

RAPPORT DE SYNTHÈSE DU PROGRAMME BIOMASSE ALGUES

EVALUATION ET GESTION DE LA BIOMASSE EXPLOITABLE EN ALGUES DE RIVE



VERSION FINALE

Janvier 2020

Table des matières

I.	CARTOGRAPHIE DES PEUPELEMENTS ET DES BIOMASSES EN ALGUES DE RIVE : INTÉRÊT ET BESOINS	4
II.	L'ÉVALUATION DES ALGUES DE RIVE EN BRETAGNE.....	5
1.	Les espèces étudiées	5
2.	Les secteurs concernés.....	6
3.	Période des évaluations de la biomasse	8
III.	SYNTHÈSE DE L'UTILISATION DE LA TELEDETECTION HYPERSPECTRALE PAR DRONE.....	9
IV.	METHODOLOGIE POUR L'ÉVALUATION MANUELLE DE LA BIOMASSE DES ALGUES DE RIVE	11
1.	Définition d'un protocole pertinent pour l'étude.....	11
2.	Démarche en amont du travail de terrain	11
3.	Méthode employée sur le terrain	13
4.	Bancarisation et traitement des données.....	14
V.	RESULTATS ET COMMENTAIRES SUR L'ÉVALUATION MANUELLE DE LA BIOMASSE	15
1.	<i>Palmaria palmata</i>	15
1.1	Secteurs évalués en 2017 et 2018	15
1.2	Résultats des évaluations de biomasse avant/après la période réglementaire de récolte saison 2017.....	15
1.3	Commentaires sur les résultats 2017	18
1.4	Résultats des évaluations de biomasse avant/après la période réglementaire de récolte saison 2018.....	19
1.5	Commentaires sur les résultats 2018	22
1.6	Comparaison des données des années 2017 et 2018	24
1.7	Commentaires sur la comparaison des données 2017 et 2018.....	26
2.	<i>Chondrus crispus</i>	28
2.1	Secteurs évalués en 2017 et 2018	28
2.2	Résultats des évaluations de biomasse avant/après la période réglementaire de récolte saison 2017.....	28
2.3	Commentaires sur les résultats 2017	30
2.4	Résultats des évaluations de biomasse avant/après la période réglementaire de récolte saison 2018.....	32
2.5	Commentaires sur les évaluations de biomasse avant/après la période réglementaire de récolte saison 2018	33
2.6.	Comparaison des données des années 2017 et 2018	34
2.7	Commentaires sur la comparaison des années 2017 - 2018.....	36
3.	Prospections complémentaires aux suivis des principaux champs exploités.....	37
3.1	Prospection <i>Chondrus crispus</i> dans le PNMI	37
3.2	Prospection <i>Palmaria palmata</i> et <i>Chondrus crispus</i> dans le Morbihan	37
4.	<i>Ascophyllum nodosum</i>	39
4.1	Secteurs évalués en 2017	39
4.2	Résultats des évaluations de biomasse après la récolte saison 2016/2017 et avant la saison 2017/2018	39
4.3	Commentaires sur les résultats	42
4.4	Elaboration d'un protocole "jachères <i>Ascophyllum</i> "	43
4.5	Elaboration d'un document sur les bonnes pratiques de récolte de <i>A. nodosum</i>	44
VI.	ANALYSE DES DONNEES DECLARATIVES DE RECOLTE DES ALGUES DE RIVE A L'ECHELLE DE LA BRETAGNE ET GESTION DU SYSTEME DE LICENCES.....	46
1.	Les principales espèces récoltées	49

1.1 <i>Palmaria palmata</i>	49
1.2 <i>Chondrus crispus</i>	50
1.3 <i>Ascophyllum nodosum</i>	51
1.4 <i>Fucus spp.</i> et <i>Himanthalia elongata</i>	52
1.5 <i>Porphyra dioica</i>	53
1.6 <i>Laminaria spp</i>	54
2. La gestion du système de licences	55
2.1 Principales évolutions de la réglementation liée à l'activité de récolte d'algues de rive en Bretagne	55
2.2 Etat des lieux des licences et extraits de récolte d'algues de rive délivrés pour l'année 2018	55
VII. LIMITES DE LA METHODE D'EVALUATION DE LA BIOMASSE EN ALGUES DE RIVE	58
1. Les données déclaratives	58
2. Le travail de terrain	58
3. Les facteurs environnementaux	58
VIII. DISCUSSION ET PISTES D'AMELIORATIONS	59
1. Simplification de l'accès aux données déclaratives et amélioration de la qualité des données	59
2. Evaluation de la biomasse des algues de rive	60
2.1 Délimitation des champs d'algues de rive et estimation de la biomasse	60
2.2 Recommandations sur l'utilisation de la méthode des quadrats pour l'évaluation de la biomasse	61
IX. CONCLUSIONS - PERSPECTIVES	63

I. CARTOGRAPHIE DES PEUPELEMENTS ET DES BIOMASSES EN ALGUES DE RIVE : INTÉRÊT ET BESOINS

En 2015, la France a produit 72 000 tonnes de macro-algues (90 % en Bretagne), principalement pour des usages agroalimentaires, phytosanitaires, cosmétiques et pharmaceutiques. C'est le 9^{ème} pays producteur d'algues dans le monde (récolte et importation confondues), soit le 2^{ème} pays européen après la Norvège. La majorité de la production algale provient du milieu naturel : elle est récoltée en mer à l'aide de navires ou à pied sur l'estran. Au total, l'exploitation des algues pourvoit plus de 2 500 emplois, avec près de 80 entreprises de transformation et de commercialisation, dont la moitié installée dans le Finistère Nord, pour une valeur estimée à 700 millions d'euros (Lesueur M., 2016).

En Bretagne, quatre à six mille tonnes d'algues de rives sont récoltées chaque année sur l'estran par environ 140 récoltants professionnels travaillant à l'année et une centaine de récoltants saisonniers qui bénéficient d'une autorisation individuelle de récolte (chiffres Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins [CRPMEM] de Bretagne, 2018). La demande en matière première étant de plus en plus forte, il devient donc indispensable pour la filière d'avoir des éléments fiables sur les stocks en place, afin d'assurer leur exploitation durable *via* une gestion adaptée par les professionnels. Pour cela, il est nécessaire de disposer d'une cartographie de la distribution et des quantités disponibles des différentes algues d'intérêt, et de suivre leur évolution spatio-temporelle. Bien que de nombreuses études passées aient ponctuellement et localement fourni des données importantes sur la localisation et parfois sur les biomasses de quelques espèces d'algues en Bretagne, il n'existe pas aujourd'hui de cartographie à l'échelle de cette région permettant d'assurer un suivi global à long terme de la ressource.

Parallèlement, après plusieurs années de discussion, le régime d'autorisation de récolte d'algues de rive délivrées par la Direction Interrégionale de la Mer Nord Atlantique-Manche Ouest a changé à compter de l'année 2018. En effet, ce système a cédé la place à une gestion par licences, dont 74¹ ont été délivrées en 2018 par le CRPMEM de Bretagne, qui a souhaité en amont mieux connaître les stocks d'algues de rive exploitées et les possibilités de récolte. Devant le manque de données sur ce sujet, et à la demande des récoltants professionnels, il a ainsi mis en place un programme d'étude intitulé Biomasse Algues initié en 2016 pour une durée de 3 ans, visant à mieux caractériser la biomasse des principaux champs d'algues de rive exploités en Bretagne, à développer une méthode de suivi annuel et des outils réglementaires en collaboration étroite avec les professionnels pour les sensibiliser et les encourager à prendre en main la gestion et le suivi de la ressource qu'ils exploitent. Les orientations du programme sont fixées par un Comité de Pilotage impliquant récoltants professionnels, scientifiques, Administration et Comités des Pêches bretons.

Il existe différentes méthodes d'évaluation de la ressource en algues de rive pouvant mener à une cartographie (CRPMEM de Bretagne, 2016). A l'échelle d'une baie, il est possible de procéder à une évaluation manuelle par quadrats, qui reste actuellement la méthode la plus fiable pour estimer avec précision la diversité et la biomasse algale sur des petites étendues. Pour déterminer la biomasse algale, il est cependant nécessaire de connaître l'enveloppe des champs d'algues de rive pour extrapoler les données de terrain acquises lors des relevés à l'aide de quadrats. Elle est relativement simple à appliquer et nécessite peu de matériel mais reste très limitée dans l'espace et coûteuse en termes de temps et de main-d'œuvre. Ainsi, pour couvrir une surface telle que le littoral breton, une méthode optimale impliquerait l'utilisation de technologies plus élaborées comme la photographie aérienne, l'imagerie satellitaire haute résolution ou hyperspectrale. Ces méthodes doivent dans un premier temps être validées par des vérifications au sol lors de la phase de test puis, en mode opérationnel, être suffisamment robustes pour s'en affranchir et éviter ainsi les mobilisations répétées de nombreuses personnes sur le terrain.

L'utilisation de la télédétection hyperspectrale par drone couplée à une validation par la méthode classique des quadrats a été testée dans une zone pilote du Parc Naturel Marin d'Iroise (PNMI), pour évaluer les peuplements et biomasses en algues de rive (expérimentation CARHYP) durant l'été 2016. L'ensemble des résultats est compilé dans un document complet à part (Hytech Imaging *et al.*, 2018). Le présent rapport traite quant à lui du développement, de l'application et des limites de la mise en œuvre d'une méthode d'évaluation manuelle en 2017 et 2018 en quelques points du littoral

¹ Chiffres au 31/12/2018

breton et pour un nombre limité d'espèces, ainsi que des actions menées pour améliorer la connaissance et la gestion de certains stocks d'algues de rive en Bretagne.

II. L'ÉVALUATION DES ALGUES DE RIVE EN BRETAGNE

1. Les espèces étudiées

Il existe une douzaine d'espèces couramment exploitées en Bretagne. Leurs caractéristiques biologiques et écologiques ainsi que les règles de récolte sont présentées dans le tableau 1. Parmi elles, certaines présentent une variabilité spatio-temporelle forte mais sont de nature résiliente aux conditions environnementales changeantes et donc *a fortiori* à l'exploitation (ex. : *Porphyra*, Ulves). Ces espèces qui peuvent disparaître temporairement d'une année à l'autre sont compliquées à suivre, et les professionnels doivent composer avec cette variabilité naturelle. Le choix a donc été fait de s'intéresser à des espèces pérennes qui peuvent être suivies sur la durée : *Palmaria palmata*, *Chondrus crispus/Mastocarpus stellatus* et *Ascophyllum nodosum* (annexe I). Ces espèces représentent un certain nombre d'enjeux en termes de gestion car elles font parties des espèces les plus exploitées à l'échelle de la Bretagne.

TABLEAU 1 : Caractéristiques biologiques, écologiques et règles de récolte des principales algues de rive exploitées (sources : Bajjouk *et al.*, 2010 ; Faes & Viejo, 2003 ; Golléty, 2008 ; Kopp & Perez, 1978 ; Le Gall *et al.*, 2004 ; Philippe, 2013).

ESPECE	Distribution	Mode	Longévité		Reproduction		Période de reproduction	Période de croissance	Taille moyenne "biologique"	Période de récolte autorisée dans tous les cas : Interdit la nuit	Taille minimale de récolte
			Annuelle	Pérenne	Asexuée	Sexuée Gamète Supéro Mermelle Fécundelle					
<i>Asophyllum nodosum</i>	médolitoral supérieur (PMVE à PMME)	abrité		plusieurs dizaines d'années	à partir d'un morceau de l'algue	Plant 1 M donne GM 1 qui féconde GF 1 émis par plant 1 F ce qui donne plant 1 M ou F.	hiver/printemps	printemps/début automne	Jusqu'à 2 mètres	Toute l'année sauf jachères	coupe au minimum 30 cm au-dessus crampon
<i>Fucus spiralis</i>	médolitoral supérieur (PMVE à PMME)	abrité et battu		~ 3 ans	à partir d'un morceau de l'algue	Plant 1 M donne GM 1 qui féconde GF 1 émis par plant 1 F ce qui donne plant 1 M ou F.	été et automne		Jusqu'à 1 mètre	Toute l'année	
<i>Fucus vesiculosus</i>	médolitoral moyen (PMME à BMME)	abrité et battu		3-4 ans		Plant 1 M donne GM 1 qui féconde GF 1 émis par plant 1 F ce qui donne plant 1 M ou F.	fin printemps à automne, max d'août à octobre	max (fin été/automne)	Jusqu'à 1 mètre	Toute l'année	
<i>Fucus serratus</i>	médolitoral inférieur (BMME à > BMVE)	abrité et battu		~ 2 ans		Plant 1 (lamelles) M donne GM 1 qui féconde GF 1 émis par plant 1 F ce qui donne plant 1 (cupule) M ou F.	entre juin et janvier		disques basaux 1 à 5 cm / thalles jusqu'à 3 mètres	Toute l'année	80 cm
<i>Himantalia elongata</i>	frange infralittorale supérieure (< BMME à BMVE)	~ battu, courants		2-4 ans		Plant 1 donne SM et SF qui grandissent en plants 2 M et F microscopiques. Plant 2 M donne GM qui féconde GM sur Plant 2 F ce qui donne plant 1.	automne/hiver	hiver et printemps	Jusqu'à 7 mètres	Toute l'année	150 cm
<i>Laminaria saccharina</i>	infralittoral supérieur (< 0 hydro) à infralittoral inférieur	abrité		5 ans		Plant 1 donne SM et SF qui grandissent en plants 2 M et F microscopiques. Plant 2 M donne GM qui féconde GM sur Plant 2 F ce qui donne plant 1.	été et automne		Jusqu'à 4 mètres	Toute l'année	
<i>Laminaria</i> spp. (<i>digitata</i> + <i>ochroleuca</i>)	infralittoral supérieur (< 0 hydro)	LD surtout battu LO abrité		3-4 ans		Plant M donne GM 1 qui féconde GF 1 sur plant F ce qui donne plant 2 microscopique sur plant F. Plant 2 donne S qui grandissent en plant 1 M et F.	Toute l'année avec 1 pic en été et en hiver	max printemps et automne	Jusqu'à 20 cm	1er mai-31 octobre	
<i>Chondrus crispus</i>	frange infralittorale supérieure (< BMME à BMVE) à infralittoral inférieur	abrité et battu		3-4 ans		GF 1 sur plant F ce qui donne plant 2 microscopique sur plant F. Plant 2 donne S qui grandissent en plant 1 M et F.	Toute l'année avec 1 pic en été et en hiver	max printemps et automne	Jusqu'à 15 cm		
<i>Mastocarpus stellatus</i>	frange infralittorale supérieure (< BMME à BMVE)	battu				Plant 1 donne GM 1 qui féconde GF 1 sur plant 1 ce qui donne plant 2 microscopique conchocelis sur calciaire (algue ou coquille). Conchocelis donne S qui grandit en plant 1.	fin hiver		Jusqu'à 80 cm	1er mai-15 novembre	25 cm
<i>Porphyra</i> spp. (<i>monti</i>)	médolitoral supérieur à médolitoral inférieur (PMVE à > BMVE)	~ abrité à battu	X		à partir d'un morceau de l'algue	Plant 1 M donne GM 1 qui féconde GF 1 émis par plant 1 F ce qui donne plant 2 M et F. Plant 2 donne SM 2 et SF 2 qui grandissent en plants 1 M et F.	hiver	max printemps/début été	Jusqu'à 1 mètre	1er avril-31 décembre	25 cm
<i>Palmaria palmata</i>	frange infralittorale supérieure (< BMME à BMVE)	battu avec courants		plusieurs années		Plant 1 M donne GM 1 qui féconde GF 1 émis par plant 1 F ce qui donne plant 2 M et F. Plant 2 donne SM 2 et SF 2 qui grandissent en plants 1 M et F.	max printemps/début été		Jusqu'à 20 cm	Toute l'année	
<i>Ulva</i> spp.	ubiquiste	abrité	X	X			autonome	printemps	Jusqu'à 20 cm	Toute l'année	

2. Les secteurs concernés

Devant l'impossibilité d'évaluer la biomasse des algues de rive sur l'ensemble du territoire breton, il a été décidé de se focaliser sur les secteurs les plus exploités. Pour cela, nous nous sommes basés sur les données déclaratives anonymisées des récoltants professionnels. Ces derniers ont en effet pour obligation de déclarer mensuellement les quantités récoltées pour chaque espèce ou groupe d'espèces ainsi que le lieu de récolte (annexe II). Pour harmoniser ces déclarations, un carroyage a été établi par le CEVA en 2012. Il est divisé en 79 cartes composées de carrés de 500 m de côté soit une superficie de 25 ha (figure 1).

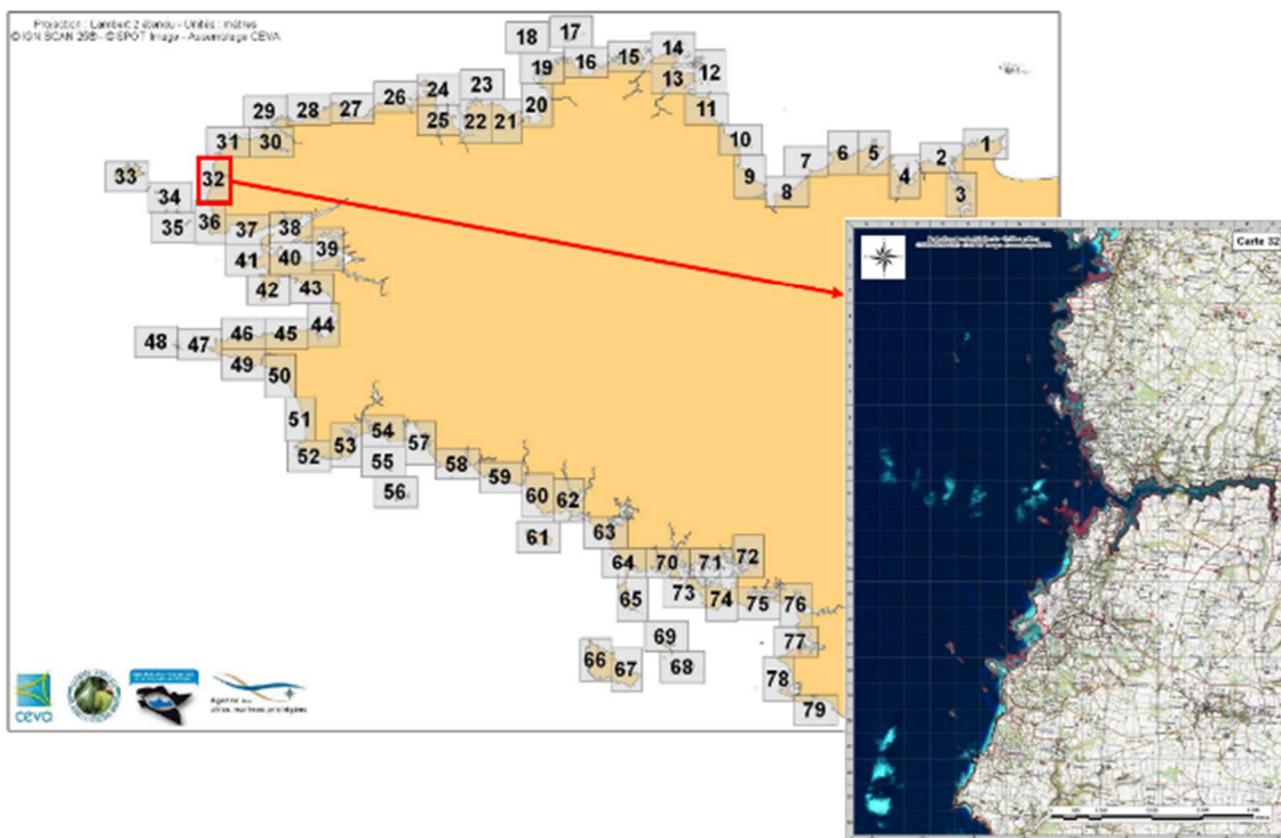


FIGURE 1 : Cartes et carrés du carroyage officiel des zones de récolte des algues de rives en Bretagne (Source : CEVA, disponible en ligne à l'adresse suivante : www.bretagne-peches.org/modules/kameleon/upload/carroyage-algue-de-rive.pdf).

Lors du montage du projet en 2015, seules les données déclaratives pour les années 2013 et 2014 étaient disponibles. Le programme a donc été monté en prévoyant une visite par site très exploité selon ces données en tenant compte de certaines limites. En effet, l'année 2013 correspond à la première année d'utilisation du carroyage pour les déclarations, ce qui a entraîné des erreurs de saisie par manque d'habitude et l'année 2014 est une année très particulière pour la ressource du fait de fortes tempêtes hivernales. Ces deux années ont donc été considérées comme des bases peu fiables pour identifier les carrés les plus récoltés. En 2016, le premier Comité de Pilotage a par conséquent validé l'utilisation des données déclaratives 2015 et 2016 à la place.

Ces données déclaratives sont traitées par les Délégations de la Mer et du Littoral (DML) des Directions Départementales des Territoires et de la Mer (DDTM) de chaque département breton. Cependant, les données anonymes envoyées par ces Administrations au CRPMEB de Bretagne ont été plus ou moins exhaustives selon les départements. C'est ainsi que pour cibler le travail de terrain en 2017 et en 2018, ce sont les données par carrés les plus exploités en 2015 et 2016 pour les départements des Côtes d'Armor, du Morbihan et d'Ille-et-Vilaine qui ont été utilisées. Pour le Finistère, un travail de stage a permis d'extraire les données par carrés pour les années 2013 et 2014, mais pour les années suivantes, le CRPMEB de Bretagne n'avait accès qu'aux données par cartes. De ce fait pour ce département, les cartes les plus exploitées en 2015-2016 (jusqu'au mois d'octobre) ont servi de base, puis les carrés les plus exploités au sein de ces cartes pour les années 2013 et 2014 ont été pris en compte.

Au total, dans le cadre du programme Biomasse Algues (figure 2) :

- une évaluation de biomasse pour au moins une des espèces citées précédemment a été faite dans 10 cartes et une vingtaine de carrés du Finistère (cartes 28 à 32, 34 et 52) et des Côtes d'Armor (cartes 13, 14 et 19) ;

- des prospections ont eu lieu dans 5 cartes du Finistère (carte 35), du Morbihan (cartes 73, 74 et 75) et d'Ille-et-Vilaine (carte 1) ;
- une méthode innovante d'évaluation des peuplements et de la biomasse par drone hyperspectral a été testée dans la zone pilote du PNMI (carte 32) (Hytech Imaging *et al.*, 2018) ;
- une évaluation de la diversité algale a été réalisée dans 2 cartes (58 et 59) du littoral de Quimperlé Communauté dans le Finistère sud (rapport annexe CRPMEM de Bretagne, 2018a).

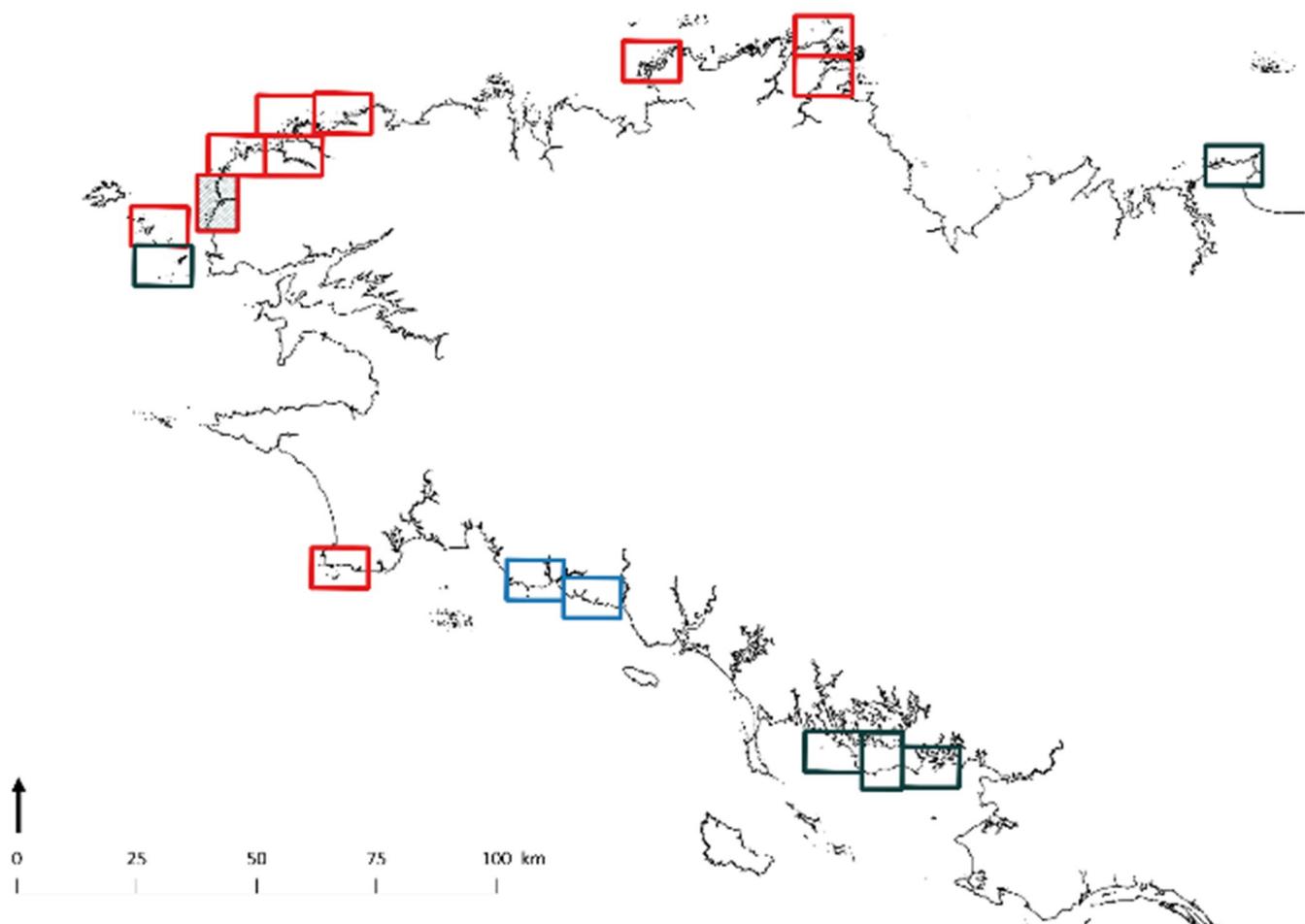


FIGURE 2 : Cartes du carroyage officiel des zones de récolte des algues de rives en Bretagne ayant fait l'objet d'une évaluation dans au moins un carré dans le cadre du programme Biomasse Algues (en rouge : biomasse ; en noir : prospection ; en bleu : diversité ; en grisé : zone pilote de l'expérimentation drone).

3. Période des évaluations de la biomasse

Pour tenter d'évaluer l'impact de la pêche et/ou de l'environnement en 2017 et en 2018 sur *P. Palmata* et *C. crispus/M. stellatus*, le Comité de Pilotage a également validé la décision de visiter les secteurs les plus exploités une fois avant le tout début de la période autorisée ou habituelle de récolte, puis d'y retourner une fois après la saison d'exploitation (tableau 2). L'idée est de connaître l'état de la ressource dans ces secteurs où la pression de pêche est importante, et de comparer les données de biomasse recueillies avec les déclarations, pour réfléchir éventuellement à la manière d'ajuster le taux d'exploitation en fonction de la ressource disponible, variable selon les conditions environnementales.

L'espèce *A. nodosum*, quant à elle, a été étudiée après la saison de récolte habituelle hivernale 2016/2017 (en mai 2017), puis en octobre 2017 pour évaluer l'état de la ressource avant la saison de récolte suivante (hiver 2017/2018).

ESPECE	Période autorisée de récolte	Période d'évaluation avant récolte	Période d'évaluation après récolte	Coeff. minimum pour l'évaluation
<i>Ascophyllum nodosum</i>	toute l'année (excepté jachères)	octobre	mai	60
<i>C. crispus / M. stellatus</i>	du 1er mai au 31 octobre	fin avril	début novembre	80
<i>Palmaria palmata</i>	du 1er avril au 31 décembre	fin mars	début janvier	95

TABLEAU 2 : Périodes et coefficients minimum pour l'évaluation des algues de rive du programme Biomasse Algues.

III. SYNTHÈSE DE L'UTILISATION DE LA TELEDETECTION HYPERSPECTRALE PAR DRONE

Le comité régional des pêches de Bretagne, la société Hytech Imaging et le Parc Naturel Marin d'Iroise (PNMI) se sont associés, dans un cadre de recherche et développement, pour réaliser un projet de développement d'une méthode de cartographie des algues de rive par levé drone hyperspectral. Ainsi, l'utilisation de la télédétection hyperspectrale par drone a été testée dans le périmètre du PNMI, avec pour objectif d'évaluer les peuplements et les biomasses des algues de rive. Dans un premier temps, un catalogue des différentes signatures spectrales des espèces d'algues présentes sur le site à cartographier a été constitué, en réalisant des levés spectroradiométriques de terrain. Ces relevés ont permis de générer une librairie spectrale des algues de rive et des substrats présents en zone intertidale. Le couplage de ces signatures hyperspectrales et les levés hyperspectraux du drone a permis d'établir une carte des peuplements des espèces d'algues en présence. Les réussites de l'étude consistent en la détermination de la localisation des différentes espèces d'algues dominantes contenues dans un pixel de 25 cm de côté, avec tout de même un risque de confusion entre *Himanthalia / Fucus* et les algues rouges *Porphyra / Palmaria / Chondrus* (figure 4). Les limites de l'expérimentation résident dans la discrimination des espèces en minorité dans un pixel et des strates d'algues sous-jacentes masquées par les algues des strates supérieures, les seules visibles par le drone. Les algues d'échouage peuvent également venir perturber la cartographie si elles recouvrent les algues de rive. Un rapport synthétique diffusable présente la méthode et les résultats obtenus (Hytech Imaging *et al.*, 2018). Ainsi, cette méthode a donné des résultats intéressants pour les peuplements d'algues, afin de déterminer quelles espèces sont présentes, seulement pour la strate visible. Cependant, la méthode d'estimation de la biomasse reste perfectible. Par exemple, le Modèle Numérique de Terrain utilisé et les levés hyperspectraux devront présenter à l'avenir la même résolution, ce qui n'est pas le cas actuellement. Cette méthode est donc validée partiellement pour localiser les champs d'algues, mais aujourd'hui, on ne s'affranchit pas encore de la méthode des quadrats pour l'évaluation de la biomasse. Cette phase de recherche et développement est une première étape : elle valide l'utilisation du drone hyperspectral longue endurance comme moyen d'observation et d'acquisition de données spectrales de haute précision sur les algues de rive. Enfin, des développements restent à faire pour s'affranchir au maximum de l'étape terrain avec les quadrats pour estimer la biomasse en place.

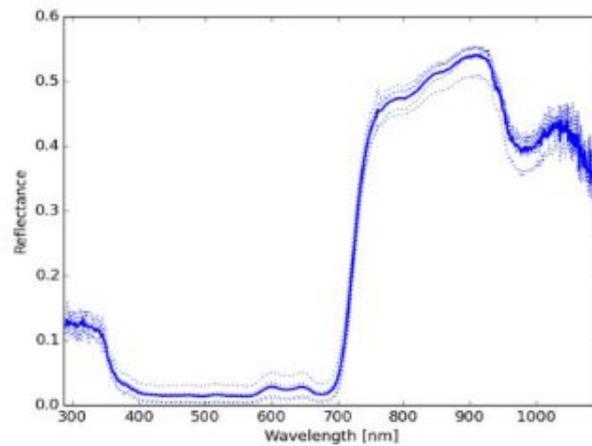


FIGURE 3 : exemple de signature spectrale pour une algue rouge.

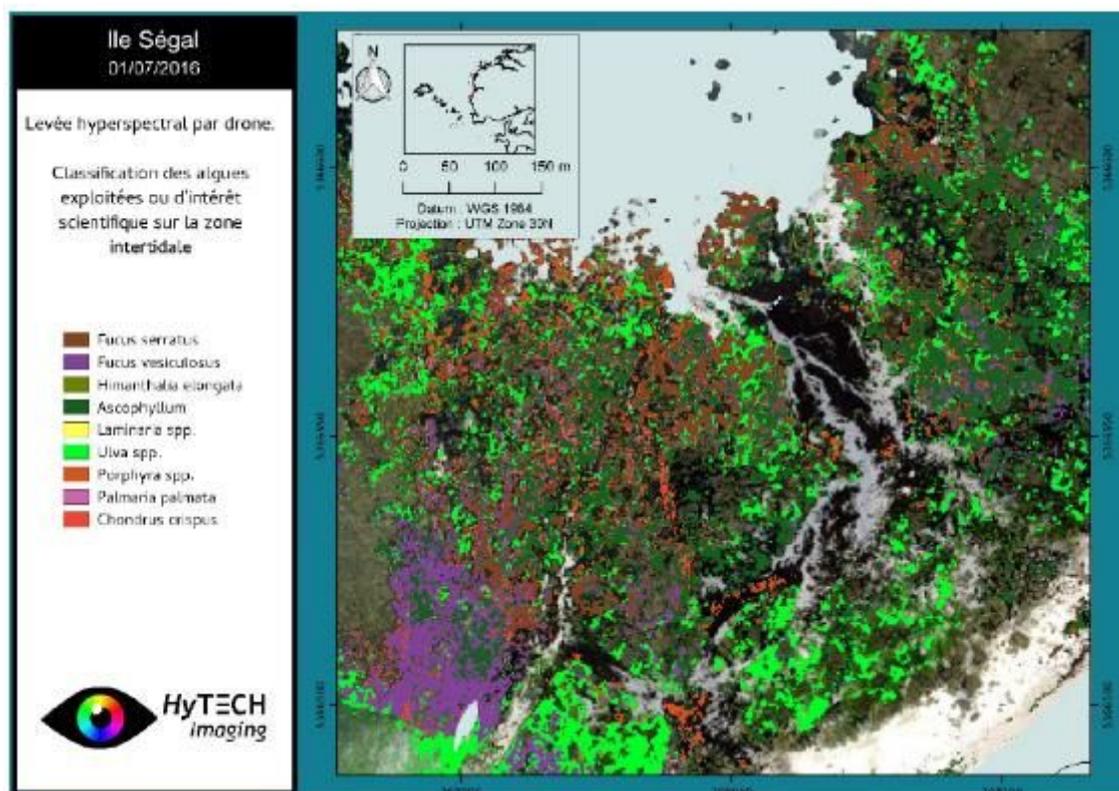


FIGURE 4 : Carte des peuplements d'algues de rives exploitées de l'île Ségat à Plouarzel (29) obtenue par levé hyperspectral par drone (Source : Hytech Imaging *et al.*, 2018).

Avec cette technique, le suivi de quelques champs en Bretagne plusieurs fois par an peut être onéreux avec les modèles de coûts actuels, la technologie n'étant pas encore disponible sous forme de service opérationnel à la demande. En revanche, une utilisation ponctuelle de la technologie hyperspectrale embarquée sur un avion ou un ULM est plus abordable. Une perspective d'utilisation de la technologie hyperspectrale sur drone ou aéronef serait de combler les lacunes de cartographie d'habitats pour les sites où elle n'a pas encore été réalisée et de réaliser un suivi temporel de l'évolution des champs, afin d'acquérir des informations à grande échelle sur la localisation et la délimitation des champs

d'algues où appliquer la méthode classique des quadrats pour évaluer la biomasse, à condition de travailler sur la diminution du risque de confusions entre espèces. De plus la méthode classique des quadrats nécessite de connaître l'enveloppe des champs d'algues, pour extrapoler les données des quadrats et ainsi obtenir une estimation de la biomasse en place à l'échelle du champ complet. Ainsi ces méthodes sont complémentaires ; le levé hyperspectral informe sur les enveloppes du champ, les quadrats sur la biomasse en place.

IV. METHODOLOGIE POUR L'ÉVALUATION MANUELLE DE LA BIOMASSE DES ALGUES DE RIVE

1. Définition d'un protocole pertinent pour l'étude

Il existe de nombreux protocoles pour l'évaluation des algues dans la bibliographie, mais ceux-ci ne répondent pas nécessairement aux problématiques et contraintes des Comités des Pêches et des professionnels. Aussi, il a fallu développer un protocole de terrain adapté en tenant compte des limites et impératifs suivants :

- Biologie/écologie différentes selon les algues donc réglementation différente en fonction des espèces = un protocole par espèce et sorties sur le terrain suivant les périodes réglementaires d'exploitation de chacune ;
- Accessibilité aux sites liée aux coefficients de marée = périodes propices au travail de terrain limitées ;
- Temps et moyens humains disponibles = fonction des emplois du temps des partenaires et récoltants volontaires ;
- Accessibilité aux sites en termes de moyen (à pied, en bateau) = conditionne le choix des sites à évaluer et l'organisation pour y accéder ;
- Simplicité de la mise en œuvre dans le cadre d'un protocole de routine utilisé chaque année.

Une réunion avec des scientifiques de la Station Biologique de Roscoff, de l'Université de Bretagne Occidentale, les partenaires du programme et les chargés de mission des Comités des Pêches habitués à évaluer les ressources halieutiques s'est tenue en janvier 2017. Une présentation des possibilités, des questionnements (à quoi veut-on répondre ? Quelles informations nous faut-il ? Quelles sont les limites ? Qu'est-ce qui est réalisable ?) et des avantages/inconvénients des différentes méthodes possibles a permis *in fine* de dégager un protocole pertinent pour l'étude qui a été validé par la suite en Comité de Pilotage (annexe III). Comme tout protocole d'échantillonnage, il a fait l'objet de compromis et par conséquent certaines limites ont été soulevées. Elles feront l'objet d'un chapitre dédié (chap. 7).

2. Démarche en amont du travail de terrain

Une part importante du travail a consisté à préparer les évaluations sur le terrain. Après avoir isolé les carrés les plus exploités de chaque département, ils ont été extraits de l'Ortho Littorale V2 du Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie acquise entre 2011 et 2014 (téléchargeable sur le lien suivant : www.geolittoral.developpement-durable.gouv.fr) sous SIG à l'aide du logiciel QGIS 2.14.1. Il s'agit d'une photo aérienne prise à grande marée basse (hauteur d'eau 1 m maximum) orthorectifiée de façon à être conforme à un système de projection cartographique (RGF93/Lambert93 par défaut). Elle existe sous format RVB (rouge-vert-bleu) avec des couleurs classiques, mais également en IRC (infrarouge couleurs) faisant ressortir la végétation marine et terrestre en rouge (Figure 5), ce qui permet de localiser les champs d'algues (toutefois sans distinguer les différentes espèces).



FIGURE 5 : Exemple du carré g15 de la carte 31 à Landunvez dans le Finistère en RVB à gauche et en IRC à droite (source : Ortho Littorale V2).

Une autre source de données utilisée est issue du travail de cartographie d'habitats dans les sites Natura 2000 en Bretagne (Figure 6) qui peut servir de base pour avoir les contours des champs dans lesquels effectuer des relevés de biomasse.

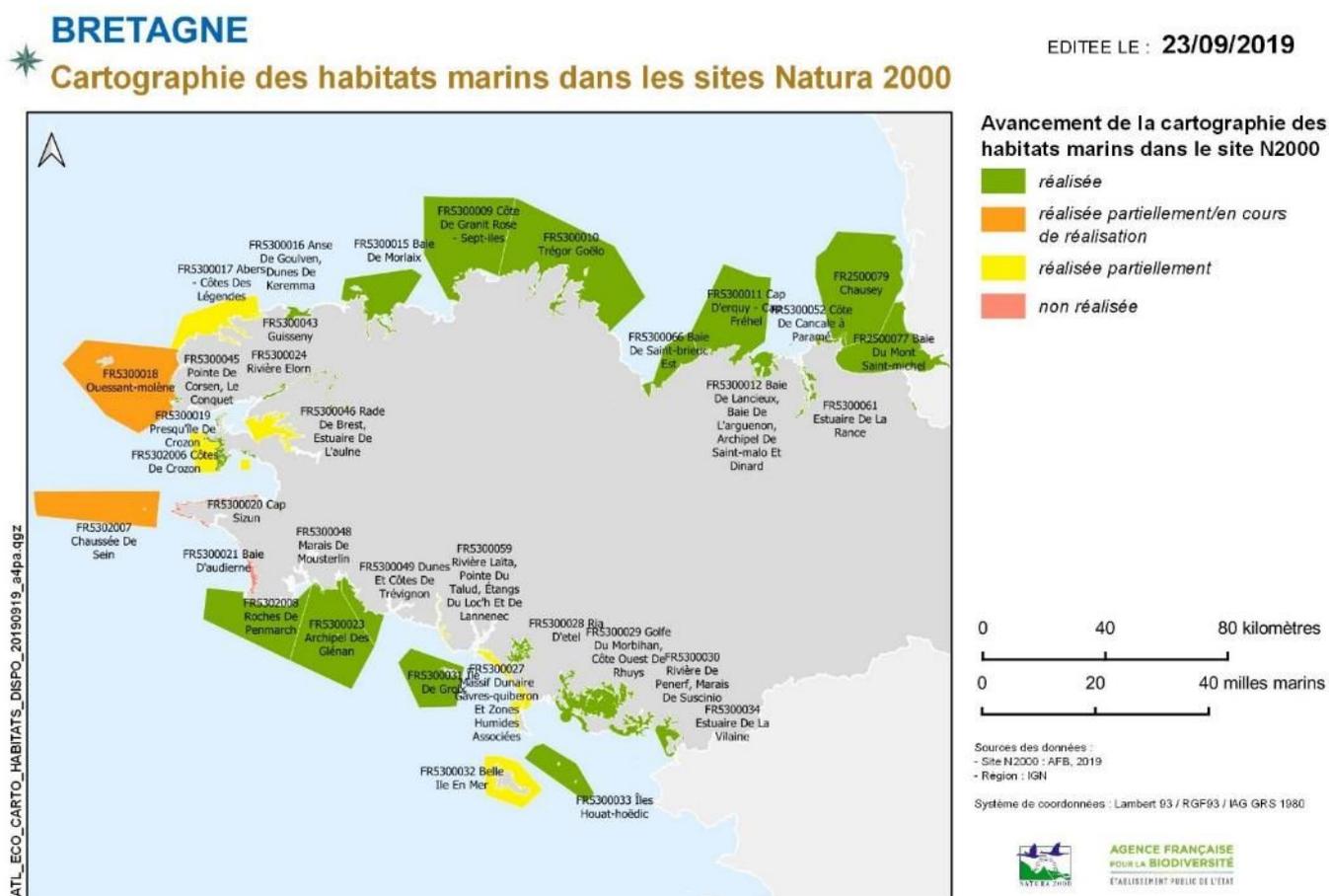


FIGURE 6 : Avancement de la cartographie des habitats des sites Natura 2000 marins bretons (Source : AFB, 2019).

La méthode utilisée par les opérateurs en charge de l'élaboration de ces cartes consiste, pour les habitats intertidaux, à détourner les habitats potentiels sur photo aérienne puis à effectuer une validation terrain ou une classification automatique (reconnaissance des pixels sur ordinateur et assignation d'un habitat sans vérification terrain) (Figure 7). Les limites des contours peuvent varier naturellement et toutes les espèces d'algues ne sont pas distinguées : par exemple dans la typologie d'habitats (Bajjouk *et al.*, 2010), *F. vesiculosus* et *A. nodosum* sont regroupés dans le niveau 2 « Fucales des roches et blocs du médiolittoral moyen » de l'habitat « Roches et blocs médiolittoraux à dominance algale », les algues rouges également (Niveau 2 « Zone à *Mastocarpus* et autres algues rouges » de l'Habitat « Roches et blocs de la frange infralittorale supérieure ») tandis que les différentes espèces de laminaires sont bien différenciées. Ces données de cartographie Natura 2000 peuvent aussi présenter un niveau de qualité et de précision inégal selon que des vérifications terrain ont été effectuées ou si c'est la méthode de classification automatique qui a été utilisée. Un indice de confiance est associé à chaque polygone (chaque enveloppe d'habitat) indiquant la précision de l'information. Lorsque les données existent, elles ont été utilisées pour évaluer à l'échelle d'un carré l'enveloppe des champs des espèces étudiées, et donc la biomasse disponible.

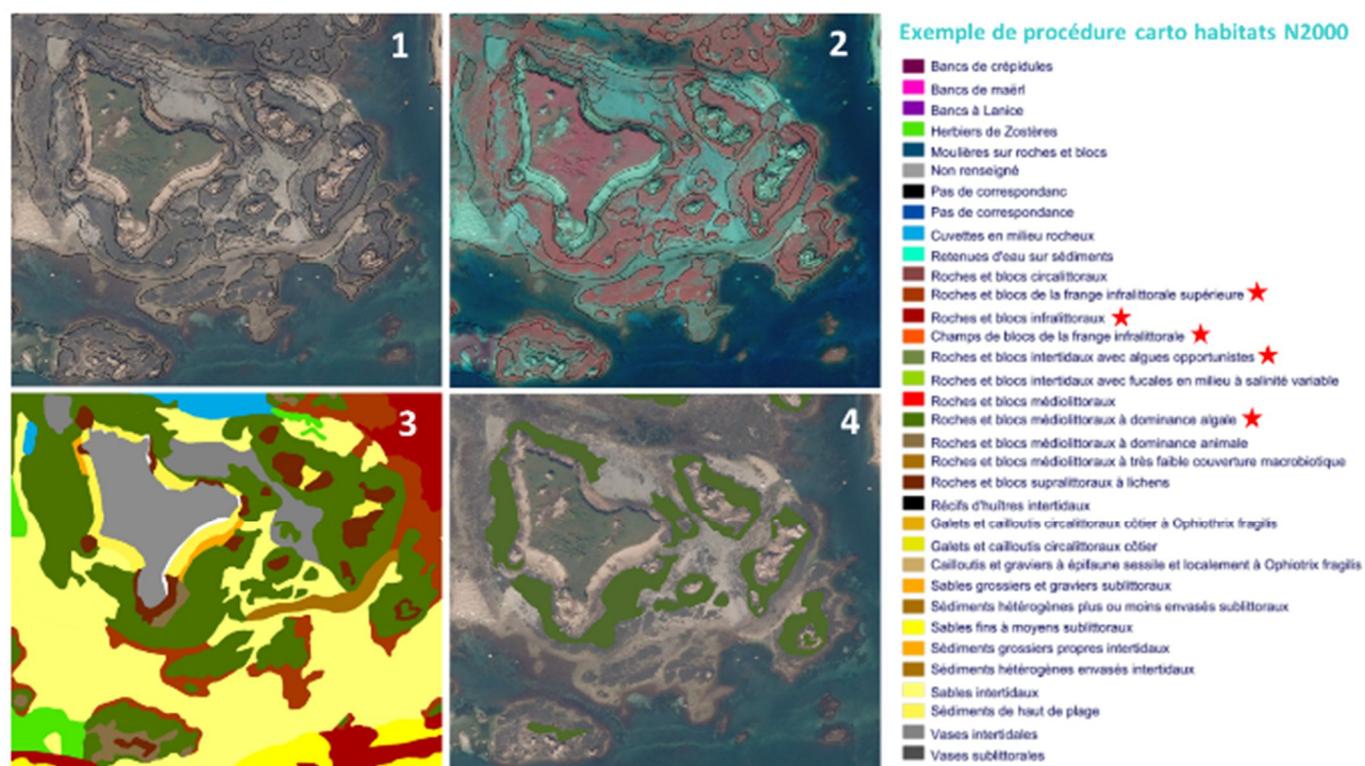


FIGURE 7 : Exemple de procédure de cartographie d'habitat et de l'extraction de l'enveloppe surfacique de l'habitat « Fucales des roches et blocs du médiolittoral moyen » abritant *Ascophyllum nodosum* et Fucales. Carte 1 : Ortholittorale au format RVB ; carte 2 : Ortholittorale au format IRC ; carte 3 : classification automatique ; carte 4 : Enveloppe de champs des Fucales des roches et blocs du médiolittoral moyen.

Enfin, l'étape ultime en amont du terrain consiste à définir une date d'évaluation en concertation avec les partenaires et les récoltants volontaires, en fonction de la période favorable à l'étude, des coefficients de marée suffisants et selon les conditions météorologiques adaptées.

3. Méthode employée sur le terrain

Dans un carré exploité, il faut cibler la zone travaillée par les récoltants donc intéressante en termes de ressource et d'accès, puis lancer une dizaine de quadrats minimum par espèce dans cette zone, de manière aléatoire. En accord avec le guide de bonne pratique IBB édité dans le cadre du projet ALGMARBIO en ce qui concerne la préservation des champs d'algues identifiés, les quadrats sont déployés de manière dispersée au sein du champ (Philippe, 2013).

Ils sont ensuite géoréférencés et photographiés, sans modifier l'agencement des algues (sauf cas particulier d'*A. nodosum*) afin de pouvoir éventuellement mettre en relation la surface occupée par l'espèce telle que visible par le drone et sa biomasse.

Pour *C. crispus* et les *Fucus*, tous les individus dont le crampon est contenu dans un quadrat de 0,25 m² sont arrachés puis pesés. Pour *P. palmata*, dans un premier temps, tous les individus de taille réglementaire (qui ont atteint la taille de 25 cm) dont le crampon est contenu dans un quadrat de 1 m² sont coupés et pesés, puis dans un second temps, tous les individus inférieurs à 25 cm sont coupés et pesés. Enfin, pour *A. nodosum*, dans un souci de préservation de cette espèce à croissance lente, aucune coupe n'est pratiquée. Tous les individus (identifiés par un crampon indépendant présent à l'intérieur d'un quadrat de 0,25 m²) sont mesurés dans leurs plus grandes longueur et circonférence car une relation taille-poids permet d'estimer la biomasse (Aberg, 1990 ; Golléty, 2008).

Les participants formés directement sur le terrain remplissent une fiche terrain (annexe IV) et la renvoient au CRPMEM de Bretagne pour saisie, bancarisation et traitement des données.

4. Bancarisation et traitement des données

Les données des fiches terrain sont saisies sous Excel 2016. Les traitements statistiques ont été réalisés à l'aide du logiciel R et ont consisté à mettre en œuvre des tests de comparaison de moyennes. Les erreurs types associées à ces moyennes sont précisées dans les tableaux récapitulatifs et le texte. Les intervalles de confiance à 95 % des données (IC 95 %) sont représentés par des barres d'erreur et précisés dans le texte. Les traitements cartographiques ont été réalisés grâce au logiciel QGIS 2.14.1.

CE QU'IL FAUT RETENIR

Les trois espèces étudiées dans le cadre du programme Biomasse Algues sont : *Ascophyllum nodosum*, *Palmaria palmata* et *Chondrus crispus*. Elles ont été choisies en raison des critères suivants : pérennité, croissance lente (cas de *Ascophyllum nodosum*) et intérêt économique en lien avec leur niveau d'exploitation.

Les évaluations de biomasse sont faites selon la méthode des quadrats. Face à l'impossibilité de prospecter tout le littoral breton selon cette méthode, ce sont les zones les plus exploitées qui sont ciblées, identifiées grâce aux données déclaratives des récoltants professionnels. La localisation précise des champs s'est basée sur les ressources cartographiques libres (Orthophotographie littorale et cartographie des habitats des zones Natura 2000).

Les données recueillies ont fait l'objet de traitements statistiques visant à évaluer l'existence d'une différence significative de biomasse entre sites et/ou entre périodes d'évaluation.

Au total, la biomasse de *Palmaria palmata* est évaluée au sein de 4 champs du Finistère au début et à la fin des périodes réglementaires de récolte 2017 et 2018, celle du *Chondrus crispus* est mesurée dans 7 champs du Finistère selon les mêmes périodes et celle de *Ascophyllum nodosum*, à six mois d'intervalle en 2017, dans 6 champs du Finistère et des Côtes d'Armor. Les limites de chacun de ces champs est relevée sur le terrain à l'aide d'un GPS pour en calculer la surface.

En parallèle, la saisie des données déclaratives de récolte permet une comparaison des quantités déclarées dans les zones où la biomasse est évaluée. Enfin, lorsque les enveloppes de champs sont disponibles grâce aux ressources cartographiques libres, les biomasses mesurées peuvent être extrapolées à plus grande échelle.

Dans le cadre de ce programme, des prospections visant à évaluer la diversité algale et les potentialités d'exploitation sur des zones actuellement peu récoltées sont également réalisées et une méthode innovante d'évaluation des peuplements algaux et leur biomasse est testée sur un site du PNMI.

V. RESULTATS ET COMMENTAIRES SUR L'ÉVALUATION MANUELLE DE LA BIOMASSE

1. *Palmaria palmata*

1.1 Secteurs évalués en 2017 et 2018

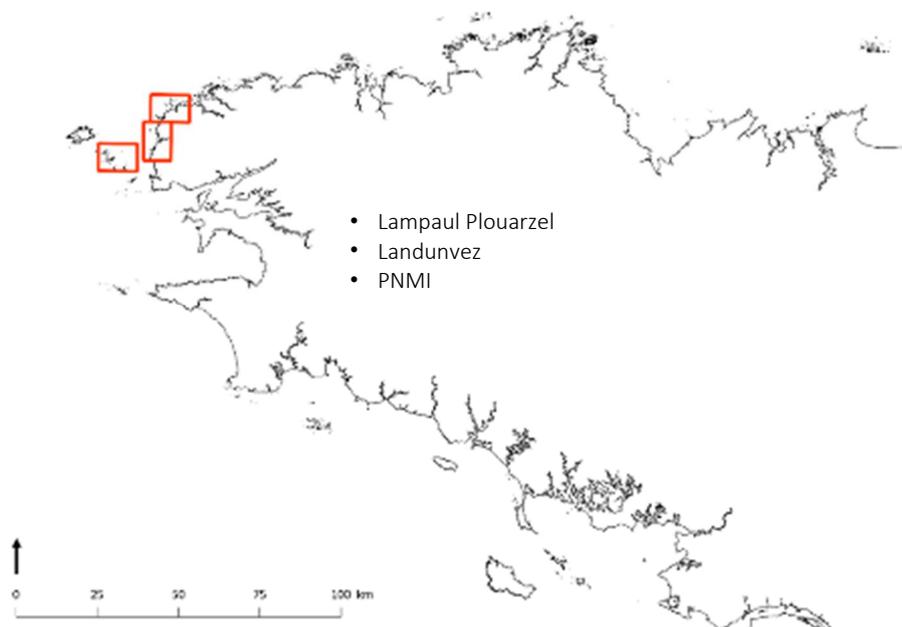


FIGURE 8 : Cartes du carroyage ayant fait l'objet d'une évaluation de biomasse de *Palmaria palmata* dans au moins un carré.

1.2 Résultats des évaluations de biomasse avant/après la période réglementaire de récolte saison 2017

DATE	Biomasse totale (kg/m ²)	Biomasse > 25 cm (kg/m ²)	Proportion > 25 cm (%)	Biomasse < 25 cm (kg/m ²)
Mars 2017	2,24 ± 0,17	1,67 ± 0,15	75	0.50 ± 0.037
Janvier 2018	0,87 ± 0,07	0,43 ± 0,05	47	
DIFFERENCE	-1,37 kg/m ²	-1,24 kg/m ²	-28 %	

TABEAU 3 : Comparaison de la biomasse moyenne mesurée dans tous les sites confondus avant / après la période réglementaire de récolte 2017 (l'erreur type est précisée à côté de la moyenne, précédée du symbole ±).

Biomasses moyennes de *Palmaria palmata* dans les différents sites selon la période d'échantillonnage

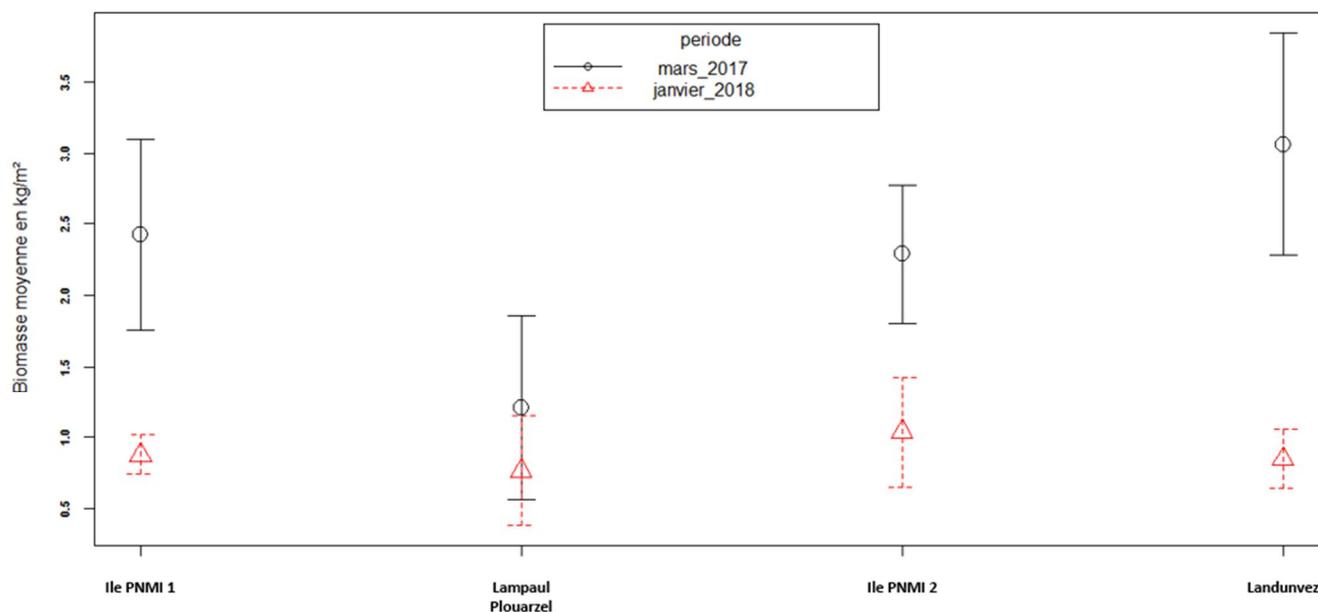


FIGURE 9 : Biomasses moyennes de *Palmaria palmata* mesurées dans chaque site avant / après la période réglementaire de récolte 2017 (les barres d'erreurs autour de la moyenne représentent l'erreur type. Elles renseignent sur la dispersion des données autour de la moyenne).

La figure 9 présente la biomasse moyenne en kilos par mètres carrés de *P. palmata* relevée dans les quadrats sur les différents sites avant (mars 2017) et après la période réglementaire d'exploitation (janvier 2018).

Les tests statistiques ont confirmé qu'il y a une différence significative dans les biomasses moyennes entre les deux périodes d'échantillonnage, hormis pour le site de Lampaul Plouarzel où la biomasse moyenne ne varie pas significativement aux deux périodes : $0,94 \pm 0,16$ kg/m² (IC 95% [0,56 - 1,14 kg/m²]). On y relève une biomasse à l'ouverture de la période réglementaire d'exploitation plus faible que dans les autres sites ($2,60 \pm 0,17$ kg/m² ailleurs en moyenne).

On peut noter également d'après le tableau 3 que la biomasse après la période d'exploitation est plus faible : elle est inférieure d'en moyenne 900 ± 70 g/m² (IC 95% [0,73 - 1 kg/m²]).

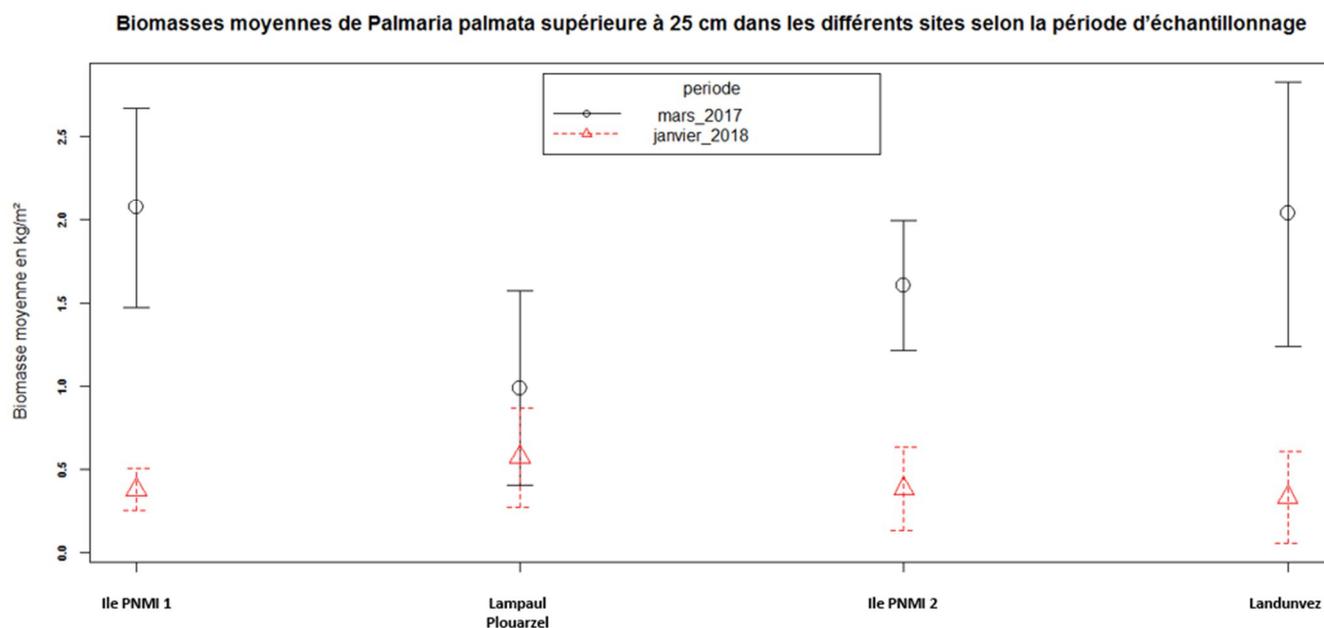


FIGURE 10 : Biomasses moyennes de *Palmaria palmata* supérieure à 25 cm mesurées dans chaque site avant / après la période réglementaire de récolte 2017 (les barres d'erreurs autour de la moyenne représentent l'erreur type. Elles renseignent sur la dispersion des données autour de la moyenne).

La figure 10 présente la biomasse moyenne en kilos par mètres carrés de *P. palmata* de taille supérieure à 25 cm relevée dans les quadrats sur les différents sites avant et après la période réglementaire d'exploitation.

Les tests statistiques ont confirmé qu'il y a là encore une différence significative dans les biomasses moyennes entre les deux périodes d'échantillonnage, excepté à Lampaul Plouarzel : $0,74 \pm 0,14$ kg/m² (IC 95% [0,47 - 0,90 kg/m²]). La biomasse y est plus basse que sur les autres sites, notamment à l'ouverture de la période réglementaire d'exploitation (en moyenne $1,90 \pm 0,15$ kg/m² ailleurs).

D'après le tableau 3, c'est donc cette catégorie de taille qui présente une différence entre les périodes : en moyenne $1,67 \pm 0,15$ kg/m² en mars 2017 (IC 95% [1,38 - 1,97 kg/m²]) contre $0,43 \pm 0,05$ kg/m² en janvier 2018 (IC 95% [0,31 - 0,53 kg/m²]). En revanche, il n'y a pas de différence significative de biomasse de *P. palmata* de taille inférieure à 25 cm entre les deux périodes sur l'ensemble des sites : $0,50 \pm 0,037$ kg/m² en moyenne (IC 95% [0,42 - 0,57 kg/m²]).

De manière générale, la biomasse de *P. palmata* de taille supérieure à 25 cm constitue 75 % (IC 95% [70 - 79 %]) de la biomasse totale en mars 2017, et 47 % (IC 95% [39 - 56 %]) en janvier 2018.

Enfin, le tableau 4 ci-après précise la biomasse estimée de la part commercialisable du stock, c'est à dire des individus de taille supérieure à 25 cm dans l'aire échantillonnée évaluée par le logiciel de cartographie ainsi que les données déclaratives de récolte 2018, 2017, 2014 et 2013 dans les carrés dans lesquels une portion a été évaluée. Ces dernières présentent une fluctuation interannuelle dans tous les sites. Il n'existe pas de donnée cartographique disponible dans les sites visités qui permettraient d'extrapoler la biomasse à l'échelle du carré. On remarque que les quantités de biomasse récoltées d'après les déclarations sont inférieures à la biomasse maximale estimée dans les surfaces évaluées sauf pour le site de Lampaul Plouarzel en 2014 dont une petite partie seulement du carré (0,29 ha) a pu être évaluée. Mais il faut rappeler qu'un carré représente 25 ha et d'autres champs peuvent y être présents ce qui explique que les prélèvements y soient plus élevés que la biomasse évaluée.

SITE	N° carré	Estimation Biomasse des individus > 25 cm Surface échantillonnée en 2017		Estimation Biomasse Individus > 25 cm par carré		Quantités déclarées par carré (Tonnes)			
		Surface calculée (Hectares)	Biomasse max (Tonnes)	Surface potentielle calculée (Ha)	B max potentielle (t)	2018	2017	2014	2013
Ile PNMI 1 - Mars 2017	34_j15	2,03	42,12 ± 5,39	NA **		17,51	35,38	11,96	14,83
Ile PNMI 2 - Janvier 2018			7,66 ± 1,2						
Lampaul Plouarzel - Mars 2017	32_i12	0,29	2,14 ± 0,39 *			3,01	1,56	8,7	0,66
Lampaul Plouarzel - Janvier 2018									
Ile PNMI 2 - Mars 2017	34_p14	0,30	4,82 ± 0,52			0,45	1,75	1,3	0,94
Ile PNMI 2 - Janvier 2018			1,14 ± 0,33						
Landunvez - Mars 2017	31_g15	0,30	6,11 ± 1,05			2,41	1,1	2,94	7,17
Landunvez - Janvier 2018			0,99 ± 0,36						

TABEAU 4 : Extrapolation des données de biomasse de *Palmaria palmata* à l'échelle des champs à partir des mesures réalisées en 2017 (leur surface a été calculée grâce au logiciel de cartographie, à l'aide des coordonnées GPS relevées sur le terrain). L'extrapolation à l'échelle du carré du carroyage n'a pu être faite faute d'information concernant l'enveloppe totale des champs (NA). La partie droite du tableau présente les quantités déclarées de récolte des professionnels.

* La biomasse reportée pour ce site est la même aux deux dates car les tests statistiques n'ont pas révélé de différence significative. On considère donc que la variable est identique d'un point de vue statistique.

** NA : Non Applicable.

1.3 Commentaires sur les résultats 2017

Il existe plusieurs sources de variabilité de la biomasse de *P. palmata* qui peuvent expliquer la diminution des individus supérieurs à 25 cm entre fin mars 2017 et début janvier 2018 : il s'agit d'une part du cycle naturel de l'espèce avec un arrachage des plus grands individus lors de tempêtes hivernales à la fin de l'année 2017. D'autre part, les conditions météorologiques au cours de l'année 2017 (annexe V) ont contribué à fortement décolorer les algues en été et peut-être à les fragiliser. Enfin, la récolte et la mesure de gestion associée relative à la taille minimale a contribué à la diminution de la biomasse des grands individus. En effet, il est logique que la classe de taille supérieure à 25 cm diminue puisque c'est celle-ci qui est ciblée par les récoltants. Les données déclaratives 2017 indiquent que l'exploitation a lieu jusqu'à la fin de la période réglementaire (avec un pic en août), ce qui ne laisse pas de possibilité à l'algue de croître à nouveau, d'autant plus qu'à partir d'octobre les conditions ne sont pas favorables à la pousse (Faes & Viejo, 2003). Les fluctuations dans les quantités récoltées selon les années peuvent s'expliquer par une ressource accessible qui varie, mais beaucoup plus certainement par une forte fluctuation des marchés. Les entreprises de récolte travaillant pour la plupart plusieurs espèces, une baisse de qualité (décoloration par exemple) sur une espèce peut entraîner un arrêt de récolte et un report sur d'autres espèces.

On constate toutefois que pour la *Palmaria palmata* en 2017, il y a encore de la biomasse de taille supérieure et inférieure à 25 cm en place après la période réglementaire de récolte. Entre mars 2017 et janvier 2018 les individus inférieurs à 25 cm ont poussé et donc ont pu être récoltés et cette perte a elle-même été compensée par la croissance des plus petits individus car la biomasse des individus inférieurs à 25 cm ne varie pas saisonnièrement.

La publication de Stagnol *et al.* (2013a) indique qu'un rétablissement du recouvrement de cette espèce après une récolte en avril intervient dès trois mois après l'expérience. Il est certainement plus long après une récolte en automne car la croissance de *P. palmata* est printanière et estivale, mais le résultat de l'échantillonnage de la biomasse moyenne totale en mars 2018 indique qu'elle a gagné environ 800 g/m² en trois mois après la période réglementaire de récolte.

CE QU'IL FAUT RETENIR

En 2017, pour l'ensemble des sites, il y a en moyenne $2,24 \pm 0,17$ kg/m² de biomasse totale de *P. palmata* à l'ouverture de la période réglementaire de récolte et $0,87 \pm 0,07$ kg/m² après, soit 2,5 fois moins. Seul le site de Lampaul Plouarzel où les biomasses sont plus faibles que dans les 3 autres sites (autour de 1 kg/m²) présente des quantités identiques aux deux périodes.

Cette différence est principalement liée à la diminution de la biomasse d'individus de taille commerciale > 25 cm : il y en a 3,5 fois moins après la période réglementaire de récolte ($0,43 \pm 0,05$ kg/m² contre $1,67 \pm 0,15$ kg/m²). Cette catégorie représente 75 % de la biomasse totale en mars 2017 et 47 % en janvier 2018. Cette diminution peut être mise en lien avec le respect par les récoltants de la réglementation en vigueur concernant la taille de récolte autorisée. Le cycle naturel de l'espèce et les conditions environnementales (tempêtes, durées d'ensoleillement) sont d'autres facteurs explicatifs de cette variabilité.

La biomasse d'individus mesurant moins de 25 cm est stable aux deux périodes, grâce à la croissance qui peut intervenir durant la période estivale.

Il reste de la biomasse en place au sein des champs d'algues étudiés après la période d'exploitation réglementaire.

Il n'est pas possible d'évaluer la biomasse par carré du carroyage étant donné qu'on ne dispose pas de l'enveloppe des champs.

Les quantités déclarées sont variables selon les années et sont inférieures à la biomasse maximale des individus supérieurs à 25 cm évaluée dans la surface échantillonnée, sauf à Lampaul Plouarzel en 2014.

Les fluctuations des quantités récoltées observées sont à mettre en relation avec la biomasse disponible mais aussi avec les attentes du marché en termes de qualité et de quantités.

1.4 Résultats des évaluations de biomasse avant/après la période réglementaire de récolte saison 2018

Date	Biomasse totale (kg/m ²)	Biomasse > 25 cm (kg/m ²)	Proportion > 25 cm (%)	Biomasse < 25 cm (kg/m ²)
Avril 2018	$1,82 \pm 0,14$ kg/m ²	$0,93 \pm 0,11$	55%	$0,75 \pm 0,09$
Novembre 2018		$0,64 \pm 0,09$	32%	$1,33 \pm 0,02$
DIFFERENCE		-0,29 kg/m²	-23%	+0,58 kg/m²

TABLEAU 5 : Comparaison de la biomasse moyenne de *Palmaria palmata* mesurée dans tous les sites confondus avant / après la période réglementaire de récolte 2018 (l'erreur type est précisée à côté de la moyenne, précédée du symbole ±)

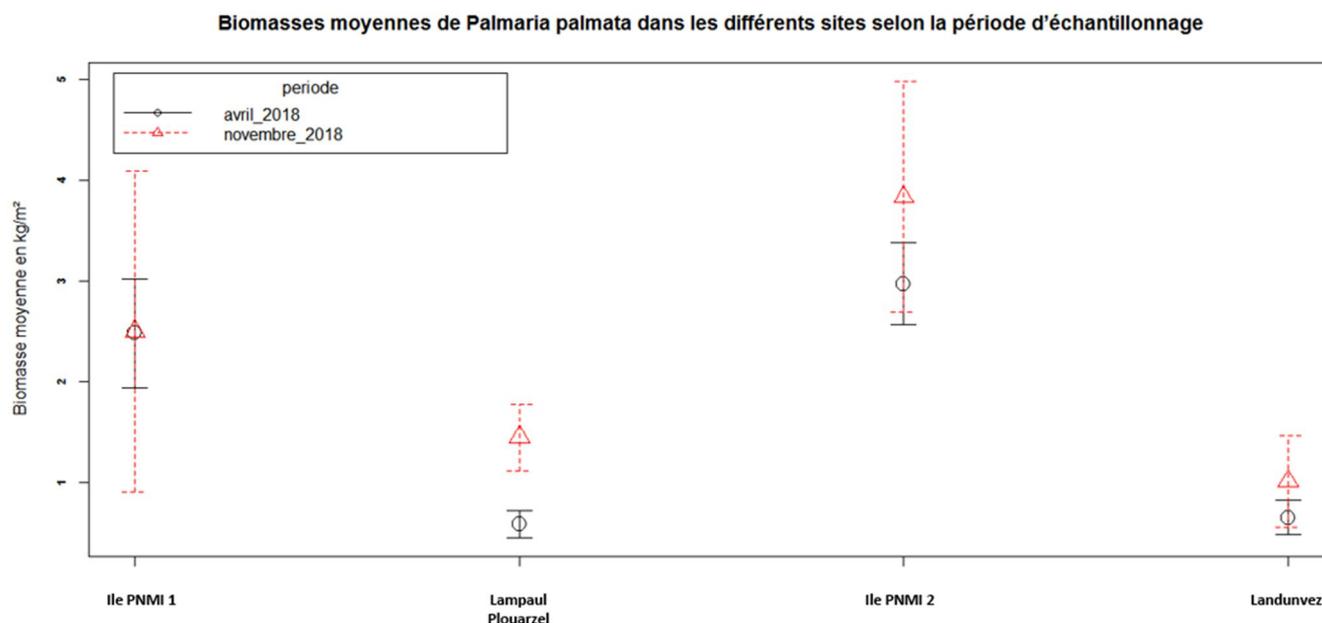


FIGURE 11 : Biomasses moyennes de *Palmaria palmata* mesurées dans chaque site avant / après la période réglementaire de récolte 2018

En 2018, les tests statistiques montrent qu'il n'existe pas de différence significative sur la biomasse totale mesurée, tous sites confondus, entre avril et décembre (tableau 5). La biomasse moyenne pour ces deux périodes est de $1,82 \pm 0,14$ kg/m² (IC_{95%} [1,54 - 2,10 kg/m²]).

La figure 11 présente la biomasse moyenne en kilos par mètres carrés de *P. palmata* relevée dans les quadrats sur les sites au début (avril 2018) et un peu avant la fin de la période réglementaire d'exploitation (en novembre 2018). Trois des quatre sites suivis, à savoir : Ile PNMI 1 et 2 et Landunvez ne présentent pas de différence significative de biomasses entre les deux périodes mais affichent des valeurs moyennes de biomasses hétérogènes d'un site à l'autre. Elles s'élèvent respectivement pour chacun d'entre eux à $3,38 \pm 0,27$ kg/m² (IC_{95%} [2,82 - 3,95 kg/m²]), $0,94 \pm 0,12$ kg/m² (IC_{95%} [0,70 - 1,18 kg/m²]), et $2,49 \pm 0,23$ kg/m² (IC_{95%} [2,01 - 2,96 kg/m²]).

Lampaul Plouarzel est le seul site où la biomasse mesurée est statistiquement différente entre les deux périodes, et celle-ci est plus importante à la fin de la période réglementaire de récolte : $1,44 \pm 0,16$ kg/m² (IC_{95%} [1,11 - 1,78 kg/m²]), qu'au début : $0,59 \pm 0,06$ kg/m² (IC_{95%} [0,45 - 0,72 kg/m²]).

Si l'on considère uniquement la part commercialisable de *Palmaria palmata* (> 25 cm), il existe cette fois-ci une différence significative de biomasse moyenne mesurée sur les différents sites, caractérisée par une perte de 290 g/m² à la fin de la période d'exploitation, soit 23 % de biomasse en moins par rapport au mois d'avril 2018, comme le montre le tableau 5.

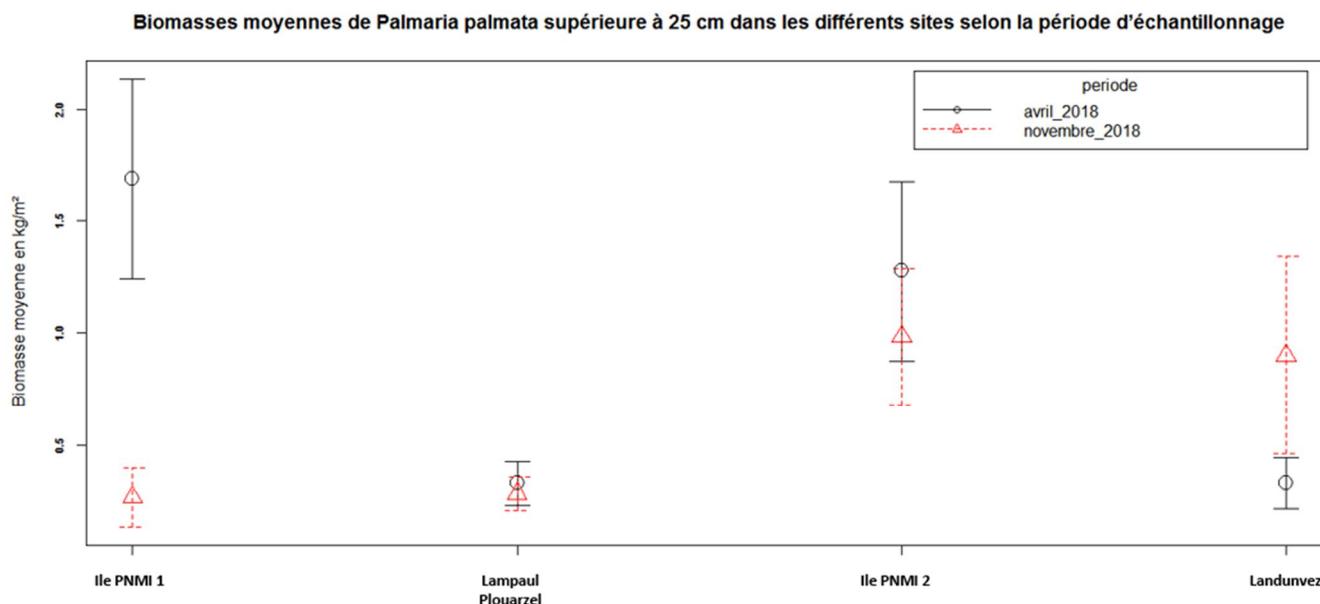


FIGURE 12 : Biomasses moyennes de *Palmaria palmata* supérieure à 25 cm mesurées dans chaque site avant / après la période réglementaire de récolte 2018.

Dans le détail, on constate que la tendance n'est pas homogène pour les différents sites (cf. figure 12). Ile PNMI 1 est le seul site où on observe une diminution significative de biomasse pour la part commercialisable de cette algue : $1,69 \pm 0,21$ kg/m² (IC_{95%} [1,24 - 2,14 kg/m²]) en avril et $0,27 \pm 0,05$ kg/m² (IC_{95%} [0,13 - 0,41 kg/m²]) en novembre. Bien que ce champ soit compris dans le carré où les prélèvements ont été les plus importants au cours de la saison de récolte 2018 (17,51 tonnes, d'après le tableau 6 ci-dessous), les quantités récoltées sont relativement faibles comparées à celles rapportées l'année précédente pour le même carré (35,38 tonnes).

A Lampaul Plouarzel et Ile PNMI 2, les tests statistiques n'ont pas révélé de différence significative de biomasse des individus de plus de 25 cm récoltables avant et après la période de récolte. La biomasse exploitable représente en moyenne $0,31 \pm 0,03$ kg/m² (IC_{95%} [0,25 - 0,36 kg/m²]) à Lampaul Plouarzel et $1,14 \pm 0,12$ kg/m² (IC_{95%} [0,90 - 1,38 kg/m²]) à Ile PNMI 2, aux deux périodes confondues. Enfin, à Landunvez, la proportion de *Palmaria palmata* supérieure à 25 cm représente une biomasse significativement plus importante à la fin de la saison de récolte : $0,90 \pm 0,20$ kg/m² (IC_{95%} [0,46 - 1,34 kg/m²]) qu'au début : $0,33 \pm 0,05$ kg/m² (IC_{95%} [0,216 - 0,444 kg/m²]).

SITE	N° carré	Estimation Biomasse des individus > 25 cm Surface échantillonnée en 2018		Estimation B max des individus > 25 cm par carré		Quantités déclarées 2018 (Tonnes)	
		Surface calculée (Hectares)	Biomasse max (Tonnes)	S potentielle calculée (Ha)	B max potentielle (t)	avant la prospection d'avril	A la fin de la période d'exploitation
Ile PNMI 1 – avril 2018	34_j15	2,03	34,31 ± 4,24	NA **		0	17,51
Ile PNMI 1 – novembre 2018			5,48 ± 0,99				
Lampaul Plouarzel - avril 2018	32_j12	0,29	0,885 ± 0,08 *			0,16	3,01
Lampaul Plouarzel - novembre 2018							
Ile PNMI 2 - avril 2018	34_p14	0,30	3,41 ± 0,35 *			0	0,45
Ile PNMI 2 - novembre 2018							
Landunvez – avril 2018	31_f15	0,30	0,99 ± 0,153			0,20	2,41
Landunvez – novembre 2018			2,70 ± 0,612				

TABLEAU 6 : Extrapolation des données de biomasse de *Palmaria palmata* à l'échelle des champs à partir des mesures réalisées en 2018. L'extrapolation à l'échelle du carré du carroyage n'a pu être faite faute d'information concernant l'enveloppe totale des champs (NA). La partie droite du tableau présente les quantités déclarées de récolte des professionnels.

* La biomasse moyenne reportée pour ce site est la même aux deux dates car les tests statistiques n'ont pas révélé de différence significative entre les biomasses mesurées au sein des quadrats de chaque site. On considère donc que la variable est identique d'un point de vue statistique.

** NA : Non Applicable.

Le tableau 6 ci-dessus montre qu'en 2018, des prélèvements - certes modérés - ont eu lieu avant les évaluations d'avril, dans deux des quatre sites prospectés (durant la période réglementaire autorisée). Les données déclaratives de récolte fournies en 2018 révèlent encore des niveaux de prélèvement fluctuants en fonction des années et, comme en 2017, seul le site de Lampaul Plouarzel présente des données déclaratives de récolte supérieures aux valeurs de l'intervalle de biomasse maximale estimée dans la surface évaluée. Il n'existe pas de données cartographiques disponibles dans les sites visités qui permettent d'extrapoler la biomasse à l'échelle du carré.

1.5 Commentaires sur les résultats 2018

En 2018, les évaluations de biomasse réalisées ont montré des évolutions différentes en fonction des sites considérés, entre le début et la fin de la période réglementaire de récolte.

Globalement, la part récoltable subit une baisse de 290 grammes en moyenne par m² à la fin de la période d'exploitation. Cependant seul le site Ile PNMI1 présente une diminution significative de biomasse pour cette catégorie. L'analyse des données déclaratives mensuelles indique pour ce site qu'une part importante des prélèvements a été tardive (octobre-novembre), c'est-à-dire juste avant et pendant les évaluations de fin de cycle, ce qui semble justifier la diminution de biomasse observée. Dans les autres sites, la récolte s'est arrêtée plus tôt, permettant une régénération de biomasse avant les évaluations.

Il faut par ailleurs remarquer que les évaluations finales ont été réalisées en novembre 2018, or *Palmaria palmata* présente deux pics de croissance : le premier durant le printemps et le second, plus faible, durant l'automne. Le Gall (2002) suggère que l'automne est une saison propice à la reprise de la croissance de cette espèce en raison du retour de conditions environnementales plus favorables (enrichissement de l'eau de mer en substances nutritives et irradiances plus faibles). Par ailleurs, la période des fortes tempêtes qui engendrent l'arrachage des vieux individus plus longs est plus tardive et survient durant l'hiver. Ainsi, les évaluations de 2018 étaient consécutives à un épisode de croissance pour cette espèce et antérieures aux tempêtes hivernales durant lesquelles les vagues abîment les lames de *P. palmata*, provoquant une

diminution de recouvrement (Gunnarson, 1995). Les biomasses relativement importantes mesurées en fin de cycle semblent être le résultat de cette conjoncture.

En outre, la diminution de biomasse des individus de plus de 25 cm a largement été compensée en 2018 par l'accroissement de celle des plus petits individus entre le début et la fin de la période d'exploitation (+ 580 grammes). Cela explique en partie que la biomasse globale soit similaire aux deux périodes pour l'ensemble des sites. Cette situation peut être corrélée aux conditions d'ensoleillement de l'année 2018 particulièrement favorables à la croissance des algues (17% d'heures d'ensoleillement supplémentaires ont été enregistrées à la station météorologique de Brest-Guipavas entre les mois d'avril à novembre en 2018 par rapport à la même période, l'année précédente).

En 2018, le traitement des fiches déclaratives a révélé que la récolte de *P. palmata* a augmenté de 37,1% sur l'ensemble du département finistérien par rapport à l'année précédente, ce qui conforte l'impact positif des conditions climatiques sur la disponibilité de la ressource. Toutefois un autre facteur doit être pris en considération : en effet, la perte de certains marchés par les industriels de fucales en lien avec les taux d'Arsenic qu'elles contiennent à la fin de l'année 2017 a entraîné un report de la récolte sur les algues alimentaires telles que *Palmaria palmata* en 2018.

Cette augmentation globale du niveau de prélèvement ne se reflète pas dans tous les sites suivis puisque deux d'entre eux ont vu une diminution des quantités de récolte déclarées. Interrogés sur les raisons de cette diminution localisée, les récoltants ont expliqué que la qualité des algues peut être variable sur un même site d'une année à l'autre, ce qui explique qu'elles ne soient pas récoltées bien que la biomasse exploitable soit disponible.

L'analyse des données déclaratives a également montré qu'en 2018, la récolte sur les sites étudiés a été tardive et marquée par une quasi absence d'activité au début de la période réglementaire de récolte. On peut supposer que les récoltants ont adapté leur calendrier à la disponibilité et à la qualité de la ressource. Celle-ci a cru au cours de la saison printanière et a certainement subi une dégradation de sa qualité durant les mois d'été, en lien avec les conditions d'ensoleillement. Les conditions plus favorables du début de l'automne ont permis la récolte d'une algue de qualité.

CE QU'IL FAUT RETENIR

En 2018, La biomasse globale de *P. palmata* au début et à la fin de la période de récolte est comparable sur l'ensemble des sites. Elle s'élève en moyenne à $1,82 \pm 0.14$ kg/m².

La biomasse des individus dont la taille est supérieure à 25 cm a été divisée par 1,4 entre le mois d'avril et le mois de novembre.

Cette baisse a été largement compensée par l'accroissement de biomasse des individus de moins de 25 cm, qui peut être mis en relation avec les durées d'ensoleillement plus importantes durant les périodes de croissances de l'espèce que l'année précédente.

Individuellement, les différents sites montrent des évolutions contrastées. Le seul qui présente une diminution significative de sa biomasse a, d'après les données déclaratives, été travaillé très tardivement dans la saison.

L'extrapolation de ces données à l'échelle du carré du carroyage n'a pas été possible étant donné que l'enveloppe des champs n'est pas connue.

Les quantités déclarées sont variables en fonction des carrés au sein desquels les évaluations ont été réalisées mais aussi en fonction des années. En 2018, elles sont inférieures à la biomasse maximale des individus supérieurs à 25 cm évaluée dans la surface échantillonnée, excepté à Lampaul Plouarzel. Cette variabilité peut s'expliquer par une différence de biomasse exploitable, mais également par des problématiques de marché liés à la qualité des différentes algues. La récolte a été tardive.

1.6 Comparaison des données des années 2017 et 2018

Cette partie vise à préciser les variations de biomasse évaluées d'une année à l'autre. Pour cela, les données mesurées d'une part en début de période d'exploitation et d'autre part en fin de période d'exploitation, sont confrontées pour chaque site, dans les graphiques ci-dessous.

- Au début de la période réglementaire de récolte :

Date	Biomasse totale (kg/m ²)	Biomasse > 25 cm (kg/m ²)	Proportion > 25 cm (%)	Biomasse < 25 cm (kg/m ²)
Mars 2017	2,25 ± 0,17	1,68 ± 0,15	74,65	0,67 ± 0,06
Avril 2018	1,69 ± 0,17	0,95 ± 0,11	55,82	
DIFFERENCE	-0,55 kg/m ²	-0,73 kg/m ²	-19%	

TABLEAU 7 : Comparaison de la biomasse moyenne de *Palmaria palmata* mesurée dans tous les sites confondus avant les périodes réglementaires de récolte 2017 et 2018.

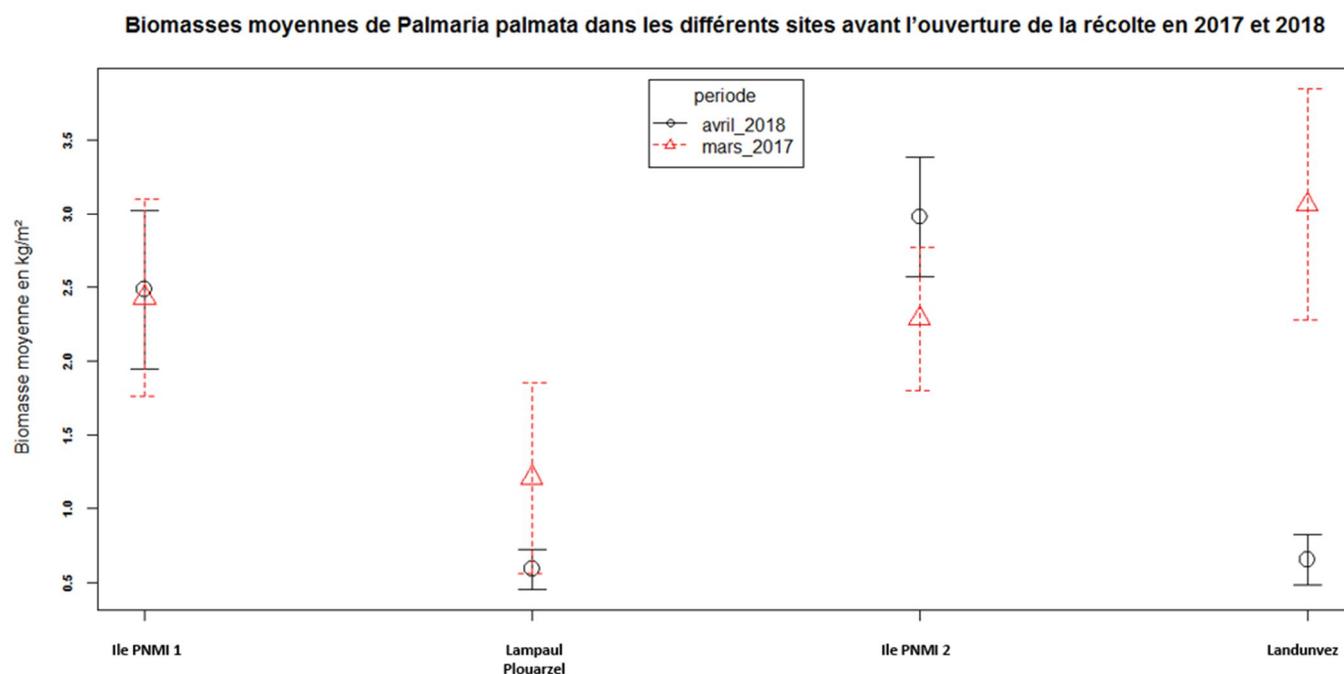


FIGURE 13 : Biomasses moyennes de *Palmaria palmata* mesurées dans chaque site avant les périodes réglementaires de récolte 2017 et 2018.

Le tableau 7 ci-dessus présente la comparaison entre les évaluations de biomasse réalisées avant la période réglementaire de récolte 2017 et au début de celle de 2018. Il montre qu'il existe une diminution significative de biomasse mesurée entre mars 2017 et avril 2018 sur l'ensemble des sites (551 g/m² en moyenne). La proportion d'individus supérieurs à 25 cm représente une diminution de biomasse de l'ordre de 19% d'une année sur l'autre soit 730 grammes, tandis que la comparaison de la biomasse des individus < 25 cm n'a pas révélé de différence significative entre ces deux dates.

Dans le détail, on constate que le site de Landunvez est en particulier responsable de cette diminution moyenne de biomasse. Celle-ci avait été évaluée à 3,06 ± 0,35 kg/m² (IC_{95%} [2,28 - 3,85 kg/m²]) en mars 2017 et s'élève à 0,653 ± 0,08 kg/m² (IC_{95%} [0,482 - 0,824 kg/m²]) l'année suivante sur ce site (figure 13).

Le tableau 8 et la figure 14 ci-dessous décrivent l'évolution de la biomasse entre la fin des périodes réglementaires de récolte 2017 et 2018.

- A la fin de la période réglementaire de récolte :

	Biomasse totale (kg/m ²)	Biomasse > 25 cm (kg/m ²)	Proportion > 25 cm	Biomasse < 25 cm (kg/m ²)
Janvier 2018	0,87 ± 0,07	0,43 ± 0,06	48%	0,44 ± 0,04
Novembre 2018	1,97 ± 0,22	0,64 ± 0,09	32%	1,33 ± 0,20
Différence	+ 1,10 kg/m²	+ 0,21 kg/m²	-16%	+ 0,89 kg/m²

TABLEAU 8 : Comparaison de la biomasse moyenne de *Palmaria palmata* mesurée dans tous les sites confondus à la fin des périodes réglementaires de récolte 2017 et 2018.

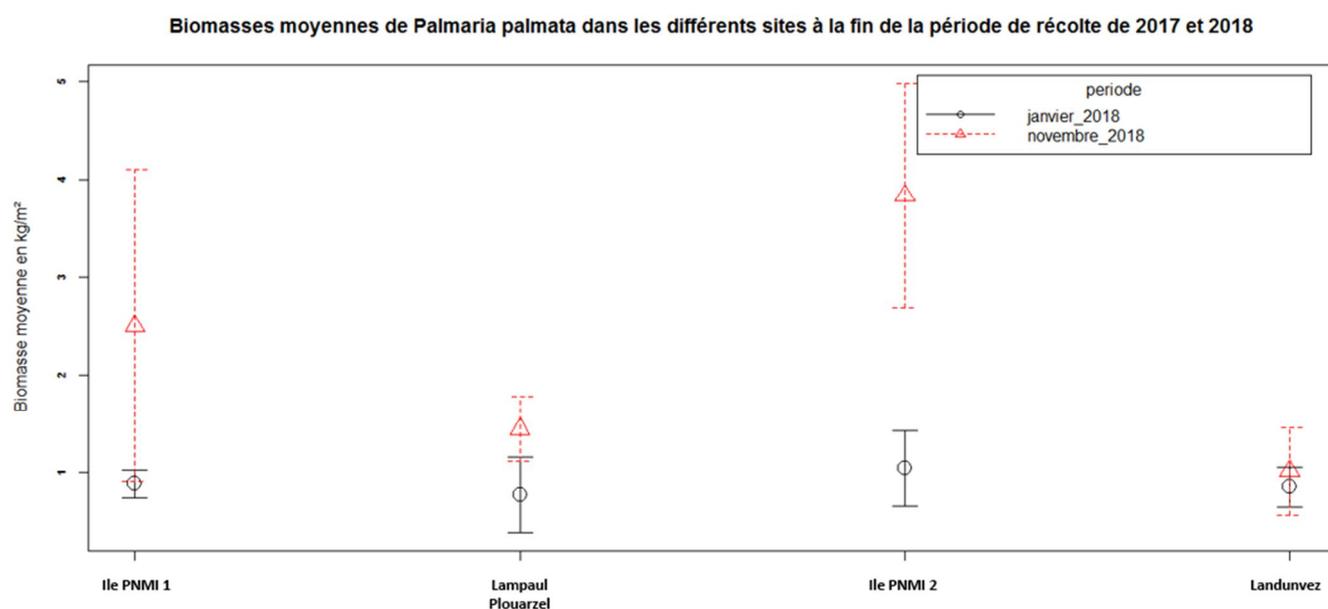


FIGURE 14 : Biomasses moyennes de *Palmaria palmata* mesurées dans chaque site à la fin des périodes réglementaires de récolte 2017 et 2018.

Les biomasses mesurées à la fin des périodes réglementaires de récolte 2017 et 2018 sur les différents sites sont marquées par une nette différence entre le mois de janvier 2018 et le mois de novembre 2018.

Avec une augmentation de 1,1 kg/m², la biomasse moyenne mesurée sur tous les sites confondus à la fin de la période réglementaire de récolte 2018 est 2,3 fois plus élevée qu'au cours de la précédente évaluation hivernale.

Si la biomasse des individus de plus de 25 cm en est en partie responsable avec une hausse moyenne de 210 g/m², c'est essentiellement le gain de biomasse des plus petits individus qui explique cette augmentation. En effet, celle-ci a été multipliée par trois entre janvier et novembre 2018 pour atteindre 1,33 ± 0,2 kg/m² (IC_{95%} [0.927 - 1.735 kg/m²]).

Cela explique que, bien que la biomasse exploitable (individus > 25 cm) ait augmenté, sa proportion dans la quantité totale de biomasse a diminué de 16%.

La figure 14 fait par ailleurs apparaître que les données de biomasse pour le mois de janvier 2018 sont comparables entre elles et peu dispersées autour de la valeur moyenne par site (les barres d'erreur qui représentent les intervalles de confiance à 95% de données sont courtes) tandis que les biomasses mesurées au sein des quadrats en novembre 2018

montrent davantage de dispersion autour de la valeur moyenne par site, en particulier sur les deux sites du PNMI. Cela révèle l'hétérogénéité des biomasses mesurées à une échelle fine : celle du champ d'algues.

1.7 Commentaires sur la comparaison des données 2017 et 2018

En préambule, il est important de noter qu'il existe un biais qui complique la comparaison des données collectées : en 2018, le calendrier de disponibilité des agents n'a pas permis de mettre en place les évaluations initiales durant le mois de mars comme l'année précédente. Elles ont été décalées au mois d'avril. Le traitement des fiches déclaratives de 2018 a révélé par la suite que certains sites avaient fait l'objet d'une récolte au début du mois d'avril, avant que ces évaluations soient réalisées. Les évaluations finales de 2018 ont quant à elles été réalisées trois mois plus tôt que l'année précédente. Les algues n'avaient alors pas subi les fortes houles de tempêtes hivernales qui arrachent les vieux individus plus longs.

La répétition des évaluations de biomasses au cours de deux années successives a montré des tendances d'évolutions différentes au cours du temps et en fonction du site considéré.

Les évaluations menées en 2017 ont montré une diminution de la biomasse totale entre le début et la fin de la période réglementaire de récolte, principalement due à la perte de biomasse des individus de plus de 25 cm alors que la biomasse des plus petits individus est restée stable. Les évaluations réalisées en 2018 ont quant à elles mis en évidence, d'une part, que la biomasse globale mesurée au début de la saison de récolte n'avait pas retrouvé sur tous les sites le niveau qu'elle atteignait l'année précédente à la même période et, d'autre part, qu'il y avait une relative stabilité de la biomasse totale entre le début et la fin de la période réglementaire de récolte 2018. Cette année-là, l'importante augmentation de biomasse des petits individus a largement compensé la perte de biomasse des individus de plus de 25 cm.

On peut supposer que les conditions climatiques hivernales ont joué un rôle dans la différence de biomasse mesurée entre mars 2017 et avril 2018. Les mois qui précèdent les évaluations printanières correspondent à ceux des tempêtes. Etant donné que les sites ne suivent pas tous la même tendance, il conviendrait de s'intéresser à l'exposition de chaque site vis-à-vis des événements climatiques passés pour évaluer leurs impacts.

Les conditions météorologiques estivales des deux années successives semblent avoir elles aussi influencé cette évolution : la station météorologique de Brest-Guipavas a enregistré une augmentation du nombre d'heures d'ensoleillement de près de 17% entre les mois d'avril à novembre 2018 en comparaison de la même période, l'année précédente (cf. annexe 5). Cet intervalle de temps couvre les périodes de croissance de l'algue mais aussi la majeure partie de la saison de récolte.

Ce travail aura permis d'évaluer la biomasse de *Palmaria palmata* présente sur une superficie totale de 2,92 hectares. C'est peu au regard de la superficie totale des champs présents en Bretagne mais une évaluation complète à l'échelle d'une région par la méthode des quadrats aurait été extrêmement coûteuse, tant en termes de main d'œuvre que d'un point de vue financier. De plus, les extrapolations des biomasses mesurées à l'échelle des quadrats sur des étendues plus vastes fournissent des évaluations de biomasse variables d'une année à l'autre. Par exemple, la biomasse exploitable sur le champ du site nommé Ile PNMI 1, qui représente la plus grande surface échantillonnée dans cette étude (2,03 hectares), a été évaluée à $42,12 \pm 5,39$ tonnes en mars 2017 contre $34,31 \pm 4,24$ tonnes en avril 2018, soit une diminution de 18% pour une surface relativement restreinte. S'agissant de la variabilité d'un phénomène naturel, c'est relativement peu mais considérant l'algue en tant que ressource exploitable, cette variabilité apparaît alors comme importante. Les conditions climatiques et les autres facteurs environnementaux tels que la disponibilité en sels nutritifs, elle-même influencée par les apports et les blooms planctoniques qui les consomment (Le Gall, 2012) jouent un rôle déterminant sur la biomasse présente chaque année pour cette espèce, entraînant ainsi des variabilités interannuelles qui peuvent apparaître importantes. De plus au cours d'une même saison, un événement brusque et localisé (tempête, fortes chaleurs, broutage par les herbivores) peut remettre en cause les évaluations réalisées en début de saison ou modifier fortement la qualité de l'algue qui, bien que présente, n'est plus récoltée. Dans ces conditions, il convient de s'interroger sur la pertinence de

la mise en place d'évaluations annuelles globales en routine par les comités des pêches pour la définition de quantités exploitables par les récoltants. Cependant, une série temporelle de données plus longue permettrait de préciser les facteurs qui influencent les quantités de biomasse disponibles et d'en anticiper les conséquences. Par exemple, la température est le principal facteur abiotique qui contrôle la distribution géographique des macroalgues car elle influe fortement sur leur survie, leur développement et leur reproduction (Robuchon, 2014). De plus, l'augmentation de la température des eaux de surface des océans est supposée impacter les communautés de macroalgues plus drastiquement dans les zones de transition biogéographiques comme par exemple la zone de transition entre les eaux tempérées froides et tempérées chaudes le long des côtes européennes, *i.e.* la Bretagne (Robuchon, 2014). Dans un contexte marqué par le réchauffement climatique, ces suivis permettraient de préciser l'impact du phénomène sur la distribution de l'espèce, à l'échelle de la Bretagne.

CE QU'IL FAUT RETENIR

L'évolution des biomasses mesurées en fonction des sites n'est pas homogène.

La faible biomasse mesurée au début de la période réglementaire 2018 dans deux des quatre sites peut être mise en corrélation avec l'activité de récolte qui y a eu lieu avant les évaluations de 2018. La récolte a donc eu un impact à très court terme.

Les valeurs de biomasse mesurées à la fin de l'année 2018 sont plus disparates que celles mesurées l'année précédente. Elles sont également significativement plus élevées et cette situation est principalement liée à l'accroissement de la biomasse des individus de moins de 25 cm, dont la biomasse était restée stable l'année précédente.

Cet accroissement semble dû aux conditions climatiques favorables observées du mois d'avril au mois de novembre 2018.

En 2017 et 2018, il restait de la biomasse en place malgré l'activité de récolte. En 2018, les tests statistiques réalisés ne mettent pas en évidence d'impact lié à l'activité de récolte sur les sites suivis.

2. *Chondrus crispus*

2.1 Secteurs évalués en 2017 et 2018

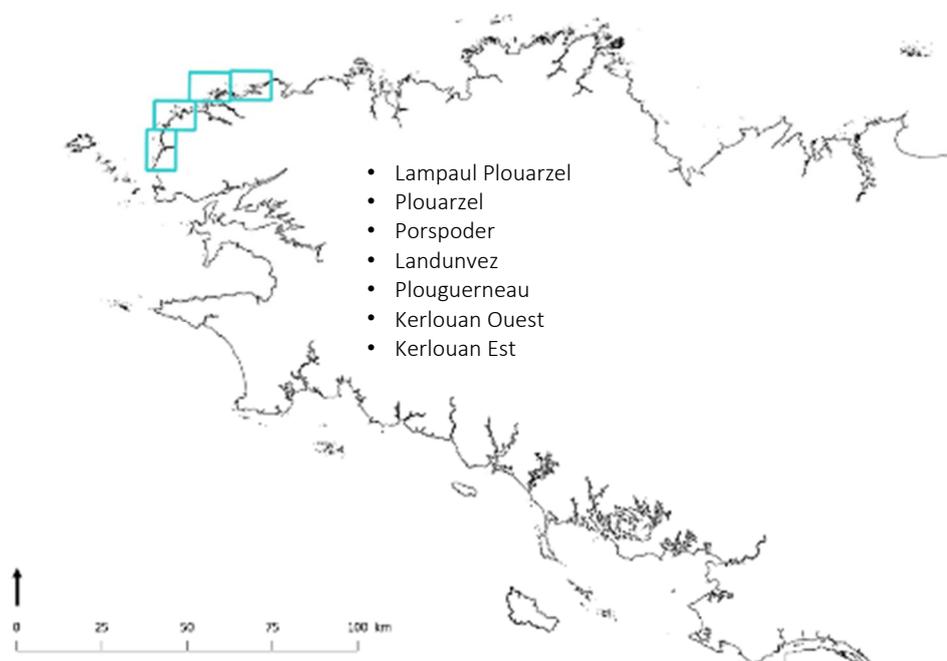


FIGURE 15 : Cartes du carroyage ayant fait l'objet d'une évaluation de biomasse de *Chondrus crispus* dans au moins un carré.

2.2 Résultats des évaluations de biomasse avant/après la période réglementaire de récolte saison 2017

DATE	Biomasse moyenne (kg/m ²)
Avril 2017	2,09 ± 0,10
Novembre 2017	1,26 ± 0,07
DIFFERENCE	-0,83 kg/m²

TABLEAU 9 : Comparaison de la biomasse moyenne de *Chondrus crispus* mesurée dans tous les sites confondus avant / après la période réglementaire de récolte 2017 (l'erreur type est précisée à côté de la moyenne, précédée du symbole ±).

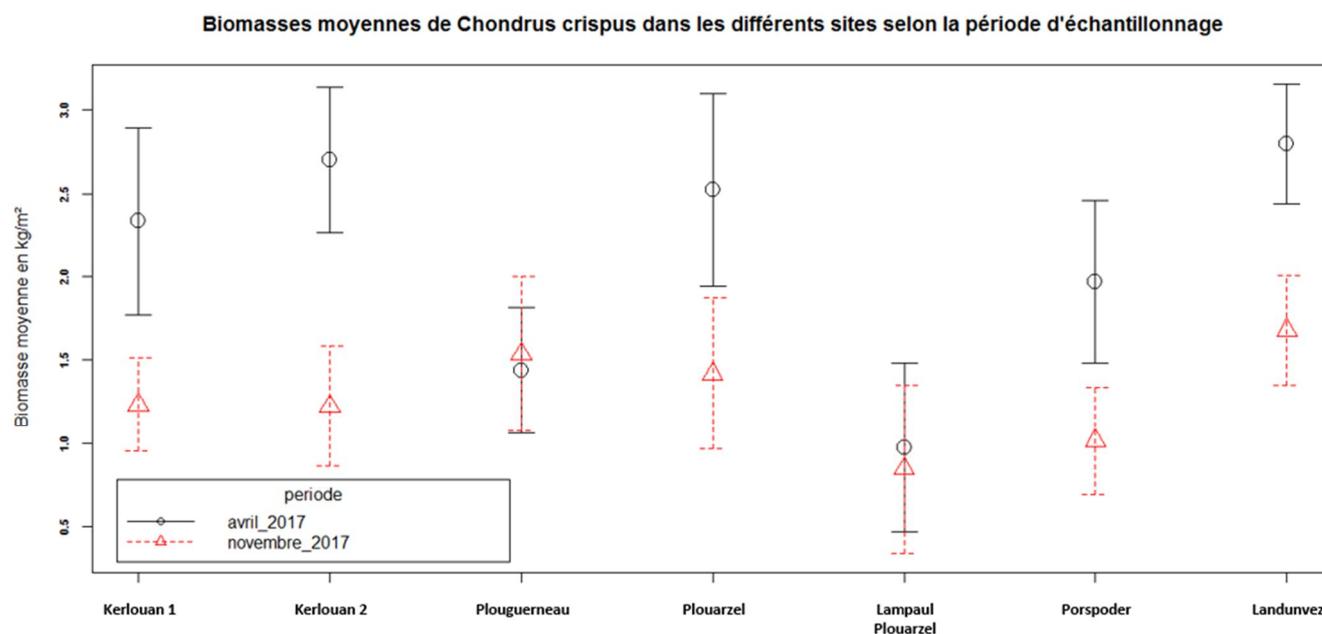


FIGURE 16 : Biomasses moyennes de *Chondrus crispus* mesurées dans chaque site avant / après la période réglementaire de récolte 2017 (les barres d'erreurs autour de la moyenne représentent l'erreur type. Elles renseignent sur la dispersion des données autour de la moyenne).

La figure 16 présente la biomasse moyenne en kilos par mètres carrés de *C. crispus* relevée dans les quadrats sur les différents sites avant (avril 2017) et après la période réglementaire d'exploitation (novembre 2017).

Les tests statistiques ont confirmé une différence significative entre les biomasses moyennes des deux périodes d'échantillonnage, hormis pour les sites de Plouguerneau et de Lampaul Plouarzel qui présentent respectivement aux deux périodes des biomasses moyennes de : $1,48 \pm 0,14 \text{ kg/m}^2$ (IC 95% [1,20 - 1,76 kg/m²]) et $0,90 \pm 0,16 \text{ kg/m}^2$ (IC 95% [0,50 - 1,26 kg/m²]).

Le tableau 9 indique que, pour l'ensemble des sites étudiés, la biomasse après la période réglementaire d'exploitation est légèrement plus basse : $1,26 \pm 0,07 \text{ kg/m}^2$ (IC 95% [1,12 - 1,40 kg/m²]) qu'au début : $2,09 \pm 0,10 \text{ kg/m}^2$ (IC 95% [1,88 - 2,30 kg/m²]).

Le tableau 10 ci-dessous indique la biomasse estimée dans l'aire échantillonnée évaluée par le logiciel de cartographie, ainsi que l'extrapolation de la biomasse potentielle à l'échelle du carré pour le secteur de Plouguerneau uniquement, à partir des données cartographiques du site Natura 2000 FR5300017 - Abers - Côte des légendes existantes. Rappelons que ces dernières regroupent l'ensemble des algues rouges des roches et blocs de la frange infralittorale supérieure et qu'elles peuvent être de précision variable. Les données de récolte des années 2018, 2017, 2014 et 2013 y figurent, également. On constate qu'en 2017 et 2018, certains sites habituellement fréquentés n'ont pas ou peu été récoltés alors que la biomasse présente des valeurs classiques selon les membres du Comité de Pilotage. Les données déclaratives s'insèrent dans l'intervalle de biomasse maximale estimée dans les surfaces évaluées, hormis à Landunvez, mais rappelons que ces dernières sont de taille inférieure à la surface totale des carrés (25 ha) dans lesquels elles se trouvent.

SITE	N° carré	Estimation Biomasse des individus >25 cm Surface échantillonnée en 2017		Estimation Biomasse par carré en 2017		Quantités déclarées par carrés (en Tonnes)			
		Surface calculée (Hectares)	Biomasse max (Tonnes)	Surface potentielle calculée (Hectares)	B max potentielle en 2017 (Tonnes)	2018	2017	2014	2013
Kerlouan 1 - avril 2017	28_n9	0,20	4,66 ± 0,5	NA **		1,25	4,25	4,21	2,43
Kerlouan 2 - novembre 2017			2,47 ± 0,26						
Kerlouan 2 - avril 2017	28_m9	0,47	12,80 ± 0,91						
Kerlouan 2 - novembre 2017			5,81 ± 0,78						
Plouguerneau - avril 2017	29_r12	0,73	10,86 ± 1 *	3,37	49,92 ± 4,6	0	0	15,18	0,39
Plouguerneau - novembre 2017									
Plouarzel - avril 2017	32_g18	0,32	8,07 ± 0,88	NA **		1,29	0,36	4,1	3,54
Plouarzel - novembre 2017			4,54 ± 0,64						
Lampaul Plouarzel - avril 2017	32_j12	0,53	4,76 ± 0,87 *						
Lampaul Plouarzel - novembre 2017									
Porspoder - avril 2017	32_j8	0,15	2,96 ± 0,34			4,83	0,27	4,1	3,3
Porspoder - novembre 2017			1,52 ± 0,23						
Verlen_Landunvez - avril 2017	31_g15	0,14	3,91 ± 0,23			0,31	8,45	2,37	2,11
Verlen_Landunvez - novembre 2017			2,35 ± 0,21						

TABLEAU 10 : Extrapolation des données de biomasse de *Chondrus crispus* à l'échelle des champs à partir des mesures réalisées en 2017. L'extrapolation à l'échelle du carré du carroyage n'a pu être faite faute d'information concernant l'enveloppe totale des champs (NA) excepté à Plouguerneau. La partie droite du tableau présente les quantités déclarées de récolte des professionnels.

* La biomasse moyenne reportée pour ce site est la même aux deux dates car les tests statistiques n'ont pas révélé de différence significative entre les biomasses mesurées au sein des quadrats de chaque site. On considère donc que la variable est identique d'un point de vue statistique.

** NA : Non Attribué.

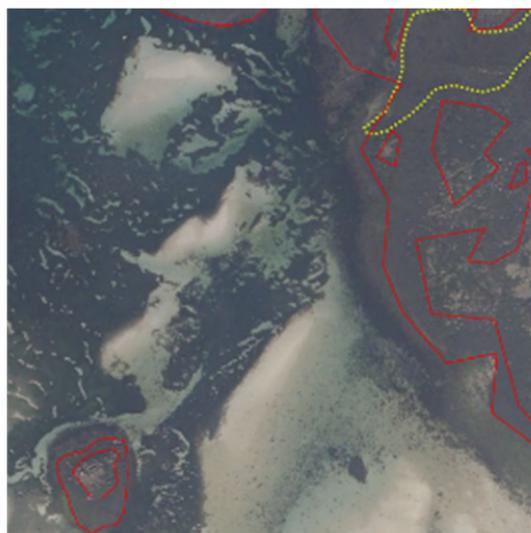


FIGURE 17 : Emprise du champ sur lequel les biomasses de *Chondrus crispus* ont été mesurées (détouré en jaune) et emprise des champs présents à l'échelle du carré de 500m x 500m (détourés en rouge) sur le site de Plouguerneau

2.3 Commentaires sur les résultats 2017

Il existe plusieurs sources de variabilité de la biomasse de *C. crispus* qui peuvent expliquer la diminution entre le printemps et l'automne : le cycle naturel de l'espèce avec une régression en fin d'année liée à une houle plus importante, les conditions météorologiques au cours de l'année 2017 (annexe V) qui ont contribué à fortement décolorer les algues en

été et peut-être à les fragiliser, ainsi que la récolte. Les données déclaratives 2017 indiquent que l'algue a été récoltée principalement durant les mois de juin, juillet et août. Certains sites évalués dans le cadre du programme n'ont pas été travaillés en 2017 ou très peu contrairement aux années précédentes, alors que de façon générale la récolte de *C. crispus* de la pointe nord-ouest (cartes 29 à 36) en 2017 est similaire aux années précédentes (2017 : 282 t. ; 2016 : 255 t. ; 2015 : 313 t.). La régression observée en novembre serait donc plutôt d'origine naturelle. On peut émettre l'hypothèse que pour ces sites, la récolte a été moins importante que les années précédentes du fait d'une algue moins intéressante à récolter lorsqu'elle est décolorée.

On note que la ressource est toujours présente après la période réglementaire de récolte en 2017. En effet, lors du geste de récolte, il n'est pas possible d'arracher les individus trop petits qui continuent de croître et généralement le crampon reste en place et permet la repousse. En outre, le recrutement serait favorisé lorsque les individus âgés (donc ceux qui sont suffisamment longs pour être récoltés à la main) disparaissent (Kopp & Perez, 1978). Par ailleurs, une étude sur l'impact de la récolte de *C. crispus* en mai a montré que son recouvrement est réduit juste après la récolte mais qu'une restauration est observée cinq mois après (Stagnol *et al.*, 2013b). Des valeurs de biomasse moyenne de l'ordre de $1,52 \pm 0,08$ kg/m² relevées en avril 2018 après ce même intervalle de temps indiquent un gain de biomasse d'environ 250 g/m² par rapport à la période post-récolte, mais il est vrai que la période hivernale n'est pas propice à la croissance de *C. crispus* qui se développe brusquement au printemps et en automne (Kopp & Perez, 1978).

CE QU'IL FAUT RETENIR

Pour l'ensemble des sites, il y a en moyenne $2,09 \pm 0,10$ kg/m² de biomasse de *C. crispus* à l'ouverture de la période réglementaire de récolte et $1,26 \pm 0,07$ kg/m² après, soit environ 800 g de moins.

Il n'y a pas de différence de biomasse entre les deux périodes pour les sites de Lampaul-Plouarzel et de Plouguerneau et il reste de la biomasse en place à la fin de la période réglementaire de récolte dans tous les sites.

Seules les données de biomasse à l'échelle du carré sont disponibles pour le site de Plouguerneau grâce aux données de cartographie des habitats.

Les quantités récoltées sont fluctuantes d'une année à l'autre d'après les déclarations et moins importantes en 2017 excepté à Landunvez.

La diminution de biomasse évaluée à la fin de la période de récolte semble en partie liée au cycle naturel de l'espèce puisque certains sites évalués n'ont pas ou très peu été récoltés en 2017 d'après les déclarations de récolte.

2.4 Résultats des évaluations de biomasse avant/après la période réglementaire de récolte saison 2018

Date	Biomasse totale (kg/m ²)
Avril 2018	1,55 ± 0,06
Novembre 2018	

TABLEAU 11 : Comparaison de la biomasse moyenne de *Chondrus crispus* mesurée dans tous les sites confondus avant / après la période réglementaire de récolte 2018 (l'erreur type est précisée à côté de la moyenne, précédée du symbole ±).

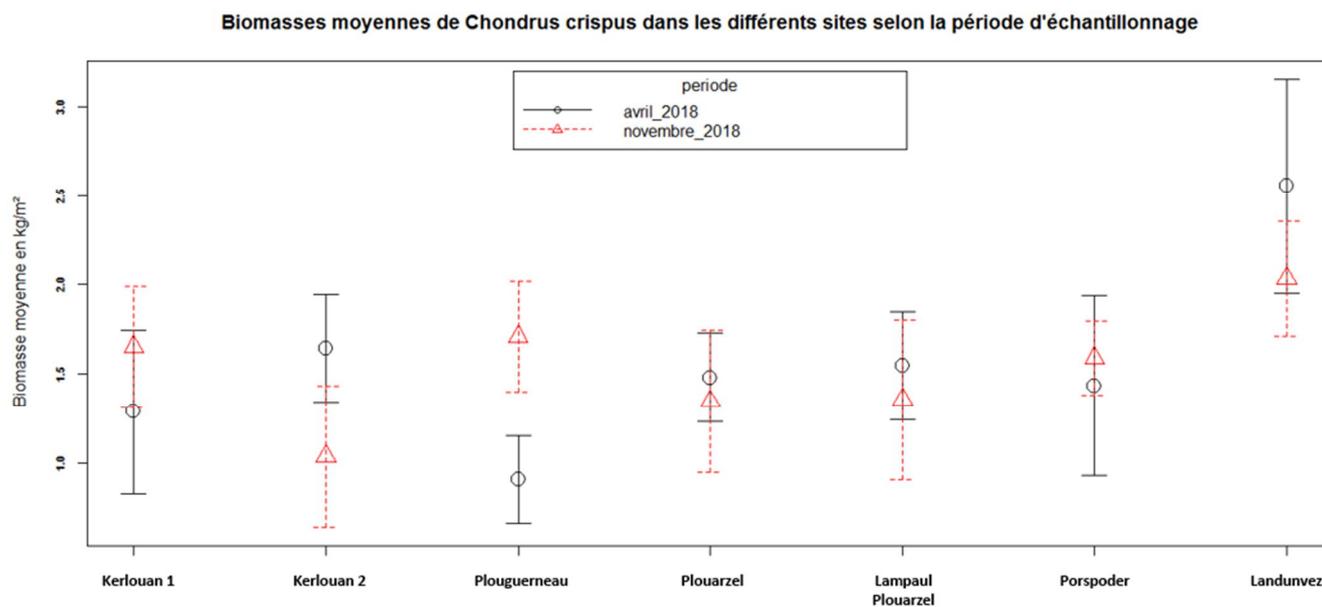


FIGURE 18 : Biomasses moyennes de *Chondrus crispus* mesurées dans chaque site avant / après la période réglementaire de récolte 2018 (les barres d'erreurs autour de la moyenne représentent l'erreur type. Elles renseignent sur la dispersion des données autour de la moyenne).

Le tableau 11 montre qu'il n'y a pas de différence significative de biomasse de *Chondrus crispus* avant et après la période réglementaire de récolte 2018. Elle est en moyenne de $1,55 \pm 0,06$ kg/m² (IC_{95%} [1,44 - 1,66 kg/m²]).

La figure 18 permet d'apprécier la situation dans les différents sites, qui suit globalement la tendance générale. Seuls deux sites se distinguent : celui de Plouguerneau présente une biomasse significativement plus élevée en novembre 2018, à savoir $1,71 \pm 0,14$ kg/m² (IC_{95%} [1,40 - 2,02 kg/m²]) qu'en avril, où elle a été évaluée à $0,91 \pm 0,12$ kg/m² (IC_{95%} [0,79 - 1,03 kg/m²]). Le site Kerlouan 2 suit une tendance contraire puisqu'il possède une biomasse moins importante à la fin de la période de récolte : $1,04 \pm 0,18$ kg/m² (IC_{95%} [0,86 - 1,22 kg/m²]) qu'au début : $1,64 \pm 0,13$ kg/m² (IC_{95%} [1,34 - 1,95 kg/m²]).

SITE	N° carré	Estimation Biomasse Surface échantillonnée 2018		Estimation Biomasse Carré 2018		Quantités déclarées 2018 (Tonnes)
		Surface calculée (Hectares)	Biomasse max (Tonnes)	Surface calculée (Hectares)	Biomasse max (Tonnes)	
Kerlouan 1 - avril 2018	28_n9	0,20	2,87 ± 0,29 *	NA **		1,25
Kerlouan 1 - novembre 2018						
Kerlouan 2 - avril 2018	28_m9	0,47	7,80 ± 0,63	NA **		0
Kerlouan 2 - novembre 2018			4,93 ± 0,83			
Plouguerneau - avril 2018	29_r12	0,73	6,68 ± 0,86	3,37	30,68 ± 3,95	0
Plouguerneau - novembre 2018			12,56 ± 1,06		57,69 ± 4,85	
Plouarzel - avril 2018	32_i12	0,53	8,32 ± 0,89 *	NA **		1,29
Plouarzel - novembre 2018						
Lampaul Plouarzel - avril 2018	32_g18	0,32	4,53 ± 0,36 *	NA **		2,89
Lampaul Plouarzel - novembre 2018						
Porspoder - avril 2018	32_i8	0,15	2,30 ± 0,15 *	NA **		4,83
Porspoder - novembre 2018						
Landunvez - avril 2018	31_g15	0,14	3,20 ± 0,23 *	NA **		0,31
Landunvez - novembre 2018						

TABLEAU 12 : Extrapolation des données de biomasse de *Chondrus crispus* à l'échelle des champs à partir des mesures réalisées en 2018. L'extrapolation à l'échelle du carré du carroyage n'a pu être faite faute d'information concernant l'enveloppe totale des champs (NA) excepté à Plouguerneau. La partie droite du tableau présente les quantités déclarées de récolte des professionnels.

* La biomasse moyenne reportée pour ce site est la même aux deux dates car les tests statistiques n'ont pas révélé de différence significative entre les biomasses mesurées au sein des quadrats de chaque site. On considère donc que la variable est identique d'un point de vue statistique.

** NA : Non Attribué.

Le traitement des données déclaratives de récolte fournies par les professionnels montre que les sites de Plouguerneau et Kerlouan 2 n'ont pas fait l'objet d'une récolte en 2018 (tableau 12).

La récolte de *C. crispus* a diminué au cours de l'année 2018 (10,6 tonnes) par rapport à la précédente (13,7 tonnes) sur l'ensemble des carrés au sein desquels une évaluation a été réalisée. Les quantités déclarées en 2018 sont fluctuantes en fonction du lieu considéré et comparativement aux années antérieures.

Plouguerneau est le seul site pour lequel une estimation de la biomasse de *Chondrus crispus* a pu être faite à l'échelle du carré. Elle s'élève en novembre 2018 à 57,69 ± 4,85 kg/m² pour une superficie totale de champ évaluée à 3,37 hectares.

2.5 Commentaires sur les évaluations de biomasse avant/après la période réglementaire de récolte saison 2018

Globalement les pertes de biomasse consécutives à la récolte semblent avoir été compensées puisqu'il n'existe pas de différence significative de biomasse pour la majorité des sites.

Les biomasses mesurées sur les sites de Plouguerneau et Kerlouan 2 suivent des tendances contraires alors qu'ils n'ont tous deux pas fait l'objet de déclarations de récolte au cours des deux dernières années. D'autres facteurs que le niveau de prélèvement par les professionnels influencent les quantités de biomasse mesurées au cours d'une année.

Par ailleurs, il convient de mettre en parallèle les dates des évaluations avec le cycle de vie complexe de cette espèce : la littérature scientifique sur le sujet rapporte que les jeunes frondes ont une croissance longitudinale très rapide, leur taille double en un mois, quelle que soit la période de l'année. Sur l'ensemble de la population, la croissance est importante et

prolongée de janvier à avril et elle est de courte durée mais très forte en octobre (Kopp & Perez, 1975), c'est également là que la croissance pondérale mensuelle de l'espèce est maximale. Or les évaluations de fin de période ont eu lieu juste après ce pic de croissance.

La mortalité de l'espèce survient quant à elle principalement selon deux pics annuels : le premier au mois d'août et le second au cours des deux derniers mois de l'année (Kopp & Perez, 1975), probablement en lien avec les tempêtes hivernales qui arrachent les vieux individus. La mortalité a pour conséquence de réduire la biomasse disponible mais dans le même temps, cette mortalité semble corrélée à des périodes de recrutement intense, d'après les observations de Kopp et Perez (1975) qui confirmaient des travaux précédemment engagés ayant montré en culture au laboratoire l'effet stimulant du sectionnement des frondes âgées sur la germination des jeunes frondes.

Les évaluations réalisées en milieu ouvert à différentes périodes mettent en lumière les variations temporelles de biomasse mais aussi la difficulté à évaluer l'impact respectif des différents facteurs qui induisent de telles variations (spécificités locales liées à la morphologie du site et au déferlement des vagues, conditions météorologiques, récolte).

CE QU'IL FAUT RETENIR

Pour l'ensemble des sites, il y a en moyenne $1,55 \pm 0,06$ kg/m² de biomasse avant et après la période réglementaire de récolte en 2018.

Il n'y a pas de différence de biomasse entre les deux périodes pour la majorité des sites, excepté pour deux d'entre eux qui n'ont pas été récoltés au cours des deux dernières années si l'on se réfère aux données déclaratives fournies par les professionnels.

Plouguerneau est le seul lieu pour lequel il a été possible d'extrapoler les données de biomasse à l'échelle du carré. Ce site difficile d'accès possède une biomasse plus importante à la fin de la période d'exploitation.

Les quantités récoltées sont dans l'ensemble plus faibles en 2018 mais varient localement.

Les variations de biomasse observées sont le résultat de l'influence de facteurs multiples. Leur analyse ne fait pas apparaître de lien direct entre le niveau de prélèvement par les professionnels et les quantités de biomasse mesurées.

2.6. Comparaison des données des années 2017 et 2018

- Au début de la période réglementaire de récolte :

Date	Biomasse totale (kg/m ²)
Avril 2017	$2,09 \pm 0,11$
Avril 2018	$1,52 \pm 0,08$
DIFFERENCE	$-0,57$ kg/m ²

TABLEAU 13 : Comparaison de la biomasse moyenne de *Chondrus crispus* mesurée dans tous les sites confondus avant les périodes réglementaires de récolte 2017 et 2018.

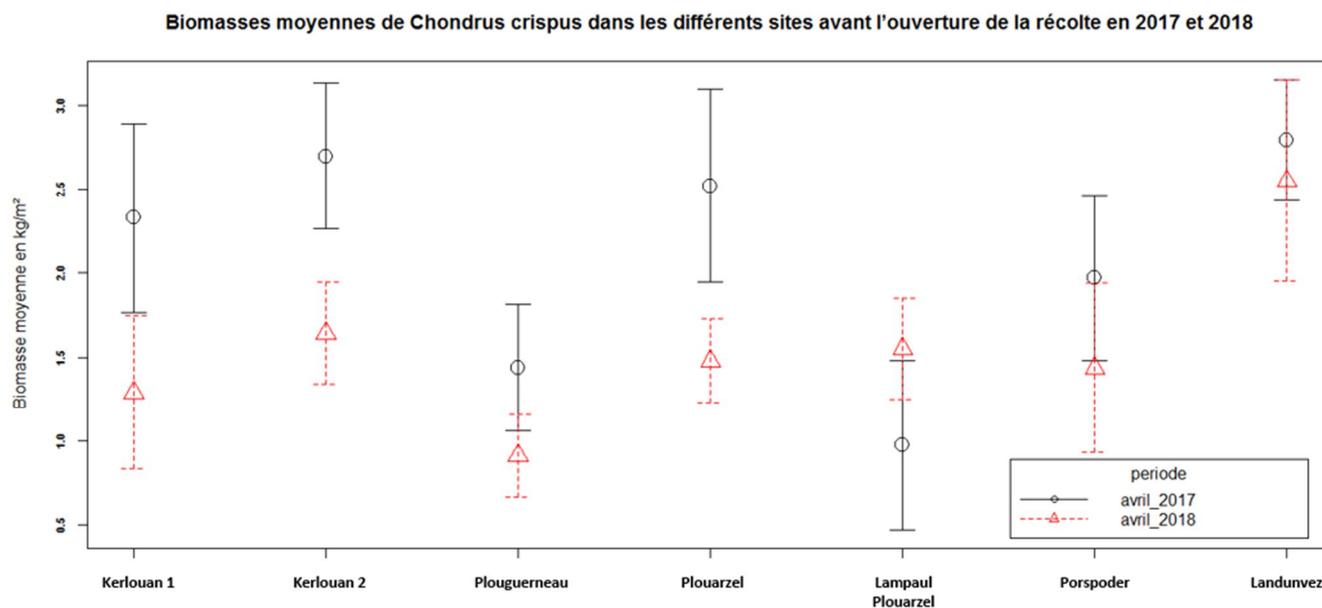


FIGURE 19 : Biomasses moyennes de *Chondrus crispus* mesurées dans chaque site avant les périodes réglementaires de récolte 2017 et 2018.

Le tableau 13 et la figure 19 permettent de comparer les valeurs de biomasse obtenues au début de chaque période réglementaire de récolte. Celle mesurée en avril 2018 est significativement moins importante sur l'ensemble des sites : $1,52 \pm 0,08 \text{ kg/m}^2$ (IC_{95%} [1,35 - 1,67 kg/m²]) qu'un an auparavant à la même période : $2,09 \pm 0,11 \text{ kg/m}^2$ (IC_{95%} [1,88 - 2,30 kg/m²]), soit une différence de 580 grammes/m².

Cinq des sept sites étudiés suivent cette tendance tandis qu'à Landunvez la biomasse est en moyenne la même aux deux périodes et qu'à Lampaul Plouarzel, celle-ci est légèrement plus élevée en avril 2018 qu'un an plus tôt.

- A la fin de la période réglementaire de récolte :

Date	Biomasse totale (kg/m ²)
Novembre 2017	$1,43 \pm 0,05$
Novembre 2018	

TABEAU 14 : Comparaison de la biomasse moyenne de *Chondrus crispus* mesurée dans tous les sites confondus à la fin des périodes réglementaires de récolte 2017 et 2018.

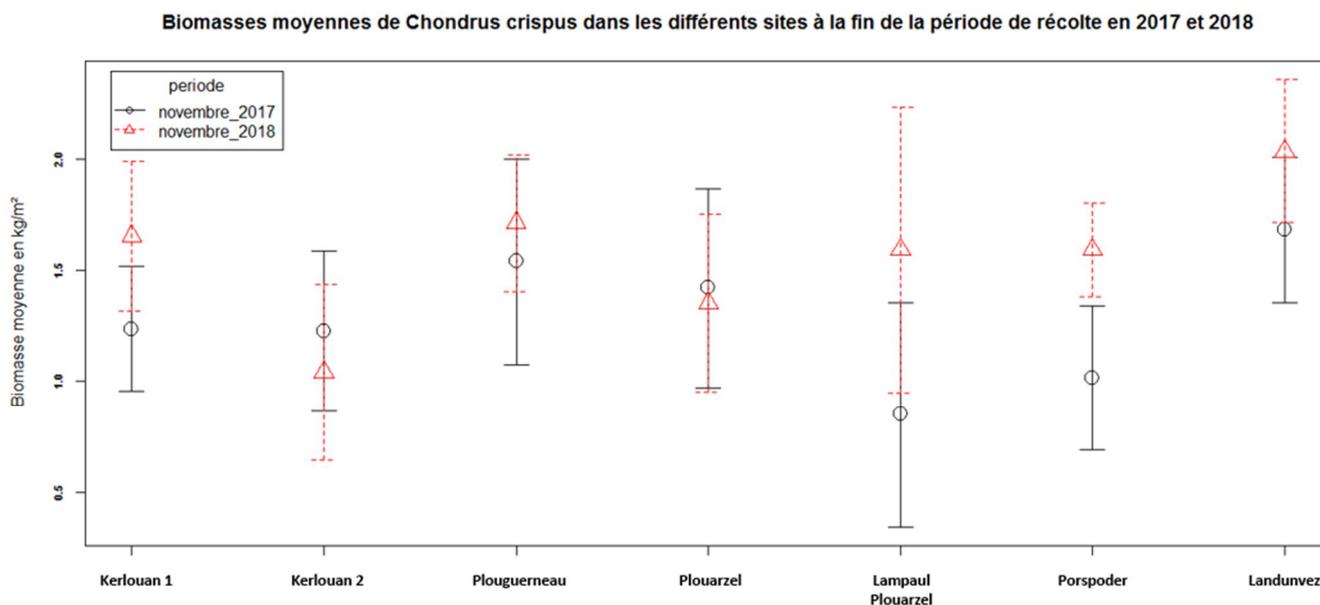


FIGURE 20 : Biomasses moyennes de *Chondrus crispus* mesurées dans chaque site à la fin des périodes réglementaires de récolte 2017 et 2018.

Il n'existe pas de différence significative de biomasse entre la fin des deux périodes réglementaires sur l'ensemble des sites considérés (tableau 14). Elle s'élève à $1,43 \pm 0,05 \text{ kg/m}^2$ (IC_{95%} [1,32 - 1,54 kg/m²]).

Cette tendance est suivie par trois des quatre sites étudiés. Tandis que les quatre autres (Kerlouan 1, Lampaul Plouarzel, Porspoder et Landunvez) possèdent une biomasse plus importante à la fin de la période réglementaire 2018 qu'à la même époque un an auparavant.

2.7 Commentaires sur la comparaison des années 2017 - 2018

La comparaison des biomasses mesurées au début et à la fin des deux cycles étudiés conforte l'hypothèse selon laquelle le niveau de prélèvement pendant l'année des suivis n'est pas le seul facteur à prendre en considération pour expliquer l'évolution des biomasses mesurées. En effet, celles-ci diffèrent de manière significative avant le début de la période de récolte. On peut donc supposer que les conditions météorologiques de l'hiver 2017 - 2018 ont été moins favorables à la croissance et/ou au recrutement de l'espèce.

La biomasse évaluée sur l'ensemble des sites à la fin de la période réglementaire est comparable aux deux années. Ainsi, malgré la pression qui s'est exercée sur cette espèce sur certains sites pendant la saison de la récolte et le fait que les biomasses étaient plus basses avant que la récolte ait été autorisée, *Chondrus crispus* a retrouvé des niveaux de biomasse comparables à la fin de l'année 2018 en lien avec les conditions météorologiques et le cycle naturel de l'espèce.

Ce travail aura permis d'évaluer la biomasse de *Chondrus crispus* présente sur une superficie totale de 5,18 hectares (extrapolation comprise). Comme pour *Palmaria palmata*, c'est peu au regard de la superficie totale des champs présents en Bretagne. Les valeurs obtenues sont encore très variables en fonction de la période, de l'année considérée et du site.

Là encore, outre la biomasse disponible, l'étude met en évidence l'importance de la qualité des algues pour qu'elles soient récoltées et aient un intérêt pour les entreprises de transformation.

CE QU'IL FAUT RETENIR

Pour l'ensemble des sites, la biomasse moyenne évaluée au début de la période réglementaire de récolte n'avait pas retrouvé en avril 2018 le niveau qu'elle présentait un an plus tôt. Elle est plus basse de 570 grammes par m² en moyenne.

La quantité moyenne de biomasse mesurée à la fin de la période réglementaire, tous sites confondus, est comparable aux deux dates et cette tendance est suivie par trois des sept sites.

3. Prospections complémentaires aux suivis des principaux champs exploités

3.1 Prospection *Chondrus crispus* dans le PNMI

Pour répondre à une demande sur l'état de la ressource en *C. crispus* dans le PNMI émise lors d'un Comité de Pilotage et validée par ce dernier, une prospection dans les îles sud (carte 35) a eu lieu en juillet 2017, faisant état d'une biomasse moyenne de $1,77 \pm 0,36$ kg/m² dans les zones les plus riches, très clairsemée, en mélange et décolorée (figure 21). Les données déclaratives indiquent une récolte s'élevant à 1,5 tonnes a été réalisée en fin de saison pour l'ensemble de cette carte.



FIGURE 21 : Etat de la ressource en algues de rives sur les îles du sud du PNMI prospectées

3.2 Prospection *Palmaria palmata* et *Chondrus crispus* dans le Morbihan

Dans le cadre du programme, des prospections ont eu lieu dans le Morbihan en juillet 2017 (cartes 73, 74 et 75 du carroyage officiel) pour évaluer la présence de *P. palmata* et *C. crispus*. La présence importante d'*Osmundea pinnatifida* et de nombreuses algues opportunistes ou envahissantes telles que des ulves, ectocarpales, *Colpomenia peregrina*, *Sargassum muticum*, *Grateloupia turuturu* a été relevée.



FIGURE 22 : Etat de la ressource en algues de rives sur les secteurs du Morbihan prospectés

Ces prospections sur le littoral entre Saint-Gildas de Rhuy et Billiers n'ont pas permis de déceler des biomasses suffisantes de ces deux espèces pour assurer une exploitation rentable pour une entreprise spécialisée dans la récolte d'algues de rive, ce qui est confirmé par les données de récolte et la typologie de l'activité. En effet, les données déclaratives de l'année 2017 nous indiquent que moins de 400 kilos d'algues de rive ont été récoltés pour 5 autorisations dans ce département, dont 17 kg de *P. palmata* et 21 kg de *C. crispus* mais 0 kg dans la catégorie « autres espèces » (contre 15 kg en 2016). De plus, cette activité est principalement pratiquée dans le département par des entreprises de pêche à pied de coquillages.

4. *Ascophyllum nodosum*

4.1 Secteurs évalués en 2017

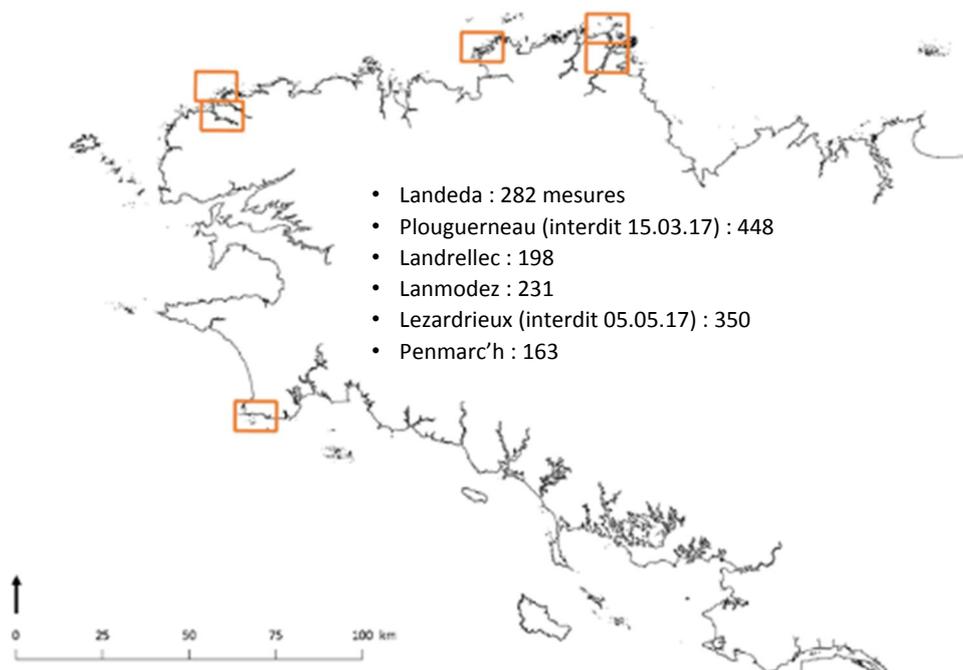


FIGURE 23 : Cartes du carroyage ayant fait l'objet d'une évaluation de biomasse d'*Ascophyllum nodosum* dans au moins un carré.

4.2 Résultats des évaluations de biomasse après la récolte saison 2016/2017 et avant la saison 2017/2018

DATE	Biomasse moyenne (kg/m ²)	Poids des individus > 30 cm en proportion	Longueurs moyennes (cm)	Proportion d'individus > 30 cm
Mai 2017	4,88 ± 0,41	98%	53,71 ± 1,18	68%
Septembre 2017			65,87 ± 1,57	80%
DIFFERENCE	0	0	+ 12,16 cm	+ 12%

TABLEAU 15 : Comparaison de la biomasse moyenne d'*Ascophyllum nodosum* et de la longueur moyenne des individus mesurées dans tous les sites confondus en mai et en septembre 2017.

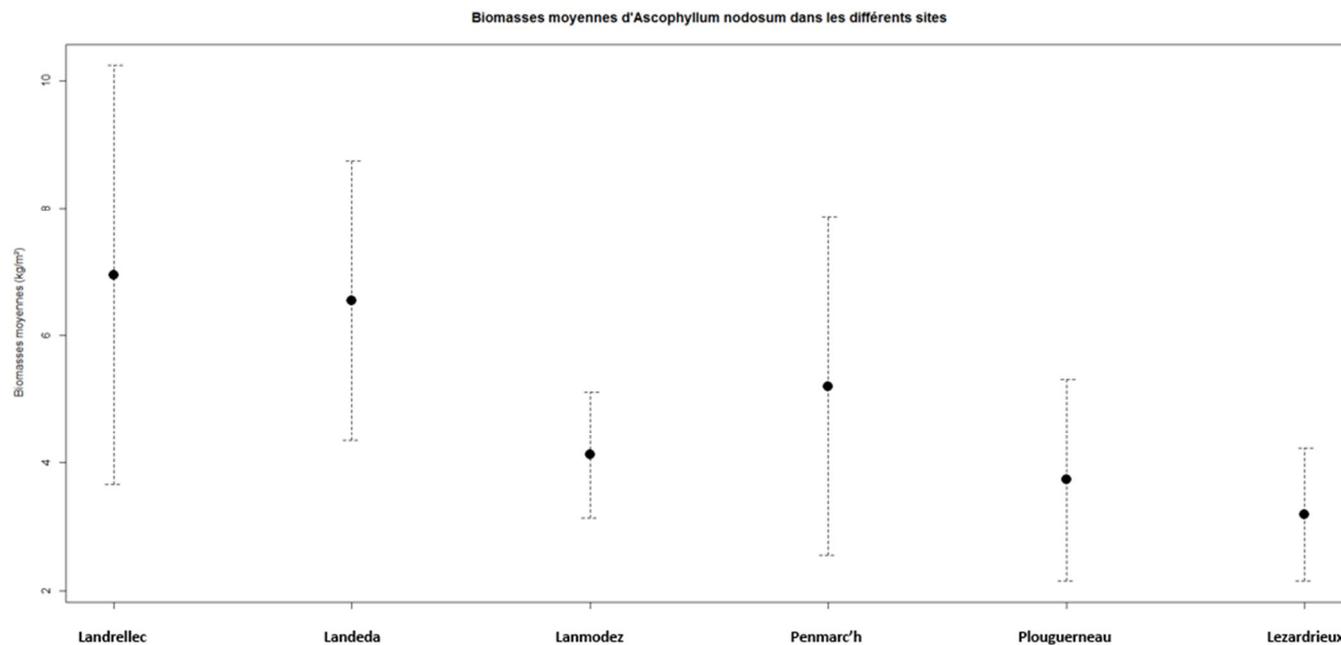


FIGURE 24 : Biomasses moyennes d'*Ascophyllum nodosum* mesurées dans chaque site en mai et en septembre 2017.

Les résultats des traitements statistiques ont révélé qu'il n'existe pas de différence significative de biomasse d'*A. nodosum* entre les mois de mai 2017 et septembre 2017 dans les différents sites. La figure 24 nous présente donc la biomasse moyenne en kilos d'*A. nodosum* sur les différents sites pour ces deux périodes confondues. Le tableau 15 indique qu'elle s'élève en moyenne à $4,88 \pm 0,41$ kg/m² (IC 95% [4,07 - 5,68 kg/m²]). Les individus d'*A. nodosum* mesurant plus de 30 cm composent à 98 % cette biomasse moyenne.

Pourtant, il y a eu un gain de longueur entre avril et septembre pour quatre sites parmi les six étudiés (sauf pour Landeda et Lanmodez), comme le montre la figure 25. Ce gain de longueur est d'environ 12,16 cm, comme le précise le tableau précédent : *A. nodosum* mesure en moyenne $53,71 \pm 1,18$ cm (IC 95% [51,40 - 56,03 cm]) en mai et $65,87 \pm 1,57$ cm (IC 95% [62,77 - 68,96 cm]) en septembre.

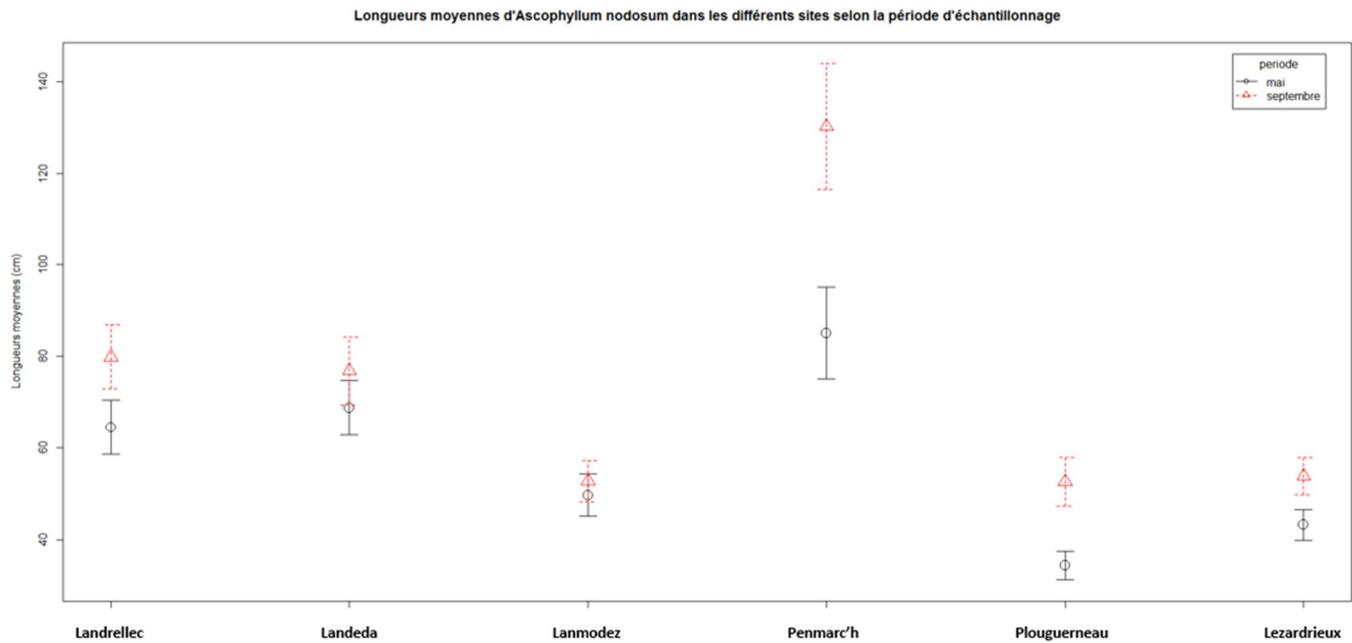


FIGURE 25 : Longueurs moyennes d'*Ascophyllum nodosum* mesurées dans chaque site en mai et en septembre 2017.

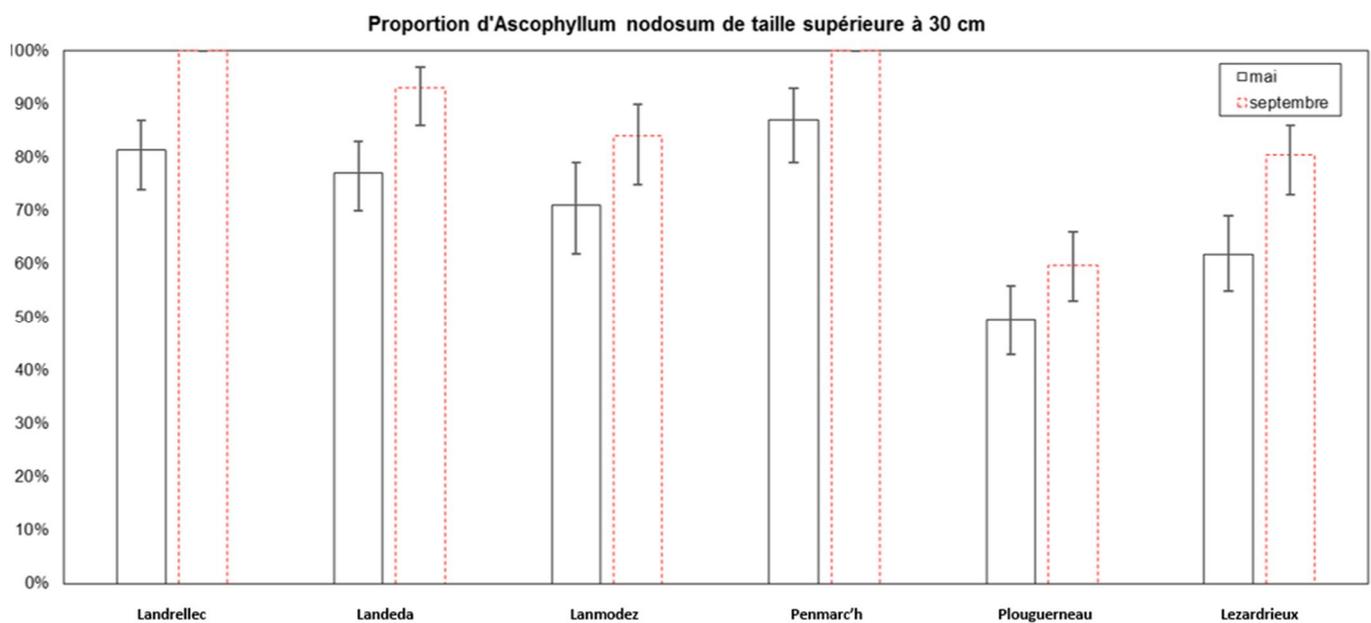


FIGURE 26 : Proportions d'individus d'*Ascophyllum nodosum* supérieurs à 30 cm dans chaque site en mai et en septembre 2017.

Pour l'ensemble des sites, la proportion moyenne d'*A. nodosum* de taille supérieure à 30 cm est de 68 % (IC 95% [65 - 71 %]) en mai et 80 % (IC 95% [77 - 83 %]) en septembre (tableau 15).

La figure 26 montre que seuls les sites de Lanmodez et Plouguerneau conservent une proportion similaire d'*A. nodosum* de taille supérieure à 30 cm aux deux périodes : proportions respectives de 77 % (IC 95% [71 - 82 %]) et de 54 % (IC 95% [49 - 59 %]).

On constate aussi que tous les individus mesurés à Landrellec et à Penmarc'h en septembre mesuraient plus de 30 cm, contrairement au mois de mai.

Le tableau 16 indique la biomasse estimée dans l'aire échantillonnée évaluée par le logiciel de cartographie. La cartographie d'habitat étant disponible pour tous les sites évalués, il a été possible d'évaluer la biomasse potentiellement présente d'*A. nodosum* par carré. Notons que les surfaces potentielles issues de cette source de données sont de précision variable et qu'elles regroupent *A. nodosum* et Fucales des roches et blocs du médiolittoral moyen, ce qui peut conduire à des surfaces potentielles et donc des biomasses exagérées. La proportion d'*A. nodosum* par rapport aux autres fucales pouvant fortement varier d'un secteur à un autre, il n'est pas possible d'améliorer cette estimation. Les données déclaratives indiquent des quantités récoltées très variables d'une année à l'autre.

SITE	N° carré	Estimation Biomasse Surface échantillonnée		Estimation Biomasse Carré		Quantités déclarées carrés				
		Surface calculée (Hectares)	Biomasse max (Tonnes)	Surface potentielle calculée (Hectares)	Biomasse max potentielle (Tonnes)	2017 (Tonnes)	2016 (Tonnes)	2015 (Tonnes)	2014 (Tonnes)	2013 (Tonnes)
Landeda	30_kl1	2,33	152,44 ± 24,5	4,06	265,44 ± 42,65	53,12	/	/	82,10	3,70
Lezardrieux	13_m3	0,55	17,40 ± 2,70	2,06	65,80 ± 10,21	0	20,85	0	0	0
Landrellec	19_r9	1,24	86,17 ± 19,02	4,22	293,27 ± 64,74	56,55	29,47	0,63	0	0
Lanmodez	14_st14	0,29	11,95 ± 1,37	6,08	250,44 ± 28,63	29,15	25,65	13,04	14,10	14,10
Penmarc'h	52_g8	0,64	33,30 ± 8,10	11,34	590,07 ± 143,55	38,55	/	/	0	20,55
Plouguerneau	29_s13	0,48	17,93 ± 3,63	3,59	133,98 ± 27,12	127,06	/	/	41,51	10,41

TABLEAU 16 : Extrapolation des données de biomasse d'*Ascophyllum nodosum* à l'échelle des champs à partir des mesures réalisées en 2017. La partie droite du tableau présente les quantités déclarées de récolte des professionnels.

4.3 Commentaires sur les résultats

En premier lieu notons qu'en tout, près de 1 700 individus ont été mesurés. Cette méthode s'est révélée longue et fastidieuse à appliquer sur le terrain et difficilement applicable en routine pour l'évaluation de la biomasse par les comités des pêches. Ainsi, un autre protocole a été développé par la suite et est détaillé dans la partie 4.4.

Les données déclaratives 2017 nous apprennent que le site de Penmarc'h a fait l'objet d'une récolte estivale en juin ainsi que celui de Plouguerneau (NB : pourtant interdite à partir du 15/03/17 dans cette jachère). De même, les sites de Landrellec et Penmarc'h ont pu être travaillés avant l'évaluation de septembre. Celui de Lézardrieux n'a pas été récolté en 2013 et celui de Lanmodez au printemps uniquement. Seul donc le site de Landeda n'a pas fait l'objet d'une exploitation durant 8 mois d'affilé. La biomasse d'*A. nodosum* n'évolue pas entre mai et septembre 2017 alors que la longueur moyenne des individus a gagné environ 12 cm (valeur de croissance faible classiquement rencontrée en Bretagne en saison estivale (Davoult, 2017 ; Golléty, 2008) car rappelons qu'elle est maximale au printemps et en automne, cf. tableau 1). Dans les sites exploités, la perte de gros individus récoltés a pu être compensée par la croissance des individus restants (Golléty, 2008 ; Golléty *et al.*, 2011). En ce qui concerne les sites non exploités à cette période, l'absence de restauration de la biomasse durant l'été peut s'expliquer par des pertes naturelles liées à la production d'exopolysaccharides, à l'usure naturelle, aux intempéries ou au broutage (Golléty, 2008) qui ne contrebalancent pas la croissance des frondes principales et/ou des rameaux latéraux.

Bien que l'extrapolation de la biomasse à l'échelle du carré, nettement plus élevée que les quantités récoltées soit à considérer avec précaution, il faut prendre en considération qu'*a priori*, les quantités déclarées ne concernent que la biomasse récoltée au-delà de 30 cm et donc qu'il reste en place un stock inférieur à 30 cm pris en compte dans le calcul de l'extrapolation de la biomasse par carré. Les fluctuations des données de récolte peuvent s'expliquer par des stratégies d'entreprise différentes d'une année à l'autre, ou d'une ressource présente en quantité variable selon les années.

CE QU'IL FAUT RETENIR

Pour l'ensemble des sites, la biomasse d'*A. nodosum* reste identique en mai et en septembre 2017. Elle s'élève à $4,88 \pm 0,41$ kg/m² en moyenne, composée à 98 % par des individus mesurant plus de 30 cm.

On note toutefois un gain de longueur d'environ 12,16 cm pour quatre sites sur six étudiés : la longueur moyenne d'*A. nodosum* est de $53,71 \pm 1,18$ cm en mai et $65,87 \pm 1,57$ cm en septembre. Ainsi, la proportion moyenne d'individus de taille supérieure à 30 cm passe de 68 % en mai à 80 % en septembre, sauf pour les sites Lanmodez et Plouguerneau pour lesquels cette proportion reste stable aux deux périodes (respectivement de 77 % et de 54 %). Aucun individu de taille inférieure à 30 cm n'a été mesuré à Landrellec et à Penmarc'h au mois de septembre.

L'extrapolation de la biomasse à l'échelle du carré pour chaque site étudié a été réalisée mais doit être interprétée avec précaution étant donné que la cartographie d'habitats regroupait *A. nodosum* et les Fucales des roches et blocs du médiolittoral moyen.

Les données déclaratives indiquent que la récolte dans les sites étudiés n'est pas constante d'une année à l'autre.

4.4 Elaboration d'un protocole "jachères *Ascophyllum*"

Après le constat que l'application du protocole d'évaluation de la biomasse en *A. nodosum* à l'aide des mesures était trop chronophage pour une utilisation en routine par les Comités des Pêches et non adaptée à une problématique d'évaluation de la ressource commercialisable (fraction récoltée au-delà de 30 cm), un protocole intitulé "jachères *Ascophyllum*" élaboré avec l'aide de l'Ifremer et de la Station Biologique de Roscoff a été testé et validé dans le Finistère en septembre 2017 avant son application en octobre 2017 dans les Côtes d'Armor. En résumé, il s'agit de récolter et de peser la biomasse des individus au-dessus de 30 cm (conformément à la réglementation) dans des quadrats de 1 m². Au regard des biomasses rencontrées sur les jachères du Finistère en place depuis plusieurs années, il a été convenu avec les scientifiques de l'Ifremer et de la Station Biologique de Roscoff qu'à partir de 7 kg/m², un secteur peut être ouvert à la récolte. Ainsi, plusieurs évaluations de biomasse d'*A. nodosum* ont eu lieu dans les Côtes d'Armor en octobre 2017. Ce protocole, appliqué sur le terrain en présence des professionnels, des Services de l'État et du CDPMEM des Côtes d'Armor a permis de sensibiliser les différents acteurs de la gestion de la ressource aux questions de préservation des ressources halieutiques. Plusieurs réunions de concertation ont ensuite eu lieu afin de mettre en place des zones de jachères et fixer un calendrier d'ouverture/fermeture de ces différentes zones, de manière alternative. Les visites de gisements ont donc permis de valider le protocole et d'aboutir à la mise en place de jachères (annexe VI), constituant la 1^{ère} décision "algues de rives" du CRPMEM de Bretagne (Décision N°09-2018).



FIGURE 27 : Evaluation de la biomasse d'*A. nodosum* dans les Côtes d'Armor avant la mise en place de zones de jachères sur le littoral costarmoricain.

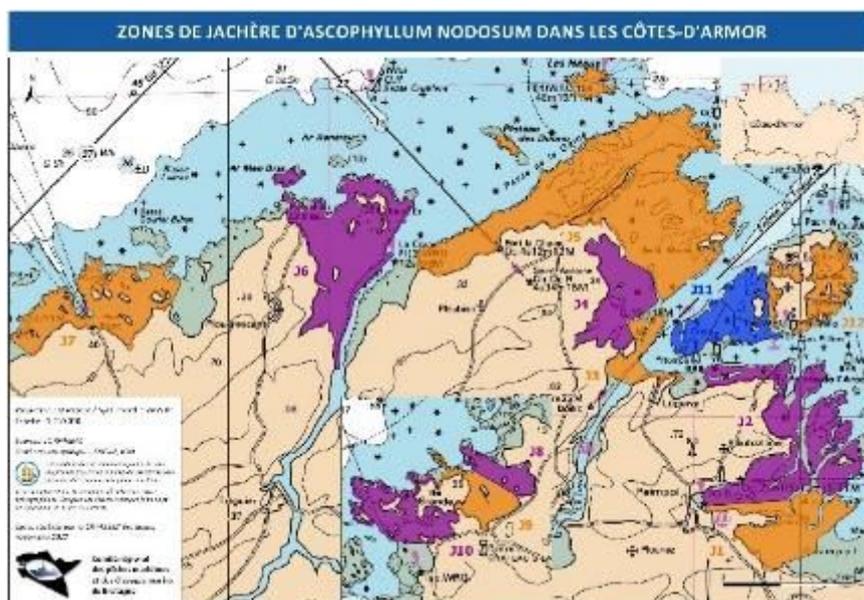


FIGURE 28 : Carte des jachères dans les Côtes-d'Armor.

4.5 Elaboration d'un document sur les bonnes pratiques de récolte de *A. nodosum*

Au cours de sorties terrain (particulièrement en Ille-et-Vilaine) et lors de discussions avec différents acteurs intervenant dans la récolte des algues de rive, le CRPME de Bretagne a parfois été confronté à une méconnaissance de la réglementation relative à la récolte de cette espèce. Aussi, dans le cadre de ce programme, il a élaboré un document synthétisant les caractéristiques biologiques et écologiques d'*A. nodosum* expliquant la réglementation associée et les risques encourus pour la ressource en cas de mauvaises pratiques (figure 29) (CRPME de Bretagne, 2018b). Ce dernier a été diffusé auprès des Comités des Pêches bretons, des Comités Conchylicoles bretons et au cours de réunions avec les récoltants professionnels.

Ce document a également été transmis à Agrocampus Ouest site de Beg Meil dans le cadre de la formation « Initiation à la récolte d'algues de rive et à l'algoculture » qu'il organise, durant laquelle le CRPME de Bretagne a dispensé un cours portant sur des notions d'écologie et de gestion des algues de rive (Conditions nécessaires à l'installation des algues

marines, Répartition & des algues, Cycle de développement de quelques espèces – règles de gestion et informations sur le Programme Biomasse Algues) à des futurs récoltants professionnels (CRPMEM de Bretagne, 2018c).



FIGURE 29 : Coupe trop courte ou arrachage d'*A. nodosum* entraînant une régression de la ceinture et un espace colonisé par les fucales et les patelles.

VI. ANALYSE DES DONNEES DECLARATIVES DE RECOLTE DES ALGUES DE RIVE A L'ECHELLE DE LA BRETAGNE ET GESTION DU SYSTEME DE LICENCES

Cette étude a montré la variabilité de biomasse exploitable de certaines algues d'intérêt économique dans l'espace et le temps et les contraintes liées à son évaluation. Elle a par ailleurs mis en évidence que les niveaux et les modes d'exploitation actuels (périodes et pratiques de récolte) au cours des deux cycles suivis ont permis à la biomasse algale des espèces étudiées de persister suite à la saison de récolte et de se régénérer.

A ce titre, la mise à disposition et le traitement des données déclaratives de récolte fournies mensuellement par les récoltants professionnels aux DDTM de Bretagne apporte un éclairage précieux. S'il ne permet pas de renseigner la quantité de biomasse exploitable à l'échelle de la Bretagne, il donne accès à une vision globale de l'exploitation des algues de rive, telle qu'elle a été réalisée jusqu'à présent, avec ses évolutions quantitatives, spatiales et temporelles.

La carte ci-dessous représente la répartition de la récolte d'algues de rive commercialisables à l'échelle régionale en 2018.

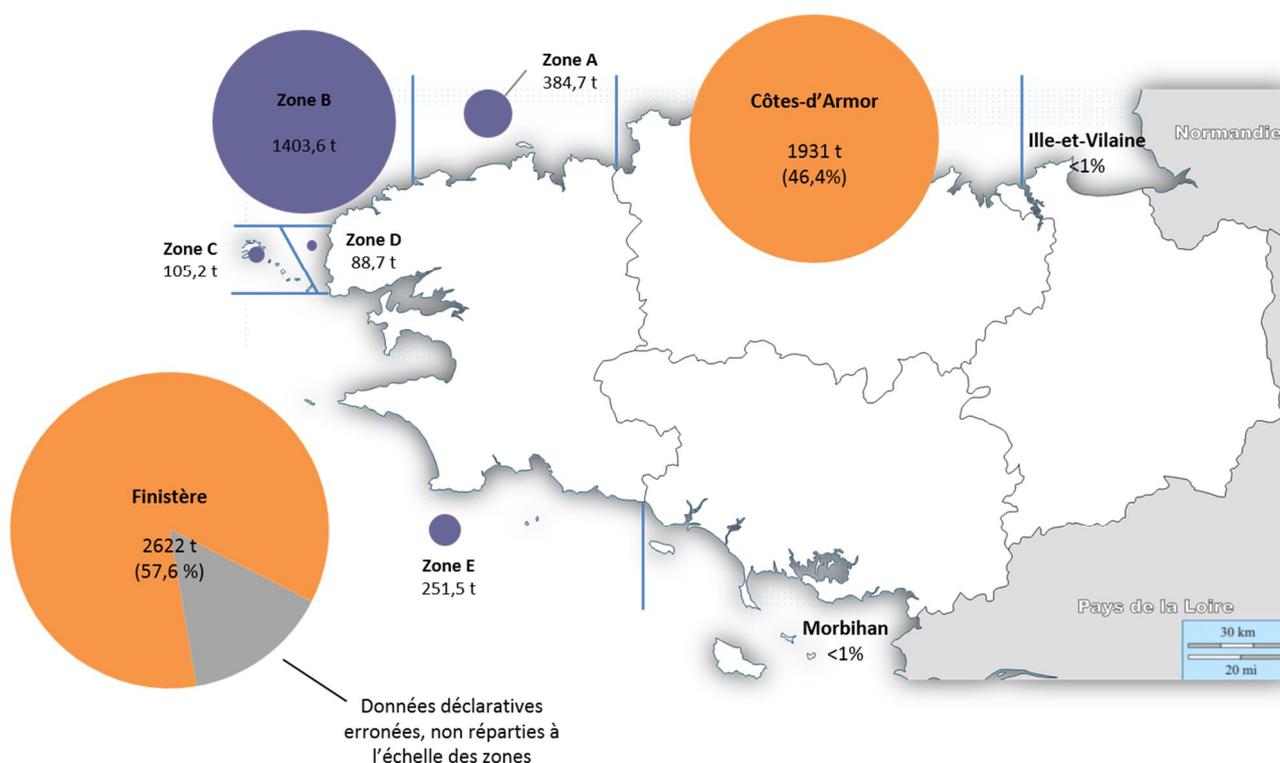


Figure 30 : représentation en points proportionnels des quantités d'algues récoltées en 2018 en Bretagne par département et par zone dans le Finistère – Données issues des fiches déclaratives fournies aux DDTM de Bretagne (camemberts orange : quantités récoltées par département ; camemberts bleus : quantités récoltées par zone du Finistère).

La figure 30 montre que l'essentiel de la récolte d'algues en 2018 a lieu en Finistère avec une production de plus de 2622 tonnes soit 57,6 % du total régional. Au sein de ce département, c'est la zone B qui cumule la majeure partie des algues produites (1403,6 tonnes c'est-à-dire près d'un tiers de la production régionale). Les Côtes d'Armor représentent la seconde région la plus productive en termes d'algues récoltées tandis que l'activité est anecdotique en Ille-et-Vilaine et dans le Morbihan.

Il faut préciser qu'en Finistère près de 400 tonnes n'ont pu être réparties à l'échelles des zones car il s'agissait de données déclaratives considérées comme erronées : la majorité d'entre elles n'ont pas été jugées recevables car elles n'étaient pas renseignées selon le carroyage officiel de 500 m x 500 m devant être utilisé par les récoltants.

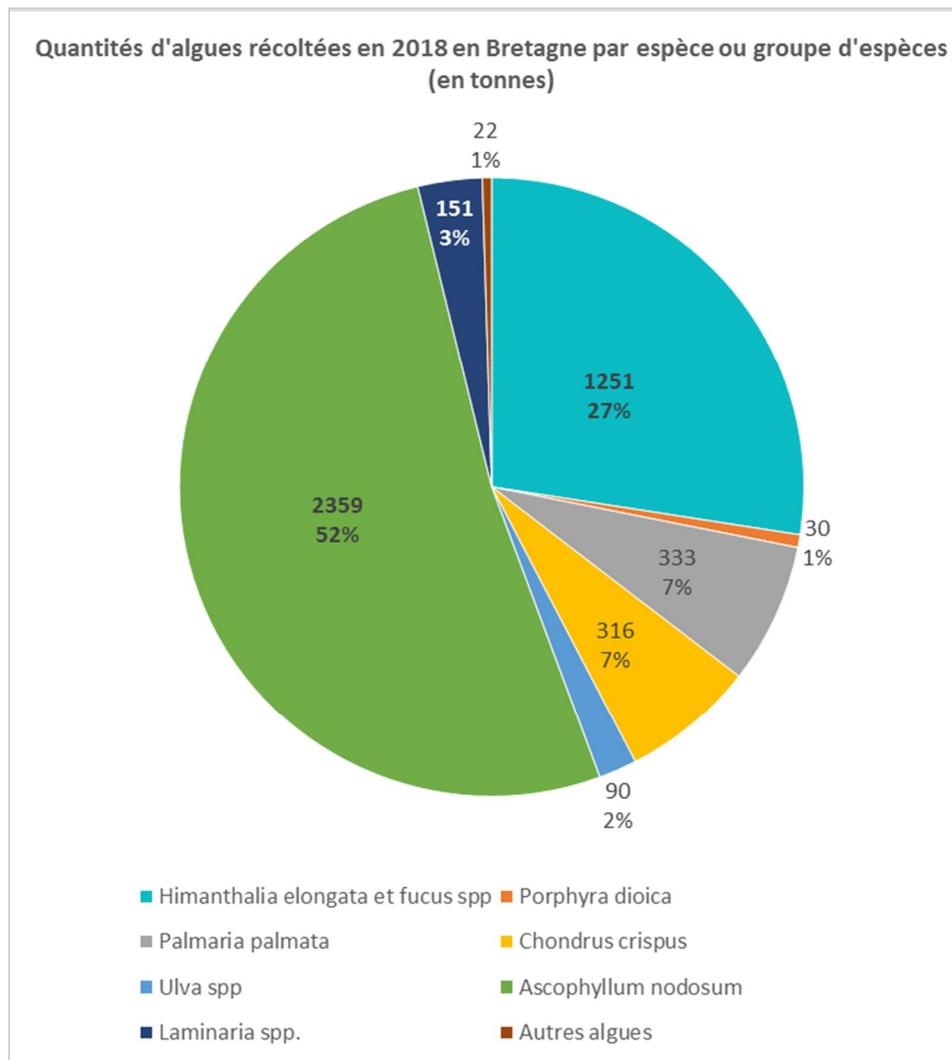


FIGURE 31 : Quantités d'algues de rive récoltées en Bretagne en 2018 par espèce ou groupe d'espèces, d'après les données déclaratives fournies par les professionnels.

Les algues ayant fait l'objet d'un suivi de biomasse (*P. palmata*, *C. crispus* et *A. nodosum*) représentent à elles seules 3008 tonnes, soit 66% de la production bretonne en 2018 (figure 31). Il convient par ailleurs de considérer les quantités de *fucus spp.* récoltées avec précaution car, après discussion avec les récoltants et transformateurs, il semblerait que ces chiffres incluent une part non négligeable d'*A. nodosum*, parfois récoltée en même temps que les *fucus spp.* et déclarée comme telles.

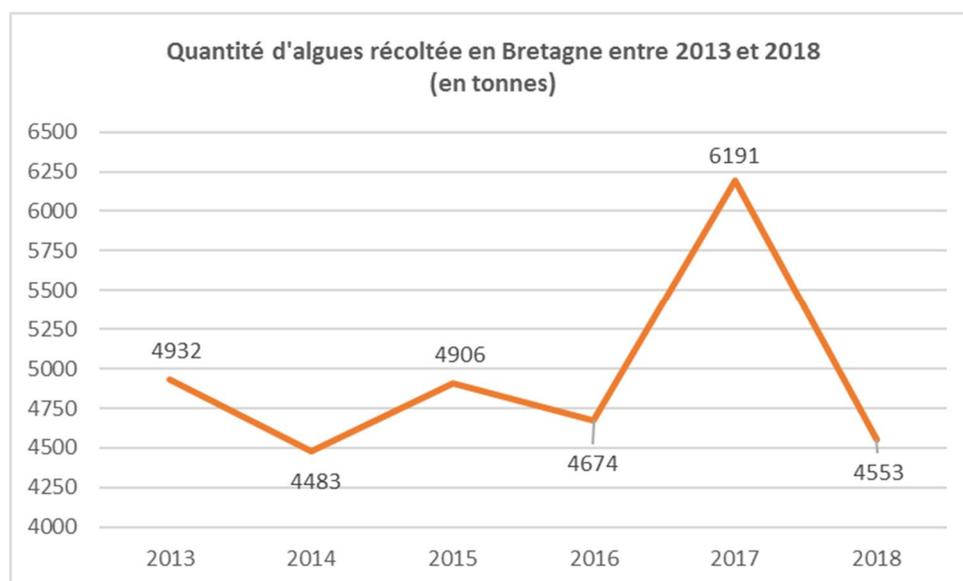


FIGURE 32 : Evolution de la récolte d'algues de rive en Bretagne entre 2013 et 2018 (données 2016 incomplètes : les mois de novembre et décembre n'ont pas été traités).

La Figure 32 montre une relative stabilité des prélèvements déclarés d'algues de rive en Bretagne sur la période 2013 - 2018 à l'exception de 2017 où on note un pic de récolte dû aux fucales dont les quantités déclarées ont beaucoup fluctué autour de cette année.

Une analyse plus fine par espèce est présentée ci-dessous dans le département des Côtes-d'Armor et selon un découpage par zone dans le département du Finistère (le zonage utilisé est présenté dans la figure 30 et en annexe VIII). Ces graphiques sont issus du traitement des données déclaratives fournies par les récoltants professionnels. Toutes les précautions d'usage sont précisées ci-après :

Les données sont issues des fiches de déclaration de récolte que doivent renvoyer chaque mois les entreprises titulaires d'une licence aux DDTM bretonnes. Les données 2016 n'incluent pas les prélèvements des mois de novembre et décembre qui n'ont pas été traités. Les quantités récoltées correspondant à des prélèvements n'ayant pas été validés (erreur de localisation ou donnée de localisation non renseignée selon le carroyage officiel) ne sont pas intégrées à l'analyse par zone. Pour des raisons de confidentialités, les données ne sont pas fournies pour les départements (Ille-et-Vilaine et Morbihan) et zones dans lesquels la récolte est réalisée par un nombre restreint d'entreprises ou lorsque les quantités prélevées sur l'ensemble de la zone sont anecdotiques.

1. Les principales espèces récoltées

1.1 *Palmaria palmata*

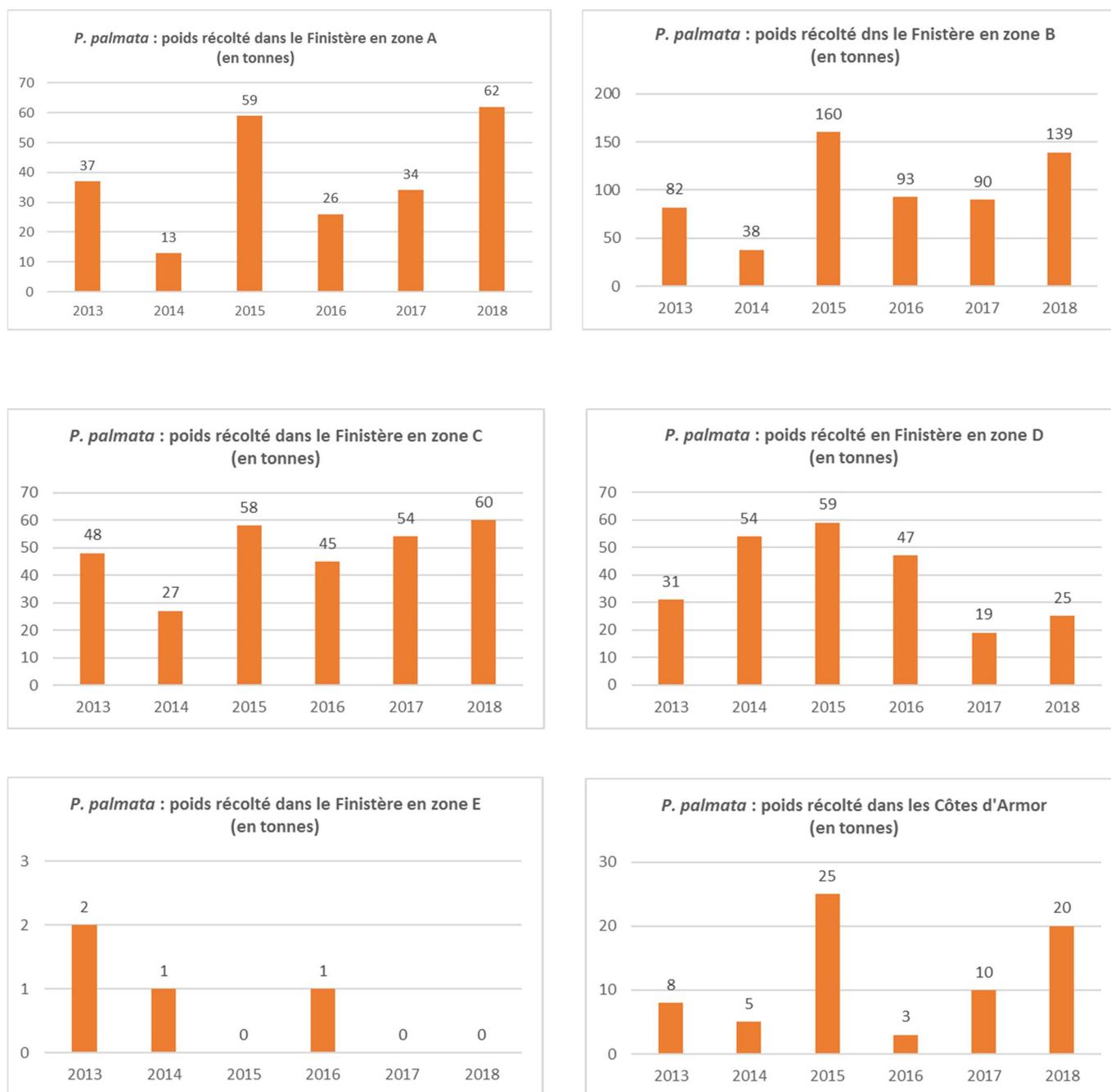


FIGURE 33 : Evolution des quantités récoltées de *P. palmata* depuis 2013 dans les différents secteurs de Bretagne, d'après les données déclaratives des professionnels.

Les données de récolte de la *Palmaria palmata* ont été fluctuantes depuis 2013 en fonction de la zone et de l'année considérées. Depuis l'année 2016, la récolte augmente dans les zones A, B, C du Finistère et dans les Côtes-d'Armor. En zone A et C, les quantités prélevées ont été maximales en 2018 par rapport à l'ensemble de la période (respectivement 62 et 60 tonnes) mais c'est dans la zone B du Finistère que la récolte s'opère principalement (en moyenne 100 tonnes récoltées annuellement).

1.2 *Chondrus crispus*

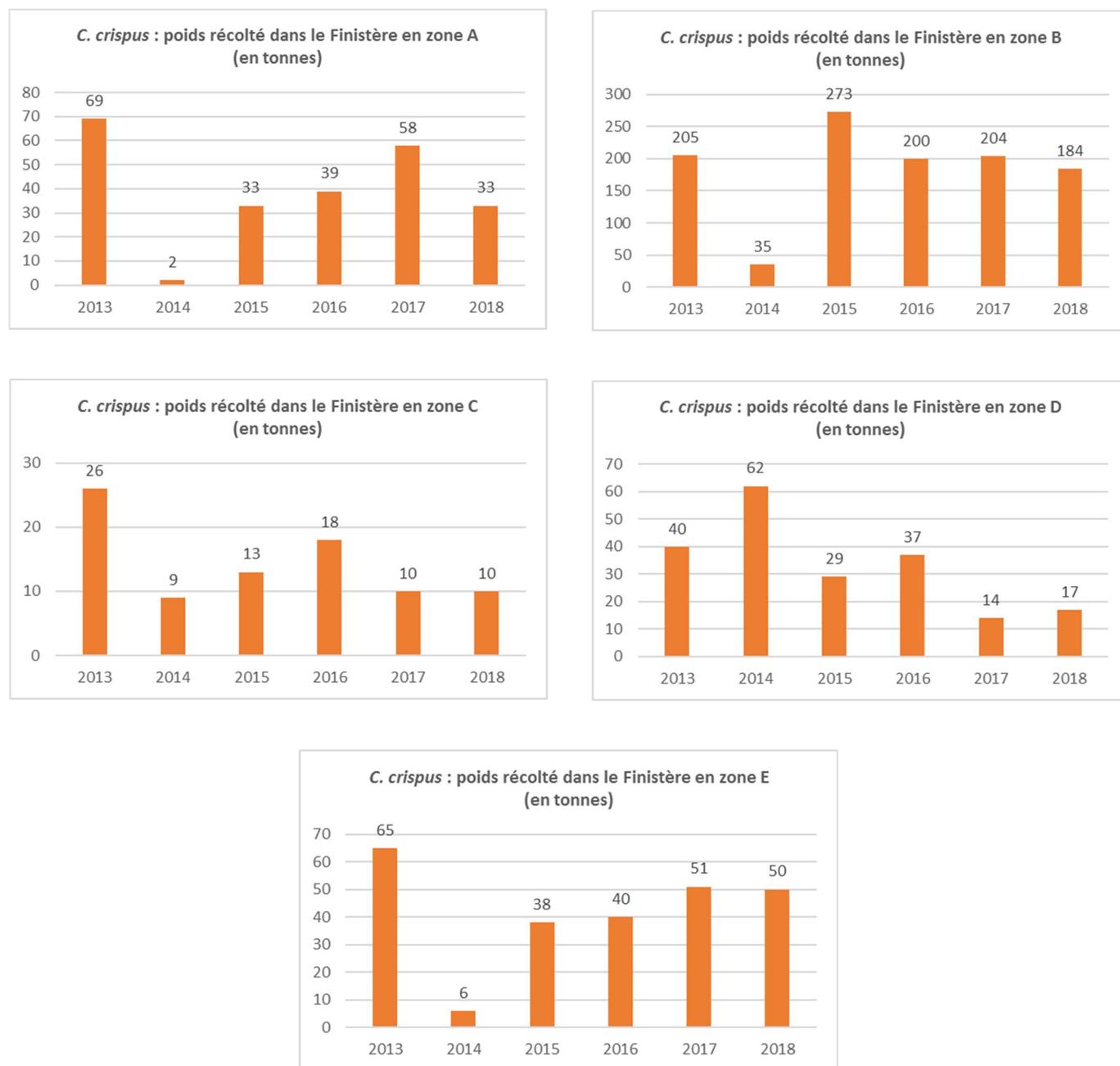


FIGURE 34 : Evolution des quantités récoltées de *C. crispus* depuis 2013 dans les différents secteurs de Bretagne, d'après les données déclaratives des professionnels.

Chondrus crispus est majoritairement récoltée en zone B où les tonnages ont atteint un maximum en 2015 (273 tonnes). La récolte de cette algue a régressé dans les zones A et B du Finistère au cours des deux dernières années tandis qu'ailleurs elle est restée constante. Elle est très peu récoltée sur les rivages des Côtes d'Armor.

1.3 *Ascophyllum nodosum*

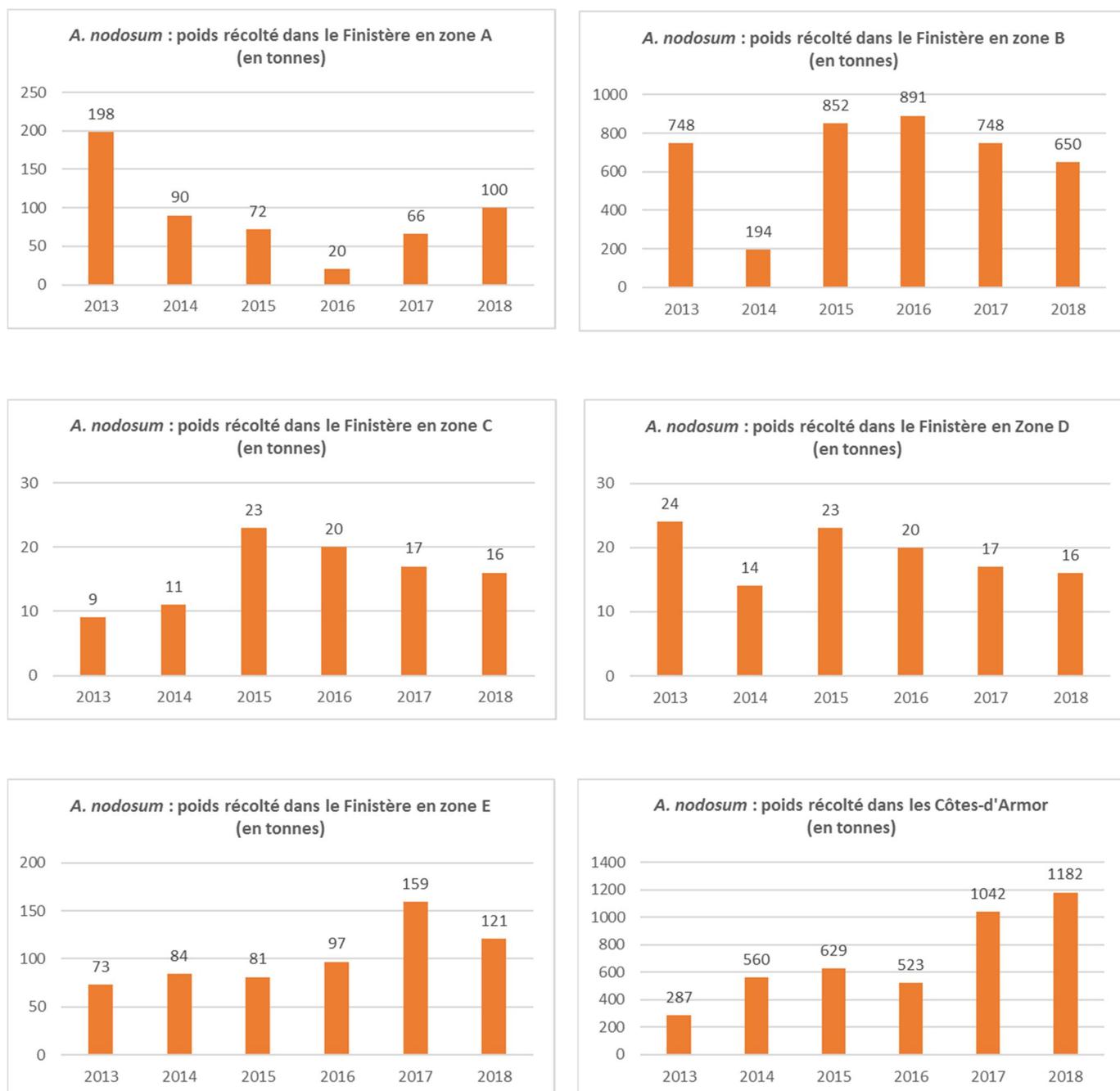


FIGURE 35 : Evolution des quantités récoltées d'*A. nodosum* depuis 2013 dans les différents secteurs de Bretagne, d'après les données déclaratives des professionnels.

A. nodosum est, depuis 2017, principalement récoltée dans les Côtes-d'Armor, d'après les données déclaratives des récoltants professionnels. Dans ce département, sa récolte a connu une croissance quasiment constante au cours des cinq dernières années et représente en 2018 61% de la production départementale contre 40% dans le Finistère. Néanmoins, ces données doivent être considérées avec prudence car les déclarations fournies concernent souvent des algues en mélanges pour cette espèce qui peut être récoltée et vendue avec d'autres fuciales.

1.4 *Fucus spp.* et *Himanthalia elongata*

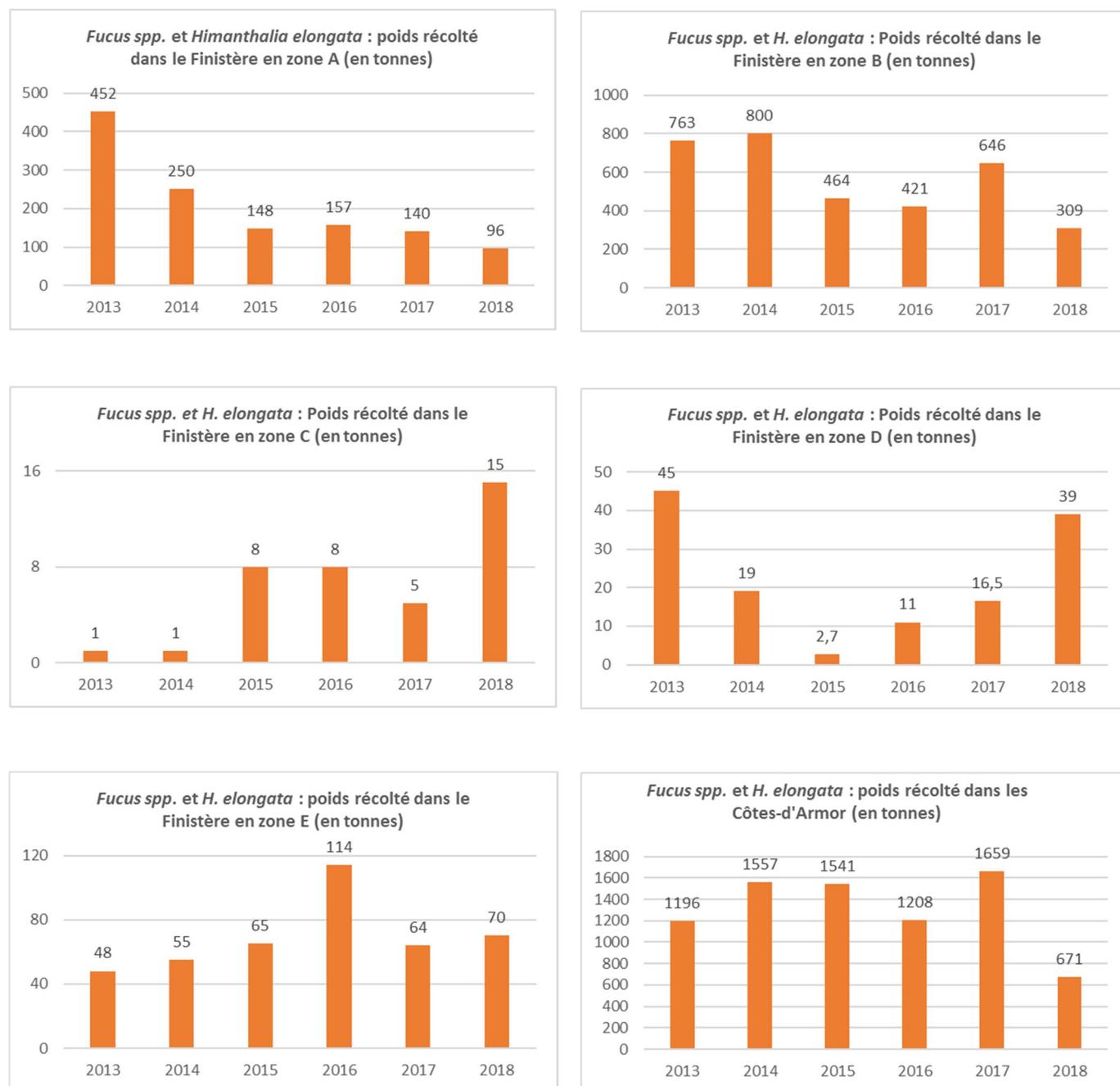


FIGURE 36 : Evolution des quantités récoltées de *Fucus spp.* et *Himanthalia elongata* depuis 2013 dans les différents secteurs de Bretagne, d'après les données déclaratives des professionnels

Le groupe des *Fucus spp.* regroupe principalement *Fucus vesiculosus*, *Fucus serratus* et *Fucus spiralis*. L'augmentation des quantités déclarées en 2017 est due à ces algues mais ces chiffres sont à considérer avec prudence car l'*Ascophyllum nodosum* est parfois récoltée en mélange avec des fucus spp. et renseignée sous ce groupe dans les fiches déclaratives. L'année 2017 a aussi été marquée par une modification du format de ces fiches. Des améliorations dans leur renseignement sont prévues dans les années à venir, ce qui permettra de disposer de chiffres plus précis permettant une analyse plus fine. *Himanthalia elongata* sera déclarée séparément pour en préciser les tonnages.

1.5 *Porphyra dioica*

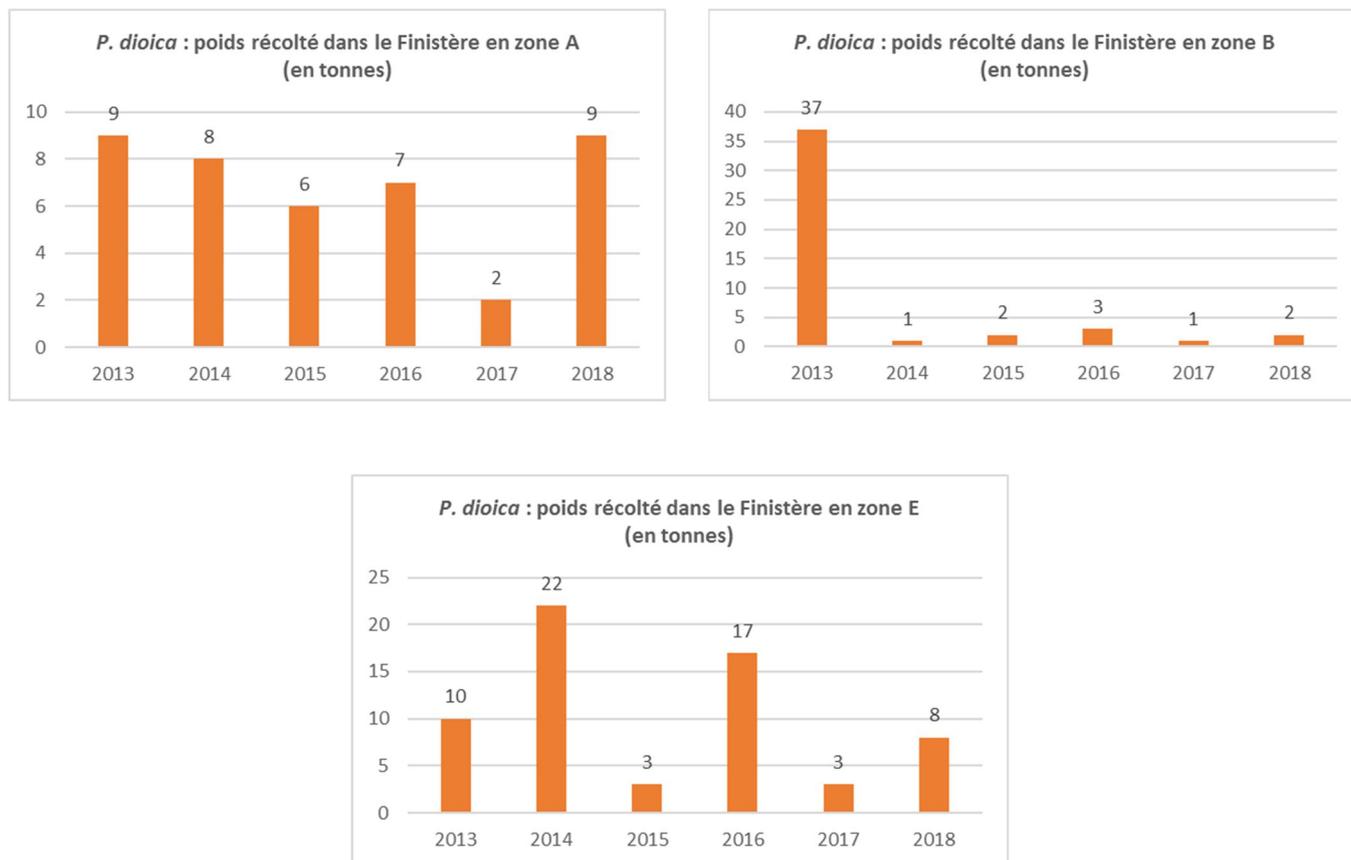


FIGURE 37 : Evolution des quantités récoltées de *Porphyra dioica* depuis 2013 dans les principaux secteurs de Bretagne concernés, d'après les données déclaratives des professionnels.

Malgré ses faibles tonnages, *Porphyra dioica* présente un intérêt majeur pour les récoltants et les transformateurs car elle apparaît comme relativement convoitée au vu de la ressource en présence et de ses fluctuations d'une année à l'autre. Les zones A et E représentent les principaux secteurs de récolte de *Porphyra dioica* et présentent la même évolution au cours des dernières années. Cette espèce peu récoltée présente des prélèvements qui fluctuent beaucoup d'une année à l'autre étant donné que sa disponibilité est fortement dépendante des conditions environnementales changeantes qui ne sont pas toujours en adéquation avec les calendriers de récolte. Dans les autres zones, les prélèvements sont anecdotiques.

1.6 *Laminaria spp*

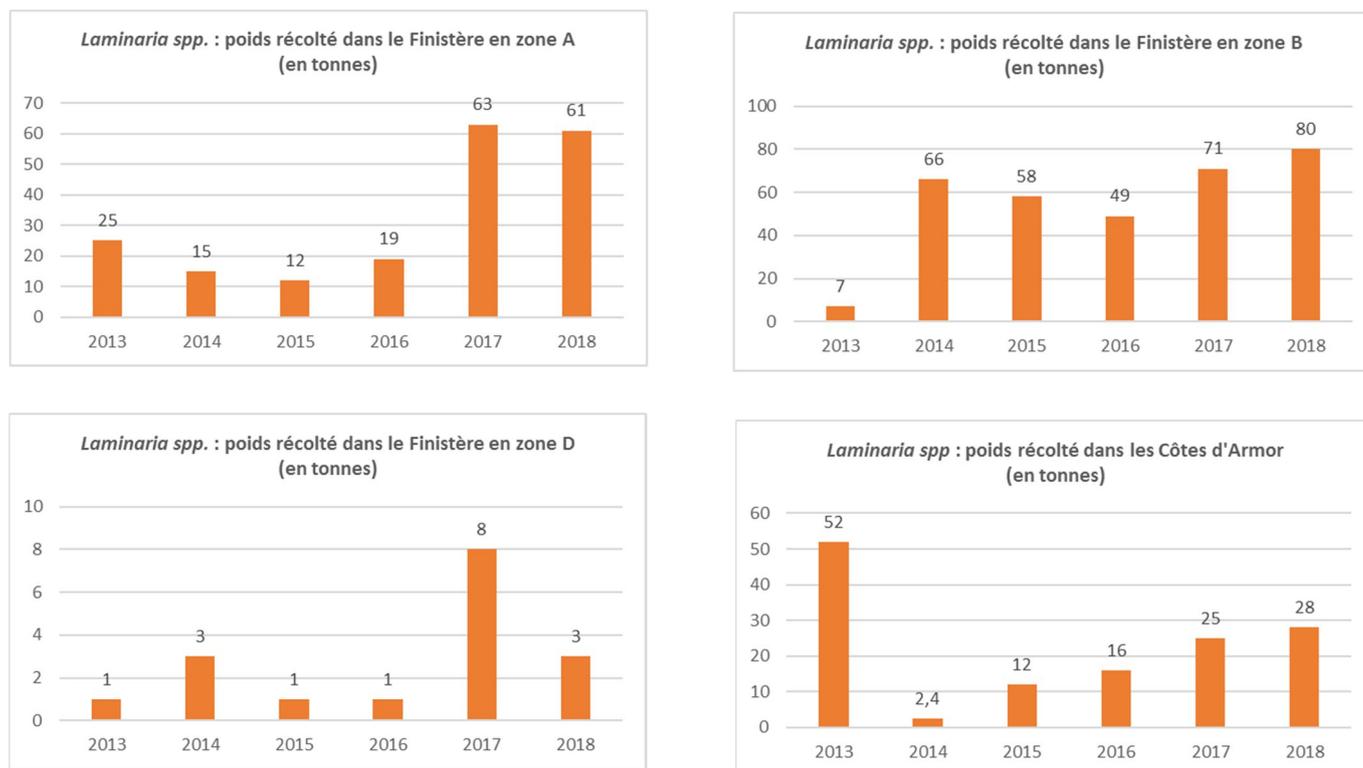


FIGURE 38 : Evolution des quantités récoltées de *Laminaria spp.* depuis 2013 dans les principaux secteurs de Bretagne concernés, d'après les données déclaratives des professionnels.

Les principales laminaires ramassées à pied sur sont *Laminaria digitata* et *Saccharina latissima* et dans une moindre mesure, *Undaria pinnatifida* (« Wakamé »), *Alaria esculenta*, *Laminaria ochroleuca* et *Laminaria hyperborea*. Concernant les différentes espèces de laminaires, depuis 2016, leur récolte est en augmentation dans les principales zones de production (zones A, B et Côtes-d'Armor). Elle atteint 80 tonnes en zone B en 2018. Ailleurs les quantités récoltées sont plus faibles. A titre de comparaison, la récolte de laminaires à partir d'embarcation représente quant à elle 60 à 70 000 tonnes par an en Bretagne.

CE QU'IL FAUT RETENIR

La récolte d'algues en Bretagne représente chaque année depuis 2013 plus de 4400 tonnes de prélèvements. Le Finistère concentre 53% des tonnages récoltés en 2018, principalement sur la portion de littoral qui s'étend de la cale du Vougot à la presqu'île de Saint-Laurent (Zone B)

La grande majorité (79 % en 2018) est composée de fucales (*A. nodosum*, *Fucus spp.*, *H. elongata*).

Les autres algues principalement visées par les récoltants sont *Palmaria palmata*, *Chondrus crispus*, les laminaires, les ulves et *Porphyra dioica*. Les prélèvements varient au cours du temps, d'après les données déclaratives fournies par les récoltants. *Palmaria palmata* et les laminaires voient leurs prélèvements augmenter depuis 2016 tandis que la récolte d'autres espèces telles que *Chondrus crispus* et *Ascophyllum nodosum* stagne ou diminue. Pour cette dernière, on observe cependant une augmentation quasi constante depuis 2013 dans les Côtes d'Armor.

2. La gestion du système de licences

2.1 Principales évolutions de la réglementation liée à l'activité de récolte d'algues de rive en Bretagne

Jusqu'à la fin du XXI^{ème} siècle, l'activité de récolte des algues de rive demeure peu encadrée et réglementée. En 1990, la législation évolue avec l'écriture d'un premier arrêté qui définit les dates d'ouverture de la récolte par espèce et un régime d'autorisation de récolte limité voit le jour en 2004-2005 sous l'impulsion des professionnels et de l'administration qui voient augmenter le nombre de récoltant sur l'estran (Garineaud, 2017). A partir de 2007, le CRPMEM de Bretagne met en place un groupe de travail, lieu de discussions et de propositions des conditions de pratique de l'activité. Ce groupe de travail (GT) rassemble des récoltants, scientifiques et gestionnaires mais également - et c'est une spécificité par rapport aux autres pêcheries - les industriels. Ce GT travaille principalement sur la mise en place de règle de gestion de la ressource. En 2012, le programme Almarbio (2011 - 2014) dont l'objectif est le développement de la filière algues marines bio bretonnes, permet la mise en place d'un carroyage spécifique de 500m par 500m qui devient en 2013 l'outil réglementaire de déclaration des récoltes. Entre 2014 et 2017, le GT algues de rive du CRPMEM a travaillé à l'écriture d'un statut professionnel de récoltant d'algues de rive, à l'instar du statut professionnel de pêche à pied des coquillages qui a vu le jour en 2001. Ce texte, actuellement en cours d'expertise à la DPMA (Direction des pêches maritimes et de l'aquaculture) permettra de reconnaître ce métier à part entière et de sécuriser la profession. En parallèle, les récoltants d'algues de rive titulaire d'une licence de récolte seront intégrés officiellement dans les structures professionnelles que sont les comités des pêches à partir de 2022. Ils pourront alors se présenter au sein des instances décisionnelles à travers le collège de pêcheurs à pied et récoltant d'algues de rive.

L'ensemble de ces évolutions récentes, ainsi que la mise en place des licences par le CRPMEM de Bretagne en 2018 affirme la volonté des professionnels de la filière de structurer et pérenniser leur activité.

2.2 Etat des lieux des licences et extraits de récolte d'algues de rive délivrés pour l'année 2018

Depuis le 1^{er} janvier 2018, un système de licences délivrées par le CRPMEM de Bretagne a remplacé les autorisations administratives délivrées par le préfet de région. Chaque entreprise de récolte dispose d'une licence, puis au sein de chaque entreprise, les récoltants disposent d'extraits de licence (divisés en 8 groupes d'algues, sur 8 zones) permettant d'aller récolter. Un extrait peut être attribué pour une durée de 12 mois (extrait annuel) ou 6 mois (extrait saisonnier).

Le nombre maximal de licence ainsi que le nombre d'extrait annuel et saisonnier est fixé par délibération du CRPMEM de Bretagne².

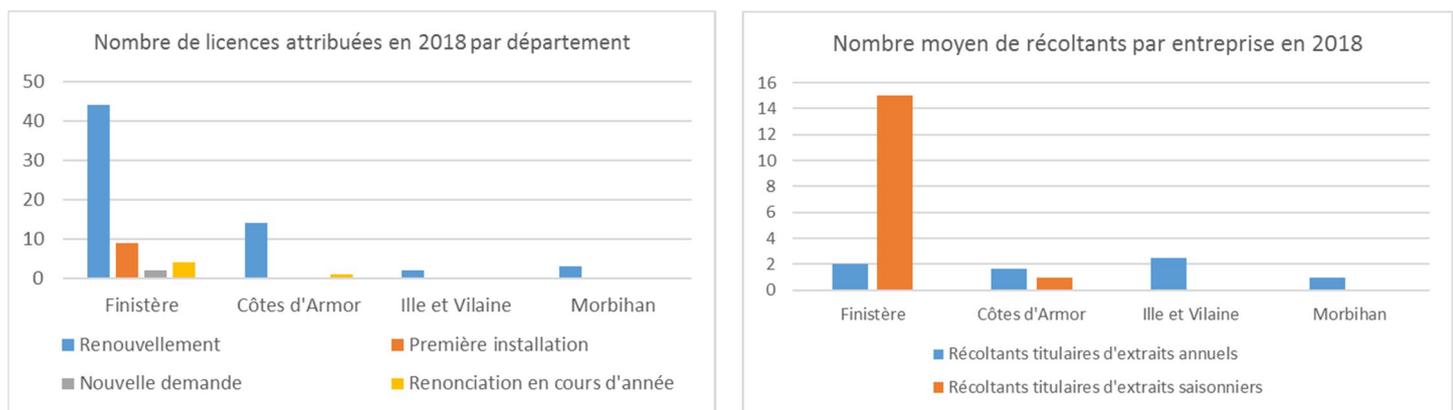


FIGURE 39 : Nombre de licence attribués pour l'année 2018 et nombre moyen de récoltants par entreprise en 2018, par département (*Renouvellement : entreprise déjà titulaire d'une autorisation de récolte en 2017 ; nouvelle demande : demande*

² Délibération 2018-029 du CRPMEM de Bretagne fixant les conditions d'attribution de la licence de récolte à pied des algues de rive à titre professionnel sur le littoral de la région Bretagne

réalisée par un demandeur titulaire d'une autorisation de récolte dans le passé ; première installation : demandeur n'ayant jamais été titulaire d'une autorisation dans le passé, renonciation en cours d'année : abandon de la licence en cours d'année).

Depuis plusieurs années, le nombre de demandes de licence de récolte d'algues de rive à titre professionnel est en augmentation, reflet de l'engouement que suscite cette profession. Ainsi, en 2018, 79 licences de récolte d'algues de rive à titre professionnel ont été délivrées, soit le nombre maximum de licence fixé par délibération du CRPME de Bretagne. Au cours de la saison 2018, 11 nouvelles entreprises ont pu s'installer, majoritairement dans le Finistère et 5 entreprises ont arrêté en cours d'année pour diverses raisons. 141 récoltants ont été titulaires d'extraits annuels et 136 d'extraits saisonniers, embauchés par 16 entreprises différentes. Les entreprises de récolte d'algues de rive bretonnes sont principalement des PME avec en moyenne 2 personnes dédiées à la récolte. Elles disposent majoritairement de plusieurs extraits permettant de diversifier les espèces d'algues visées tout au long de l'année. La majorité des entreprises titulaires d'une licence sont donc des entreprises dont l'activité principale est la récolte des algues de rive et quelques entreprises sont plutôt spécialisées dans la transformation avec une activité de récolte périodique durant la saison estivale.

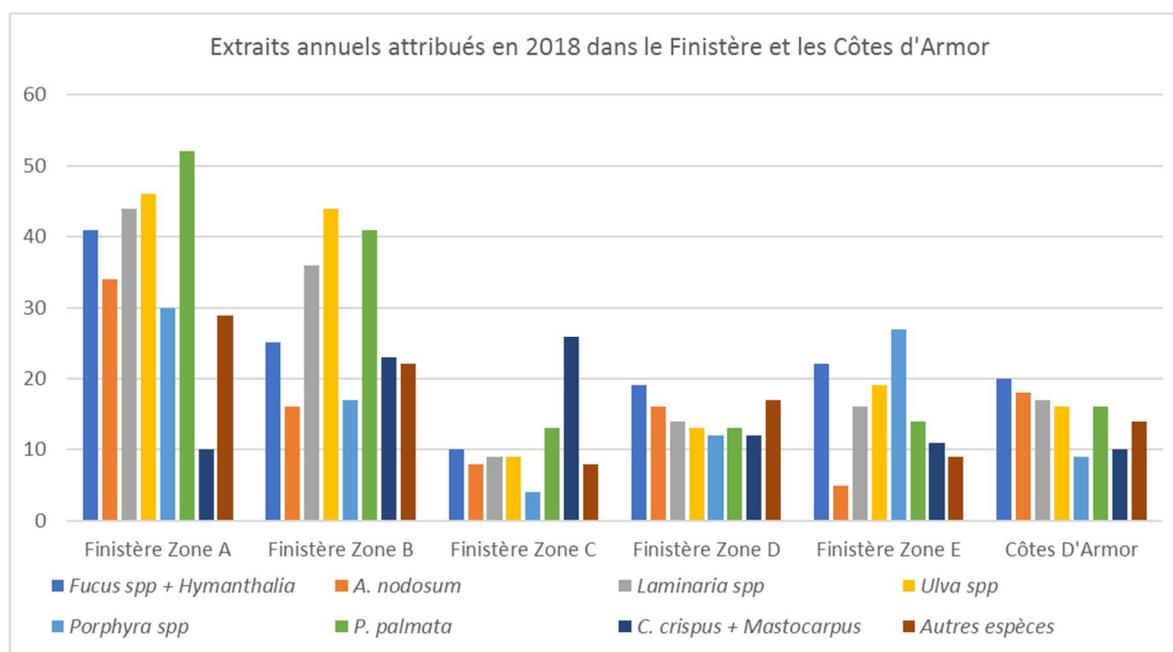


FIGURE 40 : Nombre d'extraits de licence annuels attribués dans le Finistère et les Côtes d'Armor en 2018.

Pour des raisons de confidentialités des données et en lien avec le faible nombre d'entreprises dans ces départements, le nombre d'extrait attribué en Ille et Vilaine et dans le Morbihan n'est pas présenté. Le nombre d'extraits attribués en 2019 varie selon les zones et est à mettre en parallèle avec les données déclaratives de récolte (figure 30 et suivantes). Ainsi, la récolte dans les Côtes d'Armor qui représente près de 47 % de la récolte bretonne, toutes algues confondues, est effectuée par un petit nombre d'entreprises, majoritairement spécialisées dans la récolte des fucales et d'*A. nodosum*. Le nombre d'extrait attribué dans la zone A du Finistère est plus élevé pour la majorité des algues ou groupe d'algues qu'en zone B alors que la zone A représente moins de 10% de la récolte contre environ 33% pour la zone B. Cela peut s'expliquer par le fait qu'une partie des entreprises ayant des extraits en zones A et B privilégie la zone B de par la proximité géographique avec le siège de l'entreprise.

Sur la zone C, l'archipel de Molène, un petit nombre d'extraits est attribué car la réglementation en termes de navigation restreint le nombre de récoltants pouvant y accéder.

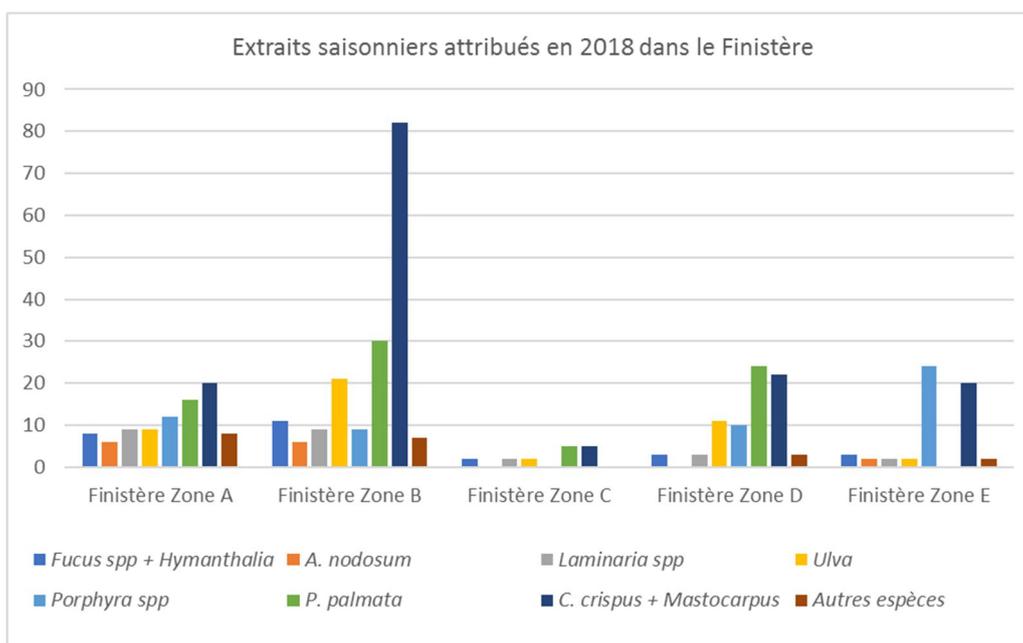


FIGURE 41 : Nombre d'extrait de licence saisonniers attribués dans le Finistère en 2018

Pour des raisons de confidentialité des données, le nombre d'extrait attribué dans les trois autres départements n'est pas présenté. La récolte saisonnière est majoritairement exercée dans le nord Finistère et concerne principalement *C. crispus*, dans lequel plusieurs entreprises de transformation se sont spécialisées. Il n'est pas possible de distinguer la production réalisée par des récoltants titulaires d'extraits annuels ou saisonniers car cette information ne figure pas sur les fiches de récolte.

CE QU'IL FAUT RETENIR

Le nombre de demandes de licences a augmenté au cours des dernières années.

En 2018, la récolte d'algues en Bretagne représente 79 entreprises et 277 récoltants dont une partie exerce ce métier de manière saisonnière.

La majorité des récoltants travaille différentes espèces. Cela leur permet de s'adapter à la demande du marché, aux périodes d'ouverture réglementaires des différentes espèces et aux fluctuations de biomasses disponibles pour certaines espèces annuelles.

Ces données permettent de mettre en lumière certaines des spécificités de cette activité. Outre la disponibilité de la biomasse et la demande du marché ; l'accessibilité aux zones de récolte, la possession d'engins de transport (bateaux, tracteurs), la proximité avec le siège de l'entreprise sont autant de facteurs qui influencent la fréquentation des champs d'algues exploitables.

VII. LIMITES DE LA METHODE D'EVALUATION DE LA BIOMASSE EN ALGUES DE RIVE

1. Les données déclaratives

Les récoltants d'algues professionnels déclarent leur récolte sur un carroyage très fin de 500 m par 500 m (accessible en ligne à l'adresse suivante : <http://www.bretagne-peches.org/modules/kameleon/upload/carroyage-algue-de-rives.pdf>). Ce carroyage, adopté par la profession en 2013, constitue une source d'informations importante ayant permis de sélectionner les zones à évaluer. Pourtant, il existe plusieurs limites à leur utilisation, à commencer par leur accessibilité. En effet, les données sont traitées par les DML bretonnes de façon hétérogène et seules les données par cartes sont fournies par certaines DML, lorsque la saisie est réalisée. Les données par carrés ont pu être traitées par le CRPMEM de Bretagne, ce qui a représenté un temps de travail non négligeable.

L'analyse de certaines fiches anonymisées révèle des erreurs. Les principales sont des mélanges d'espèces telles que *Fucus* et *A. nodosum* sans détail sur les proportions, des déclarations en poids sec au lieu du poids frais, des déclarations de récolte dans des carrés à terre ou en pleine mer, des espèces déclarées dans un carré alors qu'absentes du carré, une seule déclaration pour plusieurs récoltants, etc.

L'utilisation de ces données doit donc prendre en compte l'ensemble de ces limites. Toutefois, il est important de souligner une progression d'année en année dans le taux de fiches déclaratives correctement remplies depuis la mise en place du carroyage en 2013. En 2018, plus de 85% des données fournies semblaient correctement renseignées.

2. Le travail de terrain

L'accessibilité aux sites à pied ou en bateau, les coefficients de marée parfois importants pour certaines espèces ainsi que le temps et les moyens humains disponibles sont autant de facteurs limitant les possibilités de sorties et donc le nombre de sites évalués.

En règle générale, pour les espèces telles que *Palmaria palmata* et *Chondrus crispus*, situées en bas d'estran, un binôme peut prospecter 10 quadrats sur 5 ha environ (moins d'un quart de la surface d'un carré du carroyage officiel) dans le temps imparti par la marée. Ce nombre de quadrats est également réalisable le temps d'une marée pour les mesures d'*A. nodosum* qui prennent plus de temps. Pour ce cas particulier, une autre technique efficace a été testée dans le Finistère et dans les Côtes d'Armor lors d'évaluation de la ressource pour la mise en place de zones de jachères. Le nombre de sites évalués dans le programme Biomasse Algues est donc assez réduit au regard des surfaces recouvertes par les espèces étudiées.

Il existe une variabilité spatio-temporelle dans la présence et la qualité des algues évaluées, ce qui limite les résultats à un instant t et aux zones prospectées. Les résultats obtenus dans un secteur évalué sont difficilement extrapolables à d'autres car la ressource n'est pas toujours aussi importante autour de la zone prospectée, ce qui peut entraîner un risque de surestimation de la biomasse.

3. Les facteurs environnementaux

Les conditions environnementales jouent un rôle très important sur la présence et la qualité des algues et sont variables d'une année à l'autre. Par exemple, nous avons pu observer au printemps 2017 la présence d'individus de *P. palmata* ayant déjà atteint la taille réglementaire et fortement épiphytées et coriaces, donc invendables pour la consommation humaine. Ces individus issus de l'année 2016 n'ont pas été arrachés par les habituelles tempêtes hivernales qui auraient dû permettre le développement par multiplication végétative de frondes plus jeunes et plus fines à partir du disque basal ou du reliquat des parties plus âgées restées en place (Le Gall *et al.*, 2004). Ces tempêtes hivernales ou printanières peuvent causer un arrachage massif des algues, selon leur niveau d'exposition, et parfois même réduire les efforts d'échantillonnage à néant. Les évaluations de biomasse peuvent donc avoir une durée de validité courte.

Les évaluations de gisements de coquillages exploités en pêche à pied professionnelle (biomasse et structure démographique) permettent de connaître l'état des stocks et la fraction qui arrivera à taille commercialisable lors de l'ouverture de la campagne, mais aussi de prédire leur évolution à court terme et donc la future part exploitable. Ce n'est malheureusement pas possible dans le cas des algues de rive dont la dynamique de population n'est pas stable d'une année à l'autre ni parfois d'un mois à l'autre.

De plus, l'environnement joue un rôle dans la commercialisation des coquillages via la qualité de l'eau qu'ils filtrent qui conditionne leur salubrité, mais il a une influence plus directe sur la qualité des algues tout au long de l'année en impactant éventuellement leur aspect, composition ou possibilité de récolte. En effet, la température, le degré de dessiccation lors des grandes marées, la quantité de nutriments dans l'eau et les variations de salinité ont une influence sur la concentration en pigments dans les algues ainsi que sur leur croissance, leur métabolisme et leur composition (Ismail & Osman, 2016). Par exemple, les températures et l'ensoleillement printaniers très forts en 2017 (annexe V) ont eu pour effet de décolorer de nombreuses algues, comme sur la figure 21 sur laquelle on distingue des algues habituellement rouges (notamment *P. palmata* et *C. crispus*) ayant perdu une partie de leurs pigments. Le printemps 2018 particulièrement pluvieux (annexe V) a en revanche permis le développement de *Porphyra spp.* qui s'était faite rare les années précédentes. Un travail de sensibilisation sur ce sujet est à mener auprès des entreprises de transformation dont la demande ne tient pas nécessairement compte des cycles de développement des algues de rive, ni de l'influence de l'environnement qui les affecte.

Des prédateurs naturels des algues (patelles, bigorneaux, lièvres de mer, etc.), leurs épiphytes (vers à tubes calcaires, bryozoaires, autres algues, etc.) ou encore les espèces concurrentes pour l'espace, la lumière et les sels nutritifs peuvent également influencer la présence et/ou l'aspect des algues, tout comme les différents stades de croissance ou de reproduction.

Toutes ces limitations rendent donc complexe la mise en place de prédictions fiables de la biomasse en algues de rive, il n'est donc pas possible de définir des protocoles à l'image de ceux produits pour les évaluations de coquillages pour la plupart des espèces d'algues de rive récoltées.

CE QU'IL FAUT RETENIR

Les principales limites liées à la méthode d'évaluation de la biomasse en algues de rive sont : l'accès aux données déclaratives synthétisées ; l'accessibilité aux champs d'algues à pied et le temps nécessaire aux évaluations de terrain ainsi que les facteurs environnementaux qui influencent la qualité et la présence des algues dans le temps et dans l'espace.

VIII. Discussion et pistes d'améliorations

Nous nous heurtons à trois problèmes principaux dans l'évaluation de la biomasse des algues de rive et leur gestion : 1) l'accès aux synthèses des données déclaratives, 2) l'impossibilité actuelle d'évaluer la ressource algale par la méthode des quadrats dans de grandes zones, *a fortiori* sur l'ensemble du littoral breton étant donné l'absence de données exhaustives concernant les enveloppes de champs, le temps et le coût nécessaire au déploiement de cette méthode et 3) l'influence des conditions environnementales non maîtrisables sur la ressource.

1. Simplification de l'accès aux données déclaratives et amélioration de la qualité des données

La gestion des ressources marines exploitées passe par la connaissance des stocks mais également de la pression de pêche s'exerçant sur ces derniers. Sur ce point, le CRPMEM de Bretagne a des difficultés à accéder à l'information traitée. Une solution pourrait consister à utiliser un système de télédéclaration par sms ou ordinateur comme pour la pêche à pied

professionnelle (TELECAPECHE), facilitant le traitement des données en temps réel, ce qui représente un gros atout pour la gestion de la ressource.

Dans un premier temps, dans le cadre de ce programme, les données 2013 et 2014 ont été saisies sur Excel puis en 2018, une base de données a été créée avec le logiciel Access. Elle facilite et limite les erreurs de saisie des données par rapport à un simple tableau croisé-dynamique sous Excel. Il sera important de continuer à compléter cette base de données tant que la télédéclaration ne sera pas opérationnelle afin de mettre à disposition de la profession des données actualisées permettant d'objectiver les débats dans le cadre des évolutions réglementaires.

Durant ces trois dernières années, un travail de sensibilisation des professionnels sur la manière et l'importance de bien compléter les fiches déclaratives a été mené. Le taux de fiches correctement complétées n'a cessé d'augmenter depuis la mise en place du système. Ce travail de sensibilisation doit être poursuivi, notamment auprès des entreprises qui s'installent.

2. Evaluation de la biomasse des algues de rive

2.1 Délimitation des champs d'algues de rive et estimation de la biomasse

En tenant compte du temps de travail limité par la marée montante pour évaluer la biomasse dans un champ d'algues de rive, il serait plus rigoureux de définir un nombre de quadrats en fonction de sa taille, c'est à dire définir une aire minimale d'échantillonnage, en fonction de la surface des polygones qu'il représente évaluée sous SIG, plutôt que l'application systématique de « 10 quadrats minimum » retenue en 2017 et 2018. Il est possible de délimiter les champs d'algues « manuellement » comme cela est fait pour la cartographie d'habitats (cf. chapitre III - 2), mais, à l'instar de la méthode d'évaluation de la biomasse à l'aide de quadrats, les moyens à mobiliser sont importants pour de petites surfaces. Il est également possible de mettre en place une classification automatique plus ou moins fiable ou de définir les limites de répartition potentielles des espèces grâce à leur bathymétrie préférentielle que l'on peut reporter sur des Modèles Numériques de Terrain s'ils existent, tels que dans le Finistère (figure 42). Néanmoins, cette méthode assez chronophage nécessite des compétences spécifiques et ne se substitue pas au travail de terrain de vérification qui doit être mené ensuite pour valider les données.

Une piste pour délimiter les champs d'algues pourrait venir de l'utilisation de cartographies d'habitats existantes ou à venir dans les sites Natura 2000 qui constituerait une première base de travail. Elles devraient être complétées par la technique hyperspectrale par exemple ou autre moyen permettant de définir leurs enveloppes (ex. cerf-volant, données satellites). En effet, une fois les limites définies, il est possible d'y appliquer la méthode des quadrats pour évaluer la biomasse et extrapoler les données moyennes obtenues à l'ensemble de la surface occupée par une espèce. Par ailleurs, grâce à quelques études scientifiques (ex. : suivis de la biomasse dans le PNMI depuis 2013 (Kopp & Perez, 1978 ; Perez, 1978 ; Perez *et al.*, 1980 ; Guillaumont *et al.*, 1993 ; Golléty *et al.*, 2011 ; LeLeve T., 2014 ; Stagnol *et al.*, 2013b & 2016) et au programme Biomasse Algues qui a montré l'absence de différences significatives de biomasse entre les sites très denses en espèces étudiées, il existe des données de biomasse moyennes pour différentes espèces qui pourraient à l'avenir servir de bornes de références pour d'autres secteurs pour évaluer la biomasse sans refaire de quadrats en utilisant les enveloppes connues des champs (ou à connaître). Il serait ainsi possible de déterminer si cette biomasse est suffisante pour autoriser la récolte. De plus, la connaissance des contours offre la possibilité de suivre l'évolution de leurs limites et donc leur éventuelle régression ou extension ainsi que la composition spécifique des champs.

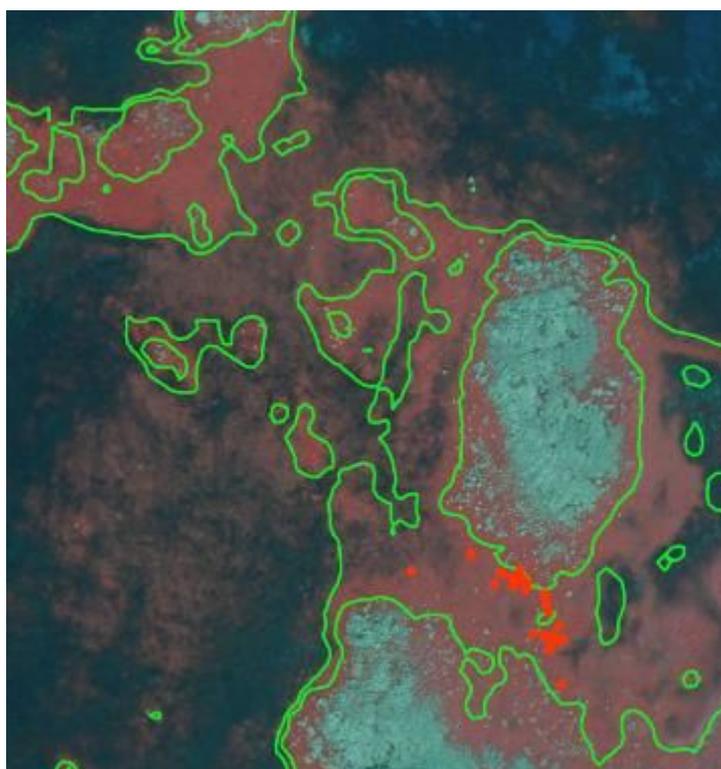


FIGURE 42 : Exemple de l'utilisation des données bathymétriques Litto 3D pour localiser les zones potentielles de *P. palmata* - secteur de Lampaul Plouarzel (en vert : isobathes -3 et -2 référentiel NGF IGN)

Une autre solution future pourrait venir également de la modélisation prédictive pour tenter d'évaluer la distribution et la biomasse des algues d'intérêt. Un travail similaire a déjà été réalisé sur les laminaires du Parc Naturel Marin d'Iroise en utilisant plusieurs sources de données (environnementales, acoustiques, bathymétriques, biomasse, effort de pêche, production, etc.) (Bajjouk *et al.*, 2015). Cette première étape pourrait être améliorée par l'intégration des différentes sources de variation de la répartition des algues (conditions environnementales, prélèvements, dynamique naturelle des espèces, etc.) pour prédire leur présence et servir d'outil d'aide à la gestion de la ressource (simulations et aide à la décision) (Bajjouk *et al.*, 2013).

2.2 Recommandations sur l'utilisation de la méthode des quadrats pour l'évaluation de la biomasse

C. crispus et *P. palmata* sont susceptibles d'être présentes dans trois ceintures (Ar Gall & Le Duff, 2007) :

- ceinture à *Fucus serratus* + Rhodophycées ;
- ceinture à *Himanthalia elongata* / *Bifurcaria bifurcata* / Rhodophycées ;
- ceinture à Laminariales.

Toutefois, c'est uniquement la ceinture dans laquelle la biomasse est la plus forte qui a été prospectée dans ce programme : ceinture à *F. serratus* + Rhodophycées pour *C. crispus* et ceinture à *H. elongata* / *B. bifurcata* / Rhodophycées pour *P. palmata*. *A. nodosum* a été évaluée dans la ceinture *A. nodosum* / *F. vesiculosus* même si cette espèce peut être également rencontrée dans la ceinture à *Fucus spiralis*. L'effort d'échantillonnage alloué à l'évaluation de la biomasse de *C. crispus* et d'*A. nodosum* a été au minimum de 2,5 m² par site (carré) et 10 m² pour *P. palmata*. Ces chiffres sont supérieurs aux aires minimales expérimentales correspondant aux ceintures de macroalgues des côtes bretonnes qui vont généralement de 0,015 m² à 1 m² par ceinture (Ar Gall & Connan, 2004).

En ce qui concerne l'évaluation de la biomasse de *P. Palmata* et *C. crispus*, l'expérience de terrain de 2017/2018 et les contraintes associées ont permis d'établir un protocole qui serait plus pertinent à utiliser à l'avenir pour davantage d'efficacité (annexe VII). En premier lieu, un accès facilité aux données déclaratives de récolte récentes permettrait de

cibler les champs à évaluer, dont les contours seraient définis dans les cartographies d'habitat Natura 2000 ou les données bathymétriques existantes ou complétées et pour lesquels une aire minimale d'échantillonnage serait définie. Ne pas évaluer le recouvrement des algues permettrait de gagner du temps. De plus, même si c'est une information intéressante, il y a souvent une confusion entre espèces dans/hors quadrats. De même, si en 2017 et 2018 les zones de biomasse dense ont été ciblées de manière à correspondre aux zones récoltées par les professionnels, cette méthode oblige à restreindre les données à la zone étudiée si on veut éviter de surévaluer la biomasse après extrapolation à une plus grande surface.

A l'avenir, en tenant compte du fait que dans un même champ d'algues, *C. crispus* et *P. palmata* peuvent être présentes dans trois ceintures et que l'aire minimale expérimentale conseillée par ceinture va de 0,015 à 1 m², chaque site ou carré à évaluer devrait couvrir une aire minimale d'échantillonnage de 3 m² au minimum. *C. crispus* a une répartition en tapis relativement homogènes tandis que *P. palmata* est souvent présente en taches. Grâce à l'expérience de terrain et au temps disponible pour un binôme (même si l'application du protocole est plus confortable à trois agents) pour travailler à marée basse, nous recommandons pour *C. crispus* d'évaluer la biomasse dans 12 quadrats de 0,25 m² pour 1 000 m² de surface de champ, soit 3 m² par 1 000 m² de surface de champ (0,3 % de sa surface totale échantillonnés) et pour *P. palmata* 5 quadrats de 1 m² pour 1 000 m² de champ soit 5 m² par 1 000 m² de surface de champ (0,5 % de sa surface totale échantillonnés). Ainsi, le nombre de quadrats ou d'agents à prévoir est fonction de la surface du champ évaluée en amont du travail de terrain. Des publications scientifiques sur l'évaluation de la biomasse de macroalgues intertidales dans l'Hémisphère Nord font également état d'une surface d'échantillonnage autour de 3 m² par site (Araujo *et al.*, 2014 ; Béland, 2012 ; Burrows *et al.*, 2010 ; Konar *et al.*, 2010). En revanche, les surfaces prospectées sont bien plus grandes, ce qui réduit nettement le pourcentage de surface échantillonnée (de 0,006 % à 0,02 %).

Enfin, bien que non destructive, l'évaluation de la biomasse pour *A. nodosum* en mesurant les individus s'est révélée très chronophage pour l'objectif futur d'évaluation rapide de la biomasse par les personnes qui seront en charge de ce travail, notamment les chargés de mission des CDPMEM. Il est donc recommandé d'adopter le protocole « jachères *Ascophyllum* » (évaluation de la biomasse après coupe des individus au-dessus de 30 cm dans des quadrats de 1 m²) développé avec l'Ifremer et la Station Biologique de Roscoff dans le cadre de ce programme.

CE QU'IL FAUT RETENIR

Afin d'améliorer le suivi de l'activité de récolte, il est préconisé de simplifier l'accès aux données déclaratives en développant un système de télédéclaration pour les professionnels.

L'exploitation de sources de données diversifiées telles que Modèles Numériques de Terrain et cartographie d'habitats Natura 2000 permettrait de mieux cibler le travail de terrain à réaliser pour connaître la biomasse en algues dans des zones peu ou pas exploitées.

En attendant que les méthodes d'évaluation de biomasse par des technologies novatrices se perfectionnent (exemple de la télédétection hyperspectrale), l'évaluation manuelle à l'aide des quadrats pourra être améliorée en adaptant l'effort de collecte des données sur le terrain à la taille des champs prospectés et en veillant à réaliser ce travail dans les différentes ceintures où les espèces sont potentiellement présentes (cas du *Chondrus crispus* et de *Palmaria palmata*).

Concernant l'*Ascophyllum nodosum* dont la durée de vie est plus longue que les précédentes, la poursuite des évaluations de biomasse est préconisée selon le protocole « jachères *Ascophyllum* ».

IX. CONCLUSIONS - PERSPECTIVES

Les différentes actions entreprises dans le programme Biomasse Algues ont permis d'améliorer les connaissances sur certains stocks d'algues de rive sur des sites présentant une biomasse et une exploitation importantes. Des propositions d'amélioration des techniques d'évaluation de la biomasse ont été faites ainsi que des propositions de mesures de gestion comme la mise en place de jachères d'*A. nodosum* dans les Côtes d'Armor et le Finistère, reproductibles sur l'ensemble du littoral breton.

Des prospections ont également été faites sur des zones où l'activité de récolte des algues de rive est moindre comme l'Ille-et-Vilaine et le Morbihan, permettant d'acquérir des connaissances sur les stocks en place dans ces départements et d'identifier des enjeux différents. Ces informations permettent de mieux appréhender et conseiller les éventuels demandeurs de licence de récolte sur ces secteurs quant à la situation réelle sur le terrain.

Les résultats des deux années de suivi de la biomasse avant/après la période d'exploitation montrent la persistance des algues étudiées d'une année à l'autre donc la durabilité de l'activité en l'état dans les conditions environnementales de cette période.

Ces données doivent être mises en perspective avec la synthèse des données déclaratives de récolte des professionnels qui montrent, pour certaines espèces, une augmentation des quantités prélevées au cours des dernières années ou, au contraire, une stabilité voire une diminution.

En 2018, le nombre maximum de licences fixé par délibération du CRPMEM de Bretagne a été attribué. Si on veut augmenter ce contingent pour accueillir de nouveaux entrants dans la profession, il faut s'assurer qu'une pression de récolte plus importante ne mette pas en péril la ressource mais maintienne sa résilience. Ainsi à l'avenir, plutôt que l'évaluation de la biomasse (sauf pour *A. nodosum* au regard des enjeux sur cette espèce fragile à développement lent et notamment dans le cadre de la mise en place de jachères), des travaux pourraient être alloués à l'étude de la résilience des algues de rive exploitées après une pression de récolte à divers degrés d'intensité et ceci sur plusieurs années pour s'affranchir de l'influence des conditions météorologiques sur l'état de la ressource. Un tel travail pourrait être lancé dans des sites de référence sur lesquels simuler des récoltes d'intensité variable pour évaluer la différence de régénération de la biomasse d'une zone témoin par rapport à une zone récoltée. En cas de bonne vitalité de la ressource d'une année à l'autre permettant son renouvellement et son exploitation, il y aurait peu d'intérêt à en limiter l'accès. En revanche, dans le cas où la ressource présenterait des difficultés à se régénérer, des mesures de gestion pertinentes devraient être prises dans un but d'ajuster la pression face à la ressource disponible. Ces outils pourraient prendre la forme de recommandations sur des niveaux de prélèvements durables, de limitation de l'accès à la ressource, de mise en place de jachères, de hauteurs de coupe, de périodes de récoltes modulables, etc. Leur mise en œuvre viserait à éviter une surexploitation et permettrait, en routine aux Comités des Pêches d'adapter les mesures de gestion et le nombre de licenciés autorisés à les exploiter. Les agents de contrôle devraient être formés à la reconnaissance des algues et à la réglementation pour vérifier sur le terrain auprès des récoltants qu'ils sont bien en possession d'une autorisation de récolte et respectent les mesures.

Malgré tout, si la question de l'évaluation des stocks reste centrale pour la gestion de la ressource, une recommandation du programme Biomasse Algues pourrait être de concentrer les moyens sur certaines espèces et certaines zones en fonction des besoins de la profession, qui pourront à compter de 2018 s'appuyer sur des référents par zone désignés par le Groupe de Travail Algues de rive du CRPMEM de Bretagne. Ce dernier pourra également mettre en place une gestion souple et adaptative grâce à des décisions (actes juridiques). Une gestion différenciée par département, à l'instar de ce qui est fait pour les coquillages, pourra également voir le jour. Un exemple concret, celui de *P. palmata* en 2017 : sous l'influence des conditions météo, cette espèce n'est devenue exploitable réellement qu'à partir de la fin de l'été, mais sa fermeture est programmée à l'avance en décembre, pour préserver sa reproduction. Les récoltants pourraient vouloir demander un décalage de la saison de récolte. Cette possibilité serait envisageable selon les secteurs en fonction de l'état de la ressource avec réactivité *via* une décision du CRPMEM de Bretagne après validation par les scientifiques et une consultation des référents locaux.

En tout état de cause, l'étude de la biomasse et les propositions de mesure de gestion de la ressource peuvent être améliorées en ayant un accès facilité aux informations issues du traitement des fiches déclaratives de récolte, en définissant un nombre de quadrats en fonction de la taille des champs qui peut être indiquée dans les cartographies d'habitat Natura 2000 si elles existent ou en se basant sur les limites de répartition des espèces grâce à la bathymétrie Litto 3D. Si ces données ne sont pas disponibles, des constats sur le terrain ou le déploiement de techniques aériennes sont nécessaires pour les obtenir et suivre l'évolution des contours des champs d'algues d'intérêt et donc leur éventuelle régression ou extension ainsi que leur composition. Pour l'estimation de la biomasse sur site, il faudrait à l'avenir éviter d'évaluer le recouvrement pour gagner du temps, ne pas cibler de zones denses uniquement pour ne pas surestimer la biomasse présente après extrapolation et adopter une aire d'échantillonnage minimale en fonction de la surface des champs. Enfin, dans le cas d'*A. nodosum*, les mesures très chronophages doivent faire place à l'adoption du protocole « jachères *Ascophyllum* ».

Le programme Biomasse Algues a également mis en exergue les limites et difficultés de l'évaluation de la biomasse des stocks d'algues, notamment les coûts en termes de temps/agent et la grande variabilité spatio-temporelle de leur présence qui rend difficile l'extrapolation des résultats à de grandes échelles. Les protocoles utilisés dans le cadre de ce programme pour l'évaluation de biomasse de *C. crispus* et *P. palmata* sont déployés chaque année sur différents sites du PNMI depuis 2013. L'analyse des données acquises dans ce contexte permettrait de préciser l'ampleur des fluctuations de biomasses mesurées sur une série temporelle plus longue. Un stage devrait prochainement être lancé au sein du PNMI pour répondre à cet objectif.

Enfin, ce programme a mobilisé lors des opérations de terrain près de 50 personnes sur 3 ans, soit 9 structures et 16 récoltants, qui se sont portés volontaires pour participer à ce travail d'amélioration des connaissances sur les algues de rive exploitables. Cet investissement est révélateur de la volonté des récoltants de prendre en main la gestion de la ressource qu'ils exploitent mais aussi de l'intérêt que suscite le développement de l'activité de récolte pour les gestionnaires, les professionnels, les établissements publics de contrôle et les structures scientifiques face à une demande du marché qui croît et se diversifie.

Remerciements

Le Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins de Bretagne, porteur du projet, remercie la Région Bretagne, financeur principal du projet Biomasse Algues, et l'ensemble de ses partenaires : le Parc Naturel Marin d'Iroise, la Station Biologique de Roscoff, Actimar, Hytech-Imaging, 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, ainsi que les récoltants professionnels d'algues de rive qui se sont volontairement impliqués dans ce programme, le Syndicat des Récoltants Professionnels d'Algues de Rive de Bretagne, la Chambre Syndicale des Algues et Végétaux Marins, l'Ifremer et le laboratoire LEMAR de l'UBO.

Références

- Aberg P., 1990. Measuring size and choosing category size for a transition matrix study of the seaweed *Ascophyllum nodosum*. Mar. Ecol. Prog. Ser. 63, p 281-287.
- Araujo RM., Serrao EA., Sousa-Pinto I., Aberg P., 2014. Spatial and Temporal Dynamics of Furoid Populations (*Ascophyllum nodosum* and *Fucus serratus*): A Comparison between Central and Range Edge Populations. PLoS ONE 9(3): e92177, 10 pp.
- Ar Gall E., Connan S., 2004. Fiche Technique Rebent FT 11-2004-01 Echantillonnage des macroalgues - Intertidal – substrats durs, LEBHAM - IUEM - UBO, 11 pp.
- Ar Gall E., Le Duff M., 2007. Protocole d'observation *in situ* et proposition de calcul d'un indice de qualité pour le suivi des macroalgues sur les estrans intertidaux rocheux dans le cadre DCE, 14 pp.
- Bajjouk T., Derrien S., Gentil, F., Hily C. & Grall J., 2010. Typologie d'habitats marins benthiques : analyse de l'existant et propositions pour la cartographie. Habitats côtiers de la région Bretagne - Note de synthèse n° 2, Habitats du circalittoral. Projets REBENT-Bretagne et Natura 2000-Bretagne. RST/IFREMER/DYNECO/AG/11-03/TB. 24 pp. + Annexes.
- Bajjouk T., Rochette S., Ehrhold A., Cordier C., Tourolle J., Laurans M., Hamdi A., Gorman D., Gaffet J.D., Caisey X., Vasquez M. & Populus J., 2013. Cartographie prédictive du champ de Laminaires du plateau Molène sur la base des données physiques et biologiques. Rapport Final Ifremer, Réf. DYNECO/AG/13-03/TB, 93 pp.
- Bajjouk T., Rochette S., Laurans M., Ehrhold A., Hamdi A., Le Niliot P., 2015. Multi-approach mapping to help spatial planning and management of the kelp species *L. digitata* and *L. hyperborea* : Case study of Molène Archipelago, Brittany. J Sea Res, 100, p 2-21.
- Béland C., 2012. Évaluation de la biomasse algale sur le littoral de la côte nord du Saint-Laurent entre Tadoussac et Havre-Saint-Pierre : rapport final. Agence Mamu innu Kaikusseht, Sept-Îles, Québec, 44 pages + annexes.
- Burrows MT., Macleod M., Orr K., 2010. Mapping the intertidal seaweed resources of the Outer Hebrides. Scottish Association for Marine Science Internal Report No. 269, 45 pp.
- CRPMEM de Bretagne, 2016. Synthèse bibliographique sur les techniques d'évaluation des biomasses algales. Programme Biomasse Algues, 6 pp.
- CRPMEM de Bretagne, 2018a. Evaluation de la diversité en algues de rive exploitables sur le littoral du pays de Quimperlé. Rapport commande Quimperlé Communauté - programme Biomasse Algues, 33 pp.
- CRPMEM de Bretagne, 2018b. Bonnes pratiques associées à la récolte d'*Ascophyllum nodosum*. Programme Biomasse Algues, 6 pp.
- CRPMEM de Bretagne, 2018c. Notions d'écologie et de gestion des algues de rive. Programme Biomasse Algues, Intervention formation continue « Initiation à la récolte d'algues de rive et à l'algoculture » Agrocampus Ouest site de Beg Meil du 19/04/18, 20 pp.
- Davoult D., 2017. Estimation des biomasses exploitables et suivi de restauration après exploitation des algues de rive. Communication orale Forum IDEALG 2017. Sorbonne Universités, UPMC Univ. Paris 6, CNRS, UMR 7144 Station Biologique de Roscoff, en collaboration avec le CRPMEM, le PNMI, Agrocampus Ouest & Ifremer, 10 pp.
- DECISION N°09-2018 du 08 janvier 2018 du CRPMEM de Bretagne fixant les zones de récolte d'*Ascophyllum nodosum* et le calendrier d'ouverture des zones sur le littoral des Côtes d'Armor Campagne 2018, 10 pp.
- Faes V., Viejo R., 2003. Structure and dynamics of a population of *Palmaria palmata* (Rhodophyta) in northern Spain. J. Phycol. 39, P 1038–1049.
- Garineaud C., 2017. Récolter la mer : des savoirs et des pratiques des collecteurs d'algues à la gestion durable des ressources côtières dans le Finistère (Bretagne). Environnement et Société. Museum national d'histoire naturelle - MNHN PARIS, 2017. Français. <NNT : 2017MNHN0004>. <tel-01745164>

- Golléty C., 2008. Fonctionnement (métabolisme et réseau trophique) d'un système intertidal rocheux abrité, la zone à *Ascophyllum nodosum*, relation avec la biodiversité algale et animale. Biodiversité et Ecologie. Univ Paris 6, 279 pp.
- Golléty C., Thiébaud E., Davoult D., 2011. Characteristics of the *Ascophyllum nodosum* stands and their associated diversity along the coast of Brittany, France. Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom, 89, p 569-577.
- Guillaumont B., Callens L., Dion P., 1993. Spatial distribution and quantification of *Fucus* species and *Ascophyllum nodosum* beds in intertidal zones using Spot imagery. Hydrobiologia, 260/261, p 297-305.
- Gunnarson K., Ingólfsson A., 1995. Seasonal changes in the abundance of intertidal algae in southwestern Iceland. Botanica Marina Vol. 38, p 69 - 77.
- Hytech Imaging, CRPMEM de Bretagne, PNMI, 2018. Rapport final tâche 3 : Méthodologie et résultats de la cartographie du peuplement et de l'estimation de la biomasse des algues de rive. Convention de partenariat Projet « CARHYP », 48 pp.
- Ismail M., Osman M., 2016. Seasonal fluctuation of photosynthetic pigments of most common red seaweeds species collected from Abu Qir, Alexandria, Egypt. Revista de Biología Marina y Oceanografía Vol. 51, N°3, p 515-525.
- Konar B., Iken K., Cruz-Motta JJ., Benedetti-Cecchi L., Knowlton A., et al., 2010. Current Patterns of Macroalgal Diversity and Biomass in Northern Hemisphere Rocky Shores. PLoS ONE 5(10): e13195, 8 pp.
- Kopp J., Perez R., 1978. Contribution à l'étude de l'algue rouge *Chondrus crispus* Stack. Relation entre la croissance, la potentialité sexuelle, la quantité et la composition des carraghénanes. Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes, 42 (4), p 291-324.
- Le Gall L., Deniaud E., Rusig A-M., 2004. Etude de la phénologie de la reproduction de la Rhodophyceae *Palmaria palmata* le long des côtes françaises de la Manche. Cah. Biol. Mar. (2004) 45, p 269-275.
- Le Gall L., 2002. Etudes biologiques, biochimiques et cellulaires de *Palmaria palmata* (Rhodophyta) - applications biotechnologiques à l'aquaculture. Thèse de doctorat en Physiologie, biologie des organismes, populations, interactions, sous la direction de Joël Cosson. Université de Caen, Basse-Normandie.
- LELEVE T., 2014. Suivi de l'abondance des champs d'algues de rive exploités sur le Parc naturel marin d'Iroise. Stage de Master I, 50 p.
- LELEVE T., 2014. Suivi de l'abondance des champs d'algues de rive exploités sur le Parc naturel marin d'Iroise. Stage de Master I, 50 p.
- Lesueur M., 2016. La filière des macro-algues en France : évolution et poids économique. Communication orale Forum IDEALG 2016, Pôle halieutique, Mer et littoral - AGROCAMPUS OUEST. 14 pp.
- Lesueur M., 2016. La filière des macro-algues en France : évolution et poids économique. Communication orale Forum IDEALG 2016, Pôle halieutique, Mer et littoral - AGROCAMPUS OUEST. 14 pp
- Perez R., 1978. Premiers résultats concernant l'impact de l'échouement de l'"Amoco-cadiz" sur les peuplements algaux exploitables. Science et Pêche, 13 pp.
- Perez R., Vallet J.-L., Kaas R., 1980, Cartographie des champs d'algues des Sept Iles à Bréhat, Rapport Comité d'expansion économique des Côtes-du-Nord - Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes, 16 pp + annexes + 11 cartes.
- Philippe M., 2013. Récolte des algues de rive : Guide de bonnes pratiques réalisé à l'initiative des professionnels de l'Agriculture Biologique dans le cadre du projet Almarbio par Inter Bio Bretagne, 54 pp.
- 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. Thèse de doctorat en écologie et évolution sous la direction de Line Le Gall. École doctorale Sciences de la nature et de l'Homme, Paris.
- Stagnol D., Renaud M., Davoult D., 2013a. Effects of commercial harvesting of intertidal macroalgae on ecosystem biodiversity and functioning. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 130, p 99-110.

Stagnol D., Michel R., Davoult D., 2013b. ALGMARBIO, vers une exploitation durable des champs d'algues. Rapport de fin d'étude. 32 pp.

Stagnol D., Michel R., Davoult D., 2016. Population dynamics of the brown alga *Himantalia elongata* under harvesting pressure. Estuarine, Coastal and Shelf Science, Elsevier, 2016, 174, p. 65-70.

ANNEXE I : Espèces étudiées dans le programme Biomasse Algues



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

ANNEXE III : Protocole Biomasse Algues

Dans un carré exploité, il faut cibler la zone travaillée par les récoltants donc intéressante en termes de ressource et d'accès, puis lancer une dizaine de quadrats minimum par espèce dans cette zone, de manière aléatoire. En accord avec le guide de bonne pratique IBB édité dans le cadre du projet ALGMARBIO en ce qui concerne la préservation des champs d'algues identifiés, ils sont déployés en tâche.

Ils sont géoréférencés et photographiés, sans modifier l'agencement des plants (sauf cas particulier de *Ascophyllum*) afin d'éventuellement pouvoir mettre en relation la surface occupée par l'espèce telle que visible par le drone et sa biomasse.

Pour *C. crispus* :

- quadrats de 0,25 m²
- le pourcentage de recouvrement de *C. crispus* dans chaque quadrat sans modifier l'agencement des plants est indiqué ainsi que celui des autres espèces éventuellement présentes
- tous les individus dont le crampon est contenu dans le quadrat sont arrachés puis pesés

Pour *P. palmata* :

- quadrats de 1 m²
- le pourcentage de recouvrement de *P. palmata* dans chaque quadrat sans modifier l'agencement des plants est indiqué ainsi que celui des autres espèces éventuellement présentes
- dans un premier temps, tous les individus de taille réglementaire (qui ont atteint la taille de 25 cm) dont le crampon est contenu dans le quadrat sont coupés et pesés, puis dans un second temps, tous les individus inférieurs à 25 cm sont coupés et pesés

Dans le cas particulier d'*Ascophyllum* à croissance lente :

- quadrats de 0,25 m²
- le pourcentage de recouvrement d'*A. nodosum* dans chaque quadrat avant puis après dégagement des frondes est indiqué ainsi que celui des autres espèces éventuellement présentes
- tous les individus (identifiés par un crampon indépendant présents à l'intérieur du quadrat) sont mesurés dans leurs plus grandes longueur et circonférence (une relation taille-poids permet d'estimer la biomasse). AUCUNE COUPE n'est réalisée pour cette espèce.
- préciser si les individus sont féconds (impact sur la relation taille-poids)

La fiche terrain en PJ est renseignée. Les données sont ensuite bancarisées sous Excel et envoyées à jduchene@bretagne-peches.org.

MATERIEL

- quadrats 0,25 m² ou 1 m²
- appareil photo + GPS
- sac de pesée + peson
- outil pour couper
- mètre ruban

ANNEXE IV : Fiches terrain Biomasse Algues

Ascophyllum nodosum


MATERIEL

- quadrats 0,25 m²
- appareil photo + GPS
- mètre ruban

PRINCIPE

- au moins 10 quadrats aléatoires dans le champ
- indiquer le % de recouvrement d'*A. nodosum* dans chaque quadrat avant/après dégageage des plants + celui des autres espèces
- tous les individus (crampon indépendant) à l'intérieur du quadrat sont mesurés dans leurs + grandes longueur et circonférence
- préciser si les individus sont féconds

AUCUNE COUPE n'est réalisée pour cette espèce

Date		Lieu	
Carte		Carré	
Equipe			

Quadrat	Coordonnées	% Asco avant/après nettoyage	% autre espèce avant/après nettoyage	N° photo	Commentaires
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

Palmaria palmata



MATERIEL

- quadrats 1 m²
- appareil photo + GPS
- mètre ruban
- sac de pesée + peson
- outil pour couper

PRINCIPE

- au moins 10 quadrats aléatoires et en patch dans le champ
- indiquer le % de recouvrement de *P. palmata* dans chaque quadrat + celui des autres espèces
- tous les individus de taille réglementaire (qui ont atteint la taille de 25 cm) dont le crampon est contenu dans le quadrat sont coupés et pesés
- tous les individus inférieurs à 25 cm sont coupés et pesés

Date		Lieu	
Carte		Carré	
Equipe			

Quadrat	Coordonnées	% Palmaria	% autre espèce	Poids > 25 cm	Poids < 25 cm	N° photo	Commentaires
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

Quadrat	Coordonnées	% Palmaria	% autre espèce	Poids > 25 cm	Poids < 25 cm	N° photo	Commentaires
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							

Chondrus crispus



MATERIEL

- quadrats 0,25 m²
- appareil photo + GPS
- sac de pesée + peson

PRINCIPE

- au moins 10 quadrats aléatoires et en patch dans le champ
- indiquer le % de recouvrement de *C. crispus* dans chaque quadrat + celui des autres espèces
- tous les individus dont le crampon est contenu dans le quadrat sont arrachés et pesés

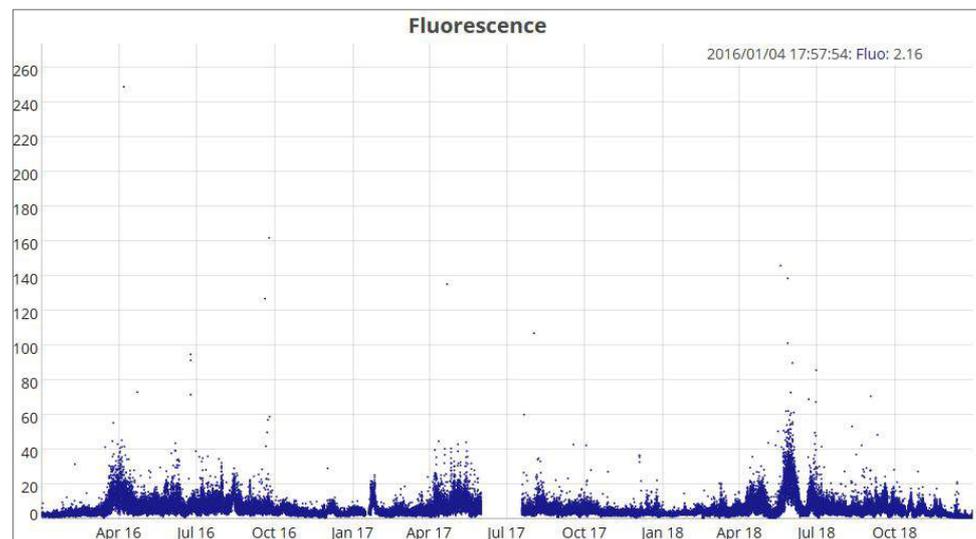
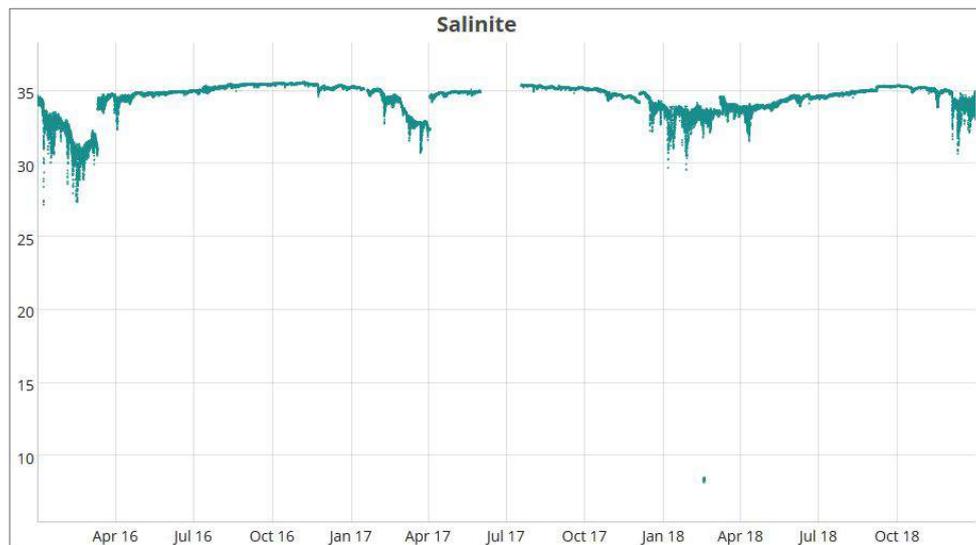
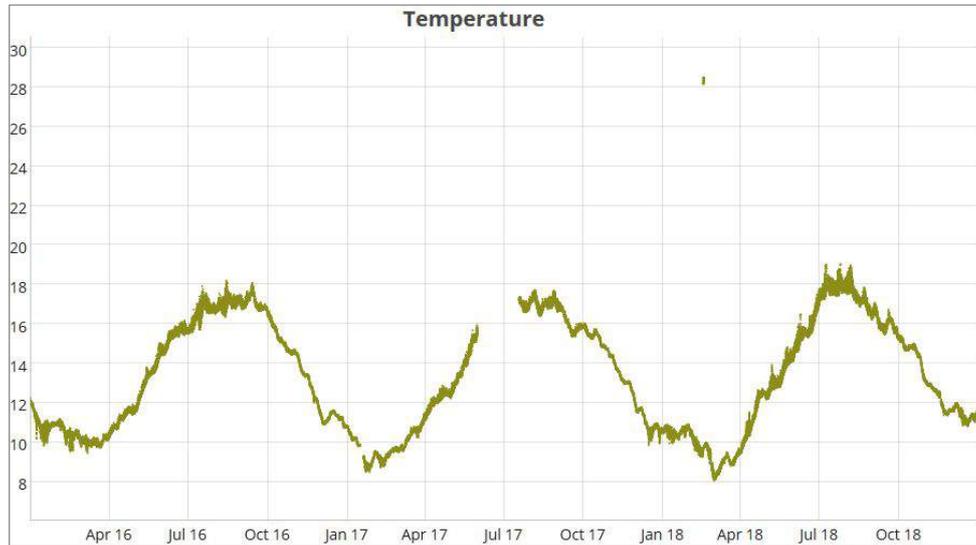
Date		Lieu	
Carte		Carré	
Equipe			

Quadrat	Coordonnées	% Chondrus	% autre espèce	Poids total	N° photo	Commentaires
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

Quadrat	Coordonnées	% Chondrus	% autre espèce	Poids total	N° photo	Commentaires
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						

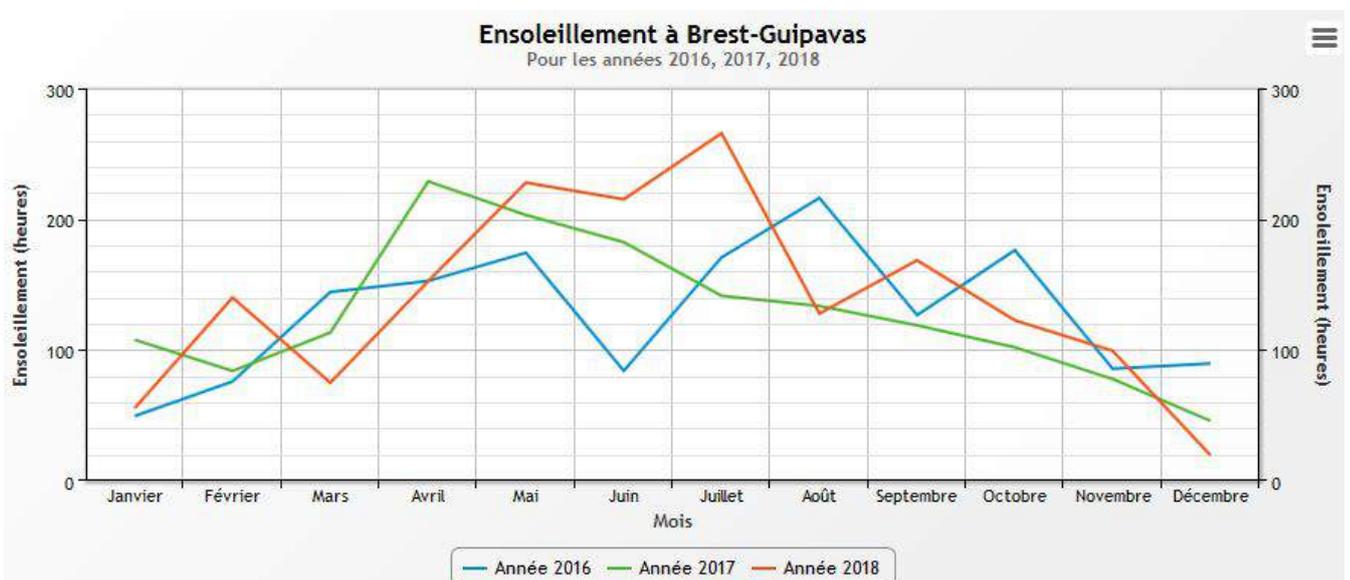
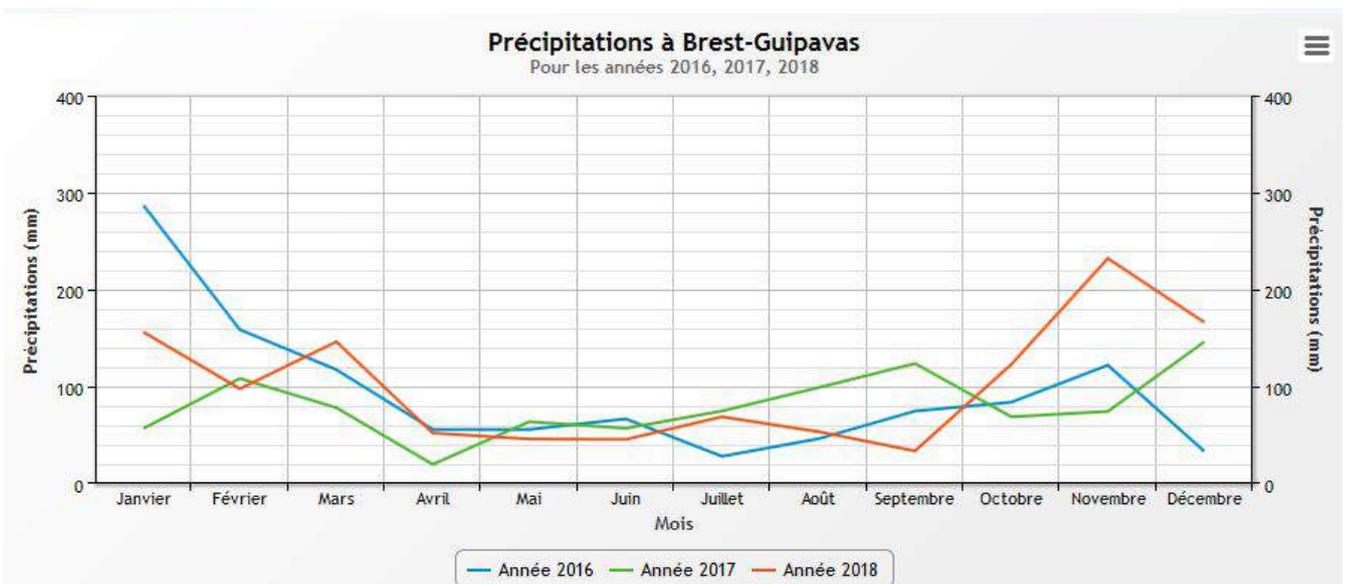
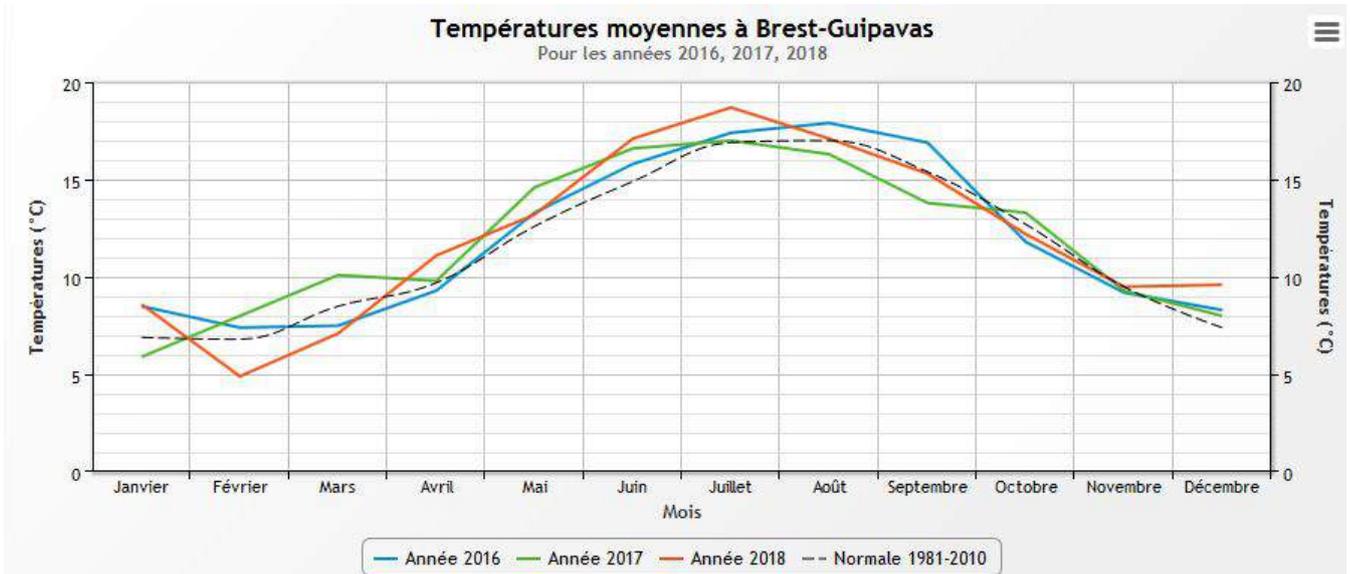
ANNEXE V : Données météorologiques depuis 2016

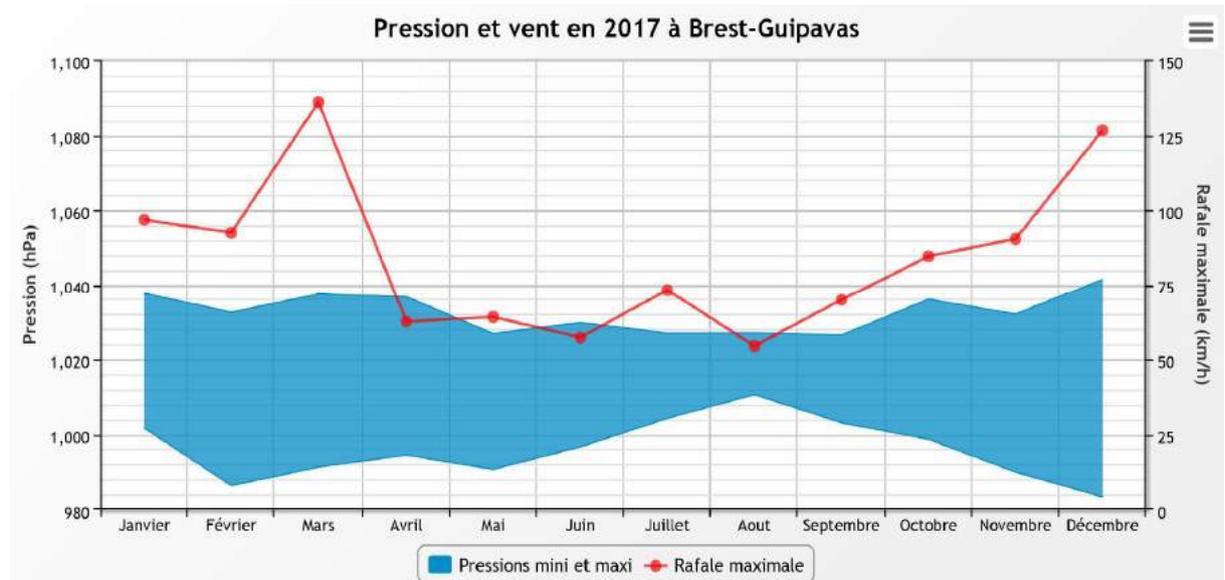
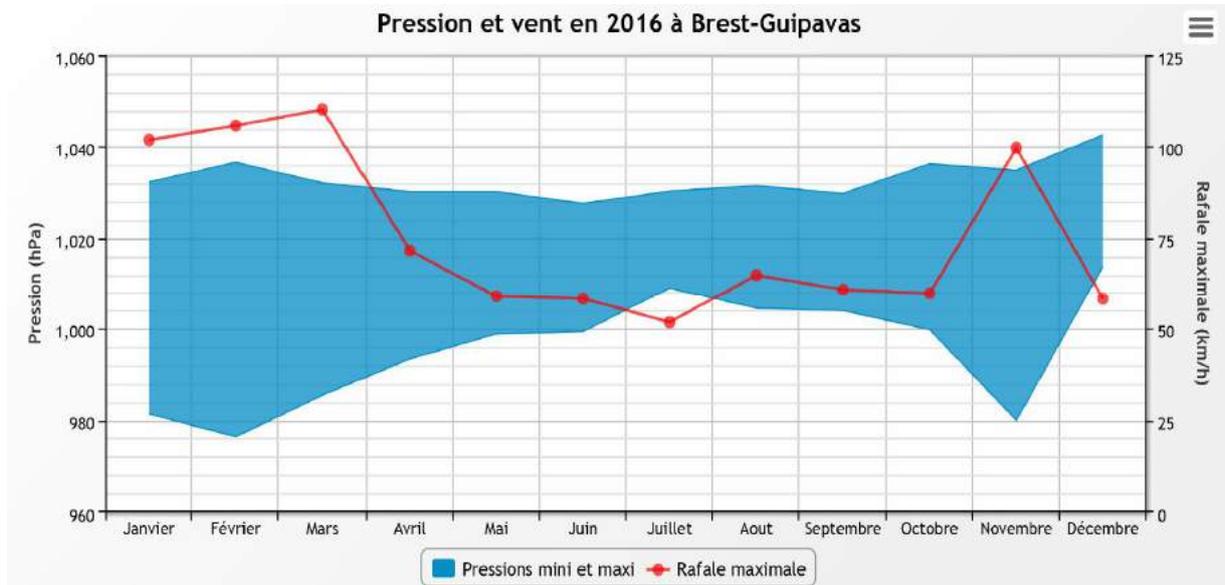
Données concernant la mer (Source : relevés SOMLIT-Brest dans l'anse de Sainte-Anne du Portzic)

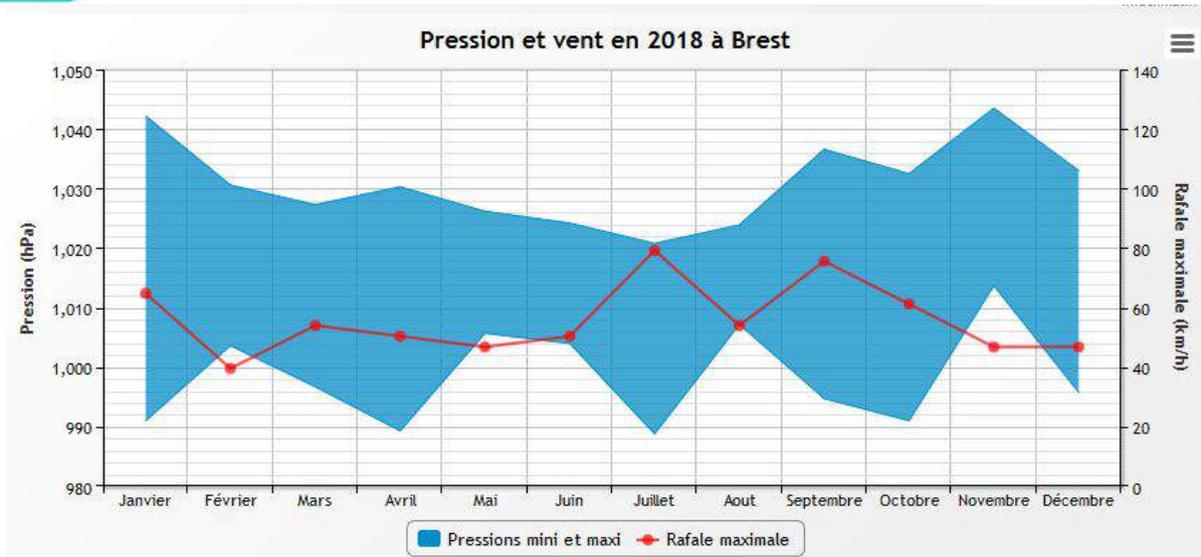


Programme porté par le Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins de Bretagne avec le financement et la participation de :

Données concernant l'air (Source : Infoclimat station de Brest-Guipavas)







ANNEXE VI : Protocole « Jachère *Ascophyllum* »

1. Objectifs

Les jachères d'*Ascophyllum* sont des zones de récolte en rotation dont l'accès à la ressource est interdit en période de croissance estivale afin de permettre aux plants de grandir suffisamment. Les objectifs du présent protocole sont multiples :

- évaluer la biomasse commercialisable (individus de + 30 cm) disponible sur la jachère avant de valider sa réouverture à la récolte
- adapter les temps de fermeture/ouverture dans chaque jachère en fonction de la pousse
- suivre la productivité des jachères dans la durée

2. Matériel

- quadrats 1 m²
- GPS
- sac de pesée + peson
- outil pour couper

3. Méthode

La simplicité d'application du protocole lors de visites terrain par les récoltants professionnels et les personnes en charge de la validation des ouvertures de jachère est de mise. Il se base sur le protocole d'évaluation de la biomasse de la Station Biologique de Roscoff à la différence près que le nombre de quadrats est doublé ici.

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

En pratique :

- disposer de manière aléatoire le quadrat de 1 m²
- relever les coordonnées GPS du quadrat
- couper les individus récoltables, les peser dans le sac à l'aide du peson et noter le poids
- répéter l'opération de façon à obtenir 10 valeurs de poids

Périodicité 29 : évaluation après la pousse estivale avant chaque décision d'ouverture de la jachère

Périodicité 22 : évaluation à la mise en place de la jachère puis après les 6 mois de fermeture pour la pousse estivale

4. Traitement des données

Pour valider l'ouverture des jachères : la valeur moyenne des poids relevés sera comparée avec une valeur de poids acceptable en termes d'exploitation permettant de valider l'ouverture de la jachère.

Pour suivre la productivité de chaque jachère : les données relevées à différentes périodes de l'année et sur le long terme seront comparées entre elles.

Pour affiner les périodes d'ouverture/fermeture pour chaque jachère : les données relevées à différentes périodes de l'année et sur le long terme seront comparées entre jachères.

Elaboration du protocole : CRPMEM de Bretagne / CDPMEM 22 / Ifremer / Station Biologique de Roscoff

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

FICHE TERRAIN Protocole « Jachère *Ascophyllum* »

Date		Carte/Carré	
Lieu			
Equipe			

Quadrat	Latitude	Longitude	Poids frais individus taille réglementaire (≥ 30 cm) (Kg)	Commentaires
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

ANNEXE VII : Protocole Evaluation biomasse champs de *Chondrus crispus* et de *Palmaria palmata*

Après avoir déterminé les contours du champ visé et évalué sa surface à l'aide d'un logiciel SIG, il faut déterminer une aire minimale d'échantillonnage qui orientera le nombre de quadrats à réaliser dans la zone :

- Pour *C. crispus* : évaluer la biomasse dans 12 quadrats de 0,25 m² pour 1 000 m² de surface de champ (soit 3 m² par 1 000 m² de surface de champ = 0,3 % de sa surface totale échantillonnés),
- Pour *P. palmata* : évaluer la biomasse dans 5 quadrats de 1 m² pour 1 000 m² de surface de champ (soit 5 m² par 1 000 m² de surface de champ = 0,5 % de sa surface totale échantillonnés).

Ils seront ensuite déployés de manière aléatoire sur l'ensemble du champs et en tâche en accord avec le guide de bonne pratique IBB édité dans le cadre du projet ALGMARBIO en ce qui concerne la préservation des champs d'algues.

Les quadrats sont géoréférencés et photographiés, après avoir dégagé l'espèce d'algue ciblée.

Pour *C. crispus* :

- quadrats de 0,25 m².
- tous les individus dont le crampon est contenu dans le quadrat sont arrachés puis pesés.

Pour *P. palmata* :

- quadrats de 1 m².
- dans un premier temps, tous les individus de taille réglementaire (qui ont atteint la taille de 25 cm) dont le crampon est contenu dans le quadrat sont coupés et pesés, puis dans un second temps, tous les individus inférieurs à 25 cm sont coupés et pesés.

MATERIEL

- quadrats 0,25 m² ou 1 m²
- appareil photo + GPS
- sac de pesée + peson
- outil pour couper

FICHES TERRAIN BIOMASSE ALGUES

MATERIEL

- quadrats 1 m²
- appareil photo + GPS
- mètre ruban
- sac de pesée + peson
- outil pour couper

PRINCIPE

- nb de quadrats aléatoires et en patch dans le champ déterminés en amont
- tous les individus de taille réglementaire (qui ont atteint la taille de 25 cm) dont le crampon est contenu dans le quadrat sont coupés et pesés
- tous les individus inférieurs à 25 cm sont coupés et pesés

Date		Lieu	
Carte		Carré	
Equipe			

Quadrat	Coordonnées	Poids > 25 cm	Poids < 25 cm	N° photo	Commentaires
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					



Biomasse Algues

Quadrat	Coordonnées	Poids > 25 cm	Poids < 25 cm	N° photo	Commentaires
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					

Chondrus crispus



MATERIEL

- quadrats 0,25 m²
- appareil photo + GPS
- sac de pesée + peson

PRINCIPE

- nb de quadrat aléatoires et en patch dans le champ déterminés en amont
- tous les individus dont le crampon est contenu dans le quadrat sont arrachés et pesés

Date		Lieu	
Carte		Carré	
Equipe			

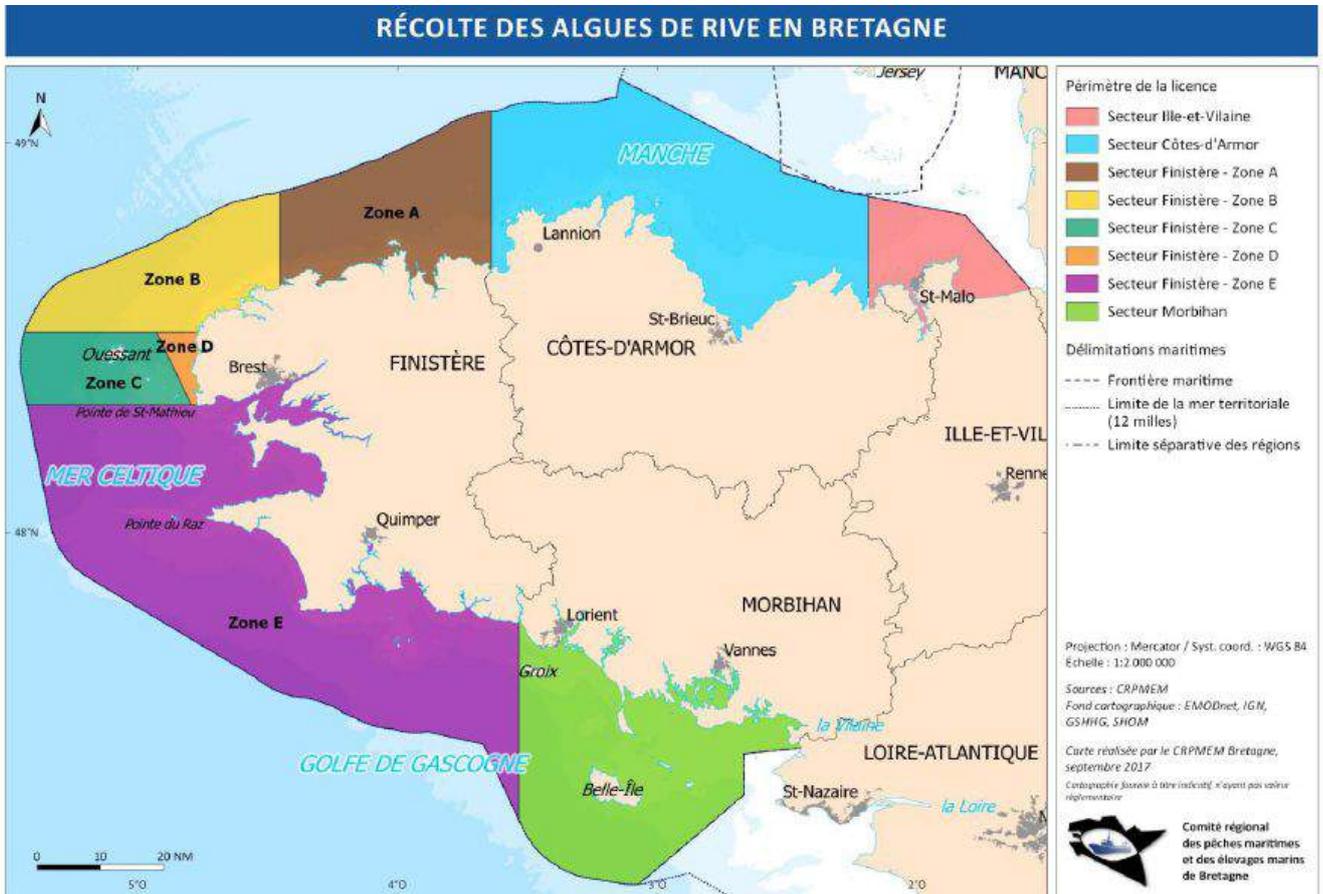
Quadrat	Coordonnées	Poids total	N° photo	Commentaires
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				



Biomasse Algues

Quadrat	Coordonnées	Poids total	N° photo	Commentaires
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				

ANNEXE VIII : Zonage algues de rive



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