



CRPMEM Bretagne

# Evaluation de l'impact de l'exploitation de *Palmaria palmata* 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

LISTE DES FIGURES.....	3
LISTE DES TABLEAUX : .....	5
INTRODUCTION .....	7
<b>PARTIE 1 : UNE ESPECE AU CYCLE COMPLEXE, RECOLTEE ET SUIVIE .....</b>	<b>8</b>
<b>1. Biologie et répartition.....</b>	<b>8</b>
<b>2. L'encadrement de la récolte .....</b>	<b>9</b>
<b>PARTIE 2 : PROTOCOLES MIS EN ŒUVRE DANS LES DIFFERENTES EXPERIMENTATIONS .....</b>	<b>10</b>
<b>1. Les sites .....</b>	<b>10</b>
<b>2. Périodes de suivi .....</b>	<b>11</b>
<b>3. Moyens humains .....</b>	<b>11</b>
<b>4. Méthode.....</b>	<b>12</b>
4.1. Protocole générique à toutes les expérimentations et suivi des zones témoin.....	12
4.2. Impact d'une récolte à une taille inférieure à 25 cm.....	12
4.3. Impact de différentes intensités de récolte .....	13
4.4. Impact du décalage de la période d'ouverture de la récolte .....	14
<b>5. Traitements statistiques .....</b>	<b>15</b>
<b>PARTIE 3 : RESULTATS DES EXPERIMENTATIONS DE TERRAIN .....</b>	<b>16</b>
<b>1. Suivi sur les zones non récoltées (zones témoin) .....</b>	<b>16</b>
1.1. Résultats des expérimentations .....	16
1.1.1. Longueur des individus sur les zones témoin .....	16
a. Longueur moyenne des individus .....	16
b. Histogrammes des classes de taille sur deux sites.....	17
1.1.2. Densités des individus sur les zones témoin.....	19
1.2. Interprétation et discussion .....	21
<b>2. Impact d'une récolte à une taille inférieure à 25 cm .....</b>	<b>25</b>
2.1. Résultats des expérimentations de terrain .....	25
2.1.1. Impact de la taille de récolte sur la biomasse.....	25
2.1.2. Impact de la taille de récolte sur les longueurs des individus .....	27
a. Evolution des longueurs moyennes sur les zones récoltées à 15 et 25 cm .....	29
b. Evolution de la part exploitable .....	30
2.1.3. Impact de la taille de récolte sur la densité des individus .....	31
2.1.4. Bilan des résultats.....	32



2.2.	Interprétation et discussion .....	33
<b>3.</b>	<b>Impact de différentes intensités de récolte.....</b>	<b>36</b>
3.1.	Résultat des expérimentations de terrain .....	36
3.1.1.	Impact de l'intensité de récolte sur la biomasse .....	36
a.	Biomasse par période.....	36
b.	Biomasse cumulée par an .....	37
3.1.2.	Impact de l'intensité de récolte sur la longueur des individus .....	39
a.	Impact sur la population mesurée .....	39
b.	Impact sur la part exploitable des individus mesurés.....	40
3.1.3.	Impact de l'intensité de récolte sur la densité d'individus .....	42
3.2.	Bilan des résultats.....	45
3.3.	Interprétation et discussion .....	46
<b>4.</b>	<b>Impact du décalage de la période d'ouverture de <i>Palmaria palmata</i>.....</b>	<b>48</b>
4.1.	Résultat des expérimentations de terrain .....	48
4.1.1.	Impact comparé d'une récolte printanière sur la biomasse.....	48
4.1.2.	Impact comparé d'une récolte hivernale sur la biomasse.....	50
4.1.3.	Bilan des résultats.....	53
4.2.	Interprétation et discussion .....	53
	<b>CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES .....</b>	<b>55</b>
	<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>57</b>

## Liste des figures

Figure 1 : Individu de <i>Palmaria palmata</i> au morphotype classique (©M. Laboulais).....	8
Figure 2 : Carte de localisation des expérimentations sur les différents sites suivis.....	10
Figure 3 : étiquette utilisée pour délimiter les zones de suivi (© M. Laboulais).....	11
Figure 4 : Protocole général mis en place sur les différentes zones à <i>Palmaria palmata</i> suivies.....	12
Figure 5 : Schéma de l'expérimentation mise en œuvre pour évaluer l'impact d'une récolte à une taille inférieure à 25 cm (taille réglementaire actuelle).....	13
Figure 6 : Schéma de l'expérimentation mise en œuvre pour évaluer l'impact de différentes intensités de récolte.....	14
Figure 7 : Schéma de l'expérimentation mise en œuvre pour évaluer du décalage de la période d'ouverture de la récolte.....	15
Figure 8 : Evolution de la taille moyenne des individus (> 5 cm) sur la zone témoin des différents sites. Les longueurs moyennes sont en cm. Les barres d'erreur représentent l'intervalle de confiance à 95%.....	17
Figure 9 : Histogramme de fréquence des longueurs des individus de <i>Palmaria palmata</i> (> 5 cm) à différentes périodes sur la zone témoin de Bréhat. Le trait rouge figure la taille minimale réglementaire de récolte (25 cm).....	18
Figure 10 : Histogramme de fréquence des longueurs des individus de <i>Palmaria palmata</i> (> 5 cm) à différentes périodes sur la zone témoin de Landunvez. Le trait rouge figure la taille minimale réglementaire de récolte (25 cm).....	18
Figure 11 : Evolution de la densité moyenne des individus (> 5 cm) sur la zone témoin des différents sites (en nombre d'individus par m <sup>2</sup> ). Les barres d'erreur représentent l'intervalle de confiance à 95%.....	21
Figure 12 : Evolution de la température de surface de la mer (moyenne annuelle à gauche et amplitude thermique à droite) le long d'une partie de la Normandie et du littoral breton au cours des vingt dernières années. Norm = Normandie, NEB = Bretagne nord-est, WB = Bretagne ouest et SB = Bretagne sud.....	23
Figure 13 : différentes morphologies de <i>P. palmata</i> rencontrées sur les sites. De gauche à droite : à Penmarc'h, Bréhat et Santec (© M. Laboulais & N. Hamon).....	25
Figure 14 : évolution des biomasses moyennes récoltées sur les sites de Santec, Bréhat et Penmarc'h selon les différentes tailles de récolte (25 cm vs. 15 cm). Les barres d'erreurs représentent les intervalles de confiance à 95%.....	26
Figure 15 : évolution des longueurs moyennes sur les sites de Santec, Bréhat et Penmarc'h selon la taille minimale de récolte. Les barres d'erreur représentent les intervalles de confiance à 95%.....	28
Figure 16 : évolution de la part exploitable des individus selon la taille de récolte au moment de la récolte et au début de la période d'ouverture suivante à Santec.....	30
Figure 17 : Densité moyenne d'individus de <i>P. palmata</i> sur les sites de Santec, Bréhat et Penmarc'h en septembre et novembre sur les différentes zones de suivi. Les barres d'erreur représentent les intervalles de confiance à 95%.....	31
Figure 18 : évolution de la biomasse moyenne exploitables à Landunvez, Lédénez-Quéménès et Roscoff selon l'intensité de récolte (les barres d'erreurs représentent les intervalles de confiance à 95%).....	36
Figure 19 : quadrats réalisés dans la partie recouverte ponctuellement de cailloux à Quéménès en septembre 2021. Le substrat est colonisé par les algues vertes qui s'installent rapidement sur les milieux perturbés (© M. Laboulais).....	37
Figure 20 : évolution des longueurs moyennes sur les trois sites selon l'intensité de récolte (les barres d'erreurs représentent les intervalles de confiance à 95%). Nb : les individus de moins de 5 cm ne sont pas pris en compte.....	39
Figure 21 : évolution de la proportion d'individus supérieurs à 25 cm à Landunvez, Lédénez-Quéménès et Roscoff selon l'intensité de récolte.....	41
Figure 22 : densité moyenne d'individus supérieurs à 5 cm par m <sup>2</sup> à Landunvez, Lédénez-Quéménès et Roscoff. Les barres d'erreur représentent les intervalles de confiance à 95%.....	43



Figure 23 : Biomasses moyennes récoltées lors des suivis estivaux sur les sites de Landunvez 1, Landunvez 2, Santec, Bréhat et Penmarc'h en kg/m<sup>2</sup>. Les barres d'erreurs représentent les intervalles de confiance à 95%..... 49

Figure 24 : Biomasses moyennes récoltées lors des suivis hivernaux sur les sites de Landunvez 1, Landunvez 2 et Santec en kg/m<sup>2</sup>. Les barres d'erreurs représentent les intervalles de confiance à 95%..... 51

Figure 25 : Biomasses moyennes lors des suivis hivernaux sur les sites Bréhat et Penmarc'h en kg/m<sup>2</sup>. Les barres d'erreurs représentent les intervalles de confiance à 95%. .... 51



## Liste des tableaux

Tableau 1 : Contingent d'extraits de licence annuels et saisonniers sur les différents départements bretons et zones du Finistère en 2022. ....	9
Tableau 2 : biomasses moyennes récoltées par an et par zone sur chaque site en fonction de la taille de récolte en kg/m <sup>2</sup> En vert sont indiquées les valeurs les plus élevées par date, en fonction de la taille de coupe.....	27
Tableau 3 : différences des longueurs moyennes entre les mois de septembre et novembre sur les deux zones récoltées aux différents sites. En rouge sont indiquées les pertes de longueurs les plus importantes par date et par site en fonction de la taille de coupe. ....	29
Tableau 4 : Récapitulatif de l'impact de la taille de récolte sur la biomasse exploitable de P. palmata. ....	32
Tableau 5 : Récapitulatif de l'impact de la taille de récolte sur la longueur des individus de P. palmata entre septembre et novembre. ....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau 6 : Récapitulatif de l'impact de la taille de récolte sur la densité des individus de P. palmata entre septembre et novembre. ....	33
Tableau 7 : Somme des moyennes des biomasses pour chaque site et en fonction de chaque intensité de récolte sur trois périodes successives. En vert sont indiquées les gains de biomasse lorsqu'on récolte deux fois plutôt qu'une seule. En orange est indiquée la perte de biomasse quand on récolte deux fois plutôt qu'une seule. ....	38
Tableau 8 : différence des longueurs moyennes des individus de P. palmata entre juin et septembre par type de zone sur les différents sites. Nb : les individus < 5 cm n'ont pas été pris en compte. Les cases colorées en rose indiquent une perte de longueur au cours de l'été. ....	40
Tableau 9 : Récapitulatif de l'impact de l'intensité de récolte sur la biomasse cumulée.	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau 10 : Récapitulatif de l'impact de la période de récolte sur la biomasse.....	45
Tableau 11 : Récapitulatif de l'impact de l'intensité de récolte sur la longueur moyenne des individus.....	46
Tableau 12 : comparaison des biomasses moyennes en avril et juin sur les trois années de suivi. ....	50
Tableau 13 : comparaison des biomasses moyennes en janvier et novembre sur les trois années de suivi. ....	52
Tableau 14 : Récapitulatif de l'impact d'un recul de l'ouverture de la récolte.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau 15 : Récapitulatif de l'impact d'un recul de la fermeture de la récolte.....	53
Tableau 16 : résultats des tests de Wilcoxon-Mann-Whitney réalisés pour comparer la biomasse moyenne récoltée sur les zones récoltées respectivement à 15 cm et 25 cm chaque année à Santec. ....	63
Tableau 17 : résultats des tests de Wilcoxon-Mann-Whitney réalisés pour comparer la biomasse moyenne récoltée sur chaque type de zone chaque année à Bréhat.....	63
Tableau 18 : résultats des tests de Wilcoxon-Mann-Whitney réalisés pour comparer la biomasse moyenne récoltée sur les zones récoltées respectivement à 15 cm et 25 cm chaque année à Penmarc'h. La présence d'astérisque(s) indique l'existence d'une différence significative selon différents seuils (* : p-value < 0,05). ....	63
Tableau 19 : résultats des tests de Wilcoxon-Mann-Whitney effectués sur les longueurs moyennes des individus à différentes zones entre les mois de septembre et novembre à Santec. 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). ....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau 20 : résultats des tests de Wilcoxon-Mann-Whitney effectués sur les longueurs des individus à différentes zones entre les mois de septembre et novembre à Bréhat. 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). ....	63
Tableau 21 : résultats des tests de Wilcoxon-Mann-Whitney effectués sur les longueurs des individus à différentes zones entre les mois de septembre et novembre à Penmarc'h. 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). ....	64



Tableau 22 : résultats des tests de Wilcoxon-Mann-Whitney effectués sur les densités des individus à différentes zones entre les mois de septembre et novembre à Santec. La présence d'astérisque(s) indique l'existence d'une différence significative selon différents seuils (* : p-value < 0,05).....	64
Tableau 23 : résultats des tests de Wilcoxon-Mann-Whitney effectués sur les densités des individus à différentes zones entre les mois de septembre et novembre à Bréhat. La présence d'astérisque(s) indique l'existence d'une différence significative selon différents seuils (* : p-value < 0,05).....	64
Tableau 24 : résultats des tests de Wilcoxon-Mann-Whitney effectués sur les densités des individus à différentes zones entre les mois de septembre et novembre à Penmarc'h.....	64
Tableau 25 : P-values obtenues à l'issue des tests de Wilcoxon-Mann-Whitney effectués sur la biomasse moyenne récoltée au mois de septembre sur les deux zones (une récolte et deux récoltes) des différents sites. Les comparaisons sont réalisées intrasites. La présence d'astérisque(s) indique l'existence d'une différence significative selon différents seuils (* : p-value < 0,05 ; ** : p-value < 0,01).....	66
Tableau 26 : P-values obtenues à l'issue des tests de Wilcoxon-Mann-Whitney effectués sur la biomasse moyenne récoltée en juin et en septembre sur la zone récoltée deux fois des différents sites. Les comparaisons sont réalisées intrasites. La présence d'astérisque(s) indique l'existence d'une différence significative selon différents seuils (* : p-value < 0,05 ; ** : p-value < 0,01).....	66
Tableau 27 : P-values obtenues à l'issu du test de Wilcoxon-Mann-Whitney effectué sur les longueurs du site de Landunvez au sein d'une même zone entre les deux périodes (juin et septembre).....	66
Tableau 28 : P-values obtenues à l'issue du test de Wilcoxon-Mann-Whitney effectué sur les longueurs du site de Landunvez entre les zones à une même période. ....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau 29 : P-values obtenues à l'issue du test de Wilcoxon-Mann-Whitney effectué sur les longueurs du site de Lédénez-Quéménès au sein d'une même zone entre juin et septembre. ....	67
Tableau 30 : p-values obtenues à l'issue du test de Wilcoxon-Mann-Whitney effectué sur les longueurs du site de Lédénez-Quéménès entre les zones à une même période. ....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau 31 : P-values obtenues à l'issue du test de Wilcoxon-Mann-Whitney effectué sur les longueurs du site de Roscoff au sein d'une même zone entre les deux périodes (juin et septembre).....	67
Tableau 32 : p-values obtenues à l'issue du test de Wilcoxon-Mann-Whitney effectué sur les longueurs du site Roscoff entre les zones à une même période. ....	67
Tableau 33 : résultats des tests de Wilcoxon-Mann-Whitney réalisés afin de comparer les biomasses moyennes récoltées en avril et en juin sur les 5 sites au cours de trois hivers successifs.....	68
Tableau 34 : résultats des tests de Wilcoxon-Mann-Whitney réalisés afin de comparer les biomasses moyennes récoltées en novembre et en janvier sur les 5 sites au cours des 3 hivers successifs.....	68



## INTRODUCTION

*Palmaria palmata*, aussi appelée dulse, est une espèce d'algue rouge récoltée à titre professionnel sur l'ensemble de la Bretagne et largement prisée par les entreprises de récolte et de transformation. Elle est utilisée principalement en alimentaire mais aussi en cosmétique et fait l'objet de recherches afin de développer sa culture qui s'avère difficile en raison de son cycle de reproduction complexe. Depuis plusieurs années, les demandes pour cette espèce sont en augmentation. Depuis 2018, l'encadrement de l'exploitation est régi par un système de licences contingenté ainsi que des règles d'exploitation, mises en place par le Comité régional des pêches maritimes et élevages marins de Bretagne (CRPMEM). Ce dernier est régulièrement sollicité par les entreprises de récolte et de transformation pour augmenter le nombre d'autorisations de récolte sur plusieurs zones de gestion. Or une meilleure connaissance des stocks ainsi que des pratiques de récolte apparaissent comme une étape préalable incontournable dans l'optique de maintenir une récolte durable sur le territoire breton.

C'est pourquoi le CRPMEM a lancé dès 2016 le programme Biomasse Algues [1] dans lequel *Palmaria palmata* a fait l'objet de suivis sur les principaux champs exploités. Il a permis de déterminer des biomasses moyennes exploitables, correspondant à tout individu supérieur à 25 cm (cf. partie 1) avant et après la période d'exploitation sur ces champs, de mettre en évidence l'existence d'une récolte durable qui laisse de la biomasse en place à la fin de sa période d'ouverture. Il a également mis en exergue le fait que la ressource en *Palmaria palmata* est très dépendante des conditions environnementales, ce qui ne permet pas de quantifier le stock exploitable, celui-ci variant de manière importante dans le temps et l'espace sans relation avérée avec le niveau d'exploitation. Ce programme préconisait ainsi d'évaluer l'impact de différentes modalités de récolte plutôt que de réaliser une évaluation des stocks sur l'ensemble du littoral qui n'aurait eu qu'une valeur très limitée dans le temps. C'est sur la base de ces considérations que le programme Agrid (Amélioration des connaissances sur les algues de rive et leur récolte pour une gestion durable) a été construit. Concernant *Palmaria palmata*, les différentes actions mises en œuvre visent à mieux connaître la biologie de l'espèce pour comprendre les variations de sa biomasse, tester l'impact de différentes tailles, périodes ou intensités de récolte en vue d'adapter au besoin les règles d'exploitation déjà en place et répondre aux attentes des professionnels, tout en s'assurant de la durabilité de la récolte.

Le présent rapport fait état des résultats de ces suivis. Dans un premier temps, un rappel des connaissances actuelles sur la biologie de l'espèce est réalisé. Dans un deuxième temps, les résultats obtenus à l'issue des suivis opérés sur deux formes morphologiques distinctes de l'espèce au sein de zones exemptes de récolte sont présentés, auxquels succède la présentation des travaux sur l'impact de différentes tailles de coupe. Ils visent à évaluer s'il serait envisageable d'instaurer une taille réglementaire plus basse, tenant compte du fait que, dans certains secteurs, *Palmaria palmata* semble plus courte et n'atteint que très rarement cette taille minimale. Ensuite, l'impact de différentes intensités de récolte sur l'état de la ressource et la rentabilité de l'activité sont étudiés. L'objectif est de savoir s'il est préférable de récolter tardivement en septembre ou si deux récoltes annuelles permettent de rentabiliser davantage l'activité sans porter atteinte à la ressource. Enfin, les effets d'une coupe sur une période décalée par rapport au calendrier d'ouverture actuel de la récolte sont étudiés. Le but est de déterminer s'il serait pertinent de proposer un recul de deux mois des dates d'ouverture et fermeture de la récolte au vu du cycle de développement de l'espèce et de l'impact sur la biomasse exploitable. Ces suivis ont été réalisés sur trois années afin d'évaluer l'impact cumulé de ces traitements sur plusieurs cycles de récolte.

## PARTIE 1 : UNE ESPECE AU CYCLE COMPLEXE, RECOLTEE ET SUIVIE

### 1. Biologie et répartition

*Palmaria palmata* est située aux étages médiolittoral inférieur et infralittoral. Elle peut être présente jusqu'à 20 m de profondeur, dans les secteurs modérément exposés à exposés. Elle pousse en mosaïque plus ou moins dense avec d'autres algues sur les rochers ou en épiphyte sur les stipes de certaines espèces telles que *Fucus serratus* et plus bas sur *Laminaria hyperborea*. La variété *sarniensis* (Roth Greville), plus rare, est quant à elle présente dans les secteurs abrités des rives semi-exposées où s'accumulent limons et sables fins [2].

En Bretagne, elle est présente et récoltée sur les quatre départements mais apparaît plus abondante en Finistère nord, d'après les données déclaratives de récolte des professionnels. Sa morphologie peut être variable sur de faibles étendues de littoral. La figure 1 en illustre un exemple. Certaines formes ont pu être décrites comme des variétés ou formes distinctes. C'est le cas de la variété *sarniensis*, petite à lames étroites, qui a notamment été identifiée en rade de Brest. Les récoltants parlent de dulce « frisée » lorsque ses frondes sont courtes et forment de petites touffes denses. Cette dernière est peu récoltée car elle atteint rarement la taille réglementaire et sa biomasse est plus faible.



Figure 1 : Individu de *Palmaria palmata* au morphotype classique (©M. Laboulais).

Sa reproduction est principalement hivernale, mais des individus fertiles ont été observés dès la fin de l'automne [3]. Elle s'effectue de deux manières. Elle peut être sexuée : dans ce cas, les gamétophytes mâles matures émettent des spermatis qui peuvent féconder les gamétophytes femelles fixés au rocher, formant un individu sporophyte. Elle peut également être asexuée : l'individu sporophyte mature libère des spores qui vont se fixer et germer pour donner naissance à des gamétophytes mâles ou femelles, sans qu'il y ait fécondation. La libération de spores est maximale en janvier [3, 4]. Plus les thalles sont grands, plus ils sont fertiles et la majorité d'entre eux mesure plus de 15 cm. Lors de la période de reproduction, on peut distinguer les individus fertiles sporophytes des gamétophytes mâles, qui sont semblables le reste de l'année.

Les tétrasporophytes sont reconnaissables à leurs marbrures rouges qui correspondent à l'endroit où sont émises les spores (© M. Laboulais)



Les gamétophytes mâles sont marbrés de rose clair. C'est le lieu d'émission des spermatis (© M. Laboulais)

Quant au gamétophyte femelle, il est microscopique et ne peut être observé dans le milieu naturel. Sa découverte a été faite lors de la mise en culture de l'algue.

*Palmaria palmata* possède un fort potentiel de colonisation du milieu malgré un faible pouvoir de dispersion des spores. Le recrutement s'effectue de proche en proche. L'espèce est pérennante, c'est-à-dire qu'un individu peut vivre plusieurs années.

Les lames des individus peuvent atteindre 50 cm et quelques fois jusqu'à 1 m de long pour 3 à 5 cm de large. Leur taille varie au cours de l'année et dépend du site. Selon une étude menée à Roscoff [3], une période

de forte croissance débute au mois de juillet et c'est en octobre que les algues atteignent leur longueur moyenne maximale. Dans le même temps, la proportion de jeunes thalles, qui est maximale en avril, diminue. Un rajeunissement des populations est observé d'avril à juillet et de décembre à janvier. *Palmaria palmata* peut présenter des proliférations marginales c'est-à-dire des lames qui poussent sur les extrémités d'autres lames et qui font augmenter la surface et le recouvrement des individus. C'est entre les mois de novembre et juin qu'un plus grand nombre d'individus en porte. Leur présence peut également être corrélée à la taille des individus.

La biomasse exploitable de *Palmaria palmata* varie en fonction de la longueur des individus et de leur densité, qui sont elles-mêmes fortement dépendantes des conditions environnementales, des sites et de la période où l'évaluation est réalisée. Le programme Biomasse Algues a ainsi fait apparaître des valeurs moyennes de biomasse très variables d'un site à l'autre et au sein d'un même site, en fonction de la période d'évaluation. La biomasse moyenne exploitable au début de la période d'exploitation sur cinq sites était de 1,67 kg/m<sup>2</sup> en 2017 et 0,93 kg/m<sup>2</sup> en 2018. Le maximum a été atteint dans l'archipel de Molène (2,08 kg/m<sup>2</sup>) au printemps 2017 [1].

## 2. L'encadrement de la récolte

Sa récolte à titre professionnel est soumise à la détention d'une licence délivrée à l'entreprise et à un extrait de licence délivré pour chaque récoltant pour une zone et propre à chaque espèce ou groupe d'espèces. Les extraits sont valables 12 mois. Il existe une possibilité de demander des extraits à titre saisonnier (valable 6 mois consécutif maximum) dans le cas d'une augmentation d'activité.

Le contingent de licence est limité à 77 entreprises de récolte et les contingents d'extrait P. *Palmaria palmata* pour différents secteurs du littoral (cf. annexe 1 pour le zonage utilisé) sont les suivants :

**Tableau 1 : Contingent d'extraits de licence annuels et saisonniers sur les différents départements bretons et zones du Finistère en 2022.**

	Extraits annuels	Extraits saisonniers
Ille et Vilaine	2	0
Côtes d'Armor	19	10
Finistère - Zone A	55	60
Finistère - Zone B	53	60
Finistère - Zone C	32	55
Finistère - Zone D	29	56
Finistère - Zone E	28	55
Morbihan	4	0

Les entreprises de récolte ainsi que chaque récoltant disposent généralement de plusieurs extraits sur plusieurs zones.

Par ailleurs les prélèvements doivent être réalisés selon un calendrier qui s'étend au maximum du 1<sup>er</sup> avril au 31 décembre de chaque année. A la demande des entreprises de récolte regroupés au sein du groupe de travail algues de rive du CPRMEM Bretagne, des prospections sont réalisées chaque année depuis 2019 lors de la grande marée qui précède l'ouverture théorique de la récolte. Elles visent à estimer la biomasse exploitable en place. Lorsque celle-ci leur apparaît insuffisante et sur avis de la Station Biologique de

Roscoff, la date d'ouverture de la récolte fait l'objet d'une consultation pour décider du recul de son ouverture. Celui-ci est acté par décision du CRPMEM.

En outre, la récolte de *Palmaria palmata* est permise lorsque l'individu atteint une taille minimale de 25 cm et doit être réalisée à l'aide d'un outil coupant. Cette méthode de récolte, moins efficace que la récolte manuelle par arrachage, a fait l'objet d'une demande de modification du texte de loi concerné par le CRPMEM.

Enfin, comme pour les autres algues récoltées à titre professionnel, les récoltants sont tenus de déclarer individuellement les récoltes de *Palmaria palmata* réalisées quotidiennement en indiquant le poids prélevé, la localisation et la date de collecte. Ces données sont ensuite envoyées à la DDTM du département où la récolte a eu lieu, saisies dans une base de données et traitées, ce qui permet de connaître et suivre la répartition spatio-temporelle de la récolte.

## PARTIE 2 : PROTOCOLES MIS EN ŒUVRE DANS LES DIFFÉRENTES EXPERIMENTATIONS

### 1. Les sites

La carte ci-dessous présente les différents sites où se déroulent les expérimentations de terrain. Un code couleur permet d'identifier le suivi réalisé.

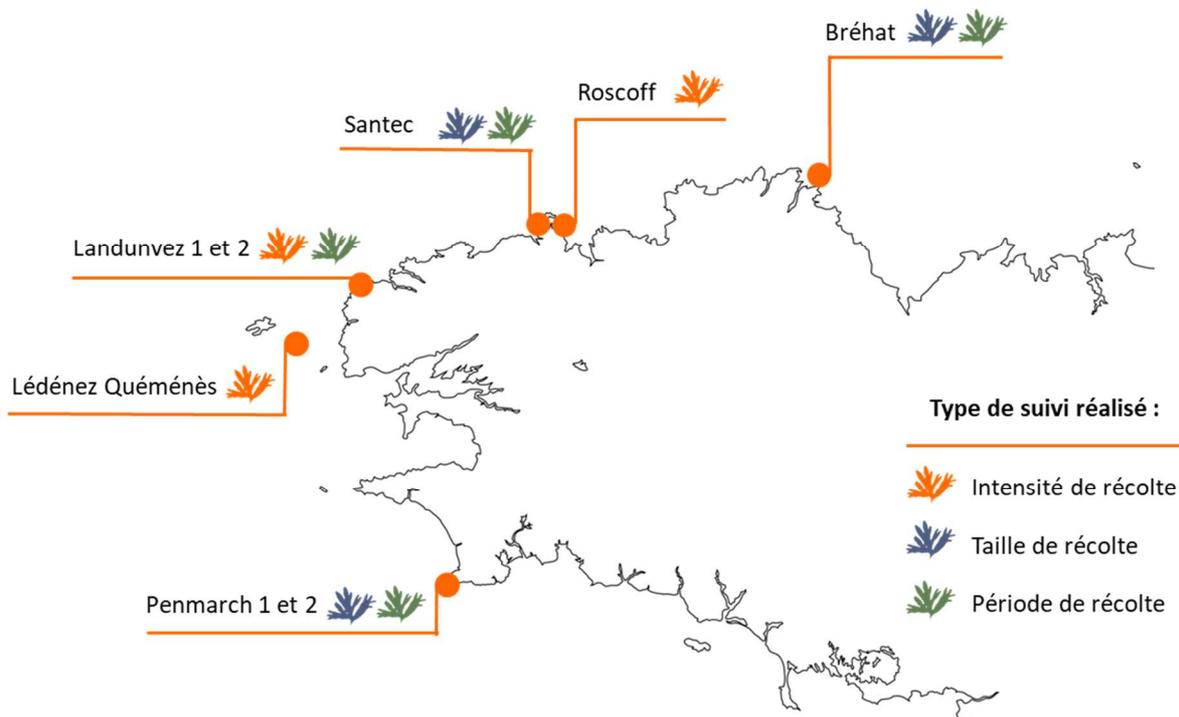


Figure 2 : Carte de localisation des expérimentations sur les différents sites suivis.

Les sites de Bréhat (Côtes d'Armor) et Penmarch 2 (Zone E du Finistère) ont été choisis car ils présentent de la *Palmaria palmata* frisée. Roscoff et Santec ont quant à eux été sélectionnés pour représenter la zone A (cf. annexe 1), tandis que la zone B est représentée par les sites de Landunvez 1 et 2. Lédénez Quéménès a été retenu car il se situe au cœur du champ réputé très productif de l'archipel de Molène. Enfin, Penmarch 1 est situé dans la zone E du Finistère. Plus au sud, *Palmaria palmata* est plus éparse et les sites ne sont pas connus.

Sur chaque site, plusieurs zones ont été définies et délimitées à l'aide de pitons équipés d'étiquettes visibles.



Figure 3 : étiquette utilisée pour délimiter les zones de suivi (© M. Laboulais).

Les différents sites comprennent une zone témoin qui n'est jamais récoltée et plusieurs zones expérimentales. Elles mesurent la même surface au sein d'un site mais peuvent avoir des superficies différentes entre les différents sites (5 à 12 m<sup>2</sup>), en lien avec le mode de couverture de l'espèce (dense ou éparse).

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.

Tous les sites n'ont pu être suivis à partir du printemps 2020, en lien notamment avec les restrictions dues à la Covid-19. Concernant le site de Lédénez-Quéménès, les suivis ont été limités au cours de l'été en lien avec son accessibilité et le coût lié aux déplacements. L'absence de valeurs à Penmarc'h 1 et 2 durant une partie des suivis réalisés en 2022 s'explique quant à elle par la disparition temporaire de l'espèce dans le secteur.

## 2. Périodes de suivi

Les suivis ont lieu au cours des mois de janvier (pic de reproduction), avril (ouverture théorique de la récolte), juin (période d'augmentation de la récolte), septembre (pic de récolte) et novembre (fin de la récolte) sur trois cycles consécutifs.

## 3. Moyens humains

Il faut généralement prévoir de réunir les participants 1h30 à 2h avant la basse-mer de vives-eaux (coefficient > 90) afin de détourner les zones avant de commencer les suivis, qui durent environ 3h. Il faut à peu près autant de participants qu'il y a de zones à suivre, excepté sur les secteurs où les zones sont clairsemées en *Palmaria palmata* (ex : à Bréhat et Penmarc'h). Ainsi, à Landunvez où sept zones sont suivies, il faut réunir 6 à 7 participants qui travaillent en binômes ou en trinômes.

Si la participation des récoltants professionnels s'est avérée indispensable pour définir les zones de suivi, ceux-ci sont également sollicités pour contribuer aux expérimentations de terrain. Pour cela, chaque entreprise disposant d'une licence de récolte est avertie par mail deux semaines auparavant. Un dédommagement permet de combler le manque à gagner pour la marée que les récoltants consacrent au

suivi plutôt qu'à la récolte. Cela a permis de mobiliser près de 40 récoltants professionnels sur toute la durée du programme, sans qui la réalisation des suivis n'aurait pas été possible.

## 4. Méthode

### 4.1. Protocole générique à toutes les expérimentations et suivi des zones témoin

Ils consistent à disposer dans chaque zone un minimum de cinq quadrats de 0,25 m<sup>2</sup>. Cette taille de quadrat a été choisie car c'est un standard fréquemment utilisé qui apparaissait comme un bon compromis vis-à-vis du temps alloué par la marée et de la taille des zones suivies (celle-ci a été restreinte à la demande des récoltants professionnels). Au sein de ces quadrats, les vingt premiers individus de longueur supérieure à 5 cm sont mesurés. Tous les autres individus répondant à ce critère de taille sont par ailleurs dénombrés. Le recouvrement par les individus de moins 5 cm est également noté selon différentes classes de pourcentage, mais ce paramètre s'est avéré difficile à évaluer sur le terrain, notamment quand l'espèce est en épiphyte. De plus, cette estimation est très variable d'un observateur à l'autre, ce paramètre n'a donc pas été exploité par la suite.

La méthode générale appliquée quel que soit le suivi réalisé est schématisée dans la figure ci-dessous. Elle est déployée à chaque période de suivi. En fonction de l'expérimentation réalisée, le protocole est enrichi et son contenu est précisé dans les parties suivantes.

Paramètres suivis par quadrat de 0,25 m <sup>2</sup>			
Zone témoin 	20 MESURES DE LONGUEURS 	DENOMBREMENT 	RECOUVREMENT (%) 
Zones expérimentales 	Individus > 5 cm	Individus > 5 cm	Individus < 5 cm

Figure 4 : Protocole général mis en place sur les différentes zones à *Palmaria palmata* suivies.

### 4.2. Impact d'une récolte à une taille inférieure à 25 cm

Le protocole mis en œuvre vise à évaluer l'impact d'une récolte à une taille minimale plus courte sur la ressource en *Palmaria palmata* et sur la rentabilité de l'activité. Pour cela, on compare trois zones :

- Une zone témoin ;
- Une zone récoltée à la taille minimale de 25 cm ;
- Une zone récoltée à la taille minimale de 15 cm. Cette taille a été fixée sur la base des échanges avec les professionnels, et tenant compte de la taille moyenne de la petite *Palmaria palmata*.

Les deux zones expérimentales font l'objet d'un prélèvement annuel simultané durant le mois de septembre où a lieu le pic de récolte annuel, au cours de trois années consécutives entre 2020 et 2022.

Le nombre de mesures de densité (et de biomasse) réalisées par zone et par date est précisé en annexe 3.

Le suivi est réalisé sur trois sites : à Bréhat (Côtes d'Armor), Penmarc'h (Finistère sud) et Santec (Finistère nord). A Bréhat et Penmarc'h, *Palmaria palmata* est touffue, parfois frisée et elle atteint rarement la taille réglementaire de récolte fixée à 25 cm minimum, alors qu'à Santec l'espèce présente des lames généralement plus longues. Il sera ainsi possible de comparer des populations à la morphologie distincte.

	Paramètre supplémentaire suivi par quadrat de 0,25 m <sup>2</sup> en septembre		Sur le reste de la zone (hors quadrat)
Zone récoltée à 15 cm 	RECOLTE  Individus > 15 cm	PESEE DE LA BIOMASSE 	RECOLTE  Individus > 15 cm
Zone récoltée à 25 cm 	RECOLTE  Individus > 25 cm		RECOLTE  Individus > 25 cm

Figure 5 : Schéma de l'expérimentation mise en œuvre pour évaluer l'impact d'une récolte à une taille inférieure à 25 cm (taille réglementaire actuelle).

#### 4.3. Impact de différentes intensités de récolte

Le suivi réalisé vise à évaluer si l'intensité de récolte influence l'évolution de la population de *Palmaria palmata* (biomasse, longueurs et densités) de *Palmaria palmata* et de quelle manière. Pour cela, sont suivies :

- Une zone témoin ;
- Une zone récoltée une fois par an au cours du mois de juin ;
- Une zone récoltée deux fois par an au cours des mois de juin et septembre.

Lors des périodes de récolte (en juin et/ou septembre), les individus répondant aux critères de taille réglementaire (25 cm ou plus) sont récoltés puis pesés au sein de chaque quadrat. Le reste de la zone est ensuite récolté afin que le traitement soit réalisé de manière homogène.

Le nombre de mesures de densité (et de biomasse) réalisées par zone et par date est précisé en annexe 3.

Le suivi est mené sur trois secteurs distincts du Finistère : à Landunvez, à Lédénez-Quéménès et à Roscoff. Des informations complémentaires sur ces sites sont fournies en annexe 2. A Lédénez-Quéménès, le suivi n'a lieu qu'aux mois de juin et septembre et le site de Roscoff a été suivi à partir d'avril 2021, car les moyens humains disponibles l'année précédente en lien avec la Covid 19 ne permettaient pas de le faire.

	Paramètre supplémentaire suivi par quadrat de 0,25 m <sup>2</sup> en juin		Sur le reste de la zone (hors quadrat)	Paramètre supplémentaire suivi par quadrat de 0,25 m <sup>2</sup> en septembre		Sur le reste de la zone (hors quadrat)
1 récolte annuelle 				RECOLTE  Individus > 25 cm	PESEE DE LA BIOMASSE 	RECOLTE  Individus > 25 cm
2 récoltes annuelles 	RECOLTE  Individus > 25 cm	PESEE DE LA BIOMASSE 	RECOLTE  Individus > 25 cm	RECOLTE  Individus > 25 cm	PESEE DE LA BIOMASSE 	RECOLTE  Individus > 25 cm

Figure 6 : Schéma de l'expérimentation mise en œuvre pour évaluer l'impact de différentes intensités de récolte.

#### 4.4. Impact du décalage de la période d'ouverture de la récolte

La période autorisée de récolte de *Palmaria Palmata* en Bretagne s'étend actuellement du 1<sup>er</sup> avril au 31 décembre de chaque année. Une partie des entreprises souhaitent attendre le mois de juin avant de pouvoir récolter, de manière à obtenir des biomasses plus importantes qu'à la fin du printemps. Cela pourrait s'accompagner - ou non - d'un décalage de la période de repos biologique du 1<sup>er</sup> mars au 31 mai, alors qu'elle est actuellement fixée du 1<sup>er</sup> janvier au 28 février. *Palmaria palmata* présente des qualités intéressantes en hiver, et serait notamment plus lourde d'après certains récoltants. Cette demande d'ouverture plus tardive de la récolte a notamment justifié la mise en place d'un protocole permettant d'évaluer la ressource aux dernières marées de mars. Sur la base des résultats, le GT a systématiquement proposé de reculer d'un mois à un mois et demi de la date d'ouverture.

Le protocole mis en œuvre vise à évaluer les impacts d'un changement des dates d'ouverture de la récolte sur la reproduction, le recrutement, la longueur des individus et la densité, à l'échelle d'un cycle de récolte. La répétition de ce protocole sur plusieurs années permet d'en étudier les conséquences à plus long terme.

Pour cela, trois zones de tailles égales sur chaque site ont été définies et délimitées à l'aide de pitons :

- Une zone témoin ;
- Une zone récoltée deux fois par an au début (avril) et à la fin de la période réglementaire actuelle (novembre) ;
- Une zone récoltée deux fois par an avec un décalage de deux mois par rapport à la période réglementaire actuelle, c'est-à-dire en juin et en janvier.

Lors des périodes de récolte, c'est-à-dire en avril et novembre d'une part, et en juin et janvier d'autre part, les individus répondant aux critères de taille réglementaire (25 cm ou plus) sont récoltés puis pesés au sein de chaque quadrat. Le reste de la zone est ensuite récolté afin que le traitement soit réalisé de manière homogène et la biomasse récoltée est pesée.

Enfin, pendant les suivis réalisés au cours de la période hivernale, les individus à taille réglementaire font l'objet d'une identification des structures reproductrices afin de définir s'ils sont : sporophytes, gamétophytes mâles, indéterminés ou immatures. Ces données n'ont pu être exploitées par la suite pour différentes raisons : la difficulté à identifier les structures reproductrices pour les néophytes remet en question la qualité des données, de même que la faible quantité de données disponibles dans chaque jeu de données.

Le nombre de mesures de densité (et de biomasse) réalisées par zone et par date est précisé en annexe 3.

Le suivi est mené sur quatre secteurs : Bréhat, Santec, Landunvez (2 sites) et Penmarch, soit 5 sites au total. A Penmarc'h, le site qui présente le grand morphotype de *Palmaria palmata* est suivi.

	Paramètre supplémentaire suivi par quadrat de 0,25 m <sup>2</sup> au printemps	Sur le reste de la zone (hors quadrat)	Paramètre supplémentaire suivi par quadrat de 0,25 m <sup>2</sup> en hiver	Sur le reste de la zone (hors quadrat)
Calendrier réglementaire actuel 	<b>RECOLTE EN AVRIL</b>  Individus > 25 cm <b>PESEE DE LA BIOMASSE</b> 	RECOLTE  Individus > 25 cm	<b>RECOLTE EN NOVEMBRE</b>  Individus > 25 cm <b>PESEE DE LA BIOMASSE</b> 	RECOLTE  Individus > 25 cm
Calendrier décalé de 2 mois 	<b>RECOLTE EN JUIN</b>  Individus > 25 cm <b>PESEE DE LA BIOMASSE</b> 	RECOLTE  Individus > 25 cm	<b>RECOLTE EN JANVIER</b>  Individus > 25 cm <b>PESEE DE LA BIOMASSE</b> 	RECOLTE  Individus > 25 cm

Figure 7 : Schéma de l'expérimentation mise en œuvre pour évaluer du décalage de la période d'ouverture de la récolte.

Il faut préciser que lorsqu'une action de récolte est programmée, le reste de la zone (hors quadrats) est ensuite récolté pour parvenir à un traitement homogène des surfaces expérimentales.

### 5. Traitements statistiques

Les traitements statistiques consistent à réaliser des comparaisons des biomasses moyennes, des longueurs et des densités d'individus sur les différentes zones et sites suivis en utilisant le test non paramétrique de Kruskal-Wallis car tous les échantillons ne suivent pas une loi normale. 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). Lorsque deux échantillons sont comparés, le test non paramétrique de Wilcoxon-Mann-Whitney est réalisé. Il permet de tester l'hypothèse selon laquelle les distributions de chacun de deux groupes de données sont proches. Les données sont représentées graphiquement sous R.

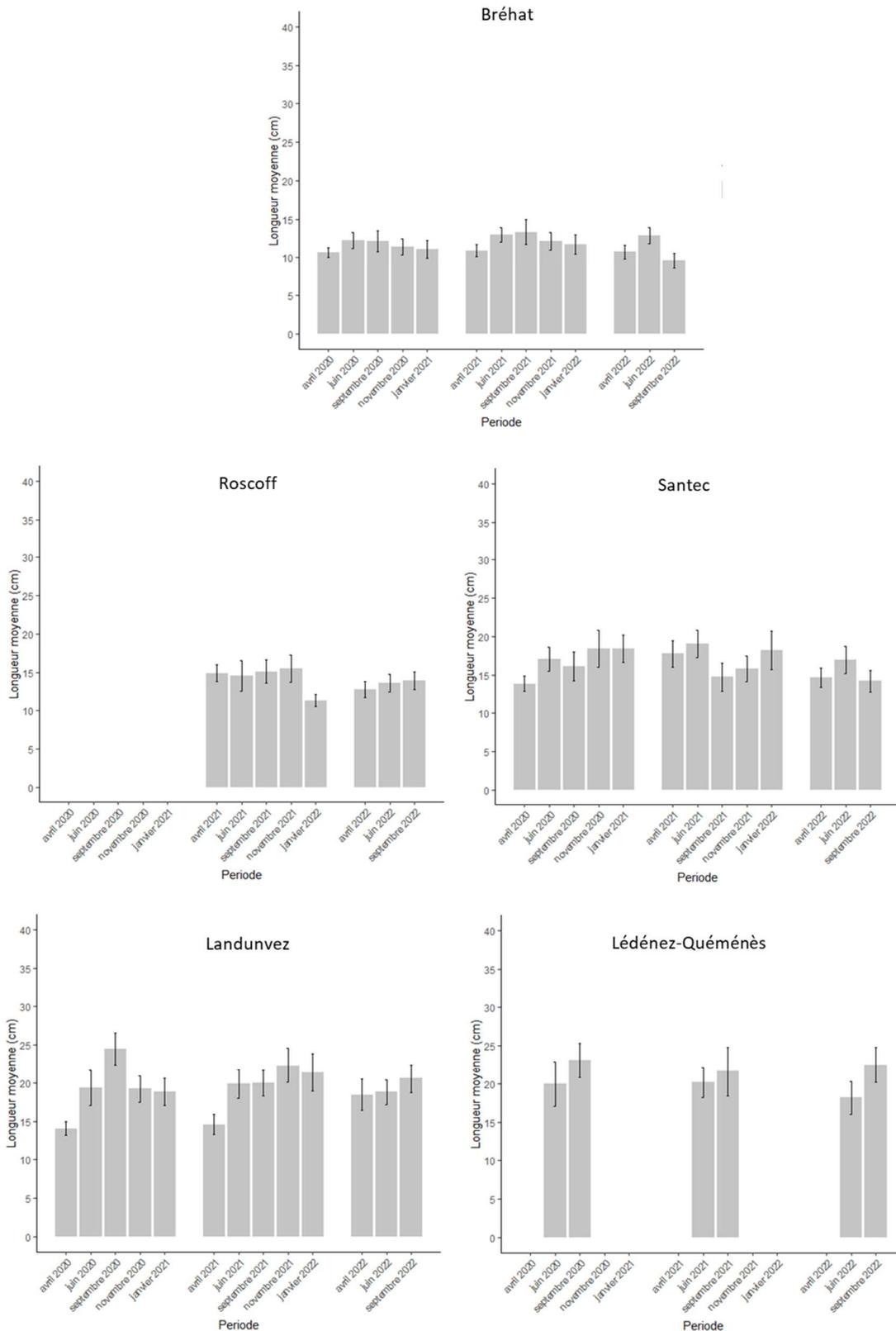
## PARTIE 3 : RESULTATS DES EXPERIMENTATIONS DE TERRAIN

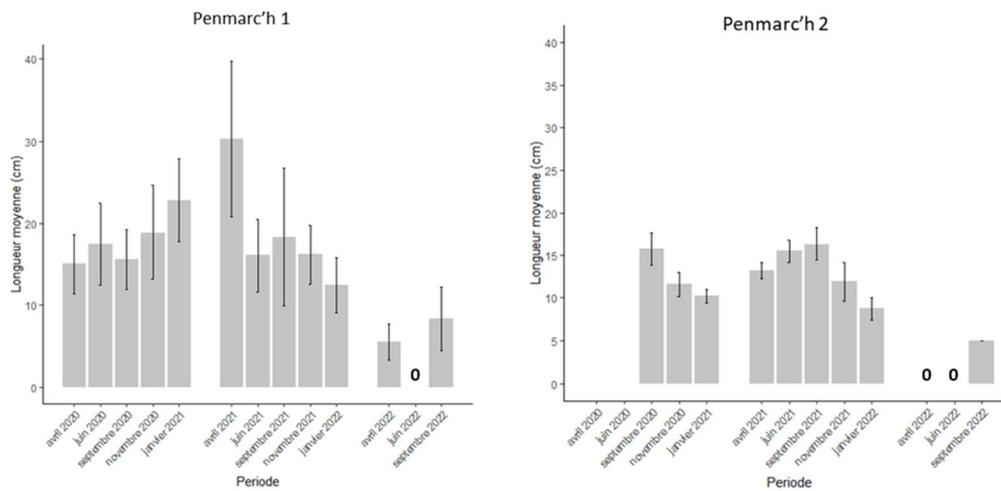
### 1. Suivi sur les zones non récoltées (zones témoin)

#### 1.1. Résultats des expérimentations

##### 1.1.1. Longueur des individus sur les zones témoin

##### a. Longueur moyenne des individus





**Figure 8 : Evolution de la taille moyenne des individus (> 5 cm) sur la zone témoin des différents sites. Les longueurs moyennes sont en cm. Les barres d'erreur représentent l'intervalle de confiance à 95%**

On constate des différences inter-sites importantes. Les plus faibles longueurs moyennes sont observées à Bréhat, puis à Penmarc'h 2, Roscoff et Santec, tandis que les individus présentent des tailles moyennes plus importantes à Landunvez et Lédénez-Quéménès. C'est à Penmarc'h qu'on trouve la longueur moyenne maximale en avril 2021 mais l'importance des barres d'erreur sur ce site indique de fortes disparités et un faible nombre d'individus mesurés.

Généralement, la taille maximale est atteinte au mois de septembre mais cela peut également survenir en novembre. C'est par exemple le cas à Landunvez en 2021 et à Santec en 2020. On constate ainsi que les histogrammes n'ont pas la même allure d'une année à l'autre au sein d'un même site, ce qui reflète la variabilité du paramètre « taille des individus » en l'absence de toute action de récolte.

Sur ce dernier site, l'évolution de la taille moyenne des individus ne suit pas la même tendance que sur les autres sites puisqu'il y a diminution chaque année à la fin de l'été.

Ce paramètre présente la plus faible amplitude sur les sites de Bréhat et Roscoff, où, quelle que soit la période considérée, les longueurs évoluent peu, tandis qu'elle est maximale à Penmarc'h 1 et Landunvez.

Il apparaît difficile d'interpréter les données pour Penmarc'h 1 étant donné le faible nombre de valeurs mesurées et l'importante taille des barres d'erreurs qui indiquent que les données sont disparates.

**b. Histogrammes des classes de taille sur deux sites**

Pour mieux comprendre l'évolution de la taille moyenne des individus, leur répartition par classe de taille a été représentée sous forme d'histogramme pour deux sites, et uniquement pour la zone témoin afin de s'affranchir de l'effet récolte : à Bréhat, où la taille moyenne des individus apparaît relativement stable aux différentes dates, et à Landunvez où on observe des variations plus importantes.

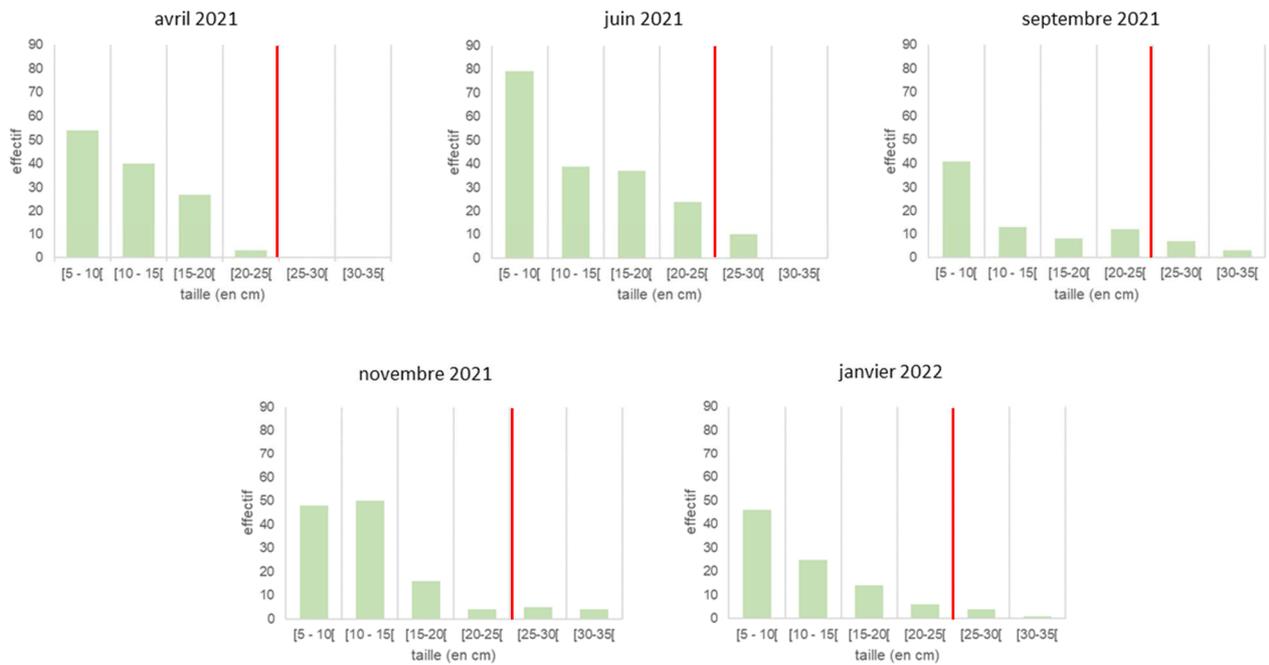


Figure 9 : Histogramme de fréquence des longueurs des individus de *Palmaria palmata* (> 5 cm) à différentes périodes sur la zone témoin de Bréhat. Le trait rouge figure la taille minimale réglementaire de récolte (25 cm).

Quelle que soit la période, la classe de taille la plus représentée à Bréhat est celle des individus < 10 cm, excepté en novembre où c’est la classe supérieure (de 10 à 15 cm) qui compte le plus d’individus. Les classes de tailles supérieures à 25 cm (à droite du trait rouge sur la figure) sont quant à elles celles qui comptent le moins d’individus. Aucun individu mesuré n’atteint d’ailleurs cette taille en avril 2021. Il n’y a pas eu d’individu de plus de 35 cm mesuré sur ce site. Les faibles variations de la taille moyenne (figure 8) s’expliquent par la croissance des individus au-delà de 25 cm à partir de juin concomitant à l’apparition de jeunes individus de petite taille.

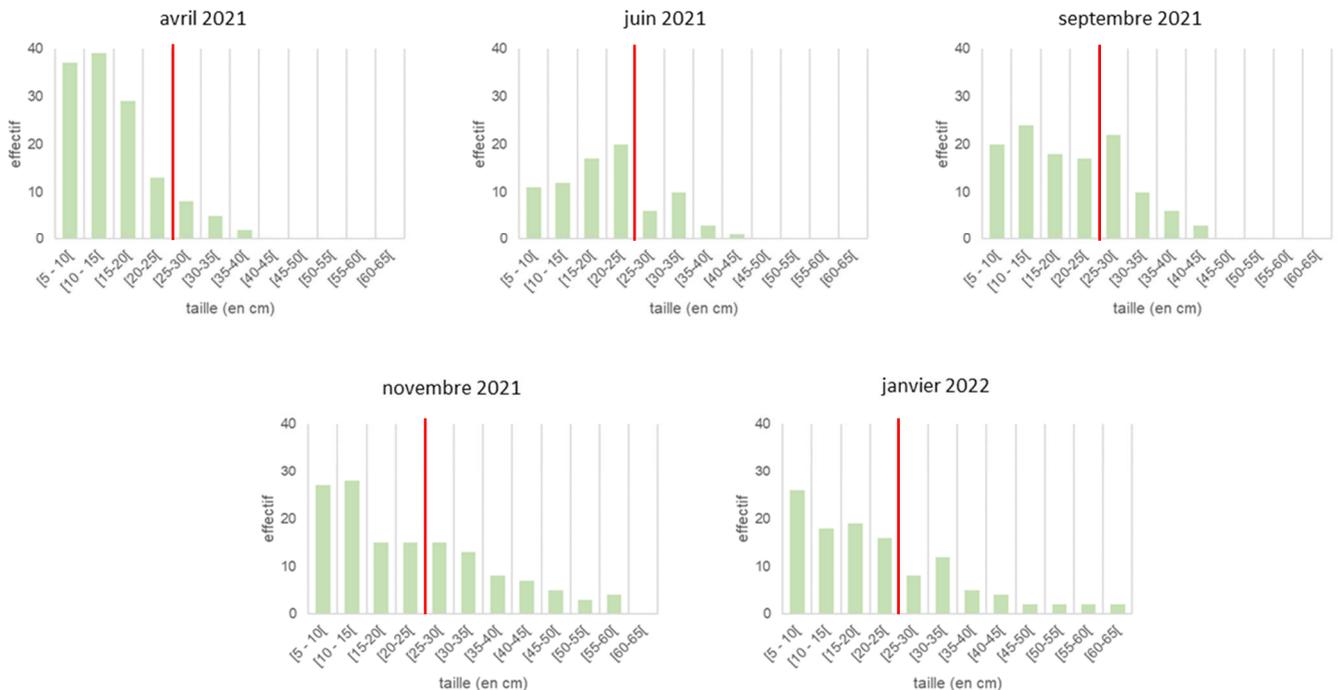


Figure 10 : Histogramme de fréquence des longueurs des individus de *Palmaria palmata* (> 5 cm) à différentes périodes sur la zone témoin de Landunvez. Le trait rouge figure la taille minimale réglementaire de récolte (25 cm).



A Landunvez, la tendance est différente : les individus  $< 10$  cm sont majoritaires en janvier. Au cours des mois d'avril, juin et septembre les classes de tailles supérieures sont plus représentées.

En avril, il n'y a aucun individu mesuré de plus de 40 cm. Au long de la saison, la taille des plus grands individus va augmenter jusqu'en janvier où ils peuvent mesurer plus de 60 cm. Ainsi, la faible taille moyenne des individus observée en avril 2021 (figure 3) s'explique par la forte proportion de petits individus et l'absence de grands. Par la suite l'augmentation de la taille moyenne s'accompagne d'une diminution du nombre de petits individus jusqu'à la fin de l'année où leur nombre augmente à nouveau.

→ En dehors de toute pression liée à la récolte, la taille des individus de *Palmaria palmata* montre des variations en fonction de la période considérée au sein d'un même site.

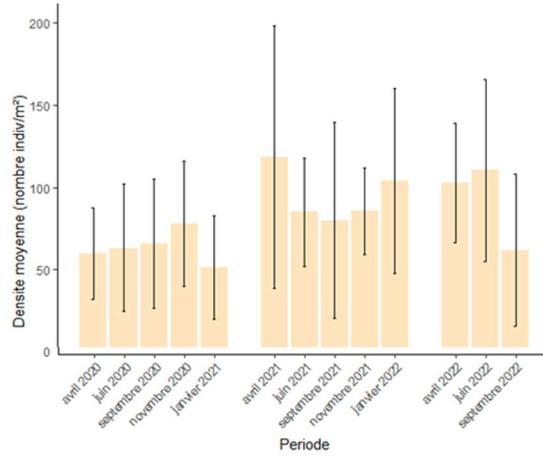
→ Des différences inter-sites de taille moyenne existent également. Elles sont particulièrement marquées entre les sites les plus occidentaux où la longueur moyenne des individus mesurés est plus importante et les sites orientaux où elle est moins importante.

→ Les histogrammes de fréquence des longueurs permettent de préciser cette information : à Landunvez, l'amplitude de taille est importante et les variations de longueurs des individus apparaissent corrélées à la période. A Bréhat, les histogrammes de fréquence des longueurs montrent des variations moins fortes en fonction de la période, et l'amplitude de taille est plus faible. La proportion des individus atteignant la taille de récolte y est très faible.

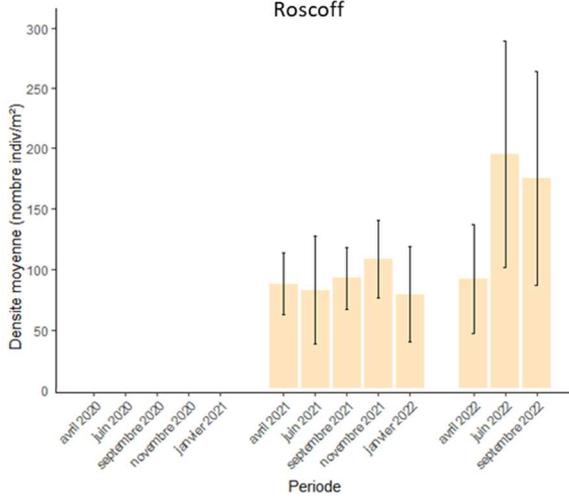
### 1.1.2. Densités des individus sur les zones témoin



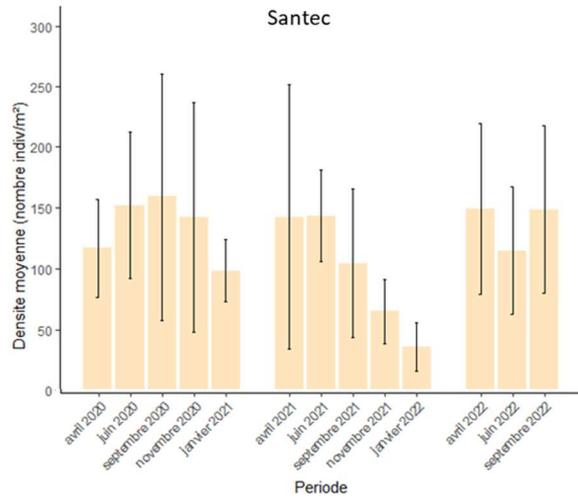
### Bréhat



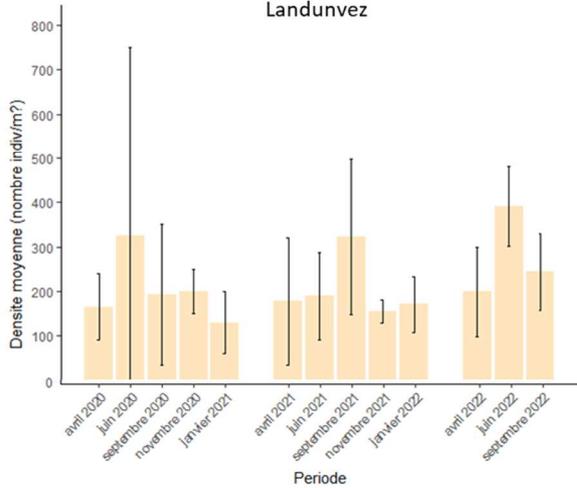
### Roscoff



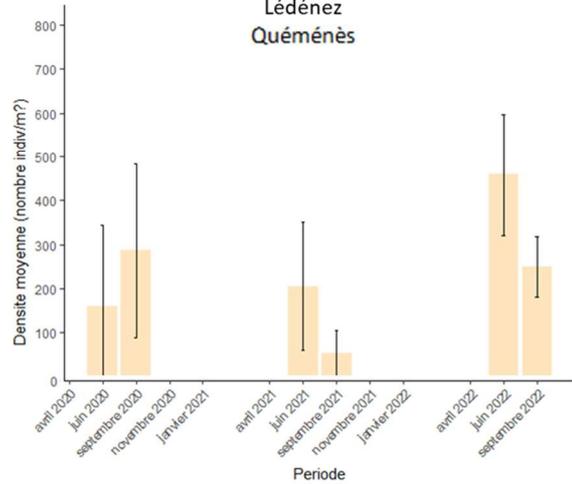
### Santec

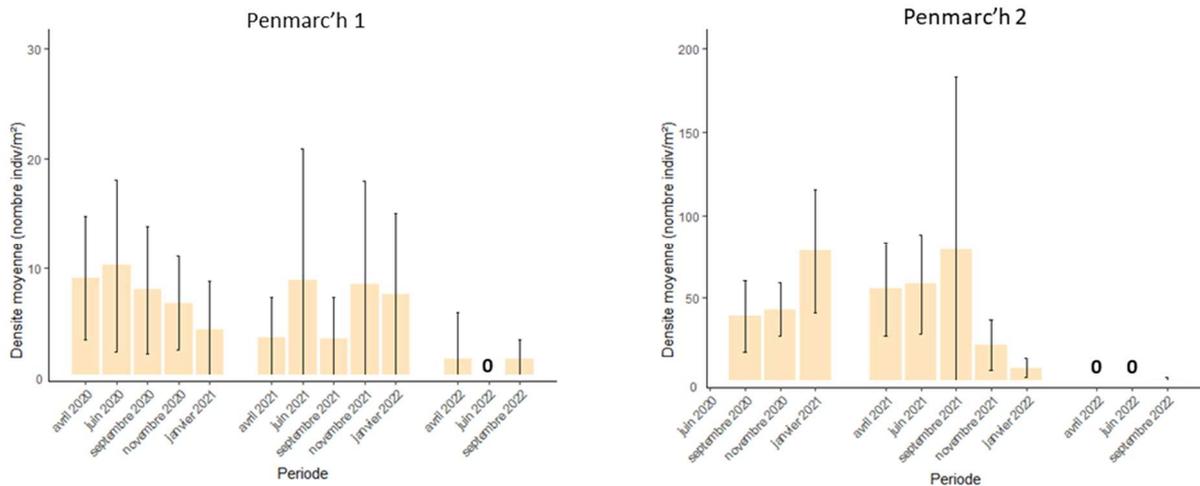


### Landunvez



### Lédénez Quéménès





**Figure 11 : Evolution de la densité moyenne des individus (> 5 cm) sur la zone témoin des différents sites (en nombre d'individus par m<sup>2</sup>). Les barres d'erreur représentent l'intervalle de confiance à 95%**

La figure montre les importantes barres d'erreur liées aux densités moyennes. On ne peut donc pas décrire de tendance générale sur les trois années quasi-complètes de suivi pour chaque site, ni de tendance commune aux différents sites. Les histogrammes de Penmarc'h 1 et 2 montrent la diminution progressive de la population au cours de l'année 2022 jusqu'à sa disparition au début de l'été.

La population apparaît moins dense à Penmarc'h 1, Penmarc'h 2, Bréhat. Les densités sont plus importantes à Roscoff et Santec puis à Landunvez et Lédénez-Quéménès (l'échelle des ordonnées a dû être adaptée en fonction du site).

→ En dehors de toute pression liée à la récolte, les données de densité apparaissent plus complexes à analyser. D'une part, les barres d'erreurs sont grandes sur les graphiques, ce qui est lié à l'échantillonnage trop faible pour ce paramètre. D'autre part, on ne distingue pas de tendance particulière quant à son évolution au cours du temps.

## 1.2. Interprétation et discussion

Ces suivis permettent de mettre en évidence la variabilité spatio-temporelle de la ressource en taille et en densité, sur des zones exemptes de récolte. Ils révèlent par ailleurs que la taille réglementaire de récolte, actuellement fixée à 25 cm minimum, ne permet pas de mettre en place une exploitation économiquement viable dans certains secteurs tels que le Finistère sud et les Côtes d'Armor, en lien avec les caractéristiques biologiques de l'espèce.

- **Comment expliquer les différences de longueur et de densité inter-sites ?**

Les paramètres longueur et densité semblent suivre un gradient longitudinal le long de la côte nord Finistère : de Bréhat jusqu'à Lédénez-Quéménès, en passant par Roscoff, Santec et Landunvez, la longueur moyenne des individus augmente. Cela semble également être le cas de la densité, bien que les importants intervalles de confiance rendent difficile l'interprétation des données. A Penmarc'h, les deux zones d'étude séparées de quelques centaines de mètres seulement montrent des individus à la morphologie très différente : à Penmarc'h 1, la ressource est très éparse, composée de longs individus souvent abîmés. A Penmarc'h 2, *Palmaria palmata* est frisée et courte, en épiphyte sur *F. serratus*. La densité des individus semble plus importante. Sur les deux champs, l'espèce disparaît au cours de l'été 2022. Deux hypothèses peuvent expliquer ces différences :

- A l'ouest, les conditions de températures - caractérisées par une faible amplitude thermique et des valeurs plus faibles [5] – permettent le développement de l'espèce.
- Sur les sites où les individus sont plus petits, *Palmaria palmata* est en épiphyte sur *F. serratus*. C'est le cas à Bréhat, Roscoff, Penmarc'h 2 et dans une moindre mesure à Santec. Hawkins et Harkin [6] suggèrent que ce comportement est lié à la compétition pour l'espace, c'est-à-dire que là où certaines espèces occupent déjà le substrat, *Palmaria palmata* se fixe sur leur stipe pour parvenir à disposer d'un substrat et capter la lumière. Par ailleurs, elle atteindrait des longueurs plus grandes dans les zones de courant où sa fronde est maintenue perpendiculaire à la lumière incidente, ce qui favorise sa croissance [7]. Or le fucus sur lequel elle s'accroche capte une partie de cette lumière. De plus ce dernier ralentit par sa présence les courants, empêchant ce phénomène.

En l'absence d'activité de récolte, on peut donc supposer que c'est une combinaison de facteurs qui explique les différences morphologiques et de densité des individus : là où les conditions de températures sont optimales pour l'espèce, elle se développe davantage. Lorsque les conditions deviennent moins favorables, *F. serratus* plus opportuniste s'installe et *Palmaria palmata* adopte alors un comportement épiphytique où l'environnement limite son développement en longueur.

- **Comment expliquer l'évolution de la taille des individus au cours du temps ?**

La longueur moyenne des individus augmente généralement entre le printemps et la fin de l'été (à Bréhat, Penmarc'h 2, Landunvez et Lédénez-Quéménès). Pendant cette période, les jeunes recrues croissent et la classe de taille des individus < 10 cm voit ses effectifs diminuer au profit des classes de taille supérieures. Sur les sites orientaux de Bretagne, cette tendance semble moins suivie et il est possible que son mode de colonisation épiphytique soit également en cause.

A Santec, l'évolution des longueurs moyennes des individus diminue de manière étonnante au cours de l'été. Cela peut être lié à la situation de la zone d'étude, sur une plage facilement accessible et fréquentée par des récoltants de loisir aperçus à plusieurs reprises au cours des suivis, y compris pendant une période de fermeture de la récolte (janvier 2021). Malgré l'affichage réalisé à l'entrée de la plage pour signaler un suivi en cours, des prélèvements ont pu être réalisés.

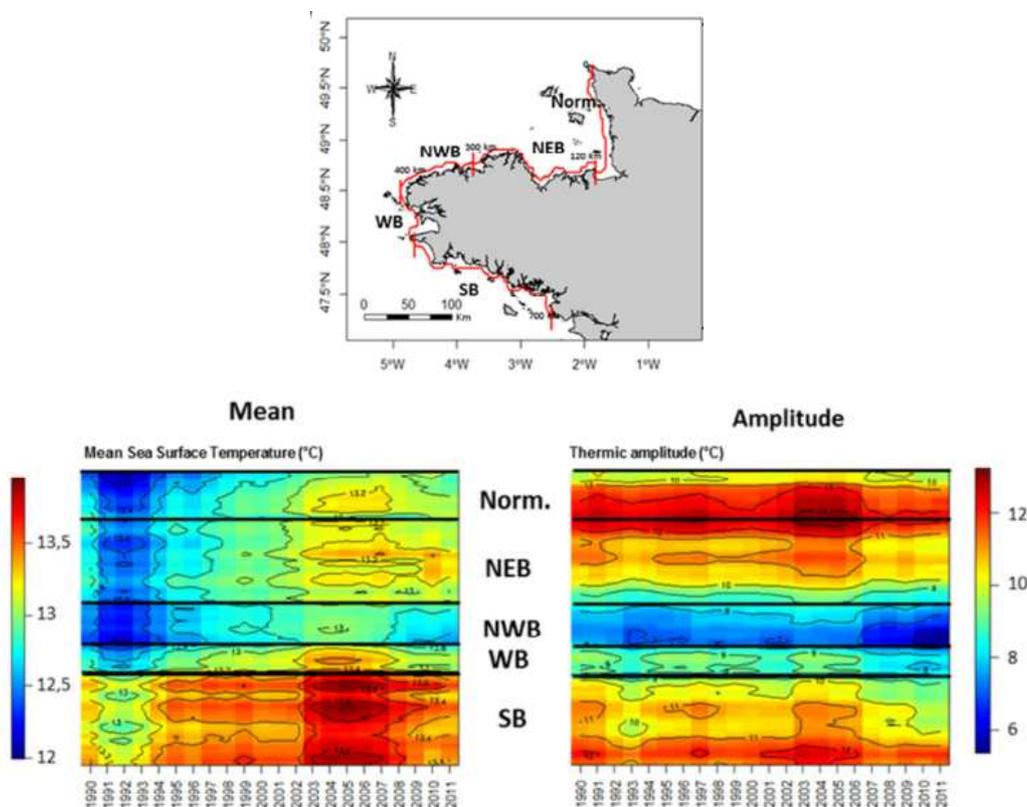
- **Comment expliquer l'absence de l'espèce au cours de l'été 2022 à Penmarc'h ?**

La disparition ponctuelle des champs situés à Penmarc'h (sur les deux sites d'étude) au cours de la période printanière et estivale 2022, y compris dans la zone témoin et sa réapparition partielle à la fin de l'été montre la capacité de résilience de l'espèce aux perturbations mais aussi à quel point elle est dépendante des facteurs environnementaux. En effet, deux causes peuvent être évoquées pour justifier ce phénomène : d'une part, la forte recrudescence des aplysies, présentes dès la fin de l'hiver et jusqu'au printemps et dont le régime alimentaire inclut *Palmaria palmata*, a pu provoquer une diminution de la ressource. Les zones de suivis et tout le secteur autour présentaient en effet des densités importantes de l'espèce avec plusieurs individus par m<sup>2</sup>. D'autre part, les températures estivales particulièrement élevées ont pu accroître le phénomène de mortalité. En effet, la température est le principal facteur abiotique qui contrôle la distribution des macroalgues car elle influe fortement sur leur survie, leur développement et leur reproduction [5]. Le facteur limitant pour la croissance et le bon développement de *Palmaria palmata* est la température trop élevée de l'eau en été et en automne [2]. Les travaux menés en aquaculture précisent ces informations, révélant que son optimal de température se situe à 10°C [7] et plus largement entre 6 et 15°C [8], voire jusqu'à 17°C [9]. Par ailleurs la mortalité se produit en une semaine à 20°C et plus [8]. Quant à la reproduction, les travaux réalisés sous conditions contrôlées montrent que les individus de *Palmaria* deviennent fertiles si elles sont laissées à des températures laissées entre 5 et 7°C avec une courte période de lumière. Les observations sur le milieu naturel révèlent que la libération des spores est réalisée quand la température devient inférieure à 10°C et que la photopériode se raccourcit [7]. La période à laquelle ce phénomène se produit dépend du lieu [3].

- *Quel impact pour les champs situés dans les limites de l'optimum de température de l'espèce ?*

Cela soulève la question de la pérennité de ces champs à plus long terme dans un contexte marqué par le réchauffement climatique. En effet, la Bretagne connaît, comme le reste du territoire français, une hausse générale des températures. Globalement, entre les périodes 1959-1988 et 1989-2018, la température a gagné 1°C de moyenne annuelle et certains secteurs présentent des températures atmosphériques plus élevées. C'est le cas de la pointe sud Finistère où se trouve Penmarc'h dont la température moyenne annuelle dépasse de 0,5°C celle du reste du littoral Finistérien [10].

Par ailleurs, les communautés de macroalgues sont supposées être impactées de manière plus drastique par l'augmentation de la température des eaux de surface des océans dans les zones de transition géographiques comme celle des eaux tempérées froides et chaudes de Bretagne [5 et références incluses]. Or les figures suivantes, issues du travail de thèse de M. Robuchon [5] montrent l'évolution au cours des vingt dernières années de la température de surface de l'eau :



*Figure 12 : Evolution de la température de surface de la mer (moyenne annuelle à gauche et amplitude thermique à droite) le long d'une partie de la Normandie et du littoral breton au cours des vingt dernières années. Norm = Normandie, NEB = Bretagne nord-est, NWB = Bretagne nord-ouest, WB = Bretagne ouest et SB = Bretagne sud.*

La figure 12 rend compte :

- Des différences de température moyenne annuelle en fonction des zones : elle est la plus élevée au sud Bretagne puis au nord-est Bretagne puis à l'ouest-Bretagne et enfin au Nord-ouest Bretagne où on trouve les températures moyennes annuelles les plus fraîches (figure de gauche) ;
- De l'augmentation de cette température moyenne annuelle (figure de gauche) au cours des vingt dernières années ;
- De l'amplitude thermique plus élevée sur les zones qui présentent les températures moyennes annuelles les plus importantes (sud Bretagne et nord-est Bretagne).



Les eaux des régions de l'ouest et du nord-ouest sont restées relativement froides au cours des vingt dernières années par rapport à celles du sud et du nord-est Bretagne. Ces dernières ont parallèlement vu un changement plus drastique des populations d'algues rouges que dans les régions restées plus froides [5]. Au-delà de la température, c'est l'amplitude de température qui est le meilleur prédicteur de la distribution des espèces.

Ainsi, Penmarc'h qui se trouve en région sud Bretagne et Bréhat qui se trouve en région nord-est Bretagne sont des secteurs plus enclins à subir une modification des populations d'algues rouges auxquelles *Palmaria palmata* appartient.

- **Perspective et poursuite des travaux**

Le mode de colonisation de *Palmaria palmata* et sa répartition en patch aboutit à des données très disparates. Afin de permettre une meilleure analyse statistique des données, le protocole mis en œuvre peut être amélioré par la multiplication des mesures de densité. Etant donné le temps imparti par la marée pour ces suivis (environ 3h / 3h30) et la taille des zones, cela implique également de réduire la taille des quadrats ou d'augmenter les moyens humains.

Par ailleurs, mesurer les individus de moins de 5 cm au sein de petits quadrats aurait permis de mieux appréhender l'évolution des longueurs sur les sites où *Palmaria palmata* est de petite taille (Bréhat, Penmarc'h), le recouvrement n'apparaissant pas comme une méthode d'évaluation satisfaisante pour cette espèce.

## 2. Impact d'une récolte à une taille inférieure à 25 cm



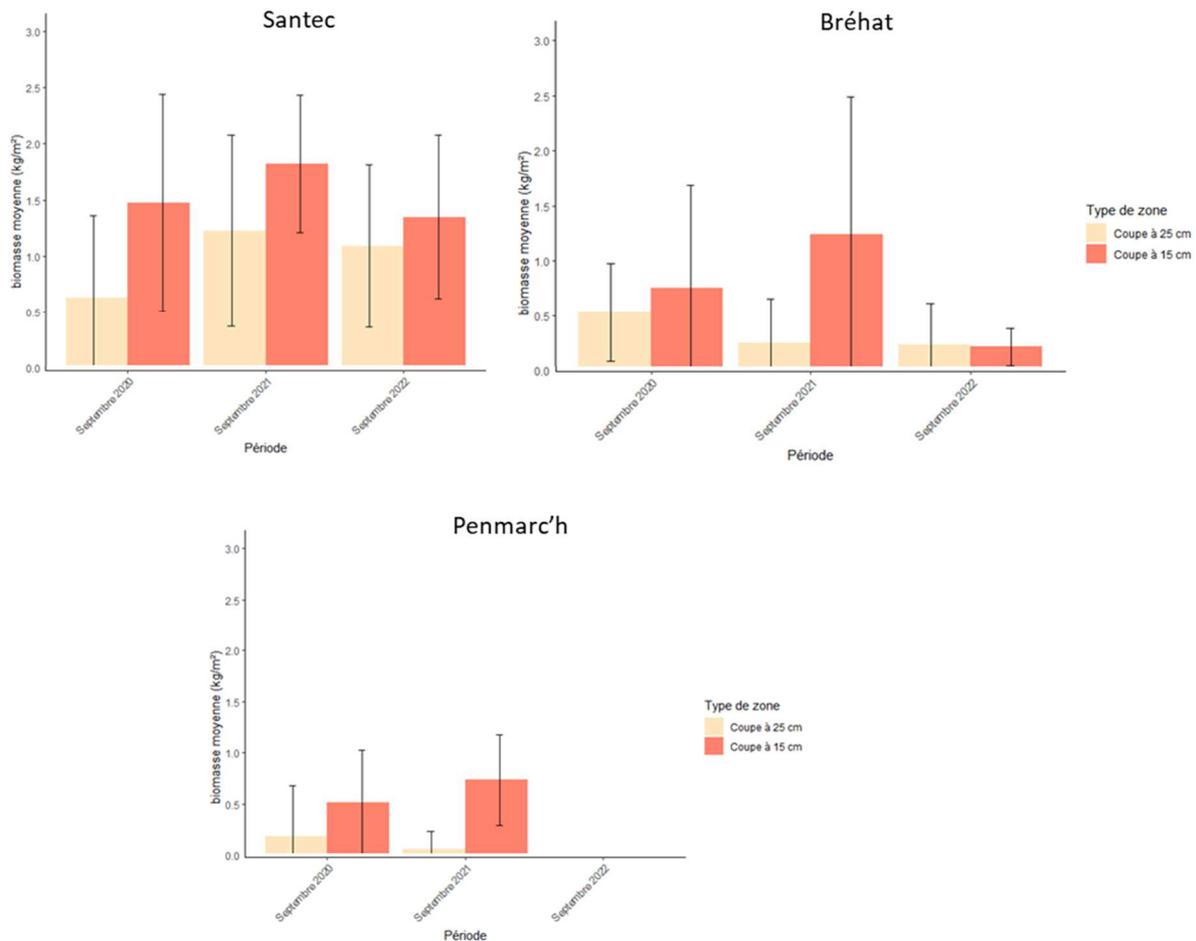
Figure 13 : différentes morphologies de *P. palmata* rencontrées sur les sites. De gauche à droite : à Penmarc'h, Bréhat et Santec (© M. Laboulais & N. Hamon).

Le protocole détaillé est présenté dans la partie 2 du présent rapport.

### 2.1. Résultats des expérimentations de terrain

#### 2.1.1. Impact de la taille de récolte sur la biomasse

Dans un premier temps, les biomasses moyennes récoltées en fonction de la taille de récolte sont comparées pour évaluer le gain que cela représente de récolter *Palmaria palmata* à partir de 15 cm.



**Figure 14 : évolution des biomasses moyennes récoltées sur les sites de Santec, Bréhat et Penmarc'h selon les différentes tailles de récolte (25 cm vs. 15 cm). Les barres d'erreurs représentent les intervalles de confiance à 95%**

Les intervalles de confiance sont importants, en lien avec la disparité des données et le faible nombre de quadrats réalisés (généralement inférieur à 10) à cause du temps imparti par les suivis.

A Santec, sur les trois années de suivi, la récolte est en moyenne toujours plus importante sur la zone où elle est effectuée à 15 cm et les biomasses moyennes des deux zones suivent la même tendance : elles augmentent en 2021 puis diminuent l'année suivante. Les tests statistiques réalisés ont cependant montré qu'il n'y avait pas de différence significative entre les biomasses récoltées dans les deux zones à chaque cycle de récolte (cf. annexe 4).

A Bréhat, la biomasse semble plus importante lorsqu'on récolte les individus à 15 cm. En 2021, le test statistique le confirme ( $p$ -value = 0,05). L'année suivante, ce n'est plus le cas, les biomasses récoltées dans les deux zones ne sont pas significativement différentes, comme en 2020.

C'est également visible à Penmarc'h où la biomasse est significativement plus importante en 2021 ( $p$ -value = 0,03). En 2022, aucune mesure de biomasse n'a été réalisée car le gisement a presque totalement disparu dans et autour du secteur de suivi entre le printemps et la fin de l'été. Par ailleurs, les biomasses prélevées sur ce site et à Bréhat sont particulièrement faibles.

Le tableau 2 suivant permet de chiffrer les différences de biomasses récoltées entre les deux zones de chaque site.

**Tableau 2 : biomasses moyennes récoltées par an et par zone sur chaque site en fonction de la taille de récolte en kg/m<sup>2</sup>**  
*En vert sont indiquées les valeurs les plus élevées par date, en fonction de la taille de coupe.*

Site	Taille minimale de récolte	Moyenne des biomasses en 2020 (en kg/m <sup>2</sup> )	Moyenne des biomasses en 2021 (en kg/m <sup>2</sup> )	Moyenne des biomasses en 2022 (en kg/m <sup>2</sup> )
Santec	25 cm	0,63	1,22	1,08
	15 cm	1,47	1,82	1,35
Bréhat	25 cm	0,53	0,25	0,23
	15 cm	0,75	1,24	0,21
Penmarch	25 cm	0,18	0,056	0
	15 cm	0,51	0,73	0

Le site de Santec apparaît beaucoup plus productif que les deux autres. On constate par ailleurs que 6 fois sur 7 la récolte est plus importante lorsqu'elle est réalisée à 15 cm (cases colorées en vert). Les différences apparaissent particulièrement importantes à Bréhat et Penmarch où la ressource est plus faible.

Cependant on remarque qu'à Santec le gain de biomasse diminue chaque année entre la zone de récolte à 15 cm et celle à 25 cm. Alors qu'en 2020 il était de 133% par rapport à la zone récoltée à 25 cm, en 2021 il est de 49%, et en 2022 il n'y a plus que 25 % de biomasse récoltée en plus.

→ Les résultats de l'expérimentation montrent qu'en termes de biomasse moyenne récoltée, il apparaît plus avantageux de récolter à la taille de 15 cm qu'à 25 cm chaque année en septembre. Les tests statistiques ne révèlent toutefois pas toujours de différence significative. Lorsqu'on compare le gain de biomasse que cela représente, on constate une diminution progressive à Santec au cours des trois cycles de récolte. Ainsi, s'il apparaît logique qu'une récolte à 15 cm plutôt que 25 permette d'obtenir une biomasse plus importante, les résultats suggèrent que ce raisonnement est valable à court terme et qu'une récolte à 15 cm pourrait être de moins en moins bénéfique sur la durée.

### 2.1.2. Impact de la taille de récolte sur les longueurs des individus

Les longueurs des individus ont été mesurées sur la zone témoin et sur les zones expérimentales avant la récolte de septembre, puis deux mois plus tard en novembre. Les mesures obtenues sont comparées entre elles pour évaluer si la récolte a un impact sur la longueur moyenne du stock deux mois plus tard et après trois cycles de récolte.

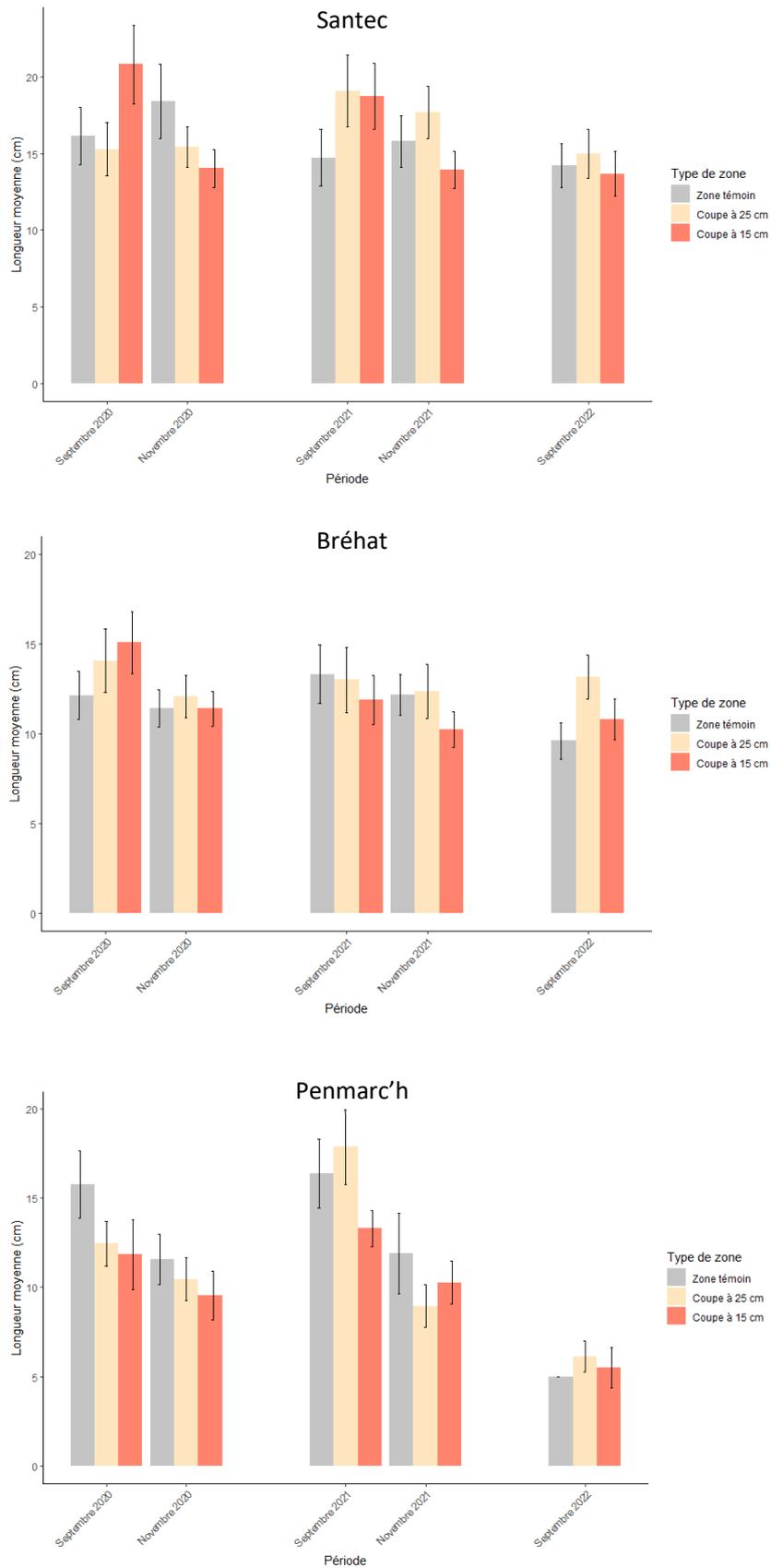


Figure 15 : évolution des longueurs moyennes sur les sites de Santec, Bréhat et Penmarc'h selon la taille minimale de récolte. Les barres d'erreur représentent les intervalles de confiance à 95%

En termes de tendance, à Santec en novembre 2020 et 2021, les longueurs des individus de la zone témoin et celle récoltée à 25 cm présentent respectivement des longueurs moyennes comparables à celles mesurée juste avant les prélèvements de septembre. Autrement dit, il n'y a pas eu d'évolution remarquable de la longueur des individus sur la zone non récoltée et récoltée à 25 cm. Ce paramètre est resté stable, alors qu'après deux mois d'une récolte à 15 cm, sur les deux années de suite, la zone présente des longueurs qui sont systématiquement plus basses ( $p$ -value < 0,001 en 2020 et  $p$ -value = 0,013 en 2021). A Santec, lorsqu'on compare les zones entre elles à une même date, on constate qu'en septembre 2020, avant toute action de récolte, les individus sont plus petits en zone témoin et en zone de récolte à 25 cm par rapport à la zone récoltée à 15 cm. Par la suite, la zone récoltée à 15 cm présente des longueurs qui diminuent progressivement à chaque nouveau cycle de récolte. En septembre 2022, malgré la différence de départ, les individus présentent des longueurs moyennes équivalentes sur les trois zones.

A Bréhat, on observe également une tendance à la diminution des longueurs des individus sur la zone récoltée à 15 cm deux mois après la récolte en 2020 ( $p$ -value = 0,004) mais aussi sur les trois cycles consécutifs, tandis que sur la zone récoltée à 25 cm, les longueurs apparaissent stables deux mois après la récolte, tout comme sur la zone témoin. A l'échelle de trois cycles de suivi, le paramètre fluctue de manière non régulière sur ces deux zones et on observe une diminution de la longueur sur la zone témoin en septembre 2022 alors qu'aucun prélèvement n'y a été réalisé.

A Penmarc'h, il y a une diminution de la longueur des individus sur toutes les zones, y compris celle qui n'est pas récoltée et cette diminution est toujours significative (cf. annexe 4). Cela signifie que la diminution observée n'est pas due à la taille minimale de récolte mais bien aux variables naturelles du site.

En 2022, l'échantillon est beaucoup plus réduit car le gisement avait quasiment disparu depuis le début du printemps. Les longueurs moyennes sont beaucoup plus faibles, mais aucune différence n'est observée entre les 3 zones.

#### a. *Evolution des longueurs moyennes sur les zones récoltées à 15 et 25 cm*

**Tableau 3 : différences des longueurs moyennes entre les mois de septembre et novembre sur les deux zones récoltées aux différents sites. En rouge sont indiquées les pertes de longueurs les plus importantes par date et par site en fonction de la taille de coupe.**

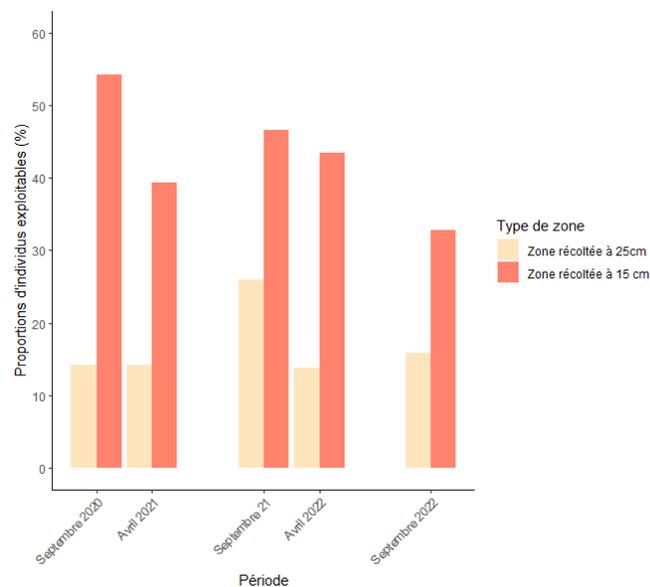
	Type de zone	Différence de Longueurs moyennes entre Septembre et Novembre 2020 (en cm)	Différence de Longueurs moyennes entre Septembre et Novembre 2021 (en cm)
Santec	Coupe à 25	+0,17	-1,4
	Coupe à 15	-6,7	-4,82
Bréhat	Coupe à 25	-2	-0,62
	Coupe à 15	-3,67	-1,67
Penmarc'h	Coupe à 25	-1,99	-8,91
	Coupe à 15	-2,28	-3,01

D'après ce tableau, les longueurs moyennes diminuent entre septembre et novembre aux différents cycles, quelle que soit la hauteur minimale de récolte, mais cette diminution est plus importante quand la zone a été récoltée à 15 cm plutôt qu'à 25 cm sauf à Penmarc'h en 2021 (cases colorées en rouge), comme l'ont montré les résultats des tests statistiques.

### **b. Evolution de la part exploitable**

Dans le cadre de la réglementation actuelle, la part exploitable de la population correspond à tous les individus présentant une longueur supérieure ou égale à 25 cm. Ici, l'objectif est donc de comparer la proportion de la part exploitable dans le cas où l'on récolte à 25 cm d'une part, ou à 15 cm d'autre part (la part exploitable sera donc tous les individus mesurant 15 cm ou plus). On regarde cette proportion au moment où l'on réalise le suivi (septembre) et en avril suivant (mois correspondant au début de la période d'exploitation réglementaire). Comme les individus inférieurs à 5 cm ne sont pas mesurés dans le cadre du protocole, cette proportion ne peut être considérées comme la proportion récoltée au sein de la population totale.

Seul le site de Santec est représenté ici étant donné que sur les sites de Bréhat et Penmarc'h, l'étude de la gamme de taille pour l'espèce montre que la part exploitable est très faible voire inexistante quelle que soit la taille de récolte. Les proportions qui représentent un très faible nombre de données ont tout de même été représentées en annexe 5.



**Figure 16 : évolution de la part exploitable des individus selon la taille de récolte au moment de la récolte et au début de la période d'ouverture suivante à Santec**

Lorsque l'on récolte à 15 cm, la part exploitable est beaucoup plus importante (45 % des individus mesurés en moyenne contre 19% sur la zone à 25 cm).

Entre le début et la fin du suivi, la part exploitable est stable sur la zone récoltée à 25 cm mais elle diminue sur la zone récoltée à 15 cm.

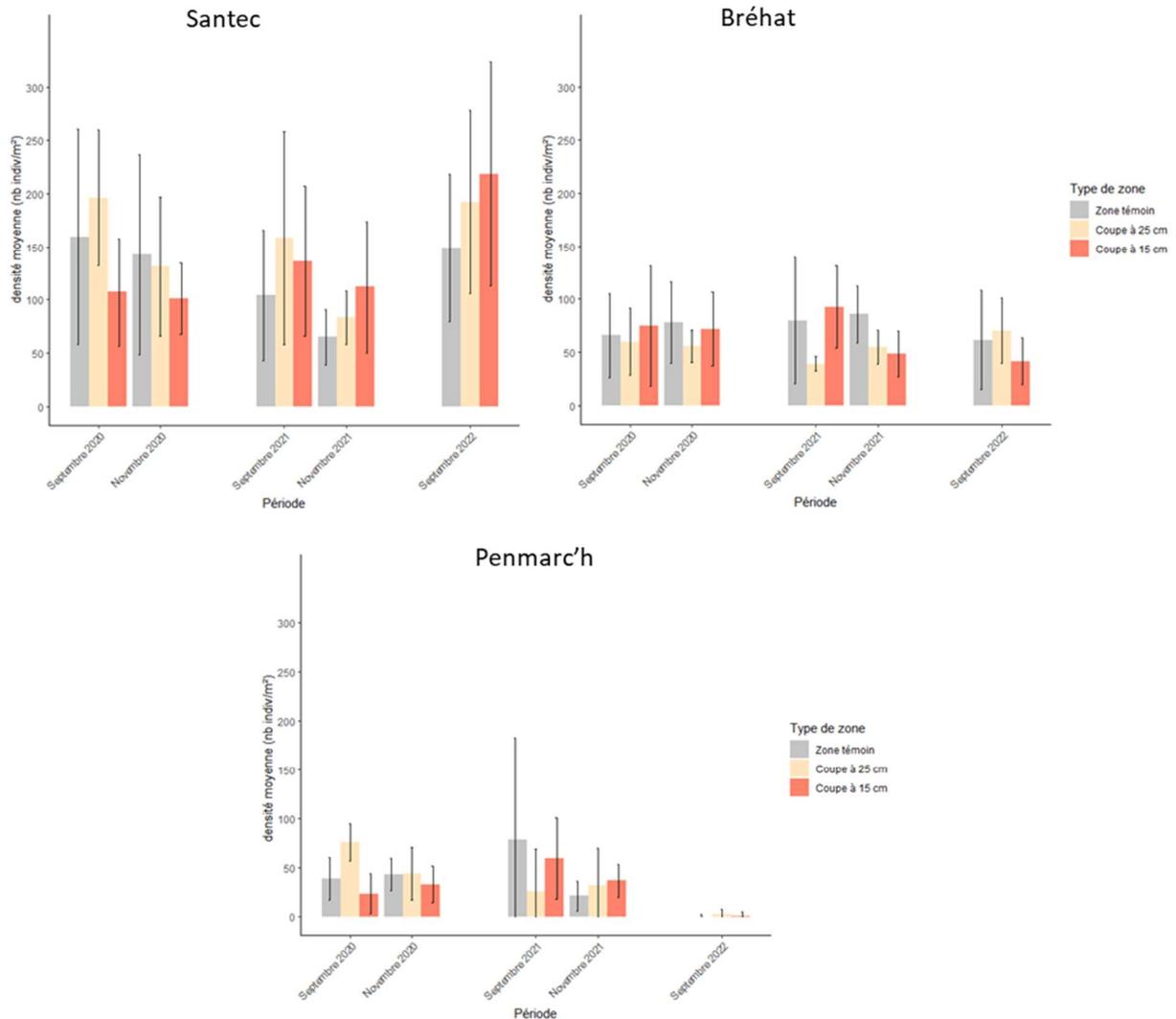
→ Dans la majorité des cas, deux mois après la récolte du mois de septembre, les individus de la zone récoltée à 15 cm sont en moyenne plus petits, contrairement aux zones témoins et récoltées à 25 cm.

→ Le site de Santec, où *P. palmata* est plus grande que sur Bréhat et Penmarc'h, semble plus fortement impacté par ce phénomène. C'est sur ce site qu'une plus grande proportion de la population est prélevée dans le cadre d'une récolte à 15 cm (plus de 50 % des individus mesurés la première année). Sur cette zone, la part exploitable diminue d'année en année.

→ A Penmarc'h, la taille des individus diminue de manière significative au cours de l'automne qu'il y ait eu ou non une récolte en septembre et quelle que soit la taille de récolte.

### 2.1.3. Impact de la taille de récolte sur la densité des individus

La densité correspond au nombre d'individus de plus de 5 cm par m<sup>2</sup>. Comme pour les longueurs, ce paramètre a été mesuré sur la zone témoin et sur les zones expérimentales avant la récolte de septembre, puis deux mois plus tard en novembre. Les mesures obtenues sont comparées entre elles pour évaluer si la récolte a un impact sur la densité moyenne du champ d'algues deux mois plus tard et après trois cycles de récolte.



**Figure 17 : Densité moyenne d'individus de *P. palmata* sur les sites de Santec, Bréhat et Penmarc'h en septembre et novembre sur les différentes zones de suivi. Les barres d'erreur représentent les intervalles de confiance à 95%.**

Là encore, les barres d'erreur sont importantes. La densité sur la zone témoin et la zone récoltée à 15 cm est relativement stable après la première récolte, alors qu'elle diminue sur la zone récoltée à 25 cm ( $p$ -value = 0,519). Au cours du second cycle, elle semble diminuer sur les trois zones entre septembre et novembre, mais la diminution n'apparaît significative que sur la zone récoltée à 25 cm ( $p$ -value = 0,037). La densité d'individus apparaît plus importante en septembre 2022 sur les zones récoltées, mais cette différence n'est pas significative d'un point de vue statistique.

Sur le site de Bréhat, ce paramètre reste stable entre septembre et novembre après la première récolte. En 2021, la densité d'individus sur la zone témoin est encore une fois stable, alors que sur les zones récoltées, la tendance diffère : sur la zone récoltée à 15 cm, il y a une diminution significative ( $p$ -value = 0,037) et sur la zone récoltée à 25 cm, il y a une augmentation significative ( $p$ -value = 0,033).

A Penmarc'h en 2020, la zone témoin et celle récoltée à 15 cm montrent une densité stable entre septembre et novembre alors que la zone récoltée à 25 cm présente une diminution. En 2021, l'inverse est observé. Mais aucun de ces changements n'apparaît statistiquement significatif (cf. annexe 4 pour les p-value obtenues).

- Concernant le paramètre densité, les zones ne suivent pas de tendance claire et distincte en fonction de la récolte réalisée. On n'observe pas non plus de tendance commune entre les sites suivis.
- On ne peut donc pas conclure à une relation entre la présence ou l'intensité de récolte et la densité d'individus comptés à court ou moyen terme.

#### 2.1.4. Bilan des résultats

- **Est-il plus favorable en termes de biomasse de diminuer la taille réglementaire des prélèvements à 15 cm ?**

	2020	2021	2022
Santec			
Bréhat			
Penmarc'h			

- Biomasse plus importante en récoltant à 15cm qu'à 25cm (non significatif)
- Biomasse plus importante en récoltant à 15cm qu'à 25cm (significatif)
- Biomasse moins importante en récoltant à 15 cm qu'à 25 cm (non significatif)

**Tableau 4 : Récapitulatif de l'impact de la taille de récolte sur la biomasse exploitable de *P. palmata*.**

Sept fois sur huit, la biomasse récoltée est plus importante lorsqu'elle est effectuée à 15 cm et cette différence s'avère significative dans 2 cas. Il semblerait donc que la récolte à 15 cm présente un avantage en termes de rentabilité. Sur les deux sites du Finistère, cette tendance est suivie au cours des trois années où l'expérience a été menée ce qui laisse suggérer que cela n'a pas d'effet négatif sur le stock en place à moyen terme.

Cependant, sur le site de suivi de Bréhat, dans les côtes d'Armor, cette tendance ne semble pas suivie. Ainsi, à moyen terme, il n'est pas possible de mettre en évidence un gain de biomasse pour les entreprises de récolte sur ce département.

- **Peut-on évaluer l'impact de cette mesure sur la longueur moyenne des individus à court, moyen et long terme ?**

**Tableau 5 : Récapitulatif de l'impact de la taille de récolte sur la longueur des individus de *P. palmata* entre septembre et novembre.**

	2020			2021		
	Zone témoin	Récolte à 25 cm	Récolte à 15 cm	Zone témoin	Récolte à 25 cm	Récolte à 15 cm
Santec						
Bréhat						
Penmarc'h						

- Longueurs plus importantes en novembre qu'en septembre (non significatif)
- Longueurs plus importantes en novembre qu'en septembre (significatif)
- Longueurs équivalentes en novembre et en septembre
- Longueurs plus faibles en novembre qu'en septembre (non significatif)
- Longueurs plus faibles en novembre qu'en septembre (significatif)

Sur le site de Penmarc'h, quelle que soit la zone considérée, la diminution des longueurs est significative. La récolte à 15 cm ne semble donc pas être la cause de cette diminution.

Sur les autres sites, en 2020, les zones récoltées à 15 cm montrent une diminution significative des longueurs des individus deux mois après la récolte, mais cela n'est plus le cas l'année suivante pour Bréhat, alors que sur les mêmes périodes les longueurs en zone témoin et récoltée à 25 cm varient de manière non significative.

Ainsi cette pratique semble impacter à court terme (deux mois) la longueur moyenne des individus, mais la diminution n'est pas toujours significative et elle peut se produire sans action de récolte comme c'est le cas à Bréhat en 2021 sur la zone témoin. A Santec, la diminution de longueur apparaît bien corrélée à la réduction de la taille de récolte.

- **Qu'en est-il de l'impact sur la densité des individus lorsque l'on récolte à 15 cm ?**

**Tableau 6 : Récapitulatif de l'impact de la taille de récolte sur la densité des individus de *P. palmata* entre septembre et novembre.**

	2020			2021			
	Zone témoin	Récolte à 25 cm	Récolte à 15 cm	Zone témoin	Récolte à 25 cm	Récolte à 15 cm	
Santec	Light Blue	Light Orange	Light Blue	Light Orange	Dark Red	Light Blue	Densités plus importantes en novembre qu'en septembre (non significatif)
Bréhat	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Dark Green	Dark Red	Densités plus importantes en novembre qu'en septembre (significatif)
Penmarc'h	Light Blue	Dark Red	Light Green	Dark Red	Light Green	Light Orange	Densités équivalentes en novembre et en septembre

Le tableau 4 confirme qu'on ne peut conclure à un impact de la récolte, quelle que soit la taille minimale, sur la densité d'individus supérieurs à 5 cm, ni à un impact cumulé de celle-ci. En effet, aucune tendance claire ne se dégage sur les deux cycles suivis.

## 2.2. Interprétation et discussion

La demande de diminution de la taille réglementaire de récolte par les entreprises de récolte était motivée par la présence d'individus de l'espèce *Palmaria palmata* à la morphologie particulière sur certains secteurs spécifiques de Bretagne où l'espèce n'atteint que rarement la taille minimale fixée actuellement à 25 cm. Ces secteurs sont localisés dans le Finistère sud et les Côtes d'Armor. Les évaluations de ressource réalisées en 2021 et 2022 (cf. partie 1, point 2 sur l'encadrement de la récolte) à la marée précédant l'ouverture de la récolte (dernière grande marée de mars) sur le sillon de Talbert ont en effet montré que les biomasses moyennes exploitables étaient particulièrement basses, avec respectivement 0,07 Kg/m<sup>2</sup> et 0,008 kg/m<sup>2</sup>.

- **Est-ce que réduire la taille actuelle de récolte de 10 cm augmenterait la production à différents pas de temps ?**

Le suivi réalisé en septembre confirme les très faibles biomasses récoltées sur ces secteurs du Finistère Sud et des Côtes d'Armor, comparativement à celles mesurées dans le Finistère nord. Ainsi, sur les deux sites qui abritent la petite *Palmaria palmata*, la plus importante biomasse récoltée s'élève à 0,53 kg/m<sup>2</sup> avec une taille de récolte à 25 cm.

Le gain de biomasse lorsqu'on réduit la taille minimale de récolte apparaît important mais les biomasses restent faibles. Les écarts sont encore plus importants sur Penmarc'h. Y réduire la taille de récolte ne permettrait pas d'augmenter considérablement les quantités récoltées à l'échelle de ces secteurs.

A Santec, le gain de biomasse diminue d'année en année et l'écart se réduit entre la zone récoltée à 15 cm et celle récoltée à 25 cm. Enfin sur les zones où l'algue est plus dense et plus grande, le gain devrait être plus important et doit faire l'objet d'une évaluation plus approfondie. La poursuite du protocole s'avèrerait intéressante pour confirmer cette tendance.



- **Est-ce que réduire la taille de récolte pourrait avoir un impact négatif sur la reproduction de l'espèce ?**

Les suivis menés en zone témoin montrent que lorsqu'il n'y a pas de récolte, la longueur moyenne des individus varie peu entre le mois de septembre et le mois de novembre. En effet, les capacités de croissance de l'espèce s'amouindrissent avec la diminution la durée de l'ensoleillement [2]. Or, on sait d'après la littérature existante que la période de reproduction de l'espèce s'étend principalement sur cinq mois de novembre à mars à Roscoff avec un pic en novembre et un pic en janvier et que la majorité des thalles fertiles mesurent entre 15 et 25 cm sur ce site [3]. Ainsi, il est nécessaire qu'à cette période un stock suffisant d'individus avec une taille minimale de 15 cm existe pour assurer la reproduction de l'espèce. L'étude ne précise pas les gammes de tailles de fertilité pour la petite *Palmaria* mais indique que sur des sites de Basse-Normandie où cette dernière est présente, la capacité de reproduction (proportion de thalles fertiles) est moindre vis-à-vis du site de Roscoff.

Autoriser une récolte à 15 cm sur la période réglementaire actuelle pourrait ainsi présenter le risque de nuire à la reproduction de l'espèce. Si la taille de récolte est réduite, il faudrait envisager d'accompagner cette mesure d'un raccourcissement de la période de récolte.

- **Quelles sont les contraintes réglementaires pour ce changement de taille ?**

Dans la mesure où la petite *Palmaria* n'est pas reconnue comme une espèce à part entière, il n'est pas possible d'y adosser une réglementation spécifique. Ainsi, il n'est pas envisageable de mettre en place une taille minimale de récolte plus basse pour celle-ci et de conserver la taille réglementaire actuelle pour celle qui possède une morphologie plus commune. De même, il ne semble pas envisageable d'adosser une réglementation différentielle en fonction d'un zonage spécifique au sein de la région Bretagne car cela compliquerait considérablement le déroulement de l'activité de récolte, sa traçabilité et son contrôle.

Dans les autres pays, les recherches bibliographiques n'ont pas révélé l'existence d'une réglementation particulière quant à la récolte de *P. palmata*. Des bonnes pratiques de récolte existent néanmoins et concernent par exemple la période, la taille minimale de récolte conseillée, la conservation du crampon en place, le taux ou l'intensité de récolte.

- **Perspectives et poursuites des travaux**

La durée de l'expérience ne permet pas de conclure à un impact à long terme (plusieurs années) sur les différents sites. Or, ce type de suivi doit être réalisé sur un temps plus long car il impliquerait potentiellement des modifications des pratiques qui peuvent avoir des impacts à grande échelle sur les populations de *P. palmata*. Ainsi, la tendance observée à Santec qui se traduit par une diminution non significative du gain de biomasse pour une récolte à 15 cm vis-à-vis d'une récolte à 25 cm doit faire l'objet d'une poursuite de suivi.

Par ailleurs, les intervalles de confiance sont importants, en lien avec la répartition hétérogène de *Palmaria palmata* au sein de son habitat et le nombre important de quadrats sans biomasse exploitable à 25 cm lors de certains suivis, à Bréhat et Penmarc'h. Il conviendrait d'étendre le suivi à de nouveaux secteurs car s'il montre bien qu'il est rare de pouvoir récolter l'espèce à 25 cm dans les secteurs de Penmarc'h et Bréhat, il faudrait davantage en étudier l'impact sur les secteurs où l'espèce dépasse largement la taille.

Enfin, l'impact sur la reproduction n'a pu être évalué dans le cadre de cette étude. La distance de dissémination des spores des algues rouges est réputée faible (moins de 10 m), mais les individus proches ont pu provoquer une recolonisation du milieu. En effet, dans les conditions actuelles, on peut supposer que les recrues apparues après les récoltes sur les zones à 15 cm sont en parties issues des secteurs proches de celles-ci. Cela avait été suggéré par Hawkins & Harkin [6] lors d'un test de retrait de la canopée de *L. hyperborea* et *F. serratus* sur lesquels *P. palmata* était en épiphyte et avait rapidement recolonisé le milieu. Il faut pour cela que des populations sources soient proches, ce qui est le cas de notre étude. Afin de limiter l'impact de la recolonisation sur les sites d'expérimentation ou minimiser l'impact des autres facteurs exogènes, il faudrait créer autour des zones de suivi une zone tampon d'une dizaine de mètres sur laquelle



la ressource est récoltée à la même taille ou réaliser l'expérience sur un champ entier et se placer en condition de récolte réelle.

- ***En résumé, quelles informations sont à porter à la connaissance du GT algues de rive du CRPMEM Bretagne pour évaluer la pertinence d'une modification de la taille de récolte ?***

Le recours à une récolte avec une taille minimale plus basse que la taille réglementaire actuelle apparaît légèrement plus rentable dans les conditions de la présente étude. Au bout de deux cycles, on ne constate pas de diminution significative de la biomasse sur les trois sites suivis. Cependant, sur les sites où la petite *Palmaria* est observée, le gain de biomasse reste faible. Il serait donc également intéressant de porter à connaissance du GT des éléments économiques permettant d'évaluer le gain de rentabilité d'une telle proposition. En effet, au-delà du gain de biomasse nette qui peut être financièrement évalué sur la base de moyenne, des écarts importants de tarifs peuvent être constatés selon la morphologie de l'algue, le type de marché, ou une éventuelle labélisation.

A court terme (deux mois), un impact sur la longueur moyenne des individus est observé sur la zone de récolte à la plus petite taille. Au terme de l'étude (deux ans), on ne peut conclure à un impact négatif sur les longueurs moyennes des individus.

Le temps imparti pour la durée de l'étude ne permet pas de connaître l'impact d'une récolte à une taille minimale de 15 cm sur la biomasse, la longueur ni la reproduction des individus à plus long terme.

Pour évaluer cet impact sur le dernier paramètre cité, le protocole doit évoluer en tenant compte de la distance de dispersion des spores. Une autre option consisterait à autoriser de manière temporaire la récolte à 15 cm sur un champ entier de *Palmaria palmata* et de coupler cette mesure à des suivis réguliers de biomasse, longueur, densité et reproduction. Le choix du site devrait alors tenir compte de la demande initiale des récoltants de réduire la taille de récolte sur des secteurs où *Palmaria palmata* est plus petite. C'est le cas par exemple au sillon de Talbert dans les Côtes d'Armor.

Cependant, cette étude tend à démontrer que sur le champ le plus productif, les gains de biomasse diminuent d'année en année.

Ainsi, il apparaîtrait à l'heure actuelle imprudent de demander une diminution de la taille réglementaire de récolte de 10 cm au terme de 3 ans d'étude. D'autres sites devraient par ailleurs faire l'objet de ce type de suivi, tels que les champs plus productifs du nord-ouest finistérien.

Ces travaux ont montré que des champs peuvent ponctuellement disparaître (cas de Penmarc'h) en l'absence d'intervention humaine directe et questionnent sur leur pérennité à plus long terme. Dans un contexte marqué par le changement climatique et la modification des communautés algales sur certains secteurs, il est légitime de se questionner sur la pertinence de maintenir une stratégie visant à limiter l'impact de la récolte, alors que des facteurs abiotiques semblent concourir à leur régression de manière plus drastique.

### 3. Impact de différentes intensités de récolte

#### 3.1. Résultat des expérimentations de terrain

##### 3.1.1. Impact de l'intensité de récolte sur la biomasse

###### a. Biomasse par période

Le graphique ci-dessous présente les biomasses moyennes exploitables par mètre carré mesurées en juin et septembre sur les zones récoltées une ou deux fois par an, sur trois années consécutives.

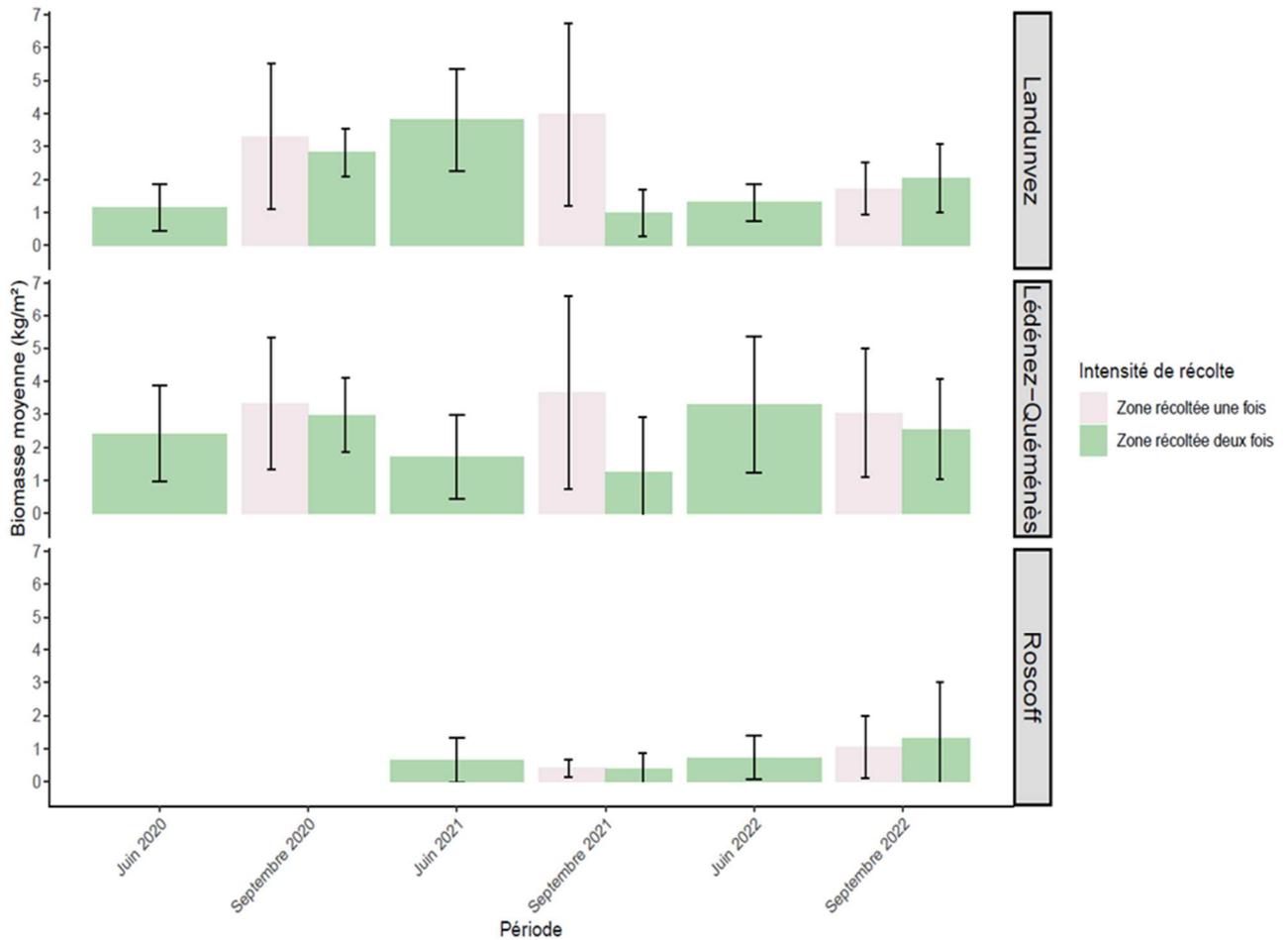


Figure 18 : évolution de la biomasse moyenne exploitables à Landunvez, Lédénez-Quéménès et Roscoff selon l'intensité de récolte (les barres d'erreurs représentent les intervalles de confiance à 95%).

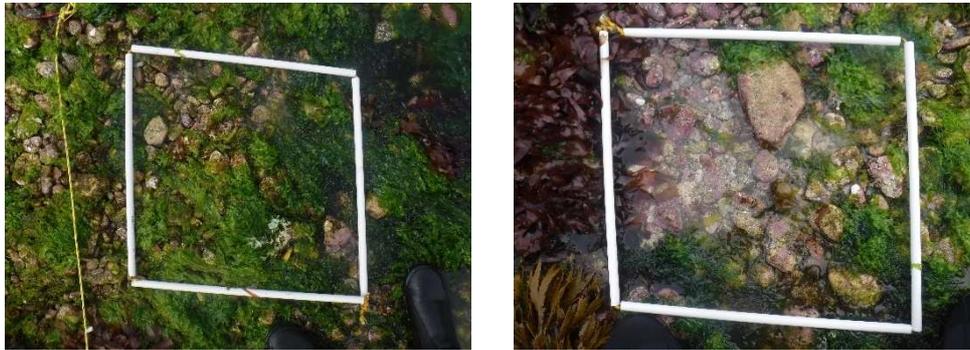
En premier lieu, on remarque de fortes disparités des biomasses moyennes récoltées entre les sites de Landunvez [entre 0,98 ± 0,70 kg et 3,96 ± 2,76 kg] et Lédénez-Quéménès [entre 1,26 ± 1,64 kg et 3,66 ± 2,93 kg] d'une part et sur le site de Roscoff d'autre part [entre 0,38 ± 0,47 kg et 1,32 ± 1,69 kg].

Il faut comparer les biomasses de septembre dans les deux zones pour chaque site afin d'évaluer si une 1ère récolte réalisée en juin (zone récoltée 2 fois par an) conduit à une récolte plus faible par rapport à la zone qui n'a pas été récoltée (zone récoltée une fois par an).

A Landunvez et à Lédénez-Quéménès, les tendances sont comparables : en septembre 2020 et 2022, la biomasse moyenne récoltée dans les deux zones est comparable graphiquement et statistiquement qu'on ait eu - ou non - recours à une précédente récolte trois mois plus tôt. En septembre 2021, la biomasse

moyenne de la zone récoltée une fois est supérieure à celle qui a subi une récolte trois mois plus tôt, et cette différence est proche du seuil de significativité pour Landunvez uniquement ( $p$ -value = 0,054).

Cette année-là, les barres d'erreurs sont grandes sur les deux sites. A Lédénez-Quéménès, le secteur a été partiellement recouvert par des petits cailloux au printemps 2021. Cette perturbation s'est amplifiée au cours de l'été affectant principalement la zone témoin et la zone de récolte bisannuelle, ce qui explique en partie les biomasses faibles observées dans cette zone et la taille importante des barres d'erreur. Cela limite l'interprétation des données.



*Figure 19 : quadrats réalisés dans la partie recouverte ponctuellement de cailloux à Quéménès en septembre 2021. Le substrat est colonisé par les algues vertes qui s'installent rapidement sur les milieux perturbés (© M. Laboulais).*

Sur le site de Roscoff, la même tendance est observée en septembre 2021 et 2022 où les biomasses des deux zones semblent équivalentes qu'il y ait eu - ou non - une récolte trois mois plus tôt.

Les biomasses des mois de juin et septembre sur la zone récoltée deux fois ont été comparées selon le même test afin d'évaluer si la ressource s'est régénérée à son niveau du printemps et si la récolte printanière est plus ou moins rentable que celle de l'automne. Les résultats sont présentés en annexe 6.

Sur le site de Landunvez, en 2020 la récolte est meilleure en septembre qu'en juin, mais en 2021, c'est l'inverse qui se produit ( $p$ -values = 0,004).

Globalement, les tests statistiques confirment les observations faites sur les graphiques : les biomasses moyennes récoltées en juin et septembre sont comparables sur la zone de récolte bisannuelle.

A Roscoff, l'absence de différence significative en 2022 entre la biomasse moyenne récoltée en juin et en septembre sur la même zone doit être mise en lien avec la taille des barres d'erreur car la biomasse récoltée en septembre apparaît plus importante.

### **b. Biomasse cumulée par an**

Pour évaluer s'il est plus rentable de réaliser deux récoltes par an plutôt qu'une, la biomasse cumulée a été calculée chaque année. Pour cela, les biomasses moyennes par  $m^2$  de la zone récoltée deux fois ont été additionnées. Sur les zones récoltées une seule fois, la biomasse moyenne a été présentée telle quelle. La différence entre les deux valeurs a été calculée en pourcentage.

**Tableau 7 : Somme des moyennes des biomasses pour chaque site et en fonction de chaque intensité de récolte sur trois périodes successives. En vert sont indiquées les gains de biomasse lorsqu'on récolte deux fois plutôt qu'une seule. En orange est indiquée la perte de biomasse quand on récolte deux fois plutôt qu'une seule.**

Site	Intensité de récolte	Somme des moyennes des biomasses en 2020 (en kg/m <sup>2</sup> )	Somme des moyennes des biomasses en 2021 (en kg/m <sup>2</sup> )	Somme des moyennes des biomasses en 2022 (en kg/m <sup>2</sup> )
Landunvez	1	3,296	3,966	1,714
	2	3,97	4,796	3,33
<b>Différence (en %) :</b>		+ 21 %	+ 21 %	+ 94 %
Lédénez-Quéménès	1	3,32	3,667	3,03
	2	5,392	2,95	5,82
<b>Différence (en %) :</b>		+ 62 %	-20 %	+92 %
Roscoff	1		0,412	1,046
	2		1,035	2,057
<b>Différence (en %) :</b>			+151 %	+97 %

Dans la majorité des cas, la biomasse moyenne récoltée annuellement est plus importante lorsque deux récoltes par cycle sont réalisées, à l'exception de Lédénez-Quéménès en 2021 où l'on récolte 20 % en moins de biomasse, mais cela est à mettre en lien avec la perturbation survenue cette année-là. La différence la plus importante est observée à Roscoff en 2021 avec 151 % de biomasse supplémentaire récoltée sur la zone avec la plus forte intensité de récolte. En 2022, le recours à deux prélèvements plutôt qu'un seul a quasiment permis de doubler la récolte dans tous les secteurs suivis.

→ Le suivi fait apparaître que dans la majorité des cas, la biomasse est comparable en septembre qu'il y ait eu ou non une récolte trois mois plus tôt.

→ Sur la zone récoltée deux fois, les biomasses moyennes sont parfois plus élevées en juin qu'en septembre mais le test statistique réalisé n'en rend pas toujours compte.

→ D'après nos résultats, en termes de gain de biomasse, il semble plus rentable pour les récoltants de réaliser deux prélèvements au cours de la période d'ouverture en juin et septembre, plutôt qu'une récolte tardive en septembre.

### 3.1.2. Impact de l'intensité de récolte sur la longueur des individus

#### a. Impact sur la population mesurée

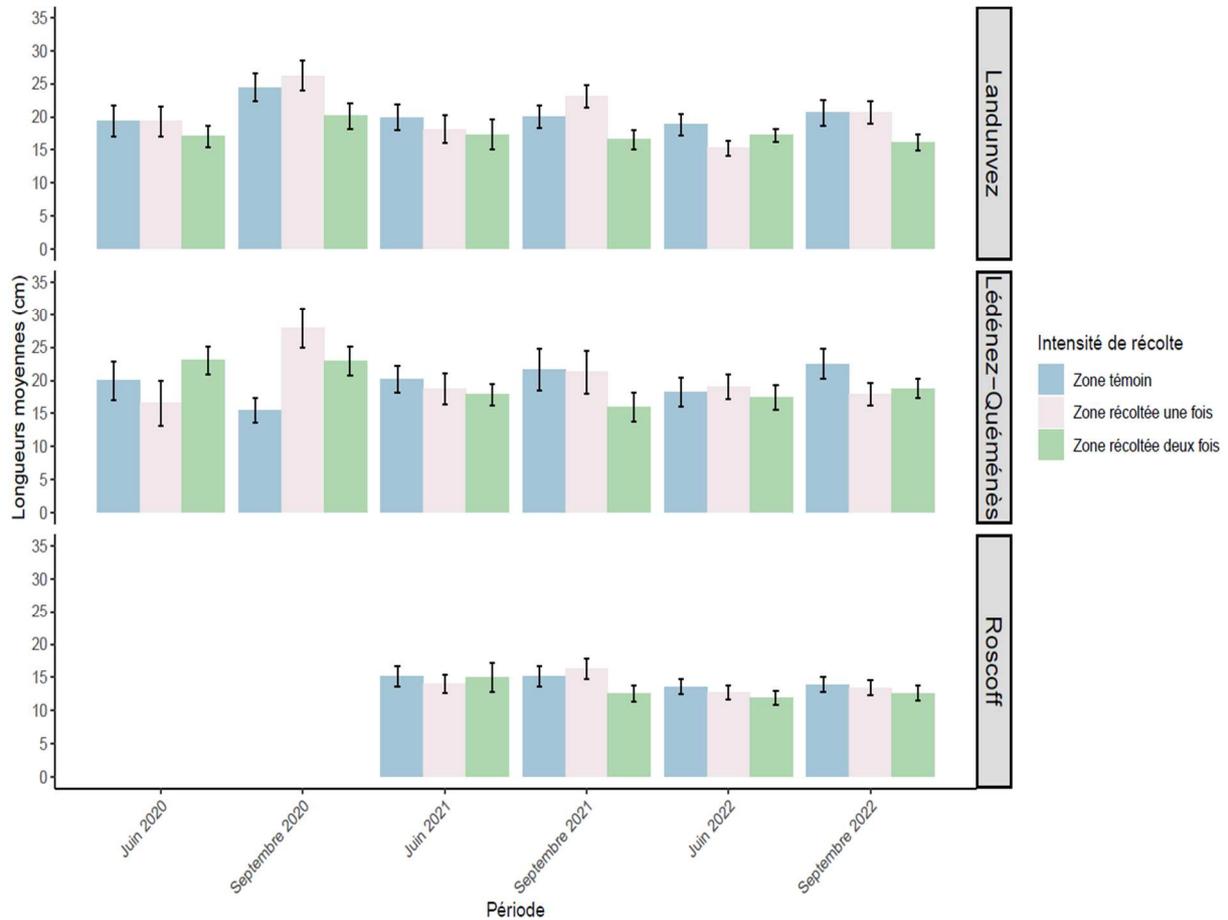


Figure 20 : évolution des longueurs moyennes sur les trois sites selon l'intensité de récolte (les barres d'erreurs représentent les intervalles de confiance à 95%). Nb : les individus de moins de 5 cm ne sont pas pris en compte.

La figure 20 permet de rendre compte des disparités de longueur moyenne des individus entre les sites, déjà évoquées dans la partie 1 du présent rapport, Roscoff présentant les individus avec les plus faibles longueurs moyennes.

Au sein de chaque site, on compare les tendances générales pour les différentes zones d'une part et les zones deux à deux à une même période d'autre part.

A Landunvez, en juin 2020, alors qu'aucune zone n'a encore été récoltée, les longueurs moyennes de chaque zone sont similaires. Puis la taille moyenne des individus augmente au cours de la période estivale sur les zones non récoltées au printemps (p-values significatives quatre fois sur six, cf. résultat des tests en annexe 6), tandis que sur la zone récoltée deux fois, elle stagne. Entre chaque cycle de récolte, cette taille moyenne diminue quel que soit le traitement réalisé. En juin 2022, les individus de la zone récoltée une fois ont des longueurs statistiquement plus faibles que la zone témoin et la zone récoltée deux fois. Celles-ci sont comparables.

A Lédénez-Quéménès, les variations des longueurs moyennes apparaissent moins clairement corrélées aux intensités de récolte. Au cours du premier cycle suivi, la zone témoin voit la longueur moyenne de ses individus diminuer sans lien avec une quelconque activité de récolte. En 2021, la même tendance qu'à

Landunvez est observée : les individus de la zone témoin et zone récoltée uniquement en septembre ont une longueur moyenne plus importante à la fin de l'été qu'en juin tandis que sur la zone récoltée deux fois, cette valeur a diminué. Majoritairement, il n'y a pas d'évolution significative des longueurs moyennes mesurées au sein de chaque zone au cours de l'été, excepté à deux dates sur les zones non récoltées en juin, marquées par un gain de longueur à la fin de l'été (cf. résultat des tests statistiques en annexe 6). Les longueurs mesurées sur la zone de récolte bisannuelle demeurent stables au cours des trois périodes. Le fait que les zones suivies soient situées dans un secteur instable et soumis au recouvrement a pu influencer ces résultats. A la fin de l'expérience, les individus de la zone témoin présentent des longueurs en moyenne plus importante que les deux autres.

A Roscoff, les intervalles de confiance associés aux valeurs moyennes de longueur sont plus petits, ce qui signifie que l'amplitude de variation de longueur des individus est moindre, quelle que soit la période considérée. Celles-ci apparaissent relativement stables sur les différentes zones. Des différences significatives existent entre la zone récoltée deux fois et les deux autres, ces dernières présentant systématiquement des longueurs moyennes plus importantes. Il faut souligner qu'à la fin de l'expérience, toutes les zones présentent à nouveau des longueurs moyennes comparables. Il aurait été intéressant d'avoir le suivi sur une année supplémentaire, comme sur les autres sites, afin de confirmer un éventuel impact de la récolte multiple sur les longueurs des individus.

Les tableaux ci-dessous illustrent le gain ou la perte moyenne de taille des individus mesurés sur chaque site.

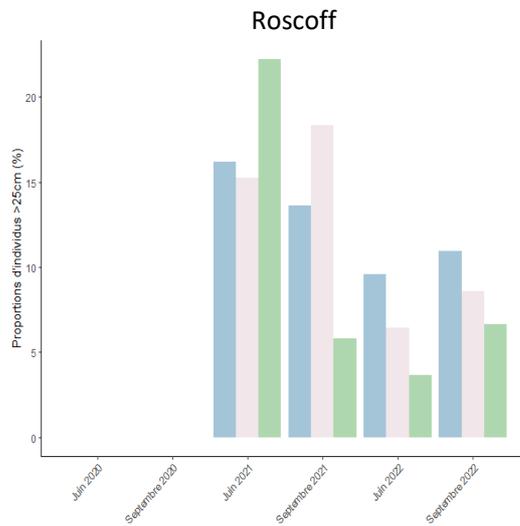
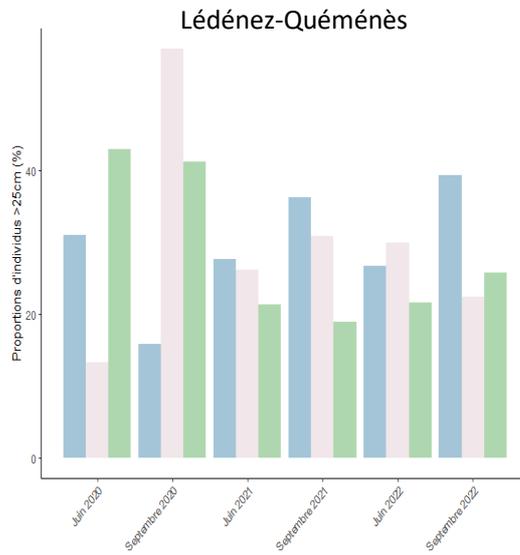
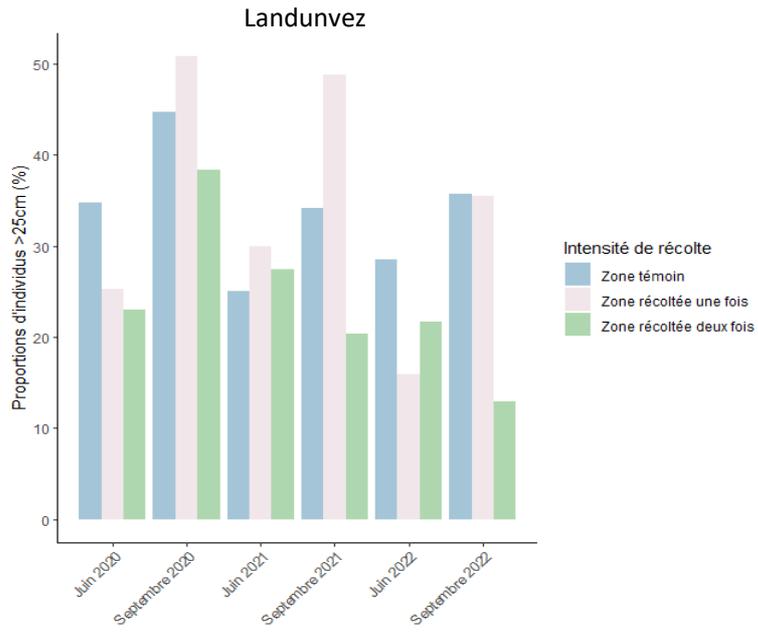
		2020			2021			2022		
		Zone témoin	Une récolte	Deux récoltes	Zone témoin	Une récolte	Deux récoltes	Zone témoin	Une récolte	Deux récoltes
Différence de longueur entre juin et septembre (en cm)	Landunvez	+5,09	+6,95	+3,06	+0,05	+4,94	-0,78	+1,78	+5,38	-1,13
	Lédénez-Quéménès	-4,5	+11,4	-0,1	+1,43	+2,52	-1,87	+4,31	-1,09	+1,38
	Roscoff				+0,58	+2,14	-2,42	+0,32	+0,68	+0,78

*Tableau 8 : différence des longueurs moyennes des individus de *P. palmata* entre juin et septembre par type de zone sur les différents sites. Nb : les individus < 5 cm n'ont pas été pris en compte. Les cases colorées en rose indiquent une perte de longueur au cours de l'été.*

En 2021, il y a une diminution de la taille moyenne des individus sur la zone de plus forte intensité sur les trois sites, mais ce phénomène n'est pas observé chaque année. Les variations de longueur sont globalement faibles à Roscoff. Quant au site de Lédénez-Quéménès, on constate que les zones qui n'ont fait l'objet d'aucune récolte avant l'été peuvent subir une perte de longueur (ex : la zone témoin en 2020 et la zone récoltée uniquement en septembre en 2022).

#### **b. Impact sur la part exploitable des individus mesurés**

La figure ci-dessous montre l'évolution de la proportion d'individus qui mesurent 25 cm ou plus (part exploitable), déduite des mesures de longueurs, pour les différents sites.



**Figure 21 : évolution de la proportion d'individus supérieurs à 25 cm à Landunvez, Lédénez-Quéménès et Roscoff selon l'intensité de récolte.**



Landunvez est le site sur lequel la proportion d'individus supérieurs à 25 cm est la plus importante. Elle représente 31% des individus mesurés, toutes zones et périodes confondues. Sur les trois ans, cette proportion suit la même tendance pour la zone témoin et la zone récoltée uniquement en juin, à savoir une augmentation entre juin et septembre. Sur la zone récoltée deux fois, la tendance est à la diminution à partir de 2021.

A Lédénez-Quéménès où il y a en moyenne 29% d'individus supérieurs à 25 cm, toutes zones et périodes confondues, la zone récoltée deux fois présente une proportion d'individus récoltables stable sur les trois périodes. Sur les zones non récoltées en juin, on observe, comme à Landunvez, une augmentation de cette proportion, excepté sur la zone témoin en 2020.

A Roscoff, la proportion d'individus supérieurs à 25 cm est plus faible et représente en moyenne 11% des individus mesurés (l'échelle de l'axe des ordonnées a été adaptée). Ce paramètre varie moins, comparé aux deux autres sites, excepté en septembre 2021 où il y a une forte diminution sur la zone récoltée deux fois. Il n'est pas possible de définir de tendance sur seulement deux années de suivis.

→ Le paramètre longueur réagit différemment sur les différents sites en fonction de l'intensité de récolte.

→ A Landunvez, le système à deux récoltes ne conduit pas à un rattrapage des longueurs moyennes des individus, sur le court terme (trois mois). Sur ce site, jusqu'à 50% des individus mesurés sont récoltés.

→ A Lédénez-Quéménès, les longueurs moyennes fluctuent sans qu'on puisse les corrélérer à l'intensité de récolte. Le recouvrement d'une partie des zones par des cailloux en 2021 complexifie l'analyse des données.

→ A Roscoff, là où la plus faible proportion d'individus est récoltée, les longueurs moyennes varient peu dans le temps et en fonction de l'intensité de récolte.

### **3.1.3. Impact de l'intensité de récolte sur la densité d'individus**

La figure suivante présente l'évolution des densités moyennes observées sur les différents sites en fonction de l'intensité de récolte.

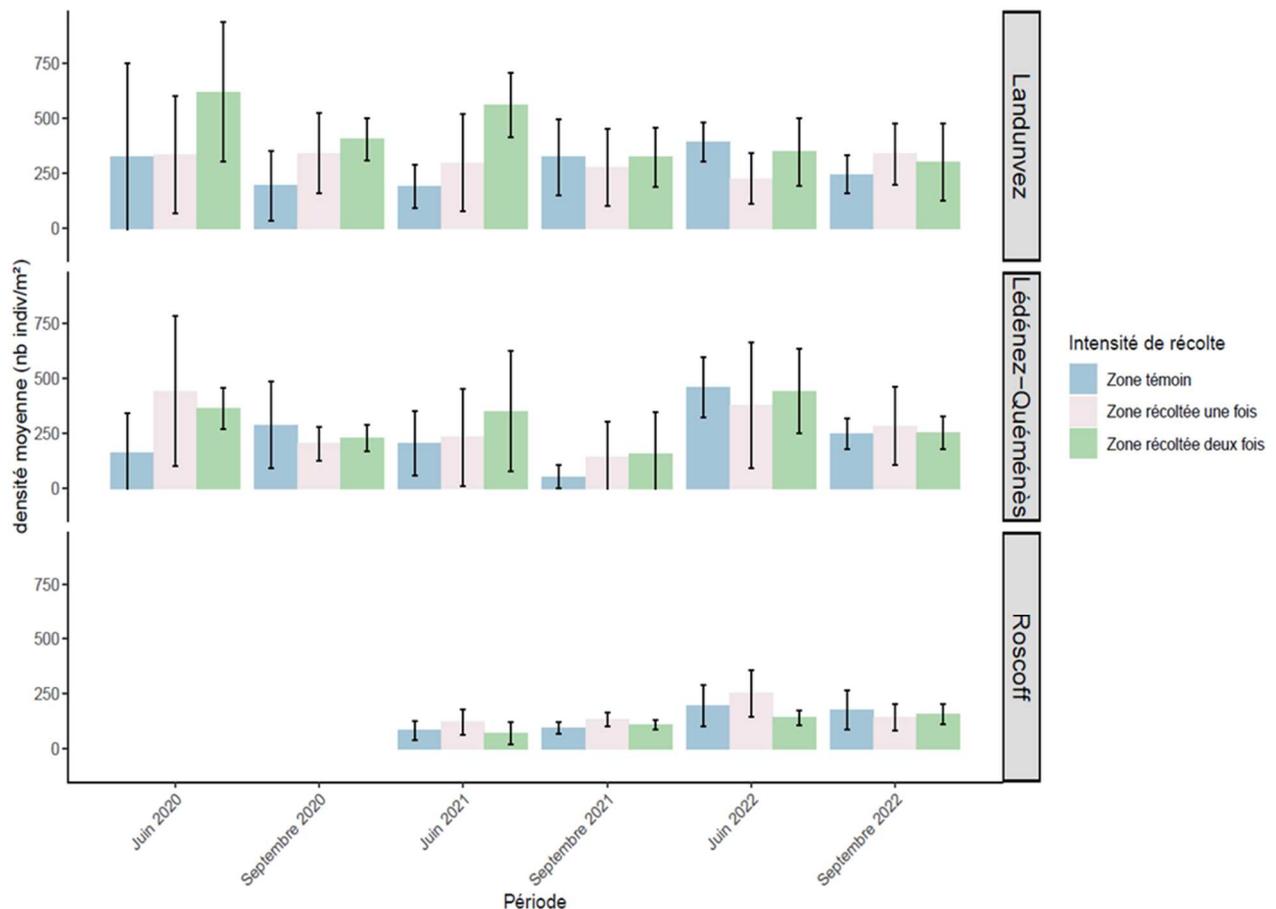


Figure 22 : densité moyenne d'individus supérieurs à 5 cm par m<sup>2</sup> à Landunvez, Lédénez-Quéménès et Roscoff. Les barres d'erreur représentent les intervalles de confiance à 95%.

Ce paramètre présente des intervalles de confiance à 95% importants sur les deux premiers sites, ce qui complique l'analyse statistique de ces données. L'analyse va néanmoins s'attacher à évaluer si des tendances se dessinent.

A Landunvez, tous les ans, il y a diminution de la densité moyenne d'individus au cours de l'été sur la zone récoltée en juin. En 2021, celle-ci est significative ( $p$ -value du test de Wilcoxon-Mann-Whitney = 0,017). Sur les deux autres zones non récoltées en juin, ce paramètre fluctue mais ne suit pas de tendance précise. A la fin de l'expérience, les densités moyennes des trois zones sont comparables.

A Lédénez-Quéménès, on observe chaque année une diminution de la densité moyenne d'individus entre le début et la fin de l'été sur toutes les zones, excepté sur la zone témoin en 2020. Elles sont significatives entre juin et septembre en zone témoin en 2021 ( $p$ -value = 0,04) et en 2022 ( $p$ -value = 0,005). En zone récoltée deux fois, les densités diminuent significativement en 2020 ( $p$ -value = 0,016) et en 2022 ( $p$ -value = 0,026). En revanche, sur la zone qui n'est récoltée qu'en septembre, bien que visibles graphiquement, les diminutions de densités ne sont pas significatives. Lorsqu'on étudie les variations interzones, aucune différence n'est mise en évidence statistiquement. A la fin de l'expérience, les densités moyennes des trois zones sont comparables.

Le site de Roscoff est caractérisé par des densités plus faibles que sur les deux autres sites et comparables entre elles au début et à la fin de l'expérience. Quelques différences significatives existent entre ces deux dates mais ne peuvent être corrélées avec l'intensité de récolte.



→ Les barres d'erreur sont trop importantes pour exploiter statistiquement les données de densité, ce qui pose question quant à la méthode d'échantillonnage.

→ Graphiquement, on constate que les densités moyennes des trois zones apparaissent comparables à la fin de l'expérience sur les différents sites. D'après ces résultats, on ne peut conclure à un effet négatif des récoltes multiples après trois années consécutives.

### 3.2. Bilan des résultats

Les tableaux ci-dessous récapitulent les résultats des suivis menés et donnent des éléments de réponse aux questions qui se posent dans le cadre d'une gestion cohérente et durable de la ressource en *Palmaria palmata* :

- **En termes de biomasse, est-ce qu'il vaut mieux récolter une fois par an en septembre ou deux fois par an en juin et septembre ?**

**Tableau 9 : Récapitulatif de l'impact de l'intensité de récolte sur la biomasse cumulée.**

	Cycle 1 - 2020	Cycle 2 - 2021	Cycle 3 - 2022	
Landunvez				<div style="display: flex; align-items: center; gap: 10px;"> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: #ffcdd2; border: 1px solid #ccc;"></div> Biomasse cumulée plus faible que celle d'une seule récolte                     <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: #c8e6c9; border: 1px solid #ccc; margin-left: 20px;"></div> Biomasse cumulée plus importante que celle d'une récolte                 </div>
Lédénez-Quéménès				
Roscoff				

Ce tableau fait clairement apparaître l'intérêt pour les professionnels de récolter deux fois au cours des mois de juin et septembre plutôt qu'une fois en septembre. Les données du tableau 5 présentant les biomasses cumulées dans le cas de deux récoltes confortent ces informations.

- **Dans le cadre d'une récolte multiple, la biomasse récoltée est-elle plus élevée en juin ou en septembre ?**

**Tableau 10 : Récapitulatif de l'impact de la période de récolte sur la biomasse.**

	Cycle 1 - 2020		Cycle 2 - 2021		Cycle 3 - 2022		
	Juin	Sept	Juin	Sep	Juin	Sept	
Landunvez							<div style="display: flex; align-items: center; gap: 10px;"> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: #e57373; border: 1px solid #ccc;"></div> Biomasse relativement plus faible (significatif)                     <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: #ffcdd2; border: 1px solid #ccc; margin-left: 20px;"></div> Biomasse relativement plus faible (non significatif)                     <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: #c8e6c9; border: 1px solid #ccc; margin-left: 20px;"></div> Biomasse relativement plus importante (non significatif)                     <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: #43a047; border: 1px solid #ccc; margin-left: 20px;"></div> Biomasse relativement plus importante (significatif)                 </div>
Lédénez-Quéménès							
Roscoff							

D'après les résultats de cette expérience menée sur trois cycles consécutifs de récolte, on ne peut pas donner une réponse tranchée à cette question. Il apparaît qu'en 2020 les récoltes étaient meilleures en septembre sur les deux sites étudiés. La tendance inverse a été observée l'année suivante. Enfin en 2022, tous les sites ne suivent pas la même tendance. Il faut souligner que les différences ne sont pas toujours significatives.

- *Est-ce que le fait de récolter les individus au mois de juin impacte la longueur moyenne des individus et la biomasse exploitable trois mois plus tard ?*

**Tableau 11 : Récapitulatif de l'impact de l'intensité de récolte sur la longueur moyenne des individus.**

Landunvez	Cycle 1 - 2020	Cycle 2 - 2021	Cycle 3 - 2022
1 récolte			
2 récoltes			

Lédénez-Quéménès	Cycle 1 - 2020	Cycle 2 - 2021	Cycle 3 - 2022
1 récolte			
2 récoltes			

Roscoff	Cycle 1 - 2020	Cycle 2 - 2021	Cycle 3 - 2022
1 récolte			
2 récoltes			

Diminution des longueurs moyennes (non significatif)
 Longueurs moyennes équivalentes
 Augmentation des longueurs moyennes (non significatif)
 Augmentation des longueurs moyennes (significatif)

Dans la majorité des cas, la longueur moyenne augmente au cours de l'été en l'absence de récolte au mois de juin (lignes « 1 récolte » des tableaux ci-dessus) mais cette augmentation n'est pas toujours significative. Si l'on procède à deux récoltes dont une au mois de juin, la longueur moyenne stagne ou diminue de manière non significative dans la majorité des cas. Cela amène à conclure à un impact limité de la récolte au mois de juin sur les longueurs moyennes des individus. L'évolution de la proportion des individus supérieurs à 25 cm au cours de l'été suit globalement celle des longueurs moyennes dans les différentes zones suivies.

Plus la part exploitable (individus > 25 cm) est importante, plus l'impact de la récolte est visible à court terme, c'est ce qui explique les différences observées à Landunvez.

### 3.3. Interprétation et discussion

Les résultats obtenus mettent en avant la différence de productivité des sites, Landunvez et Lédénez-Quéménès présentent en effet, quelle que soit la période considérée, une biomasse moyenne bien supérieure à celle de Roscoff et des longueurs moyennes des individus plus importantes.

Les principaux résultats de l'étude montrent que, dans la majorité des cas, il apparaît plus rentable de récolter deux fois par an en juin et en septembre plutôt qu'une fois. En effet, on obtient dans 7 cas sur 8, une biomasse moyenne rapportée à l'année qui est supérieure de 20 à plus de 150 %. Cette borne supérieure doit être relativisée car elle concerne le site de Roscoff où les biomasses sont faibles. L'analyse des données de longueurs montre un impact à court terme (3 mois) de la récolte bisannuelle mais pas à moyen terme (9 mois). A Lédénez-Quéménès, les zones ont fait l'objet d'un recouvrement partiel entre l'automne 2020 et le printemps 2021, qui s'est accentué au cours de l'été 2021. Le sédiment était composé de cailloux de plusieurs centimètres de diamètre, indiquant que des courants assez importants ont provoqué leur transport. Cela a impacté les biomasses récoltées et les densités d'individus mesurés. Le suivi mené l'année suivante a mis en évidence les capacités de récupération de l'espèce face à ce type de perturbation.



Au début du troisième cycle de récolte (juin 2022), on ne constate pas de diminution de la biomasse récoltée lorsque l'intensité maximale de récolte est testée et on ne peut conclure à un impact négatif de l'intensité maximale de récolte sur la biomasse.

Récolter au mois de juin permet de bénéficier de la croissance printanière. En effet, les évaluations de ressource menées en mars 2021 et en mai 2021 sur trois sites du Finistère et des Côtes d'Armor ont montré une tendance à l'augmentation de la biomasse moyenne récoltée entre ces deux dates. Au mois de juin, nos suivis montrent qu'une proportion déjà importante d'individus parmi ceux mesurés a atteint la taille réglementaire de récolte dans deux des trois sites.

Lorsqu'une récolte est effectuée en juin, la longueur moyenne des individus a tendance à stagner ou à diminuer, mais cette diminution n'est jamais significative malgré le retrait des plus grands individus au début de l'été dans des proportions importantes. Cela se justifie par le fait que la croissance des individus se poursuit au cours des longues journées d'été, quand la température n'excède pas 17°C [8]. La croissance des individus plus petits compense la perte des plus grands. On peut suggérer que la récolte a libéré l'espace pour les individus plus petits et limité la compétition pour l'espace. D'ailleurs, sur les zones où les algues n'ont pas été récoltées, la longueur moyenne n'augmente pas systématiquement entre juin et septembre. Dans ce cas, d'autres facteurs tels qu'une température de l'eau trop élevée ou une compétition pour l'espace trop forte ont pu limiter le phénomène.

Nos résultats quant aux tendances suivies par la biomasse d'un site à l'autre entre les mois de juin et septembre confirment d'ailleurs la variabilité temporelle et spatiale de la ressource mais aussi la variabilité de sa réponse à différentes pressions de récolte. En effet, étant donné la taille réglementaire définie, l'impact est d'autant plus visible que la ressource est grande et abondante (Landunvez). A Roscoff, où les individus sont plus petits et forment une population peu dense, la récolte est moindre et son impact est moins visible.

- **Perspective et poursuite des travaux**

Des suivis de biomasse réalisés sur trois sites au cours des mois d'été dans le Maine [11] ont montré des tendances à l'augmentation ou à la diminution en fonction du site considéré au cours de la même année, mais les intervalles de confiances élevés n'ont pas permis d'en rendre compte statistiquement. Nous avons également été confrontés à ce problème quant au traitement des données de densité, dont la grande variabilité n'a pas permis une exploitation statistique satisfaisante.

Le recours à des quadrats plus petits mais plus nombreux devrait permettre d'améliorer leur traitement.

En outre, le protocole que nous avons déployé prévoit de récolter intégralement les individus supérieurs à 25 cm, ce qui ne peut être considéré comme la pratique courante des récoltants qui travaillent davantage en ne récoltant que les plus grandes lames, faciles à saisir. Si l'algue n'est pas entièrement récoltée, des proliférations apparaissent sur les individus qui ont été coupés mais dont une partie des frondes a été laissée intacte, ce qui favorise le renouvellement de la ressource. Ces proliférations marginales augmentent la surface des individus et donc leur biomasse [3]. De plus, il est généralement recommandé aux professionnels de travailler en tache alors qu'ici, la totalité d'une petite zone est récoltée. Ainsi, l'étude montre les impacts d'une récolte de type « intensive » qui ne reflète pas toutes les pratiques individuelles. De plus, elle ne permet pas de définir quelle intensité de récolte aboutirait à une régression à long terme de la ressource alors que cela permettrait justement d'orienter au mieux les pratiques. Il serait donc pertinent, si ce travail était reproduit, de prévoir un mode d'intensité à trois récoltes et un à quatre récoltes complètes, avec une zone tampon de récolte autour des zones expérimentales.



#### **4. Impact du décalage de la période d'ouverture de *Palmaria palmata***

Les résultats des suivis réalisés au printemps et en hiver sont analysés séparément.

##### **4.1. Résultat des expérimentations de terrain**

###### **4.1.1. Impact comparé d'une récolte printanière sur la biomasse**

La zone récoltée en avril correspond à la simulation d'une récolte à la première grande marée d'ouverture de la récolte selon le calendrier réglementaire actuel. La zone récoltée en juin correspond à la simulation d'une récolte selon un décalage de deux mois.

Ces résultats sont représentés graphiquement dans les figures suivantes.

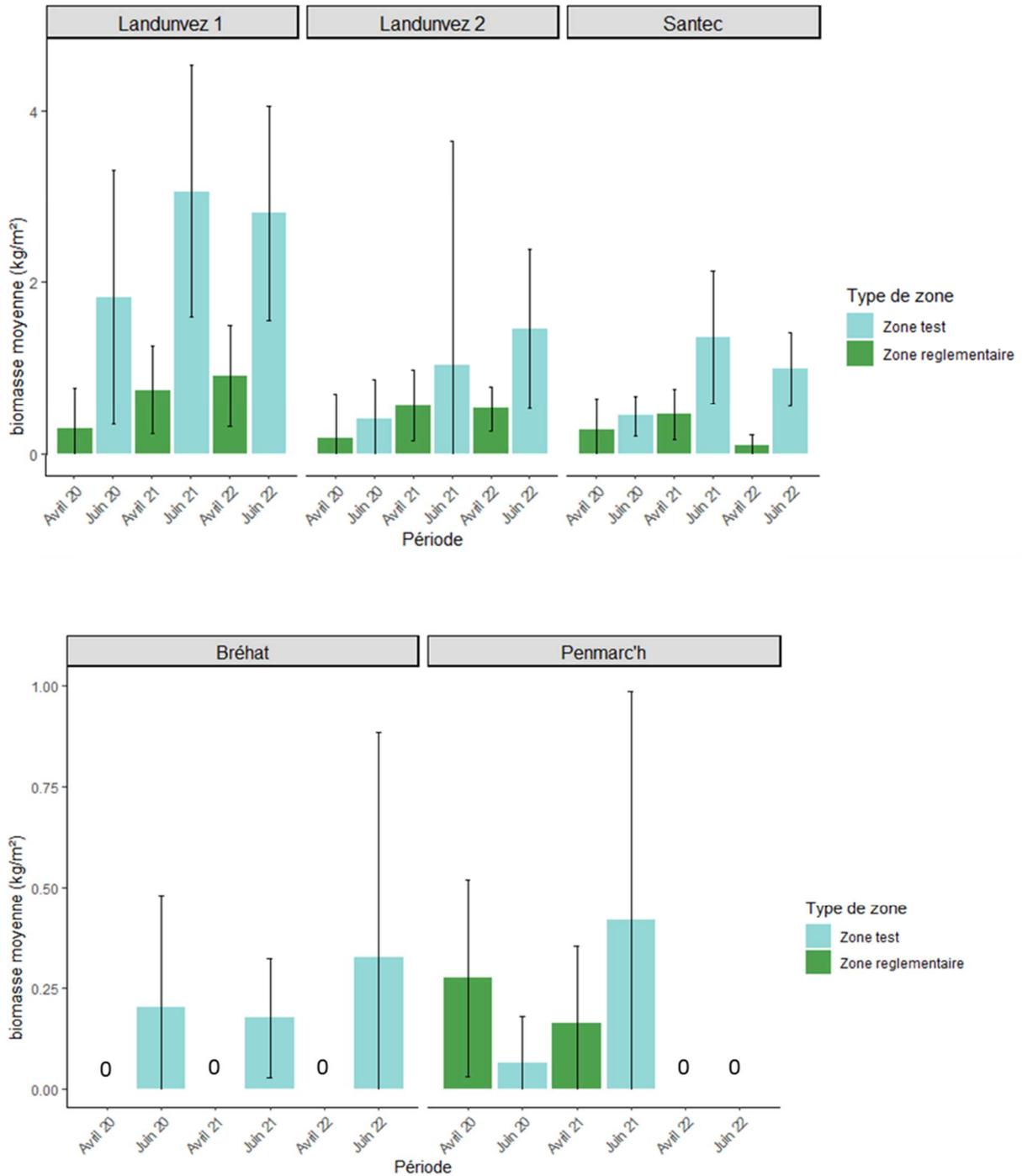


Figure 23 : Biomasses moyennes récoltées lors des suivis estivaux sur les sites de Landunvez 1, Landunvez 2, Santec, Bréhat et Penmarc'h en kg/m². Les barres d'erreurs représentent les intervalles de confiance à 95%.

Sur la figure 23, la zone test est celle pour laquelle on simule un décalage des dates de la récolte par rapport au calendrier actuel. Les intervalles de confiance sont importants pour tous les sites et c'est en partie lié au fait qu'il y a eu de nombreux quadrats à 0.

L'échelle de l'axe des ordonnées a dû être adaptée en fonction des sites, étant donné les biomasses particulièrement faibles à Penmarc'h et Bréhat. D'ailleurs, on observe qu'à Bréhat, il n'y a aucune récolte effectuée en avril, en lien avec la faible taille des individus. En 2022 à Penmarc'h, aucune récolte n'est effectuée, ce qui est dû à la totale disparition du champ de *Palmaria palmata* sur cette zone (cf. partie 3, point 1.2).

Les résultats issus des analyses statistiques sont présentés dans le tableau en annexe 7. Les biomasses sont toujours plus importantes en juin qu'en avril, excepté en 2020 à Penmarc'h, et les différences sont statistiquement significatives 8 fois sur 14.

Les biomasses moyennes des deux périodes ont par ailleurs été comparées entre elles dans le tableau ci-dessous pour évaluer le gain de biomasse d'une récolte plus tardive au printemps (juin) par rapport au calendrier actuel qui fixe la première récolte possible en avril.

**Tableau 12 : comparaison des biomasses moyennes en avril et juin sur les trois années de suivi. Les cases colorées en vert indiquent un gain de biomasse en juin par rapport à avril, celle colorée en rouge indique la diminution de biomasse récoltée en juin par rapport à avril.**

Site	Mois	Printemps 2020 (biomasse moyenne en kg/m <sup>2</sup> )	Printemps 2021 (biomasse moyenne en kg/m <sup>2</sup> )	Printemps 2022 (biomasse moyenne en kg/m <sup>2</sup> )
Landunvez 1	Avril	0,29	0,74	0,90
	Juin	1,82	3,06	2,8
Différence (en%) :		+528 %	+314 %	+211 %
Landunvez 2	Avril	0,18	0,56	0,52
	Juin	0,41	1,04	1,46
Différence (en%) :		+128 %	+86 %	+181 %
Santec	Avril	0,2	0,46	0,09
	Juin	0,44	1,35	0,99
Différence (en %) :		+120 %	+194 %	+1000 %
Bréhat	Avril	0	0	0
	Juin	0,20	0,17	0,32
Différence (en %) :				
Penmarc'h	Avril	0,27	0,16	0
	Juin	0,06	0,42	0
Différence (en %) :		-78 %	+163 %	

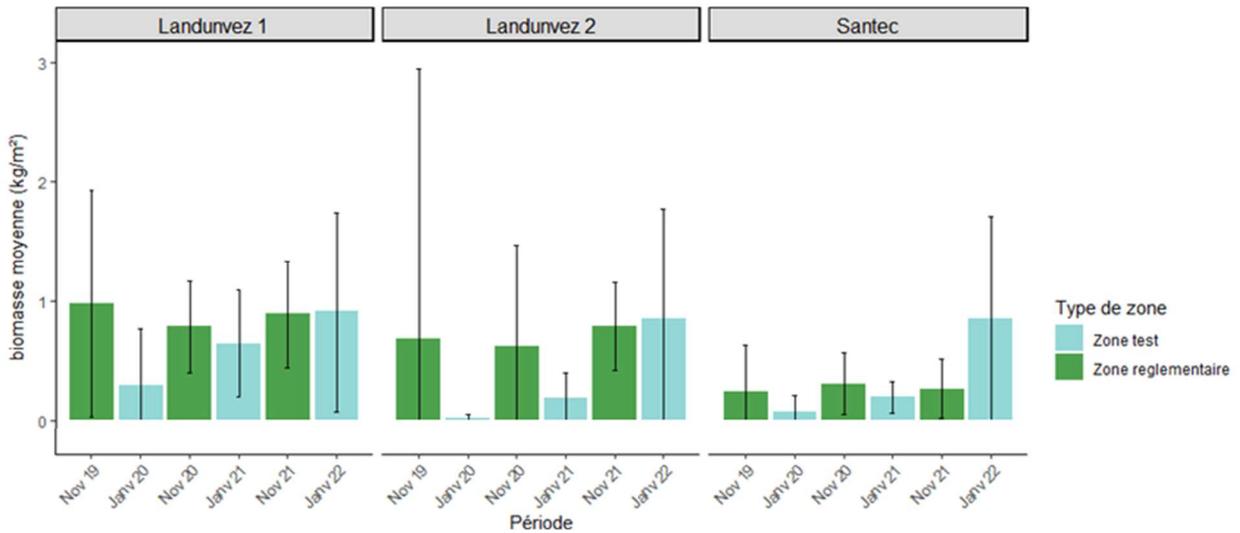
Le tableau 12 montre que la récolte est toujours beaucoup plus importante en juin qu'en avril, excepté à Penmarc'h lors de la première récolte.

→ Malgré les importantes barres d'erreur visibles sur les graphiques, il apparaît clairement qu'il est plus rentable en termes de biomasse de récolter en juin plutôt qu'en avril sur les différents sites.

#### 4.1.2. Impact comparé d'une récolte hivernale sur la biomasse

La zone récoltée en novembre correspond à la simulation d'une récolte à la fin de la période réglementaire d'ouverture de l'activité. La zone récoltée en janvier correspond à la simulation d'une récolte selon un décalage de deux mois.

Ces biomasses ont été représentées graphiquement ci-dessous pour les trois sites de Landunvez (1 et 2) et Santec.



**Figure 24 : Biomasses moyennes récoltées lors des suivis hivernaux sur les sites de Landunvez 1, Landunvez 2 et Santec en kg/m<sup>2</sup>. Les barres d'erreurs représentent les intervalles de confiance à 95%**

La zone test est celle pour laquelle on simule un décalage des dates de la récolte par rapport au calendrier actuel sur les trois sites. Les barres d'erreurs sont encore importantes. En novembre 2019 sur le site de Landunvez 2, seuls quatre quadrats ont pu être échantillonnés étant donné les conditions météorologiques lors de ce suivi. Sur les 3 sites, lors des deux premiers cycles, la récolte est plus importante en novembre qu'en janvier. Lors du dernier hiver, la biomasse est équivalente sur deux des trois sites en novembre et en janvier. A Santec, elle apparaît plus importante en janvier.

Le graphique suivant représente les biomasses sur les deux autres sites pour lesquels les valeurs moyennes sont beaucoup plus faibles et imposent une échelle de représentation différente.

**Figure 25 : Biomasses moyennes lors des suivis hivernaux sur les sites Bréhat et Penmarc'h en kg/m<sup>2</sup>. Les barres d'erreurs représentent les intervalles de confiance à 95%.**

En effet, les biomasses moyennes sont faibles à Bréhat et Penmarc'h, avec des valeurs qui oscillent entre 0,03 kg/m<sup>2</sup> et 0,33 kg/m<sup>2</sup>. Les deux sites suivent la même tendance que celui de Santec, c'est-à-dire qu'avant l'hiver 2021-2022, la récolte est meilleure en novembre mais la tendance s'inverse durant cet hiver.

Des analyses statistiques ont donc été réalisées afin de déterminer si les différences observées graphiquement sont vérifiées statistiquement. Les résultats sont présentés dans le tableau en annexe 7 et ne montrent que rarement des différences significatives en lien avec les intervalles de confiance élevés.

Les récoltes hivernales ont été comparées entre elles dans le tableau ci-dessous afin de déterminer s'il est plus intéressant de récolter en novembre ou en janvier. La différence en pourcentage indique quel est le gain ou la perte de biomasse d'une récolte plus tardive en hiver (janvier).

**Tableau 13 : comparaison des biomasses moyennes en janvier et novembre sur les trois années de suivi. Les cases colorées en vert indiquent le gain de biomasse d'une récolte en janvier par rapport à novembre, celles colorées en rouge indiquent la perte de biomasse d'une récolte en janvier par rapport à novembre.**

Site	Mois	Biomasse en kg/m <sup>2</sup>		
		Hiver 1 2019-2020	Hiver 2 2020-2021	Hiver 3 2021-2022
Landunvez 1	Novembre	0,98	0,78	0,89
	Janvier	0,28	0,64	0,91
Différence (en%)		-71%	-18%	+2%
Landunvez 2	Novembre	0,68	0,62	0,79
	Janvier	0,02	0,18	0,84
Différence (en%)		-97%	-71%	+6%
Santec	Novembre	0,24	0,31	0,27
	Janvier	0,07	0,19	0,85
Différence (en %)		-71%	-39%	+215%
Bréhat	Novembre	0,051	0,14	0,03
	Janvier	0,04	0,04	0,08
Différence (en %)		-22%	-71%	+167%
Penmarc'h	Novembre		0,33	0,07
	Janvier		0,06	0,12
Différence (en %)			-82%	+71%

Lors des deux premiers hivers, tous les sites présentent la même tendance avec une récolte en moyenne 60% plus importante en novembre qu'en janvier. On constate par ailleurs que les biomasses sont globalement faibles et comprises entre 0,02 kg/m<sup>2</sup> ± 0,03 kg/m<sup>2</sup> en janvier 2020 et 0,98 kg/m<sup>2</sup> ± 0,94 kg/m<sup>2</sup> en novembre 2019. Lors du dernier cycle, la tendance s'inverse.

→ Le suivi réalisé ne permet pas d'identifier clairement s'il est pertinent de récolter plus tard durant l'hiver. Cela dépend très probablement des conditions météorologiques hivernales qui varient en fonction de l'année considérée.

### 4.1.3. Bilan des résultats

- *En termes de biomasse, est-il plus rentable de récolter en juin qu'en avril ?*

**Tableau 14 : Récapitulatif de l'impact d'un recul de l'ouverture de la récolte.**

	Été 1 (avril 20 – juin 20)	Été 2 (avril 21 – juin 21)	Été 3 (avril 22 – juin 22)	
Landunvez 1				<div style="background-color: #90EE90; width: 15px; height: 15px; display: inline-block; margin-right: 5px;"></div> Biomasse plus importante en juin qu'en avril (non significatif)
Landunvez 2				
Santec				
Bréhat				<div style="background-color: #4F81BD; width: 15px; height: 15px; display: inline-block; margin-right: 5px;"></div> Biomasse plus importante en juin qu'en avril (significatif)
Penmarc'h				

Hormis en 2020 à Penmarc'h, la biomasse est toujours plus importante en juin qu'en avril, et cette différence est significative 8 fois sur 13. Cela permet d'affirmer qu'il est bien plus intéressant pour les professionnels d'effectuer la récolte en juin plutôt qu'en avril. Cela confirme les résultats des évaluations avant ouverture de la récolte réalisées sur *P. palmata*. Par ailleurs, les résultats obtenus quant à l'impact de récoltes multiples mettent en évidence que pour assurer une meilleure rentabilité, la récolte de juin peut être complétée par une récolte en septembre (cf. partie 3, chapitre 3).

- *En termes de biomasse, est-il plus rentable de récolter en janvier qu'en novembre ?*

**Tableau 15 : Récapitulatif de l'impact d'un recul de la fermeture de la récolte.**

	Hiver 1 (nov 19 – janv 20)	Hiver 2 (nov 20 – janv 21)	Hiver 3 (nov 21 – janv 22)	
Landunvez 1				<div style="background-color: #FF0000; width: 15px; height: 15px; display: inline-block; margin-right: 5px;"></div> Biomasse moins importante en janvier qu'en novembre (significatif)
Landunvez 2				
Santec				<div style="background-color: #FFC080; width: 15px; height: 15px; display: inline-block; margin-right: 5px;"></div> Biomasse moins importante en janvier qu'en novembre (non significatif)
Bréhat				
Penmarc'h				<div style="background-color: #ADD8E6; width: 15px; height: 15px; display: inline-block; margin-right: 5px;"></div> Biomasse équivalente en janvier et en novembre

Le suivi ne permet pas de conclure à l'intérêt de décaler la fermeture de la récolte plus tardivement en hiver car aucune biomasse moyenne n'apparaît statistiquement plus élevée lorsqu'on récolte en janvier plutôt qu'en novembre.

## 4.2. Interprétation et discussion

La demande des entreprises de récolte visait à évaluer s'il serait pertinent de décaler la période d'ouverture de la récolte de *Palmaria palmata* de deux mois afin de laisser les jeunes individus croître au printemps, permettant une meilleure récolte à l'ouverture. L'objectif était également de pouvoir récolter plus tardivement en hiver, pour bénéficier de la qualité de l'algue à cette période de l'année.

- *En résumé, quelles informations sont à porter à la connaissance du GT algues de rive du CRPMEM Bretagne pour évaluer la pertinence d'une modification du calendrier de récolte ?*

En ce qui concerne son ouverture, les suivis révèlent qu'il est effectivement plus intéressant de récolter en juin qu'en avril. Cela permet effectivement à l'algue de croître au cours du printemps. On constate d'ailleurs qu'à Bréhat, qui est en limite de répartition de l'espèce, il n'y a pas biomasse exploitable à l'ouverture. Ces résultats confirment qu'il serait pertinent de reculer la période d'ouverture au mois de juin. Néanmoins, il n'est pas possible d'affirmer que ce sont effectivement les mêmes individus qui ont gagné en longueur en juin. Pour cela, il serait nécessaire de réaliser un suivi individuel des populations. Les suivis réalisés à la



grande marée qui précède l'ouverture de la récolte au cours des dernières années ont tout de même montré que les biomasses moyennes mesurées étaient faibles, tandis que cinq semaines plus tard, elles apparaissaient en augmentation.

Par ailleurs, les résultats des suivis n'ont pas mis en évidence de plus-value à récolter *Palmaria palmata* en janvier plutôt qu'en novembre en termes de biomasse. Les aspects qualitatifs de l'algue au cours de cette période, en lien avec les différents marchés, n'ont pas été étudiés dans le cadre de ce programme. Bien que celle-ci soit plus élevée sur trois sites lors du dernier cycle de récolte, cela n'est pas significatif. Par ailleurs, la reproduction de *Palmaria palmata* s'étend principalement de novembre à mars à Roscoff [3] et deux pics sont observés : le premier a lieu en novembre, tandis que le deuxième a lieu en janvier. Ainsi, pour maintenir l'espèce, il n'apparaît pas pertinent d'étendre la période de récolte au cours de ce mois, d'autant que le calendrier actuel permet la récolte lors du premier pic de reproduction. L'éboulement survenu sur la zone test de Landunvez 2 entre le marquage de la zone et le début des suivis a provoqué une diminution importante de la ressource, visible sur la biomasse moyenne prélevée en janvier 2020. Les suivis ont par ailleurs montré que la ressource avait d'importantes capacités de recolonisation du milieu, possibles grâce au stock présent autour des zones expérimentales, le recrutement de l'espèce s'effectuant de proche en proche [3].

Reculer l'ouverture de la récolte de deux mois apparaît donc bénéfique vis-à-vis des biomasses mesurées en juin, mais il n'apparaît pas judicieux de décaler sa fermeture de deux mois compte tenu de l'évolution de ce paramètre au cours de l'hiver mais aussi de la période de reproduction de l'espèce. Par ailleurs, on a ici comparé les biomasses obtenues en janvier par rapport à celles de novembre, mais en réalité avec un décalage de fermeture de deux mois, il faut considérer que la ressource subirait potentiellement l'impact cumulé des récoltes durant toute la période hivernale.

## CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

Les suivis réalisés en zone témoin sur les différents sites confirment la grande variabilité spatio-temporelle de la biomasse en *Palmaria palmata*, déjà mise en évidence dans le cadre du programme Biomasse Algues.

Les présents travaux ont permis d'affiner les connaissances sur l'espèce, notamment l'évolution des paramètres « longueur » et « densité » au cours du temps.

Ils ont également mis en exergue le fait que la réglementation actuelle qui définit une taille minimale de récolte à 25 cm n'est pas adaptée dans certains secteurs de Bretagne : le Finistère sud et les Côtes d'Armor. Bien qu'il n'y ait pas eu de suivi réalisé dans le Morbihan et l'Ille-et-Vilaine, on peut supposer que ces départements font face à la même problématique. En dehors de toute pression liée à la récolte, les suivis ont montré que des champs pouvaient temporairement disparaître (ex : à Penmarc'h) et l'on peut se questionner sur leur pérennité en lien avec le réchauffement climatique.

Les expériences menées avec une récolte à 15 cm montrent de manière évidente un gain de biomasse, qui est toutefois à relativiser en termes de quantité, quel que soit le secteur considéré. Sur le site où *Palmaria* présente un morphotype plus commun (Santec), le gain de biomasse lié à cette pratique s'amointrit d'année en année sur les trois cycles suivis. La diminution de la taille de récolte a mécaniquement un impact plus important puisqu'on récolte davantage. De plus, de précédents travaux ont montré [3] que les individus les plus fertiles mesurent entre 15 et 25 cm sur la « grande » *Palmaria*, raison pour laquelle une réduction de la taille minimale de récolte sur l'ensemble de la Bretagne pourrait s'avérer préjudiciable à la ressource.

L'impact comparé d'une récolte bisannuelle par rapport à une seule récolte annuelle a montré que, dans les conditions de l'étude, deux récoltes annuelles sont plus rentables qu'une seule tardive, à la fin de l'été. Les travaux réalisés ont aussi mis en évidence que les récoltes n'étaient pas systématiquement meilleures lorsqu'on attendait davantage. La récolte en juin peut en effet être plus rentable que celle réalisée trois mois plus tard et vice-versa. Un impact à court terme sur les longueurs des individus a été mis en évidence mais pas à moyen terme (au bout du troisième cycle de récolte). Ainsi, la pratique de l'activité de récolte dans ces conditions n'est pas de nature à impacter le maintien de la population d'algues.

Les résultats des tests visant à évaluer l'impact d'un décalage du calendrier d'ouverture de deux mois indiquent qu'il est plus rentable d'attendre le mois de juin pour récolter, avec des biomasses mesurées plus importantes. Il appartient aux membres du GT algues de rive de discuter de la pertinence de demander un recul permanent de l'ouverture de la récolte de *Palmaria palmata*. Par contre, on ne peut conclure qu'il soit bénéfique de reculer la fermeture de la récolte de deux mois au vu des biomasses prélevées. Etant données des caractéristiques biologiques de l'espèce (période de reproduction), il n'apparaît par ailleurs pas cohérent d'étendre la période de récolte au cours de l'hiver.

Ces travaux ont permis d'évaluer l'impact de perturbations répétées sur la ressource à l'échelle de trois cycles de récoltes. D'autres pistes sont à tester afin d'optimiser les protocoles pour améliorer le traitement des données recueillies, notamment pour mieux estimer la densité d'individus.

La variabilité naturelle de la ressource pourrait être mieux expliquée en couplant les suivis réalisés sur les zones témoins à des suivis de température. Ce travail est d'ailleurs programmé par le CRPMEM dans les années à venir. Par ailleurs, des suivis individuels de *Palmaria palmata* permettrait de mieux comprendre le cycle de l'espèce (durée moyenne de vie des individus, reproduction).

Enfin, la mise en relation de l'effort de récolte avec la production et son suivi sur la base des données déclaratives de récolte pourraient permettre à long terme de suivre la durabilité de la récolte face à d'éventuelles modifications naturelles du milieu. Ce serait aussi l'opportunité d'évaluer s'il est possible d'augmenter cet effort de récolte sans nuire à la pérennité de ce peuplement, en tant qu'habitat naturel et



ressource essentielle d'une activité économique. Cela nécessite de définir des unités de suivi cohérentes avec les échelles de gestion et devra nécessairement être couplé à un suivi de la ressource sur des zones témoin pour connaître l'impact des facteurs abiotiques.

Ce programme a mis en évidence l'indispensable implication des récoltants professionnels, lors des missions de terrain, pour l'apport de leur connaissances empiriques des sites et de la ressource, mais aussi dans l'amélioration du renseignement des données déclaratives qui concourent à une meilleure connaissance et gestion de la ressource.



### 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.

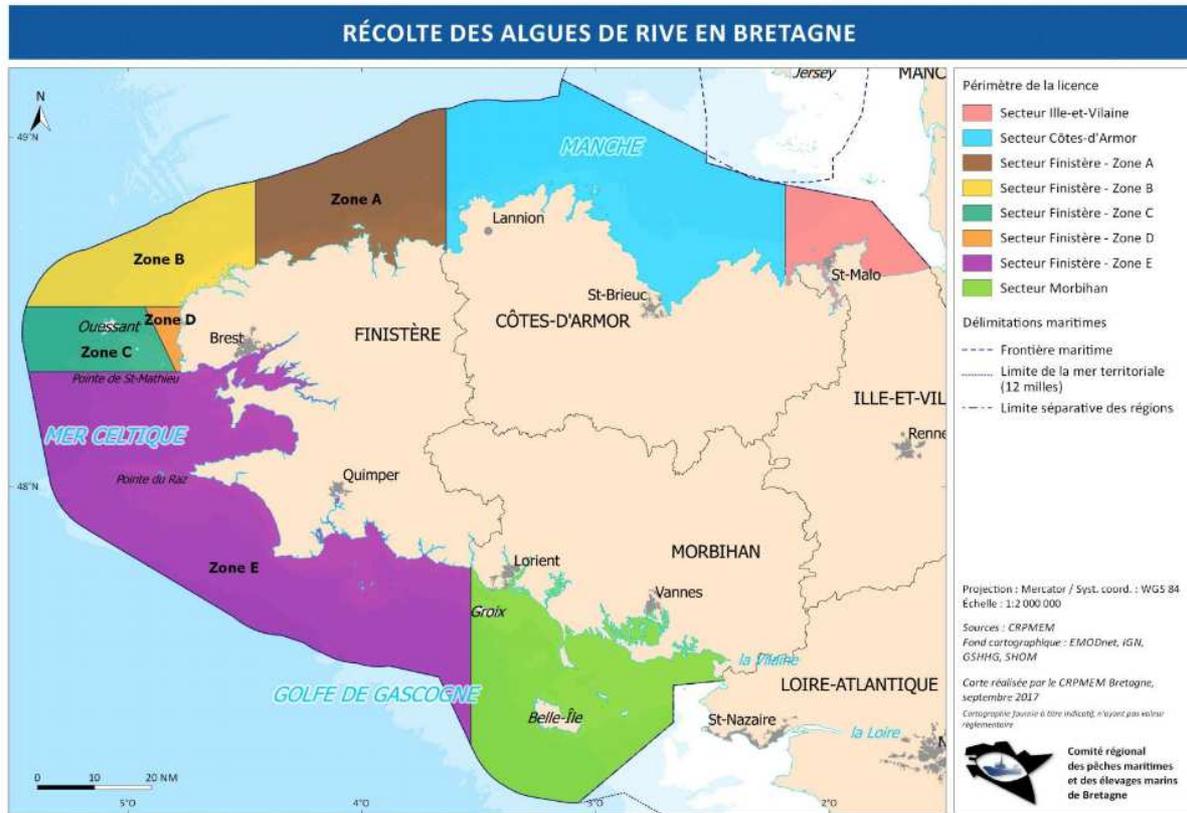
Le CRPMEM remercie tout particulièrement les plus de 40 récoltants professionnels qui se sont mobilisés volontairement tout au long du programme pour porter main forte lors de la mise en œuvre des suivis de terrain.



## 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/ Werner A. & Dring M. (2011). Aquaculture explained n°27. *Cultivating Palmaria palmata*. Bord Lascaign Mhara Irish Sea Fisheries Board. 76 p.
- 3/ Le Gall L. (2002). Etudes biologiques, biochimique et cellulaires de *Palmaria palmata* (Rhodophyta) - applications biotechnologiques à l'aquaculture, Thèse de Doctorat. Université de Caen.
- 4/ Rimstad Bøe R. (2019). Investigation of important steps in *Palmaria palmata* cultivation. Master's thesis in Ocean Resources. 62 p.
- 5/ Robuchon M. (2014). Etude spatio-temporelle de la biodiversité des forêts de laminaires des côtes bretonnes par une approche intégrée de génétique des populations et d'écologie des communautés. Tome 1 : texte de synthèse. Thèse de doctorat MNHN. 132 p.
- 6/ Hawkins S.J. & Harkin E. (1985) Preliminary Canopy Removal Experiments in Algal Dominated Communities Low on the Shore and in the Shallow Subtidal on the Isle of Man. *Botanica Marina* Vol. XXVIII, pp. 223-230, 1985. 8 p.
- 7/ Grote B. (2017). Recent developments in aquaculture of *Palmaria palmata* (Linnaeus) (Weber & Mohr 1805): cultivation and uses. The Alfred Wegener Institute, Helmholtz Centre for Polar and Marine Research, Bremerhaven, Germany. *Reviews in Aquaculture* (2017) 0, 1–17.
- 8/ C. Wilding, H. Tillin, E. J. Stewart, M. Burrows, D. Smale (2021). Hand harvesting of seaweed: Evidence review to support sustainable management. 275 p
- 9/ Schmedes, P. S. (2020). Investigating hatchery and cultivation methods for improved cultivation of *Palmaria palmata*. DTU Aqua. 153 p.
- 10/ CRPF Bretagne – Pays de la Loire (2019). Caractérisation et évolution du climat en Bretagne. Synthèse de l'étude Météo France du même nom. 17 p.
- 11/ Vadas R.L., Beal B.F., Wright W.A., Emerson S., Nickl F. (2004) Biomass and Productivity of Red and Green Algae in Cobscook Bay, Maine. *Ecosystem Modeling in Cobscook Bay, Maine : A Boreal, Macrotidal Estuary Northeastern Naturalist* 11(Special Issue 2):163–196.

Annexe 1 : Zonage utilisé pour l'attribution des extraits de licence sur les différents secteurs de Bretagne



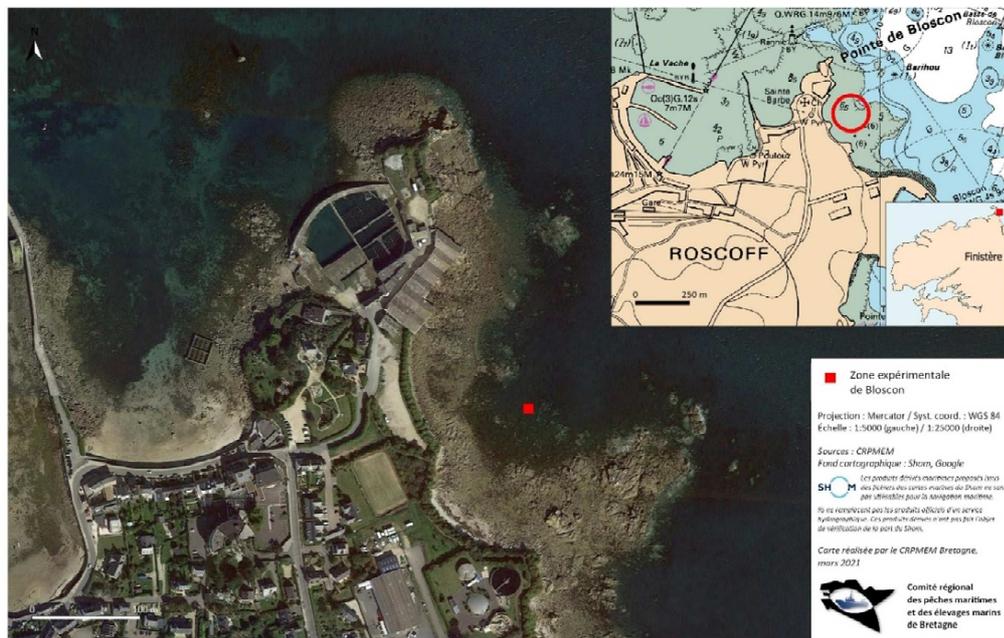
## Annexe 2 : Informations complémentaires sur les sites de suivi de *Palmaria palmata* et nombre de mesures par expérimentation

- Bréhat :



*Palmaria palmata* est de petite taille, de forme frisée, elle forme une population disséminée, principalement présente en épiphyte sur *F. serratus*. Le substrat est composé d'un champ de blocs de petites tailles, exposé aux houles de nord et nord-ouest.

- Roscoff :



*Palmaria palmata* pousse en épiphyte sur un champ de blocs de tailles moyennes. Elle est principalement exposée aux houles de nord, nord-est et d'est.

- Santec :



*Palmaria palmata* forme une population éparse et mixte, elle est principalement en épiphyte sur *F. serratus* et dans une moindre mesure, fixée sur la roche. Le substrat se compose d'un champ de blocs grossiers, situé dans une cuvette. Le site est exposé aux houles de nord, nord-ouest et nord-est.

- Landunvez :



*Palmaria palmata* forme des patches denses, la population est en grande majorité épilithique. Le substrat se compose d'un champ de blocs grossiers et exposé aux houles de nord et nord-ouest. Landunvez 1 et Landunvez 2 sont des zones suivies pour évaluer l'impact d'une récolte selon un calendrier décalé par rapport au calendrier réglementaire actuel. Landunvez 2 est plus exposé.

- Lédénez-Quéménès :



*Palmaria* est principalement épilithique sur ce secteur bien qu'on trouve également des individus en épiphyte sur *F. serratus*. Elle pousse sur un champ de blocs de petites tailles. Les individus sont de grande taille. Le secteur est exposé.

- Penmarc'h :



A Penmarc'h, deux secteurs de suivi existent : à Penmarc'h 1 (le plus au nord), *P. palmata* présente une morphologie « classique » et elle est directement fixée à la roche. Ses frondes sont longues et la population est très disséminée. Le substrat se compose d'un platier rocher. A Penmarc'h 2, sa morphologie se rapproche de celle observée à Bréhat. Elle est courte, frisée et en épiphyte sur *F. serratus*. Sa population est également disséminée. Les deux secteurs sont proches et exposés aux houles de nord nord-ouest jusqu'aux houles de sud. Les deux secteurs suivis sont envahis d'aplysie à la fin de l'hiver 2021-2022. La population de *P. palmata* a quasiment disparu durant l'été 2022.

### Annexe 3 : Nombre de mesures de densité et de biomasse réalisées pour les différentes expérimentations

- Impact d'une récolte à 25 cm et à 15 cm :

	Nombre de mesures par zone et par date					
	sept-20		sept-21		sept-22	
	récolte à 15 cm	récolte à 25 cm	récolte à 15 cm	récolte à 25 cm	récolte à 15 cm	récolte à 25 cm
Bréhat	7	7	6	7	9	7
Santec	6	6	7	7	7	6
Penmarc'h	5	5	8	5	10	10

- Impact de différentes intensités de récolte :

	Nombre de mesures par zone et par date																	
	juin-20			sept-20			juin-21			sept-21			juin-22			sept-22		
	ZT	1R	2R	ZT	1R	2R	ZT	1R	2R	ZT	1R	2R	ZT	1R	2R	ZT	1R	2R
Landunvez	5	5	5	7	6	6	4	5	5	6	6	6	7	6	6	7	7	6
Lédénez-Quéménès	5	5	5	6	4	5	8	6	8	9	6	6	6	6	6	7	7	7
Roscoff							4	3	5	7	6	6	7	7	7	7	7	6

ZT : zone témoin

1R : zone à une récolte

2R : zone à 2 récoltes

- Impact d'un décalage du calendrier réglementaire de récolte :

	Nombre de mesures par zone et par date																								
	nov-19		janv-20		avr-20		juin-20		nov-20		janv-21		avr-21		juin-21		nov-21		janv-22		avr-22		juin-22		
	zr	zte	zr	zte	zr	zte	zr	zte	zr	zte	zr	zte	zr	zte	zr	zte	zr	zte	zr	zte	zr	zte	zr	zte	
Landunvez 1	6	3	7	6	5	5	9	5	7	7	6	6	8	7	5	4	6	7	6	6	6	6	6	6	6
Landunvez 2	4	9	5	10	4	7	4	4	6	5	6	6	6	6	4	4	6	5	6	5	6	5	6	6	6
Santec	6	11	12	12	5	7	8	8	7	7	8	8	8	8	7	7	6	6	6	6	7	7	7	7	7
Bréhat	9	8	9	10	8	8	9	9	9	7	8	7	8	8	12	12	8	8	6	7	7	7	7	8	7
Penmarc'h					8	10	11	8	8	9	9	12	12	13	6	9	9	14	7	8	7	10	6	6	6

ZR : zone de récolte selon le calendrier réglementaire actuel

Zte : zone test de récolte avec un décalage de 2 mois par rapport au calendrier actuel

#### Annexe 4 : résultats des tests réalisés pour évaluer l'impact d'une récolte à 15 cm au lieu de 25 cm.

Pour interpréter les résultats de ces tests, il faut regarder la valeur de la p-value dans le tableau ci-dessous. On estime qu'elle révèle une différence significative lorsqu'elle est inférieure à 0,05. Au-delà de ce seuil, on considère que la modification de traitement n'a pas d'impact significatif. Autrement dit, dans ce second cas, qu'on récolte une fois ou deux fois n'a pas d'incidence sur la biomasse disponible à la récolte.

- Paramètre biomasse :

**Tableau 16 : résultats des tests de Wilcoxon-Mann-Whitney réalisés pour comparer la biomasse moyenne récoltée sur les zones récoltées respectivement à 15 cm et 25 cm chaque année à Santec.**

	2020	2021	2022
P-value	0,197	0,124	0,731

**Tableau 17 : résultats des tests de Wilcoxon-Mann-Whitney réalisés pour comparer la biomasse moyenne récoltée sur chaque type de zone chaque année à Bréhat.**

	2020	2021	2022
P-value	0,999	0,050	0,447

**Tableau 18 : résultats des tests de Wilcoxon-Mann-Whitney réalisés pour comparer la biomasse moyenne récoltée sur les zones récoltées respectivement à 15 cm et 25 cm chaque année à Penmarc'h. La présence d'astérisque(s) indique l'existence d'une différence significative selon différents seuils (\* : p-value < 0,05).**

	2020	2021	2022
P-value	0.265	0.033*	

- Paramètre longueur :

**Tableau 19 : résultats des tests de Wilcoxon-Mann-Whitney effectués sur les longueurs moyennes des individus à différentes zones entre les mois de septembre et novembre à Santec. 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).**

Type de zone	Septembre 2020 – novembre 2020	Septembre 2021 – novembre 2021
Zone témoin	0,621	0,25
Coupe à 25 cm	0,354	0,318
Coupe à 15 cm	<0,001***	0,013*

**Tableau 20 : résultats des tests de Wilcoxon-Mann-Whitney effectués sur les longueurs des individus à différentes zones entre les mois de septembre et novembre à Bréhat. 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).**

Type de zone	Septembre 20 – novembre 20	Septembre 21 – novembre 21
Zone témoin	0,946	0,627
Coupe à 25 cm	0,300	0,673
Coupe à 15 cm	0,004**	0,258

**Tableau 21 : résultats des tests de Wilcoxon-Mann-Whitney effectués sur les longueurs des individus à différentes zones entre les mois de septembre et novembre à Penmarc'h. 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).**

Type de zone	Septembre 20 – novembre 20	Septembre 21 – novembre 21
Zone témoin	<0,001***	<0,001***
Coupe à 25 cm	0,036*	<0,001***
Coupe à 15 cm	0,037*	<0,001***

- Paramètre densité :

**Tableau 22 : résultats des tests de Wilcoxon-Mann-Whitney effectués sur les densités des individus à différentes zones entre les mois de septembre et novembre à Santec. La présence d'astérisque(s) indique l'existence d'une différence significative selon différents seuils (\* : p-value < 0,05).**

Type de zone	Septembre 20 – novembre 20	Septembre 21 – novembre 21
Zone témoin	0,519	0,175
Coupe à 25 cm	0,052	0,037*
Coupe à 15 cm	0,897	0,274

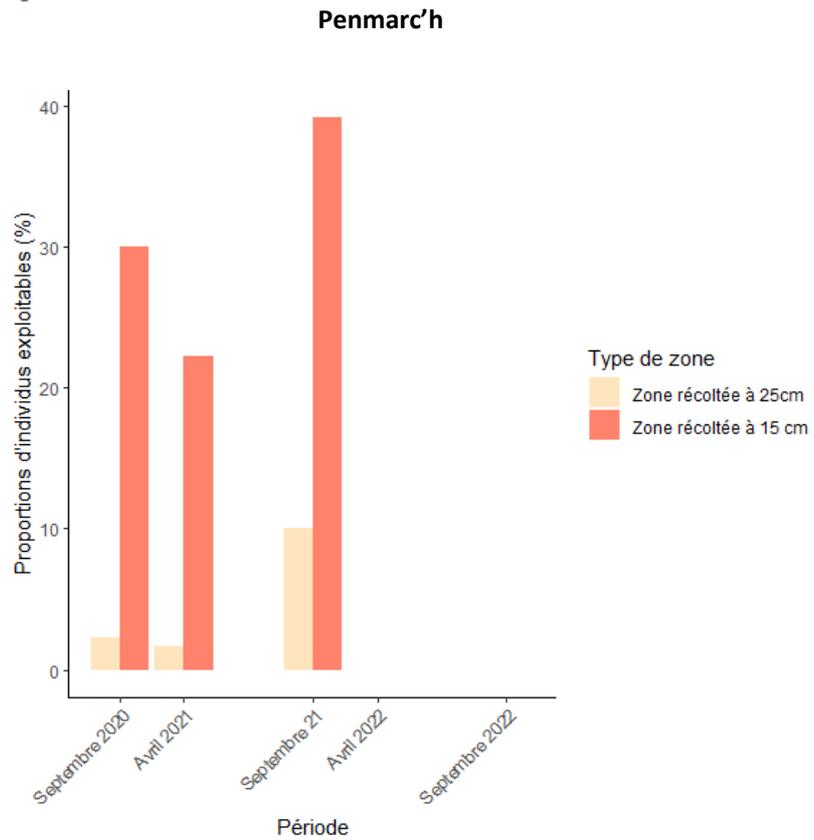
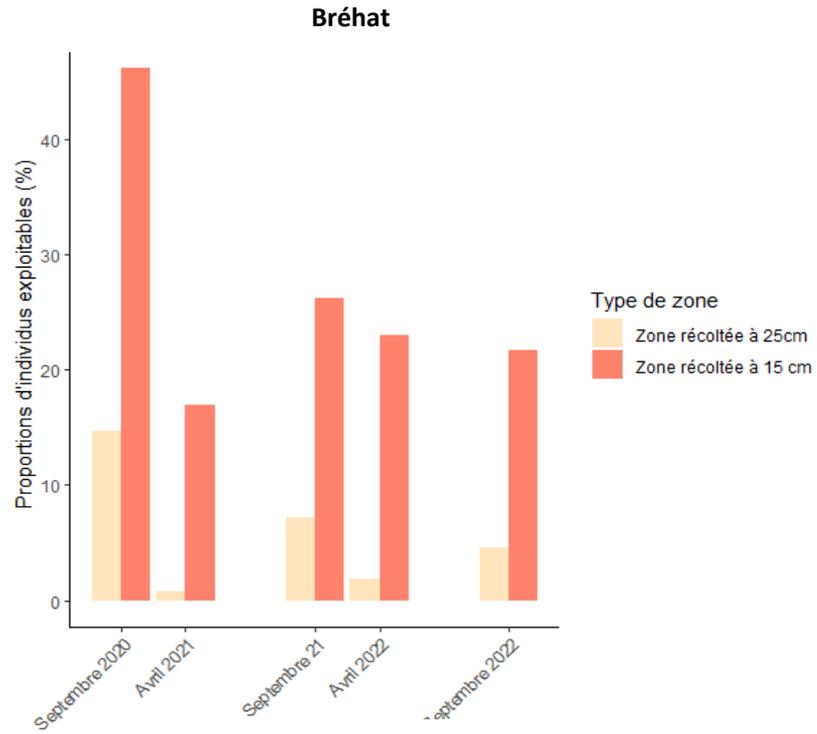
**Tableau 23 : résultats des tests de Wilcoxon-Mann-Whitney effectués sur les densités des individus à différentes zones entre les mois de septembre et novembre à Bréhat. La présence d'astérisque(s) indique l'existence d'une différence significative selon différents seuils (\* : p-value < 0,05).**

Type de zone	Septembre 20 – novembre 20	Septembre 21 – novembre 21
Zone témoin	0,528	0,519
Coupe à 25 cm	0,816	0,033*
Coupe à 15 cm	0,999	0,037*

**Tableau 24 : résultats des tests de Wilcoxon-Mann-Whitney effectués sur les densités des individus à différentes zones entre les mois de septembre et novembre à Penmarc'h.**

Type de zone	Septembre 20 – novembre 20	Septembre 21 – novembre 21
Zone témoin	0,784	0,086
Coupe à 25 cm	0,054	0,999
Coupe à 15 cm	0,463	0,429

Annexe 5 : Evolution de la part exploitable à Bréhat et Penmarc'h en fonction de la taille de récolte :



## Annexe 6 : résultats des tests statistiques réalisés pour évaluer l'impact d'une récolte vs. deux récoltes annuelles

- Paramètre biomasse :

**Tableau 25** : P-values obtenues à l'issue des tests de Wilcoxon-Mann-Whitney effectués sur la biomasse moyenne récoltée au mois de septembre sur les deux zones (une récolte et deux récoltes) des différents sites. Les comparaisons sont réalisées intrasites. La présence d'astérisque(s) indique l'existence d'une différence significative selon différents seuils (\* : p-value < 0,05 ; \*\* : p-value < 0,01).

	P-values		
	Landunvez	Lédénez-Quéménès	Roscoff
Septembre 2020 (1 récolte vs 2 récoltes)	0,310	0,806	
Septembre 2021 (1 récolte vs 2 récoltes)	0,0540	0,093	0,583
Septembre 2022 (1 récolte vs 2 récoltes)	0,798	0,565	0,796

**Tableau 26** : P-values obtenues à l'issue des tests de Wilcoxon-Mann-Whitney effectués sur la biomasse moyenne récoltée en juin et en septembre sur la zone récoltée deux fois des différents sites. Les comparaisons sont réalisées intrasites. La présence d'astérisque(s) indique l'existence d'une différence significative selon différents seuils (\* : p-value < 0,05 ; \*\* : p-value < 0,01).

	P-values		
	Landunvez	Lédénez-Quéménès	Roscoff
Zone à deux récoltes			
Juin 2020 vs Septembre 2020	0,004**	0,548	
Juin 2021 vs Septembre 2021	0,004**	0,589	0,421
Juin 2022 vs Septembre 2022	0,390	0,445	0,999

- Paramètre longueurs :

**Tableau 27** : P-values obtenues à l'issue du test de Wilcoxon-Mann-Whitney effectué sur les longueurs du site de Landunvez au sein d'une même zone entre les deux périodes (juin et septembre).

Période	Zone témoin			Une récolte			Deux récoltes		
	2020	2021	2022	2020	2021	2022	2020	2021	2022
P-value	0,002**	0,944	0,318	<0,001***	<0,001***	<0,001***	0,054	0,948	0,206

**Tableau 28** : P-values obtenues à l'issue du test de Wilcoxon-Mann-Whitney effectué sur les longueurs du site de Landunvez entre les zones à une même période.

Période	Zone témoin vs une récolte					
	Juin 2020	Sept 2020	Juin 2021	Sept 2021	Juin 2022	Sept 2022
P-value	0,961	0,357	0,07	0,01**	<0,001***	0,714
P-value	Zone témoin vs deux récoltes					
	0,344	0,006**	0,039*	0,005**	0,245	0,002**
P-value	Une récolte vs deux récoltes					
	0,347	<0,001***	0,708	<0,001***	<0,001***	<0,001***

**Tableau 29 : P-values obtenues à l'issue du test de Wilcoxon-Mann-Whitney effectué sur les longueurs du site de Lédénez-Quéménès au sein d'une même zone entre juin et septembre.**

	Zone témoin			Une récolte			Deux récoltes		
Période	2020	2021	2022	2020	2021	2022	2020	2021	2022
P-value	0,081	0,913	0,008**	<0,001***	0,258	0,461	0,819	0,177	0,117

**Tableau 30 : p-values obtenues à l'issue du test de Wilcoxon-Mann-Whitney effectué sur les longueurs du site de Lédénez-Quéménès entre les zones à une même période.**

	Zone témoin vs une récolte					
Période	Juin 2020	Sept 2020	Juin 2021	Sept 2021	Juin 2022	Sept 2022
P-value	0,217	<0,001***	0,194	0,936	0,262	0,014*
	Zone témoin vs deux récoltes					
P-value	0,002**	<0,001***	0,082	0,025*	0,887	0,085
	Une récolte vs deux récoltes					
P-value	<0,001***	0,012**	0,984	0,027*	0,247	0,245

**Tableau 31 : P-values obtenues à l'issue du test de Wilcoxon-Mann-Whitney effectué sur les longueurs du site de Roscoff au sein d'une même zone entre les deux périodes (juin et septembre).**

	Zone témoin		Une récolte		Deux récoltes	
Période	2021	2022	2021	2022	2021	2022
P-value	0,965	0,642	0,027*	0,594	0,247	0,169

**Tableau 32 : p-values obtenues à l'issue du test de Wilcoxon-Mann-Whitney effectué sur les longueurs du site Roscoff entre les zones à une même période.**

	Zone témoin vs une récolte			
	Juin 2021	Sept 2021	Juin 2022	Sept 2022
P-value	0,324	0,22	0,384	0,448
	Zone témoin vs deux récoltes			
P-value	0,661	0,022*	0,018*	0,129
	Une récolte vs deux récoltes			
P-value	0,719	<0,001***	0,061	0,376

**Annexe 7 : résultats des tests statistiques réalisés pour évaluer l'impact d'une récolte selon un calendrier d'ouverture décalé de deux mois par rapport au calendrier actuel**

*Tableau 33 : résultats des tests de Wilcoxon-Mann-Whitney réalisés afin de comparer les biomasses moyennes récoltées en avril et en juin sur les 5 sites au cours de trois hivers successifs.*

	Avril 2020 - Juin 2020	Avril 2021 - Juin 2021	Avril 2022 - Juin 2022
Landunvez 1	0,036*	0,004*	0,004*
Landunvez 2	0,46	0,75	0,04*
Santec	0,397	0,009*	0,002*
Bréhat	0,045*	0,025*	0,173
Penmarc'h	0,093	0,579	NA

*Tableau 34 : résultats des tests de Wilcoxon-Mann-Whitney réalisés afin de comparer les biomasses moyennes récoltées en novembre et en janvier sur les 5 sites au cours des 3 hivers successifs.*

	Novembre 2019 – Janvier 2020	Novembre 2020 – Janvier 2021	Novembre 2021 – Janvier 2022
Landunvez 1	0,127	0,945	0,47
Landunvez 2	0,016*	0,229	0,537
Santec	0,403	0,523	0,375
Bréhat	0,683	0,606	0,244
Penmarch		0,021*	0,491