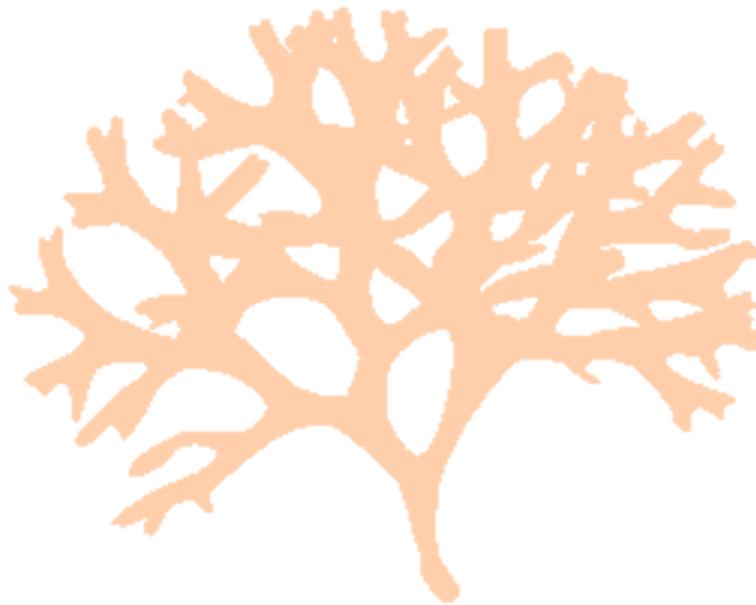




CRPMEM Bretagne

Evaluation d'impact de différentes intensités de récolte sur *Chondrus crispus* et *Mastocarpus stellatus* 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

SOMMAIRE	1
INTRODUCTION	2
1. Historique de la récolte de <i>Chondrus crispus</i> et <i>Mastocapus stellatus</i> et dynamique.....	5
2. Protocole mis en œuvre, sites suivis et méthodologie.....	6
3. Résultats des suivis terrain et analyse	7
3.1. Impact de l'intensité de récolte sur la biomasse récoltée à chaque période et pour chaque site	9
3.2. Impact de l'intensité de récolte sur la biomasse cumulée récoltée par an et par site	11
3.3. Impact de l'intensité de récolte sur le recouvrement par <i>C. crispus</i> et <i>M. stellatus</i>	12
3.4. Impact de l'intensité sur le recouvrement par l'espèce secondaire	13
4. Bilan des résultats et critique du protocole.....	15
5. Interprétation et discussion.....	17
6. Réglementation et bonnes pratiques dans les autres pays	20
7. Analyse des données déclaratives de récolte.....	22
CONCLUSION	23
BIBLIOGRAPHIE.....	25
ANNEXES	27



LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Evolution des quantités de lichens (en tonnes et en poids frais) récoltées chaque année par les récoltants d'algues de rive de 1953 à nos jours en Bretagne nord (Morbihan exclu) d'après Arzel P. (1989) et les données déclaratives des récoltants professionnels fournies aux DDTM's bretonnes.	5
Figure 2 : Quadrat utilisé pour évaluer le recouvrement par les lichens et réaliser la récolte.	7
Figure 3 : Carte de localisation des différents sites de suivi de <i>Chondrus crispus</i> et <i>Mastocarpus stellatus</i>	7
Figure 4 : Graphiques représentant l'évolution du recouvrement par les lichens à Plouguerneau, Landunvez et au Guilvinec sur les zones récoltées 0 (en haut à gauche) à 3 fois par an (en bas à droite) en % et en diagramme en bâtons. La courbe rouge représente l'évolution de la biomasse moyenne récoltée par quadrat en kg/m ² . Les barres d'erreur représentent l'erreur-type.	8
Figure 5 : Biomasses moyennes récoltées sur les différentes zones de chaque site à la fin de la période de suivi (mai 2022). Les barres d'erreur représentent l'erreur-type.	10
Figure 6 : Graphique présentant l'évolution du recouvrement (en %) du <i>Fucus serratus</i> au sein des quadrats dans les différentes zones suivies sur le site de Plouguerneau.	14
Figure 7 : Vue aérienne du site d'étude du Guilvinec.	20
Figure 8 : Vue aérienne du site d'étude à Landunvez.	20
Figure 9 : Evolution des tonnages de <i>C. crispus</i> et <i>M. stellatus</i> récoltés en Bretagne de 2017 à 2021 et effort de récolte associé, d'après les données déclaratives de récolte transmises par les récoltants professionnels aux DDTM's bretonnes.	22
Figure 10 : Evolution des quantités de lichens récoltées depuis 2017 en kg et en poids frais, d'après les données déclaratives des récoltants professionnels fournies aux DDTM's bretonnes.	22



LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : P-values obtenues à l'issue des tests de Kruskal-Wallis effectué pour évaluer l'existence de différences significatives entre les biomasses mesurées à l'état final (mai 2022) sur les quatre zones de chaque site. La présence d'astérisque(s) indique l'existence d'une différence significative selon différents seuils (* : p-value < 0,05 ; ** : p-value < 0,01).	10
Tableau 2 : P-values obtenues à l'issue du test de Wilcoxon en boucle réalisé sur les différentes zones de Plouguerneau. La présence d'astérisque indique l'existence d'une différence significative selon un seuil de 95%.	11
Tableau 3 : Somme des moyennes des biomasses (Bcum.) pour chaque site et en fonction de chaque intensité de récolte sur deux périodes successives. En orange foncé : Bcum. < 0,5 kg/m ² ; en orange clair : 0,5 kg/m ² < Bcum. < 1 kg/m ² ; en vert clair : 1 kg/m ² < Bcum. < 2 kg/m ² ; en vert foncé : Bcum. > 2 kg/m ² . Les cases sont colorées selon un gradient allant de l'orange foncé (biomasses faibles) au vert foncé (biomasse élevée).	12
Tableau 4 : P-values obtenues à l'issue du test de Kruskal-Wallis réalisé sur toutes les zones récoltées une, deux ou trois fois pour tous les sites confondus.	12
Tableau 5 : P-values obtenues à l'issue des tests de corrélation de Pearson effectués pour évaluer l'existence d'une corrélation entre les biomasses moyennes et les recouvrements mesurés à différentes périodes en fonction de l'intensité de récolte par an. 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).	13
Tableau 6 : Recouvrement à l'état initial et final par <i>Fucus serratus</i> en fonction de la zone considérée à Plouguerneau et les p-values obtenues à l'issue des tests de Wilcoxon effectués pour évaluer l'existence de différences significatives. La présence d'un astérisque indique une différence significative avec un seuil de 5%.	14
Tableau 7 : Récapitulatif de l'évolution de la biomasse en lichens en fonction de l'intensité de récolte sur les différents sites.	15
Tableau 8 : Récapitulatif de l'évolution du recouvrement par les lichens en fonction de l'intensité de récolte sur les différents sites.	15
Tableau 5 : Récapitulatif des mesures mises en place dans d'autres pays où s'effectue la récolte des lichens à titre professionnel, d'après [11], [12], [17]	21

INTRODUCTION

Chondrus crispus et *Mastocarpus stellatus* (communément appelés lichens dans la région Bretagne) sont deux algues récoltées de manière indifférenciée et exclusivement à la main sur le littoral. Utilisées pour leurs propriétés gélifiantes, leur exploitation se développe réellement au début du 20^{ème} siècle et sert à alimenter l'industrie des carraghénanes [2]. Depuis le début des années 1970, on observe de manière concomitante une forte diminution des quantités récoltées sur les côtes bretonnes [3] et une importante réduction du nombre de personnes les ramassant [4].

D'après plusieurs récoltants professionnels, la diminution du stock exploitable de lichens pourrait être due à la diminution de l'activité de récolte. Autrement dit, la récolte de ces algues aurait favorisé son maintien et son renouvellement sur nos côtes tandis que la forte diminution de cette pratique aurait mené au fil du temps à la régression des champs. Les membres du Groupe de travail Algues de rive du CRPMEM Bretagne (Comité régional des pêches maritimes et élevages marins) de Bretagne ont demandé la mise en œuvre d'un protocole permettant la confirmation de cette hypothèse, afin d'obtenir des éléments validés scientifiquement et, le cas échéant, permettant de faire évoluer le cadre de gestion.



Pour rappel, la récolte est autorisée du 1^{er} mai au 31 octobre de chaque année. Les lichens avaient déjà été étudiés dans le cadre du programme Biomasse Algues [1]. Sur la base de l'analyse des données déclaratives 2013-2015, les secteurs présentant les plus hauts niveaux d'exploitation ont été retenus afin de mettre en place des évaluations de biomasse avant et après la période de récolte des années 2017 et 2018. Les mesures étaient donc réalisées en condition réelles de récolte, cependant les pratiques précises n'ont pas été analysées. Ces travaux avaient montré que la biomasse moyenne relevée sur 5 champs étudiés au début de la période d'exploitation 2018 n'avait pas retrouvé son niveau de l'année précédente à la même période, mais certains sites ne suivaient pas cette tendance. Le croisement de ces données avec celles issues des déclarations de récolte fournies par les professionnels avaient montré que leur évolution semblait indépendante de l'exploitation qui y avait été réalisée. En l'absence d'indication précise concernant les pratiques de récolte et leur intensité, l'interprétation des données obtenues demeurait délicate. Cela a donc permis de disposer de mesures de référence de la biomasse sur des secteurs à enjeux du littoral breton. Il sera ainsi possible d'y réitérer ces suivis dans le futur pour évaluer s'il existe une diminution de la biomasse moyenne pour ces espèces. Enfin, dans le cadre de ce programme, la saisie et le traitement des données déclaratives de récolte par les professionnels ont été initiés, ce qui a permis de mettre à disposition du CRPMEM une série de données sur les prélèvements réalisés à une échelle spatiale et temporelle fine.

Dans le cadre du programme Agrid, un protocole a été mis en œuvre pour évaluer l'impact de différentes intensités de récolte, réalisées au cours de deux années consécutives, sur l'état de la ressource. Des études de ce type ont été faites par le passé dans différentes régions du monde [5], [6] et en Bretagne [7] mais ces travaux étaient limités dans le temps et ne permettaient pas de mesurer les effets cumulés de la récolte. Nos travaux se sont portés sur des zones délimitées et fermées à la récolte par les professionnels afin de mesurer finement les impacts des prélèvements auxquels nous avons précédé.

Afin de répondre à la problématique posée, l'étude se propose dans un premier temps de rappeler quelques éléments historiques relatifs à l'exploitation de ces algues, les résultats de l'expérience menée sont présentés dans un second temps. Enfin, sur la base d'un examen de la réglementation et des bonnes pratiques définies dans d'autres pays, des préconisations de récolte sont fournies.

1. Historique de la récolte de *Chondrus crispus* et *Mastocarpus stellatus* et dynamique

Sur la base des données collectées par Pierre Arzel [3] à partir de la seconde moitié du 20^{ème} siècle, puis grâce aux données déclaratives des récoltants professionnels d'algues de rive, il a été possible de réaliser le graphique n°1 ci-dessous. Il montre l'évolution des tonnages de lichens récoltés sur une série temporelle longue de près de 70 ans, avec toutefois des lacunes à la jonction entre le 20^{ème} et le 21^{ème} siècle. Il permet tout de même d'apprécier la tendance générale d'évolution de la récolte pour ces algues.

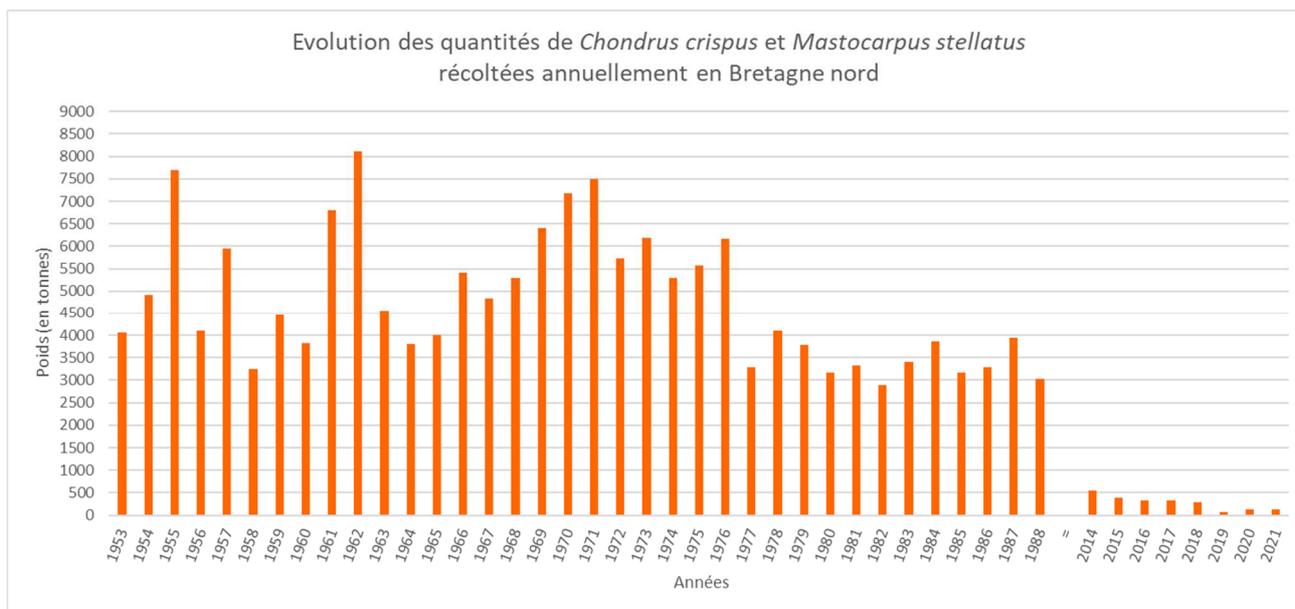


Figure 1 : Evolution des quantités de lichens (en tonnes et en poids frais) récoltés chaque année par les récoltants d'algues de rive de 1953 à nos jours en Bretagne nord (Morbihan exclu) d'après Arzel P. (1989) et les données déclaratives des récoltants professionnels fournies aux DDTM's bretonnes.

On constate des fluctuations importantes dans les prélèvements pendant la première décennie, avec des quantités qui varient du simple au double, suivies par une phase où les prélèvements augmentent régulièrement jusqu'au début des années 70, correspondant à une période où les transformateurs industriels demandent davantage de matière première et encouragent la récolte [2].

En 1974, Kopp et Perez [8] alertent sur la nécessité d'organiser la récolte sur le territoire national en tenant compte du cycle biologique de l'espèce, face au constat d'une surexploitation de certains champs à l'échelle mondiale, tels que ceux d'Indonésie qui étaient alors menacés de disparition. R. Kass [9] évoque, dans le cadre d'une étude portant sur les conséquences du naufrage de l'Amoco Cadiz (mars 1978, Finistère nord) sur les populations algales en 1980, que l'appauvrissement des populations de *C. crispus* se serait amorcé dès 1972 et se serait étendu dans le nord-Finistère après avoir touché les côtes du Cotentin.

Au début des années 80, la récolte a été divisée par deux par rapport à la décennie précédente mais malgré cela, la France demeurait au troisième rang de la production française de carraghénanes et l'activité de récolte y concernait alors environ 1700 personnes [2].

Entre 1988 et 2014, la récolte a été divisée par 6. En 2021, la récolte des deux espèces ne représente plus que 138 tonnes et elle est réalisée par moins d'une soixantaine de récoltants.

La diminution des quantités récoltées et de l'intensité de récolte au cours des cinq dernières décennies est un fait avéré mais il n'est pas possible d'établir un lien de cause à effet sur les tendances observées. Des modifications dans la demande du marché ont en effet pu influencer les pratiques.



2. Protocole mis en œuvre, sites suivis et méthodologie

Le suivi réalisé vise à évaluer si la récolte influence l'évolution de la biomasse de *Chondrus crispus* et *Mastocarpus stellatus* et de quelle manière. Pour cela, sur chaque site suivi, quatre 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 une fois par an à la date réglementaire d'ouverture de la récolte (mai) ;
- Une zone récoltée deux fois par an, à la date réglementaire d'ouverture (mai) et de fermeture de la récolte (octobre) ;
- Une zone récoltée trois fois par an : en mai, en juillet (généralement le principal mois de récolte) et en octobre.

La taille des zones a été définie en tenant compte de la taille des quadrats de suivi et du temps nécessaire pour récolter intégralement chaque zone ; le temps des suivis étant contraint par la durée d'exondation des champs de lichens.

Suite aux préconisations du programme Biomasse Algues, le choix a été fait de fermer les zones à la récolte de manière à pouvoir contrôler précisément les prélèvements et leur intensité, et ainsi, mesurer l'impact associé en s'affranchissant des pratiques individuelles pouvant être mise en place lors de récolte professionnelle. L'intensité de récolte qui est assignée à chacune d'entre elles fait l'objet d'un tirage au sort afin de s'affranchir d'un éventuel gradient longitudinal. Ces zones ont été fermées à la récolte par décision du CRPMEM et l'information est transmise chaque année aux entreprises de récolte.

Les suivis ont lieu trois fois par an, aux mois de mai, juillet et octobre durant la période allant de mai 2020 à mai 2022. Ils nécessitent de mobiliser 3 à 4 personnes pour 2 à 3h autour de la basse-mer lors des coefficients minimum de 90. Ils consistent à disposer aléatoirement au sein de chaque zone un minimum de quatre quadrats d'un m² subdivisé en 25 carrés et de reporter le recouvrement par les lichens (sans distinction des 2 espèces) au sein de chacun des carrés selon un indice allant de 0 à 4 correspondants aux classes suivantes :

Indice	0	1	2	3	4
Classe	Recouvrement nul	Recouvrement de]0 ; 25%]	Recouvrement de]25 ; 50%]	Recouvrement]50 ; 75%]	Recouvrement de]75 ; 100%]

La seconde espèce la plus présente après les lichens dans chaque quadrat fait aussi l'objet d'une évaluation de recouvrement, selon ces mêmes classes. Sur les zones et périodes pour lesquelles une récolte est programmée, la biomasse de lichens de chaque quadrat est prélevée à la main 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. La récolte est faite uniformément sur l'ensemble de la zone et non en tache comme préconisé par le guide de bonnes pratiques IBB [10], afin de limiter le biais qui pourrait être introduit par cette méthode, en fonction de l'opérateur. La zone témoin a été récoltée une seule fois à la fin de la période de suivi, soit en mai 2022.



Figure 2 : Quadrat utilisé pour évaluer le recouvrement par les lichens et réaliser la récolte.

Le suivi est réalisé sur trois sites distincts du Finistère puisque la récolte de lichens s’y concentre : à Plouguerneau, Landunvez et au Guilvinec. Des informations complémentaires sur ces sites sont fournies en annexe 1.

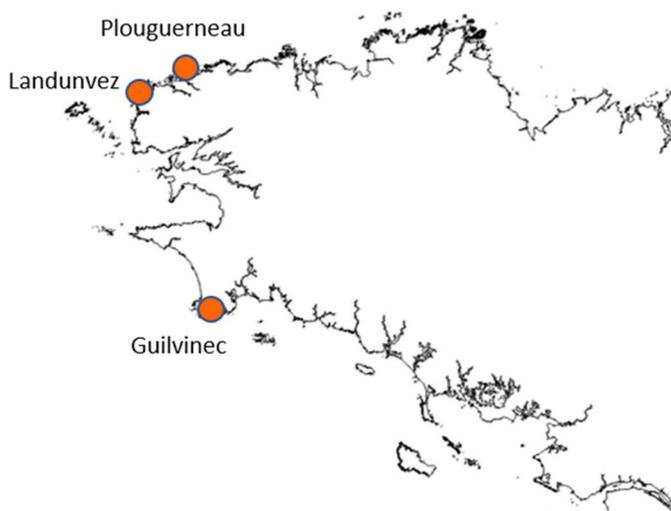


Figure 3 : Carte de localisation des différents sites de suivi de *Chondrus crispus* et *Mastocarpus stellatus*.

Les traitements statistiques consistent à réaliser des comparaisons des biomasses moyennes et des recouvrements moyens sur les différentes zones et sites suivis en utilisant le test de Kruskal-Wallis car tous les échantillons ne suivent pas une loi normale. Lorsque deux échantillons sont comparés, le test de Wilcoxon-Mann-Withney est réalisé. Les données sont représentées graphiquement sous R. Un test de corrélation de Pearson entre le recouvrement par les lichens et la biomasse prélevée est aussi réalisé.

3. Résultats des suivis terrain et analyse

Les graphiques ci-dessous présentent simultanément deux paramètres : le recouvrement moyen par les lichens et la biomasse moyenne de lichens récoltée au sein des différents quadrats pour chaque zone au sein de chaque site.

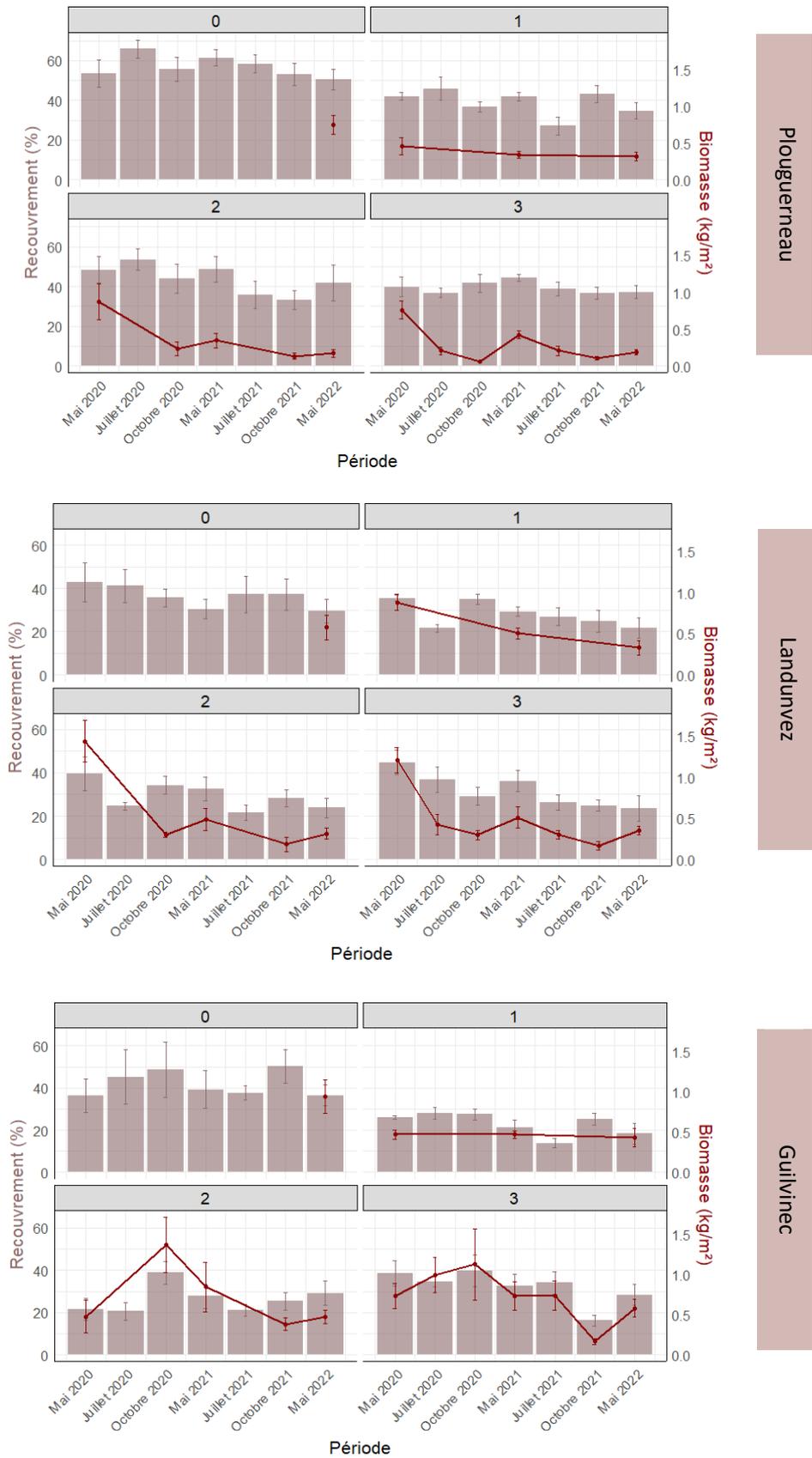


Figure 4 : Graphiques représentant l'évolution du recouvrement par les lichens à Plouguerneau, Landunvez et au Guilvinec sur les zones récoltées 0 (en haut à gauche) à 3 fois par an (en bas à droite) en % et en diagramme en bâtons. La courbe rouge représente l'évolution de la biomasse moyenne récoltée par quadrat en kg/m². Les barres d'erreur représentent l'erreur-type.



3.1. Impact de l'intensité de récolte sur la biomasse récoltée à chaque période et pour chaque site

Les courbes représentant les biomasses moyennes récoltées sur les trois sites (figure 4) ont une allure différente en fonction de l'intensité de récolte, de la période considérée, mais aussi du secteur.

Lorsqu'une seule récolte annuelle est réalisée en mai, la biomasse moyenne prélevée demeure stable aux trois printemps à Plouguerneau et au Guilvinec et aucune différence significative n'est observée, après deux années de ce traitement. A Landunvez par contre, elle diminue de 66% entre mai 2020 ($0,89 \text{ kg/m}^2 \pm 0,10$) et mai 2022 ($0,33 \text{ kg/m}^2 \pm 0,08$) et cette réduction est statistiquement significative avec un seuil de 5%.

Lorsque deux prélèvements annuels sont faits, deux types de réponse sont observés :

D'une part, il y a une diminution systématique de la biomasse entre la récolte printanière et la récolte automnale durant deux cycles de suite à Landunvez et Plouguerneau mais cette diminution permet néanmoins de prélever de la biomasse à chaque fois. Le premier cycle de récolte est marqué par une plus forte diminution que le second. Ainsi, à Landunvez, on observe en octobre 2020 ($0,30 \text{ kg/m}^2 \pm 0,03$) une baisse significative de la quantité de lichens récoltée par rapport à celle du mois de mai de la même année ($1,44 \text{ kg/m}^2 \pm 0,25$). Lors du second cycle, c'est-à-dire en 2021, la biomasse moyenne prélevée est de $0,18 \text{ kg/m}^2 \pm 0,08$ en octobre alors qu'elle atteignait $0,49 \text{ kg/m}^2 \pm 0,13$ au mois de mai de la même année et cette baisse n'apparaît pas significative. La même tendance est observée à Plouguerneau. Au cours des deux hivers, la biomasse augmente.

D'autre part, il y a au Guilvinec une forte augmentation de la biomasse récoltée entre mai et octobre lors du premier cycle (+79%), suivie par une récupération de la biomasse en hiver qui ne revient cependant pas à son niveau initial. Puis on observe la même tendance qu'à Landunvez et Plouguerneau lors du second cycle, c'est-à-dire une diminution de la récolte entre le printemps et l'automne (-44%) suivie par un renouvellement de la ressource en hiver.

Si l'on s'intéresse à présent aux effets de trois intensités de récolte sur le même paramètre, on constate là encore deux réponses qui diffèrent, au cours du premier cycle, en fonction du site considéré.

D'un côté, à Plouguerneau et Landunvez, il y a une diminution importante de la biomasse moyenne entre la première récolte du mois de mai et la seconde réalisée en juillet et cette baisse est significative au seuil de 5% pour les deux sites. Les quantités prélevées sont respectivement divisées par 3,6 et 2,9. La troisième récolte de 2020 est caractérisée par une autre baisse de la biomasse par rapport à la précédente récolte, mais elle n'est pas nulle. Comme sur les zones auxquelles on a appliqué un prélèvement bisannuel, la biomasse augmente pendant l'arrêt de la récolte hivernale sur les deux sites. Cette hausse est statistiquement significative à Plouguerneau où son niveau atteint $0,42 \text{ kg/m}^2 (\pm 0,05)$ en mai 2021 alors qu'elle n'était que de $0,06 \text{ kg/m}^2 (\pm 0,01)$ en octobre 2020. Lors du second cycle, la même tendance est observée mais la biomasse ne retrouve pas son état initial.

D'un autre côté, au Guilvinec, le même phénomène que dans la zone de récolte bisannuelle est constaté : durant le premier cycle, la biomasse moyenne s'accroît, mais cette augmentation n'est pas statistiquement significative. Par la suite, la biomasse diminue durant l'hiver et suit au cours du second cycle une tendance globalement identique aux deux autres sites : il y a une réduction de la biomasse moyenne prélevée entre les premières récoltes et la dernière récolte du mois d'octobre 2021 ($0,17 \text{ kg/m}^2 \pm 0,04$), à laquelle succède une récolte significativement plus importante au printemps suivant ($0,58 \text{ kg/m}^2 \pm 0,11$).

Au sein de chaque site, les biomasses moyennes prélevées à l'état initial sur les zones récoltées une, deux et trois fois ont été comparées entre elles à l'aide d'un test de Kruskal-Wallis qui a mis en évidence l'existence d'une différence significative au seuil de 5% entre celles-ci. Les zones ne présentaient donc pas une biomasse équivalente entre elles au début de l'expérience.

Le graphique ci-dessous montre les biomasses moyennes récoltées dans chaque zone de chaque site à la fin de l'expérience (mai 2022), y compris la zone témoin qui n'avait fait l'objet d'aucun prélèvement pendant toute la durée de l'étude.

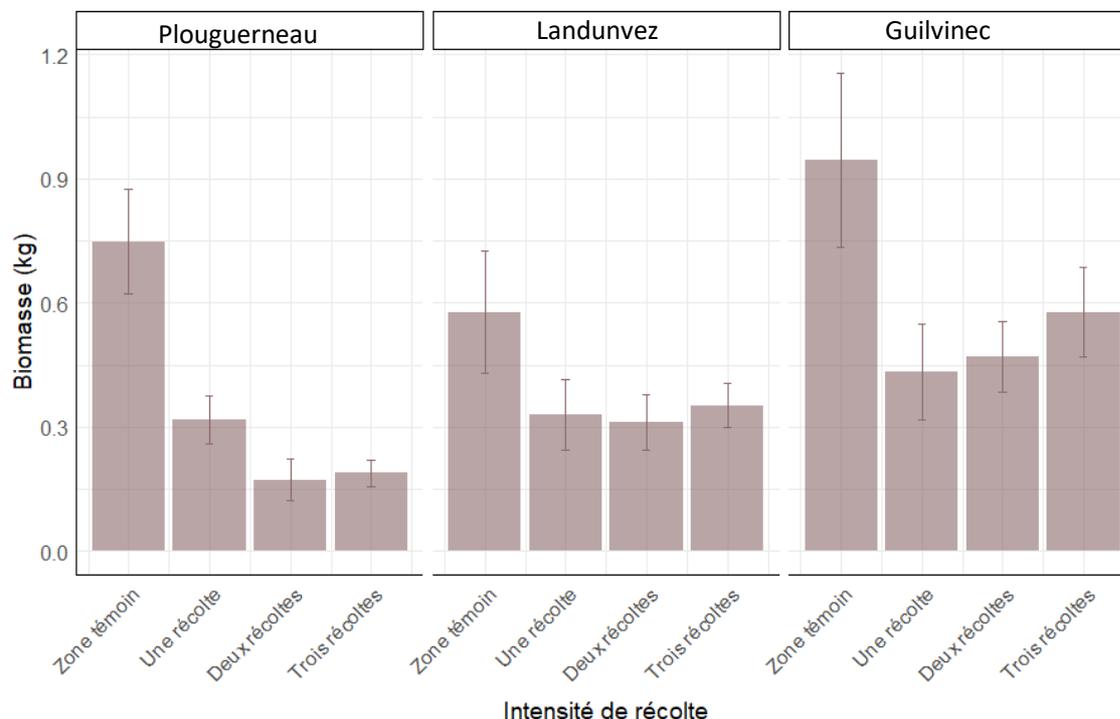


Figure 5 : Biomasses moyennes récoltées sur les différentes zones de chaque site à la fin de la période de suivi (mai 2022). Les barres d'erreur représentent l'erreur-type.

La figure 5 montre que pour chaque site, la biomasse moyenne récoltée est plus importante sur la zone témoin que sur les autres zones et cela est valable quel que soit le site considéré. C'est au Guilvinec qu'elle est la plus importante ($0,95 \text{ kg/m}^2 \pm 0,21$). On constate par ailleurs qu'il n'y a pas de différence marquante au sein des zones récoltées une, deux ou trois fois par an.

Un test de Kruskal-Wallis a été réalisé afin de comparer les biomasses moyennes des quatre zones de chaque site.

Tableau 1 : P-values obtenues à l'issue des tests de Kruskal-Wallis effectué pour évaluer l'existence de différences significatives entre les biomasses mesurées à l'état final (mai 2022) sur les quatre zones de chaque site. La présence d'astérisque(s) indique l'existence d'une différence significative selon différents seuils (* : p-value < 0,05 ; ** : p-value < 0,01).

Site	P-value
Plouguerneau	0,008**
Landunvez	0,400
Guilvinec	0,101

Pour interpréter les résultats du tableau 1 ci-dessus, il faut regarder la valeur des p-values. Une p-value inférieure à 0,05 nous indique que la biomasse moyenne diffère significativement d'une zone à une autre pour un même site au seuil (risque) de 5%.

Au Guilvinec et à Landunvez, il n'existe pas de différence significative à la fin de l'expérience entre les biomasses moyennes mesurées sur les différentes zones au sein de chaque site, y compris la zone témoin. Ce résultat peut apparaître surprenant au vu de la figure 5 mais il s'explique par le fait qu'au sein de la zone témoin, il y a des différences importantes de biomasses récoltées entre les différents quadrats, comme



l'indique la taille des barres d'erreur. Celles-ci sont moins grandes sur les zones ayant fait l'objet de récoltes au cours des années précédentes.

Autrement dit, après deux années de suivi sur les zones non récoltées ou récoltées une à plusieurs fois par an, les biomasses sont statistiquement équivalentes entre elles au Guilvinec et à Landunvez. L'absence de différence significative entre la zone témoin et les autres zones apparaît notamment liée à la variabilité des biomasses prélevées en zone témoin.

A Plouguerneau, le résultat du test indique qu'il existe au moins une différence significative entre ces zones (p -value = 0,008) avec un seuil de 1%. Un test de comparaison de Wilcoxon est effectué pour identifier lesquelles sont concernées, dont les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2 : P-values obtenues à l'issue du test de Wilcoxon réalisé sur les différentes zones de Plouguerneau. La présence d'astérisque indique l'existence d'une différence significative selon un seuil de 95%.

	Zone témoin	Une récolte	Deux récoltes
Une récolte	0.111		
Deux récoltes	0.048*	0.452	
Trois récoltes	0.048*	0.452	0.999

Le tableau 2 montre l'existence d'une différence significative de biomasse à l'état final entre la zone témoin ($0,75 \pm 0,13$) et la zone récoltée deux fois par an ($0,17 \pm 0,05$) mais aussi entre la zone témoin et la zone récoltée trois fois par an ($0,19 \pm 0,03$).

→ A Plouguerneau et Landunvez, au-delà d'une récolte annuelle, les courbes représentant la biomasse moyenne récoltée par quadrat ont une allure comparable, pour une intensité de récolte équivalente : elle diminue au cours des récoltes successives puis croît durant les mois d'hiver.

→ Le Guilvinec se distingue car lorsqu'on a recours à deux intensités de récolte ou davantage, une augmentation de la biomasse en lichens se produit dans un premier temps, puis ce paramètre suit la même tendance qu'à Plouguerneau et Landunvez.

→ Il n'y a pas de différence significative de biomasse moyenne à l'état final entre les différentes zones expérimentales et la zone témoin à Landunvez et au Guilvinec alors qu'à Plouguerneau, la biomasse moyenne mesurée sur les zones récoltées deux et trois fois par an est plus basse que sur la zone témoin.

3.2. Impact de l'intensité de récolte sur la biomasse cumulée récoltée par an et par site

L'analyse des biomasses cumulées pour chaque intensité de récolte tous sites confondus permet d'estimer la rentabilité de récoltes multiples sur une année.

Pour cela, les biomasses moyennes récoltées à chaque passage ont été additionnées, pour chaque site et en fonction de chaque intensité de récolte. Cela a été fait sur deux cycles distincts correspondant à deux périodes d'ouverture successives : de mai à octobre 2020 et de mai à octobre 2021. Les résultats apparaissent dans le tableau ci-dessous :

Tableau 3 : Somme des moyennes des biomasses (Bcum.) pour chaque site et en fonction de chaque intensité de récolte sur deux périodes successives. En orange foncé : Bcum. < 0,5 kg/m² ; en orange clair : 0,5 kg/m² < Bcum. < 1 kg/m² ; en vert clair : 1 kg/m² < Bcum. < 2 kg/m² ; en vert foncé : Bcum. > 2 kg/m². Les cases sont colorées selon un gradient allant de l'orange foncé (biomasses faibles) au vert foncé (biomasse élevée).

Site	Intensité de récolte par an	Somme des moyennes des biomasses de mai 2020 à octobre 2020 (en kg)	Somme des moyennes des biomasses de mai 2021 à octobre 2021 (en kg)
Plouguerneau	1	0,454	0,338
	2	1,104	0,476
	3	1,026	0,730
Landunvez	1	0,886	0,505
	2	1,087	0,736
	3	1,924	0,970
Guilvinec	1	0,47	0,47
	2	1,844	1,225
	3	2,551	1,635

Ce tableau fait apparaître que les biomasses cumulées récoltées sont d'autant plus importantes que l'intensité de récolte augmente et ce, quelle que soit l'année et le site considérés. On observe par ailleurs que la biomasse cumulée diminue au cours du second cycle suivi (2021) par rapport au précédent, quelle que soit l'intensité de récolte, à part au Guilvinec où la zone récoltée une fois en mai retrouve exactement sa biomasse moyenne de l'année précédente à la même époque.

Un test de Kruskal-Wallis a été réalisé afin de vérifier si la biomasse cumulée était significativement plus élevée lorsqu'on venait plus fréquemment récolter.

Tableau 4 : P-values obtenues à l'issue du test de Kruskal-Wallis réalisé sur toutes les zones récoltées une, deux ou trois fois pour tous les sites confondus.

	De Mai 2020 à octobre 2020	De mai 2021 à octobre 2021
P-value	0,061	0,099

Il n'existe pas de différence significative de biomasse cumulée entre les zones récoltées une, deux ou trois fois sur tous les sites confondus. Cependant la p-value obtenue sur le premier cycle (0,061) est proche du seuil de significativité de 0,05.

→ D'un point de vue statistique, il n'est pas possible de conclure qu'une récolte multiple dans l'année permet de récolter davantage de biomasse, sur deux périodes de récolte consécutives. Ce point sera développé dans la partie « interprétation ».

3.3. Impact de l'intensité de récolte sur le recouvrement par *C. crispus* et *M. stellatus*

Globalement, on observe sur la figure 4 une légère diminution du paramètre « recouvrement par les lichens » au cours du temps et ce quelle que soit la présence d'une récolte et son intensité. Seules deux zones du Guilvinec montrent une évolution différente : la zone témoin pour laquelle le recouvrement par les lichens reste stable et égal à 36% entre le début et la fin de l'expérimentation et la zone récoltée deux fois sur le même site qui montre une très légère augmentation (+8%), mais celle-ci n'est pas significative.

La zone témoin de Landunvez est marquée par une importante diminution entre le début et la fin de l'expérience (-13,2 %). Mais sur ce site, c'est la zone récoltée trois fois par an qui représente la plus forte baisse de recouvrement par les lichens (-21%) parmi celles suivies. La même situation est observée au Guilvinec.

Pour chaque zone suivie au sein de chaque site, un test statistique est réalisé pour évaluer s'il existe une différence significative du recouvrement par *Chondrus crispus* et *Mastocarpus stellatus* entre le début et la fin de la période expérimentale. Il n'a pas révélé de différence significative, quels que soient le site et l'intensité de récolte considérés.

L'existence d'une corrélation entre la biomasse et le recouvrement par *Chondrus crispus* a ensuite été vérifiée pour évaluer si ces paramètres évoluent de la même manière.

Le tableau suivant présente les résultats des tests de corrélation de Pearson effectués entre le recouvrement et la biomasse pour chaque type de zone et par site. Seules les périodes où des valeurs de biomasse étaient disponibles ont été utilisées pour le recouvrement.

Tableau 5 : P-values obtenues à l'issue des tests de corrélation de Pearson effectués pour évaluer l'existence d'une corrélation entre les biomasses moyennes et les recouvrements mesurés à différentes périodes en fonction de l'intensité de récolte par an. 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).**

	Une récolte		Deux récoltes		Trois récoltes	
	Coeff. Corrélation	p-value	Coeff. Corrélation	p-value	Coeff. Corrélation	p-value
Plouguerneau	0,530	0,051	0,626	< 0,001***	0,384	0,0226*
Landunvez	0,760	0,002**	0,595	0,002**	0,741	< 0,001***
Guilvinec	0,140	0,648	0,796	< 0,001***	0,829	< 0,001***

Pour tous les tests effectués, le coefficient de corrélation est positif ce qui signifie que les deux paramètres évoluent dans le même sens. Ainsi, lorsque le recouvrement diminue, la biomasse diminue également.

→ D'un point de vue statistique et d'après nos résultats, il n'est pas possible de conclure qu'une récolte multiple a un impact sur le recouvrement par les lichens, au bout de deux années consécutives de prélèvement.

→ On observe une diminution du recouvrement sur la zone exempte de récolte de Landunvez.

3.4. Impact de l'intensité sur le recouvrement par l'espèce secondaire

Selon le protocole, l'espèce secondaire la plus présente (après les 2 espèces de lichens) en termes de recouvrement est définie au niveau du quadrat et non de la zone étudiée. Pour cette raison, on obtient généralement un faible nombre de données pour chaque espèce, pour chaque zone et chaque date, ce qui rend l'analyse statistique difficile voire impossible sur les sites de Landunvez et du Guilvinec. Les graphiques correspondants à l'évolution du recouvrement des espèces secondaires dans les différentes zones sont présentés en annexe 2.

On constate que les espèces secondaires diffèrent entre les différents sites :

- A Plouguerneau, la quasi-totalité des quadrats ne possède qu'une espèce la plus représentée avec *Chondrus crispus* et *Mastocarpus stellatus* : *Fucus serratus*.
- A Landunvez, selon les quadrats, les espèces régulièrement retrouvées comme les plus présentes avec *Chondrus crispus* sont : *Palmaria palmata*, *Himanthalia elongata*, *ulva spp* et *Fucus serratus* ;

- Au Guilvinec, selon les quadrats, les espèces régulièrement retrouvées comme les plus présentes avec *Chondrus crispus* sont : *Osmundea pinnatifida*, *ulva spp.*, *Lomentaria articulata*.

Les résultats des suivis réalisés à Plouguerneau ont quant à eux permis de réaliser des analyses statistiques.

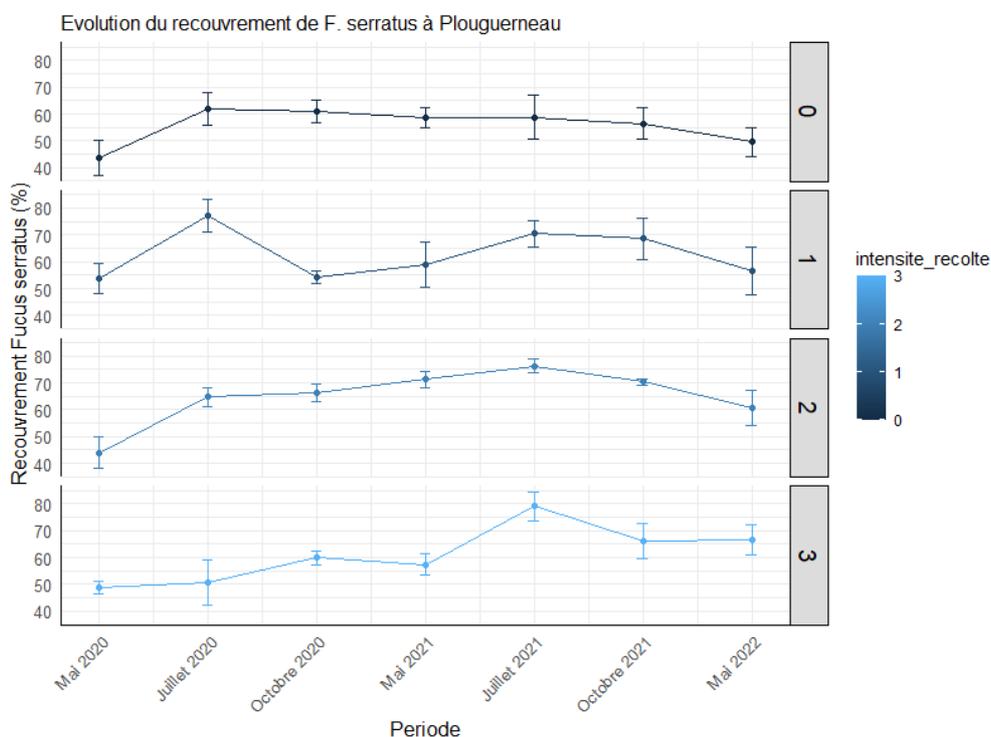


Figure 6 : Graphique présentant l'évolution du recouvrement (en %) du *Fucus serratus* au sein des quadrats dans les différentes zones suivies sur le site de Plouguerneau.

Tableau 6 : Recouvrement à l'état initial et final par *Fucus serratus* en fonction de la zone considérée à Plouguerneau et les p-values obtenues à l'issue des tests de Wilcoxon effectués pour évaluer l'existence de différences significatives. La présence d'un astérisque indique une différence significative avec un seuil de 5%.

	T _{initial}	T _{Final}	p-value Test de Wilcoxon
Zone témoin	43,8 %	49,6 %	0,548
Une récolte	48,0 %	56,6 %	0,999
Deux récoltes	40,25 %	60,6 %	0,250
Trois récoltes	48,8 %	66,6 %	0,016*

Sur le site de Plouguerneau, où l'espèce secondaire très majoritairement observée est *Fucus serratus*, des statistiques ont permis de vérifier si la modification de recouvrement par l'espèce est significativement différente entre le début et la fin de l'expérimentation (cf. figure 6 et tableau 6). Ils révèlent que le recouvrement par cette espèce a cru quelles que soient l'existence et l'intensité de récolte appliquées. Néanmoins, cette augmentation n'est significative que sur la zone récoltée trois fois comme le montre le tableau 6 ci-dessus.

Plouguerneau est ainsi le seul site qui présentait une espèce très majoritairement dominante (*F. serratus*) avec les lichens au début de l'expérimentation et pour lequel il a été possible de mettre en évidence une augmentation significative de recouvrement, lorsque l'intensité de récolte de *Chondrus crispus* et *Mastocarpus stellatus* est maximale.

→ D'après les résultats de cette étude, l'intensité de récolte des lichens a une influence significative sur le recouvrement par *F. serratus* sur le site de Plouguerneau, où celui-ci a augmenté.

4. Bilan des résultats

- **Quelle est l'évolution de la ressource en fonction de l'intensité de récolte ?**

Le protocole mis en œuvre permet de comparer la biomasse disponible en lichens sur les zones récoltées une, deux ou trois fois par an et de comparer le recouvrement sur toutes les zones, y compris la zone témoin, qui n'a été récoltée qu'à la fin de la période de suivi.

Les tableaux ci-dessous montrent sur la partie gauche l'impact au cours du premier cycle, tandis que la partie droite montre l'impact cumulé des deux cycles en comparant les valeurs au début du suivi (mai 2020) à celles de la fin du suivi (mai 2022).

Tableau 7 : Récapitulatif de l'évolution de la biomasse en lichens en fonction de l'intensité de récolte sur les différents sites.

	Mai 2020 à mai 2021				Mai 2020 à mai 2022			
	ZT	1 récolte	2 récoltes	3 récoltes	ZT	1 récolte	2 récoltes	3 récoltes
Plouguerneau								
Landunvez								
Guilvinec								

- Diminution significative de la biomasse
- Diminution non significative de la biomasse
- Biomasse stable
- Augmentation non significative de la biomasse

Tableau 8 : Récapitulatif de l'évolution du recouvrement par les lichens en fonction de l'intensité de récolte sur les différents sites.

	mai 2020 à mai 2021				mai 2020 à mai 2022			
	ZT	1 récolte	2 récoltes	3 récoltes	ZT	1 récolte	2 récoltes	3 récoltes
Plouguerneau								
Landunvez								
Guilvinec								

- Diminution de recouvrement > 10%
- Diminution de recouvrement comprise en 4 et 10 %
- Recouvrement stable (variations < 4%)
- Augmentation de recouvrement comprises entre 4 et 10%

- **AUCUNE RECOLTE (Zone témoin)**

Sur les zones où aucune récolte n'a été réalisée, seul le paramètre recouvrement a pu être suivi au cours de l'expérience. Les tests statistiques n'ont pas fait apparaître de différence significative mais on peut tout de même observer des tendances. En dehors de toute action de récolte, on observe une régression du recouvrement sur la zone de Landunvez, tandis qu'à Plouguerneau et au Guilvinec, le recouvrement est stable.

- **UNE RECOLTE PAR AN**

Deux des trois sites (Guilvinec et Plouguerneau) ont une biomasse équivalente d'un point de vue statistique entre le début et la fin de l'expérimentation, soit après deux cycles successifs de récolte, lorsqu'elle n'est réalisée qu'une fois par an. A intensité de récolte égale, à Landunvez, la biomasse diminue de manière significative (cf. tableau 7). Sur ce site, une baisse concomitante du recouvrement par les lichens est observée (-14%).



- **DEUX RECOLTES PAR AN**

Au-delà d'une récolte annuelle, la biomasse moyenne récoltée suit globalement la même évolution au cours du temps à Plouguerneau et Landunvez. Elle diminue de manière non significative dès le premier cycle de récolte (mai 2020-mai 2021, cf. tableau 7). La diminution devient significative après deux années de ce traitement à Landunvez.

Par ailleurs, sur ces sites, la restauration est plus importante d'octobre à mai (7 mois) que de mai à octobre (5 mois).

A contrario, au Guilvinec, la restauration semble meilleure au cours des mois estivaux que durant l'hiver. En effet, la récolte automnale apparaît en moyenne plus importante qu'au printemps. Après une année de ce traitement (en mai 2021), la biomasse en lichens est plus élevée qu'au début du cycle mais cette hausse n'est pas significative. Sur ce site, une diminution de la biomasse n'est observée qu'au cours de la seconde année. Cette baisse n'est pas significative, notamment parce que la biomasse au sein et entre les zones est très hétérogène au Guilvinec, ce qui impacte les intervalles de confiance.

- **TROIS RECOLTES PAR AN**

Au Guilvinec, après seulement deux mois d'attente, il est possible de récolter une biomasse équivalente à la précédente, comme on peut l'observer au début des deux cycles sur la zone de récolte trisannuelle.

A Plouguerneau et Landunvez, une récolte trisannuelle réalisée au cours de deux cycles consécutifs semble impacter négativement la biomasse disponible. Dans un premier temps (mai 2021), elle diminue sur les deux sites de manière non significative. Dans un deuxième temps, la comparaison entre l'état initial (mai 2020) et l'état final (mai 2022) révèle une diminution significative de la biomasse moyenne récoltée. Celle-ci s'accompagne d'une diminution notable du recouvrement par les lichens à Landunvez. Par ailleurs, la régénération de la ressource est meilleure entre mai et juillet qu'entre juillet et octobre.

En outre, à Plouguerneau, la zone sur laquelle une récolte trisannuelle a été opérée au cours de deux cycles de récolte montre une augmentation significative du recouvrement par *F. serratus*.

- **INTENSITE DE RECOLTE ET RENTABILITE**

La biomasse moyenne cumulée augmente avec l'intensité de récolte sur chacun des sites au cours d'un même cycle. On peut donc conclure qu'il est plus rentable de réaliser plusieurs récoltes annuelles qu'une seule. Mais cela doit être nuancé car la relation n'est pas linéaire. Ainsi, lorsqu'on récolte deux fois par an, on ne récolte pas deux fois plus et lorsqu'on récolte trois fois par an, on ne récolte pas trois fois plus. Sur les différents sites, on remarque qu'on récolte environ le double en venant trois fois plus. De plus, le second cycle est marqué, pour la quasi-totalité des zones concernées, par une diminution de la biomasse moyenne cumulée. On peut supposer que, sur un plus long terme, une récolte multiple par an pourrait être préjudiciable à la biomasse exploitable, si elle est réalisée dans les mêmes conditions que cette étude (pour rappel, sur chaque zone, l'ensemble de la biomasse est récoltée alors que les pratiques réelles se font principalement « en patch »).

Ainsi, il existe une variabilité en termes de réponse de la ressource en fonction du site suivi, où la ressource possède des capacités de résilience différentes suite à une même perturbation mais aussi en fonction du nombre de cycles au cours desquels la perturbation est réitérée.

En l'absence de récolte, un des trois champs (Landunvez) voit son recouvrement par les lichens diminuer. Et cette tendance s'accroît avec l'augmentation de l'intensité de récolte et lorsque ce traitement est réitéré sur plusieurs années. Les autres champs apparaissent plus résilients : à Plouguerneau, il faut récolter deux fois par an au cours de deux cycles pour observer une diminution de la biomasse qui n'apparaît significative qu'à la fin de la période d'expérimentation. Quant au site du Guilvinec, il ne présente jamais



de diminution significative de sa biomasse après deux années, même lorsque l'intensité de récolte est maximale.

- **Perspectives d'évolution du protocole**

Le programme Agrid s'est attaché à réaliser des suivis sur les principales zones de récolte de *C. crispus* et *M. stellatus*, à travers différents secteurs de Bretagne. Ceux-ci présentent des caractéristiques (morphologiques, d'exposition, de température, communauté algale associée, etc.) qui diffèrent en fonction de leur position sur le littoral et peuvent influencer la résilience de la ressource, et qui, par leur multiplicité, sont difficiles à mettre en évidence.

Par ailleurs, l'évaluation visuelle du recouvrement par une algue est dépendante de l'observateur et peut engendrer un biais qui est difficile à contourner quand plusieurs opérateurs réalisent le suivi. Les classes de recouvrement définies reprenaient celles utilisées dans des travaux antérieurs. Leur faible nombre permet une mise en œuvre rapide du protocole mais cela peut engendrer un effet « bord de classe » qui influence les résultats globaux. Par exemple, on peut être tenté de renseigner la classe allant de 1 à 25% dès lors qu'une fronde de *C. crispus* est présente dans le quadrat alors qu'elle ne représente pas 1% de la superficie. La superficie réelle occupée par l'espèce peut ainsi être surestimée. La conséquence est que les différences entre quadrats faiblement recouverts d'une part et fortement recouverts d'autre part seront amoindries. Cela pourrait expliquer le fait que les tests statistiques n'aient pas révélé de différences significatives de recouvrement par *C. crispus* au cours des différents suivis alors que les fluctuations de biomasse apparaissent corrélées à ce paramètre.

De plus, le guide des bonnes pratiques de récolte d'algues de rive [10] préconise de récolter en taches les lichens au sein des champs pour assurer les chances de recolonisation, pratique majoritairement mise en œuvre par les entreprises de récolte. Dans le cadre de notre étude, chaque zone a été récoltée uniformément. Cela visait à éviter un biais lié à la manière dont les différents opérateurs réalisent la récolte en tâches, qui peut être sujette à interprétation et influencer les résultats. Chaque récolte pouvait ainsi être qualifiée comme intensive.

Enfin, la méthode qui consiste à évaluer le recouvrement de la seconde espèce la plus présente au sein de chaque quadrat pose un problème quant au nombre minimum de données nécessaire pour réaliser des analyses statistiques. Sur les sites de Landunvez et du Guilvinec, la communauté algale est plus diversifiée qu'à Plouguerneau et le nombre minimum de données de recouvrement n'est pas atteint pour chaque espèce, à chaque date et sur chaque zone. Cela est également lié au fait que certaines espèces se développent fortement de manière saisonnière (*H. elongata*, ulves) puis disparaissent complètement ou partiellement au cours de l'année.

Le protocole pourrait ainsi évoluer en prenant en compte : (1) des suivis des conditions environnementales (exposition au courants et vagues, température) avaient été réalisés en même temps que les suivis de biomasse ; (2) le même opérateur avait réalisé tous les suivis pour s'affranchir du biais « observateur ».; (3) un suivi de toute la communauté algale associée avait été réalisé mais; (4) un suivi de la reproduction par les lichens avait été réalisé; (3) davantage de quadrats avaient été faits sur des zones plus vastes, permettant d'obtenir un plus grand nombre de données. L'ensemble de ces paramètres n'ont pas pu être déployé dans le cadre de ce programme : au vu des contraintes horaires imposées par les marées, cela aurait demandé un effort d'échantillonnage et d'agents non disponibles, d'autant que le suivi a été mis en place durant le confinement lié à la Covid-19 ce qui a fortement impacté la main d'œuvre mobilisable.

5. Interprétation et discussion

- **Comment expliquer l'évolution de la ressource au cours de deux cycles expérimentaux de récolte ?**

De précédentes études [11] ont cherché à évaluer l'impact de la récolte sur la restauration de *C. crispus* et avaient conclu qu'une telle perturbation encourageait la naissance de nouvelles frondes pour remplacer les



lames plus anciennes à partir du crampon. La récolte des frondes matures permettrait ainsi un développement rapide des plus petites pousses. On observe en effet, quel que soit le site, une récolte est possible après deux à cinq mois d'attente, mais les biomasses sont variables et particulièrement faibles en octobre à Plouguerneau et Landunvez.

Par ailleurs, la repousse des populations de lichens après la récolte dépend du moment et du niveau initial de la récolte [5]. Dans le cadre de l'étude menée par Mathieson et Burns (1975), les parcelles peu (1/3 des lames retirées) et modérément récoltées (2/3 des lames retirées) en été ont permis une repousse jusqu'aux niveaux de biomasse de la zone témoin en 5 à 6 mois. Sur les zones de récolte totale, il fallait compter 12 mois, ce qui correspond aux résultats de notre étude pour deux des trois sites. Si, au cours du premier cycle, les récoltes multiples semblent avoir encouragé le développement de la biomasse sur le site le plus méridional, la tendance ne se poursuit pas sur le second cycle. D'après ces résultats, on peut supposer que le recours à une récolte plus modérée aurait permis une meilleure restauration de la biomasse. Par ailleurs, les biomasses prélevées sur les zones de récolte trisannuelles indiquent une meilleure régénération des frondes entre mai et juillet qu'entre juillet et octobre où elle est très faible. Ces considérations amènent à décourager de multiples récoltes annuelles puisque la période d'ouverture des prélèvements s'étend sur cinq mois en Bretagne, ce qui permettrait à peine de retrouver des niveaux de biomasse équivalents aux zones non récoltées, même dans le cadre d'une récolte modérée.

La reproduction est également impactée par le niveau de la récolte et la période durant laquelle elle a lieu [5]. En effet, dans le cadre des travaux précédemment cités, l'impact de la récolte sur les capacités de reproduction de l'espèce avait été étudié. Il a été mis en évidence qu'en dessous de 2 cm, aucune lame ne présentait de structures reproductrices. Dans le cas de notre étude, on peut supposer que la reproduction a été affectée par les récoltes totales multiples en limitant l'accroissement des lames. Kopp et Perez [8] se sont également intéressés à la reproduction de *C. crispus* sur l'île de Noirmoutier et ont mis en évidence que c'est au cours des mois de juin et juillet que le taux de gamétophytes femelles en début de maturation était le plus important, soutenant ainsi l'hypothèse qu'il serait préférable de réaliser une récolte plus tardive. En Nouvelle-Ecosse [11] c'est au mois de juin que la reproduction serait le plus efficace, c'est pourquoi la récolte est encouragée après cette période. Les zones ayant été récoltées trois fois au cours de deux cycles successifs ont toutes montré une diminution de la biomasse récoltée, significative dans deux des trois cas. Or, la seconde récolte de la saison était réalisée au cours du mois de juillet qui correspond, d'après la littérature, à la période où le pic de reproduction a lieu dans des zones géographiques relativement proches. Evaluer le moment où ce pic existe en Bretagne pourrait orienter la période à laquelle il est plus favorable de récolter. En l'absence d'information sur ce sujet, il conviendrait, par précaution, de limiter les prélèvements au cours de ce mois. A ce sujet, on observe depuis les deux dernières années de suivi des données déclaratives (2020 et 2021) que le mois de juillet n'est plus celui au cours duquel le pic de récolte a lieu et il faut encourager cette modification des pratiques, au profit du mois d'août (cf. chapitre 7, figure 10).

- **Comment évaluer la variabilité intersites observée ?**

Plusieurs hypothèses peuvent être formulées pour expliquer les différences intersites observées au cours du premier cycle entre le Guilvinec, Plouguerneau et Landunvez :

- a) *La croissance de l'algue est initiée plus tôt dans le sud Finistère en lien avec les températures, ce qui permet à l'algue de mieux se restaurer suite à une récolte printanière.*

Au Guilvinec, la population est apparue plus résiliente à la première récolte réalisée au printemps puisqu'elle a provoqué un accroissement de biomasse sur les zones récoltées deux et trois fois la première année. Cela pourrait être lié à la température de l'eau relativement plus élevée que sur les autres sites suivis, qui a provoqué une croissance accrue de l'algue dès la fin du printemps. La distribution de l'espèce va des zones subarctiques à des zones tempérées chaudes, ce qui indique que *C. crispus* est capable de tolérer et de croître dans une large gamme de conditions et de températures, allant de 0 à 27°C [7].



Certaines études ont montré qu'elle croissait davantage à des températures relativement élevées. Pour Simpson & Shaddock [13], la plage de température optimale de croissance se situait entre 15 et 20°C. Mais les différentes sources ne sont pas unanimes et certaines d'entre elles évoquent une gamme de température plus basse ([14], [15]) et des conditions expérimentales qui varient. Plusieurs études [5], [8] s'accordent à conclure que la période de croissance la plus rapide coïncide avec l'augmentation de la température estivale et de la longueur du jour. Une récolte de type intensive (trois récoltes annuelles) semble néanmoins avoir impacté le stock au cours du second cycle, ce qui montre l'intérêt de tester l'impact cumulé du traitement.

b) *La communauté algale en place influence la régénération de la ressource en *C. crispus* par la compétition pour l'espace.*

L'accroissement saisonnier de la température est par ailleurs susceptible de favoriser la croissance d'autres algues de la communauté et pas uniquement celle de *C. crispus*. En effet, bien que la méthode employée pour évaluer l'évolution du recouvrement par les autres algues sur les secteurs suivis n'ait pas permis de réaliser une analyse statistique sur tous les sites, les résultats obtenus à Plouguerneau ont montré qu'en présence d'un couvert algal déjà dense en *Fucus serratus*, la récolte de *C. crispus* engendrait une augmentation du recouvrement par *F. serratus*, et ce processus est d'autant plus important que l'intensité de récolte est forte. Cette observation rejoint les résultats d'une précédente étude [16] qui avait montré que lorsque *C. crispus* est enlevé, le fucus peut s'établir et le remplacer. D'autres observations rapportent le même phénomène avec remplacement de *C. crispus* par la coralline en Nouvelle-Ecosse [17], qui n'a pas été mis en évidence dans notre étude. On peut supposer que les récoltes au printemps ont accentué ce phénomène sur les secteurs où des espèces concurrencent *C. crispus* comme c'est le cas à Plouguerneau avec *F. serratus* et à Landunvez avec *H. elongata*. Ces espèces sont caractérisées par une croissance estivale importante. Bien que la récolte par arrachage n'enlève généralement que les frondes et pas les crampons, certains d'entre eux peuvent être décrochés involontairement, notamment lorsqu'on récolte de manière intensive une zone, comme ce fut le cas pour les zones récoltées deux et trois fois par an.

Par ailleurs, des échanges avec les entreprises de récolte ont aussi mis en évidence que les zones à lichens, qui par le passé étaient régulièrement récoltées, faisaient aussi l'objet d'un « nettoyage » des autres espèces susceptibles de coloniser les zones laissées libres suite à la récolte de *C. crispus*. A l'instar de ce qui est fait dans les secteurs d'exploitation d'*Ascophyllum nodosum*, le fucus était ainsi retiré pour assurer la repousse de *C. crispus* et *M. stellatus* et on peut supposer que cette pratique avait pour conséquence d'aider au maintien de la population des lichens.

c) *Les différences de réponse sont liées aux caractéristiques intrinsèques de chaque site.*

Les sites étudiés se distinguent par le type de substrat et leur exposition. En effet, celui du Guilvinec est situé sur la partie intérieure d'un îlot dont le platier rocheux est exposé aux houles de sud-ouest mais abrité des houles venant de l'ouest, du sud, de l'est et du sud-est. Sur ce type de substrat horizontal, les peuplements sont généralement plus denses [18]. La croissance est par ailleurs plus rapide sur les secteurs semi-exposés comme celui-ci que sur les secteurs plus exposés.

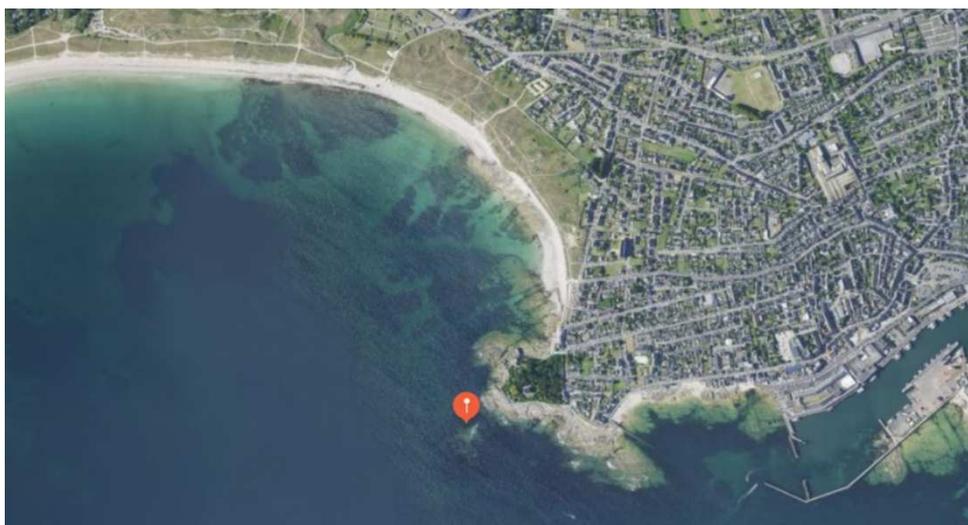


Figure 7 : Vue aérienne du site d'étude du Guilvinec.

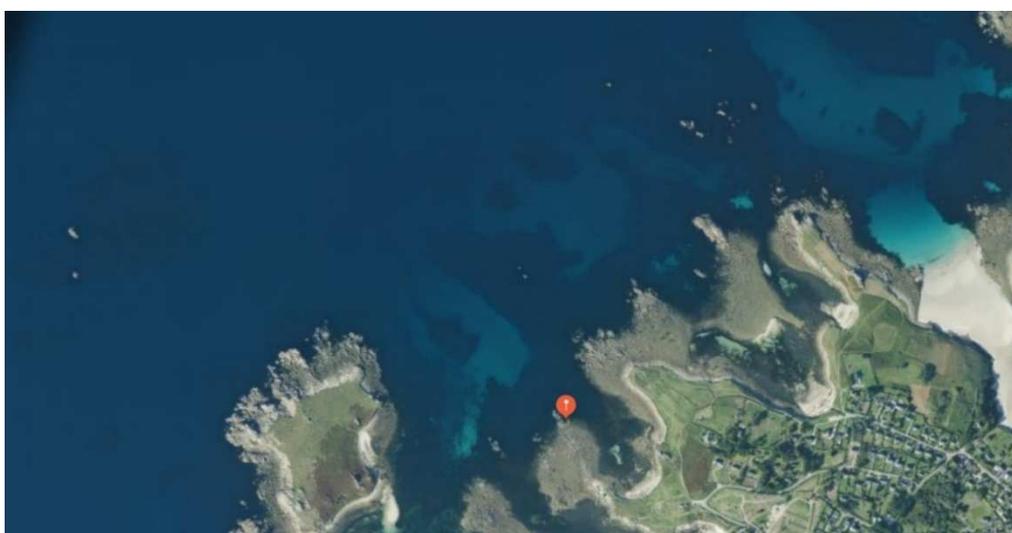


Figure 8 : Vue aérienne du site d'étude à Landunvez.

A contrario, le site de Landunvez présente l'exposition la plus importante aux houles de nord et nord-ouest et est situé sur un champ de blocs grossiers. Or la croissance des lichens sur ce type de milieu exposé serait ralentie [18].

6. Réglementation et bonnes pratiques dans les autres pays

L'objectif de cette partie est d'évaluer si la gestion de la récolte mise en place en Bretagne est comparable à celle d'autres pays ou régions du monde.

Il ne s'agit pas ici d'une liste exhaustive des mesures existantes mais d'un recueil réalisé au fur et à mesure des recherches bibliographiques.

Région / Pays	Période de récolte	Outil	Taux de récolte	Précautions particulières
Maine / Etats-Unis	Avril à septembre (6 mois)	Râteau à main (+12'). La récolte à la main est autorisée également	30% de la biomasse totale max	Laisser le crampon en place, ne pas l'endommager. Faire preuve de sélectivité quelle que soit la méthode de récolte.
Ecosse	Travaux en cours pour définir un encadrement de la récolte			
Irlande	/	Ramassage manuelle ou au râteau	/	Laisser le crampon en place.
Pays de Galles	Récolte recommandée au printemps et en été	(pas de récolte manuelle)	/	Laisser les crampons en place
Nouvelle-Ecosse / Canada	Fin juin à novembre	Râteau à main. Pas de ratissage à la main, à cause du piétinement et de l'intensité de récolte.	/	
Québec / Canada	?		1 fronde sur 2 (toutes espèces)	Arrachage interdit (toutes algues)

Tableau 9 : Récapitulatif des mesures mises en place dans d'autres pays où s'effectue la récolte des lichens à titre professionnel, d'après [11], [12], [17]

Avant tout, il convient de préciser que si en France les lichens sont toujours récoltés à la main, les pratiques diffèrent en fonction des pays et les mêmes espèces peuvent faire l'objet d'un ramassage après échouage, d'une récolte à l'aide d'un râteau à main, éventuellement depuis un bateau ou à l'aide d'une drague. La réglementation actuelle en Bretagne autorise la récolte des lichens par arrachage manuel du 1^{er} mai au 31 octobre (six mois) de chaque année. La récolte professionnelle est, par ailleurs, soumise à la détention d'une licence et d'un extrait de licence qui sont contingentés. Dans le guide IBB des bonnes pratiques [10], il est également préconisé d'avoir recours à une récolte en taches pour cette espèce.

Les régions ou pays listés ci-dessus n'ont pas tous défini une période pour la récolte des lichens. Elle a été fixée de juin à novembre dans le Maine et de fin juin à novembre en Nouvelle-Ecosse. Au Pays de Galles, la récolte est recommandée au printemps et en été. Il n'apparaîtrait pas pertinent de modifier la période réglementaire d'ouverture en Bretagne au regard de ces informations, étant donné l'éloignement géographique des régions concernées. Quant aux durées de ces périodes, elles sont comparables à celle déterminée en Bretagne. Kopp et Pérez [8] ont conclu d'après des suivis réalisés à Noirmoutier que la réglementation aurait dû être redéfinie avec deux périodes d'ouverture, compte tenu de la biologie de l'algue et dans un souci de rentabilité : une première aux mois d'avril et mai, suivie d'une fermeture en juin et juillet et d'une seconde ouverture d'août à novembre. Les résultats de nos travaux indiquent que dans le cas où tous les individus sont récoltés à chaque récolte, cela ne permet pas une régénération efficace de la biomasse. Mais les récoltants pratiquent plutôt une récolte en tache, qui n'enlève qu'une partie de la ressource en place et favorise son renouvellement.

Par ailleurs, dans plusieurs régions ou pays, la récolte se fait à l'aide d'un râteau dont l'espacement entre les doigts peut être réglementé, mais cette méthode n'est pas appropriée au littoral breton qui présente un substrat hétérogène avec de nombreuses anfractuosités.

Seules deux régions ont émis des préconisations concernant le taux de récolte qui doit s'élever à 30% de la biomasse du champ dans le Maine et à une fronde sur deux au Québec. Cette seconde recommandation est liée au fait que le recrutement se fait de proche en proche pour cette espèce.

Enfin, dans presque tous les pays et régions listés ci-dessus, il est préconisé en termes de bonne pratique de ne pas enlever ou endommager le crampon. En effet, différentes études rapportent que les frondes croissent et se régénèrent à partir du crampon [5], [11].

Hormis la période réglementaire, certaines bonnes pratiques pourraient également être appliquées en Bretagne tels que le taux de récolte et la conservation en l'état du crampon.

7. Analyse des données déclaratives de récolte

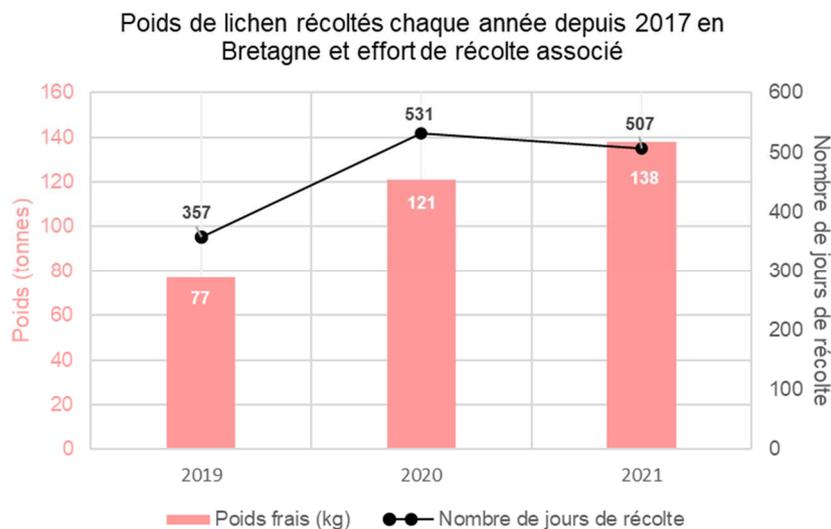


Figure 9 : Evolution des tonnages de *C. crispus* et *M. stellatus* récoltés en Bretagne de 2019 à 2021 et effort de récolte associé, d'après les données déclaratives de récolte transmises par les récoltants professionnels aux DDTM's bretonnes.

La figure 9 ne tient compte des données de récolte qu'à partir de 2019 car la qualité des données transmises avant cette année-là ne permettait pas de réaliser ce traitement. Globalement, la productivité de la récolte en *C. crispus* et *M. stellatus* augmente légèrement sur la période considérée.

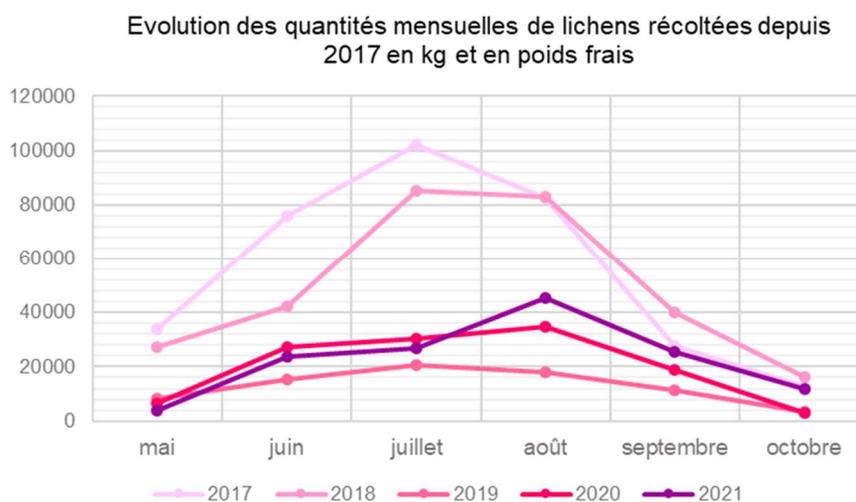


Figure 10 : Evolution des quantités de lichens récoltés depuis 2017 en kg et en poids frais, d'après les données déclaratives des récoltants professionnels fournies aux DDTM's bretonnes.

Pour les années 2020 et 2021 (données les plus récentes), le pic de récolte se produit au mois d'août (figure 10) alors que durant les trois précédentes années, il avait lieu en juillet. Les quantités prélevées aux mois d'août et septembre représentent près de 52% du poids de lichens récolté en 2021. Un tiers de la récolte s'effectue au cours des mois de juin et juillet, tandis que les prélèvements réalisés en mai et octobre sont faibles.



Cette tendance est suivie dans chacune des zones du Finistère, mais le graphique n'a pu être présenté dans le présent rapport pour des raisons de confidentialité, étant donné qu'un faible nombre d'entreprises travaille dans certaines de ces zones.

D'un point de vue économique, une récolte pendant la période estivale apparaît plus rentable, au vu des quantités de récolte déclarées par les professionnels. L'espèce aura atteint une taille moyenne et une biomasse plus importante comme l'indiquent les travaux de Kopp et Perez réalisés sur l'île de Noirmoutier [8]. Ils révèlent que c'est au cours du mois d'août que les individus atteignent des tailles et des biomasses maximales. Durant cette période, la qualité pigmentaire des lichens peut être fortement dégradée, mais comme ces espèces sont destinées à être blanchies, cela n'a pas d'importance et n'altère pas les propriétés recherchées de cette algue.

→ L'analyse des données déclaratives met en évidence une augmentation de la productivité mais la série temporelle disponible pour cet indicateur est réduite (3 ans).

→ La répartition de la récolte de *C. crispus* et *M. stallatus* au cours des mois de l'année s'inscrit pour les deux dernières années dans une logique de rentabilité puisque les individus les plus grands et les plus lourds vont être récoltés à la fin de l'été alors qu'auparavant, il y avait davantage une récolte précoce. On peut supposer que le fait de récolter plus tard a permis d'augmenter la productivité. Cela pose néanmoins question quant au pic de reproduction de l'espèce qui se produit au début de l'été dans d'autres régions du Monde.

CONCLUSION

La diminution des quantités de lichens récoltées depuis cinq décennies est un fait avéré qui semble se poursuivre, mais cette tendance n'est pas continue.

L'étude permet de conclure que la récolte répétée plusieurs fois par an peut réduire le stock à court terme si elle est réalisée de manière non sélective. Des travaux [19] qui se sont penchés sur la reproduction évoquent le fait qu'en réduisant la classe de taille des lames, les récoltes répétées peuvent impacter la reproduction à court terme et qu'à plus long terme, cela peut modifier la structure de la communauté et modifier l'espèce dominante. Il s'agit là du cas où tous les lichens sont récoltés, ce qui ne peut être considéré comme la pratique commune des récoltants bretons.

Une récolte de type intensive c'est-à-dire en récoltant la totalité des individus présents et avec plusieurs prélèvements annuels a, dans la majorité des cas, engendré une diminution significative de la biomasse exploitable et ce phénomène s'amplifie au cours du temps, mais les zones ont réagi différemment en fonction du site sur lequel elles étaient situées. Dans certains secteurs, la ressource semble régresser sans action de récolte (Landunvez) alors qu'elle se porte bien ailleurs et se régénère mieux (Guilvinec). Sur ce dernier site, il apparaît plus favorable de récolter au printemps pour stimuler la pousse et avoir recours à plusieurs récoltes par cycle au cours de la première année, tandis qu'à Plouguerneau et Landunvez, le recours à plusieurs récoltes annuelles a eu un impact négatif sur la biomasse disponible dès le début de l'expérience. La réalisation de trois récoltes annuelles n'apparaît pas opportune car au bout de deux années de ce traitement, toutes les zones concernées ont subi une diminution significative de leur biomasse. Il semble raisonnable de limiter le nombre de récoltes sur un même champ au cours d'une année, en tenant compte de ses caractéristiques intrinsèques. Étant donné le faible nombre d'entreprises travaillant cette espèce, cela s'avère envisageable à coordonner.

Sur le site situé dans le sud-Finistère, les premières récoltes annuelles ont littéralement boosté la régénération de la biomasse au cours du premier cycle et on peut supposer qu'une récolte plus modérée aurait permis de poursuivre ce phénomène dans ce secteur. En 2021, c'est d'ailleurs dans la zone E du Finistère que la productivité est la plus importante [20].

Plusieurs études rapportent que la récolte commerciale de l'espèce a engendré sa régression et son remplacement par d'autres espèces. Il semblerait que le fait de retirer les espèces concurrentes à développement rapide telles que *F. serratus* et *H. Elongata* limite ce phénomène. Cependant, dans le cadre de la mise en place d'une gestion collective durable de la ressource, il n'est pas concevable d'enlever des algues sans valorisation commerciale. Un autre moyen de restreindre la régression des lichens pourrait consister à avoir recours à une récolte modérée des lichens là où ces espèces sont en compétition pour l'espace ou de récolter ces dernières durant leur période de croissance printanière.

La prise en compte de différents paramètres (exposition du site aux agents hydrodynamiques, communauté algale associée, état de la biomasse avant récolte) doit guider le choix des entreprises vis-à-vis des sites de récolte.

Les autres préconisations qui peuvent être faites quant à la récolte professionnelle des lichens au vu des résultats de nos travaux et de ceux réalisés dans d'autres régions du monde sont les suivantes :

- 1) Il faut impérativement laisser les crampons en place. Ainsi, si la longueur des individus engendre un arrachage de ces derniers, il est préférable de reporter la récolte sur le site considéré et de changer de champs.
- 2) Par ailleurs, pour permettre à la population un bon renouvellement, un taux de prélèvement de 50% (un individu sur deux) peut également être instauré pour tenir compte du mode de reproduction complexe de ces espèces et du fait que cette reproduction s'étend au cours de l'année.
- 3) Enfin, des suivis de température pourraient être envisagés sur des zones tests afin d'évaluer dans quelle mesure la température de l'eau influence l'évolution de la population et sa biomasse et pour tenter d'expliquer les différences observées entre secteurs.

L'étude a mis en évidence l'intérêt de suivre l'impact de la récolte sur plusieurs cycles car les zones suivies montrent des évolutions qui peuvent différer d'une année à l'autre. Si des travaux étaient réalisés afin de définir le pic de reproduction pour cette espèce en Bretagne, il serait pertinent d'évaluer si la période actuelle de récolte est en adéquation avec le cycle biologique de l'espèce.

La gestion de la ressource doit ainsi impérativement tenir compte des caractéristiques biologiques des espèces et des populations associées, mais aussi des aspects socio-économiques de l'activité. A ce titre, la poursuite du suivi de la productivité s'avère pertinente.



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 CRPMEM 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] CRPMEM (2022). Rapport de synthèse du programme Biomasse Algues – évaluation et gestion de la biomasse exploitable en algues de rive. 67 pages + annexes.
- [2] Henry S., Taillens M., Laurans M., Frangoudes K. (2021). Histoires d'Algues en Finistère. 104 p. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00740/85159/>
- [3] Arzel Pierre (1989). Aménagement des pêcheries côtières de Nord-Bretagne algues crustacés. 155p. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00000/1591/>
- [4] Récoltants professionnels, communication personnelle.
- [5] Mathieson A. C., Burns R. L. (1975) Ecological studies of economic red algae. v. growth and reproduction of natural and harvested populations of *Chondrus crispus* Stackhouse in New Hampshire. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. Volume 17, Issue 2. Pp 137-156.
- [6] MacFarlane C. I., 1956. Irish moss in the Maritime Provinces. Nova Scotia Research Foundation, Dartmouth, N.S., 20 p.
- [7] Stagnol D., Renaud M., Davoult D. (2013). Effects of commercial harvesting of intertidal macroalgae on ecosystem biodiversity and functioning. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 130. Pp. 99-110.
- [8] Kopp J. & Perez R. (1974). Contribution à l'étude de l'algue rouge *Chondrus crispus* Stack. Relation entre la croissance, la potentialité sexuelle, la quantité et la composition des carraghénanes. Reu. Tcav. Inst. Pêches marit., 42 : (4) : 291-324. 34 pages.
- [9] Kaas R. (1980) Les conséquences de l'échouement de l'Amoco Cadiz sur les peuplements algaux exploitables. Rev. Trau. Inst. Pêches marit.. 44 (2). Pp. 157-194.
- [10] 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.
- [11] Main Seaweed Council (2022). MSC Harvester Information. Available online : <https://www.seaweedcouncil.org/msc-harvester-information/>
- [12] Cyfoeth Natural Cymru / Natural Resources Wales (2019). Detailed Guidance for Seaweed Harvesting – Hand Gathering. 33 pages.
- [13] Simpson F. J. & Shaddock P. F. (1978). The Cultivation of *Chondrus crispus*. Effect of Temperature on Growth and Carrageenan Production. Botanica Marina Vol. XXII, pp. 295-298, 1979.
- [14] Wilson K., Kay L., Schmidt A., Heike K. Lotze H. (2015). Effects of increasing water temperatures on survival and growth of ecologically and economically important seaweeds in Atlantic Canada: implications for climate change. Mar. Biol. 14p.
- [15] Fortes M. D. & Lfining K. (1980). Growth rates of North Sea macroalgae in relation to temperature, irradiance and photoperiod. Helgoländer Meeresunters. 34, 15-2. 15 p.
- [16] Keser M. and Larson B. R. (1984). Colonization and growth dynamics of three species of *Fucus*. Marine Ecology Progress Series, January 3 1984, Vol. 15, No. 1/2. pp. 125-134
- [17] Vandermeulen, H. (2013). Information to Support Assessment of Stock Status of Commercially Harvested Species of Marine Plants in Nova Scotia: Irish Moss, Rockweed And Kelp. DFO Can. Sci Advis. Sec. Res. Doc. 2013/042. vi + 50 p.



[18] Côté-Laurin M.-C., Berger K. et Tamigneaux É. (2016). Manuel pour la récolte commerciale des macroalgues du Québec. Merinov, 89 pages.

[19] C. Wilding, H. Tillin, E. J. Stewart, M. Burrows, D. Smale (2021). Hand harvesting of seaweed: Evidence review to support sustainable management. 275 p.

[20] CRPMEM (2023). Analyse des données déclaratives de récolte des algues de rive. Programme Agrid (2019-2022).42 p + annexes.

ANNEXES

Annexe 1 : Informations complémentaires sur les sites de suivi de *C. crispus* et *M. stellatus*

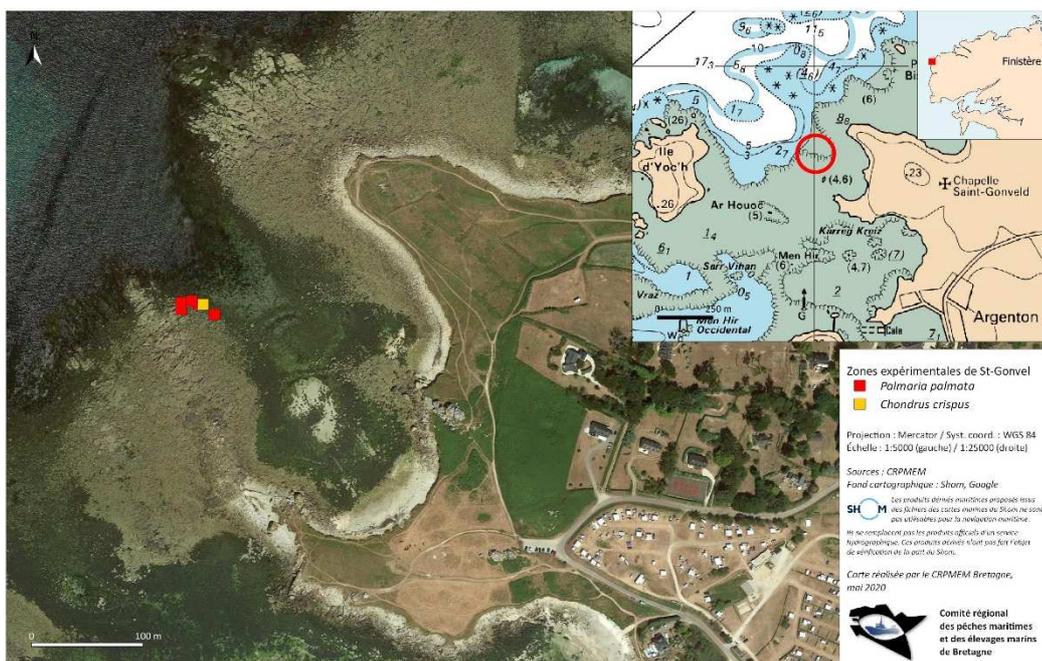
1. Plouguerneau :



Exemple de carte utilisée pour indiquer aux récoltants professionnels la localisation des zones de Plouguerneau dédiées aux suivis dans les décisions de fermeture du CRPMEM

Coordonnées GPS : 48°37'35.7 N, 4°29'34.6 O. *Chondrus crispus* constitue un champ mosaïqué implanté sur un champ de blocs avec une population importante de *F. serratus*.

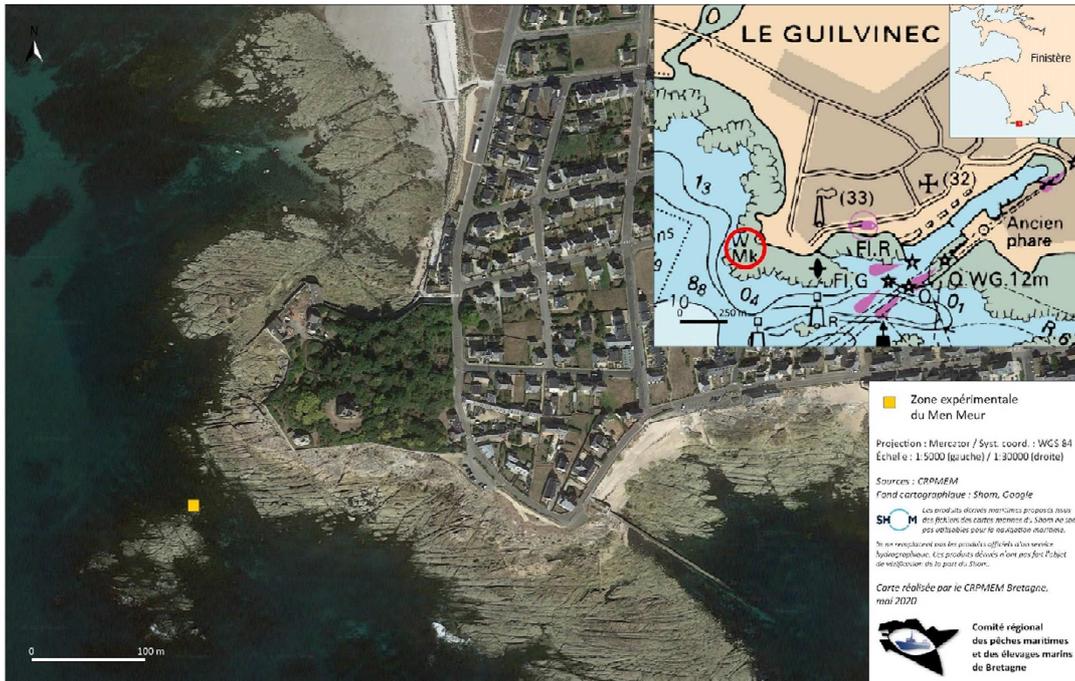
2. Landunvez :



Coordonnées GPS : 48°31'46.5 N, 4°45'57.7 O

Chondrus crispus constitue un champ mosaïqué implanté sur un champ de blocs avec des populations diversifiées d'autres algues (*P. palmata*, *F. serratus*, *H. elongata*, *C. acicularis*, etc)

3. Guilvinec :



Coordonnées GPS d'une extrémité des zones : 48°31'46.5 N, 4°45'57.7 O. Population de *C. crispus* et *M. stellatus* située sur platier rocheux. Les autres algues associées appartiennent principalement à la strate inférieure (*O. pinnatifida*, cérámiales, coralline, *C. acicularis*)

Annexe 2 : Résultats des évaluations de recouvrement par les espèces secondaires sur les sites de Landunvez et Plouguerneau

