble de la Bretagne, d'Ille-et-Vilaine au Morbihan, dans des secteurs où un substrat rocheux est disponible et les conditions hydrodynamiques favorables mais c'est dans le Finistère et les Côtes d'Armor que se concentre la grande majorité des prélèvements, à proximité des secteurs d'achats et de transformation. C'est la principale algue de rive récoltée en Bretagne, représentant 46% des tonnages globaux en 2021. Face au constat d'une augmentation de la demande des transformateurs industriels pour cette algue, les récoltants professionnels cherchent des pistes visant à optimiser durablement leur production.

Des mesures ont d'ores et déjà été mises en œuvre dans cette optique : outre la réglementation applicable à l'ensemble des algues récoltées à titre professionnel (système de licences et d'extraits de licence), son prélèvement doit se faire par coupe à une distance minimale de 30 cm du crampon. De plus, un réseau de jachères a été mis en place à la demande des récoltants professionnels, face au constat d'une diminution de la ressource dans les années 2000 [1]. Pour assurer une bonne restauration de cette algue entre les périodes de récolte, certains secteurs sont ainsi fermés à la récolte. Le zonage et le calendrier d'ouverture sont définis par décision du CRPMEM Bretagne dans le cadre du GT algues de rive qui regroupe les récoltants professionnels, les scientifiques et les services de l'Etat. Ils sont amenés à évoluer avec l'amélioration des connaissances sur l'algue et les impacts de sa récolte.

L'espèce a fait l'objet de précédents travaux dans le cadre du programme Biomasse Algues (2016-2019) piloté par le CRPMEM, ce qui a permis de définir une valeur de biomasse moyenne au sein de six sites, qui s'élevait à 4,9 kg/m². Les suivis ont également mis en évidence sa croissance lente, et un protocole d'évaluation de la biomasse exploitable a été mis en œuvre. Ce travail a permis d'étendre le réseau de jachère existant. Une valeur seuil de biomasse exploitable fixée à 7 kg/m² a été définie en accord avec Ifremer et la Station Biologique de Roscoff, en deçà de laquelle l'ouverture d'une jachère à la récolte apparaît préjudiciable au maintien de la ressource.

Dans le cadre du programme Agrid, deux suivis expérimentaux sont menés sur des secteurs de récolte d'*A. nodosum*. Le premier vise à évaluer l'impact d'une récolte estivale sur le recrutement de l'espèce et sa croissance. Actuellement, les jachères à *Ascophyllum nodosum* sont fermées en été dans le Finistère et des récoltants s'interrogent sur la possibilité d'avoir recours à une récolte modérée au cours de la période estivale, au vu de son incidence sur la ressource. Le second a pour objectif d'évaluer les conséquences d'une récolte à une taille supérieure à la taille réglementaire actuelle (30 cm) sur la biomasse et les pratiques afin de déterminer si cela permettrait de réaliser de meilleures récoltes. Par ailleurs, des évaluations de biomasse exploitable de la ressource sont réalisées au sein et à l'extérieur des jachères pour compléter et actualiser les informations disponibles.

L'ensemble de ces travaux constitue la base d'une réflexion pour améliorer la gestion de la récolte de cette espèce. La pertinence de modifier les mesures réglementaires qui encadrent l'activité est discutée à la lumière des résultats obtenus qui sont présentés ici, après un bref rappel de l'historique de la récolte en Bretagne et du cadre de gestion actuel.

1. Historique des prélèvements et cadre de gestion

1.1. Evolution de la récolte

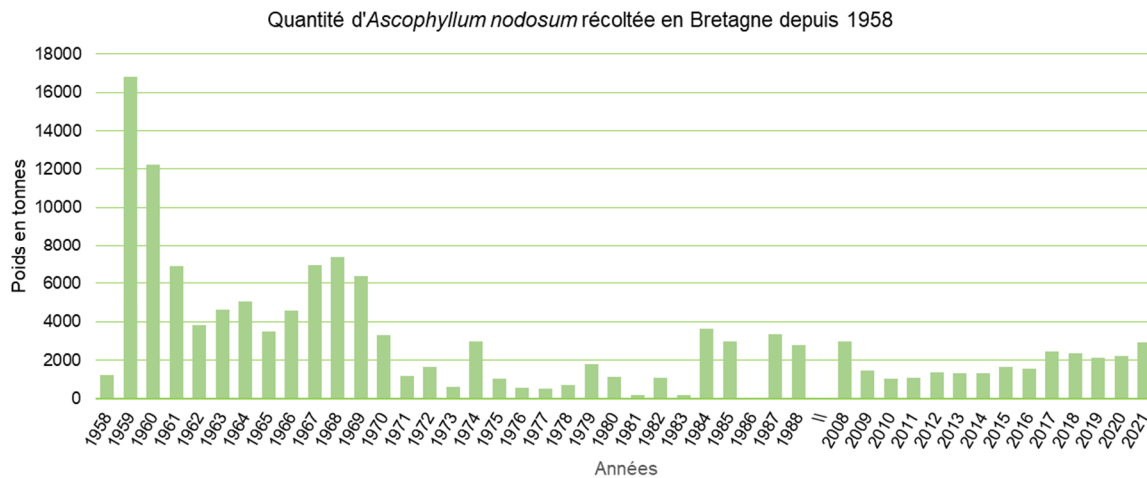


Figure 1 : Evolution des prélèvements d'*A. nodosum* depuis 1958 (en tonnes). Les données 2010 et 2011 ne concernent que le Finistère. Sources : [2, 3 et références incluses ; données déclaratives des récoltants professionnels fournies mensuellement aux DDTM's bretonnes].

La figure 1 est le résultat d'une compilation de données issues de sources diverses, ce qui explique l'absence de valeurs entre 1988 et 2008. Elle fait apparaître l'importante diminution des tonnages récoltés depuis la mise à disposition des données. En effet, alors que près de 17 000 tonnes étaient récoltées en 1959, les prélèvements sont divisés par cinq en 1970. Pierre Arzel [2] justifie cette diminution par l'usage du soja en substitut des algues dans la fabrication des aliments pour le bétail. Lors des décennies suivantes, la récolte fluctue avec en moyenne 1630 tonnes par an. On constate par ailleurs une augmentation des tonnages récoltés au cours des onze dernières années. Celle-ci ne s'est pas réalisée de manière homogène sur les différentes zones de récolte bretonnes comme le montre l'analyse des données déclaratives de récolte des professionnels, traitées dans le cadre du programme Biomasse Algues [4]. Un maximum a été atteint pour cette période en 2021 (2908 tonnes), la récolte revenant ainsi à son niveau de 2008. La tendance actuelle à l'augmentation des prélèvements reflète un renouveau dans l'engouement pour les algues qu'il convient de suivre.

1.2. Le cadre de gestion actuel

Les jachères à *Ascophyllum nodosum* sont des zones au sein desquelles l'espèce fait l'objet d'une récolte et pour laquelle des périodes d'arrêt de l'exploitation ont été définies dans l'objectif de permettre la régénération de sa biomasse. Leurs périmètre et dates d'ouverture sont définis par décision du CRPMEM Bretagne, en concertation avec le GT algues de rive et toute modification fait l'objet d'une discussion avec les membres du GT. Connaître l'historique de gestion de ces jachères s'avère utile pour appréhender la situation actuelle et proposer des améliorations pertinentes au cadre réglementaire en vigueur. En Bretagne, deux départements possèdent un réseau de jachères dont l'historique de gestion et la périodicité d'ouverture diffèrent.

1.2.1. Le réseau de jachères à *Ascophyllum nodosum* dans les Côtes d'Armor

Dans les Côtes d'Armor, quatre jachères à *Ascophyllum nodosum* ont été définies dans les années 2000 et elles ont perduré jusqu'en 2017 (cf. figure 2). Depuis 2015, elles étaient ouvertes à la récolte sur des périodes variables allant de 12 à 24 mois et leur fermeture s'étendaient sur des périodes de 12 à 36 mois.

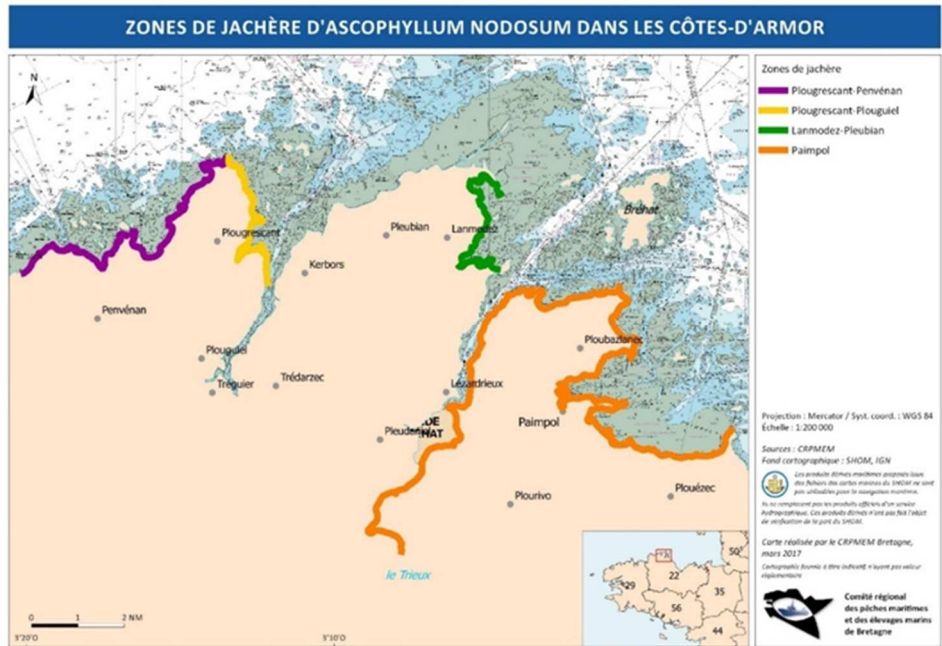


Figure 2 : Carte représentant les jachères à *Ascophyllum nodosum* des Côtes d’Armor avant 2017 (source CRPMEMBretagne).

Suite à différentes visites de terrain réalisées en 2017 dans le cadre du programme Biomasse Algues et à un travail de concertation avec les récoltants, leur périmètre a été modifié pour aboutir aux contours actuels (cf. figure 3).

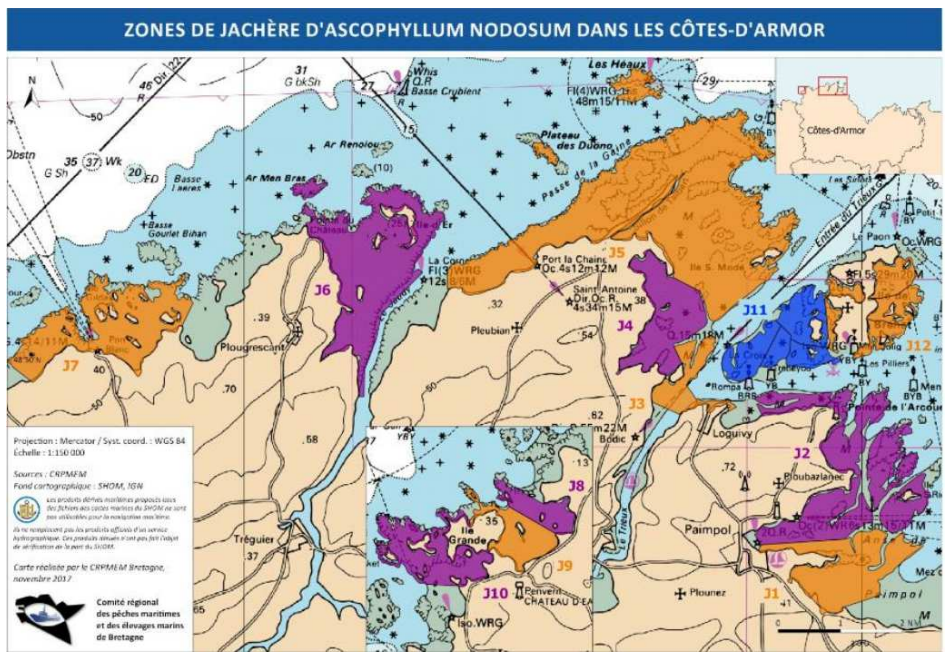


Figure 3 : Carte représentant le réseau de jachères à *Ascophyllum nodosum* dans les Côtes d’Armor depuis 2017 (source CRPMEM Bretagne).

Ces modifications ont consisté à :

- Définir leur extension vers le large ;
- Instaurer de nouvelles zones (exemple : autour de Bréhat) ;
- Diviser les jachères existantes en unités plus petites (exemple : Plougrescant – Penvéan a été réduite et sa partie la plus à l'Est a été transformée en zone ouverte.

Les objectifs de ces modifications étaient :

- D'optimiser la récolte en définissant des zones plus restreintes où les champs seraient exploités de manière plus homogène ;
- Laisser à disposition des zones ouvertes afin de permettre aux récoltants d'accéder à ces secteurs quels que soient les conditions et le calendrier d'ouverture des zones en jachère ;
- Homogénéiser et stabiliser les périodes d'ouverture entre les différents secteurs.

Le calendrier des périodes d'ouverture a donc lui aussi été modifié (cf. figure 4). Toutes les jachères du département, exceptées celles situées autour de Bréhat, sont ouvertes pendant douze mois et fermées durant la même durée. Le statut des jachères change ainsi à la fin du mois de septembre de chaque année. Autour de Bréhat, elles ouvrent pendant sept mois - d'octobre à avril - et ferment durant 17 mois, couvrant systématiquement les mois d'été, conformément aux préconisations faites par Ifremer dans l'objectif de limiter l'impact de la récolte sur la ressource en période estivale.

Jachère	2022												2023											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
J1 - De Kerarzig à Kernoa																								
J2 - De Kerpallud à la pointe du Ouern																								
J3 - De Roc'h'ir à la Pointe Nord de l'île à Bois à l'exclusion de la côte ouest de l'île																								
J4 - Pointe Nord de l'île à Bois à Pen Lan																								
J5 - De la pointe du CEVA à la pointe de Port Béni																								
J6 - La Roche Jaune – Pointe du Château (Plougrescant)																								
J7 - Ile Ozac'h (Buguélés) – Cale de Port-Blanc																								
J8-9 - Cale de Landrellec -- pont de l'île Grande																								
J10 - Camping Île Grande Pointe Nord – Ile Toëno																								
J11 A - Ouest du chenal du Carpont zone nord-ouest																								
J11 B - Ouest du chenal du Carpont zone sud-ouest																								
J11 C - Ouest du chenal du Carpont zone nord-est																								
J11 D - Ouest du chenal du Carpont zone sud-est																								
J12 A – Ile de Bréhat zone ouest																								
J12 B – Ile de Bréhat zone nord-est																								
J12 C – Ile de Bréhat zone milieu-est																								
J12 D – Ile de Bréhat zone sud-est																								

Figure 4 : Exemple de calendrier d'ouverture mis en place sur les jachères à *A. nodosum* dans les Côtes d'Armor (source délibération CRPMEM).

1.2.2. Le réseau de jachères à *Ascophyllum nodosum* dans le Finistère

Dans le Finistère, des accords entre récoltants ont dans un premier temps permis d'organiser la récolte en rotation des zones. En 2010, le réseau de jachères a été formalisé et était composé de trois zones. Dans les années qui ont suivi, leur nombre a plus que doublé. Les durées de leur ouverture variaient entre 2,5 et 6 mois et les périodes de fermeture variaient entre 7,5 et 9,5 mois.

La figure 5 fait état du réseau de jachère actuel. Elles se répartissent exclusivement au nord-ouest du département.

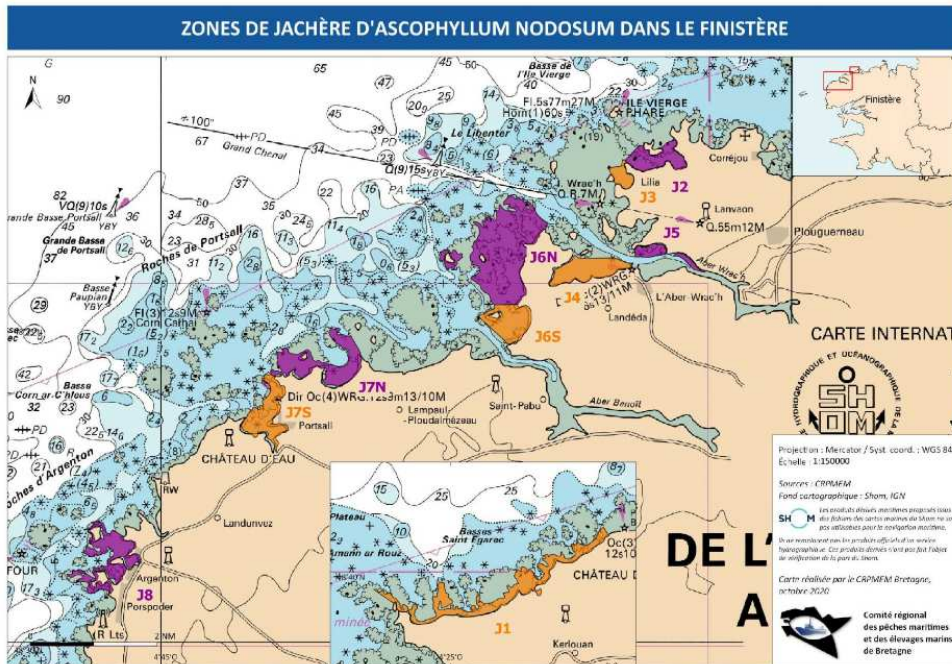


Figure 5 : Carte représentant le réseau de jachères à *Ascophyllum nodosum* dans le Finistère depuis 2017 (source : CRPMEM Bretagne).

Dans ce département, le calendrier d’ouverture a également été remanié depuis 2017. Auparavant, la durée d’ouverture était comprise entre 2 et 6 mois, alternant avec des périodes de fermeture de 8 à 21 mois. Sur la base des évaluations de biomasse réalisées sur les jachères au moment avant leur ouverture et / ou leur fermeture au cours des dernières années, le GT algues de rive a progressivement décidé de réduire les périodes d’ouverture à 2 mois, et les durées de fermeture permettant le repos biologique de l’espèce couvrent généralement une durée de 22 mois. La jachère J1 située sur la commune de Kerlouan fait exception puisqu’elle ouvre tous les ans à l’automne étant donné son faible niveau d’exploitation.

Comme dans les Côtes d’Armor, il existe des zones accessibles de manière permanente qui peuvent être exploitées à n’importe quel moment de l’année.

Ce réseau est encore amené à évoluer au vu des connaissances actualisées dans le cadre du programme AGRID sur l’impact de la récolte et des pratiques. Les parties ci-après présentent les résultats des expérimentations de terrain menées sur *A. nodosum* visant à évaluer si une récolte estivale porte préjudice à la ressource et s’il est souhaitable pour la restauration de la ressource et la rentabilité de la récolte d’augmenter la taille de coupe de cette espèce.

2. Evaluation de l’impact d’une récolte durant la période estivale

Actuellement, tous les champs d’*A. nodosum* intégrés au réseau de jachère du Finistère font l’objet d’un arrêt de la récolte de mai à septembre. C’est également le cas sur certaines jachères des Côtes d’Armor. Ce protocole vise à mesurer l’impact d’une coupe estivale sur la densité de juvéniles et la croissance des individus à différents pas de temps après la coupe. Ces différents paramètres sont comparés entre une zone témoin non soumise à une coupe et une zone expérimentale récoltée au printemps, une année sur deux (en 2019 et 2021), ce qui permet de s’approcher du rythme de récolte dans les jachères finistériennes. L’objectif de ce protocole est d’évaluer la faisabilité d’une récolte modérée en été sur les secteurs gérés en jachère.

2.1. Protocole mis en œuvre

Le suivi réalisé vise à évaluer si la récolte au début de l'été influence le recrutement et la croissance d'*A. nodosum*. Pour cela, sur chaque site suivi, deux zones de 12 m² ont été définies et délimitées à l'aide de pitons :

- Une zone témoin, exempte de récolte durant toute la durée de l'étude ;
- Une zone récoltée avant le début de l'été (juin) en 2019 et 2021 ;

Ces zones ont été fermées à la récolte par décision du CRPMEM, afin de ne pas perturber les expérimentations. Les entreprises en sont informées par mail chaque année. Dans chaque zone, un paramètre (intensité, taille ou période de récolte) est modifié. Le choix des zones est effectué par tirage au sort.

Ascophyllum nodosum est une algue peu contraignante à suivre vis-à-vis du calendrier des marées car elle est accessible même à petits coefficients. Chaque suivi mobilise trois à quatre opérateurs pour 3 h environ.

Les suivis ont lieu tous les ans au mois de juin, de 2019 à 2022. Ils consistent à disposer au sein de chaque zone un minimum de cinq quadrats de 0,25 m². Au vu des données parfois disparates obtenues lors des premiers suivis, l'effort de travail a été accru par la suite. Tous les individus dont le pied n'est pas contenu dans le quadrat sont écartés. Les juvéniles, c'est-à-dire les individus de moins de 15 cm ne présentant aucun flotteur, sont dénombrés. Les individus adultes sont mesurés dans leur plus grande longueur, du crampon à la plus longue fronde.

Sur la zone récoltée, la biomasse de chaque quadrat est prélevée à la taille réglementaire (30 cm au-dessus du crampon) et pesée. Le reste de la zone est ensuite récolté afin que le traitement soit réalisé de manière homogène, et la biomasse récoltée est pesée. Lorsque les zones sont composées quasi-exclusivement de grands individus, un rameau est laissé en place comme préconisé par le guide de bonnes pratiques IBB [5], afin de permettre la repousse.

Le protocole a été déployé sur six sites, quatre sont situés dans les Côtes d'Armor et deux dans le Finistère, comme précisé sur la carte ci-dessous. Le site d'Ar Choulm (Plouguerneau, Finistère) a été suivi à partir de l'année 2020 afin de réaliser l'expérience sur un site plus exposé.

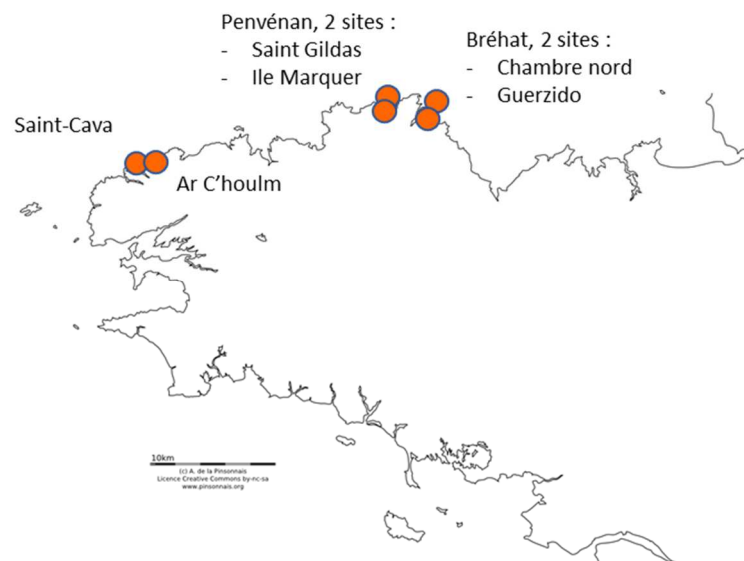


Figure 6 : Carte de localisation des différents sites de suivi de pour l'évaluation d'impact d'une coupe estivale sur *A. nodosum*



Les traitements statistiques consistent à réaliser des comparaisons des longueurs moyennes des individus et du nombre de recrues sur chaque zone en utilisant le test de Kruskal-Wallis. Celui-ci est utilisé pour comparer au moins trois échantillons, et tester l'hypothèse suivant laquelle les différents échantillons à comparer sont issus de la même distribution ou de distributions de même médiane (point milieu d'un jeu de données, de sorte que 50 % des unités ont une valeur inférieure ou égale à la médiane et 50 % des unités ont une valeur supérieure ou égale). Si une différence significative apparaît, une version non paramétrique du test de Tukey basée sur les rangs - dit test post hoc non paramétrique asymptotique - est utilisée. Il permet de réaliser une comparaison multiple en une seule étape.

Les comparaisons deux à deux des échantillons de longueurs des individus sont faites à l'aide du test de Student.

Les comparaisons deux à deux des échantillons de densités de juvéniles sont faites à l'aide du test de Wilcoxon-Mann-Whitney, étant donnée la taille des échantillons qui peut être inférieure à dix. Les données sont représentées graphiquement sous R.

2.2. Résultats des suivis terrain

2.2.1. Evolution des longueurs moyennes des individus

Les suivis réalisés permettent d'évaluer la longueur moyenne des individus et leur croissance sur les zones exemptes de récolte. Ces informations sont présentées dans les graphiques ci-dessous.

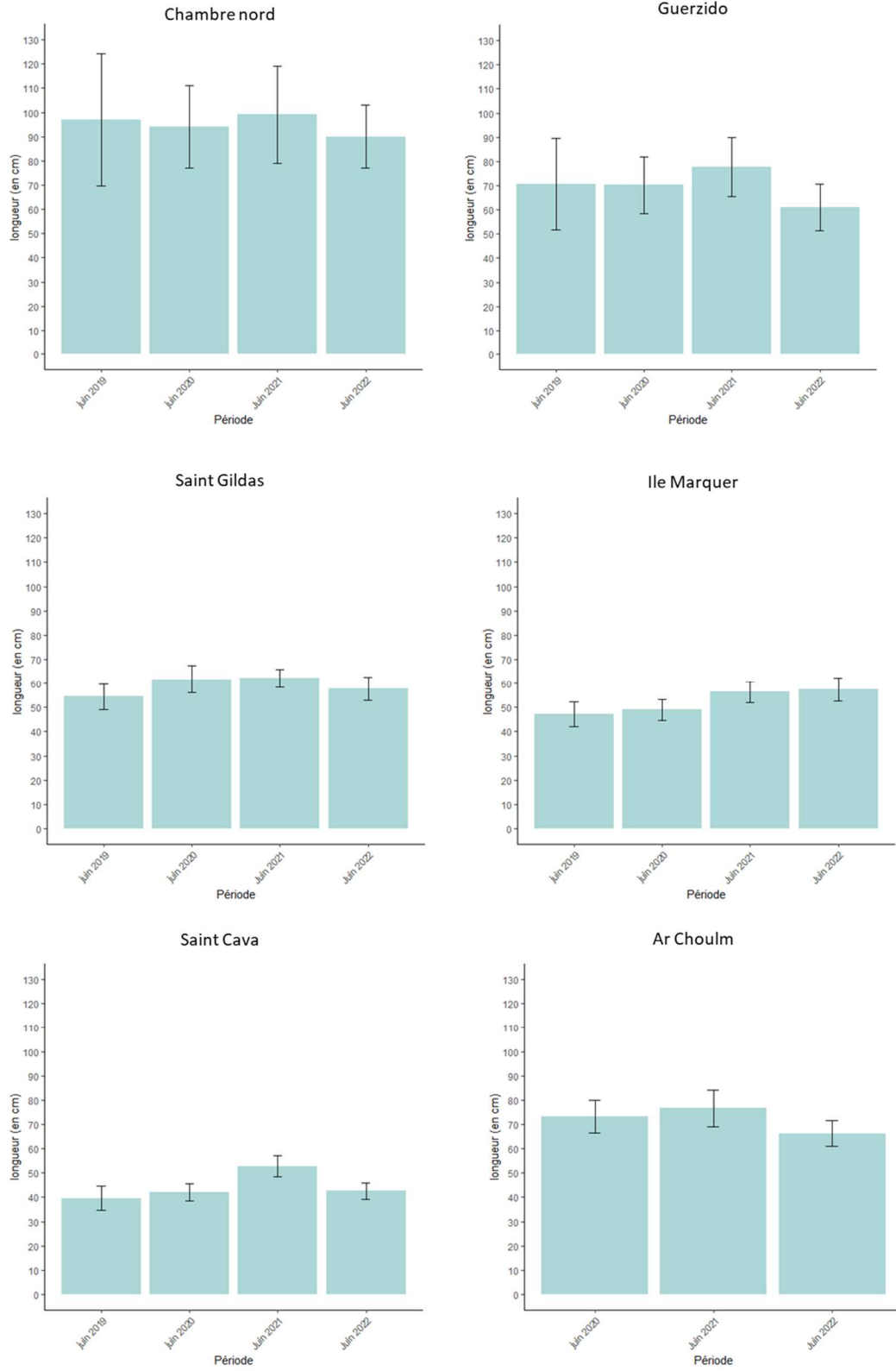


Figure 7 : évolution de la longueur moyenne des individus (en cm) sur la zone témoin des différents sites. Les barres d'erreur correspondent à l'intervalle de confiance à 95%

Tableau 1 : Longueurs moyennes des individus en cm sur les différentes zones témoin, toutes périodes confondues.

	Longueur moyenne des individus (en cm)
Chambre nord	93,95
Guerzido	69,63
Saint Gildas	59,49
Ile Marquer	53,41
Saint Cava	44,55
Ar Choulm	71,01

Les sites non récoltés (Chambre nord, Guerzido, Ar Choulm) présentent systématiquement des longueurs moyennes des individus plus importantes (cf. description des zones en annexe 1).

Par ailleurs, sur la figure 7 les barres d'erreurs rendent compte de la dispersion des données autour de la moyenne. Elles sont plus grandes sur les sites non récoltés que les sites récoltés, ce qui signifie que la longueur des individus est plus hétérogène.

Le paramètre « longueur » a fait l'objet d'un test statistique de Kruskal-Wallis pour vérifier s'il y a une différence significative de longueur entre les différentes périodes. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 2 : résultats des tests de Kruskal-Wallis réalisés afin de comparer les longueurs moyennes des individus au cours du temps sur chaque site

	Chambre nord	Guerzido	Saint Gildas	Ile Marquer	Saint Cava	Ar Choulm
p-value	0,956	0,279	0,095	0,010*	< 0,001***	0,095

Sur quatre zones, on n'observe pas d'évolution significative de la longueur en fonction du temps, contrairement à l'Ile Marquer et Saint-Cava où il y a une augmentation significative de la longueur des individus d'une année à l'autre entre juin 2020 et juin 2021 (avec un gain respectif de 7 et 11 cm en moyenne).

Cinq des six zones sont marquées par une diminution de la longueur moyenne des individus entre juin 2021 et juin 2022 qui apparaît significative sur le site de Saint-Cava d'après le test post-hoc réalisé (p-value = 0,001).

2.2.2. Evolution de la longueur moyenne des individus sur la zone témoin et la zone récoltée avant l'été

Les graphiques suivants présentent la longueur moyenne des individus sur la zone témoin et la zone récoltée avant l'été à deux dates : à t + 1 an après la 1^{ère} coupe et à t + 2 ans après la 1^{ère} coupe.

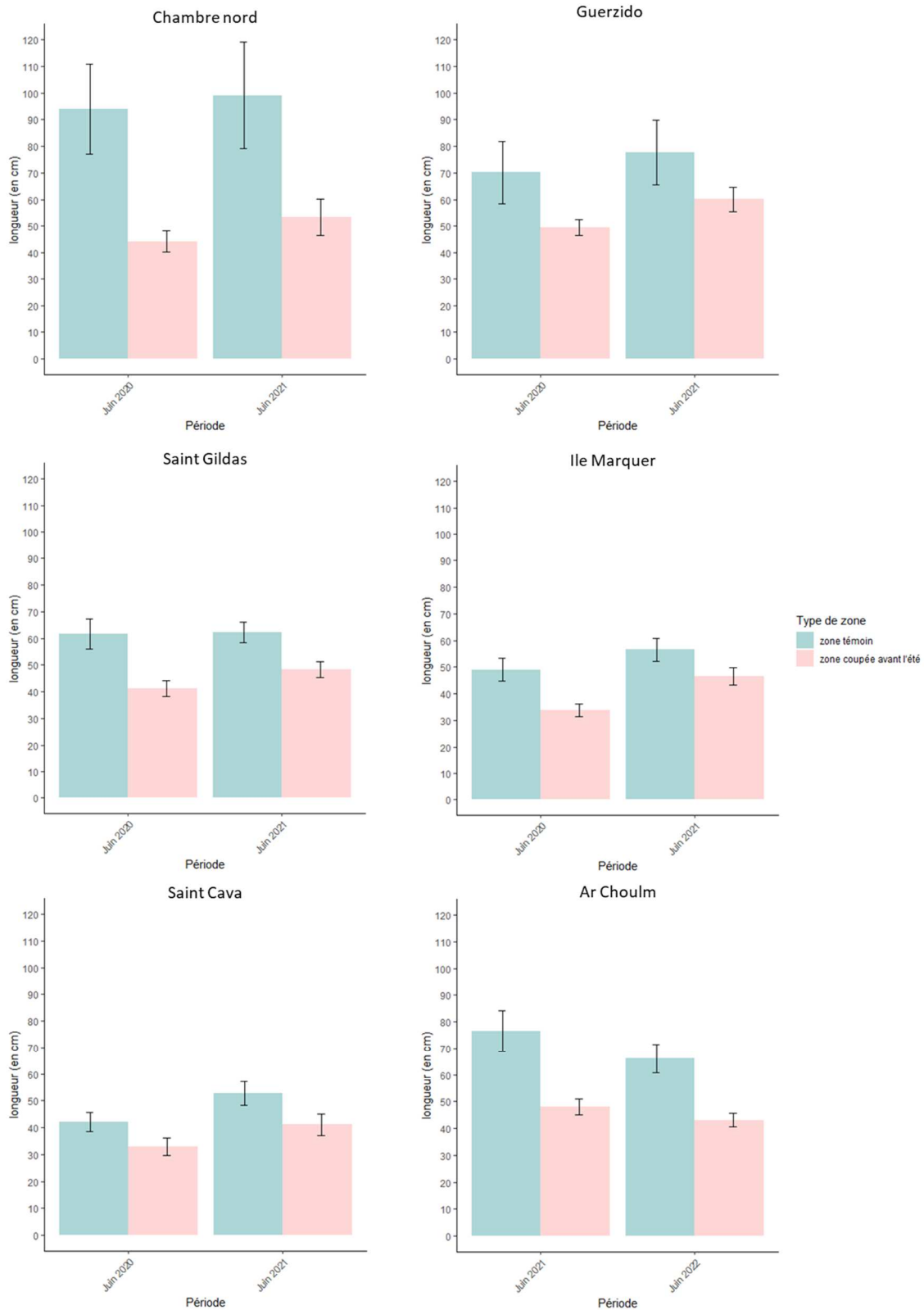


Figure 8 : longueur moyenne des individus (en cm) sur la zone témoin et la zone expérimentale de récolte avant l'été, un an après la 1^{ère} coupe et deux ans après la 1^{ère} coupe.

On constate que les intervalles de confiance sont généralement plus petits sur les zones de récolte que sur les zones témoin, en particulier à Chambre nord, Guerzido et Ar Choulm, ce qui signifie que les valeurs du paramètre longueur sont plus hétérogènes en zone témoin.

Les longueurs des individus sont comparées à l'aide d'un test de Student pour vérifier si elles sont différentes sur les deux types de zone un an et deux ans après la coupe.

Tableau 3 : résultats des tests de Student effectués sur les longueurs des individus entre la zone témoin et la zone de récolte estivale à différents pas de temps après la coupe. La présence d'astérisque(s) indique l'existence d'une différence significative selon différents seuils (: p-value < 0,05 ; ** : p-value < 0,01 ; ***p-value < 0,001).*

	P-value - comparaison ZT et ZE	
	T + 1 an après la coupe	T + 2 ans après la coupe
Chambre nord	< 0,001 ***	< 0,001 ***
Guerzido	0,002 **	< 0,001 **
Saint Gildas	< 0,001 ***	< 0,001 ***
Ile Marquer	< 0,001 ***	< 0,001 ***
Saint Cava	< 0,001 ***	< 0,001 ***
Ar Choulm	< 0,001 ***	< 0,001 ***

Les résultats montrent qu'il y a toujours une différence significative entre les longueurs des individus mesurés sur les deux zones 12 et 24 mois après la coupe. Autrement dit, après 24 mois sans intervention, les longueurs des individus coupés avant l'été n'ont pas retrouvé le niveau de la zone témoin.

Au sein de chaque zone, la longueur des individus est comparée aux différentes dates pour vérifier si ce paramètre suit une tendance différente :

Tableau 4 : résultats des tests de Student effectués sur les longueurs des individus de chaque zone entre un an et deux ans après la coupe. La présence d'astérisque(s) indique l'existence d'une différence significative selon différents seuils (: p-value < 0,05 ; ** : p-value < 0,01 ; ***p-value < 0,001).*

	P-value	
	Zone témoin (2020 - 2021)	Zone expérimentale (2020 - 2021)
Chambre nord	0,693	0,022 *
Guerzido	0,383	< 0,001 ***
Saint Gildas	0,887	0,002 **
Ile Marquer	0,018 *	< 0,001 ***
Saint Cava	< 0,001 ***	0,002 **
	Zone témoin (2021 - 2022)	Zone expérimentale (2021 - 2022)
Ar Choulm	0,026 *	0,015 *

En zone témoin, il n'y a pas d'augmentation significative des longueurs sur les sites de la Chambre nord, Guerzido, Saint-Gildas, contrairement aux sites de l'Ile Marquer, Saint-Cava où un gain significatif de longueur est observé.

Toutes les zones récoltées avant l'été au cours de l'année précédente montrent quant à elles une augmentation significative des longueurs.

Ar Choulm fait exception puisque la longueur moyenne des deux zones (témoin et expérimentale) diminue de manière significative au cours de la période 2021-2022. Cette diminution semble plus importante sur la zone témoin où les longueurs sont plus élevées que sur la zone expérimentale de coupe avant l'été.

Le tableau ci-dessous présente le gain moyen (ou la perte) de longueur sur 12 mois, sur les zones pour lesquelles les tests statistiques ont mis en évidence une différence significative.

Tableau 5 : Evolution des longueurs moyennes des individus (en cm) sur la zone témoin et la zone expérimentale entre t+1 an après la coupe et t+ 2 ans après la coupe.

	Différence de longueur moyenne (en cm)	
	Zone témoin (2020 - 2021)	Zone expérimentale (2020 - 2021)
Chambre nord	/	6,2
Guerzido	/	10,5
Saint Gildas	/	7,0
Ile Marquer	7,5	10,5
Saint Cava	10,7	8,2
	Zone témoin (2021 - 2022)	Zone expérimentale (2021 - 2022)
Ar Choulm	-10,4	-4,9

L'Ile Marquer et Saint-Cava (deux sites habituellement récoltés) montrent une augmentation de la longueur moyenne des individus en zone témoin qui est respectivement de 7,457 et 10,699 cm. Les individus mesurés à Ar Choulm voient quant à eux leur longueur moyenne diminuer de plus de 10,4 cm en zone témoin et près de 5 cm en zone expérimentale.

Sur la zone coupée avant l'été, il y a un gain de longueur dans cinq cas sur six entre 12 et 24 mois après la coupe qui varie entre 6,2 et 10,5 cm.

→ La récolte uniformise les gammes de tailles des individus.

→ 2 ans après la récolte réalisée avant l'été, les individus dans les zones récoltées n'ont pas retrouvé la longueur moyenne mesurée sur les zones témoin du même site.

→ Pourtant il y a une augmentation significative de la taille moyenne des individus sur toutes les zones coupées avant l'été (excepté Ar Choulm) et ce n'est pas le cas sur les zones témoin.

2.2.3. Evolution comparée des densités de juvéniles sur les deux zones

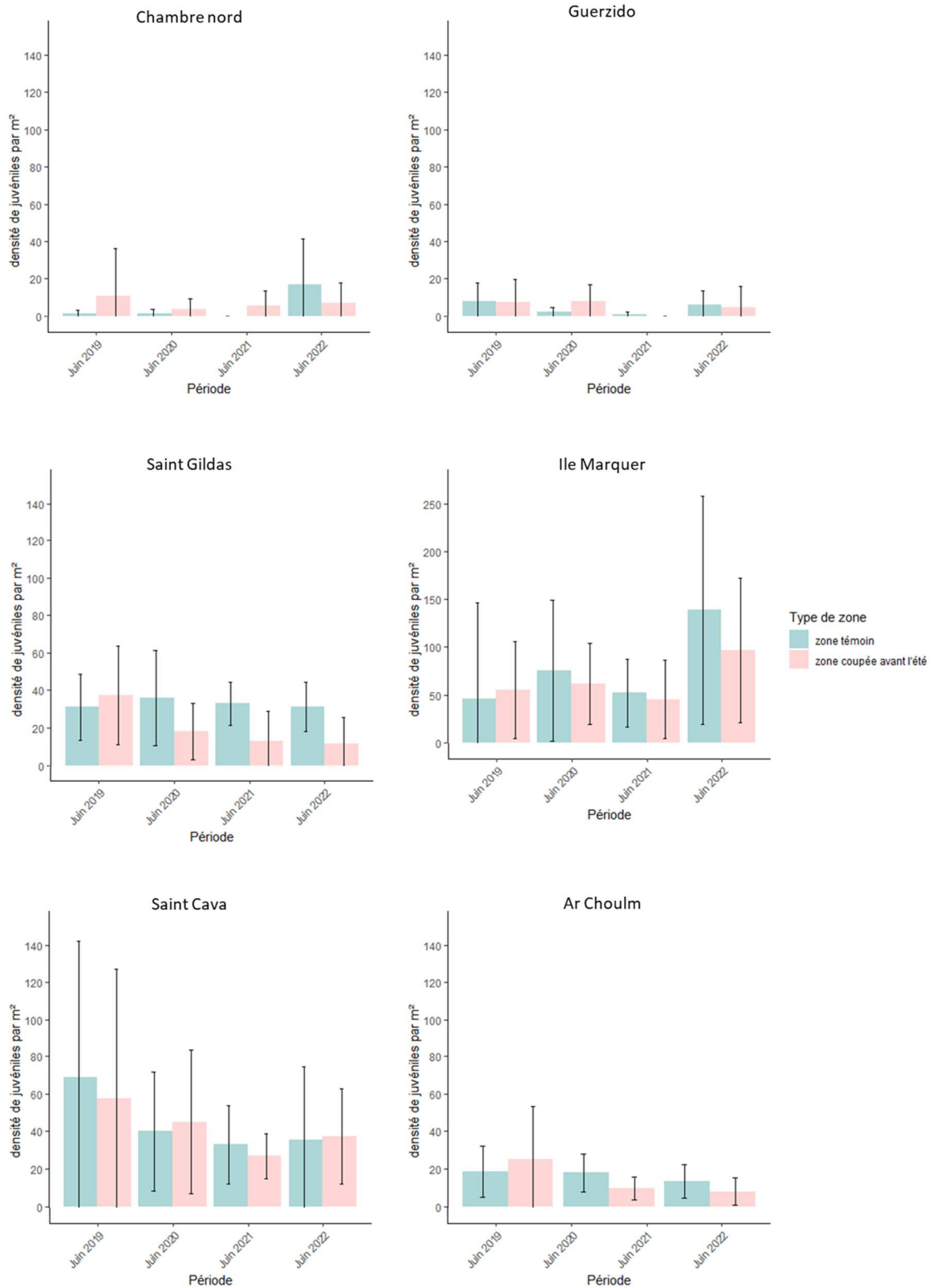


Figure 9 : Evolution de la densité de juvéniles (en nombre d'individus /m²) sur la zone témoin et la zone récoltée avant l'été. Les barres d'erreur représentent l'intervalle de confiance à 95%.

L'échelle a été adaptée pour le site de l'île Marquer qui présente des densités de juvéniles plus importantes que les autres zones. Les barres d'erreur sont étendues, ce qui signifie qu'il y a une importante dispersion des données autour de la moyenne.

Les densités de juvéniles par m² varient fortement d'un site à l'autre mais aussi dans le temps. A la Chambre nord et Guerzido, les valeurs sont relativement faibles et comprises entre 4 et 16. Tandis qu'à l'île Marquer et Saint-Cava, elles sont en moyenne plus élevées (comprises entre 21 et 76).

Les graphiques font apparaître que l'évolution de la densité ne semble pas différer au cours du temps entre la zone témoin et la zone de coupe avant l'été. Par exemple, on observe une légère diminution de ce paramètre à Saint-Cava qui affecte indifféremment les deux zones tandis que sur l'île Marquer, le paramètre évolue dans le sens inverse, mais toujours sur les deux zones. Le tableau ci-dessous montre le résultat des tests de Kruskal-Wallis réalisés pour évaluer si le nombre moyen de juvéniles évolue en fonction du temps sur chaque type de zone :

Tableau 6 : résultats des tests de Kruskal-Wallis effectués sur les densités de juvéniles (en nombre d'individus par m²) sur chaque type de zone à différents pas de temps après la coupe. La présence d'astérisque(s) indique l'existence d'une différence significative selon différents seuils (: p-value < 0,05).*

	P-value	
	Zone témoin	Zone expérimentale
Chambre_nord	0,245	0,978
Guerzido	0,314	0,042*
Saint Gildas	0,989	0,135
Ile Marquer	0,380	0,391
Saint Cava	0,433	0,843
Ar Choulm	0,824	0,454

Les tests statistiques ne montrent pas de modification significative au cours du temps sur la zone témoin et la zone récoltée avant l'été. Autrement dit, le traitement réalisé sur la zone de coupe avant l'été n'a pas d'influence sur l'évolution de la densité moyenne de juvéniles au cours du temps, exception faite de la zone expérimentale de Guerzido. Sur cette dernière, les densités de juvéniles sont significativement différentes entre juin 2019 et juin 2021 et entre juin 2020 et juin 2021, en lien avec l'absence de juvéniles dénombrés en 2021. En 2022, le nombre de juvéniles apparaît comparable à celui de 2019 et 2020, cela ne semble donc pas lié au traitement réalisé mais à l'échantillonnage.

Les densités de juvéniles des deux types de zones, toutes dates confondues ont été comparées entre elles par un test de Kruskal-Wallis, dont les résultats apparaissent dans le tableau ci-dessous. Lorsqu'il n'y a pas de différence significative entre la densité de juvéniles en zone témoin et en zone expérimentale, la densité moyenne a été calculée pour les deux zones, c'est pourquoi il n'y a alors qu'une seule valeur moyenne qui apparaît dans le tableau ci-dessous.

Tableau 7 : résultats des tests de Wilcoxon-Mann-Whitney effectués sur les densités de juvéniles (en nombre d'individus par m²) pour comparer chaque type de zone, toutes dates confondues. La présence d'astérisque(s) indique l'existence d'une différence significative selon différents seuils (* : p-value < 0,05). La densité moyenne a été calculée dans la partie droite du tableau.

	P-value	Densité moyenne de juvéniles (nb individus/m ²)	
		Zone témoin	Zone Expérimentale
Chambre_nord	0,059	5	
Guerzido	0,675	4	
Saint Gildas	0,002*	33	21
Ile Marquer	0,659	71	
Saint Cava	0,895	41	
Ar Choulm	0,109	16	

On constate qu'il n'y a pas de différence significative de densité des juvéniles entre la zone témoin et la zone expérimentale de coupe avant l'été dans cinq cas sur six. Pour cette raison, une moyenne globale de densité pour les deux types de zone a été calculée par site. Seul Saint Gildas se distingue puisque sur ce dernier, on observe une différence significative de densité des juvéniles entre la zone témoin (avec 33 individus par m² en moyenne) et la zone expérimentale (avec 21 individus par m² en moyenne).

Les sites non récoltés (Chambre nord, Guerzido et Ar Choulm) présentent des densités de juvéniles faibles en comparaison de ceux qui sont habituellement exploités.

→ On ne peut donc pas conclure à un impact négatif de la récolte avant l'été sur le paramètre « densité de juvéniles » à court terme (2 ans) au vu des résultats obtenus.

2.3. Bilan des résultats et critique du protocole

- *Comment évolue la longueur moyenne des individus sur les zones exemptes de récolte ?*

Au début des suivis, les zones témoin des sites de la Chambre nord, Guerzido et Ar Choulm présentent des longueurs plus importantes que les autres sites. Au cours des trois années suivantes, il n'y a pas d'augmentation de la longueur moyenne des individus sur ces sites. On peut supposer qu'ils ont atteint une taille optimale au vu des conditions environnementales et que la croissance est compensée par l'arrachage qui peut survenir lors des tempêtes, tandis que sur les autres zones témoin dont l'exploitation avait été stoppée juste avant le début des suivis, la longueur moyenne des individus continue d'augmenter.

Sur les zones qui ont un historique de récolte récent, les barres d'erreur représentant l'intervalle de confiance à 95% sont plus petites, la récolte a homogénéisé la gamme de taille des individus.

Cinq des six zones témoin montrent une diminution de la longueur des individus entre juin 2021 et juin 2022, qui est significative pour deux sites. Il apparaît surprenant que cela soit dû à une récolte alors que celle-ci n'y était pas autorisée, d'autant que certains sites (Ar Choulm, Chambre nord et Guerzido) sont

caractérisés par des conditions d'accès difficiles. Il se pourrait donc que des conditions météorologiques particulières (tempête) en soient responsables.

- *Comment évolue la longueur moyenne des individus sur les zones récoltées avant l'été ? Est-ce différent de l'évolution en zone témoin ?*

Tableau 8 : récapitulatif de l'évolution des longueurs des individus sur la zone témoin et la zone récoltée avant l'été entre un et deux ans après la coupe.

	Evolution des longueurs entre t+1 an et t+2 ans après la coupe		
	Zone témoin	Zone de récolte avant l'été	
Chambre nord			<div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 10px;"> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #f46d43; margin-right: 5px;"></div> Diminution significative* de la longueur </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #fdae61; margin-right: 5px;"></div> Diminution non significative* de la longueur </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #d9ead3; margin-right: 5px;"></div> Augmentation non significative* de la longueur </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #548235; margin-right: 5px;"></div> Augmentation significative* de la longueur </div> </div> <p style="font-size: small; margin-top: 10px;">* D'après le test de Student</p>
Guerzido			
Saint Gildas			
Ile Marquer			
Saint-Cava			
Ar Choulm			

Dans la majorité des cas, il y a augmentation significative de la longueur moyenne des individus sur la zone récoltée avant l'été en 2019 au cours de l'année suivante (cinq cas sur six) qui fluctue entre 6,2 et 10,5 cm. Cela correspond aux valeurs habituellement trouvées, la longueur de croissance des individus matures en une année se situant entre 8 et 15 cm [6 et références incluses].

Les zones témoin de l'Ile Marquer et Saint-Cava, qui sont deux secteurs à l'historique de récolte récent, voient également la longueur moyenne des individus augmenter de manière significative. Sur ces dernières, les individus n'ont probablement pas atteint leur taille optimale au vu des conditions environnementales et ils continuent d'accroître leur longueur. Ce n'est pas le cas à la Chambre nord, Guerzido, et Saint Gildas dont la longueur n'augmente pas d'un point de vue statistique. Or d'après les données déclaratives, ces secteurs n'ont pas été récoltés depuis au moins 4 ans au moment où les mesures ont été réalisées. On peut donc supposer que la taille moyenne de la population y est stabilisée, c'est-à-dire qu'elle est contrôlée par les conditions environnementales (ex : arrachage des vieux individus par la houle).

Seul le site d'Ar Choulm subit une diminution de la longueur des individus mais cela semble lié à l'évolution générale des zones entre 2021 et 2022. En effet, ce site présente la particularité d'avoir été suivi un an plus tard que les autres. La coupe y a été réalisée en 2020, alors que sur les autres elle a été faite en 2019.

Tableau 9 : Conclusion obtenues à l'issue du test de Wilcoxon-Mann-Whithney visant à évaluer s'il existe une différence significative de la longueur des individus sur la zone de coupe par rapport à la zone témoin à différents pas de temps.

	≠ significative entre la zone témoin et la zone expérimentale	
	t + 1 an après la coupe	t + 2 ans après la coupe
Chambre nord	oui	oui
Guerzido	oui	oui
Saint Gildas	oui	oui
Ile Marquer	oui	oui
Saint-Cava	oui	oui
Ar Choulm	oui	oui

Douze mois après la coupe réalisée sur les zones expérimentales, celles-ci présentent toutes des individus aux longueurs significativement plus faibles qu'en zone témoin et ce constat est toujours valable 24 mois après la coupe initiale.

La coupe pratiquée selon la taille réglementaire de récolte avant l'été n'a pas permis à la ressource de se restaurer au niveau de la zone témoin deux ans après que cette récolte ait eu lieu.

- **Quel est l'impact de la récolte estivale sur la densité de juvéniles ?**

Dans cinq cas sur six, il n'y a pas de modification de ce paramètre au cours du temps sur la zone récoltée avant l'été, pour la période allant de 2019 à 2022. Au cours de celle-ci, deux coupes ont été réalisées à 24 mois d'écart chacune. Un seul site fait exception mais cela semble davantage lié à l'échantillonnage qu'au traitement réalisé.

Dans la majorité des cas (cinq cas sur six), il n'y a pas non plus de différence entre la densité en zone témoin et la densité en zone récoltée avant l'été.

Ainsi, dans les conditions de l'étude, on ne peut conclure à un impact négatif de la récolte avant l'été sur le recrutement des juvéniles.

Il faut souligner qu'en l'absence de perturbation, la reproduction sexuée d'*A. nodosum* a un faible taux de réussite puisque la mortalité des gamètes fécondés dépasse 99,9% la première année [6 et références incluses]. Le mode de reproduction privilégié par l'espèce est la multiplication végétative à partir de la base d'un individu existant, c'est pourquoi il est primordial de ne pas arracher le crampon et de laisser des lanières en place lors de la récolte.

- **Comment le protocole peut-il être amélioré ?**

Différents ajustements permettraient de mieux répondre à la problématique posée :

D'une part, il serait intéressant de réaliser en parallèle le même suivi avec une coupe à la fin de l'été plutôt qu'en juin sur une autre zone afin de comparer si le gain de taille observé l'année suivante diffère en fonction de la période de coupe. Un suivi des biomasses prélevées à chaque passage apporterait une information complémentaire utile et plus parlante pour les récoltants que la longueur des individus.



D'autre part, il aurait été judicieux de mesurer les individus après la coupe à 30 cm sur la zone expérimentale. En effet, on aurait dans ce cas pu comparer les longueurs des individus avec celles de la zone témoin dès l'année suivant la coupe. Ici ce n'est pas possible étant donné qu'on a une longueur théorique de 30 cm pour les plus grands individus mais on ne connaît pas la taille des autres individus de la population, ce qui ne permet pas de réaliser des comparaisons.

L'évolution de la longueur moyenne des individus sur les différentes zones témoin montre une réduction de ce paramètre au cours de la dernière période suivie (2021-2022), significatif sur deux zones d'après le test de Student réalisé. Cela ne semble vraisemblablement pas lié à une récolte car plusieurs sites sont touchés. Pour expliquer ce phénomène, un suivi des conditions environnementales pourrait apporter des éléments explicatifs.

Les importantes barres d'erreur obtenues sur le nombre moyen de juvéniles par m² montrent qu'il faudrait augmenter l'effort d'échantillonnage, c'est-à-dire le nombre de quadrats.

Enfin, si l'évolution de la longueur moyenne des individus peut paraître faible, il faut remarquer qu'on prend en compte tous les individus et pas uniquement ceux coupés. Si l'on souhaite disposer de données concernant des taux de croissance, il faudrait dans ce cas réaliser des suivis individuels au sein de la population.

2.4. Interprétation et discussion

Les suivis en zones témoin montrent la grande variabilité de gamme de taille des individus qui apparaît dépendante de plusieurs facteurs tels que : 1) la présence ou l'absence d'une récolte récente. Cela contribue notamment à expliquer pourquoi les sites de Bréhat (chambre nord, Guerzido) présentent des longueurs moyennes des individus plus élevées que les autres sites. 2) les conditions environnementales, en particulier d'exposition aux agents hydrodynamiques, dont l'influence avait déjà été mise en évidence dans de précédentes études [7]. Cela explique des longueurs relativement faibles mesurées à Ar Choulm, site dépourvu de récolte étant donné l'absence d'accès à l'estran, mais exposé, puisque l'effet mécanique des vagues limite l'expansion en longueur de la population [8].

Par ailleurs, la réduction de taille moyenne observée au cours de la période 2021 - 2022 sur les différentes zones témoin pourrait être liée à l'occurrence de phénomènes climatiques (tempêtes) aux caractéristiques inhabituelles (force et orientation). A l'instar d'autres algues dont les populations peuvent varier de manière substantielle d'une année à l'autre, *A. nodosum* peut subir des variations de ses populations exploitables.

Ar Choulm a été suivi à partir de 2020, si bien que les comparaisons de longueurs ont été faites au cours de la période où plusieurs sites ont vu une réduction de la valeur moyenne pour ce paramètre. On note que sur ce dernier, la réduction de longueur moyenne s'est avérée plus élevée en zone témoin qu'en zone expérimentale, ce qui conforte l'argument selon lequel les conditions environnementales exercent un contrôle sur la longueur des individus.

Les résultats des suivis visant à évaluer l'impact de la récolte juste avant l'été sur la population montrent que la coupe stimule la croissance comme le montre l'augmentation de taille des individus sur les zones expérimentales, alors que dans le même temps ce paramètre n'évolue pas sur les zones qui n'ont pas fait l'objet d'une récolte récente.

Le fait que certaines zones témoin voient la longueur moyenne des individus augmenter de manière significative plusieurs années après leur fermeture à la récolte montre le temps long nécessaire à la régénération du stock jusqu'à un état stable. En effet, lorsque la canopée d'*A. nodosum* est développée à son maximum [9 et références incluses], la taille moyenne n'évolue plus alors que les individus, en particulier les petits, continuent de croître.



24 mois après la récolte initiale, les individus de la zone expérimentale n'ont pas restauré leur longueur au niveau de la zone témoin bien qu'on constate sur la figure 8 que l'écart entre les tailles moyennes des individus se réduit avec le temps.

On n'observe pas d'impact de la récolte avant l'été sur le recrutement de juvéniles dans les conditions et sur la durée de l'étude. Si des tendances à l'augmentation ou à la diminution sont observées sur certaines zones expérimentales, elles sont suivies également sur les zones témoin. Pourtant, les dénombrements font apparaître des densités de juvéniles plus importantes sur les zones habituelles de récolte. Elles sont à mettre en lien avec la quantité de canopée algale : Il y a diminution de l'effort de reproduction avec l'augmentation de la population et de la canopée algale [10]. La récolte pourrait accroître l'effort reproductif, c'est-à-dire augmenter la biomasse allouée à la reproduction (production de conceptacles sexuels), sur les parties non sectionnées. Les conséquences de ce phénomène, c'est-à-dire une augmentation des juvéniles, n'apparaissent pas dans cette étude probablement en lien avec sa durée, trop courte mais aussi parce que *A. nodosum* présente un faible taux de succès de la reproduction, en lien avec l'action des vagues sur les rivages exposés et du broutage sur les rivages abrités [11]. L'absence de colonisation à long terme des rivages dénudés suggère par ailleurs que le recrutement réussi est très épisodique sur tous les rivages, sauf les plus abrités [12].

- ***Comment la coupe estivale peut-elle stimuler la croissance des individus d'*A. nodosum* ?***

Elle permet aux individus du sous-étage d'avoir accès à davantage de lumière durant la période estivale de croissance. En effet, durant la marée haute, l'ombrage peut causer des différences d'intensité lumineuse en fonction de la hauteur où se trouve l'algue et cela peut influencer significativement le taux de croissance individuel [7]. Quand la mer descend, la lumière directe du soleil ou des températures élevées de l'air peuvent augmenter la température du tapis algal. Il a été montré qu'une augmentation de température de 20 à 30°C pouvait engendrer une augmentation du taux de croissance apical de plus de 2000% durant les deux premières heures. Cette réaction est dépendante de la lumière et pourrait se poursuivre sur une période où la dessiccation est modérée. Les apex qui obtiennent suffisamment de lumière et d'humidité vont donc croître plus vite durant la marée descendante que ceux qui sont recouverts. Une exposition modérée à l'air tendrait également à augmenter les taux de croissance de l'espèce.

Ainsi, la perte de biomasse occasionnée par la récolte peut être compensée par une production et une croissance stimulée de thalles latéraux se formant à la base ou sur les thalles coupés [9 et références incluses]. Les apex récemment coupés n'en bénéficieront cependant pas, d'où la nécessité de laisser impérativement des rameaux intacts.

- ***Quels impacts néfastes cette pratique peut-elle avoir ?***

Les travaux de Gollety [9] montrent que la capacité de photosynthèse des thalles diminue après la première heure d'émersion et ce phénomène est suivi d'une récupération rapide et quasi-totale lors de l'immersion. A l'échelle individuelle, la production des thalles exposés aux plus fortes irradiances et subissant aussi le plus fort taux de dessiccation diminue fortement au cours de l'émersion. Une précédente étude avait montré que durant la période d'émersion, l'épaisseur de la canopée d'*A. nodosum* fournit un tampon thermique [13]. La récolte estivale peut donc engendrer une dessiccation accrue du tapis algal qui va limiter la croissance, mais ce phénomène se limite aux phases d'émersion.

Si une récolte modérée peut présenter des effets bénéfiques pour une partie de la ressource en place, elle peut à grande ampleur provoquer un stress limitant son accroissement.

De plus, étant donné que les taux de croissance de l'espèce sont maximums au printemps / été et très faibles sur les mois de novembre et décembre, il est préconisé d'éviter de récolter pendant la période estivale [6 et références incluses].



2.5. Conclusion

Le temps imparti à cette étude n'a pas permis d'évaluer l'impact de perturbations répétées au cours du temps alors qu'*A. nodosum* est une algue qui possède un cycle de vie long et une croissance lente. Les impacts se mesurent à une longue échelle de temps. Le présent travail n'a pas mis en évidence d'impact de la récolte avant l'été sur le recrutement après une seule perturbation, au bout de deux ans.

Comme cela avait été mis en évidence dans de précédents travaux [6], la récolte stimule la croissance des algues et nos travaux montrent que cela se vérifie aussi dans le cas d'une coupe estivale.

En l'état actuel des connaissances, il apparaît envisageable de permettre une récolte modérée d'*A. nodosum* au cours de l'été, réalisée dans le respect des bonnes pratiques (rameaux laissés systématiquement intacts sur chaque pied). Pour préciser cela, un quota pourrait être fixé (ex : 10% de la biomasse en place).

Néanmoins, il convient de rappeler que la croissance de l'algue s'effectue principalement autour de la période estivale et que les rameaux coupés durant l'été ne bénéficieront pas d'un accroissement de taille durant les mois qui suivent la coupe. Si ce choix peut être une réponse aux demandes du marché, il semble que ce ne soit pas la meilleure option en termes de rendement. Un travail de sensibilisation auprès des acheteurs de l'algue doit être fait pour que les demandes soient limitées au cours de l'été au profit de la récolte automnale.



3. Evaluation d'impact d'une récolte à une taille supérieure à 30 cm

La hauteur minimale de coupe d'*Ascophyllum nodosum* est aujourd'hui fixée à 30 cm au-dessus du crampon par la réglementation. L'objectif de cette action est de tester les capacités de régénération de l'espèce en termes de biomasse en fonction de différentes hauteurs de coupe. Pour cela, différentes zones de même superficie sont définies, et des coupes sont effectuées dans chaque zone avec des hauteurs de coupe distinctes (30, 40 et 50 cm). A chaque récolte, la biomasse est pesée. Après une période d'attente correspondant approximativement à la durée des jachères existantes en Bretagne (12 mois et 18 mois), l'opération est reproduite.

3.1. Protocole mis en œuvre

Sur chaque site, six zones de même superficie (12 m²) sont définies à leurs extrémités par des pitons et détournées à l'aides de bout.

Le traitement de chaque zone est défini par un tirage au sort :

- 2 zones de récolte à 30 cm ;
- 2 zones de récolte à 40 cm ;
- 2 zones de récolte à 50 cm.

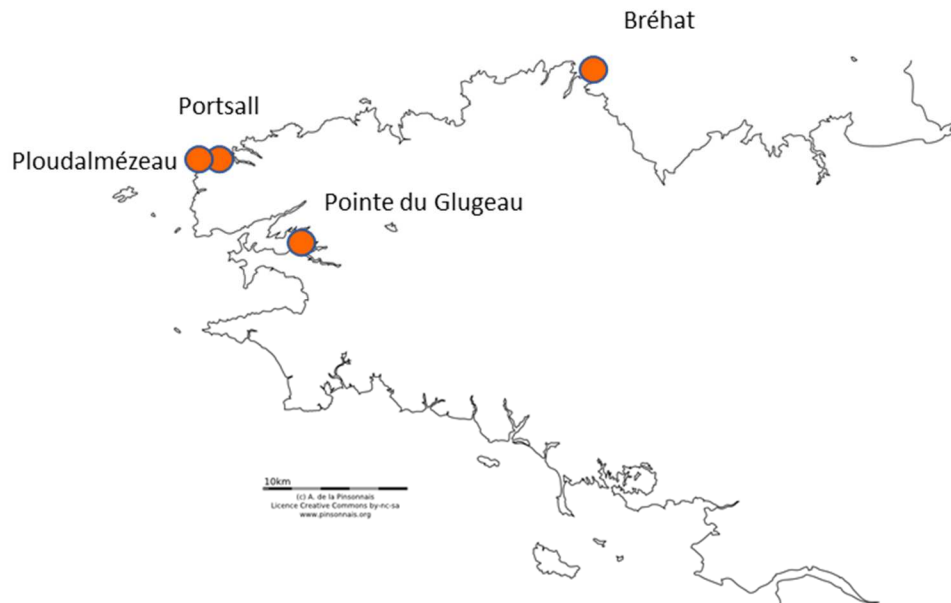
Le protocole initial prévoyait de récolter la biomasse exploitable (= à partir de 30 cm au-dessus du crampon) à l'aide de couteau et par quadrat de 0,5 m² pour réaliser des traitements statistiques. Cependant, les données obtenues présentaient une forte variabilité. Il a donc été décidé de prélever toute la biomasse exploitable de chaque zone et de comparer celle-ci à la biomasse obtenue après un temps de repos défini.

Les récoltants ont demandé à ce que ce temps de repos soit de 13 et 21 mois étant donné que selon eux, les jachères sont principalement récoltées le premier mois de l'ouverture et pas les suivants.

Ainsi, pour chaque taille de récolte, une des deux zones sera à nouveau récoltée après 13 mois de repos tandis que la seconde le sera après 21 mois de repos.

Le protocole a été déployé sur quatre sites de Bretagne, dont un situé dans les Côtes d'Armor et trois dans le Finistère nord, comme précisé sur la carte ci-dessous. Des informations complémentaires sur les sites suivis sont apportées en annexe 1. La première récolte a eu lieu en octobre 2019 sur toutes les zones de chaque site, excepté le site de Ploudalmézeau pour lequel l'expérience a été lancée en octobre 2020, suite à la récolte des zones expérimentales de Portsall. La récolte a lieu en novembre de l'année suivante (+13 mois) et en juillet de l'année d'après (+ 21 mois).

Les traitements de données consistent à comparer, en pourcentage, la biomasse exploitable récoltée après chaque temps de repos à la biomasse initiale récoltée sur chaque type de zone (30, 40 et 50 cm).



*Figure 10 : Carte de localisation des différents sites de suivi de pour l'évaluation d'impact d'une coupe à une taille minimale plus haute sur *A. nodosum**

3.2. Résultats des suivis terrain

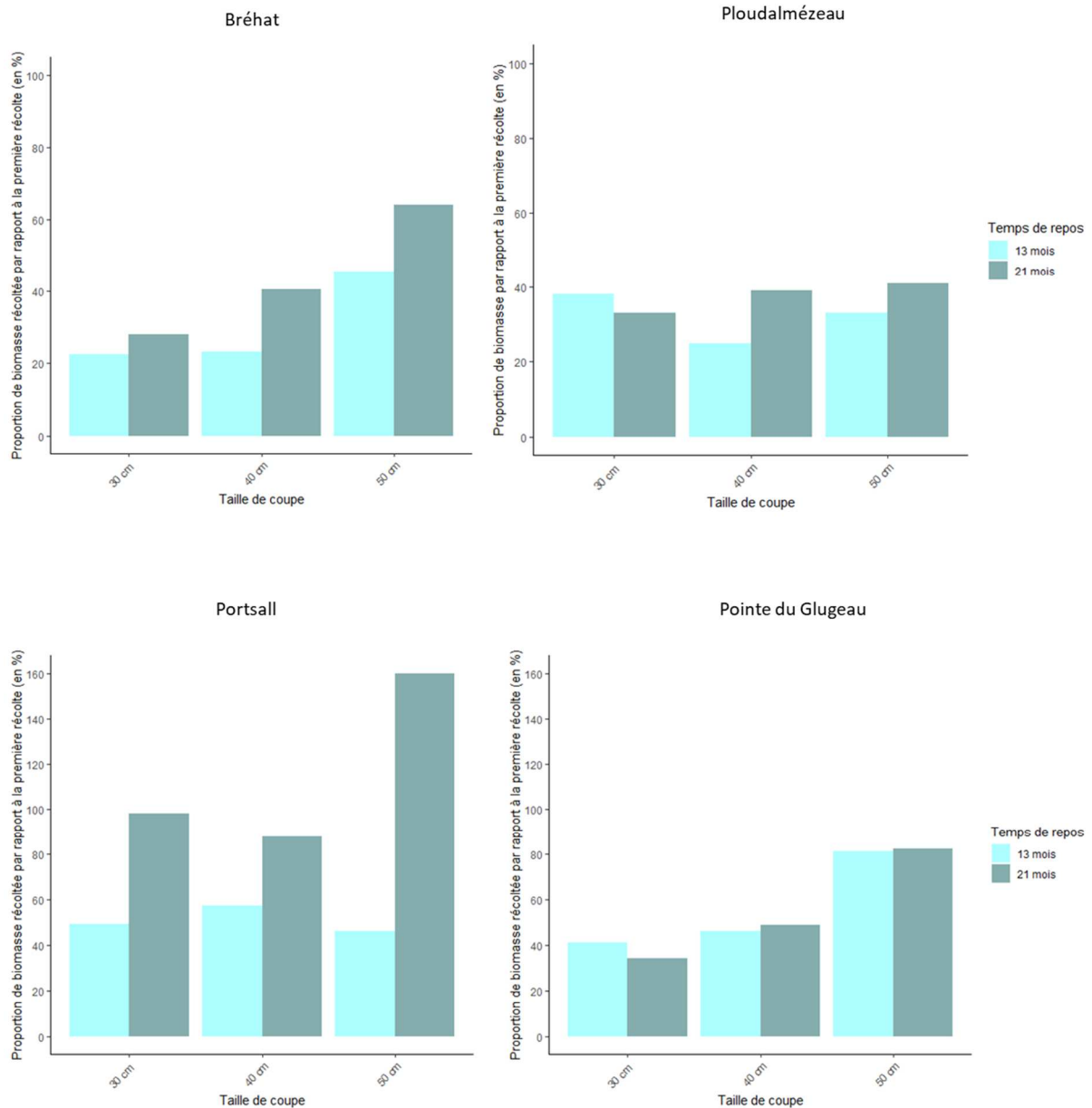


Figure 11 : Proportion de la biomasse initiale récoltée (en %) après un temps de repos de 13 et 21 mois en fonction de la taille de coupe sur les différents secteurs.

L'axe des ordonnées a été ajusté pour le site de Portsall où la biomasse récoltée à 50 cm après 21 mois de jachère est de 160 % de la biomasse initiale récoltée sur cette même zone (valeur maximale).

Dans la majorité des cas (huit fois sur douze), quelle que soit la taille de coupe, la régénération est meilleure après 21 mois de « jachère ».

Il y a des exceptions, comme à Ploudalmézeau où la biomasse récoltée à 30 cm après 21 mois est plus faible (33%) que la biomasse récoltée après 13 mois (38%). A la Pointe du Glugeau, la régénération apparaît comparable au bout de 13 et 21 mois de récolte que l'on récolte à 30 cm (41,1% et 34%), à 40 (46,1% et 48,5%) ou à 50 cm (81% et 82%).

Par ailleurs, la récolte réalisée à 50 cm engendre généralement une meilleure régénération de la biomasse. Cela apparaît particulièrement visible à Bréhat après 21 mois de jachère (64% de la biomasse initialement récoltée) et à Portsall après le même temps de repos (160% de la biomasse initialement récoltée). Mais on



note là encore des exceptions. Sur ce dernier site par exemple, au bout de 13 mois sans récolte, les biomasses obtenues à 30, 40 et 50 cm sont très comparables (respectivement 49, 57 et 46%). A Ploudalmézeau, on constate également que l'accroissement de la taille minimale de coupe ne semble pas apporter de forte plus-value en termes de poids d'*A. nodosum* récolté et c'est particulièrement visible lorsqu'on récolte après 13 mois de repos avec des taux de régénération de la biomasse de 38, 25 et 33% pour les différentes tailles de coupe.

Enfin, lorsqu'on augmente la taille de coupe de 10 cm de plus que la taille réglementaire actuelle, le gain en termes de régénération apparaît inexistant à Ploudalmézeau au bout de 13 mois et faible à Bréhat (22,5% de la biomasse initiale récoltée à 30 cm et 23,3% à 40 cm).

Les poids en valeur absolue n'ont pas été représentés car ils montrent de fortes disparités et ne permettent pas d'apporter d'éléments supplémentaires pour définir la plus-value à augmenter la taille de coupe ou allonger la durée des temps de repos. Cela ne permet donc pas d'évaluer dans quelle mesure l'accroissement de la taille minimale de coupe impacte la productivité.

3.3. Critique du protocole

Là encore, pour permettre un traitement statistique robuste des données, un plus grand nombre de quadrats devrait être réalisé. Dans le cas présent, entre quatre et sept quadrats ont été faits. Fegley [11] avait travaillé sur les taux de régénération de la biomasse après coupe à différentes tailles sur des zones de 5 m² avec trois quadrats par zone. Il avait averti que, bien qu'aucune différence statistique n'ait été détectée dans les valeurs moyennes de la biomasse entre les traitements, la grande variabilité associée à l'échantillonnage de la biomasse diminue la puissance de l'analyse statistique, ce qui rend cette dernière difficile à réaliser. Cette problématique est ainsi récurrente sur ce type d'étude et il semble donc nécessaire de réaliser un minimum de 10 quadrats. Pour cela, leur taille doit être réduite à 0,25 m².

L'expérience a été menée en partie sur des zones exemptes de récolte depuis plusieurs années (Glugeau, Bréhat et Ploudalmézeau). Sur ces secteurs, les grands individus dominant et les premières ramifications peuvent apparaître au-delà de 30 cm. Une récolte à cette taille minimale a des conséquences sur la régénération de la ressource, qui sont très visibles pour une coupe à 30 cm avec une régénération faible au bout de 13 et 21 mois. Le choix des sites doit davantage se porter sur des secteurs habituellement récoltés. Cela imposerait de les fermer à la récolte quelques temps avant le début de l'étude afin de disposer d'une biomasse exploitable suffisante pour mener l'expérience.

3.4. Interprétation et discussion

Le constat général fait par l'ensemble des participants (y compris les non récoltants professionnels) est que le recours à une taille de coupe supérieure à 30 cm s'est avéré paradoxalement plus long et plus difficile à mettre en œuvre d'un point de vue pratique étant donné les caractéristiques morphologiques de l'espèce. En effet, le poids de l'algue se répartit sur les longueurs et la coupe à 30 cm permet en général de sectionner à une faible distance des premières ramifications. Pour couper à une taille supérieure, il apparaît plus simple d'être à deux avec une personne qui coupe et une personne qui porte les individus. Cela n'est pas dans la pratique des récoltants professionnels. De plus, cela pourrait avoir des conséquences négatives : entraîner une expansion de la zone de récolte pour collecter la même quantité d'*A. nodosum*, ce qui aurait pour effet d'augmenter la superficie de la côte récoltée [14].

L'augmentation de taille de coupe a ainsi engendré, au cours des suivis, de l'arrachage des crampons, en particulier sur les zones où l'on trouvait de grands individus (Bréhat et pointe du Glugeau) et des coupes plus approximatives sur lesquelles il fallait repasser plusieurs fois.

Là où les individus sont longs (c'est-à-dire principalement les zones non récoltées récemment), on constate que les premières ramifications apparaissent plus haut sur les plants et parfois au-dessus de 30 cm. Si ces secteurs faisaient désormais l'objet d'une récolte, il relèverait du bon sens des récoltants de ne pas couper



avant celles-ci pour assurer une bonne restauration de la ressource et de laisser un voire plusieurs rameaux en place, conformément aux recommandations du guide des bonnes pratiques [5].

Il n'apparaîtrait donc pas réaliste de demander une modification de la taille réglementaire de récolte au-delà de 30 cm. Pour rappel, cette taille a été définie au début des années 2010 suite aux travaux de C. Gollety [9] qui faisaient apparaître que la longueur de coupe était souvent plus courte que la limite réglementaire. La taille minimum de 30 cm a ainsi été fixée pour que celle de 20 cm soit respectée. Les différentes évaluations de biomasse réalisées au cours du programme avec mesure des individus ont mis en évidence que la taille minimum de récolte à 30 cm était dans la majorité des cas désormais respectée ce qui reflète l'amélioration des pratiques des récoltants et leur adéquation avec la réglementation actuelle.

Les résultats montrent par ailleurs qu'une autre solution pour améliorer la restauration de la biomasse est l'allongement de la durée de repos entre les périodes de récolte. Actuellement, elle est de 18 mois dans les jachères du Finistère avec des périodes d'ouverture d'un à deux mois et 12 mois dans les Côtes d'Armor alternant avec la même durée d'ouverture.

Or des suivis réalisés dans les jachères des Côtes d'Armor en 2022 ont montré que des zones avaient été presque intégralement récoltées et que la biomasse exploitable restante était extrêmement faible. Elle ne semble pas répondre à la demande du marché en l'état actuel, ce qui peut être lié au calendrier de fermeture qui ne permet pas une régénération suffisante de la ressource (cf. partie 5 du présent rapport). Pour cette raison, il apparaît indispensable d'y allonger au moins à 18 mois la durée de jachère. Au cours du programme, des reports d'ouverture ou des allongements de fermeture des jachères ont d'ailleurs été décidés en groupe de travail. Dans ce département, la durée d'ouverture engendre des récoltes étalées dans le temps, si bien que la ressource ne se régénère pas uniformément sur l'ensemble de la jachère ; c'est pourquoi un raccourcissement des périodes d'ouverture s'avère par ailleurs nécessaire.

Ces questions ont fait l'objet de nombreux travaux à travers le monde afin de définir la durée de jachère et la taille minimale de coupe à mettre en place pour optimiser la récolte et préserver la ressource.

Par exemple, Fegley [11] a évalué le taux de récupération de la biomasse d'*A. nodosum* sur des parcelles coupées à 18 cm, 36 cm et comparées à des parcelles témoin. Au bout de 12 mois, les plantes coupées à 36 cm du crampon avaient repoussé de telle sorte qu'il n'y avait pas de différence apparente dans le pourcentage moyen de couverture par rapport à la première année. Ainsi, visuellement, un temps de repos de 12 mois peut sembler suffisant pour rouvrir une zone à la récolte. Cependant il précise que la récupération du pourcentage de couverture des plantes n'est pas une indication de la récupération de la biomasse [13 et références incluses]. Deux ans après la récolte expérimentale, la biomasse moyenne des parcelles coupées à 36 et 18 cm était respectivement de 88 % et 67 % de la biomasse moyenne des parcelles témoins. Les taux de récupération apparaissent élevés face à ceux obtenus dans le cadre de notre étude (37,7% au bout de 13 mois contre 48% au bout de 21 mois) mais il faut souligner que le temps de repos a été plus court de trois mois et que la récolte a été faite pendant la période de croissance de l'espèce. Fegley conclut que dans la plupart des cas, les communautés d'*Ascophyllum* se rétablissent en deux ans d'après ses résultats. Des récoltes répétées à des intervalles plus courts peuvent ne pas permettre la récupération de l'habitat.

Keser et al. [15] ont également constaté que l'on obtenait moins de biomasse chaque année sur trois années successives (1973-1976) de coupe expérimentale du couvert d'*Ascophyllum* à 25 cm de hauteur dans le Maine, ce qui souligne l'importance d'une période de jachère plus longue entre chaque coupe. Ainsi, dans cette région, la récolte à la main à une taille minimum de 25 cm peut être réitérée tous les 3 ans et jusqu'à 5 ans dans certains sites particuliers [14].

Afin d'éclairer les débats sur cette question, la partie suivante vise à faire la synthèse de la réglementation, des moyens de gestion déployés et bonnes pratiques préconisées dans les autres pays qui exploitent cette algue.



En tout état de causes, les modalités de modification du découpage des jachères et de leur calendrier d'ouverture doivent s'appuyer sur des évaluations de biomasse et non de recouvrement et faire l'objet d'une décision collégiale avec les récoltants afin de limiter son impact pour la profession à court terme.

4. Quelle gestion de la ressource en *Ascophyllum nodosum* à l'étranger ?

L'objectif est d'évaluer comment se situe la France dans le contexte mondial vis-à-vis de la réglementation qui encadre la récolte de cette algue et d'examiner si certaines mesures pourraient être adoptées en Bretagne pour conforter une exploitation optimale des stocks.



Tableau 10 : Récapitulatif des mesures réglementaires et des recommandations définies dans différents pays où *A. nodosum* est récoltée à titre professionnel, d'après [16, 17, 18, 19, 20, 21, 22].

Etat / région	Périodicité et proportion de biomasse exploitée	Taille de coupe minimum	Suivi des prélèvements	Système de licence / autorisation	Système de quotas	Autres mesures / recommandations
Pays de Galles	Tous les 2 ans	10 à 20 cm	Non	Non	Non	Privilégier la récolte hors du pic de reproduction du printemps ; Récolter en tâches ; Limiter le piétinement.
Irlande	Tous les 3 à 5 ans	25 cm	Non	Non	Non	Un plan d'exploitation doit être déposé aux autorités compétentes si le site d'exploitation se trouve dans un secteur protégé.
Norvège	Tous les 4 à 6 ans	10 cm	Non	Non	Non	Les champs exploitables se trouvent sur des parcelles privées, l'exploitant doit obtenir l'autorisation par le propriétaire et en payer les droits d'accès.
Ecosse	Récolte tous les 3 à 4 ans en rotation. 25% de la biomasse récoltée dans les Outer Hebrides sur une superficie définie	30 cm	?	Oui		Une évaluation d'impact doit être faite si le site d'exploitation se trouve dans un secteur protégé.
Québec	50% de la biomasse totale	12,5 cm obligatoire 15 cm préconisés	Oui	Oui	Oui	Récolte en mosaïque (15 m de diamètre et 15 m entre les surfaces exploitées) ; Récolte préconisée hors du pic de reproduction.
Acadie (Canada, du New Brunswick à la Nouvelle Écosse)	17% au New Brunswick 25% en Nouvelle Écosse	?	Oui	Oui	Oui	Affûter son outil quotidiennement ; Éviter les secteurs où l'algue n'est pas solidement accrochée au substrat ; Plan de prélèvement à fournir aux autorités compétentes avant obtention du permis.
Maine (Etats-Unis)	En 2014 : 17 % de la biomasse tous les ans ou 50 % de la biomasse tous les 3 ans. Plus récemment : 17% tous les 5 ans environ	40 cm	Oui	Oui	Non	Privilégier la récolte en été après le cycle de reproduction. Une préconisation du PDT est d'avoir recours à une gestion sectorielle de la ressource à l'échelle de la côte : attribution d'un secteur à une entité pour une durée déterminée.



Le tableau 10 montre que la quasi-totalité des Etats ou régions a mis en place un système de jachère avec des période de repos biologique comprises entre deux et six ans. On constate ainsi que les durées de jachères définies en Finistère et dans les Côtes d'Armor (respectivement de 18 et 12 mois) sont en deçà de celles pratiquées ailleurs. Par ailleurs, des proportions de biomasse à exploiter sont parfois définies et comprises entre 17 et 50% de la biomasse totale. Ces proportions dépendent elles-mêmes des durées de jachères et sont couplées à un système de quotas qui définit les quantités maximales de biomasse qui peuvent être soustraites d'une zone.

Une taille minimale de coupe est définie dans chaque pays et comprise entre 10 et 40 cm, intervalle dans lequel se situe la France.

Parmi les autres mesures ou préconisations existantes, il est conseillé de récolter :

- En tâche ;
- Hors du pic de reproduction ;
- En évitant le piétinement ;
- Avec un outil affûté quotidiennement ;
- En évitant les secteurs où l'algue n'est pas solidement accrochée pour éviter l'arrachage.

Certaines de ces pratiques font déjà l'objet d'une mise en œuvre par tout ou partie les récoltants d'*A. nodosum* et doivent être généralisées.

Globalement, on constate ainsi que l'encadrement de la récolte de l'espèce semble en adéquation avec le cadre réglementaire des autres pays, excepté pour la durée de son repos biologique qui apparaît plus basse en France, où tous les champs d'*A. nodosum* ne sont par ailleurs pas intégrés au réseau de jachère. Dans le cadre du suivi de celles-ci, plusieurs évaluations de biomasse ont été réalisées depuis 2017. La partie suivante fait état des résultats de ces évaluations.



5. Bilan des évaluations de biomasse exploitable

5.1. Protocole mis en œuvre

Le travail réalisé s'est appuyé sur le protocole qui avait été mis en œuvre dans le cadre du programme Biomasse Algue afin d'évaluer la ressource moyenne exploitable d'*A. nodosum* par m² au sein des jachères. Celui-ci est fourni en annexe 2.

Il a été à nouveau déployé dans le cadre du projet AGRID sur les jachères des deux départements concernés qui étaient accessibles à pied et majoritairement avant l'ouverture de celles-ci. Certaines évaluations ont également été faites à la fin de la période d'exploitation.

Afin de disposer d'une vision plus large de la ressource exploitable à l'échelle régionale, ce travail a également été mené sur d'autres secteurs qui semblaient présenter des enjeux en termes de conservation de la biomasse (champs exploités hors du réseau de jachère ou par le secteur conchylicole et pour lesquels les prélèvements ne sont pas connus précisément). Cela permettra notamment d'évaluer la nécessité de les intégrer au réseau de jachères existant.

5.2. Résultats des suivis terrain

Les cartes ci-après présentent les résultats des différentes évaluations de biomasse moyenne exploitable (< 30 cm) réalisées sur les jachères du Finistère, des Côtes d'Armor et dans d'autres secteurs de Bretagne en cercles proportionnels. Lorsqu'une évaluation a été faite avant et après la période d'exploitation, la proportion de biomasse moyenne restante sur la jachère est précisée en pourcentage.

Evaluation de biomasse moyenne (en kg/m²) en *A. nodosum* dans les jachères du Finistère

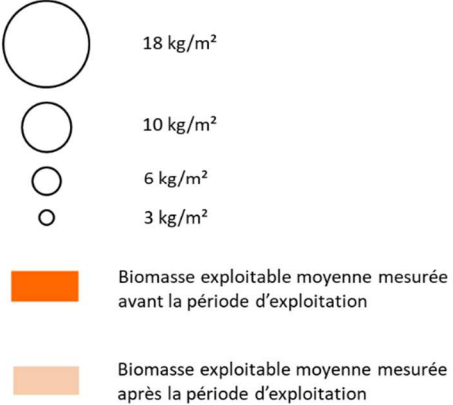
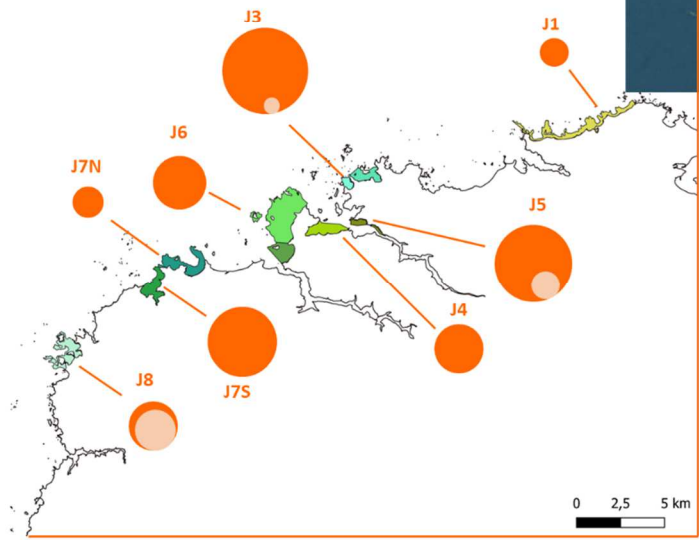


Figure 12 : Résultats des évaluations de biomasse moyenne exploitable en kg/m² dans les jachères (identifiées J+x en orange) du Finistère au cours du programme Agrid avant et / ou après l'ouverture de la récolte.

Evaluation de biomasse moyenne (en kg/m²) en *A. nodosum* dans les jachères des Côtes d'Armor

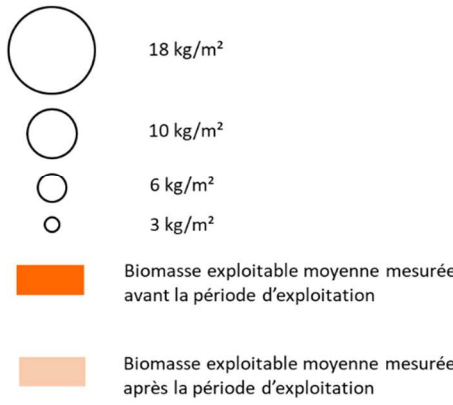
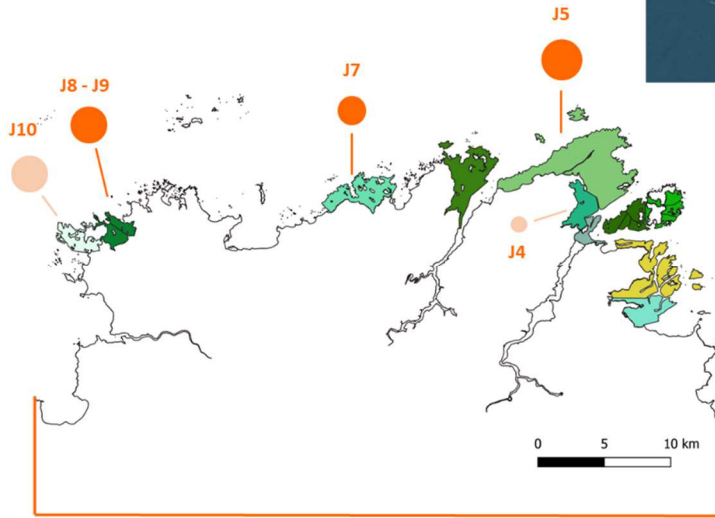


Figure 13 : Résultats des évaluations de biomasse moyenne exploitable en kg/m² dans les jachères des Côtes d'Armor au cours du programme Agrid avant et / ou après l'ouverture de la récolte.

On constate que les jachères costarmoricaines ont été moins prospectées que celles du Finistère, notamment en raison de l'accessibilité limitée en l'absence d'un moyen de transport adéquat (tracteur). De plus, celles qui entourent Bréhat ne font plus l'objet d'une exploitation.

Par ailleurs, la biomasse moyenne exploitable mesurée avant l'ouverture de la récolte y est plus basse (7,7 kg/m²) que sur celles du Finistère (11,4 kg/m²) et s'approche de la valeur seuil définie par Ifremer pour ouvrir une jachère à la récolte.

L'évaluation réalisée en 2017 dans les Côtes d'Armor avait permis d'enregistrer des valeurs plus élevées, avec en moyenne 8,6 kg/m² de biomasse exploitable, sans tenir compte des jachères entourant Bréhat où la biomasse - non récoltée - est logiquement plus importante.

En Finistère, la quasi-totalité des jachères a fait l'objet d'une évaluation (exceptée J2).

Les jachères J4 et J5 avaient été prospectées en 2017 avant ouverture et montraient respectivement des valeurs comparables (9,72 kg/m² contre 9,75 kg/m² en 2022 sur J4) ou inférieures (7,71 kg/m² contre 16 kg/m² en 2022).

La diminution de biomasse exploitable entre le début et la fin de la période d'exploitation apparaît fluctuante en fonction de la jachère concernée (82% sur J3 contre 19 % sur J8). Il faut préciser que sur la jachère J8, l'ouverture de récolte a eu lieu durant la période de reproduction de l'algue où celle-ci gagne du poids. Sur cette jachère peu exploitée, la diminution de biomasse moyenne exploitable doit être mise en lien avec la perte des conceptacles sexuels.

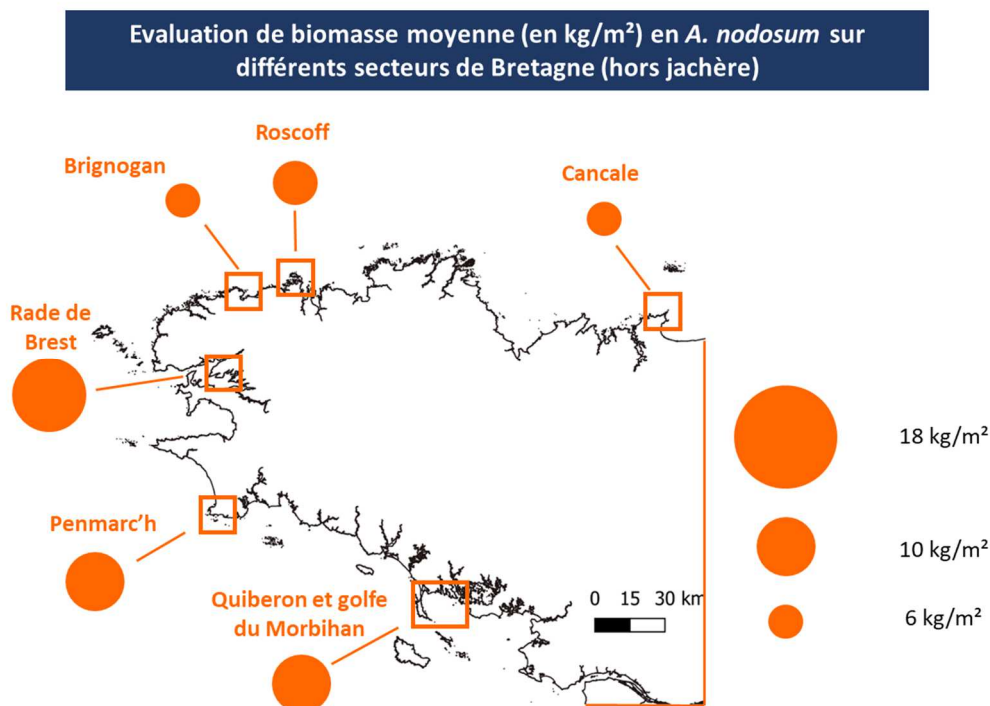


Figure 14 : Résultats des évaluations de biomasse moyenne exploitable en kg/m² dans les secteurs non intégrés au réseau de jachères breton au cours du programme Agrid.

Enfin les secteurs prospectés hors jachères peuvent être distingués selon l'existence ou non d'une récolte récente : la biomasse moyenne exploitable la plus basse est observée à Cancale où une partie des champs est exploitée pour l'ostréiculture. A proximité de ceux-ci, la biomasse mesurée n'atteignait que 4 kg/m²



après la période de Noël pendant laquelle l'algue est récoltée pour l'ornement des bourriches. Une amélioration a néanmoins été remarquée depuis la précédente évaluation datant de 2017 où l'état de la ressource n'avait pas permis de faire de prélèvement. La rade Brest montre quant à elle une biomasse exploitable moyenne la plus élevée avec 12,2 kg/m², cohérente et en lien avec l'absence de récolte. Les autres secteurs montrent des valeurs moyennes entre 5,8 et 10 kg/m².

Par ailleurs, en s'éloignant des zones d'achat et de transformation des algues (essentiellement Finistère nord et Côtes d'Armor ?), les biomasses apparaissent plus élevées comme le montrent les biomasses moyennes mesurées à Penmarc'h et près du golfe du Morbihan.

5.3. Critique du protocole

L'évaluation de la biomasse moyenne par m² est un bon indicateur de suivi de la ressource disponible à l'exploitation sur les secteurs où celle-ci a lieu. Cependant, elle est fortement dépendante de l'opérateur qui est susceptible de cibler les secteurs à enjeux et ainsi provoquer un biais dans les résultats obtenus (surestimation de la biomasse exploitable réelle).

Une bonne manière de contourner celui-ci est d'utiliser les coordonnées GPS des quadrats qui sont systématiquement relevées. Cela permet de réitérer les prélèvements dans les mêmes secteurs, rendant comparables les résultats obtenus entre deux dates.

Par ailleurs, un autre biais peut être introduit par ce qu'on cherche à évaluer : les jachères sont des zones d'exploitation composées de parties facilement accessibles, donc exploitées en priorité, et de zones moins aisées d'accès qui sont par conséquent moins fréquentées pour la récolte. Il convient donc de préciser ce qu'on entend par « biomasse exploitable » : est-ce la biomasse située au-delà de 30 cm quelle que soit sa position sur l'estran ou cette même biomasse mais uniquement restreinte aux zones accessibles pour les récoltants et leur tracteur ? Ici nous avons davantage considéré la deuxième définition. L'avantage est que cela donne un aperçu plus réaliste de la part réellement exploitable. L'inconvénient est qu'on néglige la biomasse située dans les secteurs moins accessibles qui peut constituer un stock de reproducteurs pour le champ.

5.4. Interprétation et discussion

On constate que les biomasses les plus faibles sont mesurées dans les Côtes d'Armor, là où la durée des jachères est la plus courte (12 mois). C. Gollety [9 et références incluses] évoque que l'état des stocks en Bretagne peut aussi être influencé par la localisation de ces zones au sein de la distribution géographique de l'espèce et par le degré d'exposition de la zone. Néanmoins, on constate également une baisse de la biomasse exploitable depuis les cinq dernières années dans ce département, qui n'apparaît pas dans le Finistère. De précédents travaux [23 et références incluses] s'accordent à dire que le retrait de la canopée d'*A. nodosum* a en général pour conséquence le développement rapide d'une canopée de *Fucus spp.* suivi d'une restauration relativement lente (de deux à trois ans jusqu'à presque 20 ans) de la canopée d'origine. Les faibles biomasses mesurées dans les Côtes d'Armor pourraient ainsi être le résultat d'une restauration partielle de la biomasse entre les périodes de récolte. Le protocole « Jachère *Ascophyllum* » intègre désormais le suivi de la biomasse de *Fucus spp.* au sein des quadrats car son développement, associé à une perte de biomasse en *A. nodosum*, peut constituer un indicateur de cette récupération incomplète.

En effet, cela est lié au cycle de vie des *Fucus spp.* qui diffère de celui d'*A. nodosum*. Par exemple, *Fucus vesiculosus* se reproduit sur une large période de l'année, contrairement à *A. nodosum*. Le recrutement de *Fucus vesiculosus* peut être dense et rapide si *A. nodosum* a été enlevée de son substrat. Le remplacement rapide de la canopée d'*A. nodosum* par celle de *Fucus vesiculosus* a été observé à plusieurs reprises suite à des perturbations multiples [14]. Au-delà de la perte de biomasse exploitable, des prélèvements trop importants peuvent également modifier la communauté algale en place.



Il conviendrait de poursuivre les suivis d'*A. nodosum* sur des parcelles de contrôle autour des secteurs de récolte pour comparer leur état et évaluer l'impact à long terme de la récolte. Les zones de non-récolte devraient être définies dans le cadre d'un GT en concertation avec les récoltants.

Par ailleurs, certaines zones hors du réseau de jachères montrent des biomasses moyennes exploitables intéressantes qui pourraient justifier une intégration à ce réseau dans un contexte marqué par une augmentation de la demande pour cette algue. Il s'agit notamment des secteurs de Roscoff, Brignogan Plage et dans une moindre mesure Penmarc'h puisqu'il se situe loin des lieux de vente et de transformation.

Les suivis menés en rade de Brest ont quant à eux été écourtés étant donné les réticences politiques à l'installation d'une activité de récolte sur les communes de cette partie de la Bretagne. Le secteur de Quiberon et la baie du Morbihan montrent certes des biomasses intéressantes mais sur des surfaces restreintes et parfois difficiles d'accès. Il faut par ailleurs noter que le rapport Rebent de 2020 [24] mettait en évidence une dégradation importante de la couverture à *A. nodosum* sur le point stationnel de la Pointe de Berchis, suivi depuis 2007.

Pour préciser ces informations, une cartographie précise des peuplements pourrait être envisagée, sur des secteurs cibles étant donné leur coût de déploiement. Ces secteurs devraient être définis en concertation avec les récoltants en tenant compte des enjeux en présence (ressource exploitable, pression de récolte et dynamique d'évolution observée) dans l'objectif d'optimiser les mesures d'encadrement existantes pour la récolte de cette algue.

6. Conclusion générale

Après une forte diminution des tonnages d'*A. nodosum* récoltés amorcée dans la seconde partie du dernier siècle, on observe depuis les onze dernières années une hausse des prélèvements (cf. partie 1.1) à laquelle est associée une hausse de la demande.

Afin d'optimiser la récolte pour cette algue et de préserver la ressource et de manière plus générale les habitats constitués par les algues, les récoltants avaient demandé à ce qu'un système de jachère soit instauré. Ce dernier a évolué depuis sa mise en œuvre (cf. partie 1.2) et montre des résultats intéressants au vu des évaluations de biomasse réalisées ces dernières années en Finistère. Des ajustements sont manifestement à prévoir dans les Côtes d'Armor (cf. partie 5) et devront faire l'objet d'un travail de redéfinition du calendrier (allongement des périodes de jachère). Un travail d'harmonisation doit en effet être réalisé avec le calendrier d'ouverture des jachères du Finistère car la situation dans les Côtes d'Armor apparaît préoccupante au vu des biomasses moyennes exploitables mesurées sur les jachères et de la tendance à la diminution, récente mais forte, de la productivité dans ces secteurs.

Par ailleurs le suivi visant à évaluer l'impact d'une récolte estivale (partie 2) a mis en évidence que le recours à cette pratique n'avait pas permis aux individus des zones coupées de retrouver des longueurs moyennes comparables à celles des individus des zones témoin après deux années, bien que cela ait stimulé la pousse. Il faudrait donc envisager d'allonger la période de jachère sur les zones qui seraient récoltées en été. Il n'y a pas eu d'impact négatif sur la densité des juvéniles mis en évidence sur la durée du suivi (2 ans), qui apparaît relativement courte au vu du cycle de vie de l'espèce.

La diminution de la taille moyenne des individus sur plusieurs zones témoin entre l'été 2021 et l'été 2022 est un phénomène qu'il convient de surveiller. Une modification des vents dominants et des tempêtes associées a été évoquée comme une cause probable à la dégradation des thalles de *Fucus* et d'*Ascophyllum*, associée à des hivers plus doux qui sont favorables à la survie des patelles dont l'action limite l'implantation des individus d'*A. nodosum* [24].

En outre, le suivi visant à évaluer l'impact d'une récolte à une taille supérieure à 30 cm au bout de différents pas de temps a mis en exergue les difficultés de mise en pratique d'une coupe laissant davantage de longueur, malgré les bénéfices en termes de restauration de la biomasse. Il a également montré qu'un



allongement de la période de jachères était un autre moyen d'y parvenir et que la durée actuellement pratiquée dans les Côtes d'Armor (12 mois) ne fournissait pas de résultats satisfaisants, ce qui a été corroboré par les évaluations de biomasse réalisées dans ce département.

Enfin, les prospections et évaluations de biomasses faites en dehors du réseau de jachères ont mis en évidence l'existence de plusieurs spots d'intérêt en termes de biomasse exploitable dont l'intégration au réseau de jachère doit être discuté à la lumière de ces résultats et des pratiques actuelles.

Pour améliorer le suivi des populations d'*A. nodosum* et de l'impact de la récolte, il conviendrait d'envisager :

- La poursuite des évaluations de biomasses sur les jachères concomitante aux modifications qui seront apportées au réseau en place dans les Côtes d'Armor afin d'en évaluer la plus-value ;
- La réalisation d'une cartographie des populations et des surfaces concernées sur les secteurs cibles de récolte qui pourra être renouvelée dans le futur pour évaluer les modifications d'étendue et / ou de composition des champs ;
- La prolongation du suivi des zones témoin pour évaluer si des phénomènes semblables à celui de la période 2021-2022 (ex : réduction de la longueur des individus en l'absence de récolte) ont à nouveau lieu car cela apporte un éclairage à l'analyse des données de récolte réalisée annuellement ;
- Enfin, un travail entamé dans le cadre du programme Agrid a permis de mettre en lien les quantités d'*A. nodosum* récoltées avec l'effort de récolte à différentes échelles spatiales et notamment celles des jachères (cf. rapport d'analyse des données de récolte). Il permet d'évaluer l'évolution de la productivité sur ces unités de gestion et de mettre en évidence une éventuelle tendance à la diminution ou à l'augmentation de celle-ci au cours du temps. Il apparaît ainsi comme un indicateur de gestion pertinent pour moduler l'ouverture des jachères et le nombre d'autorisation de récolte par zone. Il nécessite par ailleurs le traitement annuel des données déclaratives de récolte transmises par les récoltants professionnels aux DDTM's bretonnes.



Remerciements

Le Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins de Bretagne, porteur du projet, remercie l'Europe, l'Etat et France Filière Pêche, financeurs du projet Agrid, et l'ensemble de ses partenaires : la Station Biologique de Roscoff, Agrocampus Ouest site de Beg Meil, les Comités Départementaux des Pêches Maritimes et des Elevages Marins du Finistère, des Côtes-d'Armor, du Morbihan et d'Ille-et-Vilaine, les DDTM du Finistère, des Côtes-d'Armor, du Morbihan et d'Ille-et-Vilaine, le Syndicat des Récoltants Professionnels d'Algues de Rive, la Chambre Syndicale des Algues et Végétaux Marins et le laboratoire LEMAR de l'UBO.

Le CRPEM remercie tout particulièrement les plus de 40 récoltants professionnels qui se sont mobilisés volontairement tout au long du programme pour porter main forte lors de la mise en œuvre des suivis de terrain.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Henry S., Taillens M., Laurans M., Frangoudes K. (2021). Histoires d'Algues en Finistère. 104 p. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00740/85159/>
- [2] Arzel Pierre (1989). Aménagement des pêcheries côtières de Nord-Bretagne algues crustacés. 155p. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00000/1591/>
- [3] Mesnildrey L., Jacob C., Frangoudes K., Reunavot M., Lesueur M., (2012). La filière des macro-algues en France. Rapport d'étude. NETALGAE – Interreg IVb. Les publications du Pôle halieutique AGROCAMPUS OUEST n°9, 38 p.
- [4] CRPMEM (2022). Rapport de synthèse du programme Biomasse Algues – évaluation et gestion de la biomasse exploitable en algues de rive. 67 pages + annexes.
- [5] Philippe M., (2013). Récolte des algues de rive : Guide de bonnes pratiques réalisé à l'initiative des professionnels de l'Agriculture Biologique dans le cadre du projet Almarbio par Inter Bio Bretagne, 54 p.
- [6] C. Wilding, H. Tillin, E. J. Stewart, M. Burrows, D. Smale (2021). Hand harvesting of seaweed: Evidence review to support sustainable management. 275 p.
- [7] Stromgren T. (1981). Individual variation in apical growth rate in *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis. *Aquat. Bot.* 10, pp. 377-382.
- [8] Cousens R. (1982). The Effect of Exposure to Wave Action on the Morphology and Pigmentation of *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis in South-Eastern Canada. *Botanica Marina*, 25(4), pp. 191-196.
- [9] Golléty C. (2008). Fonctionnement (métabolisme et réseau trophique) d'un système intertidal rocheux abrité, la zone à *Ascophyllum nodosum*, relation avec la biodiversité algale et animale. Thèse de doctorat Biodiversité et Ecologie. Paris 6. 279 p. [tel-01110988](tel:01110988)
- [10] Cousens R. (1986). Quantitative reproduction and reproductive effort by stands of the brown alga *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis in South-eastern Canada. *Estuar. Coast. Shelf. Sci.* 22, pp. 495-507.
- [11] Fegley J.C. (2001). Ecological implications of rockweed, *Ascophyllum Nodosum* (L.) le jolis, harvesting. *Electronic Theses and Dissertations* 397. 241 p.
- [12] Vadas R. L., Wright W.A., Miller S.L. (1990). Recruitment of *Ascophyllum Nodosum*: Wave Action as a Source of Mortality. *Marine Ecology Progress Series* 61(3), pp 263-272. DOI:10.3354/meps061263.
- [13] Johnson S. C., and Scheibling R. (1987). Structure and Dynamics of Epifaunal Assemblages on Intertidal Macroalgae *Ascophyllum-Nodosum* and *Fucus-Vesiculosus* in Nova-Scotia, Canada. *Marine Ecology Progress Series* 37(2-3), pp. 209-227. Doi : 10.3354/meps037209.
- [14] Maine Department of Marine Resources (2014). Fishery management plan for rockweed (*Ascophyllum nodosum*). 55 p.
- [15] Keser M., Vadas R. L. et Larson B. R (1981). Regrowth of *Ascophyllum nodosum* and *Fucus vesiculosus* under various harvesting regimes in Maine, U.S.A. *Botanica Marina* 24 :29-3.
- [16] Nature Resources Wales (2018). Detailed Guidance for Seaweed Harvesting – Hand Gathering. *Natural Resources Wales GN011* pp. 1-33.
- [17] Mac Monagail M., Cornish L., Morrison L, Araújo R. & Critchley A. T. (2017). Sustainable harvesting of wild seaweed resources, *European Journal of Phycology*, 52 : 4, pp. 371-390, DOI : 10.1080/09670262.2017.1365273.
- [18] Meland M. et Rebours C. (2012). The Norwegian seaweed industry. *Netalgae Project 1-2*, 11 p.

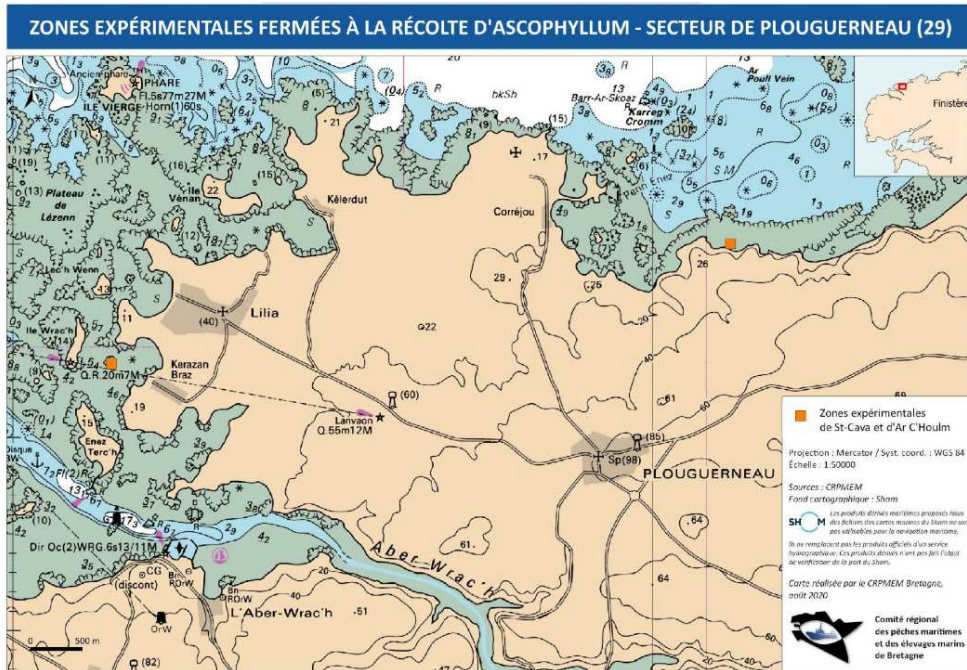


- [19] Scottish Government (2016). Wild Seaweed Harvesting. Strategic Environmental Assessment. Environmental Report. Report by Marine Scotland and ABPmer for Scottish Government. Webpage : <https://www.gov.scot/publications/wild-seaweed-harvesting-strategic-environmental-assessment-environmental-report/>
- [20] Urgate R. A. et Sharp G. (2001). A new approach to seaweed management in Eastern Canada: the case of *Ascophyllum nodosum*. *Cah. Biol. Mar.* (2001) 42, pp. 63-70.
- [21] Main Seaweed Council (2014). Harvester's Field Guide To Maine Seaweeds. 10 p. <https://www.seaweedcouncil.org/wp-content/uploads/MSC-Field-Guide-Aug-2014-FINAL-reformatted-new-url.pdf>
- [22] Cyfoeth Natural Cymru / Natural Resources Wales (2019). Detailed Guidance for Seaweed Harvesting – Hand Gathering. 33 pages. REVIEW OF A FUCOID SEAWEED HARVEST PROPOSAL IN KANGIRSUK, NUNAVIK, QUEBEC. 33 p.
- [23] Ingolfsson A. et Hawkins S.J. (2008). Slow recovery from disturbance: a 20 year study of *Ascophyllum* canopy clearances. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 2008, 88(4), pp. 689–691.
- [24] Derrien-Courtel S., Ar Gall E., Decaris F.-X., Derrien R., Le Duff M., Le Gal A. (2021). Le REBENT-II Bretagne - Surveillance du Benthos du littoral breton. "Rapport final-Vf1-16/12/2021 - Année 2020". 117p.

ANNEXES

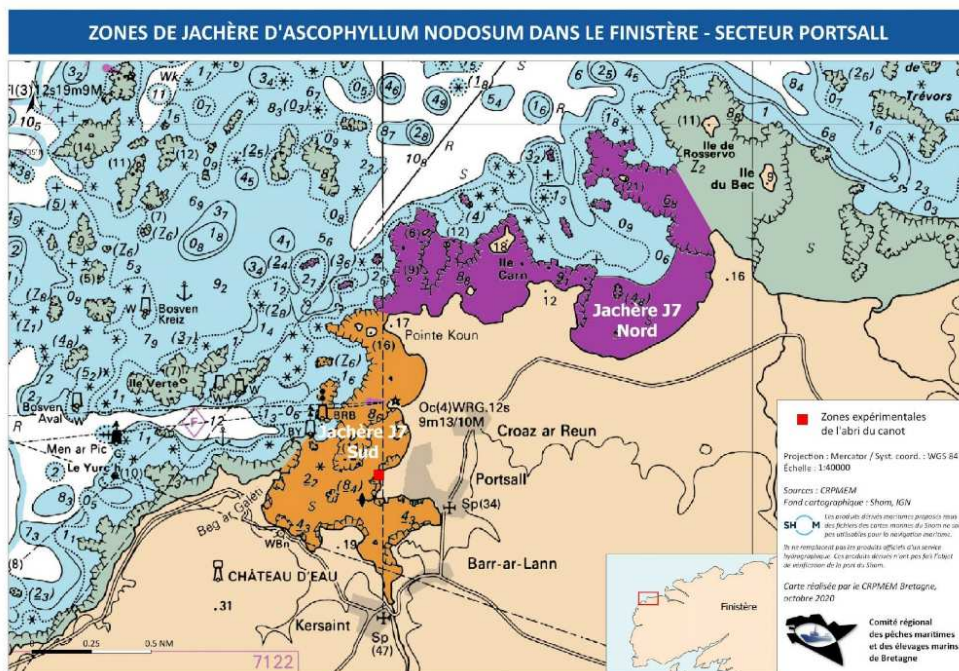
Annexe 1 : Informations complémentaires sur les sites de suivi à *A. nodosum*

1. Plouguerneau (Saint-Cava et Ar Choulm) :



Coordonnées GPS : 48° 36' 53 N, 4° 34' 14 O (Saint-Cava) et 48°37'30.2 N, 4°29'23.3 O (Ar Choulm). La première zone d'étude est située au cœur d'un secteur exploité, sur la face la moins exposée d'un îlot. Le substrat entourant les rochers est sableux. L'exposition à la houle est faible. La seconde est dans un secteur non accessible en tracteur donc non exploitée. L'exposition (nord) est plus importante.

2. Portsall :



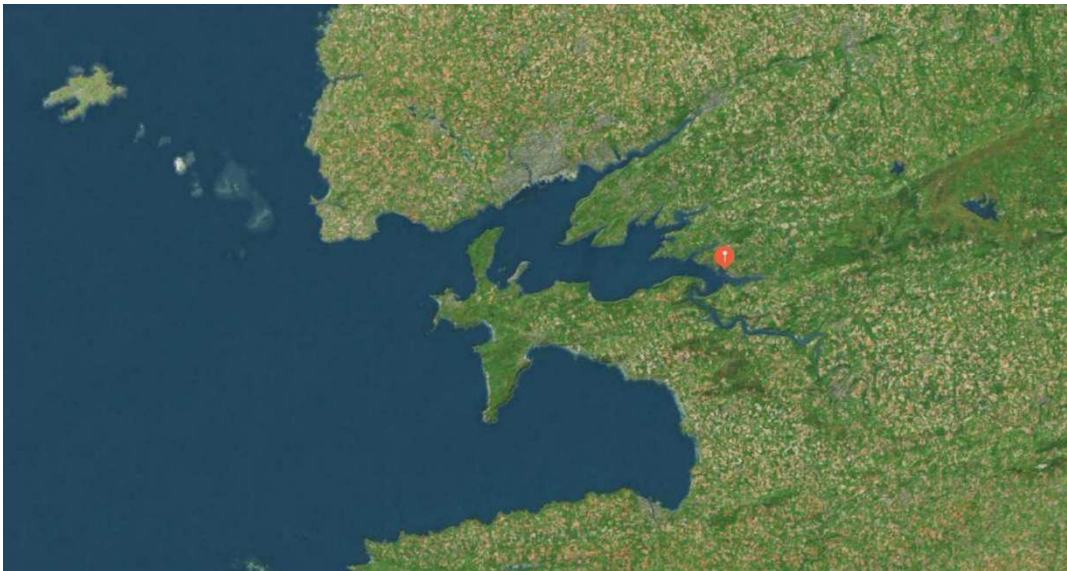
Coordonnées GPS : 48°33'32.292 N, 4°42'21.563 O. La zone d'étude est située au cœur d'un secteur exploité, intégré au réseau de jachère. La population est dense et le substrat entourant les rochers est sableux. L'exposition est modérée.

3. Ploudalmézeau



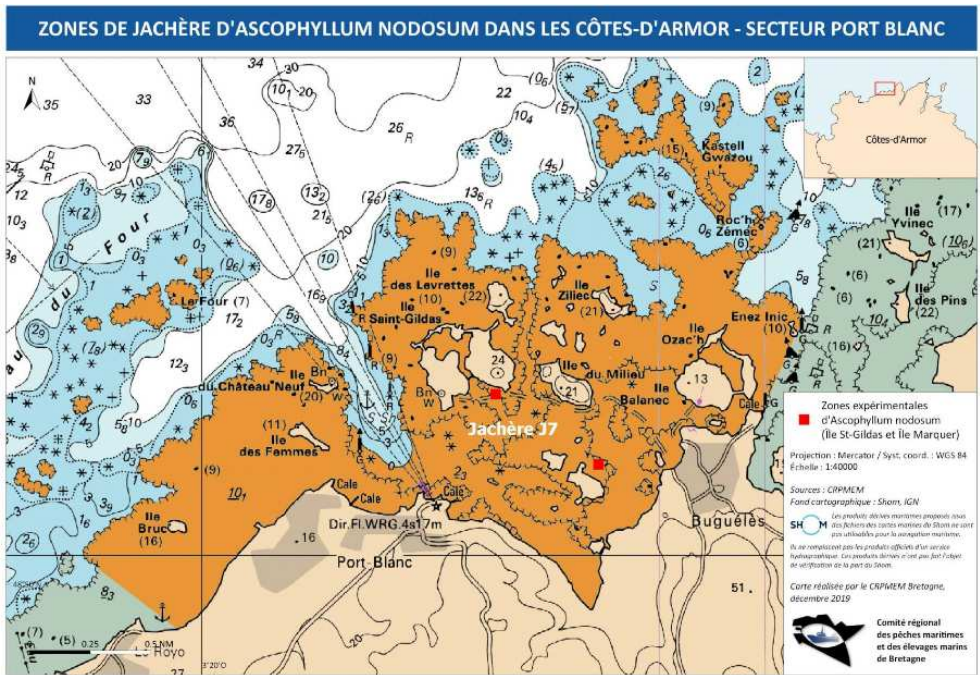
Coordonnées GPS : 48°34'26.436 N, 4°41'34.439 O. La zone d'étude n'est pas exploitée en raison de l'absence d'accès par un tracteur. La population est dense et le substrat entourant les rochers est sableux. L'exposition est modérée.

4. Pointe du Glugeau



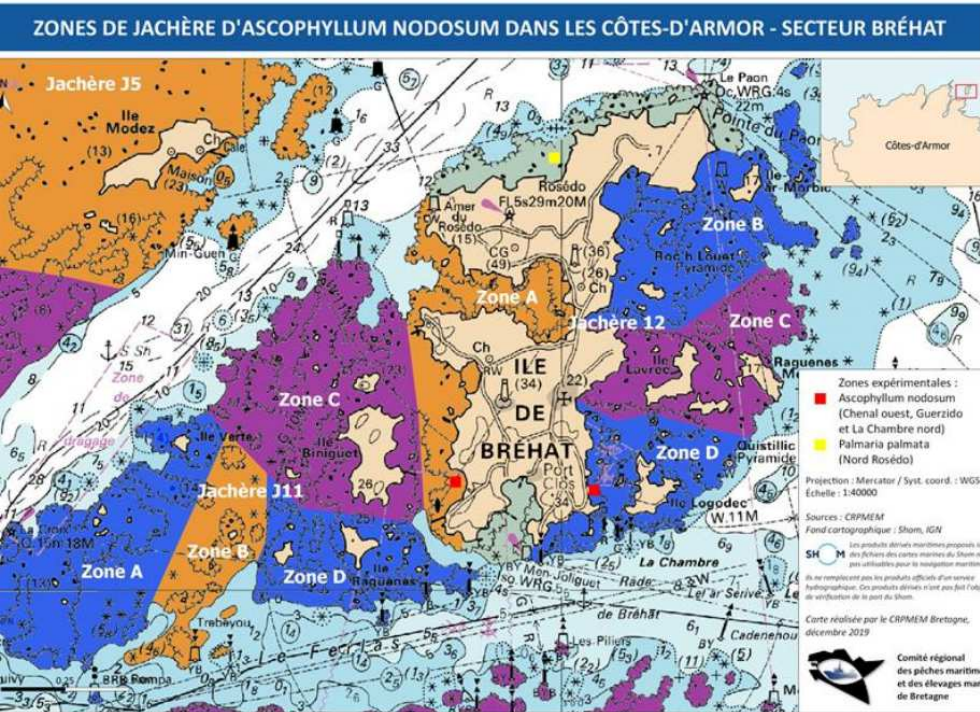
Coordonnées GPS : 48°18' 11.448 N, 4°14.18.023 O. La zone d'étude est située au fond de la rade de Brest sur de la roche feuilletée, en secteur très vaseux. Les individus sont très longs et denses et n'ont pas fait l'objet d'une exploitation. L'exposition est très faible.

5. Penvénan (Saint Gildas et Ile Marquer) :



Coordonnées GPS : 48° 50' 39 N, 3° 18' 9 O (Saint-Gildas, à l'ouest) et 48° 50' 23 N, 3° 17' 31 O (Ile Marquer). Les deux zones sont situées au cœur d'un secteur exploité, intégré au réseau de jachère. La population est dense et le substrat entourant les rochers est vaseux (Ile Marquer) à sablo-vaseux (Saint-Gildas). L'exposition est faible.

6. Bréhat :



Coordonnées GPS : 48°50'25.332 N, 3°0'37.908 O (au sud-ouest) et 48° 50' 22 N, 2° 59' 48 O (au sud-est : la Chambre nord et Guerzido). Les zones ne sont pas exploitées depuis plusieurs années. Le couvert algal est dense mais composé d'un faible nombre d'individus, longs. Le substrat entourant les rochers est vaseux. L'exposition est faible.

Annexe 2 : Protocole jachère *Ascophyllum nodosum* (issu du projet Biomasse Algue)

- **Matériel**

- Quadrats 1 m²
- GPS
- Sac de pesée + peson
- Règle ou mètre ruban
- Outil pour couper
- Fiche terrain
- Appareil photo

- **Méthode**

La simplicité d'application du protocole lors de visites terrain est de mise. Il se base sur le protocole d'évaluation de la biomasse de la Station Biologique de Roscoff à la différence près que le nombre de quadrats est doublé ici.

Il s'agit d'évaluer la biomasse récoltable (individus de + 30 cm) sur une surface de 1 m², et ceci 10 fois au hasard sur l'ensemble exploitable de la jachère (si elle est très étendue, renouveler sur plusieurs portions de la jachère).

En pratique :

- disposer de manière aléatoire le quadrat de 1 m²
- relever les coordonnées GPS du quadrat
- mesurer la longueur de quelques individus dans le quadrat (Lmax ; si coupe, mesurer jusqu'à l'endroit de la coupe)
- couper les individus récoltables d'*Ascophyllum*, les peser dans le sac à l'aide du peson et noter le poids
- couper le fucus, le peser et noter le poids
- répéter l'opération de façon à obtenir 10 valeurs de poids

PROTOCOLE JACHERE ASCOPHYLLUM					
DATE					
LIEU					
EQUIPE					
HORAIRE BM/ COEF					
Quadrat	Coordonnées GPS	Taille individus Asco adultes	Poids Asco (en kg >30cm)	Poids Fucus (kg)	Commentaires (zone récoltée, perturbation, n° photo)
1					
2					
3					
4					
5					
6					