

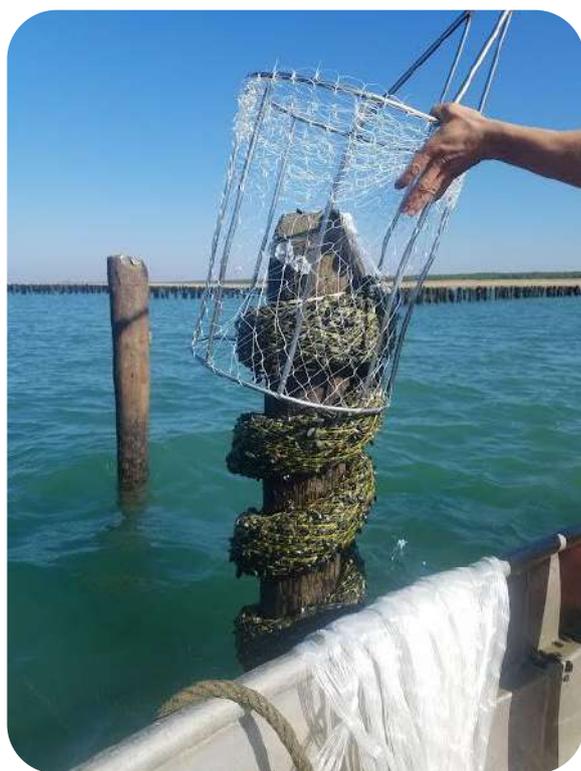
Réduire la part de plastique en conchyliculture :

- ❖ Fabrication et tests de FILets mytilicoles biosourcés et compostables.
- ❖ Recherche d'ALternatives aux conditionnement plasTIQues pour les coquillages.

- FILALTIQ -

MAHEUT Julie¹.

Janvier 2020 – Décembre 2021



¹ Syndicat Mixte Aquaculture Pêche Pays de la Loire

ACRONYMES UTILISES

ACV	Analyse de Cycle de Vie
BMP	Biochemical Methane Potential
CRC BS	Comité Régional Conchylicole de Bretagne Sud
CRC PDL	Comité Régional Conchylicole des Pays de la Loire
D°Ex	Degré d'exposition
ISDND	Installations de Stockage des Déchets non Dangereux
LTECV	Loi de Transition Energétique pour la Croissance Verte
PEBD	Polyéthylène Basse Densité
PEHD	Polyéthylène Haute Densité
PLA	Acide Polylactique
PSE	Polystyrène expansé
TGAP	Taxe Générale sur les Activités Polluantes
SMEL	Syndicat mixte Synergie Mer Et Littoral
SPAn C3	Sous-Produits Animaux de catégorie 3

Table des matières

Remerciements	5
Glossaire	6
VOLET 1.....	8
Résumé volet 1.....	9
I. Introduction.....	10
II. Préliminaire : situation réglementaire.....	11
1. Encadrement lié à la gestion des déchets.....	11
2. Évolutions réglementaires	11
III. Etude préparatoire et fabrication des filets	14
1. Contexte concernant l'utilisation des filets de catinage	14
2. Filets extrudés	14
3. Filets chaînette	17
IV. Évaluation des filets.....	21
1. Essais en conditions réelles d'utilisation	21
2. Caractérisation physico-chimique en laboratoire.....	33
3. Essais de compostage « industriel » des échantillons de filets	48
4. Norme de compostage EN14995	56
5. Étude d'écotoxicité	58
6. Volet économique.....	59
V. Conclusions et perspectives	62
VOLET 2.....	63
Résumé volet 2.....	64
I. Introduction.....	65
II. PRELIMINAIRE : Situation réglementaire.....	66

1.	Encadrement lié à la gestion des déchets	66
2.	Évolutions réglementaires et lien avec la filière conchylicole	70
3.	Réglementation sanitaire liée à l'usage de conditionnements en conchyliculture	72
III.	Etat des lieux des conditionnements utilisés en conchyliculture	80
1.	Objectif et méthode	80
2.	Analyse de l'échantillon de répondants	81
3.	Caisses en polystyrène expansé (PSE)	84
4.	Sacs de vente en gros.....	89
5.	Sacs de vente directe.....	94
6.	Bourriches	98
7.	Autres conditionnements	101
8.	Remarques/questions.....	101
IV.	Étude comparative des conditionnements existants.....	102
1.	Conditionnements B to B : caisses PSE et sacs de vente en gros.....	102
2.	Conditionnements B to C : sacs de vente directe et bourriches	114
V.	Proposition d'actions.....	122
1.	Bilan du questionnaire de propositions d'actions	122
2.	Propositions de stratégies pour limiter les impacts des conditionnements conchylicoles	135
VI.	Conclusions et perspectives	139
	Bibliographie.....	141
	Figures	144
	Tableaux.....	147
	Annexes	149

REMERCIEMENTS

Ce projet, en raison de sa transdisciplinarité, a bénéficié de l'appui technique de nombreux acteurs.

Tout d'abord, un grand remerciement aux partenaires techniques du projet, en particulier Marion Petit, Sarah Bienassis, du Comité Régional Conchylicole des Pays de la Loire, Anne Geoffroy, Charlotte Badouel et Gilles Raibaut du Comité Régional Conchylicole de Bretagne Sud.

Concernant l'aspect fabrication de filets de catinage, ce projet a fait appel à des prestataires très impliqués, à savoir Claudine Moroy de la société Glynka, Vincent Mathel de la société Seabird, Giulia Scapin et Cristiano Boscolo Nata de la société Galloplastik. Un remerciement également aux entreprises ayant fourni du fil biosourcé et compostable pour leur disponibilité et leur coopération, en les personnes de Gerard Nijhoving de la société Senbis et Marc Ferrer de la société Ponsa.

Les partenaires techniques sont également les mytiliculteurs qui ont accepté de coopérer pour les tests des prototypes de filets sur leurs concessions. Sur le secteur du CRC Pays de la Loire, un remerciement appuyé à Antonio Charpentier, Joël Corcaud, Nicolas Pineau, Emmanuel Bertaud et Dave Lamant. Sur le secteur du CRC Bretagne-Sud, un remerciement appuyé à Christophe et Florian Jannot, Thibaud Camaret, Christophe Porcher et Gilles Foucher.

Un remerciement appuyé à Vincent Turmel et Eric Langlais, de la société Veolia ayant autorisé et accompagné la mise en place d'un essai de dégradation des filets sur la plateforme de compostage exploitée par Veolia. Merci également à Nantes Métropole, propriétaire de cette structure qui a donné son accord pour les essais.

Un remerciement particulier à Guy Louarn, Directeur du Département Matériaux de l'école d'ingénieurs Polytech Nantes pour avoir accepté le sujet d'étude proposé aux étudiants de 5^{ème} année, et prolongé les essais laboratoire durant l'été 2021.

Merci aux étudiants ayant travaillé activement et avec bonne humeur sur le sujet des filets de catinage biosourcés et compostables : Alan Fernandes-Dias, Thomas Hérault et Gurvan Minso.

Pour la partie conditionnements conchylicoles, des remerciements appuyés sont adressés à l'ensemble des professionnels de la filière en Pays de la Loire et Bretagne Sud s'étant impliqués de près ou de loin sur ce projet. En particulier, merci aux entreprises distributrices de fournitures conchylicoles telles que les coopératives maritimes présentes sur ces territoires ou l'entreprise Rhuys Pêche.

Je remercie aussi vivement ceux qui ont apporté leur contribution par leur expertise : Audrey Lainé du CNC, Raynald Godet de la société Seabird, l'éco-organisme CITEO, Nicolas Pont de la société Veolia, Guénaëlle Le Henry de Trivalis, Adeline Richer de la société Filpack.

GLOSSAIRE

Analyse de cycle de vie	Compilation et évaluation des consommations d'énergie, des utilisations de matières premières et des rejets dans l'environnement, ainsi que de l'évaluation de l'impact potentiel sur l'environnement associé à un produit ou un procédé ou un service, sur la totalité de son cycle de vie (ISO 14040)
B to B	De l'anglais, business to business : « entreprise à entreprise ». Désigne le commerce d'entreprise à entreprise. Peut également être nommé « marché professionnel »
B to C	De l'anglais business to consumer : « entreprise au consommateur ». Ce type de commerce recouvre les marchandises ou les prestations conçues pour le grand public. Peut également être nommé « marché grand public ».
Biodéchet	« Tout déchet non dangereux biodégradable de jardin ou de parc, tout déchet non dangereux alimentaire ou de cuisine issue notamment des ménages, des restaurants, des traiteurs ou des magasins de vente ² au détail, ainsi que tout déchet comparable provenant des établissements de production ou de transformation de denrées alimentaires. » (Article R. 541-8 et R 541-21-1 du Code de l'Environnement)
Biodégradable	Un matériau est dit biodégradable s'il est dégradé par des micro-organismes. Le résultat de cette dégradation est la formation d'eau, de CO ₂ et/ou de CH ₄ et, éventuellement, de sous-produits – résidus, nouvelle biomasse – non toxiques pour l'environnement. (ADEME,2005)
Bioplastique	Plastique biosourcé et biodégradable (Journal officiel du 22/12/2016)
Biosourcé	Se dit d'un produit ou d'un matériau entièrement ou partiellement fabriqué à partir de matières d'origine biologique (Journal officiel du 22/12/2016)
Biopolymères	Ce sont les polymères naturels issus des ressources renouvelables de plantes ou d'animaux. Ils peuvent être directement synthétisés par les plantes ou les animaux comme les polysaccharides (amidon, cellulose, chitosane, etc.), les protéines (collagène, gélatine, caséine, etc.) et les lignines, ou bien synthétisés à partir de ressources biologiques comme les huiles végétales (colza, soja, tournesol, etc.). D'autres biopolymères, comme le PHA, sont produits par des micro-organismes (bactéries) par fermentation à partir de sucres et d'amidon. (Gontard et al., 2019)

Compostage	Le compostage est un procédé de transformation aérobie de matières fermentescibles dans des conditions contrôlées. Il permet l'obtention d'une matière fertilisante stabilisée riche en composés humiques, le compost, susceptible d'être utilisé, s'il est de qualité suffisante, en tant qu'amendement organique améliorant la structure et la fertilité des sols. Le compostage s'accompagne d'un dégagement de chaleur et de gaz, essentiellement du gaz carbonique si l'aération est suffisante.(ADEME, 2015, p. 3)
Éco-conception	L'éco-conception consiste à intégrer l'environnement dès la conception d'un produit ou service, et lors de toutes les étapes de son cycle de vie. (AFNOR, 2004)
Réemploi	Toute opération par laquelle des substances, matières ou produits qui ne sont pas des déchets sont utilisés de nouveau pour un usage identique à celui pour lequel ils avaient été conçus. (Code de l'environnement)
Réutilisation	Toute opération par laquelle des substances, matières ou produits qui sont devenus des déchets sont utilisés de nouveau. (Code de l'environnement)
Sous-produits animaux de catégorie 3	La liste de catégorie 3 sous-tend un principe majeur du règlement : seuls y figurent des sous-produits animaux issus d'animaux sains, ou des sous-produits animaux au travers desquels ne peuvent être véhiculées de maladies transmissibles à l'homme ou à l'animal. (Ministère de l'Agriculture, 2018)

VOLET 1 :

Fabrication et tests de filets mytilicoles biosourcés
et compostables

RESUME VOLET 1

La production de moules de bouchot actuelle nécessite l'usage de filets en plastique, qui, enfilés sur les pieux, permettent de contenir la pousse des moules et surtout d'éviter la chute de coquillages due aux conditions climatiques. Ces filets, indispensables aujourd'hui, ne sont pas recyclables et terminent en centre d'enfouissement. À l'initiative de la profession et avec les structures professionnelles, le SMIDAP étudie depuis 2019 des solutions alternatives permettant à terme de supprimer l'usage des filets pétrosourcés. Le projet FILALTIQ vise à produire et évaluer des filets extrudés et tricotés conçus en matériaux biosourcés et compostables.

Ce projet est issu d'une démarche collective à l'initiative des professionnels de la mytiliculture et de leurs structures de représentation partenaires techniques du projet, les CRC des Pays de la Loire et de Bretagne Sud. Grâce à la co-construction effective entre les différents acteurs du projet, des prototypes de filets tricotés en PLA, et extrudés en Sea212, un matériau plastique biosourcé et compostable produit par Seabird, ont pu être produits. Évalués en conditions réelles d'utilisations à raison de 5 pieux tests par type de filets, ces prototypes ont tous été pré-validés par les mytiliculteurs partenaires. Les analyses physico-chimiques sont venues compléter les différents retours des tests à l'usage. En s'appuyant sur les résultats, il semblerait que ces filets puissent rester fonctionnels durant toute leur durée d'utilisation, malgré une sensibilité notoire de la matière aux facteurs environnementaux, en particulier le rayonnement UV qui dégrade de façon conséquente ses propriétés mécaniques (photo-dégradation). Le milieu marin, sur la durée d'utilisation du filet ne devrait dégrader que superficiellement les propriétés mécaniques de la matière. En revanche, il a été constaté une érosion de surface probablement due à l'activité bactérienne de ce milieu. Des premiers résultats concernant la fin de vie des filets en compostage industriel ont pu être obtenus. Les filets tricotés en fil PLA, en particulier le filet avec fil Senbis, ont démontré une bonne cinétique de dégradation en 2,5 mois d'incubation en compostage. En revanche, le filet extrudé, en raison très probablement de sa plus forte densité, a une cinétique de dégradation plus faible en compostage, ce qui n'a pas permis à l'échantillon non vieilli de filet Sea212 de pouvoir être certifié par la norme en vigueur « EN14995 » évaluant la compostabilité des matières plastiques. Le volet économique du projet a permis d'estimer le surcoût de ces filets avec une projection de production industrielle. On constate ainsi un coût 1,8 à 3,4 fois plus élevé dans le contexte actuel, et 2,2 à 4,6 plus élevé dans le contexte d'avant crise du COVID-19. Les matières premières bioplastiques occupent pour le moment une part très importante du coût des filets biosourcés et compostables mais cela pourrait être amené à évoluer de manière décroissante dans les années à venir en raison d'un fort développement de la production mondiale de ces matières, en réponse à la demande croissante pour des produits biosourcés et/ou biodégradables dans de multiples secteurs d'activités.

Afin de pouvoir valider définitivement des filets, les mytiliculteurs ont fait savoir la nécessité de réaliser un second essai en conditions réelles d'utilisation à plus grande échelle, c'est-à-dire avec un nombre plus important de pieux de bouchot tests et un suivi approfondi, notamment à l'étape de dégrappage des moules.

I. INTRODUCTION

Apparu dans les années 1950, produit à partir de dérivés d'hydrocarbures fossiles, le plastique s'est rapidement imposé comme un matériau incontournable, présent dans tous les secteurs d'activité. La conchyliculture s'est développée notamment grâce à de nombreux outils de production en plastique (Marteil, 1979). Utilisés directement en milieu marin, certains produits sont vulnérables face aux conditions du milieu et peuvent être accidentellement perdus. Par la suite, lorsque ces déchets sont retrouvés sur le littoral, ils sont souvent identifiables, ce qui peut *in fine* impacter l'image de la profession.

Les filets mytilicoles, dits « filets de catinage » sont particulièrement sujets à une dispersion dans le milieu marin, cependant la grande majorité du volume utilisé est récupéré par les professionnels après la pêche des pieux, lorsque les filets sont séparés mécaniquement des moules. En mélange avec une quantité importante de résidus organiques et relativement dégradés par le milieu, les filets sont difficilement recyclables (Smel, Ivamer, NaturePlast, 2017, p. 131) et aucune filière n'est opérationnelle actuellement. De ce fait, l'enfouissement est le mode d'élimination vers lequel se destinent ces déchets. Impactant pour les écosystèmes, générateur de gaz à effet de serre, le traitement des déchets par enfouissement est dans le viseur de la réglementation française², qui a pour objectif dans les prochaines années de réduire considérablement les tonnages de déchets enfouis, au moyen notamment d'augmentations importantes des coûts de traitement pour les producteurs de déchets³. Cela impacterait donc économiquement les mytiliculteurs. Au final, les enjeux résultant de cette problématique sont triples : environnementaux, sociaux et économiques. La profession est résolue à se tourner vers des pratiques alternatives.

C'est sur la base de ce constat que le projet BIOFILET (Maheut, 2020) a débuté en 2019, porté par le SMIDAP. Son objectif était d'engager une première démarche de test d'alternatives aux filets de catinage en plastique conçus avec des matériaux biosourcés et compostables. En partenariat avec le Comité Régional Conchylicole des Pays de la Loire et le Comité Régional Conchylicole de Bretagne Sud, ce projet a permis d'évaluer suivant plusieurs aspects les prototypes de filets mis au point par deux entreprises de la plasturgie. Bien qu'intéressants sur les aspects de dégradation en compostage et d'écotoxicité, ces filets n'ont pas su convaincre les mytiliculteurs pour leurs performances zootechniques, du fait d'un manque de résistance mécanique des mailles du filet.

Le projet FILALTIQ, débuté en janvier 2020, enrichi de ces retours d'expérience, a permis de construire une démarche collective de fabrication et d'évaluation de filets de catinage biosourcés et compostables via des partenariats techniques renouvelés avec les CRC Pays de la Loire et Bretagne Sud, et l'implication de professionnels. Différents prototypes de filets biosourcés et compostables ont été mis au point et évalués sur plusieurs aspects : durabilité, comportement en conditions réelles d'utilisation, dégradation en compostage... L'aspect économique a également été abordé afin d'estimer les coûts réels de fabrication de ces alternatives. Les résultats sont encourageants et tendent à montrer que ces filets pourraient à terme se substituer aux filets conventionnels en plastique. Il reste cependant des éléments essentiels à approfondir comme l'impact économique pour les entreprises mytilicoles, les analyses des caractéristiques physico-chimiques et l'intégration des déchets de filets dans une filière de valorisation organique.

² Article 70 de la LOI n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte

³ Article 63 de la LOI n° 2018-1317 du 28 décembre 2018 de Finances pour 2019

II. PRELIMINAIRE : SITUATION REGLEMENTAIRE

1. Encadrement lié à la gestion des déchets

a) Préservation des écosystèmes

Le Code de l'environnement s'appliquant aux personnes morales et physiques sanctionne le rejet dans le milieu marin de substances nuisibles au bon fonctionnement des écosystèmes. (Article L 218-73 du Code de l'environnement). Il est donc interdit de rejeter des matériaux plastiques, non biodégradables, générant des microparticules non assimilables par les organismes.

b) Gestion des déchets

Les conchyliculteurs sont tenus de respecter le Code de l'environnement qui impose aux entreprises de gérer les déchets qu'elles produisent. Ils doivent ainsi s'assurer que leur élimination est conforme à la réglementation. (Articles L 218-73 et L 541-2 du Code de l'environnement)

2. Évolutions réglementaires

a) Les déchets de la pêche et de l'aquaculture dans le viseur de la Commission Européenne

En juin 2019, le Parlement Européen et le Conseil de l'Union Européenne ont adopté la Directive (UE) n° 2019/904 visant à prendre des mesures pour réduire l'incidence de certains produits en plastique sur l'environnement. Sont concernés par ces mesures, les articles en plastique à usage unique ainsi que les engins de pêche en plastique. Pour ce ciblage, l'UE se base sur les statistiques effectuées suite aux comptages de déchets sur le littoral qui ont montré que les articles en plastique à usage unique représentent 47 % des déchets retrouvés et les articles liés à la pêche⁴ 27 % du total. (Parlement Européen ; Conseil de l'Union Européenne, 2019)

Les différentes mesures mentionnées concernant les engins de pêche en plastique sont les suivantes :

- mise en place d'un régime de responsabilité élargie du producteur (filière REP)⁵
- augmentation du taux de recyclage
- mise en place de mesures de sensibilisation pour les utilisateurs sur les alternatives, et sur l'incidence sur l'environnement de la perte d'engins de pêche en plastique

Ces objectifs ont été partiellement transposés à l'échelle nationale au travers de **la Loi Anti-Gaspillage pour une économie Circulaire** du 10 février 2020, qui prévoit notamment :

- la création d'une filière REP pour les engins de pêche contenant du plastique avant janvier 2025
- de « tendre vers l'objectif de 100 % de plastique recyclé d'ici le 1er janvier 2025 »

⁴ Le terme pêche est à prendre au sens large, il englobe l'aquaculture, et donc la conchyliculture. (Parlement Européen ; Conseil de l'Union Européenne, 2019)

⁵Producteur : fabricant ou fournisseur d'engins de pêche en plastique

b) Filière Responsabilité Élargie du Producteur (REP) pour les engins de pêche et d'aquaculture

i. QU'EST-CE QU'UNE FILIERE REP ?

La filière de Responsabilité Élargie du Producteur part du principe qu'un fabricant ou metteur en marché de produits est responsable de ses produits tout au long de leur cycle de vie. Il doit donc s'assurer de leur bonne gestion une fois rendus à l'état de déchets. Ainsi, il contribue financièrement aux coûts de collecte, valorisation, traitement des déchets, au moyen d'une structure appelée éco-organisme, chargée de gérer la coordination de la filière. Le financement de la filière peut se faire également au travers d'une participation à l'achat par le consommateur (éco-contribution). La filière REP vise à favoriser l'éco-conception des produits, de façon à augmenter le taux de valorisation et réduire la mise en décharge.

ii. LA FILIERE REP ENGINES DE PECHE ET D'AQUACULTURE

La loi relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire, dite loi "AGEC", du 10 février 2020, prévoit la mise en place d'une filière REP pour les engins de pêche contenant du plastique (comprenant les engins de conchyliculture). Cette filière doit être mise en place, soit de manière volontaire avant le 31 décembre 2024, soit de façon imposée et réglementée à partir de 2025. La Coopération Maritime, association loi 1901, est chargée de la réflexion opérationnelle sur la mise en place de la REP volontaire. Les premiers échanges intégrant à la fois les metteurs en marché d'engins de pêche et les metteurs en marché d'outils de production conchylicole ont débuté en juillet 2021 et ont lieu régulièrement. Le SMIDAP prend part depuis 2019 aux ateliers organisés trimestriellement par la Coopération Maritime, permettant de connaître les avancées des travaux de la Coopération Maritime sur la valorisation des engins de pêche usagés (Projets PECHPROPRE 1&2 et RECYPECH) et des projets nationaux liés à la réduction de l'impact plastique en milieu marin.

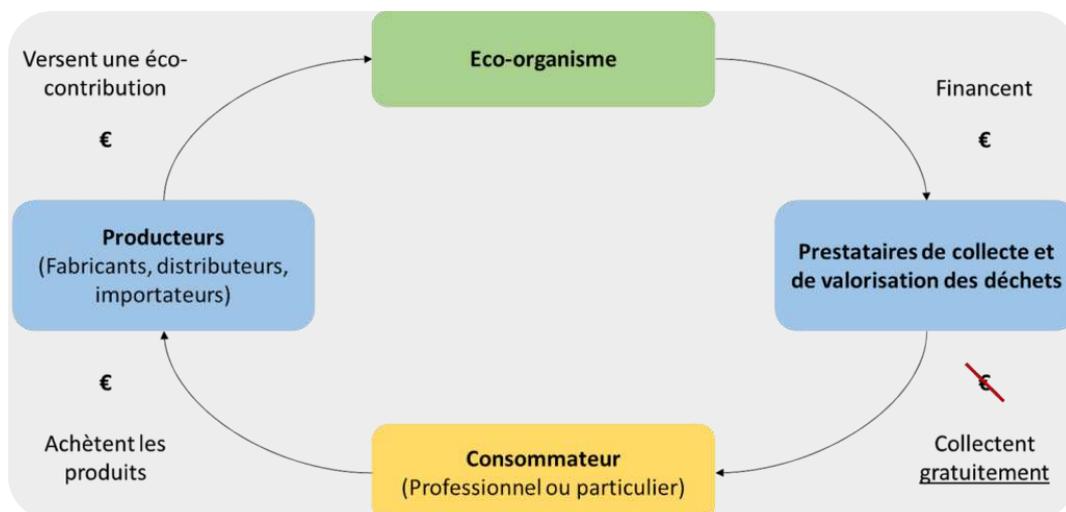


Figure 1: Fonctionnement d'une filière REP (source:takeawaste.fr)

c) Problématiques associées à l'enfouissement technique

i. *REDUCTION DE LA CAPACITE DE STOCKAGE DES DECHETS EN ENFOUISSEMENT*

La Loi du 17 août 2015 relative à la Transition énergétique pour la croissance verte (TECV) prévoit une réduction de 50% des déchets admis en enfouissement à horizon 2025⁶ ainsi que l'objectif de porter à 65% les tonnages orientés vers le recyclage ou la valorisation organique. Ces objectifs sont déclinés dans les plans régionaux de gestion de déchets. Les Régions Pays de la Loire et Bretagne affichent des objectifs encore plus ambitieux avec une réduction de 57% de la part des déchets enfouis en Pays de la Loire en 2025, 65% en 2031 (Région Pays de la Loire, 2019), la Région Bretagne vise quant à elle « zéro » enfouissement en 2030 (Région Bretagne, 2020).

ii. *AUGMENTATION DU COUT DE TRAITEMENT EN ENFOUISSEMENT*

En parallèle de ces mesures de réduction, le gouvernement a voté⁷ l'augmentation de la Taxe Générale sur les Activités Polluantes (TGAP) pour les modes de traitement des déchets les moins respectueux de l'environnement. Ainsi, un calendrier de hausse de taux indique le montant de la TGAP jusqu'à 2025 : la taxe passera ainsi d'un montant de 25€ par tonne de déchets enfouis en 2020 à 65€ en 2025, soit une hausse de 160%, répercutée sur le coût de traitement payé par le producteur de déchets.

iii. *CONSEQUENCES POUR LES DECHETS DE LA CONCHYLICULTURE*

Pour qu'un déchet soit traité dans une filière de recyclage mécanique⁸, cela nécessite des prérequis importants :

- Une matière composée d'un seul type de polymère thermoplastique (PE, PET, PP, PVC, PS)
- Une matière homogène au niveau des mises en forme (pas de mélange rigide/souple par exemple)
- Une matière relativement propre, sans résidus

Des étapes de tri/préparation peuvent permettre de passer outre certaines contraintes, mais si ces opérations sont trop complexes ou coûteuses alors une filière de recyclage pérenne n'est pas envisageable.

En pratique, des démarches de recyclage des outils de production conchylicoles existent ou sont à l'étude (comme pour les poches ostréicoles⁹) mais pour certains déchets comme les filets mytilicoles, le recyclage mécanique ne peut être mis en place (déchets souillés, en mélange avec des résidus, plusieurs typologies de plastique...). En conséquence, après collecte, ces déchets sont la plupart du temps traités en enfouissement, les incinérateurs étant la plupart du temps saturés, privilégiant le traitement des déchets ménagers.

Du fait des évolutions réglementaires contraignantes pour l'enfouissement, la facture pour la gestion des déchets de filets mytilicoles va augmenter au fil des années et certains professionnels risquent de rencontrer des difficultés pour trouver des prestataires qui acceptent de collecter et de traiter ce type de déchets (difficulté déjà rencontrée sur le secteur de La Plaine-sur-Mer). Si des filets en matériaux biosourcés et compostables sont adoptés par la

⁶ Par rapport aux données de 2015

⁷ Article 8 du projet de loi de finance de 2019

⁸ Mode de recyclage le plus pratiqué (transformation des déchets en granulés de plastique), par opposition au recyclage chimique (dépolymérisation pour revenir à un monomère, permet de traiter différents plastiques en mélange)

⁹ Voir article : <https://www.ouest-france.fr/bretagne/auray-56400/bretagne-les-poches-d-huitres-aussi-se-recyclent-7193203>

profession, à condition que des filières de fin de vie en valorisation organique soient opérationnelles, la problématique liée à l'enfouissement des déchets sera alors écartée.

III. ETUDE PREPARATOIRE ET FABRICATION DES FILETS

1. Contexte concernant l'utilisation des filets de catinage

Deux types de filets de catinage sont utilisés en France par les mytiliculteurs sur bouchot : les filets dits « extrudés » et les filets tricotés, dits « chaînette ».

Les filets extrudés sont conçus à partir de granulés de plastique (polypropylène, polyéthylène) qui sont ensuite utilisés dans une machine d'extrusion, où ils sont chauffés et mis en forme de façon à obtenir en sortie des filets maillés. Il n'existe pas d'industrie en France qui possède cette technologie de fabrication pour ce type de filets. Les fabricants recensés en Europe sont au nombre de quatre : deux en Italie (Rom Plastica, Galloplastik) et deux en Espagne (Intermas, Ecoplas).

Les filets chaînette ou tricotés sont conçus également à partir de granulés de plastique (polyester, polypropylène) qui passent par une première étape de fabrication de fil multi-filaments, un fil composé d'une multitude de fibres synthétiques. Ce fil est ensuite utilisé dans des machines de tricotage. Des entreprises sont implantées en France, telles que la société Glynka ou la société Filt.

En Pays de la Loire et en Bretagne Sud, le filet chaînette était utilisé historiquement mais son utilisation s'est progressivement réduite avec l'attrait des mytiliculteurs pour les filets extrudés, qui selon leurs dires sont moins coûteux et conviennent plus à leurs besoins, en termes d'accompagnement de la pousse des moules notamment. Cependant, les filets chaînette sont fortement appréciés des mytiliculteurs présents sur d'autres secteurs de production comme la Normandie et la Bretagne Nord. Par ailleurs, le syndicat des mytiliculteurs de La Plaine-sur-Mer a récemment proposé l'utilisation unique de filets chaînettes pour l'ensemble des entreprises (au nombre de six en 2021). Antonio Charpentier, Président du syndicat, estime que l'usage de ce type de filets provoquerait moins de dispersion accidentelle de plastique dans le milieu que les filets extrudés. En revanche, ces filets requièrent plus de temps à la pose, et ne disposent pas de caractéristiques d'élasticité comme les filets extrudés.

Il a donc été décidé, à la demande de la profession, de fabriquer et tester des filets de catinage biosourcés et compostables, extrudés et tricotés.

2. Filets extrudés

a) Les acteurs de la fabrication

Les prestataires choisis pour la fabrication de ces filets sont les sociétés Seabird et Galloplastik.

i. LA SOCIETE **SEABIRD**



Fondée en 2011, la société lorientaise Seabird cumule une solide expertise concernant la formulation et la production de compound¹⁰ bioplastique pour la fabrication d'engins de pêche et d'aquaculture biosourcés et

¹⁰ Mélange par fusion de différents polymères

compostables : coupelles ostréicoles¹¹, filet trémail¹², poches ostréicoles... c'est donc assez naturellement que le SMIDAP s'est tourné vers Seabird pour envisager sa participation au projet.

ii. LA SOCIETE GALLOPLASTIK 

La société italienne Galloplastik compte plus de 30 ans d'expérience dans la fabrication d'emballages en plastique maille, permettant de produire également des filets mailles pour la mytiliculture. La société a accepté la proposition du SMIDAP de collaborer pour ce projet en mettant à disposition ses moyens techniques et humains pour l'extrusion de filets de catinage biosourcés et compostables.

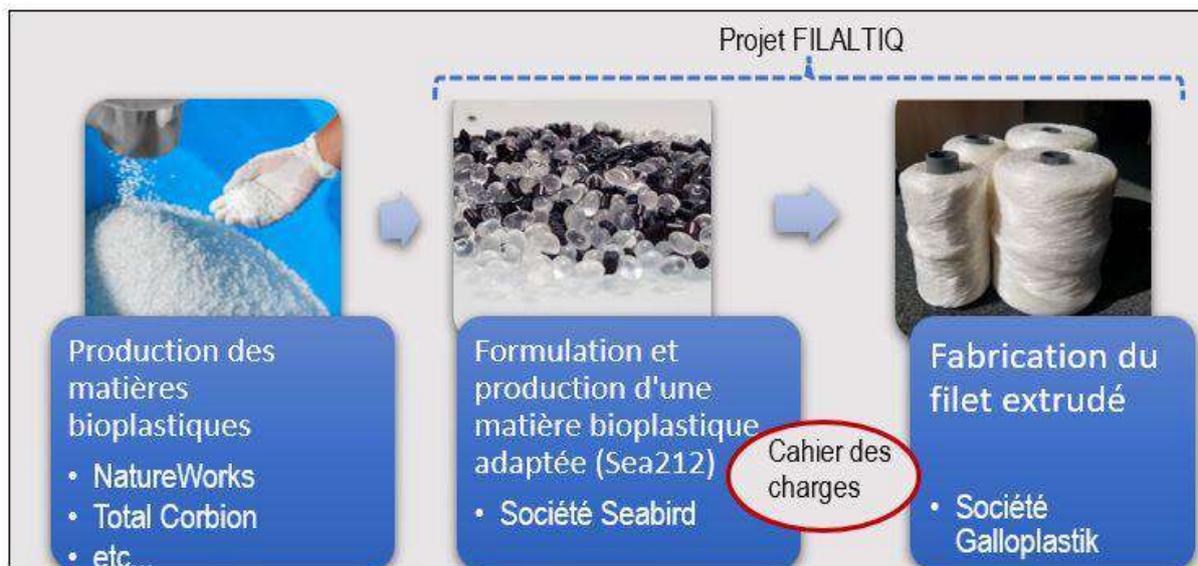


Figure 2 : Étapes de fabrication des filets de catinage biosourcés et compostables extrudés

b) Étude préliminaire

i. CAHIER DES CHARGES CO-CONSTRUIT

La première étape était la rédaction d'un cahier des charges fonctionnel pour le filet extrudé biosourcé et compostable (voir Annexe 1) en s'appuyant sur les retours d'expériences du projet BIOFILET et les échanges avec les mytiliculteurs, rencontrés lors de différentes réunions ou contactés par téléphone. Le cahier des charges a permis de mettre en évidence les principales fonctions techniques et les contraintes à prendre en compte. Ce cahier des charges fonctionnel a été réalisé via une étude méthodologique préalable, s'appuyant notamment sur les cours enseignés à l'école Centrale de Lille (Capron & Bachelet, 2008), (Bigand, 2013).

ii. ÉTUDE MATIERE

La société Seabird a effectué une étude de formulation de la matière bioplastique à utiliser pour la fabrication des filets extrudés. Pour ce faire, des granulés de matière conventionnelle en PP ou PE composant les filets de catinage

¹¹ <https://www.ouest-france.fr/economie/economie-de-la-mer/economie-de-la-mer-des-bioPLAstiques-pour-l-ostreiculture-6007668>

¹² <https://www.ouest-france.fr/bretagne/morbihan/orient-peche-un-filet-biodegradable-l-idee-de-seabird-7177359>

fabriqués par Galloplastik ou d'autres entreprises ont été analysés en laboratoire et comparés avec des compound biosourcés compostables. Cette phase de recherche a permis de mettre en évidence l'adéquation du compound Sea212 dans le process d'extrusion de filets de catinage opéré par la société Galloplastik. Le rapport de synthèse de l'étude comparative des propriétés rhéologiques des matières est disponible en annexe de ce rapport (Annexe 3).

Le compound Sea212

Le compound Sea212 est composé de différentes matières bioplastiques biosourcées et compostables ou pétrosourcées et compostables. La formulation du Sea212 étant brevetée par la société Seabird, celle-ci est confidentielle et n'a pas été divulguée aux partenaires du projet. Il est précisé néanmoins que la résine est constituée de plus de 35% de matières biosourcées¹³, et que toutes les matières composant le Sea212 sont certifiées par la norme européenne EN13432 (ou EN14995). Ces normes sont relatives aux caractéristiques que doivent posséder des matériaux pour être qualifiés comme biodégradables ou compostables. La norme EN13432 s'applique aux emballages alimentaires tandis que la norme EN14995 s'applique aux plastiques en général. (ADEME, 2020, p. 34)

iii. DEFINITION DES BESOINS

Les besoins matière ont été définis à partir des quantités de filets nécessaires pour un test avec 8 mytilculteurs, sur la base de 5 pieux test par type de filet, 2 à 3 filets (par pieu) étant posés sur un cycle de production mytilicole. Les mytilculteurs utilisent des filets maillés de différentes dimensions en circonférence et en longueurs de mailles. La dimension de filet utilisée dépend de la circonférence du pieu et donc de l'état de croissance des moules. En général, les filets sont utilisés dans un ordre croissant sur le cycle de production mytilicole.

c) Fabrication des filets

i. PERIODES DE PRODUCTION

Deux phases de production de filets étaient initialement prévues :

- La première en avril 2020, avec une petite quantité de matière (essai préliminaire) permettant de vérifier l'adéquation du compound bioplastique SEA212 avec le process d'extrusion de Galloplastik, et la qualité du filet obtenu en sortie.
- La seconde production (juillet 2020) avait pour objectif de produire des filets en qualité et quantité suffisante pour un test en conditions réelles d'utilisation, en apportant si nécessaire des modifications à la matière.

Or, la crise sanitaire du COVID-19 et les confinements des différents pays européens en 2020 ont perturbé de manière significative le calendrier prévisionnel du projet. En particulier, la société italienne Galloplastik a rencontré des difficultés opérationnelles relativement tôt dans l'année 2020. De ce fait, l'essai préliminaire prévu en avril 2020 n'a pu être réalisé et la production des filets a finalement été effectuée le 8 septembre 2020. La société Seabird a accompagné la société Galloplastik tout au long de cette production, via la diffusion d'une feuille de route et par l'appui technique fourni par Vincent Mathel, présent à l'usine Galloplastik le jour de la fabrication des filets.

ii. RESULTATS DE PRODUCTION DE FILETS EXTRUDES

Le jour de la fabrication, avec l'appui de Vincent Mathel, les opérateurs ont rapidement pu régler l'extrudeuse sur les paramètres adaptés permettant d'obtenir in fine l'ensemble des prototypes de filets avec une perte relative de matière. L'opération a été jugée satisfaisante, à la fois pour l'entreprise Galloplastik, et pour la société Seabird. Il

¹³ <https://www.seabird.fr/sear.php>

avait été décidé en amont de réaliser les filets avec un grammage égal à 23 grammes de matière par mètre de filet, sachant que les filets conventionnels ont un grammage de 15 grammes par mètre. Cela afin de prévenir une perte de propriétés mécaniques du filet, due à l'utilisation de la matière biosourcée et compostable. Cependant, une bobine de filet SEA212 avec un grammage de 15g.m, a tout de même été produite pour une seule dimension. Enfin, un essai complémentaire avec la matière restante a été réalisé en ajoutant 5% d'additif de rigidité pour des filets de 15g.m.

Les prototypes SEA 212 en 23g.m ont été qualifiés de qualité « optimale » par la société Galloplastik, soit équivalent au filet conventionnel tandis que les filets SEA 212 en 15g.m (avec et sans additif) ont été qualifiés de qualité « suffisante ».

	Dimensions	Linéaire (m)	Poids (kg)
SEA 212 en 23g.m	4 dimensions	1000	22
SEA 212 en 15g.m	1 dimensions	100	15
SEA 212 en 15g.m + 5% d'additif	1 dimensions	100	15

Tableau 1 : Caractéristiques des filets extrudés produits

Points positifs : matière SEA212 adaptée au process d'extrusion, le filet semble être réalisable en 15g.m, comme les filets conventionnels

Points d'amélioration : Réduire la perte matière lors de l'extrusion des filets, réduire le grammage des filets

3. Filets chaînette

a) Les acteurs de la fabrication

Le prestataire choisi pour la fabrication des filets tricotés est la société française Glynka.

i. LA SOCIETE GLYNKA¹⁴



Fondée en 1998, et tournée à l'origine vers une activité de production de textile d'habillement, la société Glynka a progressivement évolué pour se consacrer exclusivement à partir des années 2005/2006 à la production de filets mytilicoles, répondant ainsi aux besoins de cette filière. L'entreprise est sollicitée pour la fabrication de différents types de filets : filets de catinage (polypropylène ou polyester), filets à boudins (polypropylène et coton), filets élastiques (coton ou polyester et caoutchouc) et filets pour cordes de naissain (100% coton). La société est gérée depuis 2012 par Mme Claudine Moroy, et emploie trois personnes à temps plein. Par ailleurs, la société collabore avec un ESAT¹⁵ et une structure pénitentiaire pour la préparation de filets de catinage « prêts à poser », découpés, noués et/ou élastiqués. Avec une production annuelle de 22 T de filets, la société est en capacité de produire jusqu'à 3500 mètres de filet de catinage par jour. Mme Moroy indique privilégier autant que possible l'utilisation de fil fabriqué en Europe. En France, trois entreprises produisent actuellement du filet mytilicole tricoté.

¹⁴ <https://www.aisnenouvelle.fr/art/region/chauny-des-millions-de-moules-dans-les-filets-de-Glynka-ia16b110n377000>

¹⁵ ESAT : Établissement et Service d'Aide par le Travail, visant à la réinsertion professionnelle des personnes en situation de handicap.

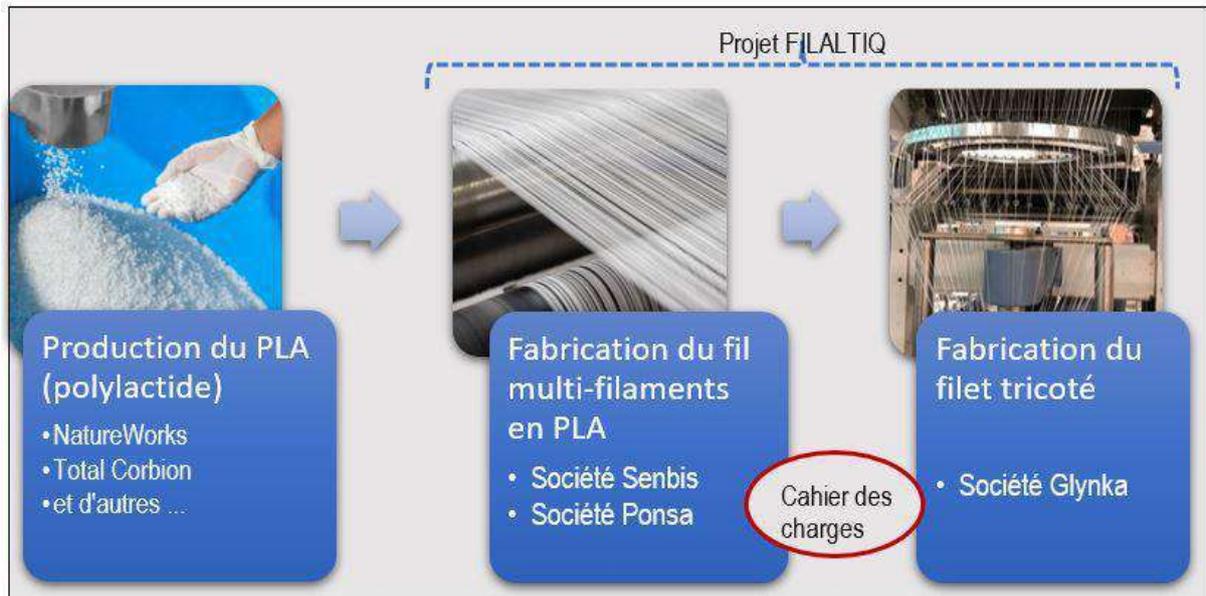


Figure 3 : Etapes de fabrication des filets de catinage biosourcés et compostables tricotés

ii. POINT SUR L'ORIGINE DE LA MATIERE PREMIERE

Le PLA est un bioplastique 100% biosourcé et biodégradable, il est fabriqué majoritairement par les usines TOTAL CORBION (Asie principalement) ou NATUREWORKS (Etats-Unis, Asie). TOTAL CORBION PLA prévoit aussi de se développer sur le site de Grandpuits, en France en 2024. Selon TOTAL, « avec une capacité de production de 100 000 tonnes/an, cette usine fera de TOTAL CORBION PLA le premier producteur mondial de PLA. ». La fabrication du PLA comprend trois étapes principales : Tout d'abord, les sources biosourcées comme le maïs (NATUREWORKS) ou la canne à sucre (TOTAL CORBION) doivent être collectées et transportées vers une usine. Ensuite, la matière première est convertie en acide lactique par le processus de fermentation de l'amidon ou du sucre. Il s'agit de la méthode de fabrication de l'acide lactique la plus courante, car elle est efficace du point de vue chimique et économique. Elle permet de fabriquer de l'acide lactique pur (Rezvani Ghomi et al., 2021, p. 3).

b) Étude préliminaire

i. CAHIER DES CHARGES CO-CONSTRUIT

La première étape a constitué en la rédaction d'un cahier des charges fonctionnel pour le filet tricoté biosourcé et compostable (voir en annexe 2), en s'appuyant sur les retours d'expériences du projet BIOFILET et les échanges avec les mytilculteurs rencontrés lors de différentes réunions ou par téléphone. Ce type de filet est relativement peu utilisé par les mytilculteurs des Pays de la Loire et de Bretagne Sud mais ceux-ci ne remettent pas en cause son existence, la plupart des producteurs ne l'ayant jamais testé. Le secteur de La Plaine-sur-Mer fait figure d'exception puisque à l'initiative du syndicat mytilicole, les 6 entreprises se sont accordées pour utiliser uniquement du filet tricoté, à partir du cycle mytilicole de l'année 2020. Cela principalement dans un souci de réduction d'impact environnemental puisque les filets tricotés seraient à l'origine d'une dispersion de plastique moindre dans le milieu marin comparé aux filets extrudés. Le cahier des charges a permis de mettre en évidence les principales fonctions techniques et les contraintes à prendre en compte. Ce cahier des charges fonctionnel a été réalisé via une étude méthodologique préalable, s'appuyant notamment sur des cours enseignés à l'Ecole Centrale de Lille (Capron & Bachelet, 2008), (Bigand, 2013).

ii. ÉTUDE COMPARATIVE (BENCHMARK) DES FABRICANTS DE FIL

Sélection des entreprises produisant du fil multi-filaments

La fabrication de filet mytilicole tricoté requiert l'usage de fil multi-filaments, c'est-à-dire un fil composé d'une multitude de petites fibres. Ce fil est obtenu à partir d'un procédé de filature qui consiste en la transformation de granulés plastiques chauffés à très haute température en fibres synthétiques. Cette étape est réalisée par une autre entreprise que la société produisant les filets. Pour le projet, l'objectif était de trouver du fil compostable adapté au process de fabrication de filets de la société Glynka. Une comparaison de l'offre existante a donc été réalisée après des recherches menées sur internet et une annonce postée sur le réseau social LinkedIn, au sein d'un groupe consacré aux bioplastiques. Sept fabricants ou fournisseurs ont ainsi été recensés.

Les critères de sélection étaient les suivants :

- **Produit** : fil multi-filaments
- **Matière** : biosourcée et compostable, au moins en conditions de compostage industriel
- **Certifications** : conforme à la norme EN13432 ou EN14995, ou en cours de certification
- **Localisation de l'usine de fabrication de fil** : Europe

Ces critères ont permis de sélectionner deux fabricants de fil biosourcé et compostable : la société néerlandaise SENBIS et la société espagnole PONSА. Ces fabricants proposent tous deux du fil multi-filaments en PLA, mais ces fils ont des caractéristiques différentes, inhérentes à leur fabrication (nombre de filaments, propriétés de résistance).

- **La société PONSА**

La société espagnole PONSА est spécialisée dans la fabrication de fils techniques et de sangles. Elle s'est récemment intéressée à la fabrication et à la distribution de fils compostables.

- **La société SENBIS**

La société néerlandaise SENBIS est spécialisée dans le développement de polymères biosourcés et biodégradables spécifiques à certaines applications dans de nombreux domaines. Pour le domaine maritime, SENBIS a développé des protections de filets de pêche et des filets à boudins de moules en matériaux biodégradables en milieu marin.

Sélection des caractéristiques des fils biosourcés et compostables

L'étape suivante a été de choisir le type de fil à utiliser, via une concertation avec les référents des sociétés PONSА, SENBIS et GLYNKA. Une comparaison des caractéristiques du fil conventionnel utilisé pour les filets tricotés, et celles des différents fils compostables a été réalisée. Plusieurs éléments ont été considérés, notamment le nombre de filaments, le titrage¹⁶ du fil ou encore ses propriétés de résistance. Les filaments des fils en PLA étant d'une résistance inférieure aux fils polypropylène, le titrage des fils a été choisi en fonction des données de résistance propres à chaque fil : 1666 dtex pour le fil PONSА, 1100dtex pour le fil SENBIS. Le titrage des filets de catinage conventionnels est plutôt compris entre 800-1000dtex.

¹⁶ Le titrage indique la grosseur d'un fil textile. Le titrage ou titre est le rapport existant entre le poids fixe (kilogramme) et la longueur variable de ce fil. L'unité fréquemment utilisée pour le mesurer est le tex, soit le poids en gramme de 1000 mètres de fil, ou le decitex (dtex), équivalent à 10-7 kg/m.

iii. DEFINITION DES BESOINS

Les besoins matière ont été définis à partir des quantités de filets nécessaires pour un test avec 8 mytiliculteurs, sur la base de 5 pieux test par type de filet, 2 à 3 filets (par pieu) étant posés sur un cycle de production mytilicole. Cela donne un besoin final de 500 mètres de filet. Pour la fabrication de filets de catinage, les machines sont équipées avec 32 bobines de fil. À titre de référence, pour produire 1000m de filet, la machine doit être alimentée avec 32 bobines de 3740m de fil. Les mytiliculteurs ont recours à des filets maillés de différentes dimensions en circonférence et en longueurs de mailles. La dimension de filet utilisée dépend de la circonférence du pieu et donc de l'état de croissance des moules. Les filets sont donc utilisés, en général dans un ordre croissant sur le cycle de production mytilicole. Suite aux échanges avec la profession, il a été décidé de produire 4 dimensions différentes de filets.

c) Fabrication des filets

i. PERIODE DE PRODUCTION

Une seule phase de fabrication de filets était prévue pour les filets chainette. Celle-ci n'a pas eu de retard, malgré la crise sanitaire du covid-19 et a pu être effectuée au mois de septembre 2020, sur une journée.

ii. RESULTATS DE FABRICATION DES FILETS

La société Ponsa a fourni 32 bobines de son fil PLA, tandis que la société Senbis a fourni plusieurs bobines de fil qui ont été bobinées par la société Glynka pour obtenir 32 bobines. L'ensemble des fils Ponsa et Senbis ont pu être utilisés pour produire des filets de catinage. Les filets obtenus sont de qualité satisfaisante.

Points positifs : la fabrication des filets compostables avec les fils PLA des deux fournisseurs suit le même process qu'avec les fils conventionnels utilisés habituellement par la société Glynka, avec des moyens humains et techniques similaires.

Points d'amélioration : aucun point négatif n'est à déplorer concernant la fabrication de filets par la société Glynka. En revanche, la société Ponsa a rencontré un problème technique lors du bobinage de son fil sur 32 bobines, de ce fait la quantité de fil reçue de la société Ponsa a été inférieure à ce qui était prévu. Il y a donc eu un léger déficit de filets tricotés Ponsa pour deux des dimensions de filets réalisés.

IV. ÉVALUATION DES FILETS

1. Essais en conditions réelles d'utilisation

a) Objectifs

Sur la durée d'un cycle de production mytilicole, l'objectif est d'acquérir des données sur le comportement des prototypes de filets en manipulation et sur leur efficacité zootechnique en conditions réelles d'utilisations sur pieux de bouchot.

b) Matériels et méthodes

i. LES FILETS TESTES

Type de filet	Fabricant	Matière	Dimensions
Extrudé	Galloplastik	Sea 212 en 23g.m	Toutes : 36/75,36/90, 36/95 et 36/100
Extrudé	Galloplastik	Sea 212 en 15g.m	36/75
Extrudé	Galloplastik	Sea 212 en 15g.m + 5% d'additif	36/75
Tricoté	Glynka	PLA société Senbis	Toutes
Tricoté	Glynka	PLA société Ponsa	Toutes

Tableau 2 : Les différents prototypes de filets testés à l'usage

Précision pratique :

Afin de pouvoir identifier les filets une fois posés sur les pieux de bouchot, des étiquettes rigides et colorées ont été utilisées.

ii. SITES D'ETUDE

Les sites d'expérimentation ont été déterminés par les CRC Bretagne Sud et CRC Pays de la Loire sur leurs territoires d'actions respectifs lors de la mise en place du projet BIOFILET (Maheut, 2020). Le projet BIOFILET s'étant déroulé dans de bonnes conditions avec les 8 mytiliculteurs partenaires, il a été décidé avec les CRC de renouveler un partenariat avec ces mêmes professionnels (qui ont donné leur accord) pour le projet FILALTIQ. Les sites tests choisis étaient pour la plupart identiques à ceux du projet BIOFILET.

Les facteurs déterminants de ces choix étaient les suivants :

- Obtenir une diversité de conditions du milieu et d'expositions
- Bénéficier de l'accord et de l'implication des mytiliculteurs concernés
- Impliquer des professionnels intéressés par ce projet

iii. CARACTERISATION DES SITES

Ces sites ont été choisis afin de faire intervenir une diversité de conditions du milieu de manière à obtenir une représentativité des différents secteurs de production des Pays de la Loire et de Bretagne Sud. En effet, les concessions de moules de bouchot du territoire, en raison de leur exposition et de leur emplacement par rapport à la côte, ne sont pas sujettes aux mêmes effets de houle et de vent. C'est un facteur indispensable à prendre en compte pour cette expérimentation. Un indicateur, le degré d'exposition, a ainsi été créé pour catégoriser les différents sites mytilicoles en fonction de leur degré d'exposition, s'appuyant à la fois sur les données statistiques annuelles de vent et de houles ainsi que les dires des professionnels exploitant ces zones (Tableau 3).

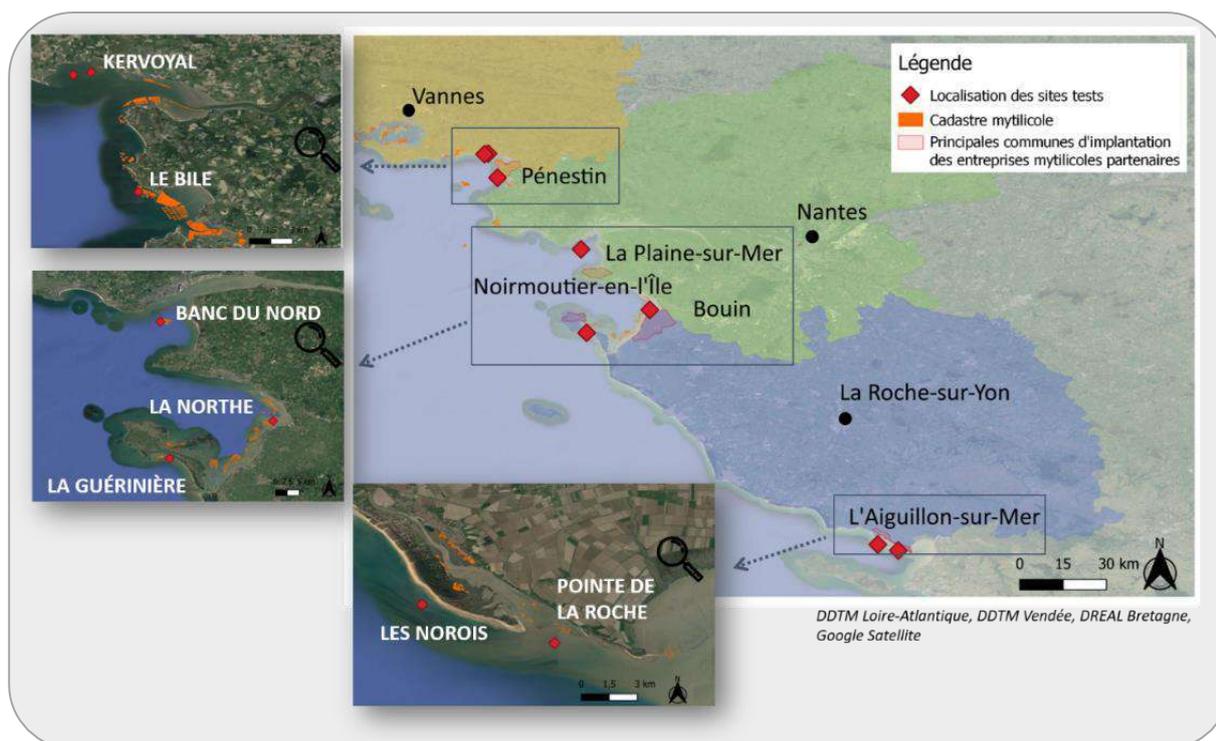


Figure 4 : Cartographie des sites tests des filets mytilicoles biosourcés et compostables sur pieux de bouchot

Secteur de production	Nom du site	Degré d'exposition Faible (1), modéré (2), fort (3)
Pénestin	Kervoyal 1	2
Pénestin	Kervoyal 2	2
Pénestin	Le Bile	1
La Plaine-sur-Mer	Banc du Nord	3
Baie de Bourgneuf	La Northe	3
Île de Noirmoutier	La Guérinière	2
Baie de l'Aiguillon	Les Norois	2
Baie de l'Aiguillon	Pointe de la Roche	2

Tableau 3 : Sites des tests en conditions réelles des filets et degré d'exposition correspondant

iv. PROTOCOLE D'ETUDE

Des observations visuelles et photographiques permettent de suivre la tenue du filet à l'usage, à chaque étape du cycle de production, en comparaison avec les filets de catinage en plastique conventionnel.

L'évaluation des différents filets de catinage biosourcés et compostables s'effectue via deux actions :

- 1) Suivi du comportement du filet en manipulation
- 2) Suivi régulier de la tenue du filet et de son efficacité zootechnique

Conditions à respecter :

- Débuter les tests à l'usage sur les pieux de la production 2020 nouvellement garnis.
- Comparer avec des pieux témoins qui seront garnis de filets en plastique conventionnel, situés à proximité immédiate des pieux tests.

- Procéder à la pose de 1 à 3 filets de catinage par pieu test¹⁷.

1) Suivi du comportement des filets en manipulations

Les filets subissent des manipulations (manuelles ou mécaniques) à diverses reprises au cours du cycle de production mytilicole (Figure 5). On distingue ainsi la préparation des filets pour le catinage et la pêche des pieux. Un suivi est assuré à chaque étape par les professionnels impliqués, assistés ou non de Julie Maheut. Le comportement des filets est examiné suivant plusieurs indicateurs (Tableau 4), reportés dans une base de données. Des photographies et des vidéos sont également réalisées.

2) Suivi des pieux tests

Le suivi des pieux tests vise à évaluer les performances zootechniques des filets tout au long du cycle de production, définies suivant plusieurs indicateurs (Figure 5). Les observations effectuées par Julie Maheut ou transmises par les producteurs partenaires tout au long du cycle de production sont reportées au sein d'une base de données. Des photographies sont également réalisées.

Remarque : L'accès aux sites-tests pour les suivis est dépendant des moyens nautiques des mytiliculteurs se rendant sur site, ce qui peut perturber la fréquence et la régularité des observations.

Période	Manipulations des filets de catinage	1) Indicateurs manipulations	2) Indicateurs de suivi
		Comparaison visuelle avec les pieux témoins	
Sept-oct 2020	<ul style="list-style-type: none"> • Découpe et préparation des filets à partir des bobines (Figures 6 et 7) • Pose du premier filet (avec l'outil « guide », Erreur ! Source du renvoi introuvable. 9 et 10) 	<ul style="list-style-type: none"> • moyens humains : nombre d'opérateurs, temps passé 	
Avril-juin 2021	<ul style="list-style-type: none"> • Découpe et préparation des filets à partir des bobines • Pose du premier filet (avec l'outil « guide », Erreur ! Source du renvoi introuvable.) 	<ul style="list-style-type: none"> • moyens techniques : outils utilisés (type, caractéristiques), comportement avec le filet 	<ul style="list-style-type: none"> • zootechnie : Développement des moules, accompagnement de la pousse, phénomènes de casse, appréciation du producteur
Août – oct 2021	<ul style="list-style-type: none"> • Pêche des moules mécanisée : engin « pêcheuse » (Figures 6 et 7) • Dégrappage mécanique pour dissocier le filet des moules • Nettoyage • Calibrage • Tri manuel 	<ul style="list-style-type: none"> • comportement du filet : Phénomènes de casse (superficielle ou étendue) • forces/faiblesses • autres observations en lien avec le cahier des charges des filets (voir en annexe 1 et 2) 	

Tableau 4 : Synthèse des éléments suivis pour les tests à l'usage

¹⁷ Selon les pratiques des mytiliculteurs.

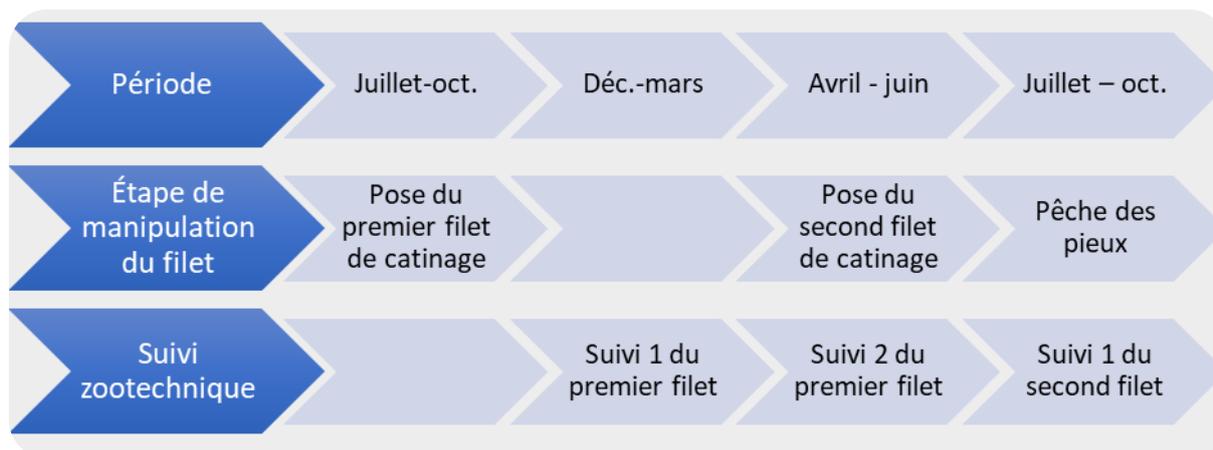


Figure 5 : Décomposition des différentes étapes de manipulation et de suivi des filets au cours du cycle mytilicole

c) Résultats

i. COMPORTEMENT DES FILETS EN MANIPULATIONS

1/ Préparation des filets

Contexte

L'étape de préparation des filets consiste à découper à partir d'une bobine de filet, des sections de filet correspondant à la longueur d'un pieu de bouchot, puis à nouer une extrémité du filet afin de permettre ensuite le maintien du filet en tête de pieu. La mesure est le plus souvent réalisée au moyen de dispositifs manuels (Figure 6). La découpe est effectuée avec un couteau aiguisé.

Comportement du filet et moyens humains nécessaires

On observe un comportement satisfaisant des deux types de filets en bioplastique sur cette étape. Les producteurs partenaires sont unanimes sur le fait qu'il n'y a pas de différence notable concernant le temps de préparation ou la technique adoptée, comparé aux filets mytilicoles classiques en plastique. Il n'y a pas non plus d'impact négatif (déchirure, casse de mailles) constaté sur les filets testés. Il a été noté pour le nœud réalisé sur le filet extrudé Sea212 un léger effet de glissement qui peut avoir pour conséquence, si le nœud n'est pas assez serré, la mauvaise tenue du filet en tête de pieu. Cependant, il n'a pas été constaté d'effet de décrochage du filet à l'usage sur les pieux de bouchot.



Figure 6 : Préparation des longueurs de filets avec un outil circulaire permettant la découpe selon une mesure souhaitée



Figure 7 : Préparation des longueurs de filets à l'aide d'un banc de mesure



Figure 8 : Filet en Sea212 noué

2/ Pose des filets de catinage sur les pieux de bouchot

La pose (ou catinage) des filets s'effectue en deux étapes ; la première (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**9) consiste à enfiler le filet autour d'un outil métallique circulaire, pouvant porter plusieurs appellations : « engin à catiner » ou « guide ». Le filet doit rester bloqué en haut du cylindre grâce au nœud effectué lors de l'étape de préparation. Une fois le filet positionné, l'utilisateur retourne l'outil et se saisit du mat puis entoure le pieu de bouchot du cylindre provoquant l'accroche du filet noué en tête de pieu (Figure 10). Le cylindre est ensuite progressivement enfoncé pour que le filet entoure le pieu de toute sa longueur. Dès que l'utilisateur constate que l'ensemble du filet est décroché de l'outil, celui-ci est remonté hors de l'eau assez rapidement afin que l'opération puisse être réitérée pour les pieux suivants.



Figure 9 : Étape d'enfilage du filet sur le guide Ici avec un filet tricoté Ponsa



Figure 10 : Étape de pose/catinage sur le pieu Ici avec un filet tricoté, l'opérateur doit tenir le filet

Indicateurs observés Type de filet	Enfilage sur l'engin à catiner	Pose du filet sur le pieu de bouchot
		Résistance (taux de casse) Adhérence Durée d'enfilage
Filet témoin extrudé	Durée d'enfilage : 4 à 8 secondes Casse de mailles : moins d'une maille cassée sur un filet pour 100 filets posés	Durée de pose : moins de 10 secondes Recouvrement quasiment intégral du pieu garni de moules
Filets extrudés Sea212 : 23g.m, 15g.m et 15g.m +5% additif	Durée d'enfilage équivalente ou inférieure aux filets témoins Pas de casse de mailles Enfilage très satisfaisant Pas de différence constatée entre les différents prototypes et dimensions de filets.	Durée et technique similaire aux filets conventionnels
Filet tricoté Ponsa	Durée d'enfilage supérieure aux filets conventionnels, au minimum 8 secondes mais propre à ce type de filet. Pas de casse de mailles.	Le filet doit parfois être tenu pour la pose (Figure 10), ce qui prend plus de temps. Cependant cela est propre à ce type de filet.
Filet tricoté Senbis		

Tableau 5 : Synthèse des résultats pour l'étape de pose des filets de catinage sur les pieux de bouchot

Bilan

Le filet extrudé en Sea212, quel que soit le prototype, s'est montré performant sur cette étape de manipulation. Ce ressenti est partagé par les mytiliculteurs testeurs, certains trouvant même ce filet plus facile à enfiler que les filets conventionnels. Le filet tricoté compostable, peu importe le fil utilisé (Ponsa ou Senbis) demande lui plus de temps de manipulation mais cela est intrinsèque à cette typologie de filets et non pas à l'utilisation de fil compostable.

ii. TENUE DES FILETS ET PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES

Le premier filet a été posé entre fin septembre et fin octobre 2020. Sur l'ensemble des sites, excepté Le Bile à Pénestin, un second filet a été posé entre avril et juin 2021. Les observations concernent les indicateurs permettant d'évaluer la bonne fonctionnalité du filet tels que le recouvrement intégral du pieu de bouchot garni de moules, l'accompagnement de la pousse des moules ou la présence de casses de mailles dans le filet.



Figure 11 : À gauche, pieu avec filet chaînette Ponsa présentant plusieurs casses importantes de mailles nuisant à la fonctionnalité du filet. A droite : pieu avec filet chaînette Ponsa présentant une ouverture en tête de pieu ne nuisant pas à la fonctionnalité du filet (Site de Banc du Nord)



Figure 12 : Vue des pieux catinés avec des filets chaînette Ponsa. En 6 mois et demi, aucune casse de maille n'est constatée sur ces filets (Site de Kervoyal 1)



Figure 13 : Vue des filets extrudés en 23g.m (Site de Banc du Nord)



Figure 14 : Vue des pieux avec filets extrudés en 23g.m (Site de La Northe)

Tableau 6 : Résultats des performances zootechniques

Nom site	D°Ex 1 : faible 2 : modéré 3 : fort	Filets testés	Observations
Kervoyal 1 (Pénestin)	2	Extrudé Sea212 23g.m Extrudé Sea212 15g.m	<p align="center">Filets 1 et 2 fonctionnels :</p> <p>Développement normal des moules sur les pieux pour tous les filets testés</p>
Kervoyal 2 (Pénestin)	2	Extrudé Sea212 15g.m +5% d'additif	
Le Bile (Pénestin)	1	Tricoté Ponsa Tricoté Senbis	
La Northe (Baie de Bourgneuf)	3	Extrudé Sea212 23g.m Tricoté Ponsa Tricoté Senbis	
La Guérinière (Noirmoutier)	2	Extrudé Sea212 23g.m Extrudé Sea212 15g.m Extrudé Sea212 15g.m +5% d'additif Chaînette Ponsa Chaînette Senbis	
Les Norois (L'Aiguillon-sur-Mer)	2	Extrudé Sea212 23g.m Chaînette Senbis	
Pointe de la Roche (L'Aiguillon-sur-Mer)	2	Extrudé Sea212 23g.m Chaînette Senbis Chaînette Ponsa	
Banc du Nord (La Plaine-sur-Mer)	3	Extrudé Sea212 23g.m Tricoté Ponsa Tricoté Senbis	<p>Premier filet (30/09/2020 – 29/04/2021)</p> <p>Filets dysfonctionnels :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1 filet chaînette Senbis est largement ouvert en tête de pieu (dû à la pose) - 2 filets chaînette Ponsa ont plusieurs casses de mailles importantes <p>Autres observations ne compromettant pas la fonctionnalité du filet :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 3 filets chaînette Senbis sur 5 sont ouverts en tête de pieu - 2 filets chaînette Ponsa sur 5 sont ouverts en tête de pieu <p>Développement normal des moules sur les pieux avec les filets extrudés, pas de casse de mailles</p> <p>Second filet (29/04/2021 – 09/09/2021)</p> <p>Filets fonctionnels : développement normal des moules sur les pieux pour tous types de filets, pas de casse de mailles</p> <p>Autres observations ne compromettant pas la fonctionnalité du filet :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pas de casse en tête de pieu pour les filets Senbis - 2 filets chaînette Ponsa sur 3 ouverts en tête de pieu

Bilan

Les filets extrudés, quel que soit leur typologie (23g.m, 15g.m, 15g.m + 5% d'additif) ont démontré de bonnes performances zootechniques en permettant un maintien et un accompagnement efficace des moules au cours du cycle de production. Aucun phénomène de casse n'a été constaté pour ces filets.

Les filets chaînette (hormis le site de Banc du Nord) ont également fait preuve de bonnes performances à l'usage. En effet, sur ce dernier site, les filets chaînette semblent avoir été plus sensibles aux contraintes du milieu d'usage, et l'on a pu constater une casse de mailles et/ou un glissement du filet en tête de pieu. Le site de Banc du Nord semblerait être le site exposant les filets aux plus fortes contraintes. En début de cycle de production, le garnissage en naissain des pieux est important comparé aux autres secteurs, exerçant une contrainte de plus en plus forte sur le premier filet au fur et à mesure du développement des moules. Puis, au printemps, les pieux captent une quantité importante de naissain de moules dans le milieu, s'ajoutant à la charge existante des moules en croissance sur le pieu. En effet, en juillet 2021, le suivi productivité, piloté par le SMIDAP en la personne du chargé de mission Romain Cesbron, a montré un poids total brut pour un pieu de bouchot pêché de 187.7 kg. Par ailleurs, le site de Banc du Nord est fortement exposé aux effets de houles et de vent, pouvant générer des dommages sur les filets. Une conjonction de facteurs pourrait donc être à l'origine de phénomènes de casses sur les filets chaînettes sur le site de Banc du Nord. Cependant, sur les autres sites tests, il n'a pas été notifié de phénomènes similaires alors que certains sites subissent également des contraintes importantes. Seul un test à l'usage à plus grande échelle pourra permettre de statuer sur la compatibilité des filets chaînette avec l'ensemble des sites test. Par ailleurs, mis à part sur le site de Banc du Nord où les filets chaînette avec le fil Senbis ont montré des résultats légèrement supérieurs au fil Ponsa, les deux prototypes ont montré des résultats équivalents sur les autres sites. A performances égales, il peut cependant être judicieux de privilégier le fil le moins épais, à la fois pour des préoccupations d'ordre économique pour les professionnels, mais également du fait des contraintes techniques liées à l'usage du dégrappeur. En effet, plus le filet utilisé est épais, plus la fréquence de nettoyage du dégrappeur doit être réduite, celui-ci étant plus rapidement encombré.

iii. COMPORTEMENT A LA PECHE DES PIEUX

Contexte et méthode

La pêche des pieux est la première étape de préparation des moules commercialisables. Vient ensuite le passage dans le dégrappeur puis dans la chaîne de lavage et de tri des moules. Ces différentes étapes constituent la dernière manipulation du filet puisque celui-ci vise à être séparé des moules puis collecté pour être traité à l'état de déchet. Les différents échanges avec les mytiliculteurs partenaires ont permis de distinguer deux observations principales à effectuer pour cette étape :

- 1) La comparaison des moyens humains et techniques à l'usage du dégrappeur
- 2) Le comportement des filets dans le dégrappeur et la chaîne de lavage/tri (à bord ou à terre).

Il a donc été demandé aux mytiliculteurs testeurs des retours sur ces éléments lorsqu'ils ont été amenés à pêcher les pieux tests du projet.

Un protocole plus détaillé (Tableau 7) a pu être effectué avec un des mytiliculteurs partenaire via l'embarquement de la chargée de mission du projet sur le site de la Plaine-sur-Mer.

Étape	Indicateurs observés	Méthode
Pêche mécanisée des pieux	Comportement du filet à cette étape, maintien et récupération des moules	Comparaison avec pieux témoins
Dégrappage mécanique	État de la machine après passage des filets Quantités et typologie des résidus (dimensions) dans le dégrappeur Quantité et typologie des résidus de filets perdus (évacués du dégrappeur)	Comparaisons qualitatives avec pieux témoins à l'aide de prises de photographies Passage de 5 pieux témoins : observations et prises de photos à chaque étape Nettoyage des installations
Laveuse	État de la machine après passage des filets Quantité et typologie des résidus de filets retrouvés dans la machine Quantité et typologie des résidus de filets perdus	Passage des différents pieux tests en différenciant les types de filets (marquage étiquettes) : observations et prises de photos
Tri manuel sur la grille de 12mm	Quantité et typologie des résidus de filets retrouvés sur la grille	
Moules triées en sortie	Quantités et typologie des résidus de filets retrouvés dans les moules après lavage	

Tableau 7 : Synthèse des indicateurs et la méthode à appliquer pour chaque étape

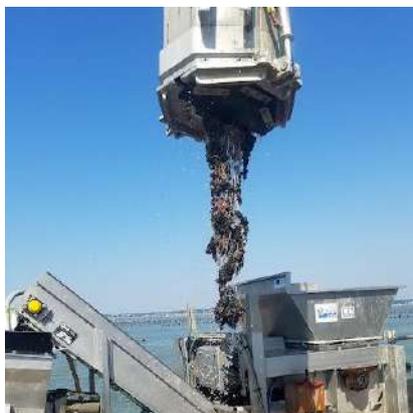


Figure 15 : Vue de la pêcheuse après pêche des pieux, ici avec le filet extrudé compostable problématique.



Figure 16 : La pêcheuse s'ouvre pour relarguer son contenu dans le dégrappeur.



Figure 17 : Vue de l'intérieur du dégrappeur avec différents filets de catinage.



Figure 18 : Vue des filets pris dans les couteaux du dégrappeur (arrière de la machine).

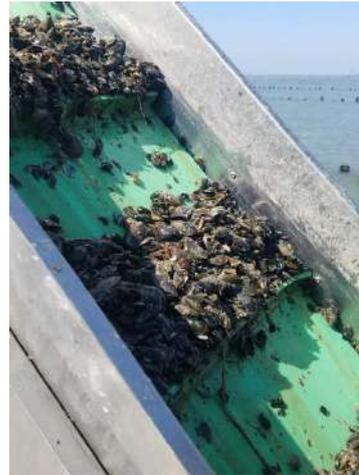


Figure 19 : Tapis roulant acheminant les moules jusqu'à la chaîne de lavage.



Figure 20 : vue de la laveuse



Figure 21 : Vue des moules en sortie de laveuse arrivant dans le géobox (caisse-palette)



Figure 22 : déchets en sortie de chaîne de lavage



Figure 23 : déchets de filets récupérés dans le dégrappeur

Résultats

Étape	Suivi à la Plaine-sur-Mer (par chargée de mission projet)	Autres secteurs (Retours des professionnels)
Pêche mécanisée des pieux	Un filet extrudé Sea212 23g.m s'est déchiré, à l'usage de la pêcheuse, ce qui n'a pas permis de récupérer toutes les moules du pieu. Selon le professionnel, cela peut être dû à une longueur de filet trop importante en bas de pieu. Pour les autres filets pêchés, il n'y a rien à signaler, toutes les moules ont pu être récupérées.	Le rendement semble similaire entre les filets compostables et les filets conventionnels
Dégrappage mécanique Tapis roulant en sortie	Le filet extrudé (conventionnel ou compostable) est moins bien retenu dans les couteaux du dégrappeur que le filet chaînette qui forme une masse compacte enroulée autour du rotor. Filet Galloplastik conventionnel PP : présence de fragments de mailles de filets Filet extrudé Sea212 : présence de fragments de mailles de filets Filets chaînettes compostables : peu de résidus visibles	Observations similaires au secteur de La Plaine-sur-Mer pour un autre mytiliculteur travaillant également avec la chaîne de dégrappage et lavage à bord de son navire. Les autres mytiliculteurs n'ont pas fait remonter de retours similaires. Cela peut être dû au fait que pour les secteurs de Noirmoutier, Baie de Bourgneuf et Pénestin, le dégrappage et lavage s'effectue à terre et que le mytiliculteur a pu manquer de visibilité sur cette étape.
Chaîne de lavage	Une quantité importante de filets chaînette reste coincé dans la vis sans fin de la chaîne de lavage	Rien à signaler sur les autres secteurs.
Tri manuel sur la grille de 12mm	Fragments de filets extrudés présents à ces étapes là (conventionnel ou biosourcés), récupérés autant que possible pour être jetés (fig.32)	
Moules triées en sortie		

iv. CONCLUSIONS GENERALES DES ESSAIS EN CONDITIONS REELLES D'UTILISATION

Les filets biosourcés et compostables testés ont répondu aux attentes des utilisateurs concernant les étapes de préparation et de catinage des pieux. Les filets tricotés, conventionnels ou compostables, requièrent davantage de temps de préparation et de catinage du fait de leur absence de rigidité. Ce qui ne constitue pas forcément un frein pour les mytiliculteurs qui jugent ce filet performant à l'usage. Les filets extrudés en Sea212, en 15g.m ou 23g.m ont démontré de bonnes performances zootechniques puisqu'ils ont permis d'accompagner correctement la pousse des moules et n'ont pas montré de signes de dégradation exposés aux différents facteurs du milieu, y compris dans des zones fortement exposées aux conditions de vent et de houle. Les filets tricotés ont également fait preuve de bonnes performances zootechniques mais un doute subsiste quant à la tenue de ces filets soumis à des facteurs de dégradation importants. Les filets tricotés avec le fil Senbis semblent être légèrement plus performants que les filets avec le fil Ponsa, pour un grammage inférieur. Les bénéfices à utiliser le fil Senbis seraient ainsi économiques (réduction du coût matière) et techniques (réduction de la quantité de filets dans le dégrappeur). Les mytiliculteurs partenaires sont globalement satisfaits des filets testés, avec une préférence pour le filet extrudé qui permettrait d'assurer un meilleur accompagnement de la croissance des moules de bouchot. Cependant, certains

mytiliculteurs ont fait part de leur souhait d'obtenir plus d'informations sur le comportement des filets extrudés dans le dégrappeur. En effet, afin d'être certains du bénéfice environnemental de ces alternatives, le filet ne doit pas générer davantage de dispersion de matière dans le milieu naturel.

Perspectives

La quantité limitée de pieux tests n'a pas permis d'évaluer de façon optimale le comportement des filets biosourcés et compostables après passage dans le dégrappeur. Selon les professionnels, pour obtenir une meilleure représentation de cette étape, il est nécessaire de pêcher davantage de pieux catinés avec des filets compostables, cela afin d'appréhender les limites du dégrappage (quantité maximale de pieux pouvant être pêchés avant nettoyage, évaluation de la capacité de ligne de dégrappage et lavage à collecter les filets biosourcés). Par ailleurs, étant donné que les filets testés ont globalement satisfait les attentes des mytiliculteurs, ceux-ci ont fait savoir leur volonté de valider définitivement ces filets au moyen d'un « essai à plus grande échelle », soit avec un nombre de pieux tests plus représentatif de leur méthode de production.

Enfin, le filet extrudé en Sea212 de grammage égal au conventionnel (soit 15g.m) a donné de bons résultats. Dans un objectif de réduction des coûts, il serait cohérent d'envisager une réduction du grammage pour le filet extrudé Sea212, produit initialement à raison de 23g de matière par mètre de filet.

2. Caractérisation physico-chimique en laboratoire

a) Contexte et objectifs

Le vieillissement d'un matériau est caractérisé par une évolution lente et irréversible suite à la combinaison de sollicitations mécaniques, d'interactions avec son environnement et de sa propre instabilité. Le vieillissement des polymères est classé en deux catégories : le vieillissement physique et le vieillissement chimique (Fayolle & Verdu, 2016). Le vieillissement d'un biopolymère est la première étape nécessaire à sa biodégradation (via la désintégration en fragments solides). La biodégradation résulte d'un ensemble de phénomènes physiques, chimiques et biologiques successifs et/ou concomitants (Figure 24) aboutissant dans tous les cas à sa bio-assimilation : c'est-à-dire une réorganisation de la biomasse, un dégagement de CO₂ (et/ou de CH₄), d'H₂O, d'énergie (sous forme de chaleur), d'une éventuelle production de nouvelles molécules organiques et de possibles résidus minéraux. Il en découle qu'un matériau est biodégradable s'il peut subir une bio-assimilation (Deroine, 2014). La biodégradation d'un matériau dépend de son milieu de biodégradation car les conditions biotiques et abiotiques ne seront pas les mêmes partout (température, humidité, activité bactérienne...). Ce sont les normes de spécification qui définissent les exigences de biodégradabilité des bioplastiques dans le milieu concerné : méthode, durée et taux de biodégradation (ADEME et al., 2020).

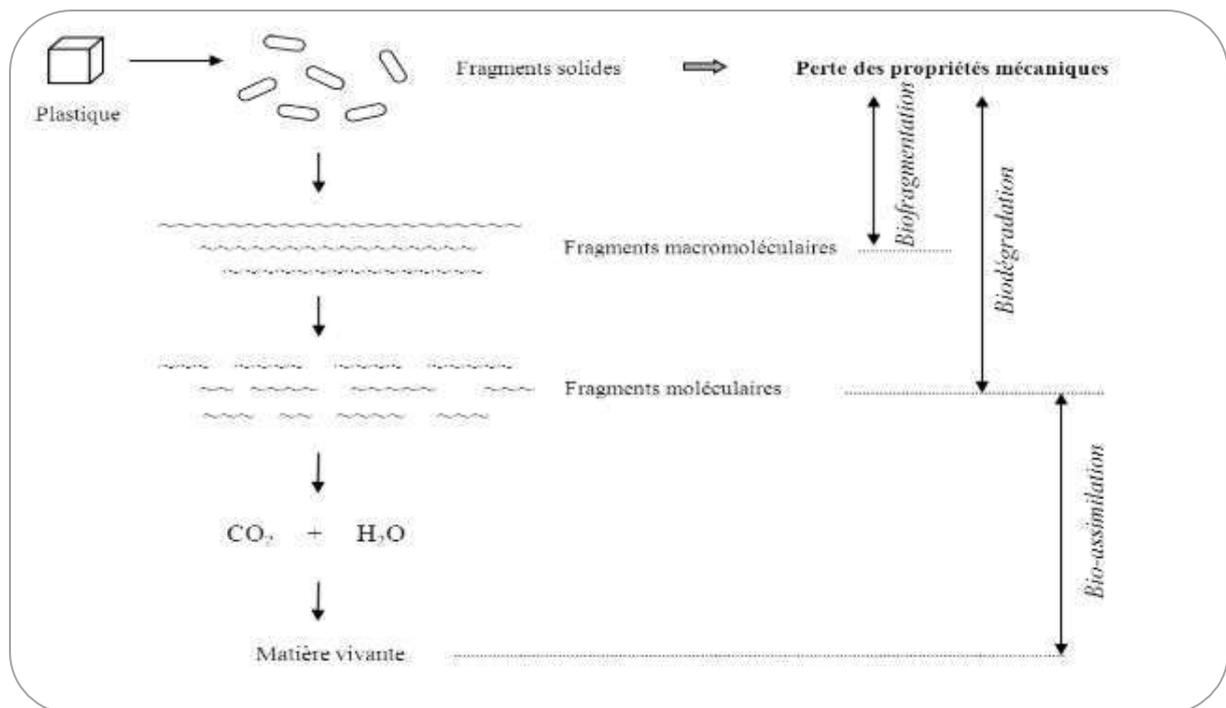


Figure 24: Mécanisme global de la biodégradation (Deroine, 2014, p. 40)

➤ Objectifs généraux

Les matériaux utilisés pour les filets compostables sont certifiés biodégradables en conditions de compostage industriel et non en milieu marin. Cependant, l'intégrité physique ou chimique des filets peut être altérée par des facteurs abiotiques ou biotiques (UV, activité microbienne en milieu marin, température...) de différents milieux (sol, compost, milieu marin). Ces essais visent à observer et caractériser ces phénomènes de manière à :

- Identifier les facteurs générant le vieillissement des filets biosourcés et compostables
- Caractériser le vieillissement du filet en conditions réelles d'utilisation
- Obtenir des premiers éléments de compréhension sur la durée de vie des filets en milieu marin (pertes accidentelles).

b) Acteurs impliqués

i. PROJET ETUDIANTS, DEPARTEMENT MATERIAUX DE POLYTECH NANTES (OCTOBRE 2020 – FEVRIER 2021)

Le Département Matériaux de l'école d'ingénieurs Polytech Nantes a renouvelé sa confiance accordée au SMIDAP (Maheut, 2020, p. 36) en lui permettant de proposer un sujet d'étude aux étudiants de dernière année dans le cadre de leur projet de fin d'étude. Le sujet a été défini conjointement entre M. Louarn, Directeur du Département Matériaux, M. Mathel, ingénieur d'études pour la société Seabird et Julie Maheut, chargée de mission pour le projet FILALTIQ. L'étude a ainsi été consacrée à la comparaison des propriétés mécaniques et chimiques des filets de catinage biosourcés et compostables, vieilliss et non vieilliss. Menée par trois étudiants, Alan Fernandes-Dias, Thomas Herault et Gurvan Minso, cette étude s'est déroulée sur 4 mois, entre octobre 2020 et janvier 2021. Après une première phase de recherche bibliographique, les étudiants ont défini une problématique et orienté leurs analyses sur différentes machines de caractérisation chimique et physique des propriétés des matériaux. Des échantillons de filets de catinage en matériaux conventionnels (PP, PE) ont ainsi été comparés avec des

échantillons de filets tricotés et extrudés en bioplastique. La société Seabird avait également transmis des échantillons de SEA212 éprouvés en milieu marin pendant 12 mois et 18 mois ainsi que des échantillons de SEA212 exposés 6 mois aux UV. À noter que la crise sanitaire avec le confinement de novembre 2020 a perturbé le déroulement de ce projet, puisque les universités ont fermé ponctuellement. Les étudiants ont donc eu moins de temps que prévu pour mener des expérimentations mais ont tout de même obtenu des résultats intéressants. Le rapport étudiant est consultable dans son intégralité en annexe 4.

ii. ANALYSES EN ESSAIS DE TRACTION DE LA SOCIÉTÉ SEABIRD

En parallèle, la société Seabird a réalisé des essais de traction pour des échantillons de filets dont les résultats ont permis de compléter les données acquises par les étudiants.

iii. ANALYSES COMPLÉMENTAIRES EN ESSAIS DE TRACTION AU DÉPARTEMENT MATÉRIAUX DE POLYTECH NANTES

Bien que le projet étudiant soit achevé, des essais de traction complémentaires ont pu être menés avec des échantillons de filets éprouvés. En effet, M. Louarn, Président du Département Matériaux de l'école d'ingénieurs Polytech Nantes, a proposé son appui technique pour la réalisation d'essais de traction, sur une demi-journée au mois de juillet 2021, aidé de Julie Maheut qui avait auparavant récupéré plusieurs échantillons de filets éprouvés dans différentes conditions.

c) Matériels et méthodes

i. ÉCHANTILLONS ANALYSES

Différents échantillons ont été analysés. L'ensemble des tests sur les échantillons (vieillis, non vieillis) ont été effectués avec des filets de dimensions égales.

Les échantillons de prototypes de filets tricotés en PLA ont subi moins d'analyses du fait de la mise en forme des filets (multi-filaments) remettant en cause la pertinence de l'usage de certaines machines de caractérisation. Par ailleurs, le PLA est un des bioplastiques les plus produits au monde, et donc un des plus étudiés dans la littérature scientifique. Le projet s'effectuant dans un temps limité (notamment du fait du COVID), les efforts des étudiants se sont donc plutôt concentrés sur le filet extrudé en Sea212.

		Prototypes →			Filet tricoté :	
		Filet extrudé			Fil PLA Senbis	Fil PLA Ponsa
		SEA212				
Analyses	Réalisation	23g.m	15g.m	15g.m + 5% d'additif de rigidité		
Spectroscopie Infrarouge à transformée de Fourier	Projet étudiant Polytech	X	X	X		
Calorimétrie différentielle à balayage	Projet étudiant Polytech	X	X	X		
Microscopie optique	Projet étudiant Polytech	X	X	X		
Essai mécanique de traction	Projet étudiant Polytech, Seabird, SMIDAP et Guy Louarn	X	X	X	X	X

Tableau 8 : Synthèse des évaluations menées sur les prototypes de filets de catinage biosourcés et compostables

ii. SPECTROSCOPIE INFRAROUGE A TRANSFORMEE DE FOURIER

Objectifs

1. Identifier les groupements chimiques caractéristiques présents dans les échantillons de filet non vieillis.
2. Mettre en évidence l'influence du vieillissement sur les propriétés chimiques du polymère Sea212.

Méthode

L'objectif de toute spectroscopie d'absorption est de définir la quantité de lumière absorbée par un échantillon en fonction de la longueur d'onde. Pour la spectroscopie par transformée de Fourier, au lieu d'utiliser une lumière monochromatique, le faisceau est constitué d'une combinaison de plusieurs fréquences de la lumière et va permettre de mesurer l'absorption par l'échantillon. L'opération est répétée de nombreuses fois avec une combinaison de fréquences différentes afin de modifier le faisceau. Lorsque l'ensemble des données est acquis, un ordinateur va analyser ces résultats et en déduire l'absorption du matériau pour chaque longueur d'onde (Fernandes-Dias et al., 2021).

Les échantillons analysés

1. Filets extrudés de différents maillages (15g.m, 23g.m et 15g.m +5% d'additif).
2. Échantillons de Sea212 en monofilament, obtenus par extrusion, non maillés (tableau ci-dessous).

Échantillon	1	2	3	4	5	6
Diamètre (mm)	0,22	0,22	0,6	0,8	0,8	0,8
Sans vieillissement	X			X		
Immersion en eau de mer 1 an		X			X	
Immersion en eau de mer 1 an et 6 mois						X
Exposé aux UVs 6 mois			X			

Tableau 9 : Échantillons analysés en spectroscopie infrarouge de Fourier (issu du rapport étudiant)

iii. CALORIMETRIE DIFFERENTIELLE A BALAYAGE

Objectif

Montrer l'effet du vieillissement sur les caractéristiques thermiques du Sea212.

Méthode

L'analyse des propriétés thermiques des matériaux est un moyen pour analyser les changements occasionnés par les différents types de vieillissement (Deroine, 2014). La calorimétrie différentielle à balayage est une méthode d'analyse thermique permettant de mettre en évidence les changements d'état, de phase ou de structure d'un matériau exposé à des changements de température (Reig & Vivies, 2018). Le polymère Sea212 est un matériau thermoplastique semi-cristallin. Il doit donc présenter une partie amorphe¹⁸ caractérisée par l'apparition du phénomène de transition vitreuse (température de transition vitreuse T_g) et une partie cristalline¹⁹ qui est mise en évidence par une température de fusion T_f et de cristallisation T_c (Fernandes-Dias et al., 2021).

¹⁸ Un solide est dit amorphe lorsqu'il ne présente pas de structure atomique ordonnée (comme celle des liquides)

¹⁹ Solide avec un arrangement ordonné des atomes

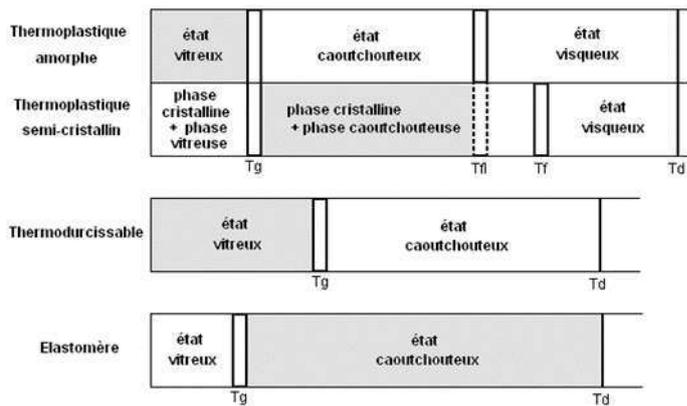


Figure 25 : Diagramme d'état des polymères
(Par Frakir, Travail personnel)

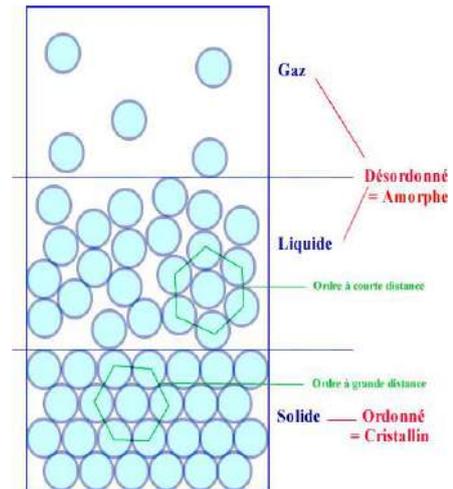


Figure 26 : État désordonné (amorphe) du gaz et des liquides. État ordonné (cristallin) des solides à l'exception des verres et de certains polymères
(Université Numérique des Sciences Odontologiques Francophones, 2010)

Les échantillons analysés

Échantillons de SEA212 monofilament de différents diamètres : éprouvés 12 et 18 mois en mer, éprouvés 6 mois en extérieur exposés aux UV, et des échantillons témoin.

iv. MICROSCOPE OPTIQUE

Objectif

Réaliser des observations détaillées de la dégradation de surface d'un filament de Sea212 vieilli et non vieilli.

Méthode

Un microscope optique (ou photonique) donne la possibilité d'accéder à la structure microscopique de produits observés. L'objectif de cet appareil est de permettre l'observation de détails plus fins d'un objet. Il ne s'agit pas seulement d'une image agrandie. Le paramètre important de cette méthode d'analyse est la résolution qui est la capacité de l'appareil à séparer les détails (Spriet & Waharte, 2006). Cette méthode de caractérisation a été réalisée au moyen d'un microscope optique de la marque Zeiss et de type Axio Imager 2 (Fig. 27). Le microscope est équipé de plusieurs objectifs. Par soucis de clarté et de visibilité de la surface, les objectifs x5 et x20 ont été utilisés.



◀ Figure 27 : microscope optique Axio Imager 2 utilisé par les étudiants pour cette étude.

Les échantillons analysés

Les échantillons analysés sont identiques à ceux utilisés en calorimétrie différentielle à balayage.

v. ESSAI MECANIQUE DE TRACTION

❖ Projet étudiants du Département Matériaux de Polytech Nantes

Objectifs

- Comparer les données de résistance des différents filets biosourcés compostables, à l'état « brut », non usagés avec des filets témoins en PE ou en PP.
- Approcher les valeurs limites de résistance à la rupture nécessaire à l'application en milieu marin.

Méthode

L'essai mécanique de traction est un test fréquemment utilisé en vue de définir le comportement mécanique d'un matériau. À l'aide de celui-ci, il est possible de déterminer le comportement élastique et la résistance à la rupture d'un échantillon, et ce dans un état de contrainte uni-axiale. Cette expérience consiste à positionner un échantillon d'un matériau à étudier dans les mâchoires de la machine de traction, les « mors ». Puis ce dernier est contraint par une force. Le test s'arrête lorsque que le matériau est rompu. Tout au long de cet essai, l'allongement et la force appliquée sont enregistrés, et sont ensuite convertis en déformation et contrainte. Ce type d'essai est plutôt adapté à des matériaux présentés sous un format « éprouvette », un format normé adapté à la traction par les mors. Un protocole reproductible a été défini pour adapter cet essai avec des mailles de filets. Les mors ont été remplacés par des cylindres en forme de vis sans fin permettant d'accrocher une maille de filet de part et d'autre de leur longueur ou largeur. La traction a été réalisée à la fois dans l'axe radial (« en x ») et dans l'axe longitudinal (« en y ») afin de prendre en compte les différentes contraintes sollicitant le filet (poids des moules, élargissement du filet...) (Fernandes-Dias et al., 2021).



Figure 28 : Vue de la machine de traction (traction radiale en X).



Figure 29 : Modélisation des contraintes en X et en Y exercées par la pousse des moules sur le filet.

Les échantillons analysés

L'objectif étant d'avoir un recueil de données important concernant la résistance des différents filets, une large

diversité d'échantillons a été intégrée à cet essai :

- Filets conventionnels : Galloplastik en PE, Galloplastik en PP, Intermas en PE
- Filets en bioplastique : Sea212 en 23g.m, Sea212 en 15g.m, Sea 212 en 15g.m +5% d'additif, filet tricoté Ponsa, filet tricoté Senbis.

vi. ESSAIS COMPLEMENTAIRES DE TRACTION DE JUILLET 2021

Objectif

Caractériser le vieillissement mécanique des filets en fonction de différents facteurs environnementaux.

La méthode

Ces essais, non prévus initialement, ont pu être réalisés en fin de projet, au Département Matériaux de Polytech Nantes, grâce à l'appui technique sur son temps libre de M. Guy Louarn (alors Directeur du Département). Le protocole suivi est celui établi par les étudiants lors du projet mené entre octobre 2020 et février 2021. Il n'a cependant pas été possible de réaliser autant d'analyses que lors du projet étudiant (4-5 essais/échantillon). Les résultats sont donc à interpréter en prenant en compte l'absence de moyenne et d'écart-type pour les échantillons éprouvés. Ces résultats permettent tout de même d'identifier des tendances, que les analyses ultérieures pourraient permettre d'affiner.

Les échantillons analysés

Milieu d'exposition des échantillons analysés	Immersion permanente en milieu marin (Baie de Quiberon)	Pieux de bouchot garnis de moules	Pieux de bouchot non garnis de moules	Milieu terrestre, en extérieur, particulièrement exposé au soleil
		Immersion alternée en fonction des marées		
Durée	8 mois	6,5 mois	8 mois	7 mois
Période	Nov. à juillet.	Oct. à mi-avril.	Mi-oct. à mi-juin.	Mi -nov. à mi-juin.
Facteurs environnementaux (non-exhaustif)	<ul style="list-style-type: none"> - Température de l'eau - Salinité - pH - Micro-organismes 	<ul style="list-style-type: none"> - Température de l'eau - Température de l'air - Ensoleillement - Abrasion et poussée des moules - Micro-organismes 	<ul style="list-style-type: none"> - Température de l'eau - Température de l'air - Ensoleillement - Micro-organismes 	<ul style="list-style-type: none"> - Température de l'air - Ensoleillement

Tableau 10 : Représentation des facteurs abiotiques et biotiques auxquels étaient exposés les échantillons analysés



Figure 30 : filets sur pieux non garnis de moules



Figure 31 : échantillon de filet récupéré après 8 mois d'immersion en milieu marin

vii. *ESSAIS DE TRACTION REALISES PAR LA SOCIETE SEABIRD (ANNEXE 5)*

Objectifs

Compléter les résultats obtenus par les essais de traction menés au laboratoire du Département Matériaux de Polytech Nantes.

Méthode

La société Seabird, en la personne de Vincent Mathel, a également réalisé des essais de traction au moyen d'une machine de traction appartenant à l'Institut de Recherche Dupuy de Lôme, laboratoire dépendant de l'Université de Bretagne Sud (Lorient). Cependant, la machine utilisée ne permettait pas de reproduire le protocole mis au point par les étudiants de Polytech Nantes. De ce fait, la société Seabird a appliqué un protocole d'essai de traction classique, à partir « d'éprouvettes²⁰ » de filets bloquées dans les mors de la machine.

Les échantillons analysés

- Filets en bioplastique : Sea212 en 23g.m non-évalué (conditions de stockage), Sea212 en 23g.m évalué sur pieux de bouchot, d'octobre 2021 à mi-avril 2021, Sea212 en 23g.m exposé aux rayons du soleil de novembre 2020 à juin 2021.

²⁰ Échantillon rectangulaire de taille réglementaire

d) Résultats et discussion

Les résultats complets sont disponibles dans le rapport du projet étudiant (Annexe 4).

i. SPECTROSCOPIE INFRAROUGE A TRANSFORMEE DE FOURIER

Groupements caractéristiques	Longueur d'onde (cm ⁻¹)
C=O ester	1700-1740
C-O ester	1300-1000
C-H élongation	2850-3000 / 1450-1500
CH ₃ CH ₂ déformation	700-730 / 1350-1400

Tableau 11 : Groupements caractéristiques chimiques identifiés sur les échantillons non vieillis

- 1) La matière Sea212 de Seabird est bien composée d'un mélange de 2 biopolyesters, comme indiqué sur la fiche technique de cette matière.
- 2) Les résultats de l'analyse FTIR ne permettent pas de mettre en évidence un possible effet du vieillissement sur les matériaux étudiés. Ce résultat peut être dû à une erreur expérimentale ou au fait que le vieillissement n'a tout simplement pas entraîné le changement de la structure chimique des échantillons. Cependant, les pics caractéristiques des fonctions ester (cf. Tableau 11) sont toujours présents.

ii. CALORIMETRIE DIFFERENTIELLE A BALAYAGE

Diamètre échantillon (mm) + vieillissement	Température de fusion (°C)	Température de cristallisation (°C)	Enthalpie massique (J/g)
0.22, sans vieillissement	116,15	91,10	38,04
0.22, 1 an en mer	116,18	91,07	37,07
0.6, 6 mois sous UV	110,14	50,56	54,14
0.8, sans vieillissement	117,70	90,30	37,64
0.8, 1 an en mer	117,67	88,51	43,30
0.8, 1 an et 6 mois en mer	116,70	89,58	29,80

Tableau 12 : Synthèse des résultats obtenus après l'étude par DSC des échantillons extrudés, non maillés

Ces observations permettent de dire que l'immersion dans l'eau de mer des polymères ne devrait pas modifier les températures caractéristiques du Sea212 (fusion et cristallisation) contrairement à une exposition prolongée aux rayons ultra-violet qui changent ces dernières de façon notable.

iii. MICROSCOPE OPTIQUE

Le Sea212 non-vieilli présente une surface relativement homogène et uniforme. Après un an et demi en mer les changements sont remarquables. En effet, la surface est devenue partiellement hétérogène et présente de nombreuses cavités plus ou moins importantes. On constate que plus le temps d'immersion du filet est élevé, plus celui-ci va se dégrader. Le passage sous UV ne semble pas altérer la surface du filet comme nous pouvons le voir sur la figure 32 (des observations complémentaires sont à retrouver dans le rapport du projet). En utilisant une balance de précision, il n'a pas été relevé d'écart de masse entre un échantillon vieilli et un échantillon non vieilli.

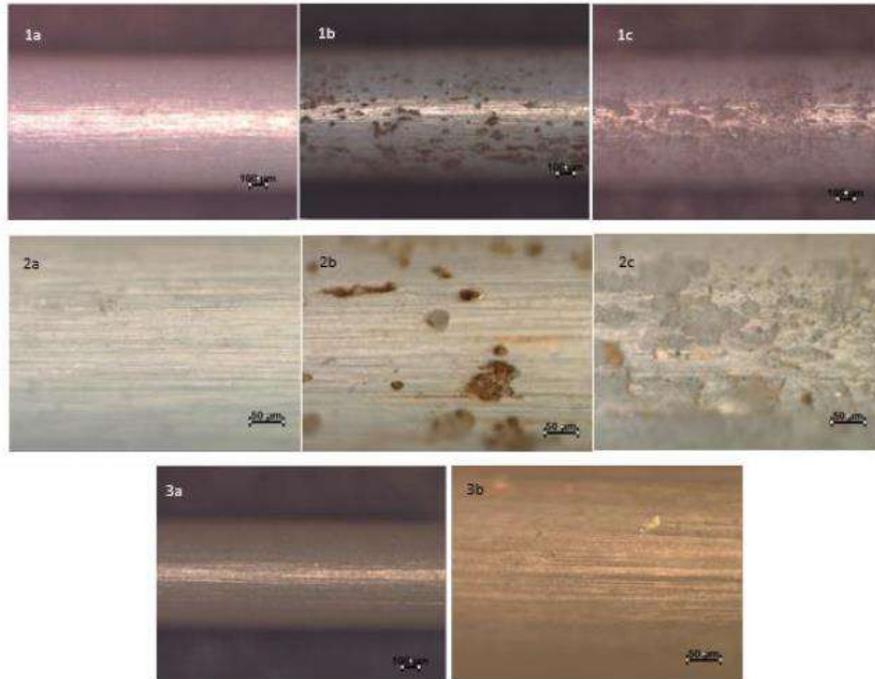


Figure 32 : Observations de la surface d'un filet Sea212 de diamètre 0,8 mm (1-2) non-vieilli au microscope optique objectif x5 (1a) et x20 (2a), vieilli 1 an en mer x5 (1b), x20 (2b), vieilli 1 an et 6 mois en mer x5 (1c), x20 (2c) et un filet de diamètre 0,6 mm (3) vieilli 6 mois sous UV x5 (3a), x20 (3b)

Des phénomènes d'ordre biologiques pourraient probablement expliquer la dégradation de la surface des échantillons, car les polyesters biodégradables sont sensibles aux attaques bactériennes, organismes les plus abondants dans les océans (~100 millions de bactéries et >500 espèces par litre d'eau de mer) (Dussud & Ghiglione, 2014). Cependant, avec ces images nous ne pouvons pas conclure que la dégradation du polymère est due uniquement aux attaques microbiennes. En effet, il est vrai que le milieu marin contient une densité importante de micro-organismes mais l'eau de mer est un système complexe qui contient également des sels minéraux (Deroine, 2014). Une étude complémentaire réalisée à l'aide du microscope à balayage électronique (MEB) pourrait permettre d'en apprendre davantage sur la dégradation biologique des filets de matériaux biosourcés et compostables en milieu marin.

❖ **Projet étudiant du Département Matériaux de Polytech Nantes**

Par rapport au PE conventionnel, on constate que le Sea212 en 23 g.m-1, le Sea212 intermédiaire ainsi que les deux filets tricotés, répondent aux critères du point de vue de la force à la rupture. Le Sea 212 en 15g.m présente une force à la rupture similaire au conventionnel en Y mais plus faible en X. Les essais en conditions réelles permettront d'en savoir plus sur les qualités de résistance de cette référence. On notera que les filets tricotés, respectivement le Senbis et le Ponsa, triplent et quintuplent la valeur de force à la rupture. Le prototype du fabricant Intermas, testé lors du projet BIOFILET, présente des caractéristiques trop faibles avec une rupture survenant pour une force plus de deux fois inférieure à la valeur du PE conventionnel. Ce prototype n'avait pas su répondre aux attentes des usagers lors des essais en conditions réelles du fait d'un déficit de résistance des mailles (Maheut, 2020). On peut donc désormais prendre en compte ces valeurs (force à la rupture en X et en Y) comme des valeurs seuils en deçà desquelles les filets ne seront pas assez résistants. Pour la comparaison avec le PP, seuls les filets tricotés arrivent à améliorer les performances de ce dernier, les autres filets oscillants entre 2 à 3 fois moins résistants. Cependant, un biais existe puisque les filets tricotés sont composés d'une multitude de filaments PLA et non d'un monofilament comme les filets extrudés. De ce fait, les fibres cassent les unes après les autres durant l'essai de traction, au fur et à mesure que la force appliquée augmente. La force à la rupture obtenue est élevée mais en réalité, il ne reste plus que quelques fibres, ce qui en conditions réelles d'utilisation, ne permettrait pas au filet d'assurer une fonctionnalité correcte. De ce fait, les données obtenues pour les échantillons de filets tricotés sont à considérer avec précaution et à mettre en parallèle avec les résultats des essais en conditions réelles d'utilisation.

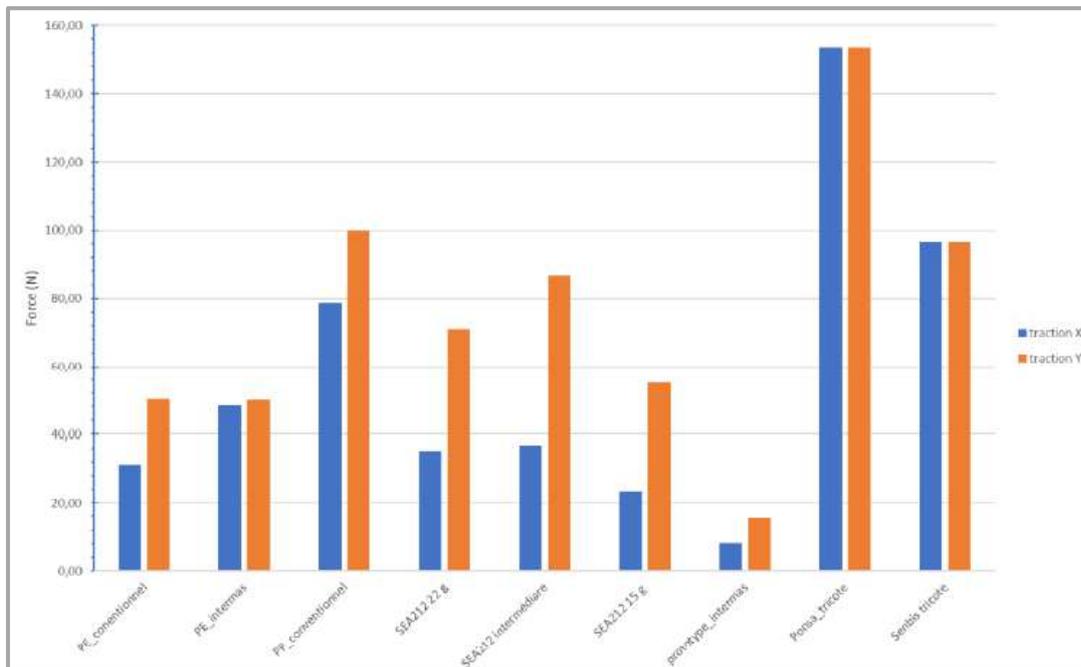
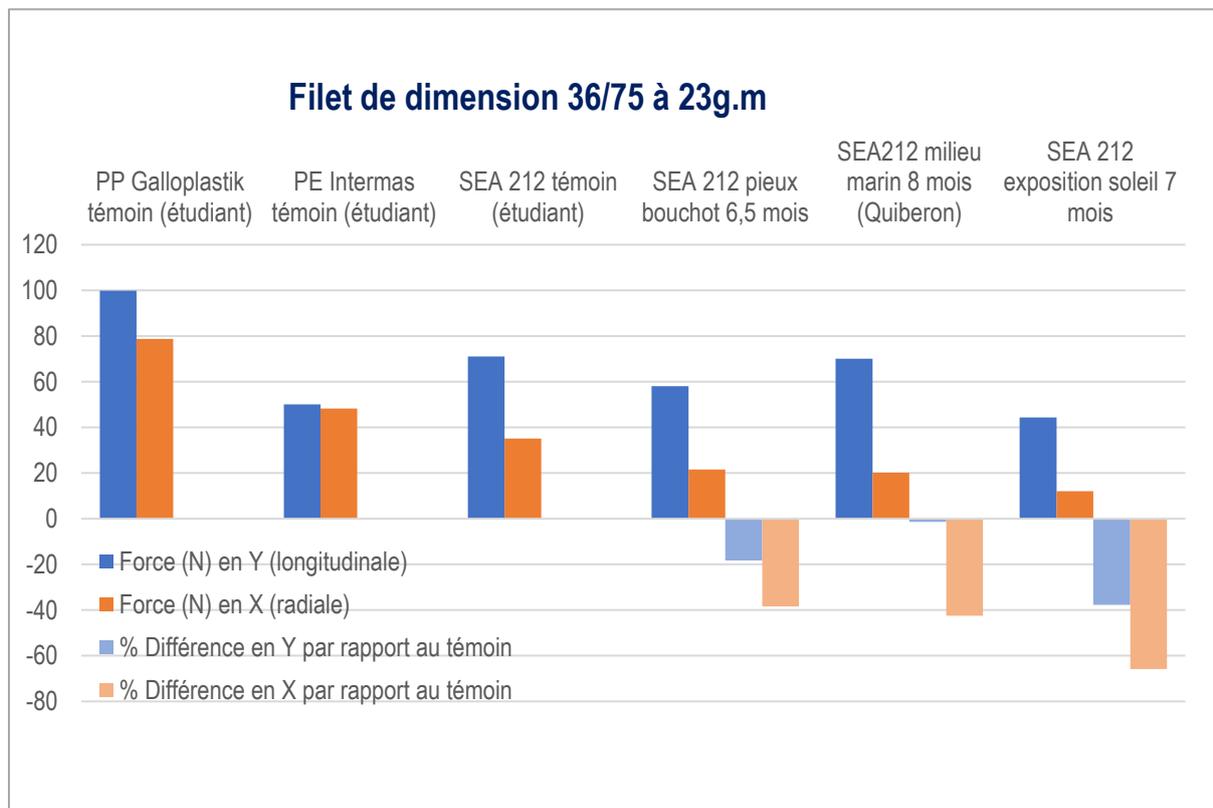
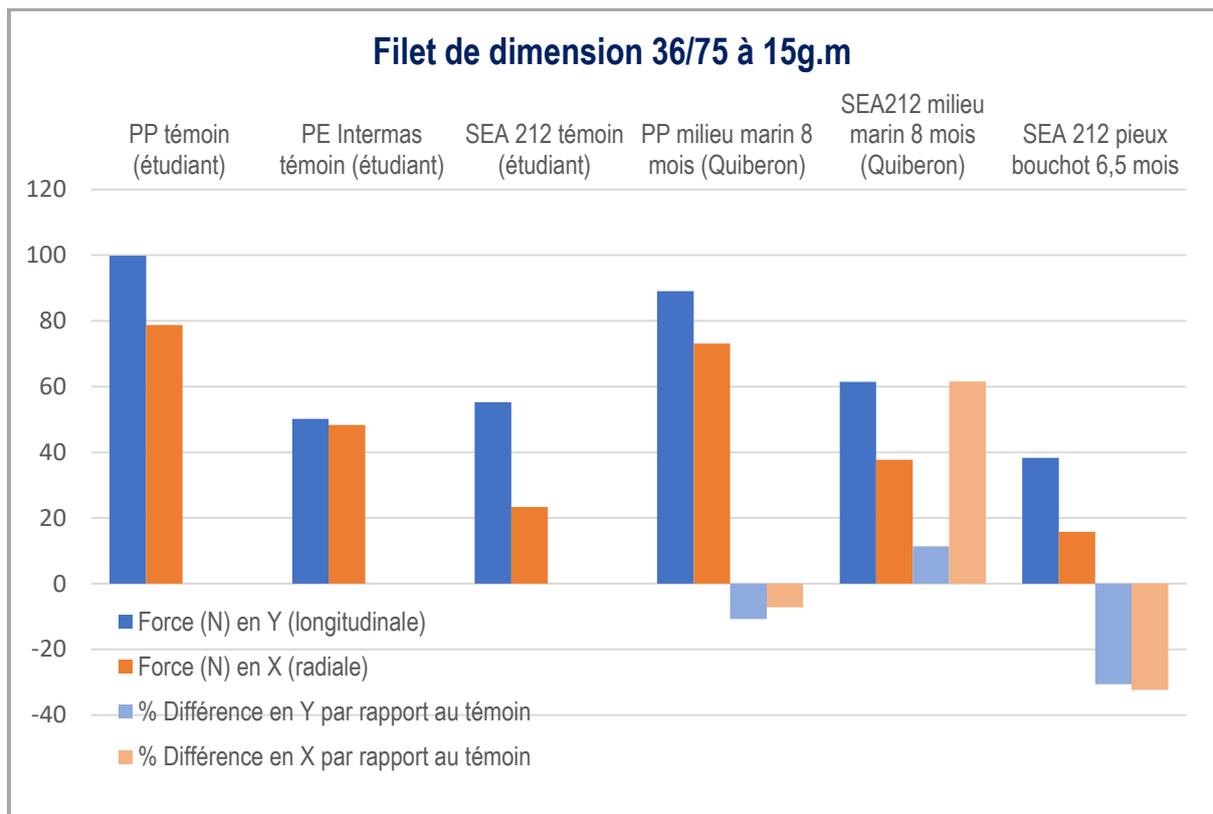
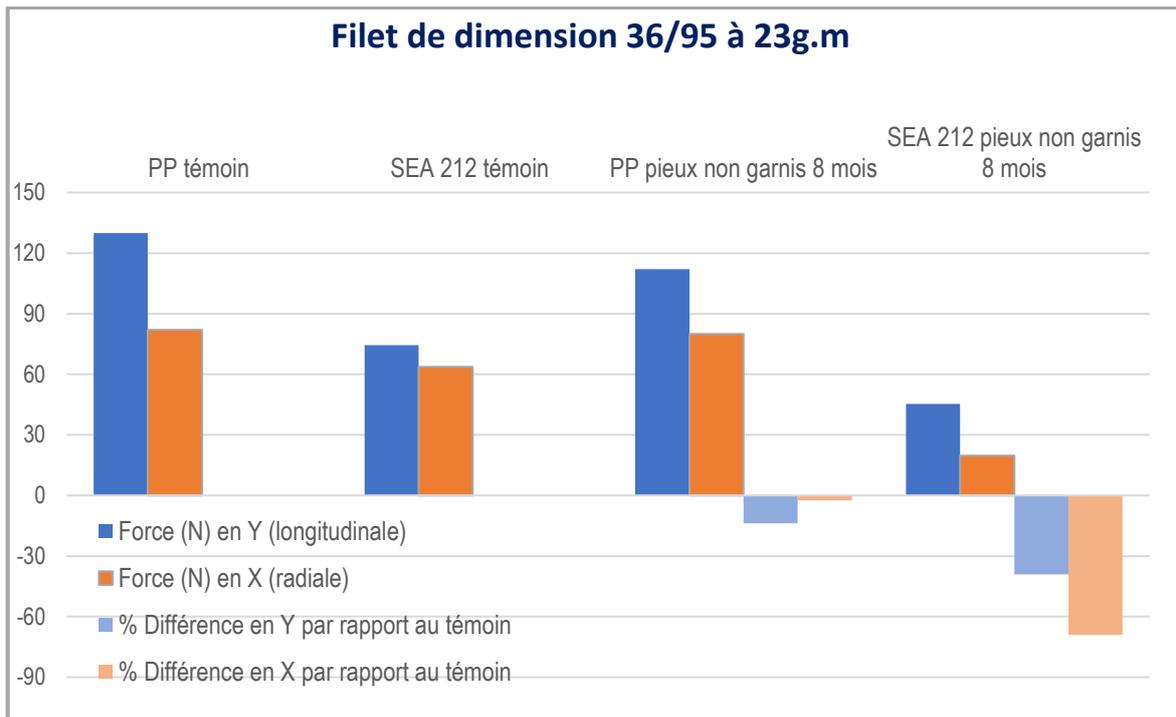


Figure 33 : Histogramme des forces de traction selon x et y de chaque échantillon de filet

❖ Essais complémentaires de juillet 2021





Constatations générales

Les mailles sont globalement moins résistantes dans le sens radial (en X) que dans le sens longitudinal, y compris sur les échantillons témoin. Selon Raynald Godet, ingénieur en matériaux bioplastiques pour la société Seabird, lors de la fabrication des filets maillés extrudés, il y a un étirement du filet dans le sens longitudinal pour la bonne tenue du filet. Cet étirement oriente les chaînes de polymères et les rendent de ce fait plus résistantes dans le sens Y que dans le sens X. Cet étirement semble justifié puisque les mytiliculteurs souhaitent que le filet puisse résister au poids exercé par les moules.

Filet immergé en milieu marin (novembre 2020-juillet 2021)

Les essais menés au laboratoire de l'UBS et à Polytech (protocole étudiant) semblent montrer que les échantillons immergés en mer 8 mois n'ont pas ou peu perdu de propriétés mécaniques. Cela pourrait s'expliquer par la période de l'essai, où l'activité microbienne est faible et la température de l'eau froide. On observe par ailleurs une augmentation significative de l'allongement à la rupture des échantillons immergés en mer, les filaments ont une longueur plus importante après la rupture par rapport aux échantillons témoins non-éprouvés. Le milieu marin pourrait potentiellement rendre le matériau plus ductile. Cela pourrait en partie expliquer qu'un des échantillons (36/75 à 15g.m) ait obtenu une force à la rupture plus importante que l'échantillon témoin.

Filets posés sur les pieux de bouchot garnis de moules (octobre 2020 – avril 2021)

Une tendance significative à la perte de propriétés peut être observée pour les deux références de filets, en 15g.m et en 23g.m. Ces échantillons, récupérés en tête (en haut) de pieu de bouchot sont exposés à plusieurs facteurs impactant tels que l'ensoleillement lorsque le pieu est en phase émergée et l'abrasion des moules.

Filets posés sur les pieux de bouchot « nus », non garnis de moules (octobre 2020 – juin 2021)

On observe une diminution importante de la force à la rupture pour l'échantillon 36/95 en 23g.m. Collecté

également en tête de pieu, il a subi les effets de l'ensoleillement mais pas de l'abrasion des moules.

Filets laissés en extérieur, exposés aux rayons UV (novembre 2020 – juin 2021)

Une perte significative de propriétés mécaniques est constatée pour l'échantillon de filet 36/75 en 23g.m laissé exposé au soleil pendant 7 mois.

❖ Essais de traction réalisés par la société Seabird (voir annexe 5)

- La machine de traction n'est pas adaptée aux essais mécaniques sur mailles, ce qui donne d'importants écarts type selon les échantillons.

- En considérant l'écart type, le filet utilisé en mer ne semble pas avoir perdu ses propriétés mécaniques. Cela pourrait s'expliquer par sa mise en place durant la saison d'hiver où l'activité microbienne est au ralenti et la température de l'eau est froide (faibles conditions pour la biodégradation)

- Les mailles du filet utilisé se sont allongées d'environ 8% durant leur utilisation

- Le filet exposé aux rayons du soleil semble, par contre, avoir perdu en propriétés. Dans ces conditions (période hivernale, pas de fouling), la matière est sensible à la photodégradation.

Référence Filet	Rupture (N)	Ecart-type	Taille de maille
362375	61,6	13,3	71,745
362375 UV	55,2	8,9	
362375 utilisé	73,5	0,5	77,78

Tableau 13 : Données obtenues pour les échantillons de filets testés (source : Seabird)



Figure 34 : Comparaison des échantillons pour l'allongement des mailles après utilisation (source : Seabird)

Synthèse des essais de traction

Les milieux d'exposition des filets ayant provoqué une diminution importante de la résistance à la rupture sont le pieu de bouchot non garni de moules, l'exposition aux UV et le pieu de bouchot garni de moules. Il semblerait que le facteur environnemental le plus impactant pour les filets de catinage biosourcé et compostable soit le rayonnement UV, auquel est particulièrement exposé le filet durant la phase d'exondation sur les pieux de bouchot (garnis ou non de moules). L'abrasion des moules sur le filet ne semble pas jouer un rôle prépondérant dans la dégradation des propriétés mécaniques de la matière. Quant au milieu marin, sur la durée d'utilisation du filet, il ne devrait que très peu dégrader les propriétés mécaniques du filet, étant donné la température de l'eau relativement faible (inférieure à 22°C) sur les territoires d'utilisation des filets de catinage. Pour rappel, les matières composant les filets sont certifiées biodégradables dans des conditions de compostage industriel, où il règne une température de plus ou moins 60°C. Par ailleurs, les échantillons étudiés sont ceux situés en tête de pieu et donc les plus exposés à l'ensoleillement lors de l'exondation. On peut supposer que les parties du filet situées en bas de pieu subissent moins de pertes de leurs propriétés mécaniques. On constate tout de même que le filet en SEA212 est en capacité de débiter une dégradation en milieu marin tout en restant fonctionnel, tandis que le filet conventionnel, non assimilable par les micro-organismes, a une cinétique de dégradation très faible et un impact important sur le milieu marin (micro-particules non assimilables).

V. CONCLUSIONS GENERALES DES ESSAIS EN LABORATOIRE

Comparaison filets conventionnels / filets biosourcés et compostables

Les essais mécaniques de traction nous ont permis de comparer de manière numérique les forces à la rupture et les déplacements maximums des filets nouvelle génération vis-à-vis des conventionnels. Les filets extrudés en Sea212 22g.m et les filets tricotés en PLA présentent des caractéristiques mécaniques supérieures et/ou équivalentes aux PE et PP utilisés. Le filet extrudé en 15g.m est légèrement inférieur et seuls les essais en conditions réelles d'utilisations permettront de statuer sur l'adéquation de ses caractéristiques mécaniques avec ses fonctions.

Effets du vieillissement sur les propriétés physico-chimiques des filets

On constate des atteintes aux propriétés physiques et chimiques des filets en fonction du type de filet et du milieu d'exposition.

La spectroscopie IR a permis de montrer qu'un vieillissement par immersion en eau de mer de 12 mois à 18 mois ainsi que par exposition sous UV 6 mois n'influe pas sur la composition chimique du matériau.

Les analyses de calorimétrie différentielle à balayage ont montré que seule l'exposition aux ultra-violets a un impact sur ces matériaux entraînant une modification des températures de fusion et de cristallisation. Cependant à la vue des températures de fusion et de cristallisation, ces polymères ne seront pas soumis à un changement d'état durant leur utilisation en environnement marin.

L'étude du faciès des échantillons par la microscopie optique a mis en évidence la dégradation que peuvent subir les filets dans leur milieu d'utilisation, montrant que la matière a été attaquée de façon superficielle en surface. Néanmoins, seuls les facteurs biotiques et abiotiques liés au milieu marin ont dégradé les filets en Sea212, ce qui n'est pas le cas des filets vieillis sous UV 6 mois. Les essais complémentaires de traction sur les échantillons de filet extrudés en Sea212 collectés semblent montrer que seule l'exposition aux UV dégrade de façon notable les propriétés mécaniques des filets. Les filets utilisés sur les pieux de bouchot sont exposés aux UV durant les phases d'exondation, ce qui pourrait expliquer la dégradation des propriétés mécaniques des échantillons de filets récupérés sur les pieux de bouchot garnis et non garnis de moules.

Discussion

Il serait intéressant de compléter la base de données avec des apports complémentaires concernant l'impact du vieillissement des filets sur leurs propriétés mécaniques. En effet, les essais de traction sur échantillons vieillis ont été réalisés à raison d'une ou deux analyses par échantillons, et étant donné l'écart-type pour cette expérimentation, un minimum de 4 à 5 analyses seraient nécessaires pour obtenir des résultats statistiques plus fiables. À l'usage, entre les mois d'octobre et juin, il est constaté que les filets subissent les effets de la photodégradation, mais qu'ils restent pour autant fonctionnels. Il est toutefois nécessaire de préserver ces filets de l'exposition aux UV avant leur emploi et donc de les stocker dans un espace non-exposé au rayonnement solaire. Des analyses menées sur des échantillons de filets éprouvés à l'usage durant les périodes de plus fort rayonnement UV (juin à septembre) pourraient permettre de comparer les effets de la photodégradation sur les filets suivant les périodes d'utilisation. C'est également entre juin et septembre que l'impact du vieillissement en milieu marin pourrait être plus important (réchauffement de l'eau, évolution de l'activité micro-organique). Par ailleurs, il conviendrait de réitérer des analyses en essais de traction et d'effectuer des observations au microscope électronique à balayage d'échantillons de filets à différents stades de vieillissement marin afin de visualiser la cinétique de dégradation du filet et mieux comprendre l'éventuelle production de microparticules de matière. Enfin, des analyses par essais de traction pourraient permettre de valider la répétabilité de la qualité des filets issus de différentes productions et d'optimiser leurs caractéristiques (tel que le grammage) en fonction des dimensions souhaitées.

3. Essais de compostage « industriel » des échantillons de filets

a) Objectifs des essais de compostage industriel

Cette expérimentation vise à obtenir des premières données concernant la dégradation des filets de catinage en bioplastique dans des conditions de compostage industriel. Après l'incubation, les échantillons seront pesés et tamisés, les données seront comparées avec les masses de départ et les exigences de la norme européenne EN14995 (qui certifie la compostabilité des plastiques) (ADEME, 2020, p. 17).

b) Matériels et méthodes

i. SITES D'ETUDE : PLATEFORME DE COMPOSTAGE DE SAINT HERBLAIN (44)

Le site de compostage de Saint-Herblain (44800) appartient à Nantes Métropole et est exploité par Veolia dans le cadre d'un contrat de Délégation de Service Public (DSP). Sa mission est de traiter les déchets végétaux collectés dans les déchetteries de la Communauté Urbaine de Nantes ainsi que ceux des entreprises ou des collectivités des alentours. Les produits obtenus sont le compost (amendement organique conforme à la norme NF U 44-051, qui certifie que le compost est utilisable en agriculture biologique) ou l'agri-compost (utilisé en grande culture).

Il a été possible de mener cette expérimentation grâce aux autorisations obtenues par Veolia auprès de Nantes Métropole. Des expérimentations similaires avaient déjà été menées dans le cadre du projet BIOFILET. Le site subissant des perturbations dues à la crise sanitaire du COVID-19 ainsi qu'à des travaux de longue durée réalisés sur le pont-basculé, les apports de végétaux à composter ont été stoppés pendant quelques mois, et le site a pu stocker plus longtemps que prévu des andains de compost. De ce fait, l'expérimentation a pu être menée durant 2,5 mois en intégrant les échantillons dans un andain de compost en maturation stocké dans la partie couverte du site. Cet andain avait pour dimensions 17 mètres de long, 8 mètres de large pour une hauteur de 3.5 mètres. Selon une estimation réalisée avec une densité de matière de 500kg/m³, l'andain devait être composé d'environ 240T de matière organique.

ii. PROTOCOLE EXPERIMENTAL

Sont préparés 16 « systèmes », soit des mini-poches contenant chacune un sachet maillé au sein duquel est intégré un échantillon de filet en bioplastique (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**³⁵). Des duplicats d'échantillons par type de filet sont réalisés. Les filets déposés dans ces mini-poches font environ 50 cm de long pour une masse comprise entre 6,25g et 11,6g.

Il a été décidé avec Veolia de réaliser le système (mini-poche + sachet) afin de pouvoir favoriser la récupération des échantillons compostés en vue des analyses à mener. Ce dispositif génère cependant un biais puisque la circulation du compost dans le système n'est pas optimale.

Échantillons évalués	Matériel lié au compostage	Matériel pour analyse des échantillons
<p>- Filet extrudé en Sea212, en 23g.m Dimensions : 36/P/75</p> <p>- Filet extrudé en Sea212 en 15g.m Dimensions : 36/P/75</p> <p>-Filet extrudé en Sea212 en 15g.m + 5% d'additif de rigidité Dimensions : 36/P/75</p> <p>-Filet tricoté en PLA, Senbis en 1100dtex Dimensions : 16/75 (équivalent 36/P/75)</p> <p>-Filet tricoté en PLA, Ponsa en 1660 dtex Dimensions : 16/75 (équivalent 36/P/75)</p>	<p>- Plateforme de compostage industriel, propriété de Nantes Métropole, exploitée par la société Veolia (52, Quai Emile Cormerais 44800 Saint-Herblain)</p> <p>- Mini-poches ostréicoles rectangulaires en plastique rigide maillé, de dimensions de maille de 9mm de côté</p> <p>- Sachets en plastique souple maillé de dimensions 6mm de côté et colliers de cerclage. Sachets et colliers colorés permettant de différencier les échantillons.</p>	<p>- Balance de précision (0.1g) de marque sartorius</p> <p>- Tamis circulaire métalliques normés de 1mm, 2mm et 5mm</p>

Tableau 14 : Détails sur les échantillons, le matériel de compostage et d'analyses

Pose et enfouissement des systèmes au sein de l'andain – 29 octobre 2020

Sur un côté de l'andain, un agent de Veolia avait préalablement creusé avec un tractopelle équipé d'un godet afin de dégager un espace pour les systèmes qui puissent ensuite être recouverts de compost. Pour chaque système, la mini-poche est ouverte puis remplie au maximum de compost. Les systèmes sont ensuite déposés sur un côté de l'andain, en deux chapelets distincts, chaque chapelet étant composé d'une série d'échantillons, un par type de filet. Les différents systèmes sont reliés ensemble à l'aide de mousquetons et d'un bout résistant. Un bout de plusieurs mètres de long est attaché d'un bord à un chapelet et son autre bord est laissé hors de l'andain de manière à pouvoir retrouver les systèmes. Une fois l'installation des systèmes effectuée, un agent Veolia est venu recouvrir de compost l'emplacement où se trouvaient les systèmes. En plus des bouts sortants du compost, le site test était matérialisé avec des perches à panonceaux que Veolia utilise habituellement pour identifier ses andains.



◀ *Figure 35 : Vue des éléments composant le « système » à composter, en bas à droite : les sachets maillés contenant les échantillons de filet, à gauche, les mini-poches ostréicoles.*



Figure 36 : Vue de l'andain et des dispositifs installées en chapelets



Figure 37 : Vue des deux chapelets de dispositifs et des bouts de matérialisation de l'expérimentation.

Suivi des indicateurs

Eric Langlais, responsable de l'exploitation de la plateforme de compostage, s'est chargé de surveiller et bancariser les indicateurs relatifs aux conditions de l'andain pilote comme la température et l'humidité au sein de l'andain.

Récupération des systèmes – 14 janvier 2021 (environ 2,5 mois d'incubation)

Il était initialement prévu le prélèvement des différents lots à 3 mois d'incubation, mais l'expérimentation a dû s'arrêter 15 jours plus tôt car un client a acheté le compost, qui a donc dû être évacué.

Procédure pour la récupération des échantillons de produits compostés

Les systèmes n'ont pas été retrouvés aussi facilement que prévus puisque les bouts ont cédé par endroits, laissant des systèmes isolés dans l'andain. La recherche manuelle à la pelle devenant infructueuse et laborieuse, un agent de Veolia a été sollicité pour venir peller avec un tractopelle la zone test et déverser sur le sol le compost récupéré, dans le but de retrouver les poches manquantes. Grâce à cet appui technique, l'ensemble des systèmes ont pu être récupérés. Les différents sachets maillés sont ensuite extraits des mini-poches maillées et les échantillons de filets sont collectés et stockés dans des sacs individuels en plastique étanches.

Analyses des échantillons

1/ Pesée des échantillons

Chaque échantillon de filet de 50cm est pesé avant sa mise en compostage.
Cette pesée est effectuée avec une balance de précision 0.1g Sartorius de modèle TE601.

2/ Tamisage

Chaque échantillon de filet composté est tamisé avec différents tamis normés de 1mm, 2mm et 5mm.



Figure 38 : Vue de la balance et des tamis utilisés pour cette expérimentation, de gauche à droite : 1mm, 2mm, 5mm.

c) Résultats et discussions des essais de compostage industriel

i. SUIVI DE L'INDICATEUR DE TEMPERATURE

Un suivi hebdomadaire de la température à différents points de l'andain a été effectué au moyen d'une sonde par les agents du site. Le site d'enfouissement des échantillons était situé assez proche du point 5, les données des sites de sondage température 4 et 5 sont donc mises en avant dans le graphique ci-dessous.

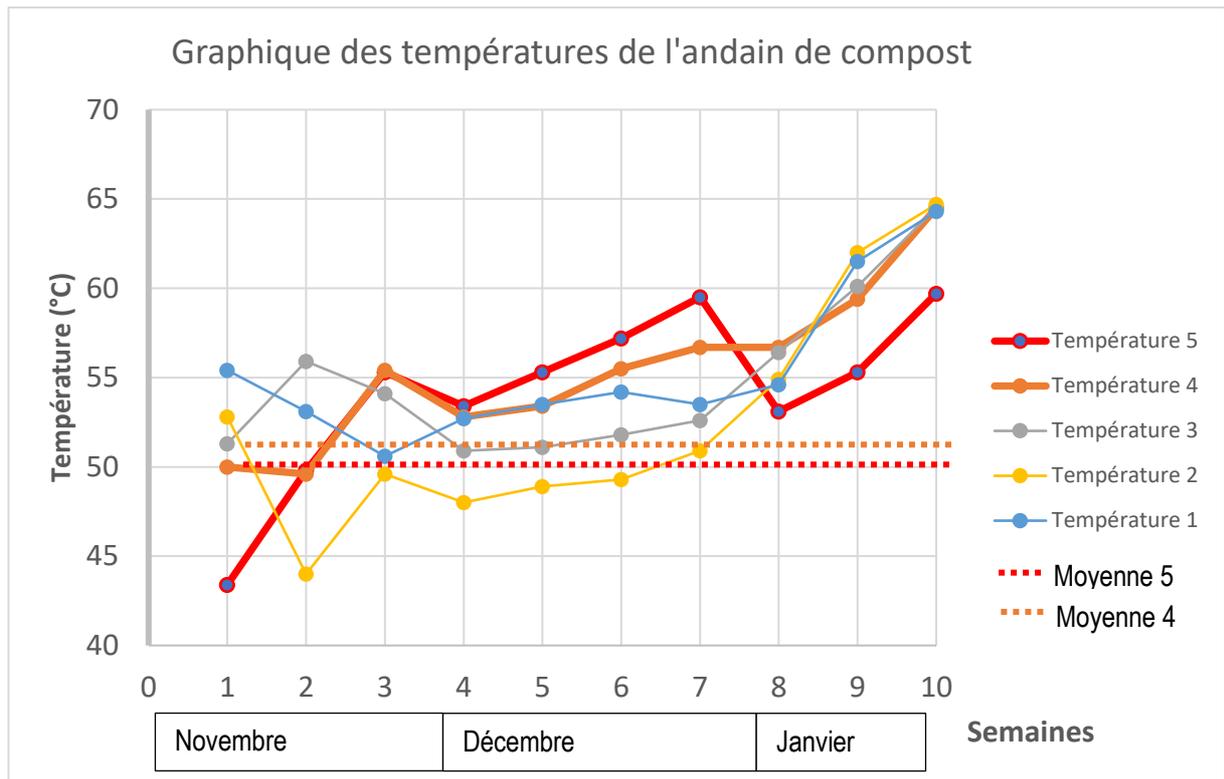


Figure 39 : Graphique d'évolution des conditions de température à différents points de l'andain (fig.40)

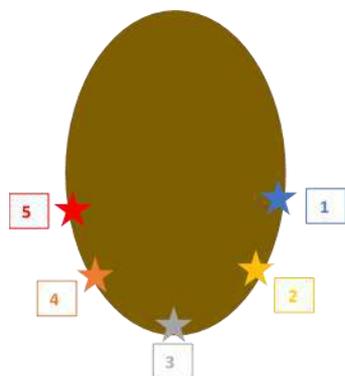


Figure 40 : Représentation de l'andain de compost et des différents points de prise de sonde-température

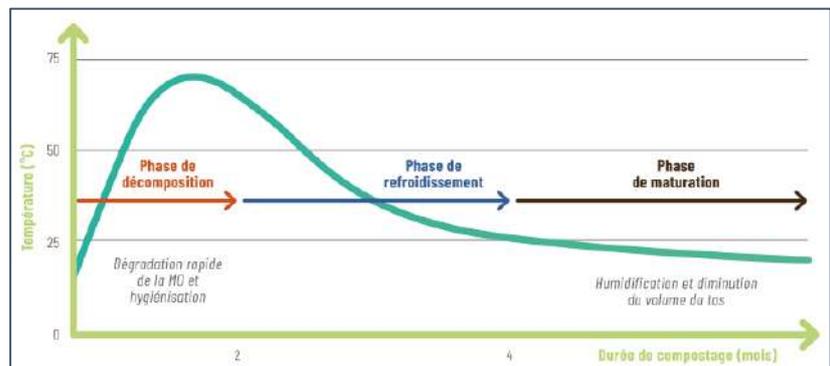


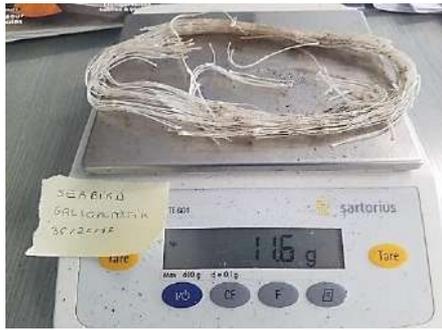
Figure 41 : Principales phases du compostage et processus en jeu (Chambre d'Agriculture Occitanie, 2019)

L'andain de compost utilisé pour cet essai était déjà présent sur site depuis plusieurs mois et avait terminé son processus de fermentation. De ce fait, le pic de température de la phase de fermentation (ou décomposition, fig. 41) avait déjà eu lieu, et la température globale de l'andain devait progressivement diminuer. Or, on constate que tout au long de cette expérimentation, les températures des différents sites restent majoritairement au-dessus de 45°C. On peut donc supposer que l'andain de compost était toujours en phase de fermentation. On constate que les données des sites 2 et 5 (cf. Fig 40) sont inférieures à 45°C la première semaine, mais la température prise sur le site 5 remonte en deuxième semaine pour atteindre près de 55°C en semaine 3, comme pour le site 4. Le refroidissement du site 5 durant le premier mois peut être dû au fait que l'andain avait été creusé à cet endroit-là, exposant le compost à l'air ambiant assez frais du mois de novembre. Ensuite, le fait de replacer le compost sur

l'andain pour recouvrir les systèmes tests a provoqué un effet d'aération ayant pu favoriser la montée en température des points 4 et 5. En conclusion, les données de températures sont globalement représentatives des conditions retrouvées sur une plateforme de compostage industriel de type ouverte où la durée de compostage peut être flexible.

A noter qu'il n'a pas été possible d'associer à ce suivi des données de contrôle du taux d'humidité du compost du fait d'une panne de l'étuve.

ii. ASPECT VISUEL

Type de filet	Aperçu	Commentaire (numéro d'échantillon)
Extrudé Sea212 23g.m	 <p>Echantillon n°23-1</p>	<p><u>Pour les deux échantillons testés :</u></p> <p>Échantillons relativement intacts dans leur longueur, casse nette des filaments au niveau des nœuds. Le nœud se détache facilement des filaments et les filaments se brisent facilement lorsqu'ils sont étirés.</p>
Extrudé Sea212 15g.m	 <p>Echantillon n°15-2</p>	<p><u>Pour les deux échantillons testés :</u></p> <p>Casse nette des filaments au niveau des nœuds. Les filaments se brisent facilement lorsqu'ils sont étirés.</p> <p><u>Pour l'échantillon n°15-1:</u></p> <p>Pas de séparation des fibres en plusieurs filaments</p> <p><u>Pour l'échantillon n°15-2 (cf photo ci-contre):</u></p> <p>Séparation des fibres en plusieurs filaments au niveau des nœuds</p>
Extrudé Sea212 15g.m + 5%	 <p>Echantillon n°15+5-1</p>	<p><u>Pour les deux échantillons testés :</u></p> <p>Filaments cassants particulièrement au niveau des nœuds mais se brisent facilement lorsqu'ils sont étirés. Visuellement les filaments se délitent en plusieurs fibres.</p> <p><u>Pour l'échantillon n°15+5-1 seulement :</u></p> <p>Présence de plus petits fragments de filaments de dimensions inférieures ou égales à 1mm.</p>

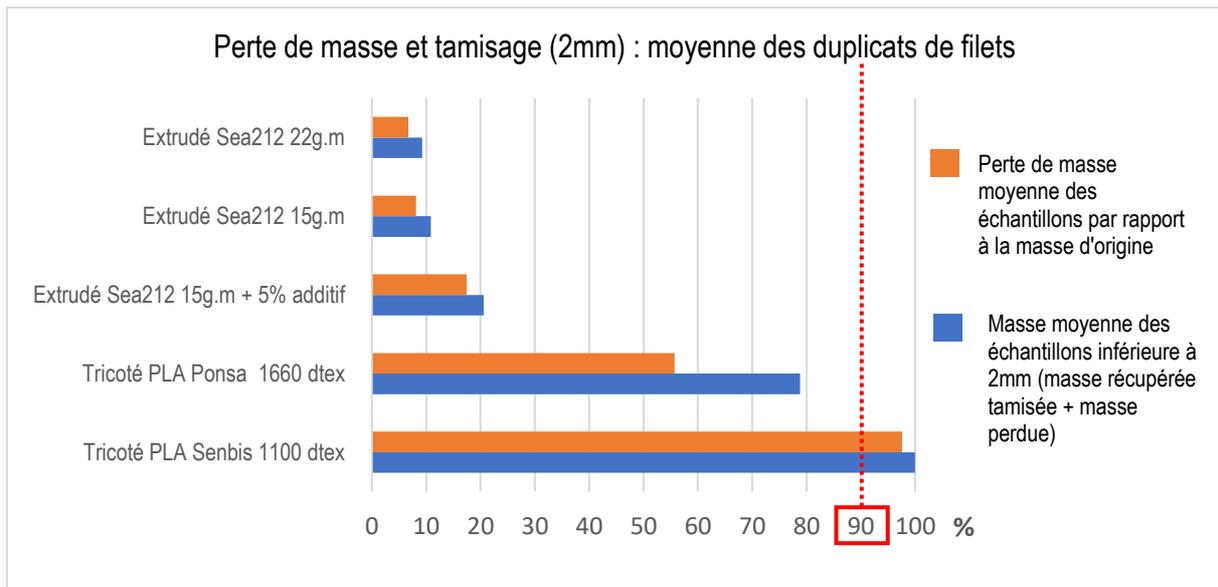
<p>Tricoté Ponsa 1660 dtex</p>	 <p>(2)</p>	<p><u>Pour les deux échantillons testés :</u></p> <p>Agglomérats avec résidus végétaux de compost, l'humidité semble avoir agi en liant. Les fibres se désagrègent en poudre au toucher.</p> <p><u>Pour l'échantillon n°1660-2 seulement :</u></p> <p>Paquet de fibres dont la largeur est plus épaisse que l'échantillon 1, cela semble être dû à un plus faible taux d'humidité.</p>
<p>Tricoté Senbis 1100 dtex</p>	 <p>(1)</p>	<p><u>Pour l'échantillon n°1100-1 seulement :</u></p> <p>Boules de fibres (>5mm) ou toutes petites fibres (<1mm). Entre ces dimensions, se trouvent uniquement des fragments végétaux de compost. Les boules de fibres passent toutes au travers du tamis 1mm. Les fibres semblent avoir gonflé depuis leur prélèvement.</p> <p><u>Pour l'échantillon n°1100-2 seulement :</u></p> <p>L'échantillon a disparu de la poche maillée, les fibres ont dû passer au travers de la poche puis se disperser dans le compost.</p>

Tableau 15 : Synthèse des résultats concernant l'aspect visuel des échantillons récupérés

iii. PERTE DE MASSE

Selon la norme européenne EN13432 (ou EN14995), après une incubation en valorisation organique de 12 semaines, les échantillons doivent avoir atteint 90% de désintégration. En pratique, 90% de la masse du produit évalué doit pouvoir passer au travers d'un tamis de 2mm. (ADEME, 2020, p. 37-38).

Les échantillons de filet tricoté PLA Ponsa, ont subi une perte de masse significative, particulièrement pour les échantillons Senbis, puisqu'un des échantillons s'est complètement dégradé visuellement. De plus, 100% de la masse des échantillons Senbis est inférieure à 2mm, ce qui répond aux exigences de la norme européenne de compostage. Le filet Ponsa n'est pas loin de ce seuil avec 78.85% de matière inférieure à 2mm. Les échantillons de filet extrudé enregistrent une perte de masse bien plus relative, avec un maximum de 17,5% pour le filet extrudé de 15g.m + 5% d'additif. Le filet de 15g.m a perdu légèrement plus de masse que le filet de 23g.m. Les échantillons de filet extrudé étant composés majoritairement de filaments de dimensions supérieures à 2-3cm de long, le pourcentage de matière passant au travers d'un tamis de 2mm est logiquement faible.



iv. BIAIS CONSTATES ET LIMITES

- Les échantillons de filet ne sont pas complètement placés en conditions réelles de compostage puisqu'ils sont intégrés dans le dispositif « mini-poche+sachet maillé ». Bien que la mini-poche ait été remplie de compost, il peut y avoir un effet « barrière » des dispositifs sur les échanges entre les échantillons de filet et la matière organique.
- Il existe une probabilité que des fragments de filets se soient dispersés en dehors du sachet maillé, empêchant alors leur récupération.
- Les échantillons collectés sont en mélange avec des fragments de compost. Selon les dimensions de ceux-ci, ils peuvent être comptabilisés en tant que filets lorsque qu'il n'a pas été possible de les récupérer.
- Le tamisage s'est effectué de manière transversale, de telle sorte que les fragments de filets supérieurs en longueur à la dimension des filets mais inférieurs en largeur, ne sont pas passés au travers.
- L'andain de compost ayant servi à cet essai était déjà stocké sur site depuis plusieurs mois, et avait déjà subi la phase d'activité maximale de dégradation de la matière organique, étant à l'origine d'élévations importantes de températures.
- L'incubation des systèmes en compostage n'a pu durer que deux mois et demi, ce qui est plus court qu'un cycle classique de compostage, plutôt de l'ordre de 3 à 4 mois.

v. DISCUSSION

Ces premiers résultats semblent montrer que les filets tricotés ont une cinétique de dégradation adaptée à ce processus de compostage. En revanche, les filets extrudés ont montré une dégradation importante de leurs caractéristiques mécaniques, mais une faible dégradation et perte de masse. Cela est cohérent car d'un point de vue physique, les filets tricotés sont constitués d'une multitude de filaments de faible grammage, tandis que les filets extrudés sont eux composés d'un unique filament rigide.

En perspective, il serait judicieux de procéder à un broyage préalable des filets extrudés afin de favoriser la dégradation de la matière. Pour les filets tricotés, cette étape pourrait ne pas être nécessaire.

Par ailleurs et comme cela a été listé ci-dessus, différents biais sont à prendre en compte dans la considération de ces résultats. En effet, un compostage en conditions réelles de ces matières aurait certainement eu de meilleurs résultats : échantillons au contact direct de l'andain, andain en phase de fermentation active et incubation de 3 mois minimum. Pour la suite de ce projet, il est envisagé de réitérer un essai de compostage industriel avec davantage de matière et un suivi plus poussé de l'expérimentation.

4. Norme de compostage EN14995

a) Contexte et objectifs

i. CONTEXTE

Pour qu'un produit soit dit « biodégradable » dans un certain milieu, il doit répondre aux exigences d'une norme de spécification propre à ce milieu (sol, compostage domestique, compostage industriel...)(ADEME, 2020, p. 7). Pour cela, une analyse de composition du matériau d'essai (permettant de vérifier la teneur en composés polluants), un essai de désintégration en compostage, une évaluation de la biodégradation et un test de phytotoxicité sont à effectuer. Dans le cas du filet extrudé, les matières premières bioplastiques utilisées par Seabird pour la production de son compound Sea212 sont toutes certifiées par la norme européenne EN14995 ce qui signifie que le matériau est biodégradable en compostage industriel. Il en est de même pour les granulés de PLA utilisés pour la fabrication du fil PLA par les sociétés Senbis et Ponsa. Par ailleurs, ces entreprises ont déjà effectué différents tests de la norme pour le fil multifilament PLA qu'elles commercialisent. Cependant, le produit fini, c'est-à-dire le filet, doit impérativement être certifié par la norme EN14995 pour pouvoir bénéficier de l'appellation « biodégradable en conditions de compostage industriel ». Dans ce cadre il était prévu la réalisation d'un essai de désintégration pour le filet de catinage en Sea212 extrudé. Pour les filets chaînette, cet essai n'a pas été réalisé car il subsiste des doutes quant au filet le plus approprié (fil PLA de la société Ponsa ou Senbis).

ii. OBJECTIFS

Évaluer le filet Sea212 à l'essai de désintégration de la norme EN14995.

b) Matériels et méthodes

Envoi d'un échantillon de filet Sea212 en 15g.m non-vieilli au laboratoire prestataire Eurofins. Le test a été réalisé avec des duplicats. Les morceaux de filets ont été intégrés à hauteur de 1% de la quantité totale de biodéchets à composter. La durée de compostage est de 12 semaines. Pour être conforme à la norme, une quantité minimum équivalent à 90% de la masse d'origine doit pouvoir passer au travers d'un tamis de 2mm. Par ailleurs, il ne doit pas y avoir de contamination visuelle du compost (ADEME, 2020.). Le suivi des données de température et d'humidité est assuré tout au long de l'essai. L'essai d'écotoxicité du compost est réalisé à partir d'un compost issu d'une désintégration de filet de catinage compostable à hauteur de 10%.

c) Résultats (voir annexe 6 pour le rapport complet)

i. ESSAI DE DESINTEGRATION

Le filet extrudé en Sea212 n'a pas passé l'essai de désintégration puisque respectivement 21,22% et 20,02% de la matière d'origine est passée au travers du tamis de 2mm, en résulte une moyenne de 22,15%. On constate qu'une majorité des fragments de filet est de fraction supérieure à 10mm, avec une moyenne de 77,8% de la quantité initiale. La désintégration s'est essentiellement produite au niveau des nœuds, points de soudures entre les différentes mailles.

N° de l'essai	Quantité initiale de biodéchets (kg)	Quantité initiale de matériau d'essai (g)	Durée totale de compostage (jours)	Quantité de matériau > 10 mm (g) et en (%)	Fraction entre 2 mm et 10 mm (g) et en (%)	Fraction inférieure à 2mm (g) et en (%)
Essai 1	10.00	102.20	84.00	80.50 78.77	0.95 0.009	20.75 21.22
Essai 2	10.00	108.10	84.00	83.20 76.97	1.02 0.009	23.98 20.02
Moyenne	10.00	105.15	84.00	81.85 77.84	0.95 0.009	22.37 22.15

Tableau 16 : Résultats pour l'échantillon de filet à l'essai de désintégration (duplicats)

ii. ANALYSE DU COMPOST OBTENU

Le compost obtenu à partir de la dégradation de filets en Sea212 (à hauteur de 10% du volume de biodéchets) est conforme aux critères-seuils de la norme NF U 44-051 (valeur agronomique, composition du produit, métaux lourds...). De même, le compost obtenu est conforme aux exigences de seuils de la norme NF U44-095 pour les inertes (verre, métaux, plastiques durs et textiles...).

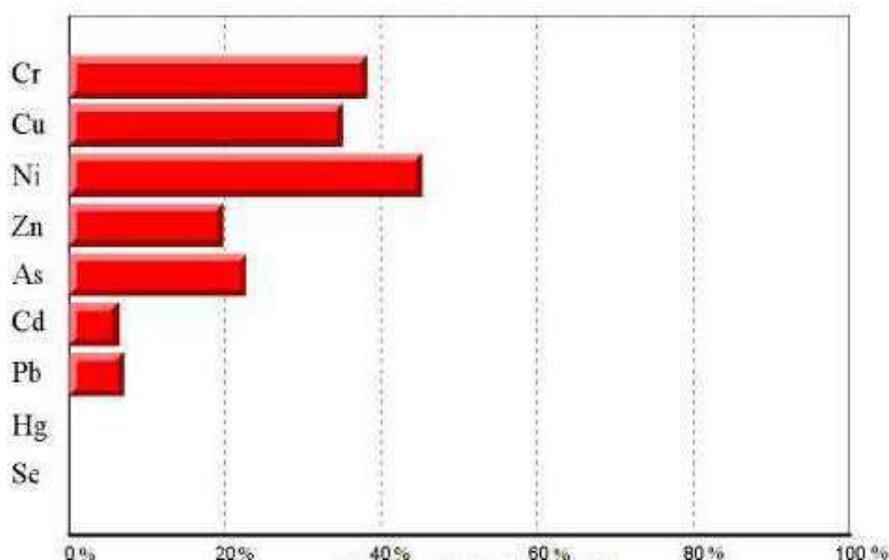


Figure 42 : Teneurs relatives en % de la valeur limite, conformément à la norme NF U 44-051

iii. DISCUSSIONS

Les matériaux composant le compound Sea212 sont tous certifiés par la norme EN14995. Cependant, l'échantillon de filet extrudé Sea212 en 15g.m non-usagé n'a pu être certifié pour l'essai de désintégration faisant partie intégrante de cette même norme. Plusieurs raisons peuvent expliquer ce résultat :

- L'épaisseur du produit intervient dans la cinétique de biodégradation (et donc de désintégration). En général, plus le matériau est épais, plus lente est la dégradation, notamment si on considère que le mécanisme de dégradation est une érosion de surface (Gontard et al., 2019, p. 24). Le filet de catinage est composé de monofilaments de matière rigide, épais de plusieurs millimètres, ce qui est différent d'un produit testé à l'état de granulés ou de films fins.
- Par ailleurs, les échantillons ont été fournis à l'état non-vieilli, ce qui n'est pas représentatif de leur état en fin de vie, après une période d'usage en milieu marin comprise entre 3 mois et un an qui a affecté les propriétés

physiques et chimiques du matériau. Il serait judicieux de réaliser cet essai de désintégration avec des échantillons de filets vieillis durant la période minimum d'usage, soit 3 à 4 mois.

Concernant la compatibilité du compostage des filets en Sea212 dans des installations produisant du compost normé, les résultats sont satisfaisants puisque conformes aux normes NF U44-051 et NF U44-164 (normes validant l'écotoxicité et la composition organique du compost pour une application en agriculture). Aujourd'hui, nous avons constaté que les gestionnaires proposant des services de compostage sont davantage attentifs à la compatibilité des produits en bioplastiques à intégrer avec les normes d'écotoxicité plutôt qu'à la certification de ces produits à la norme EN14995 ou EN13432 (certifiant la biodégradabilité des plastiques et emballages) qu'ils méconnaissent bien souvent. Cela est en lien avec la volonté des gestionnaires de s'assurer que l'intégration de produits en bioplastiques ne dégrade pas la qualité du compost qui est ensuite utilisé pour amender des sols cultivés.

5. Étude d'écotoxicité

a) Matériel et méthodes

Le Centre technique de la pêche et de la conchyliculture de Normandie, Synergie Mer et Littoral (SMEL), a mis au point un protocole scientifique afin d'évaluer l'écotoxicité de différents polymères composant les engins de pêche et de conchyliculture. En pratique, des polymères sont mis individuellement en incubation dans de l'eau de mer durant plusieurs semaines, puis de l'eau de chaque flacon (5ml) est prélevée et placée dans des piluliers. Ces piluliers serviront de milieu de développement à des ovocytes d'oursins : 100µL de solution par pilulier soit 300 ovocytes environ, pour la dernière expérimentation du SMEL (Hégron, 2019, p.4). Différents indicateurs sont ensuite suivis :

- le taux d'inhibition du développement larvaire
- le taux de malformation des larves
- la longueur des spicules des oursins.

En fonction de ces résultats, il est possible d'évaluer l'écotoxicité des différents matériaux et de réaliser un gradient de pollution pour classer les milieux du moins impactant (milieu témoin) au plus impactant. L'étude du SMEL de 2019 avait intégré un échantillon de filet en bioplastique de la société Interimas, filets évalués en conditions réelles d'utilisation dans le cadre du projet BIOFILET.

b) Résultats et perspectives

Parmi les plastiques testés, le matériau de ce prototype était celui qui engendrait le moins de malformations (Figure 43). Bien que le taux de malformation soit plus élevé que pour le témoin, les tests statistiques ont révélé un écart non significatif. Il a donc été conclu que « *Le prototype de filet mytilicole biodégradable proposé par Christian Guyomar (la société Interimas NDA) n'altère pas les larves d'oursins sur nos trois critères étudiés, au bout de 15 jours de trempage.* » (Hégron, 2019). Les auteurs de l'essai avaient néanmoins précisé que ces résultats seraient à nuancer et qu'il faudrait réaliser de nouveaux tests en faisant varier des paramètres comme la concentration en matière dans l'eau (masse introduite) ou la durée d'incubation de la matière polymère dans le milieu marin.

Le SMEL Normandie réitérera cette étude, dans le cadre du projet INdiGO pour lequel le centre technique est partenaire. Prévues d'abord en 2021, la manipulation a été repoussée début 2022. Le SMEL a accepté d'inclure des échantillons de filets du projet FILALTIQ dans ces tests.

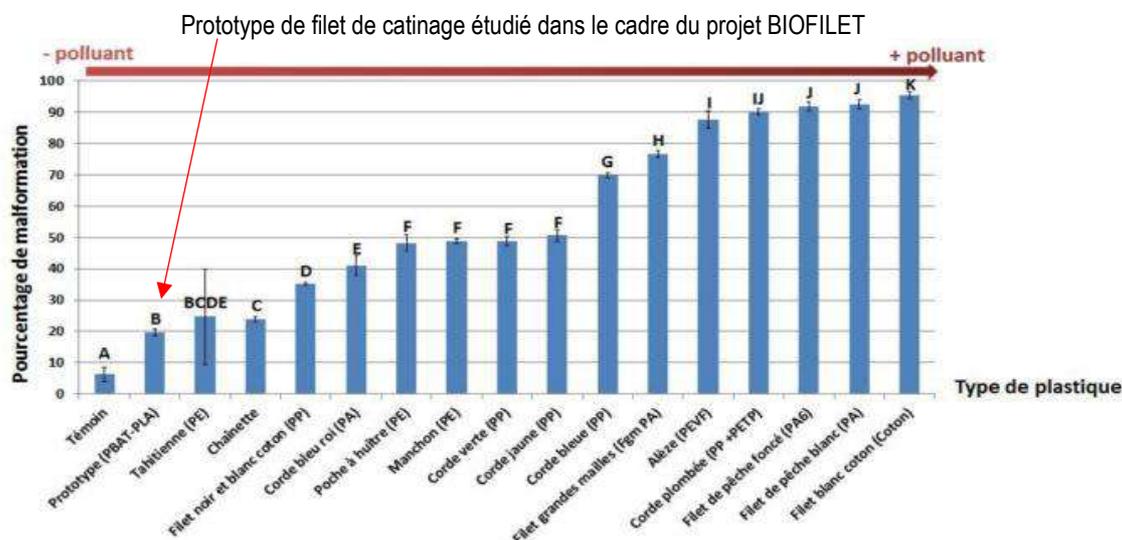


Figure 43 : Gradient de pollution et groupes homogènes (Hégron, 2018, p8)

6. Volet économique

a) Matériels et méthodes

i. OBJECTIF

Obtenir une estimation des coûts des filets compostables en sortie d'usine (transport non-inclus)

ii. MOYENS

Au printemps 2021, les acteurs de la fabrication des filets ont été interrogés sur les coûts de production des filets biosourcés et compostables, en simulant une production à plus grande échelle de filets biosourcés et compostables. Une production de 25T minimum de filets a été estimée, sachant que deux Coopératives Maritimes des territoires des Pays de la Loire et de Bretagne Sud vendent un total de 7,5T de filets de catinage par an. 25T de filets pourrait donc correspondre à la consommation annuelle de 6 à 7 distributeurs.

- Filet extrudé Seabird / Galloplastik

Il a été proposé au fabricant Galloplastik de formuler une réponse selon différentes quantités de filets produites : 25T, 50T et plus de 100T. La société Galloplastik a formulé une même estimation de coût pour une production à partir de 25T. La société Seabird a également fourni une estimation de coût au kg de la matière Sea212.

- Filet tricoté Glynka/fil Senbis ou Ponsa

Le fabricant Glynka considère un coût fixe pour la production des filets, peu importe la quantité produite (coût opérateurs et fonctionnement machine). Le fabricant de fil Senbis a fourni une grille de tarifs pour les fils PLA en fonction de la quantité commandée. Le fabricant de fil Ponsa a fourni un coût fixe pour son fil PLA.

b) Résultats et discussion

i. CONTEXTE

Cette étude économique comparative a été menée au printemps 2021, dans un contexte de crise sanitaire qui a généré des fortes augmentations de prix dans le secteur des matières premières (lemonde.fr). En Europe, les cours du polyéthylène auraient ainsi subi une augmentation de 160% entre mai 2020 et août 2021. Du fait notamment de l'augmentation des coûts d'acheminement par transport maritime (challenges.fr), les acheteurs de matériaux bioplastiques ont également constatés des hausses de prix (Seabird, Ponsa). On peut toutefois supposer que si la crise sanitaire ne s'aggrave pas et que les échanges commerciaux reviennent vers leur état d'origine, le prix des matières vierges devrait diminuer (polyvia.fr). Ainsi, il est judicieux de comparer les coûts des filets biosourcés et compostables à ceux des filets conventionnels, avant la crise du COVID avec les prix aujourd'hui communiqués par les fabricants.

ii. RESULTATS

Type de filet	Coût pour 1000m de filet (€)	Prix au kg de filet (€)	Coefficient multiplicateur par rapport au conventionnel	
			2021	Avant COVID
Conventionnel Extrudé Galloplastik 15g.m (tarifs 2019)	48,0	3,2		
Conventionnel Extrudé Galloplastik 15g.m (tarifs 2021)	64,5	4,3		
Extrudé SEA212 15g,m	143,3	9,5	2,2	3
Extrudé SEA212 23g,m	219,7	9,5	3,4	4,6
Tricoté polyester	86	7,7		
Tricoté polypropylène	94	8		
Tricoté PLA SENBIS 1100dtex	167,3	13,2	1,8	2,2
Tricoté PLA PONSA 1666dtex (1500 den)	244	12,6	2,6	3,1

Tableau 17 : Comparaison des prix des filets conventionnels et biosourcés, compostables en sortie d'usine

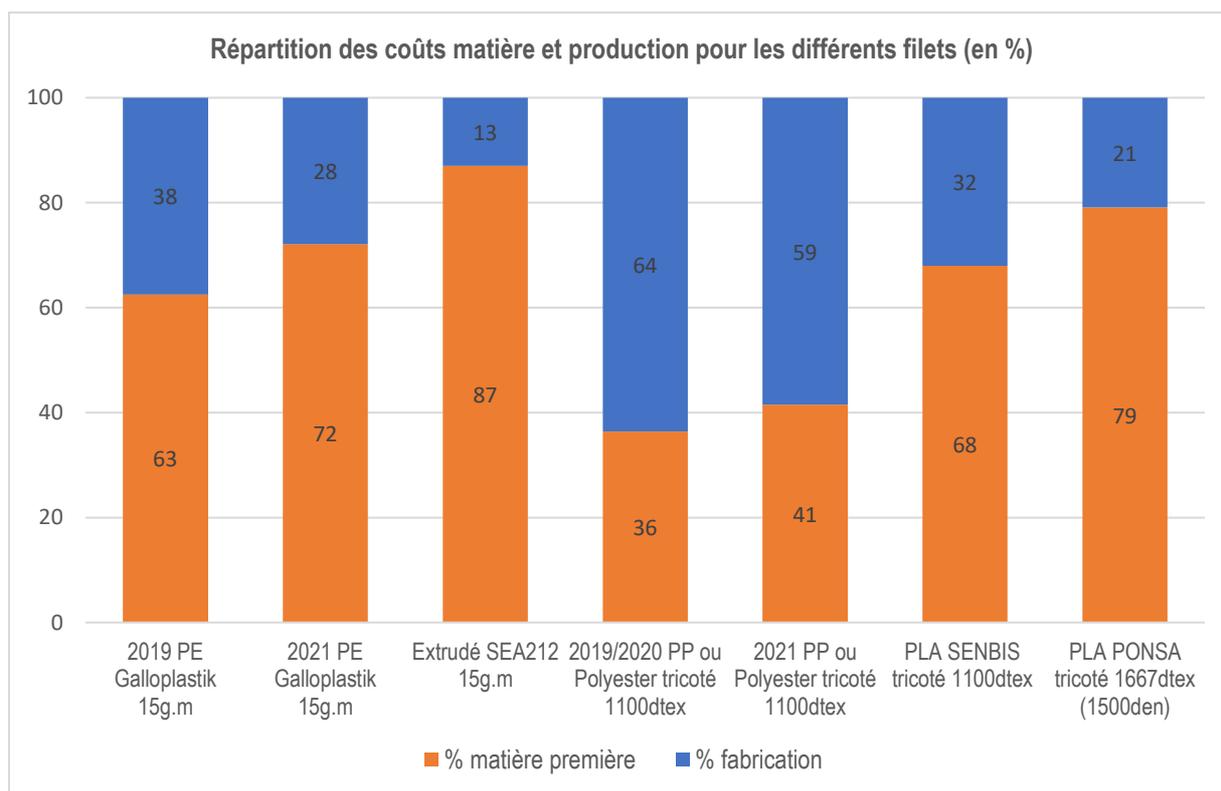


Figure 44 : Graphique indiquant la répartition du coût total de production des filets

iii. DISCUSSIONS

Aujourd'hui, si la production de filets mytilicoles biosourcés et compostables s'industrialisait, le coût serait probablement 1,8 à 3,4 fois plus élevé dans le contexte actuel et 2,2 à 4,6 plus élevé dans le contexte d'avant crise du COVID-19. La décision de passer à l'utilisation de filets compostables dépendra à la fois de la performance des filets mais aussi de l'augmentation des coûts engendrés.

Le coût des matières premières bioplastiques constitue une part très importante du coût total des filets biosourcés et compostables (70% à 87%). Ces coûts sont élevés, du fait des conséquences de la crise sanitaire, comme cela peut-être le cas pour les polymères conventionnels, et également du fait d'une production globale, pour le moment plus jeune et donc bien moins développée que pour le secteur des résines pétrosourcées. Actuellement, les bioplastiques représentent environ 1% des plus de 368 millions de tonnes de plastique produites chaque année (european-bioplastics.org). Cependant, le marché global des bioplastiques devrait croître continuellement les prochaines années. Les capacités de production mondiales devraient passer de 2,11 millions de tonnes en 2019 à approximativement 2,42 millions de tonnes en 2024 (European bioplastics, 2020). La société Seabird dispose aujourd'hui d'une unité pilote de production qui vise à s'industrialiser. Avec une capacité de production actuelle d'environ 150T, Seabird devrait multiplier par 10 cette capacité en 2022-2023. Par un effet d'économie d'échelle, si la demande de la société Seabird en bioplastiques nécessaires à la fabrication de ses compounds (comme le Sea212) augmente, on pourrait observer une diminution des coûts de ses matériaux. Par ailleurs, d'après l'organisme European Bioplastics, la production mondiale de bioplastiques devrait plus que tripler pour atteindre 7,5 millions de tonnes en 2026 (emballagesmagazine.com). En France, Total prévoit de produire du PLA à horizon 2024 pour répondre à la demande croissante du marché (totalenergies.com). L'augmentation de l'offre en bioplastiques devrait *in fine*, réduire le coût en sortie d'usine des produits biosourcés et compostables, et donc potentiellement des filets mytilicoles compostables. Cependant, il reste complexe d'estimer les modalités de cette évolution économique.

En perspectives, il serait intéressant de travailler sur un volet économique approfondi afin d'étudier les conséquences financières pour les entreprises mytilicoles que pourrait engendrer la substitution des filets mytilicoles conventionnels par des alternatives compostables, en prenant en compte l'intégralité du cycle de vie du filet. Par ailleurs, un dispositif d'indemnisation pourrait être étudié, permettant, au moins dans les premières années de la production industrielle de ces filets, d'encourager leur achat par les entreprises mytilicoles.

V. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Les résultats obtenus aux différentes actions d'évaluations sont globalement positifs pour les filets biosourcés et compostables, extrudés et tricotés. Testés à « petite échelle » et dans différentes conditions d'exposition, ces filets ont répondu aux attentes des mytiliculteurs et ont permis de garantir, à première vue, un rendement satisfaisant, ce qui constitue un des principaux critères de réussite aux yeux des mytiliculteurs. Une phase supplémentaire de tests en conditions réelles est attendue par les professionnels afin de pouvoir définitivement valider les filets, intégrant une évaluation approfondie à l'étape de dégrappage des filets. Les filets extrudés devraient bénéficier d'une étape d'amélioration technique et économique afin d'optimiser le grammage en fonction de la dimension du filet. Pour ce faire, le fabricant italien Galloplastik envisage de travailler sur l'équipement de sa machine d'extrusion avec une filière plus adaptée aux filets de dimensions intermédiaires et grandes. L'étude des propriétés physico-chimiques permet d'appuyer scientifiquement les constats effectués en conditions réelles sur les performances des filets. En effet, les essais de traction réalisés sur divers échantillons de filets ont montré que les propriétés mécaniques des filets compostables étaient cohérentes au regard de ces mêmes propriétés pour les filets conventionnels. Par ailleurs, il est important de continuer à alimenter une base de données sur le vieillissement des filets dans différentes conditions. En particulier, les analyses au microscope de précision permettent d'appréhender les mécanismes d'érosion de surface de la matière en milieu marin et leur cinétique. Celles-ci pourraient, à terme, permettre d'étoffer les connaissances sur les micro-organismes à l'origine de cette dégradation. Par ailleurs, une veille sur l'avancée des recherches consacrées aux microparticules de bioplastiques et à leurs impacts sur les organismes vivants est en cours. Parallèlement à ça, l'étude d'écotoxicité des filets extrudés pourrait être approfondie pour appuyer scientifiquement la pertinence de cette alternative pour la préservation des écosystèmes marins. Il serait aussi intéressant de faire de même pour les filets en PLA.

Le volet consacré à la fin de vie des filets vise à être approfondi, en travaillant concrètement sur le prérequis nécessaire à l'intégration des déchets de filets compostables au sein des filières de valorisation organiques. Par ailleurs, les filets biosourcés et compostables, extrudés ou tricotés, devront être certifiés par la norme de compostage EN14995. Dans ce but, il pourrait être nécessaire de tester la désintégration des filets extrudés sous différentes formes : à l'état usagé, et/ou broyés.

L'étude économique a permis d'estimer les coûts de production industrielle des filets biosourcés et compostables. La matière bioplastique constitue une part conséquente du coût global de ces filets, notamment du fait d'une production mondiale encore peu développée. Il serait intéressant d'approfondir ce volet économique afin de déterminer le surcoût pour les entreprises mytilicoles pour l'achat de ces filets et d'étudier les modalités liées à l'économie d'échelle.

En définitive, les mytiliculteurs et leurs structures de représentation professionnelles sont décidés à engager un changement dans leurs pratiques d'utilisation des filets de catinage. Pour ce faire, ils souhaitent s'impliquer dans une démarche faisant suite au projet FILALTIQ qui permettrait de prouver les performances techniques de ces filets, et également de mettre en avant l'intérêt écologique global de cette substitution, en prenant en compte l'intégralité du cycle de vie de ces produits. Les alternatives biosourcées et compostables sont amenées à se développer de manière croissante dans les années à venir. En témoigne le nombre de projets liés aux alternatives au plastique dans la filière halieutique. Aussi, il semble pertinent d'associer aux échanges les autres structures porteuses de projets consacrées aux alternatives biosourcées et biodégradables pour mutualiser les réflexions sur des thématiques communes comme la fin de vie de ces produits et l'aspect économique.

VOLET 2 :

Recherches d'alternatives aux conditionnements
plastiques en conchyliculture

RESUME VOLET 2

Les professionnels de la conchyliculture des CRC Pays de la Loire et Bretagne Sud ont souhaité qu'une étude soit réalisée concernant les conditionnements utilisés dans leur domaine d'activité. Dans un premier temps, un état des lieux a été réalisé, comportant une partie sur les aspects réglementaires, sur le plan du sanitaire et de la gestion des déchets. Celle-ci a notamment permis de mettre en évidence le règlement cadre sanitaire pour les conditionnements. En tant que produits destinés à la consommation humaine, les conditionnements utilisés pour les coquillages commercialisés doivent suivre un règlement cadre stricte pour éviter tout risque de contamination. Le naissain de coquillages est exempté de ce règlement puisque non destiné à la consommation humaine. Aujourd'hui, les conditionnements utilisés par les professionnels de la conchyliculture tels que les caisses en polystyrène expansé, les sacs de vente en gros en plastique, les sacs de vente directe et les bourriches ne sont pas directement visés par des interdictions d'usage. Cependant, le durcissement réglementaire visant à augmenter le taux de réemploi et de recyclage des emballages doit permettre une évolution des pratiques des entreprises concernant les emballages utilisés, à appréhender dès aujourd'hui.

La deuxième partie de cette étude a constitué en un état des lieux des conditionnements utilisés par les entreprises conchylicoles pour les différentes activités de production. Pour ce faire, un questionnaire a notamment été adressé à l'ensemble des entreprises des CRC Pays de la Loire et CRC Bretagne Sud permettant de recueillir des informations quantitatives sur les conditionnements utilisés, leur cycle vie, et les problématiques rencontrées par leurs utilisateurs. Cette phase a permis de mettre en évidence une problématique d'absence ou de faible taux de réemploi et/ou de recyclage pour l'ensemble des conditionnements utilisés :

- Pour les caisses en PSE, des filières de recyclage existent mais les caisses usagées sont en pratique très peu collectées du fait d'une faible densité de points d'apports à proximité des secteurs de production ostréicole. Par ailleurs, une problématique de dispersion du polystyrène expansé à proximité des entreprises ostréicoles a été identifiée.
- Les sacs de vente en gros en plastique, quels qu'ils soient, ne disposent pas de filière de recyclage.
- Les professionnels pratiquant la vente en directe de leurs productions constatent que les sacs en plastique souple distribués, censés pouvoir être réutilisés plusieurs fois, sont en pratique très peu rapportés par leurs clients. Dans le cas des bourriches, il n'existe pas non plus de filières de recyclage pour les éléments en plastique (feuillard et dessus de bourriche) mais les éléments en bois (non traité) seraient tout de même moins impactants, car ils peuvent être réemployés en tant que combustible.

Enfin la troisième partie consistait en l'étude des solutions alternatives et la préconisation d'actions, en lien avec les professionnels. De ce fait, les actions jugées les plus pertinentes permettant d'améliorer la durabilité des conditionnements en conchyliculture sont les suivantes :

Conditionnement	Actions préconisées
Caisses à naissain	– Substitution par des caisses en carton étanches pliables (livrées à plat) – Réalisation d'une analyse de cycle de vie comparative (ACV)
Sacs de vente en gros	– Substitution par des sacs recyclables – Substitution par des sacs en matières recyclées
Sacs de vente directe	– Proposition d'un contenant réemployable aux clients – Encourager les clients à ramener leur propre contenant – Mise en place d'une campagne de sensibilisation au réemploi
Bourriches à huîtres	– Communiquer les pratiques à préférer telles que l'utilisation de dessus de bourriches en bois ou en carton à la place du plastique – Information des professionnels sur les labels certifiant l'origine du bois – Réalisation d'analyses de cycle de vie comparatives entre les éléments constitués de différents matériaux

I. INTRODUCTION

La production de coquillages nécessite l'usage de conditionnements spécifiques au type de coquillage, au type de vente (en gros, directe) et d'expédition (par voie routière, aérienne). Nombre de ces conditionnements sont en plastique, à usage unique et non valorisés en fin de vie. Cela est notamment le cas des caisses à naissain d'huîtres en polystyrène expansé, des sacs de vente en gros, des sacs de vente directe et de certains éléments utilisés pour le conditionnement en bourriches. Les professionnels de la conchyliculture, soucieux d'améliorer leur impact sur l'environnement, sont désireux de s'orienter vers des alternatives plus durables pour les conditionnements qu'ils utilisent. Le CRC Pays de la Loire et le CRC Bretagne Sud, partenaires du projet FILALTIQ, ont souhaité qu'une première étude soit réalisée concernant les conditionnements en conchyliculture. L'objectif étant qu'à l'issue d'une première phase d'état des lieux et de recherche d'alternatives, des préconisations puissent être émises sur les conditionnements à préférer et lorsque cela est envisageable, des essais d'alternatives effectués.

Par ailleurs, les emballages sont la cible d'évolutions réglementaires visant à réduire la quantité d'emballages utilisés, augmenter le taux de réemploi et les quantités recyclées. Or, aucune étude ne s'est intéressée récemment aux pratiques dans la filière conchylicole. Aussi, cette étude permet de faire un premier bilan global et ouvre la voie à des changements de pratiques.

II. PRELIMINAIRE : SITUATION REGLEMENTAIRE

Avant de démarrer une démarche de réflexion sur les pratiques en termes de conditionnement conchylicoles, il semblait nécessaire de s'interroger sur l'encadrement réglementaire actuel concernant la gestion des déchets, leur usage et les questionnements d'ordre sanitaire.

1. Encadrement lié à la gestion des déchets

a) Responsabilité de l'entreprise conchylicole

Le Code de l'environnement stipule que « *tout producteur ou détenteur de déchets est responsable de la gestion de ses déchets jusqu'à leur élimination ou valorisation finale, même lorsque le déchet est transféré à des fins de traitement à un tiers. Tout producteur ou détenteur de déchets s'assure que la personne à qui il les remet est autorisée à les prendre en charge* »²¹. Les entreprises conchylicoles sont donc tenues de gérer les déchets qu'elles produisent, elles doivent s'assurer que leur élimination est conforme à la réglementation.

b) Préconisations nationales

L'objectif énoncé par le Code de l'environnement est « *en priorité, de prévenir et de réduire la production et la nocivité des déchets* »²². Il convient, pour le producteur de déchets de mettre en œuvre une hiérarchie des modes de traitement des déchets permettant de favoriser les modes de traitement les moins impactants pour l'environnement (Figure). La gestion des déchets doit se faire sans mettre en danger la santé humaine et sans nuire à l'environnement. Par ailleurs, la logistique doit être réfléchie et optimisée selon la distance et le volume de déchets à gérer, en respectant le principe de proximité.

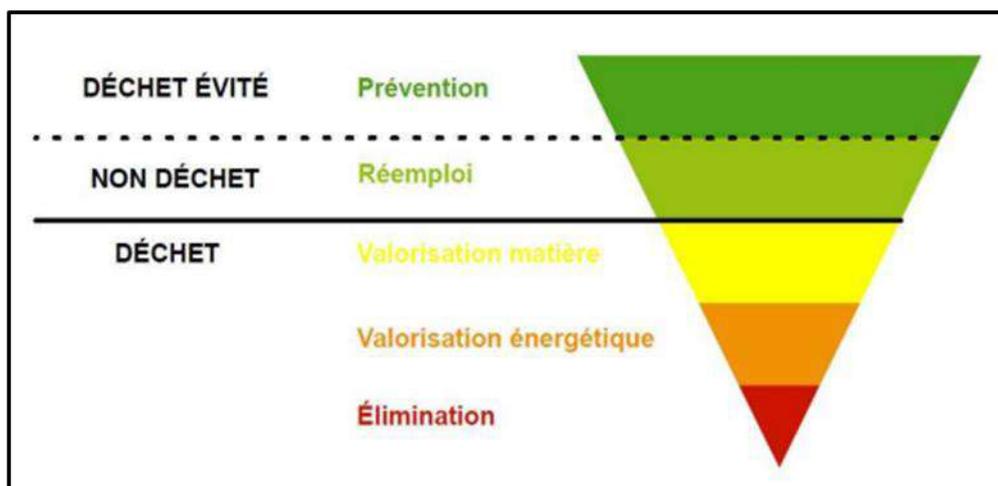


Figure 45 : Pyramide inversée représentant la hiérarchie des modes de traitement des déchets (CESER, mars 2015)

²¹ Article L 541-2 du Code de l'environnement

²² Article L 541-1 du Code de l'environnement

c) Réglementation en vigueur pour les déchets d'entreprise : décret « 5flux »

Entré en vigueur le 1er juillet 2016, le décret n° 2016-288 est l'un des décrets d'application de la Loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte.

Qui est concerné ?

Tous les producteurs de déchets qui produisent plus de 1100 litres de déchets (5 flux confondus) par semaine sur un même lieu de production (exemple : un regroupement d'entreprises conchyliques).

Mise en œuvre concrète :

Dans une logique d'économie circulaire, afin d'augmenter le taux de recyclage des différents types de déchets, le décret 5 flux mentionne l'obligation pour les producteurs et détenteurs de déchets concernés de trier à la source 5 flux de déchets :

- Les papiers et les cartons ;
- Le métal ;
- Le plastique ;
- Le verre ;
- Le bois.

Précision sur le tri à la source :

Les déchets sont soit séparés en 5 flux distincts, ou rassemblés en plusieurs flux si le tri est effectué ultérieurement par le gestionnaire de collecte.

Type de déchets	Tous types de déchets	Emballages
Gestionnaire de collecte		
Collecte par le service public	<p>Production < 1100 litres / semaine Pas d'obligation de tri à la source</p> <p>Production > 1100 litres/semaines Obligation de tri à la source et de valorisation (avec attestation)</p>	<p>Production <1100 litres/semaine Obligation de tri à la source, pas d'obligation de valorisation à fournir (pas d'attestation)</p> <p>Production >1100 litres/semaines Obligation de tri à la source et de réutilisation, recyclage ou valorisation (avec attestation)</p>
Collecte par des prestataires privés	<p>Production < 1100 litres / semaine Production > 1100 litres/semaines</p> <p>Obligation de tri à la source et de valorisation (avec attestation)</p>	<p>Obligation de tri à la source et de réutilisation, recyclage ou valorisation (avec attestation)</p>

Tableau 18 : synthèse des obligations pour les professionnels en fonction des quantités de déchets et du gestionnaire de collecte

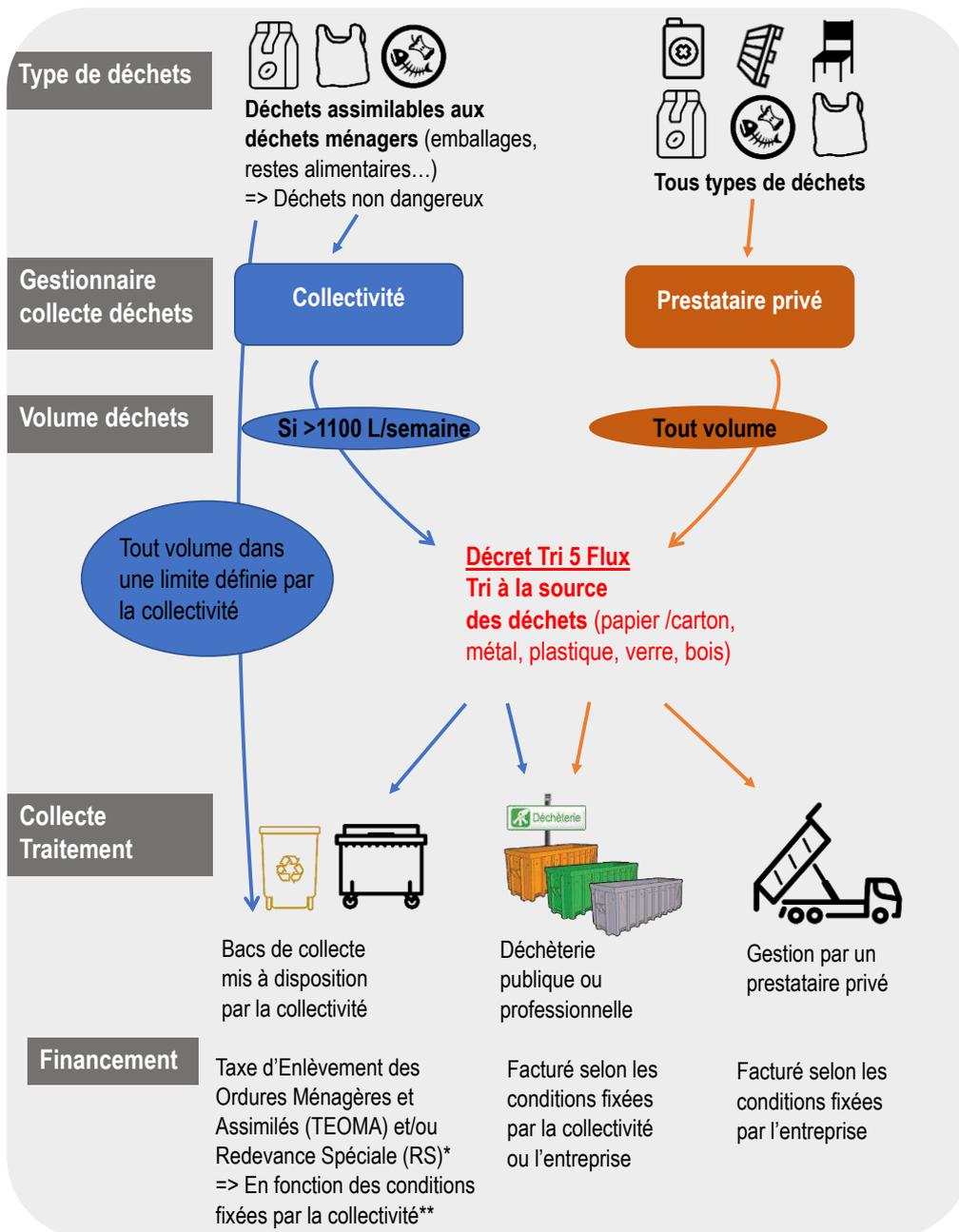


Figure 46 : synthèse gestion des déchets d'entreprise avec obligation du tri 5 flux

* La Redevance Spéciale (RS) est obligatoire pour les collectivités qui assurent la collecte et le traitement de déchets non ménagers et financent le service par le budget général ; elle est facultative si institution d'une Taxe d'enlèvement des ordures ménagères (TEOM). La redevance spéciale est payée par toute entreprise ou administration, localisée dans le périmètre de la collectivité et dont les déchets sont gérés par le service public. Les redevables sont principalement des entreprises commerciales, artisanales, industrielles, de services et des administrations.

** La collectivité n'a aucune obligation de collecte pour les déchets des professionnels, y compris assimilés. Pour ces derniers, elle est libre de fixer les limites des prestations qu'elle assure, y compris pour les déchetteries publiques

d) Point sur la gestion des déchets des ménages

Certains professionnels pratiquent la vente directe de leurs productions, qui sont alors conditionnées dans des emballages terminant leur vie dans les poubelles des ménages, comme cela peut-être le cas pour les sacs de vente directe. La gestion des emballages ménagers est soumise depuis 1992²³ à la responsabilité élargie du producteur, inscrite dans le code de l'environnement.²⁴ Cela signifie que les fabricants, distributeurs pour les produits de leurs propres marques, importateurs, qui mettent sur le marché des produits générant des déchets, doivent prendre en charge, notamment financièrement, la gestion de ces déchets.

Cette obligation concerne certaines entreprises conchylicoles. En effet, une déclaration annuelle doit être effectuée par les entreprises pour indiquer la quantité et la typologie des emballages mis sur le marché. En fonction du nombre d'Unités de Vente Consommateur (UVC²⁵) mises sur le marché, les entreprises choisissent la déclaration la plus appropriée, selon les règles en vigueur. Des éco-organismes comme Citeo et Leko sont chargés d'organiser, de piloter et de développer le recyclage des emballages ménagers et des papiers mis sur le marché en France. Pour les entreprises qui commercialisent moins de 10 000 UVC par an, le forfait de base minimal, en 2021, est tarifé à 80€.



Figure 47 : Fonctionnement de la filière REP et emballages



Figure 48 : Modalités de déclaration annuelle des emballages en 2021 (Citeo, 2021).

²³ <https://expertises.ademe.fr/>

²⁴ Articles L541-10, 543-56 et 543-44 du Code de l'environnement

²⁵ L'Unité de Vente Consommateur (UVC) est une unité de produit conditionné qu'un consommateur pour acheter séparément des autres. Exemple : une bourriche à huîtres, une barquette contenant des moules...

2. Évolutions réglementaires et lien avec la filière conchylicole

a) Réduire la part de déchets enfouis

La Loi du 17 août 2015 relative à la Transition énergétique pour la croissance verte (TECV) prévoit une réduction de 50% des déchets admis en enfouissement à horizon 2025²⁶ ainsi que l'objectif de porter à 65% les tonnages orientés vers le recyclage ou la valorisation organique. Ces objectifs sont déclinés dans les plans régionaux de gestion de déchets. Les Régions Pays de la Loire et Bretagne affichent des objectifs encore plus ambitieux avec une réduction de 57% de la part des déchets enfouis en Pays de la Loire en 2025, 65% en 2031 (Région Pays de la Loire, 2019), la Région Bretagne vise quant à elle le « zéro » enfouissement en 2030 (Région Bretagne, 2020).

En parallèle de ces mesures de réduction et pour encourager de meilleures pratiques, le gouvernement a voté²⁷ l'augmentation de la Taxe Générale sur les Activités Polluantes (TGAP) pour les modes de traitement des déchets les moins respectueux de l'environnement. Ainsi, un calendrier de hausse de taux indique le montant de la TGAP jusqu'à 2025, la taxe passera ainsi d'un montant de 25€ par tonne de déchets enfouis en 2020 à 65€ en 2025, soit une hausse de 160%, répercutée sur le coût de traitement payé par le producteur de déchets.

b) Loi AGEC

i. OBJECTIFS GENERAUX

La Loi Anti-Gaspillage pour une Économie Circulaire, du 10 février 2020 vise à transformer notre économie linéaire (produire, consommer, jeter) en une économie circulaire et ce, au moyen de 5 grands axes :

- Sortir du plastique jetable ;
- Mieux informer les consommateurs ;
- Lutter contre le gaspillage et pour le réemploi solidaire ;
- Agir contre l'obsolescence programmée ;
- Mieux produire.

L'enjeu est de pouvoir supprimer l'usage des emballages en plastique à usage unique d'ici 2040. Pour y parvenir, des objectifs de réduction, de réutilisation, de réemploi et de recyclage sont fixés par décret. Ces objectifs sont répartis sur quatre périodes, permettant de repenser progressivement l'utilisation des plastiques à usage unique :

- 2021-2025 ;
- 2025-2030 ;
- 2030-2035 ;
- 2035-2040.

26 Par rapport aux données de 2015

27 Article 8 du projet de loi de finance de 2019

ii. *DECRET 3R (REDUIRE, REUTILISER, RECYCLER)*

Trois objectifs sont fixés par le premier décret 3R (2021-2025) concernant les **emballages plastiques à usage unique**, utilisés pour les **activités professionnelles** ou par les **ménages** :

- Réduction de 20% d'ici fin 2025 ;
- Tendre vers une réduction de 100% des emballages « inutiles »²⁸ d'ici fin 2025 ;
- Tendre vers 100% de recyclage des emballages en plastique à usage unique d'ici fin 2025 ;

iii. *FILIERE REP EMBALLAGES PROFESSIONNELS*

La loi prévoit d'étendre le périmètre de la REP des emballages ménagers à l'ensemble des emballages professionnels à compter du 1^{er} janvier 2025. Des objectifs chiffrés en termes de réemploi, de réutilisation, recyclage et surtout d'écoconception des produits concerneront cette filière, contrôlée par l'État.

iv. *INTERDICTION A L'USAGE DE CERTAINS PLASTIQUES*

Des produits jugés impactant pour l'environnement (risque de perte élevée, pas de filière de valorisation) sont ou seront interdits à la vente à différentes échéances avant 2040 (calendrier des interdictions consultable sur [actu-environnement](#)).

c) Conséquences pour les conditionnements en conchyliculture

En pratique, les conchyliculteurs utilisant des emballages à destination des ménages doivent payer une écocontribution. Son montant dépend de la quantité d'emballages utilisés par an ainsi que de leurs caractéristiques (recyclable, réemployable ...). Concrètement, les entreprises qui utiliseront des emballages en plastique non-recyclés et ne disposant pas de filières de recyclage pourraient être pénalisées. Tous les emballages à destination des ménages doivent porter le nouveau logo info tri.

Selon la Loi Agec, un plan de prévention et d'éco-conception, mis à jour tous les 5 ans devra être mis en place²⁹. D'ici 2026, les conchyliculteurs, devront aussi veiller à ce que 5% de leurs emballages soient réemployés selon le décret du 8 Avril 2022³⁰. Des engagements déclinés par filières industrielles devraient donc paraître par ce biais ainsi que dans le cadre de la stratégie plastiques 2040.

Quant aux interdictions de plastiques à usage unique, elles ne concernent pour le moment pas les conditionnements utilisés par la filière conchylicole tels que les caisses en polystyrène expansé, les sacs en plastique de vente en gros ou les sacs de vente directe (en polyéthylène 50 microns). La liste des emballages plastiques ménagers « inutiles » est en cours de consolidation. Les fabricants signataires du Pacte National sur les emballages plastiques en ont identifié 17 dont les emballages en PVC, matériau constituant parfois le couvercle des bourriches à huîtres. Ces emballages ne disposent pas de filière de recyclage du fait d'un gisement inconséquent. Pour les petits sacs de vente directe, en application de la loi n° 2015-992 relative à la transition énergétique pour la croissance verte, seuls deux types de sacs sont désormais autorisés :
- les sacs en plastique à usage unique composés partiellement de matières biosourcées et qui répondent à des normes de compostage. Dans ce cas, la teneur biosourcée doit être de 50 % minimum (seuil qui passera à 60% en 2025) et l'épaisseur de 15 microns maximum (Décret n°2021-763 du 14 juin 2021).

²⁸ Emballages non nécessaires ou ne disposant pas de filières de recyclage opérationnelles ou en projet (PVC par exemple)

²⁹ L. n°2020-105, Art. 72

³⁰ D. n°2022-507, Art.67

- les sacs en plastique réutilisables, d'une épaisseur supérieure à 50µm.

Quoi qu'il en soit, ce durcissement réglementaire doit permettre une évolution des pratiques des entreprises concernant les emballages utilisés, à appréhender dès aujourd'hui. Les entreprises peuvent engager une démarche d'éco-conception qui consiste en une réflexion globale sur le conditionnement à utiliser (ses fonctions, son cycle de vie...) et/ou vérifier la pertinence écologique des solutions retenues au moyens d'analyses de cycles de vie.

3. Réglementation sanitaire liée à l'usage de conditionnements en conchyliculture

a) Les mollusques bivalves vivants, des denrées alimentaires ?

i. REGLEMENTATION GENERALE

Les produits reconnus comme des denrées alimentaires requièrent des exigences bien particulières en termes de conditionnement, cela afin de ne pas altérer le produit voué à la consommation humaine. Selon le Règlement (CE) n° 178/2002³¹, on entend par « denrée alimentaire » (ou « aliment »), toute substance ou produit, transformé, partiellement transformé ou non transformé, destiné à être ingéré ou raisonnablement susceptible d'être ingéré par l'être humain.

ii. APPLICATION AUX MOLLUSQUES BIVALVES VIVANTS

Les mollusques bivalves vivants (MBV) sont considérés comme des denrées alimentaires car ils sont préparés en vue de la consommation humaine. En revanche, le naissain et les juvéniles de mollusques ne sont pas destinés à la consommation humaine. La Direction Générale de l'Alimentation (DGAL), interrogée à ce sujet par le Comité National de la Conchyliculture (janvier 2021) a indiqué que le naissain et les juvéniles ne sont pas considérés comme des denrées alimentaires. D'après la DGAL, pour définir les coquillages comme « denrée », le terme « taille commercialisable » est souvent utilisé. L'arrêté du 6 novembre 2013 fixe les tailles maximales du naissain et des juvéniles, soit 4 cm pour l'huître creuse et 2,5 cm pour la palourde et la moule.

b) Encadrement réglementaire

i. USAGE DE CONDITIONNEMENT POUR DES DENREES ALIMENTAIRES

Le règlement (CE) n°1935/2004 (ou « règlement cadre ») du Parlement européen et du Conseil du 27 octobre 2004 définit les exigences générales qui s'appliquent aux matériaux et objets destinés à entrer en contact directement ou indirectement avec les denrées, produits et boissons alimentaires mis sur le marché communautaire afin d'assurer un niveau élevé de protection du consommateur. Il prévoit que d'autres exigences spécifiques à certains matériaux pourront être adoptées. En France, les décrets n°2007-766 et n°2008-1469 complètent ou précisent les dispositions réglementaires de l'Union Européenne.

³¹ Article 2, Règlement (CE) n°178/2002

Réglementation européenne et/ou nationale	
Règlement (CE) n°1935/2004 du Parlement européen et du Conseil du 27 octobre 2004 Règlement (CE) n°852/2004 relatif à l'hygiène des denrées alimentaires (modifié, 2009) Annexe II, Chapitre X, point 1	Principe d'inertie Les denrées alimentaires ne doivent en aucun cas être contaminées par le conditionnement tout au long de son cycle de vie (fabrication, entreposage, manipulation, réemploi).
Règlement CE n° 1935/2004, Article 5	Exigences spécifiques Afin de tenir compte des caractéristiques technologiques spécifiques de chaque type de matériaux et objets soumis aux dispositions du règlement, les restrictions et les conditions d'utilisation et les substances employées pour leur fabrication peuvent être définies dans des mesures spécifiques de l'Union Européenne.
Règlement (CE) n°10/2011 du 14 janvier 2011	Exigences spécifiques concernant les matériaux et objets en matière plastique
Règlement (CE) n°282/2008 du 27 mars 2008	Exigences spécifiques concernant les matériaux et objets en matière plastique recyclée
Article 6 du règlement (CE) n°1935/2004	En l'absence de règlement spécifique ou de directive spécifique pour une catégorie de matériau ou objet, les dispositions nationales s'appliquent, ce qui est le cas en France pour plusieurs matériaux (caoutchouc, élastomère, aluminium, acier inoxydable).
Règlement CE n° 1935/2004, Article 16	Déclaration écrite de conformité Les mesures spécifiques du Règlement prévoient l'obligation d'accompagner les matériaux faisant l'objet de mesures spécifiques d'une déclaration écrite attestant leur conformité aux règles qui leur sont applicables, une documentation technique doit être disponible pour démontrer cette conformité. En particulier, une déclaration de conformité doit être disponible pour les matériaux et objets en matières plastiques.
Décret n° 2007-766 du 10 mai 2007 modifié par le décret n° 2008-1469 du 30 décembre 2008	Aux stades de la commercialisation autres que la vente ou la distribution à titre gratuit au consommateur final, les matériaux et objets destinés à entrer en contact avec des denrées alimentaires (qui ne font pas déjà l'objet de mesures spécifiques communautaires) doivent être accompagnés d'une déclaration écrite attestant de leur conformité aux dispositions des articles 3 et 4 du règlement du 27 octobre 2004
Règlement (CE) n°1935/2004, Article 15	Étiquetage Les matériaux et objets commercialisés pouvant être mis au contact avec des denrées alimentaires sont accompagnés d'indications spécifiques, au moins la mention « convient pour aliments », ou des informations spécifiques relatives à leur emploi ainsi que des informations concernant le fabricant ou metteur en marché du produit (nom, adresse...)

Règlement (CE) n°178/2002 Règlement (CE) n°852/2004 relatif à l'hygiène des denrées alimentaires, Article 1	Responsabilité des opérateurs L'utilisateur professionnel veille à ne mettre au contact de denrées alimentaires que des matériaux destinés à cet usage par le responsable de leur mise sur le marché. Il devrait pour ce faire s'assurer que les matériaux utilisés disposent d'une déclaration de conformité aux textes réglementaires applicables lorsque la réglementation le prévoit ou à défaut s'assurer auprès de son fournisseur de la destination des matériaux et objets. L'utilisateur doit veiller à respecter les instructions d'usage des produits.
Code de la consommation	Sanctions Il est interdit de détenir en vue de la vente, de mettre en vente, de vendre ou de distribuer à titre gratuit, des matériaux et objets destinés à être mis en contact avec des denrées alimentaires qui ne répondent pas aux dispositions du règlement (CE) n°1935/2004 et aux règlements pris pour son application ou aux arrêtés pris en application de l'article 3 du décret n°2007-766.
Code de la consommation Article L 120-1	Vente en vrac La vente en vrac se définit comme la vente au consommateur de produits présentés sans emballage, en quantité choisie par le consommateur, dans des contenants réemployables ou réutilisables. La vente en vrac est proposée en libre-service ou en service assisté. Tout produit de consommation courante peut être vendu en vrac, sauf exceptions dûment justifiées par des raisons de santé publique. La liste des exceptions est fixée par décret.
NOTE* d'appui scientifique et technique de l'ANSES (novembre 2021)	Denrées alimentaires dont la vente en vrac est incompatible avec les obligations de santé publique, ou dont l'application de la réglementation rend impossible ou limite fortement la vente en vrac.
3.3.1	Cette liste d'exceptions concerne le lait cru, les additifs alimentaires, les vins, alcools et spiritueux et les produits sous labels AOP/AOC qui selon leurs cahiers des charges doivent être conditionnés de manière spécifique.
3.4.1	Bonnes pratiques d'hygiène pour la vente en vrac Le distributeur doit respecter les exigences attendues par la réglementation en matière d'hygiène des aliments
Code de la consommation Article L120-2	Tout consommateur final peut demander à être servi dans un contenant apporté par ses soins, dans la mesure où ce dernier est visiblement propre et adapté à la nature du produit acheté. Un affichage en magasin informe le consommateur final sur les règles de nettoyage et d'aptitude des contenants réutilisables. Dans ce cas, le consommateur est responsable de l'hygiène et de l'aptitude du contenant. Le commerçant peut refuser le service si le contenant proposé est manifestement sale ou inadapté.

Tableau 19 : Synthèse de la réglementation Européenne sur l'usage de conditionnement pour les denrées alimentaires

ii. *CONDITIONNEMENT ET EXPEDITION DE MOLLUSQUES BIVALVES VIVANTS*

Réglementation européenne et/ou nationale		
Règlement (CE) N° 853/2004 Du Parlement Européen et du Conseil du 29 avril 2004	Chapitre VI – Conditionnement et emballage de mollusques bivalves vivants	<p>1. Les huîtres doivent être conditionnées ou emballées valve creuse en dessous.</p> <p>2. Les colis unitaires de mollusques bivalves vivants remis directement au consommateur doivent être fermés et le rester après avoir quitté le centre d'expédition jusqu'à leur présentation à la vente au consommateur final.</p>
	Chapitre VIII – Autres dispositions	<p>1. Les exploitants du secteur alimentaire qui entreposent et transportent des mollusques bivalves vivants doivent veiller à ce que ceux-ci soient maintenus à une température qui n'affecte pas les caractéristiques de sécurité des aliments et de viabilité.</p> <p>2. Les mollusques bivalves vivants ne doivent pas être réimmergés ou aspergés d'eau après leur conditionnement et leur départ du centre d'expédition.</p>
Code Rural et de la Pêche Maritime	Article R231-15	<p>Les exploitants du secteur alimentaire qui produisent des denrées d'origine animale doivent :</p> <p>3° S'assurer que les enveloppes, conditionnements et emballages ne sont pas employés ou réemployés dans des conditions telles que l'état sanitaire de ces denrées en soit altéré ;</p> <p>8° Conserver les denrées à des températures qui n'affectent pas leurs caractéristiques en matière de sécurité.</p>

Tableau 20 : Synthèse de la réglementation sur le conditionnement et l'expédition de mollusques bivalves vivants

c) Pratiques à suivre pour les entreprises conchylocoles

Le Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation a édité deux Vade-mecum (général et sectoriel) qui permettent d'appuyer les entreprises conchylocoles sur les bonnes pratiques à suivre concernant le conditionnement de leurs productions.

i. VADE-MECUM GENERAL : GESTION DES CONDITIONNEMENTS ET EMBALLAGES

CONDITIONS D'ENTREPOSAGE ET GESTION DES CONDITIONNEMENTS ET EMBALLAGES (C402L02)	
Se reporter au Vade-mecum sectoriel correspondant au secteur concerné pour les exigences spécifiques.	
Méthodologie	Situation attendue
<ul style="list-style-type: none"> • Contrôler les conditions de stockage des conditionnements et emballages. <p>→ On peut préconiser de faire livrer les conditionnements dans 2 enveloppes de protection.</p> <p>→ S'assurer que les emballages (cartons et conteneurs divers) et les conditionnements (barquettes, films, plastique et autres matériels contenant des aliments) sont stockés dans des conditions les protégeant des contaminations extérieures et assurant au personnel de ne pas se contaminer lors de leur utilisation ou manipulation.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Les conditionnements sont livrés dans des enveloppes protectrices (absence de contact avec l'air ambiant). ➤ Les conditionnements, couvercles, films d'operculage sont dans leur housse d'origine fermée dans les zones de stockage. ➤ Dans le cas où une housse est entamée, elle est correctement refermée. ➤ L'établissement dispose d'un local ou équipement pour le stockage des conditionnements ou emballages : <p>→ réservé ;</p> <p>→ adapté et suffisamment vaste pour le stockage de conditionnements à usage unique et/ou d'emballage</p> <p>→ à l'abri de l'humidité et de la poussière</p> <p>→ étanche (bâche propre par exemple)</p>
<ul style="list-style-type: none"> • S'assurer de la spécialisation et du caractère facilement identifiable des contenants réutilisés (couleur différente par exemple). 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Les contenants (cagettes, bacs plastiques...) réutilisés par l'établissement pour le conditionnement des produits sont facilement identifiables afin de les réserver aux denrées alimentaires, et de préférence, par catégories de produits (exemple : bacs réservés aux viandes crues matières premières, bacs réservés aux produits finis...). ➤ Les contenants réutilisables qui servent à la collecte des sous-produits sont réservés à cet usage et correctement identifiés.

Tableau 21 : Vademecum Général, Version 2.1, octobre 2017 (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation)
Sous-item C402 : Gestion des conditionnements et des emballages, p67.

CONFORMITE DES CONDITIONNEMENTS ET EMBALLAGES (C402L03)

Méthodologie	Situation attendue
<ul style="list-style-type: none"> S'assurer de l'aptitude au contact alimentaire des conditionnements <p>→ Contrôler les documents d'accompagnement et, le cas échéant, les mentions ou étiquetages des conditionnements relatifs à l'aptitude au contact alimentaire</p>	<ul style="list-style-type: none"> Les matériaux de conditionnement sont aptes au contact alimentaire. <p>→ Lors des différents stades de leur commercialisation, les matériaux et objets destinés à entrer en contact avec les denrées alimentaires sont accompagnés des informations requises par l'article 15 du reg (CE) n°1935/2004</p>
<ul style="list-style-type: none"> S'assurer du respect des spécifications techniques contenues dans la déclaration de conformité en tenant compte : <ul style="list-style-type: none"> du type d'aliment en contact : aqueux, acide, alcoolisé, gras, sec... des conditions d'utilisation : traitement thermique, ... de la température d'utilisation et du temps de contact entre le matériau et la denrée alimentaire S'assurer qu'il n'est pas possible de réutiliser le système de fermeture d'un conditionnement à usage unique. 	<ul style="list-style-type: none"> Les conditionnements sont conformes à l'usage attendu.
<ul style="list-style-type: none"> Contrôler l'aspect des conditionnements. 	
<p>→ Contrôler la propreté des conditionnements.</p>	<ul style="list-style-type: none"> L'exploitant s'assure de la propreté des conditionnements avant usage : le niveau d'hygiène des conditionnements est équivalent à celui des denrées qu'ils contiendront ;
<p>→ Contrôler visuellement l'état physique et l'intégrité des conditionnements et emballages.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Les conditionnements dégradés ou défectueux (boîtes métalliques cabossées, rayées, les contenants en verre défectueux, etc.) sont éliminés Les conditionnements sont en bon état.
<p>→ Contrôler les conditions de réutilisation</p>	<ul style="list-style-type: none"> Le cas échéant, l'exploitant a défini dans son Plan de Maitrise Sanitaire (PMS) et applique des procédures de lavages ou nettoyage pour les conditionnements réutilisables.

<ul style="list-style-type: none"> • S'assurer de l'aptitude au nettoyage-désinfection des conditionnements et des emballages réutilisables <p>→ La porosité des matériaux constitutifs des conditionnements (ex : bois) ou leur fragilité (ex : polystyrène expansé) s'opposent au bon nettoyage- désinfection.</p> <p>→ Au-delà du matériau, la conception des conditionnements est importante pour permettre un bon nettoyage.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Les conditionnements et emballages sont aptes au nettoyage et à la désinfection : étanchéité des conditionnements et des systèmes d'obturation (vannes, bouchons, sacs...), en matériaux lisse, suffisamment solide pour supporter une action mécanique. <p>→ Les cartons sont des conditionnements non réutilisables</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Les matériaux d'emballage et de conditionnement ne présentent pas de défaut majeur, de manière à ce que le N/D soient efficaces. <p>→ Les conditionnements construits avec des matériaux poreux ou fragiles sont jetés après leur première utilisation ;</p> <p>→ Par exemple, les angles intérieurs sont arrondis.</p>
--	---

Tableau 22 : Vademecum Général, Version 2.1, octobre 2017 (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation)
Sous-îtem C402 : Gestion des conditionnements et des emballages, p68.

ii. VADE-MECUM SECTORIEL : CENTRES DE PURIFICATION ET D'EXPEDITION DE MOLLUSQUES BIVALVES VIVANTS

CONFORMITE DES CONDITIONNEMENTS ET EMBALLAGES (C402L03)	
Méthodologie	Situation attendue
<p>S'assurer que les emballages sont conformes à l'usage attendu.</p> <p>Tous les contenants doivent être aptes au contact alimentaire. Attention notamment aux sacs de jute qui peuvent avoir d'autres usages non alimentaires.</p>	<p>Lorsque les colis sont expédiés par messagerie (maximum 48 heures), ils sont suremballés individuellement à l'aide d'un plastique étanche et résistant.</p> <p>En fonction des conditions climatiques, le suremballage peut être isolant.</p> <p>Les bourriches en bois (bois déroulé de peuplier en général) sont acceptées pour le conditionnement des coquillages dès lors qu'elles sont à usage unique. Ce sont des matériaux poreux et perméables, sensibles à l'humidité, qui doivent être stockés et transportés au sec et à l'abri de l'humidité.</p> <p>On trouve encore des sacs en toile de jute, notamment pour le conditionnement des moules (plutôt remplacés maintenant par des sacs en polypropylène tressé).</p>

Tableau 23 : Vademecum Sectoriel : centres de purification et d'expédition de mollusques bivalves vivants, Version 2.1, décembre 2017 (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation). Sous-item C402 : Gestion des conditionnements et des emballages, p23.

III. ETAT DES LIEUX DES CONDITIONNEMENTS UTILISES EN CONCHYLICULTURE

1. Objectif et méthode

Le premier volet de cette étude consiste à obtenir une vision globale des conditionnements utilisés en conchyliculture. Les données typologiques, quantitatives et les retours d'expérience concernant ces conditionnements ont été recueillis via les Coopératives maritimes et les entreprises conchyloles du territoire. Ainsi, un questionnaire a été élaboré et validé, puis diffusé par les référents des CRC Pays de la Loire et Bretagne Sud, partenaires techniques du projet FILALTIQ.

a) **Base de sondage**

Il s'agit des entreprises possédant des concessions conchyloles situées sur les territoires d'action des CRC Pays de la Loire et Bretagne Sud, soit d'un territoire s'étendant de l'Aiguillon-sur-Mer à la Pointe de la presqu'île de Crozon

Détail des envois par les Comités Régionaux Conchyloles :

- CRC Pays de la Loire : 230 mails envoyés pour 205 entreprises ayant leur siège social sur le territoire
- CRC Bretagne Sud : 519 mails envoyés dont 394 entreprises ayant leur siège social sur le territoire (Finistère Sud, Morbihan et nord Loire-Atlantique).

→ Soit un total de 749 mails envoyés pour 724 entreprises contactées.

Le questionnaire du sondage n'est pas anonymisé mais les résultats resteront confidentiels.

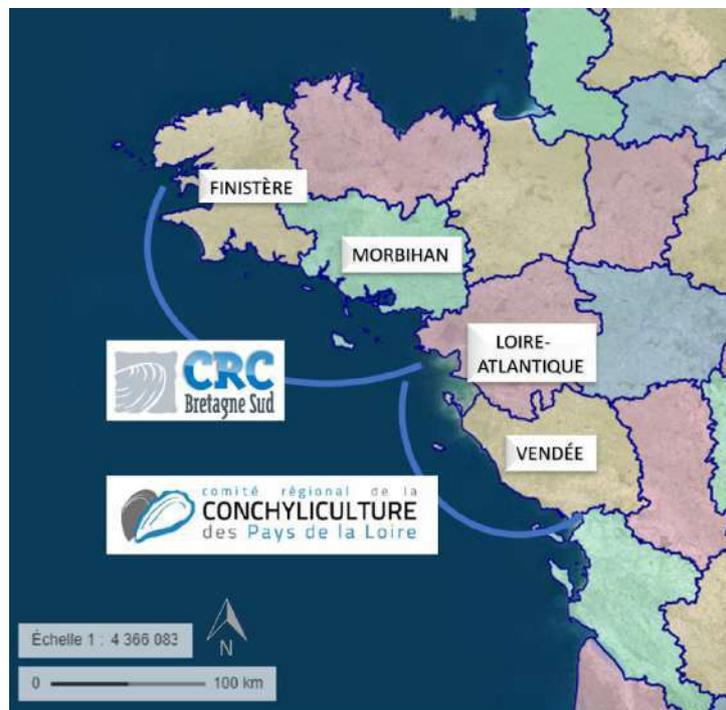


Figure 49 : Territoire couvert par l'étude

d) Modes de diffusion du questionnaire

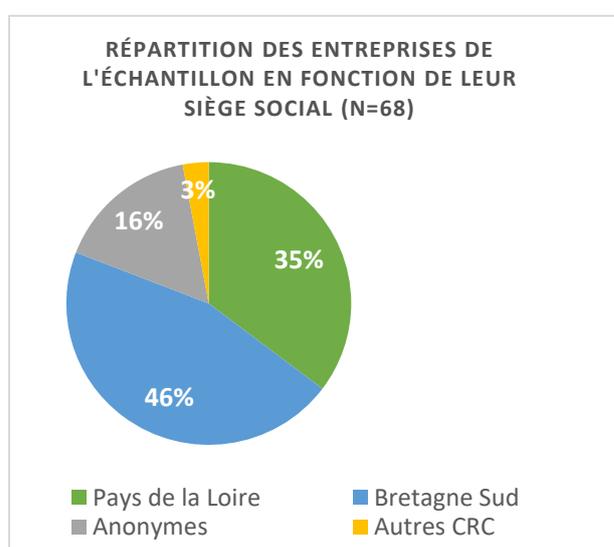
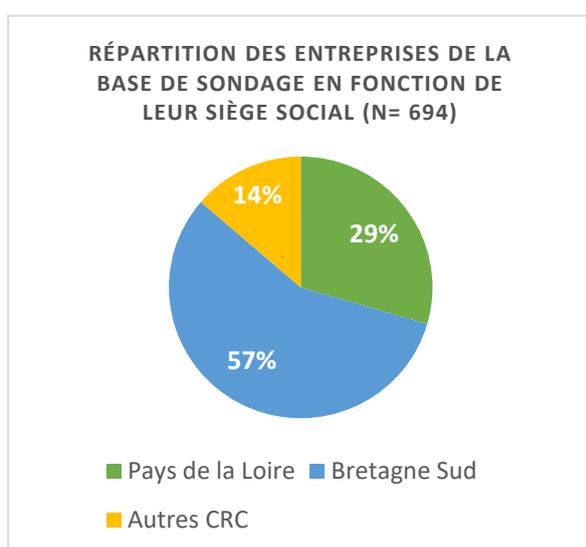
Le questionnaire a été diffusé par mail à l'ensemble des entreprises conchylicoles affiliées au CRC Pays de la Loire et au CRC Bretagne Sud. Trois modes de réponses étaient proposés aux participants :

- questionnaire via l'application internet Google Form
- questionnaire interactif sur Word
- questionnaire version PDF.

2. Analyse de l'échantillon de répondants

a) Localisation géographique des entreprises

Le nombre d'entreprises ayant complété le questionnaire est de 68, ce qui représente 9,4% des entreprises contactées. Un résultat satisfaisant qui tend à montrer l'intérêt de la profession pour ce sujet.



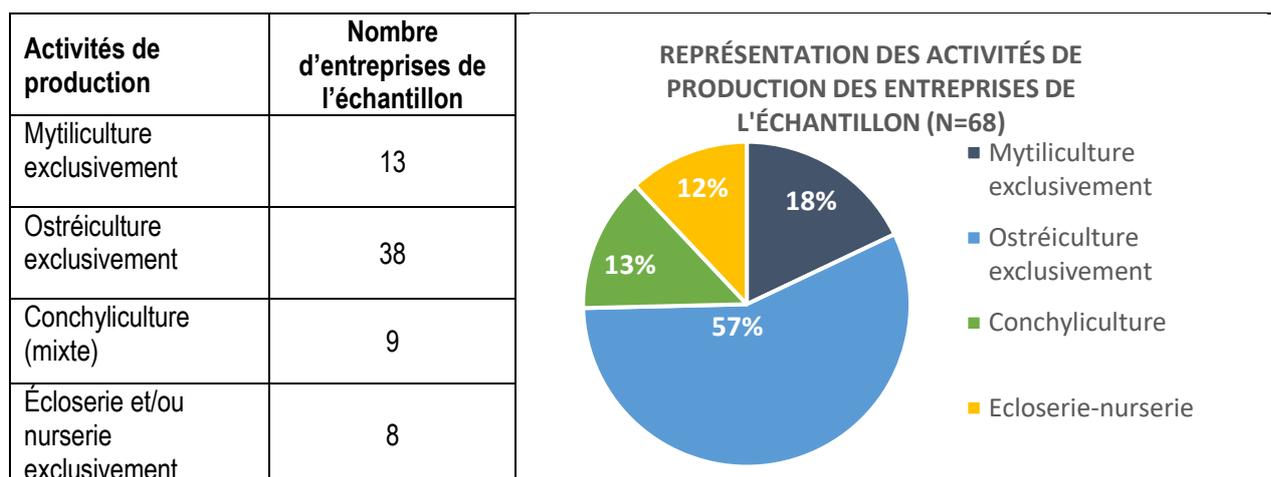
Constats :

- Cohérence concernant la répartition des entreprises selon leur siège social par rapport à la base de sondage.
- Part non négligeable d'entreprises souhaitant rester anonymes, ou n'ayant pas mentionné leur dénomination sociale.
- 2 entreprises identifiées possèdent leur siège social en dehors du territoire d'action du CRC Pays de la Loire ou du CRC Bretagne Sud (départements Ille-et-Vilaine et Manche).

b) Activités de production

Les entreprises sont classées en 4 catégories :

- Entreprises ayant uniquement une activité de production ostréicole
- Entreprises ayant uniquement une activité de production mytilicole
- Entreprises ayant une activité conchylicole, soit une activité mixte (ostréicole/mytilicole, ostréicole/nurserie, ostréicole/cérastoculture...)
- Entreprises ayant une activité d'écloserie et/ou de nurserie uniquement.

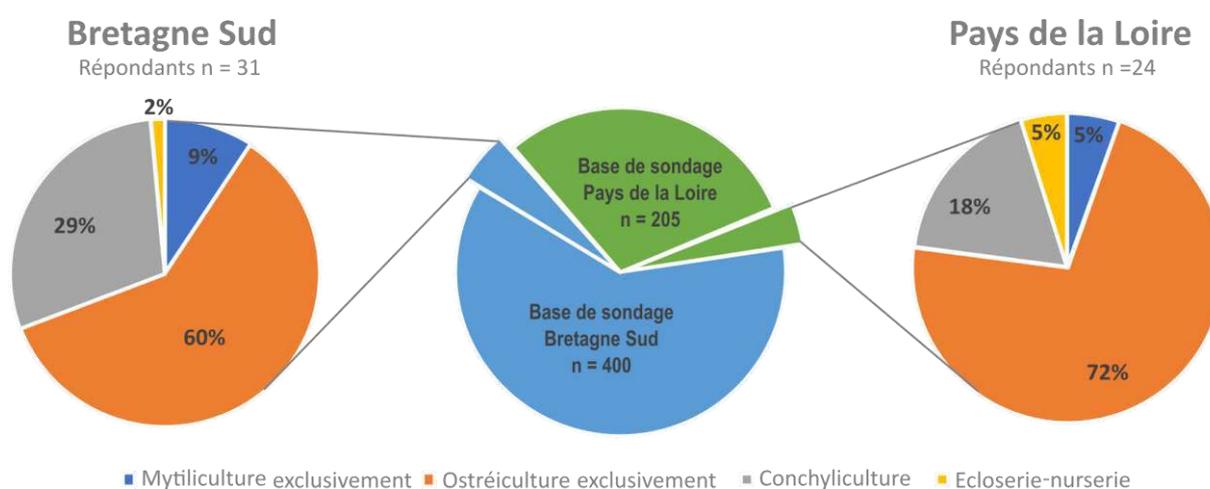


c) Représentativité des activités de production des entreprises par CRC

Constats

- Une participation importante des entreprises d'ostréiculture liée à leur représentation sur les territoires d'action des CRC
- Un taux de participation important des entreprises d'écloseries-nurseries.

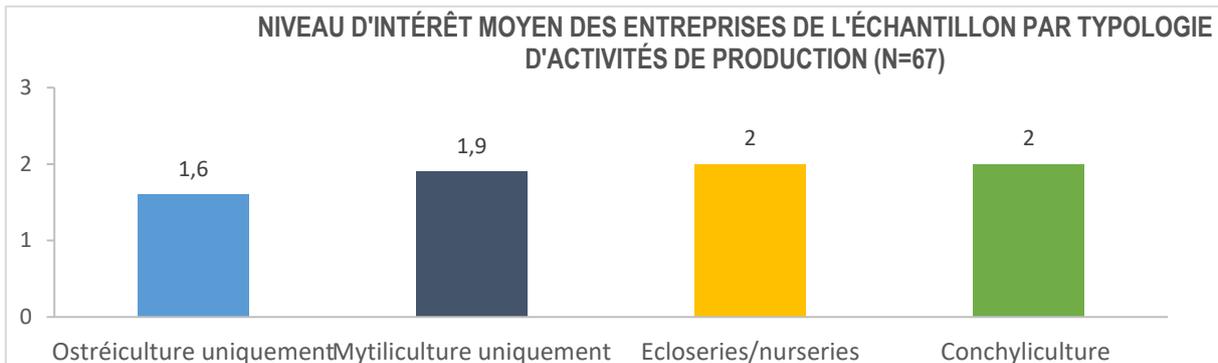
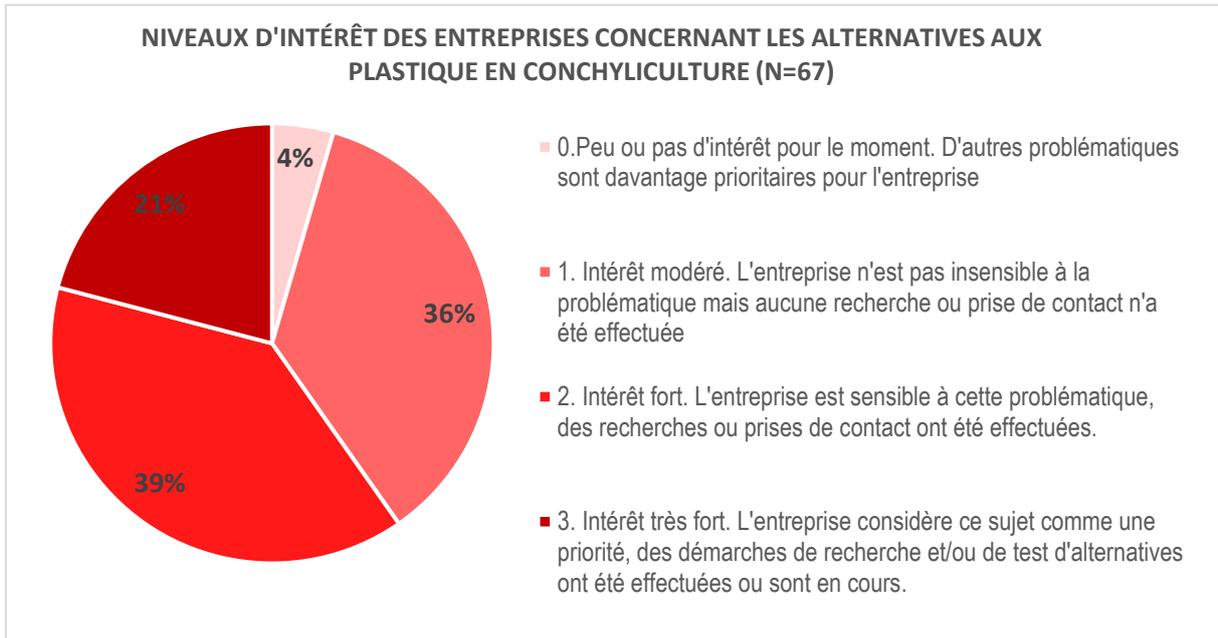
Répartition des activités de production des entreprises affiliées aux CRC Bretagne sud et Pays de la Loire :



En effet, pour cette enquête, un effort particulier a été effectué pour recueillir les données auprès des entreprises d'écloseries en Pays de la Loire, ce qui explique la proportion importante de retours pour ce type d'entreprises. Ainsi, en amont de l'envoi du questionnaire général adressé à l'ensemble des conchyliculteurs, les entreprises d'écloseries ont été contactées au courant du mois de juillet 2020 afin de se voir présenter la démarche et une proposition d'entrevue permettant de compléter l'enquête. Ce mode de collecte, bien que plus coûteux en temps a permis d'aller plus loin dans la démarche de collecte de données et de mieux apprécier l'enjeu de ce sujet pour les entreprises concernées.

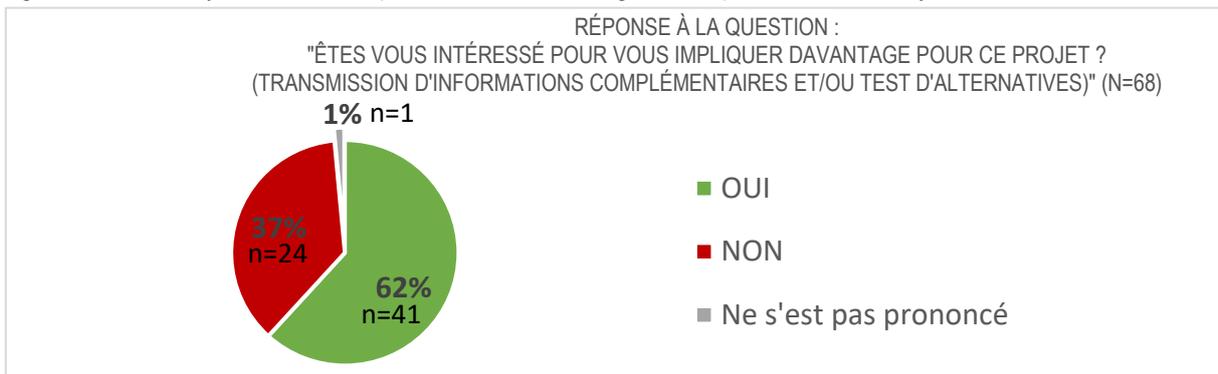
Mode de collecte	Nombre d'entreprises d'écloseries
Entrevue personnelle	4
Entrevue téléphonique	1
Auto-dénombrement	3

d) Intérêts des répondants pour la thématique



CONSTATS

- 60% des répondants considèrent ce sujet comme ayant un intérêt fort ou très fort pour leur entreprise.
- La moyenne de l'intérêt des entreprises ostréicoles (1,6) est inférieure à la moyenne globale (1,8), et inférieure également à la moyenne des entreprises des autres catégories de productions conchylicoles.



Le pourcentage d'entreprises intéressées est semblable au pourcentage d'entreprises ayant un intérêt fort (niveau 2) ou très fort (niveau 3) pour le sujet (voir question précédente). Cela montre une fois de plus que la profession est préoccupée par la problématique des plastiques à usage unique. Cependant, un biais existe puisque les entreprises ayant répondu au questionnaire ne représentent pas l'intégralité de la population des conchyliculteurs des Pays de la Loire et de Bretagne Sud. Une part importante des entreprises les moins intéressées n'ont probablement pas pris le temps de répondre à l'enquête. Il était ensuite proposé aux répondants ayant formulé le souhait de s'impliquer davantage dans le projet de communiquer une adresse mail et si possible un numéro de

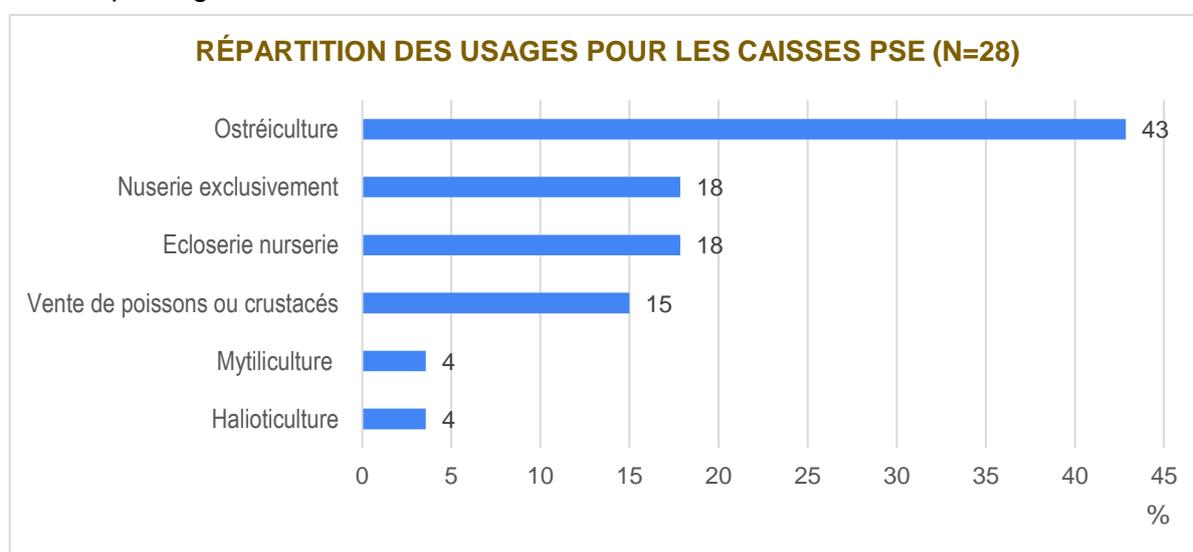
téléphone permettant d'envisager une sollicitation supplémentaire. Sur les 41 entreprises souhaitant s'impliquer, les contacts de 40 entreprises ont pu être récupérés.

3. Caisses en polystyrène expansé (PSE)

a) Contexte

Dans la filière conchylicole, les caisses PSE sont principalement utilisées pour le conditionnement du naissain d'huîtres. La Vendée étant le département comportant le plus d'entreprises d'écloseries à l'échelle nationale, la réflexion sur ce type de conditionnement intéresse profondément les conchyliculteurs du territoire. Ces caisses PSE sont donc des produits B to B³² et en fin de vie, elles représentent des déchets d'entreprises. Conditionnements à hautes performances techniques, les caisses PSE sont très prisées pour la conservation à température contrôlée des produits sensibles comme les mollusques bivalves vivants.

b) Usagers



Utilisateurs primaires ou secondaires de ces produits : 39% de l'échantillon (26 répondants).

Utilisateurs primaires :

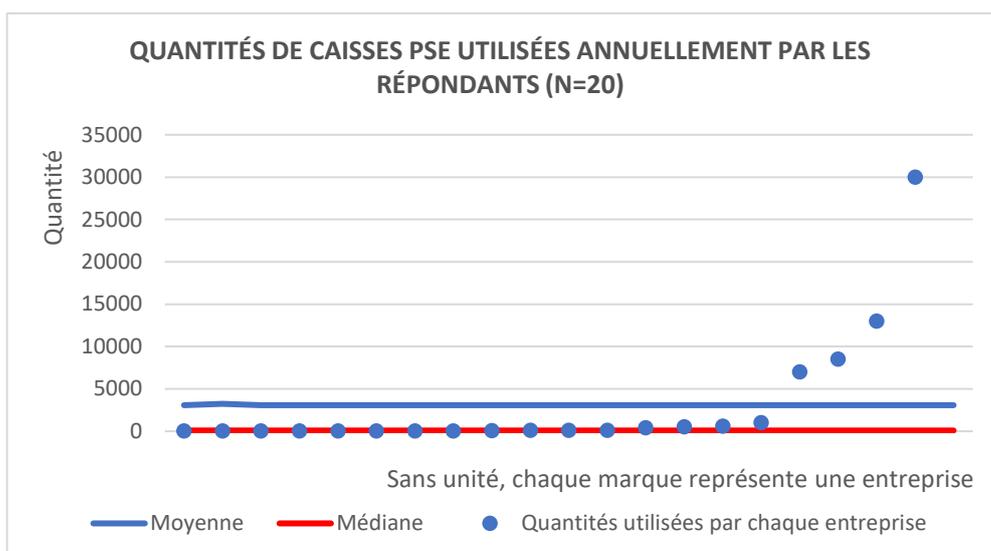
- Ecloserie (vente de naissain).

Utilisateurs secondaires :

- Nurserie (récupération de naissain pour le pré-grossissement)
- Ostréiculture (achat de naissain pour l'élevage)
- Halioticulture (élevage d'ormeaux)
- Revente de poissons
- Revente de crustacés.

³² Business to Business, la vente de naissain s'effectuant d'une entreprise à une autre

c) Quantités



Précisions :

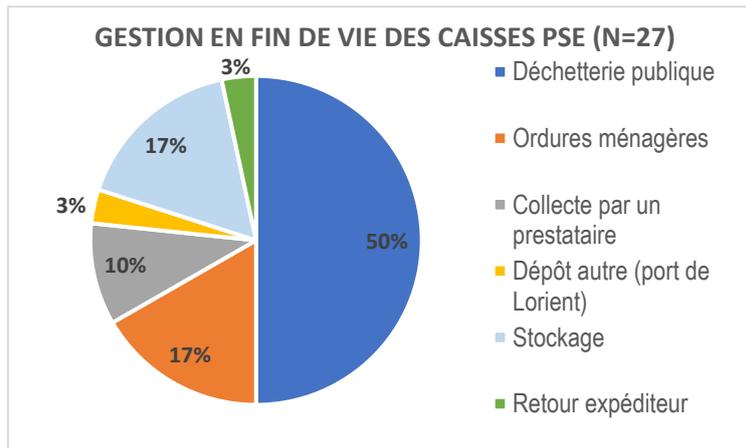
Tableau 24 : Nombre de caisse utilisées annuellement par catégories professionnelles

Classes (nombre de caisses utilisées annuellement)	Ostréiculture	Nurserie	Ecloserie nurserie	Poissons et crustacés	Conchyliculture (mixte)
0 à 50	4	2	1	2	
50 à 500	2	2	1		
500 à 5000	2				
5000 à 10000			1		1
10000 à 50000				1	1

CONSTATS :

A l'échelle individuelle et pour l'échantillon, les plus petits utilisateurs de caisses PSE sont les producteurs d'huîtres et les nurseries, et les plus gros utilisateurs de caisses PSE sont les entreprises mixtes de conchyliculture.

d) Gestion en fin de vie



CONSTATS :

- La moitié des utilisateurs déposent les caisses PSE usagées en déchetterie publique.
- Les plus gros utilisateurs de caisses PSE disposent d'une solution de valorisation, soit en faisant appel à un prestataire pour la collecte et le traitement (recyclage) des caisses, soit en déposant les caisses PSE dans des points des dépôts réservés aux flux polystyrènes expansés.

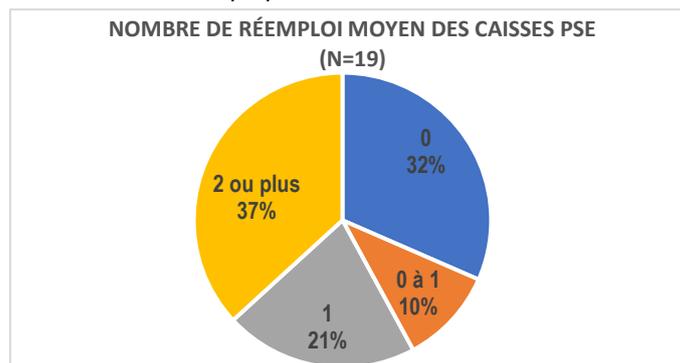
Réutilisation

Cas des écloséries-nurseries utilisant des caisses PSE pour le naissain d'huîtres (au nombre de 6) :

2 éclosiers-nurseurs favorisent la réutilisation des caisses PSE lorsque leur état le permet, c'est-à-dire lorsque les caisses sont propres (pas de résidus organiques) et intactes. Cependant, il s'agit des caisses PSE des clients locaux de l'entreprise qui peuvent ramener les caisses PSE, notamment au moment de la récupération de leur prochaine commande.

Un éclosier procède de la même manière mais préfère collecter les caisses PSE pour le recyclage et les caisses PSE réutilisées le sont sur demande des clients qui sont très minoritaires à le faire.

Enfin, deux entreprises d'écloserie ne réutilisent pas les caisses PSE car celles-ci sont envoyées à l'étranger ou bien puisqu'il n'y a pas de retour des caisses proposé aux clients.

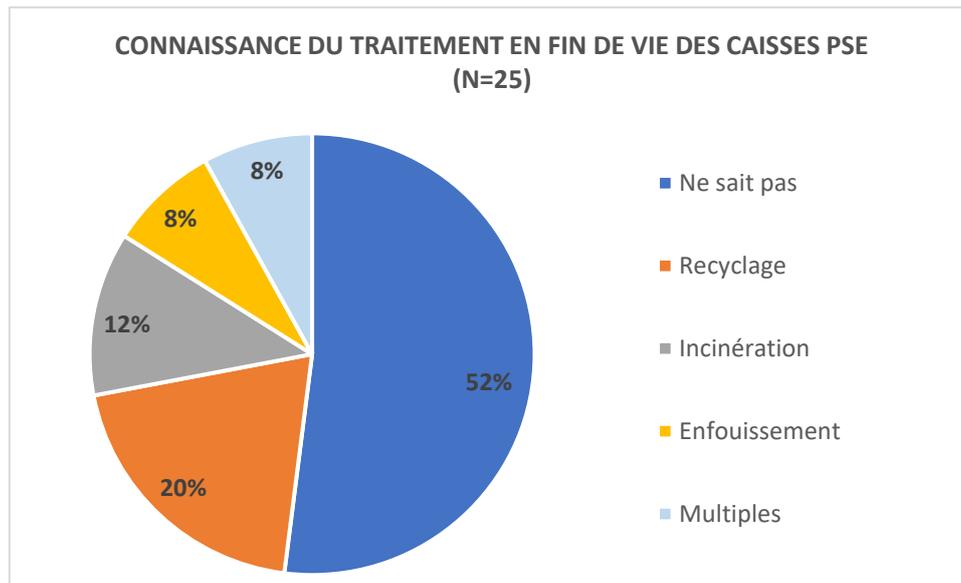


Constats :

- 58% des entreprises de conchyliculture de l'échantillon utilisant des caisses PSE affirment les réutiliser lorsque leur état le permet, au moins une fois.
- Par ailleurs ils sont 37% à réutiliser 2 fois ou plus les caisses PSE.

=> Ce sont des chiffres importants qui montrent qu'il y a, a priori, peu d'obstacles à la réutilisation des caisses PSE, à conditions que celles-ci soient en bon état.

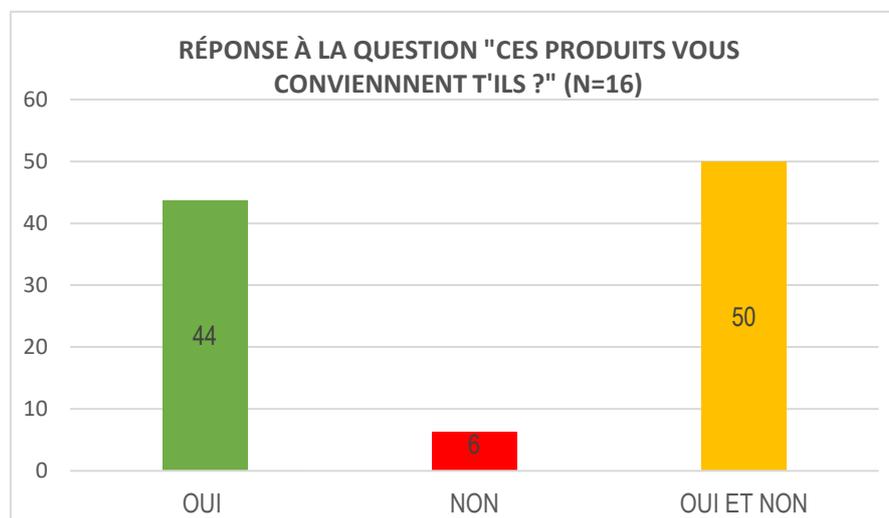
e) Traitement en fin de vie



CONSTATS :

- Plus de la moitié des répondants de l'échantillon indiquent ne pas connaître le traitement en fin de vie des caisses en polystyrène expansé.
- 20% des répondants affirment que les caisses PSE sont recyclées.
- 20% des répondants affirment que les caisses PSE sont incinérées ou enfouies.

f) Satisfaction des utilisateurs



- 44% des répondants sont satisfaits de l'usage des caisses en polystyrène expansé.
- Seul 1 répondant affirme que ce type de produit de conditionnement ne lui convient pas.
- 50% des répondants n'ont pas donné de réponse claire à cette question, indiquant plutôt des points positifs et négatifs concernant l'usage des caisses PSE.
- Le tableau des points forts et points faibles ci-dessous permet de mieux comprendre ces réponses. Le nombre de répondants à avoir indiqué un point fort ou point faible est inscrit entre parenthèses.

g) Points forts et points faibles de ce type de conditionnement pour les utilisateurs

Cycle de vie du produit	Points forts (+)	Points faibles (-)
Achat		
Coût pour l'entreprise	Prix cohérent face aux alternatives du moment (1)	Coûteux (2)
Usage		
Performances de conservation du produit	Propre (1) Hermétique (6) Isotherme (10)	Eau stagnante en fond de caisse (1) Pollution diffuse due à la composition (2)
Durabilité	Contact alimentaire (1)	Dégradation permanente (1)
Logistique		
Stockage		Encombrant car volumineux (6)
Manutention	Légèreté (3) Facilite le conditionnement en palettes (1)	
Transport	Convient pour l'export/transport aérien (2)	
Fin de vie		
Gestion en fin de vie Traitement/valorisation		Usage unique (1) Nécessité d'apporter les caisses en déchetterie (1) Recyclage absent ou faible (7) Perte de matière dans la nature due à la légèreté du produit (1)
Autre	Peu d'alternatives (1)	

Tableau 25 : Synthèse des points forts et points faibles pour le conditionnement en caisse PSE du point de vue des utilisateurs

Constats :

- Les principaux points forts des caisses PSE avancés par les répondants concernent les bonnes conditions de conservation permises par ce conditionnement (isotherme, hermétique) ainsi que la compatibilité de ces produits pour un transport de denrées alimentaires sensibles, particulièrement en transport aérien.
- Les principaux points faibles des caisses PSE concernent leur encombrement au stockage, l'impact environnemental de la fin de vie de ces produits, et la pollution générée en cas de dispersion dans l'environnement. A noter que deux répondants reprochent aux caisses PSE leur composition jugée polluante.
- Certains répondants ont connaissance de la bonne aptitude du PSE pour le recyclage, mais dans le cas des produits qu'ils utilisent, le schéma de collecte-valorisation n'est pas opérationnel et ne permet pas de recycler les caisses PSE usagées générées par leurs activités.

h) Intérêt pour des alternatives plus durables

- 92% des répondants affirment être intéressés par des alternatives aux caisses PSE, soit 23 entreprises.
- 2 entreprises indiquent ne pas être intéressées par des alternatives, dont une entreprise qui précise que ces produits lui conviennent actuellement.

4. Sacs de vente en gros

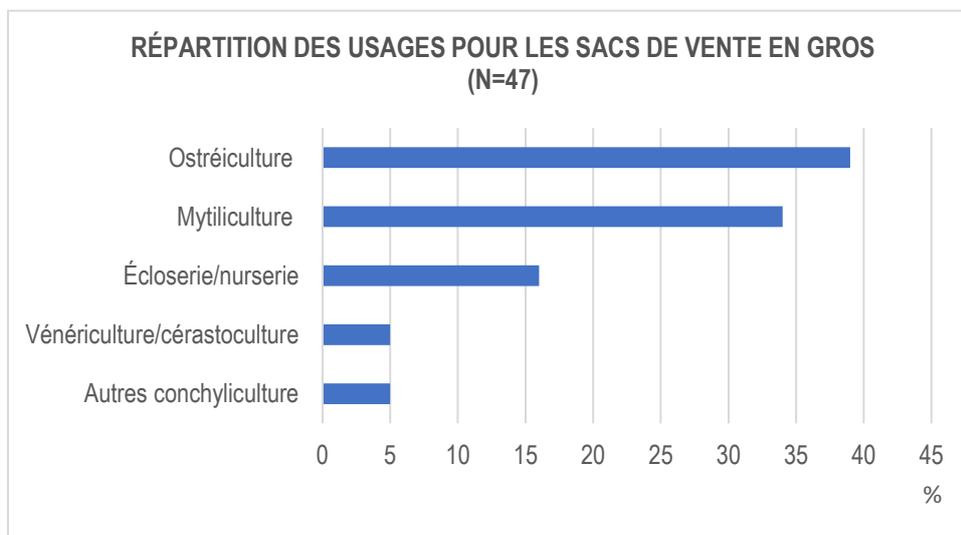
a) Contexte

Les sacs de vente en gros sont utilisés pour la vente et l'expédition de coquillages aux clients des conchyliculteurs : GMS, restaurateurs, poissonneries... Consommables destinés à être éliminés après leur usage, les sacs de vente en gros sont peu durables, ce qui pousse leurs utilisateurs à s'interroger sur les possibilités d'alternatives.

b) Usagers

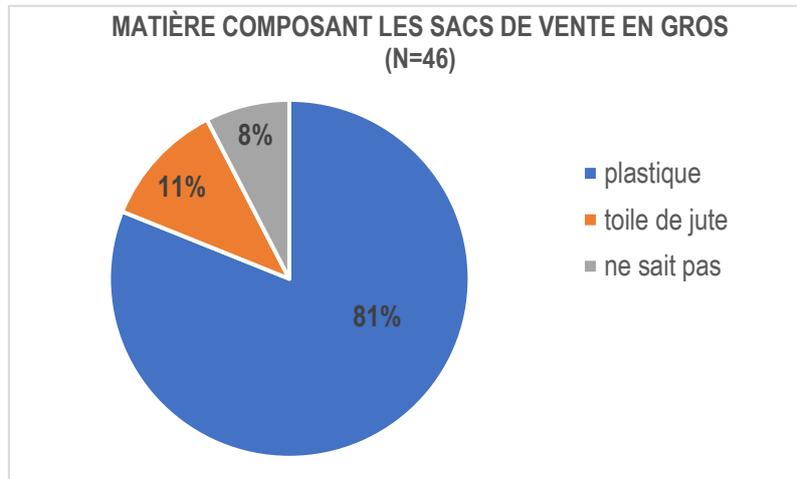
Utilisateurs primaires ou secondaires de ces produits : 69% de l'échantillon (47 répondants)

- Écloserie/nurserie
- Ostréculture (utilisateurs secondaires si récupération de naissain)
- Mytiliculture
- Vénériculture/cérastoculture
- Autres activités de production : bigorneaux, poissons...



c) Matières

Les sacs de vente en gros peuvent être composés de différentes matières : plastique ou toile de jute.

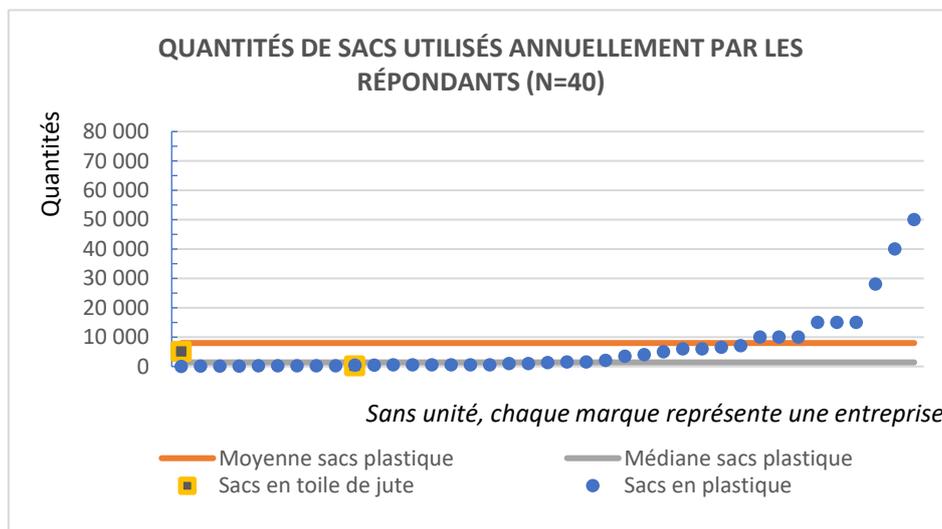


Constats :

- L'utilisation de sacs en plastique est majoritaire. De plus, certains répondants ont précisé que les sacs en plastique étaient composés de polypropylène (PP), ce qui témoigne d'une bonne connaissance des produits utilisés puisque le polypropylène est effectivement la matière la plus utilisée pour ce type de conditionnement.

- Les répondants sont au nombre de 6 à utiliser des sacs en toile de jute. L'un d'eux a été interrogé sur la raison de ce choix et a indiqué qu'il s'agissait d'une demande de certains clients inférant à la toile de jute de meilleures performances de conservation pour les produits (conservation de l'humidité).

d) Quantités



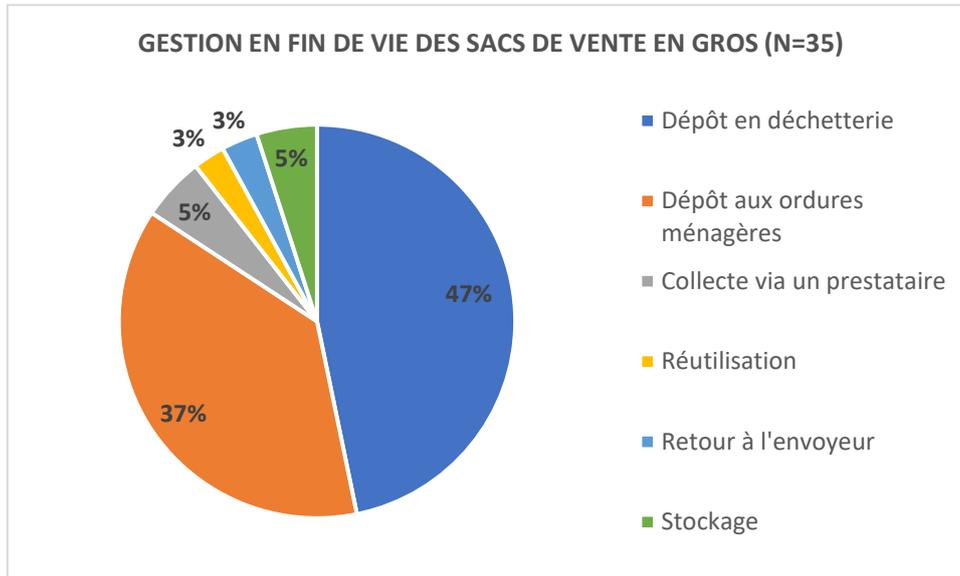
Constats :

- Une majorité de « petits » consommateurs de sacs en plastique de vente en gros, la moyenne étant de 7900 sacs consommés par entreprise.

- Peu de données pour les sacs en toile de jute.

e) Gestion en fin de vie

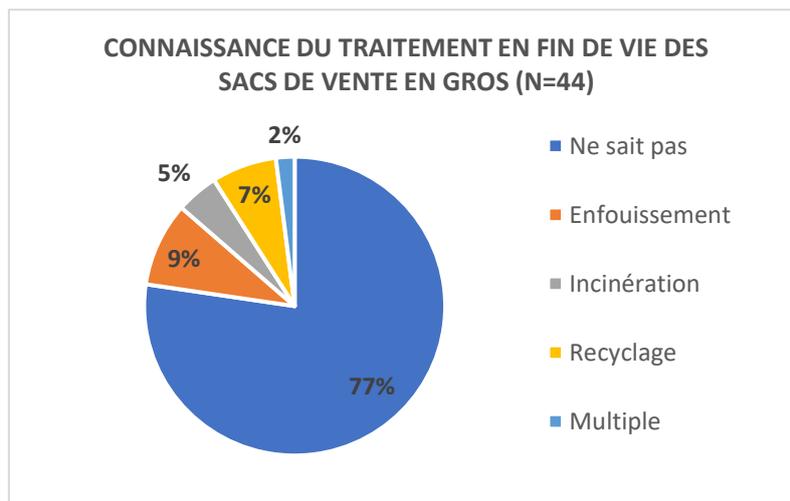
Les sacs sont destinés à être envoyés aux clients : grossistes, restaurateurs, GMS... Ce sont donc ces utilisateurs secondaires qui gèrent les déchets de sacs de vente en gros. Pour les répondants au questionnaire, la question de la gestion en fin de vie concerne donc davantage les sacs inutilisables (abîmés, souillés...) ou ceux récupérés lors de l'achat de naissain de coquillages.



Réutilisation

La question n'avait pas été proposée aux répondants étant donné que ces sacs ne peuvent normalement pas être réutilisés. Cependant, un répondant, à la question précédente a indiqué réutiliser les sacs de vente en gros en plastique.

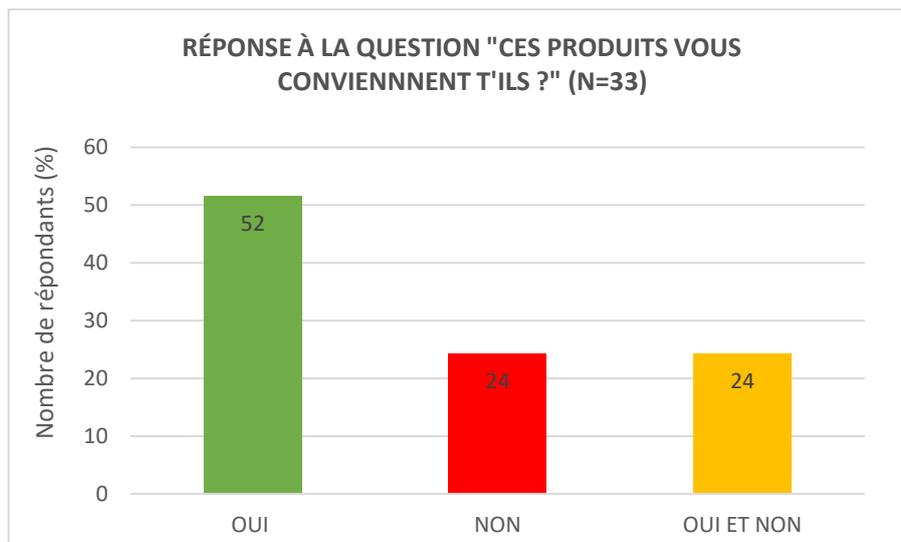
f) Connaissance du traitement en fin de vie



CONSTATS :

- Une grande majorité de répondants ignore la fin de vie des sacs de vente en gros qu'ils utilisent.
 - Par ailleurs, 3 répondants affirment que les sacs de vente en gros en plastique peuvent être recyclés, alors qu'aujourd'hui il n'existe pas de filières de recyclage pour ce type de produit.
- ⇒ Les sacs étant en fin de vie, soit incinérés, soit enfouis, seulement 14% des répondants connaissent la fin de vie de ces produits.

g) Satisfaction des utilisateurs



CONSTATS :

- Un peu plus de la moitié des répondants sont satisfaits de l'usage de ce type de sacs.
- 24% affirment que ces produits ne leur conviennent pas.
- Un quart des répondants indiquent que ces conditionnements ont des points forts et des points faibles.

h) Points forts et points faibles de ce type de conditionnement pour les utilisateurs

Cycle de vie du produit	Points forts (+)	Points faibles (-)
Achat		
	<u>Plastique :</u> Peu coûteux (5)	
Usage		
Performances pour la conservation des produits contenus	<u>Plastique :</u> Solide (4) Permet l'écoulement de l'eau (2) Compacte bien le naissain (1) <u>Jute :</u> Isotherme pour le sac en toile de jute (1)	<u>Plastique :</u> Manque de résistance aux coupures de coquilles (1)
Logistique		
Stockage	<u>Plastique :</u> Gain de place (2) Durabilité (1)	<u>Plastique :</u> Se dégrade rapidement en fragments (1)
Opérations de conditionnement	<u>Plastique :</u> Utilisation simple (1) Pas de perte de temps en manutention (1)	<u>Plastique :</u> Difficulté de manipulation (2) Perte de temps (1)
Transport		<u>Plastique :</u> Palettisation compliquée (2) Perte d'eau (1)
Fin de vie		
Gestion en fin de vie	<u>Plastique :</u> Envoi au client sans récupération du contenant (1) Multiples réemplois possibles si bon état (1) <u>Jute :</u> Réemployables (1)	<u>Plastique :</u> Peu ou pas de réemploi (3)
Traitement/valorisation	<u>Plastique :</u> Polypropylène recyclé (1)	<u>Plastique :</u> Absence de valorisation/recyclage (6)
Autre		
	<u>Plastique :</u> Bonne alternative aux caisses PSE pour le naissain d'huîtres, moins fragile (2) Pas d'alternative existante (1)	<u>Plastique :</u> Matière plastique (3)

Tableau 26 : Synthèse des points forts et faibles des sacs de vente en gros, du point de vue des utilisateurs

CONSTATS :

Les points forts récurrents énoncés par les répondants sont le caractère « bon marché » de ce type de conditionnement ainsi que la résistance du produit. Deux répondants soulignent également le fait que ce type de sac permet une évacuation de l'eau, évitant une potentielle stagnation.

Deux répondants affirment préférer l'usage de sacs de gros pour le conditionnement de naissain d'huîtres.

Le point faible le plus récurrent concerne la fin de vie des sacs en plastique qui ne sont pas recyclés. De plus, 3 répondants indiquent que ces sacs ne sont pas ou peu réemployés.

On constate une contradiction concernant le comportement des sacs en manipulations. Certains répondants trouvent que l'utilisation de ces sacs est contraignante en termes de temps passé pour les opérations de conditionnement tandis qu'un répondant a, lui, affirmé que l'utilisation de ces sacs ne provoque pas de perte de temps.

i) Intérêt pour des alternatives (n=44)

Bien que 52% des répondants affirment que les sacs de vente en gros conviennent pour leur entreprise, ils sont 90% des répondants, soit 44 répondants à être intéressés par des alternatives pour ce type de conditionnement.

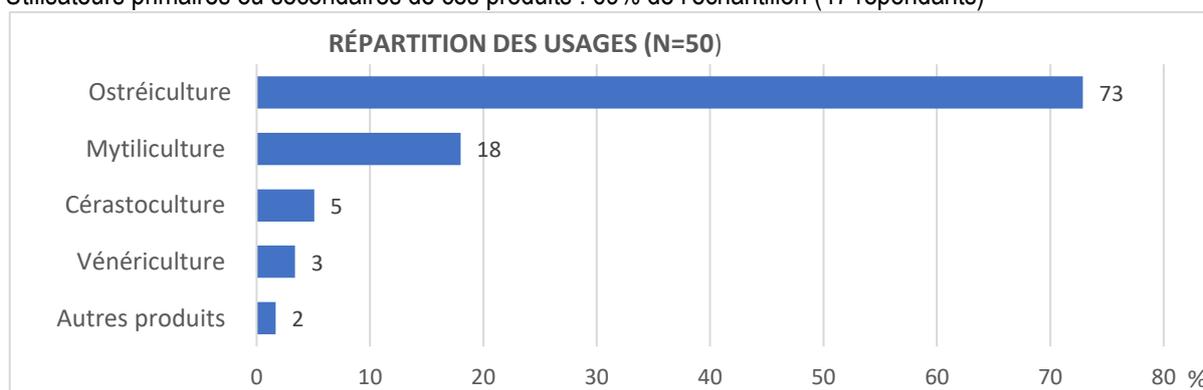
5. Sacs de vente directe

a) Contexte

Les sacs de vente directe sont utilisés pour le conditionnement des coquillages achetés par les particuliers sur un point de vente ponctuel (marché, place du village...) ou bien directement à l'établissement du producteur. Les coquillages étant des denrées humides, l'usage d'un sac assurant l'étanchéité est nécessaire. Ainsi, la plupart des producteurs distribuent gracieusement des sacs en plastique réutilisables à leurs clients mais s'aperçoivent que ces sacs sont en pratique très peu réutilisés. D'où une volonté générale pour la profession d'évoluer sur une alternative à ce mode de fonctionnement.

b) Usagers

Utilisateurs primaires ou secondaires de ces produits : 69% de l'échantillon (47 répondants)

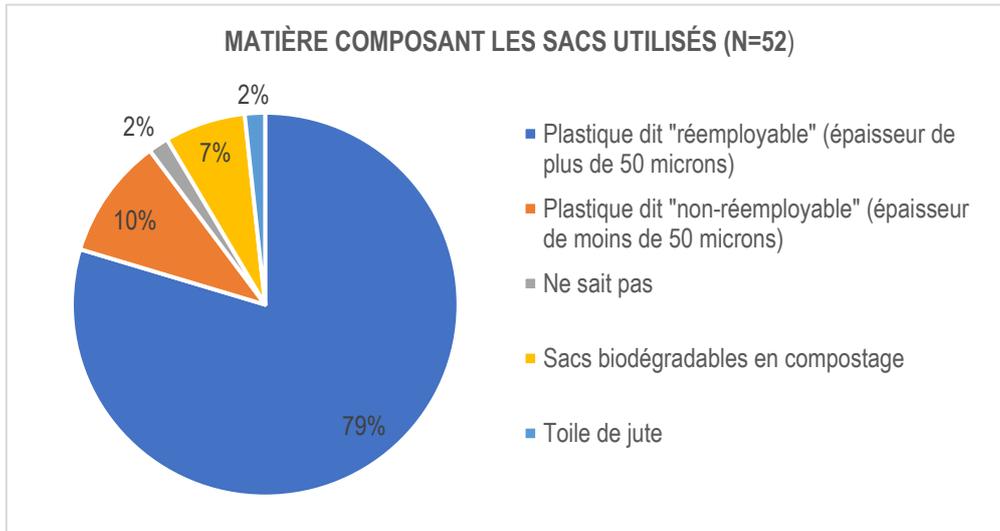


Constats :

L'utilisation de sacs de vente directe pour le conditionnement des huîtres est l'usage majoritaire pour les répondants de l'enquête (73%) soit 43 répondants.

c) Matière

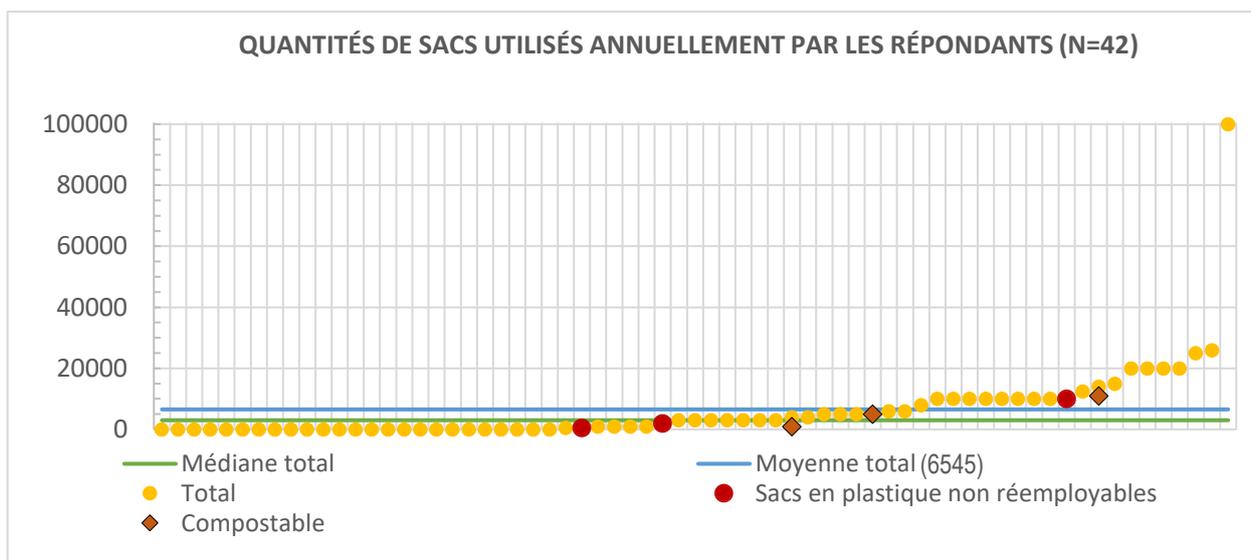
Pour rappel, la réglementation française interdit depuis 2016 l'usage de sacs de caisse en plastique non biodégradable et non compostable en compostage domestique, d'épaisseur inférieure à 50 microns.³³



CONSTATS :

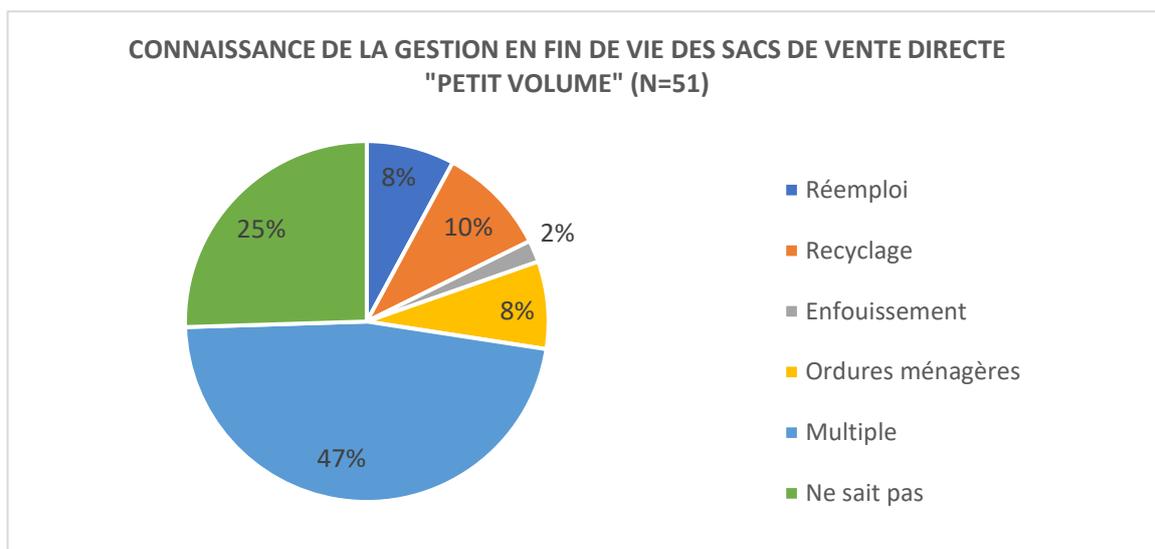
- Plus des $\frac{3}{4}$ des répondants utilisent des sacs en plastique de plus de 50 microns d'épaisseur.
- 6 répondants indiquent utiliser des sacs en plastique dits « non réemployables » car d'épaisseur inférieure à 50 microns.
- Une minorité de répondants (7% soit 4 répondants) utilisent des sacs compostables, deux répondants précisent une composition en amidon de maïs non OGM et en féculé de pomme de terre.

d) Quantités



³³ Loi n°2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte, article 75

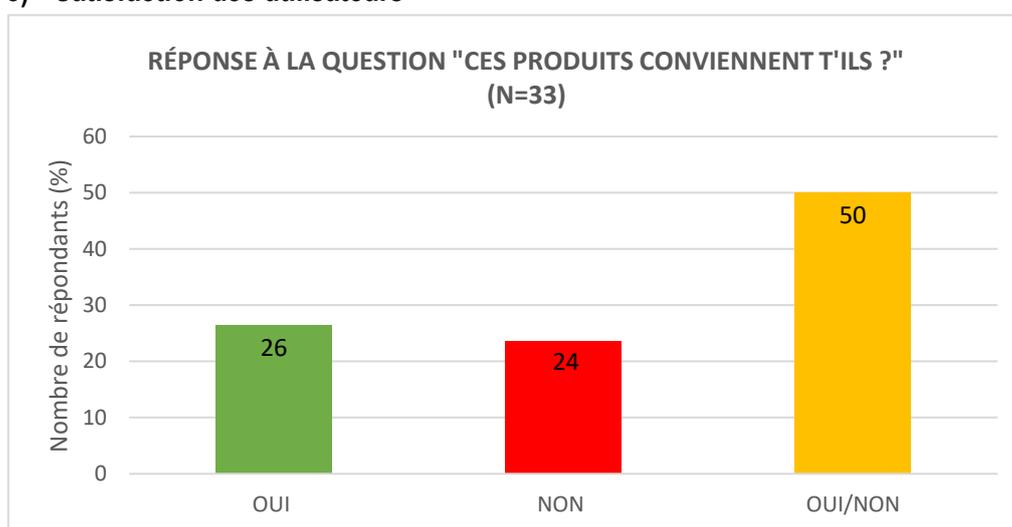
Les clients sont les utilisateurs finaux des sacs petits volume, ce sont donc eux qui en assurent la gestion en fin de vie. Cependant, la question a été posée aux répondants afin d'avoir une vision de leur connaissance sur ce point.



Constats :

Environ un quart des répondants ignorent la gestion en fin de vie de ces produits. De plus, ils sont 48% à avoir indiqué des réponses multiples démontrant également d'une méconnaissance du traitement réservé à ces sacs une fois leur usage terminé. A noter que 6% des répondants, soit 3 répondants indiquent que les sacs sont réemployés par les utilisateurs, en tant que sac poubelle pour les coquilles ou pour d'autres usages.

e) Satisfaction des utilisateurs



Constats :

- Seulement un peu plus d'un quart des répondants indiquent être satisfaits de l'usage des sacs de vente directe. Il s'agit du plus faible niveau de satisfaction obtenu pour cette enquête parmi les différents conditionnements conchylicoles.

f) Points forts et points faibles de ce type de conditionnement pour les utilisateurs

Cycle de vie du produit	Points forts (+)	Points faibles (-)
Achat		
	Bon marché (1)	Coûteux (6)
Usage		
Performances pour la conservation et la protection des produits contenus	Étanchéité (5) Résistance/solidité (12) Praticité pour le transport par le consommateur (6)	
Information	Multiples couleurs possible (1)	
Fin de vie		
Gestion en fin de vie	Sacs réutilisables (2)	Peu ou pas de réemploi (10) Réemploi critiqué par les services de protection de la population (DDPP) pour des raisons sanitaires (1)
Traitement/valorisation	Recyclable (1)	Non recyclable (2) Polluant (1)
Autre		
		Plastique à usage unique (2) Impact environnemental (1) Pas d'alternatives (2)

Tableau 27 : Synthèse des points forts et faibles des sacs de vente directe, du point de vue des utilisateurs

Constats :

Les principaux points forts mis en avant par les répondants concernent la capacité du sac en plastique réutilisable à contenir et sécuriser le produit pour son transport : résistance, étanchéité, praticité. Les principaux points faibles concernent la fin de vie du produit. En effet, bien qu'annoncé comme réutilisable, les répondants déplorent l'absence ou la faible réutilisation des sacs par les clients. Par ailleurs, 6 répondants trouvent ces produits trop coûteux. Un utilisateur de sacs de vente directe biosourcés et compostables a indiqué que ces sacs étaient encore trop fragiles et que pour garantir une bonne tenue des produits il était souvent nécessaire d'utiliser deux de ces sacs.

g) Intérêt pour des alternatives (n=51)

- 98% des répondants affirment être intéressés par des alternatives pour ce type de produit

- Seul 2 répondants indiquent ne pas être intéressés, ils avaient indiqué que les sacs plastique réutilisables convenaient à leur entreprise.

Il y a donc une attente forte pour trouver des solutions plus durables pour les sacs de vente directe.

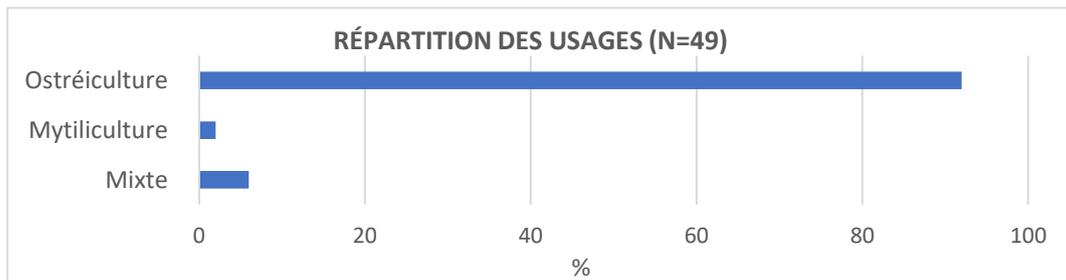
6. Bourriches

a) Contexte

Les bourriches sont des modes de conditionnements principalement utilisés pour les huîtres, en commerce de détail, soit en B to C³⁴. Ce type de conditionnement, historique et traditionnellement en bois est plutôt destiné à des clients achetant plusieurs dizaines d'huîtres, notamment au moment des fêtes de fin d'année.

b) Usagers

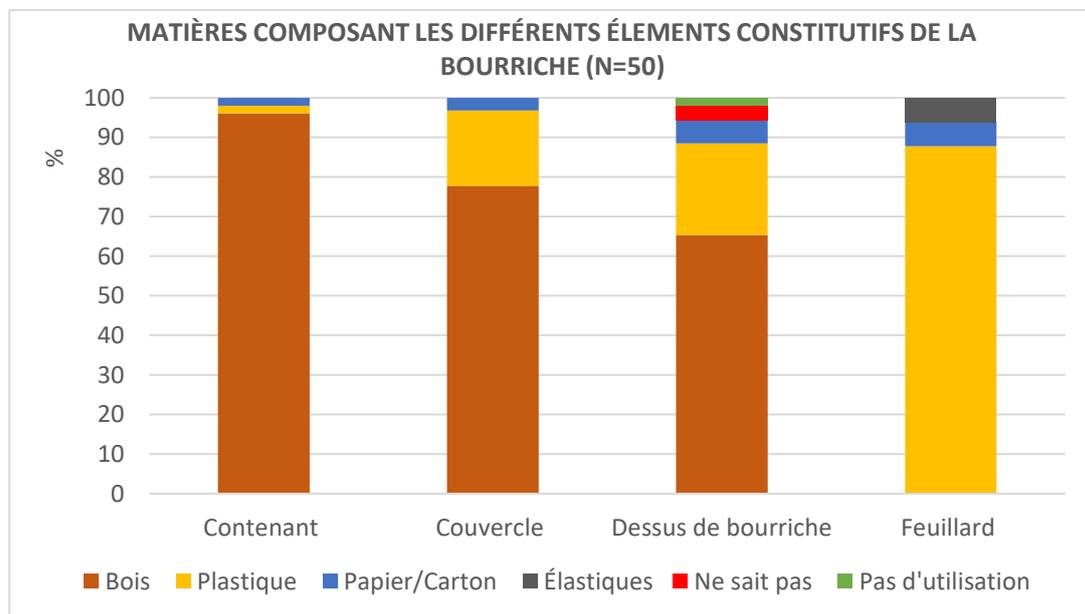
77% des répondants (n=65) utilisent des bourriches pour le conditionnement de leurs productions.



Constats :

La majorité des bourriches sont utilisées pour l'ostréiculture. A noter qu'un répondant (2%) déclare utiliser des bourriches pour le conditionnement de moules.

c) Matières

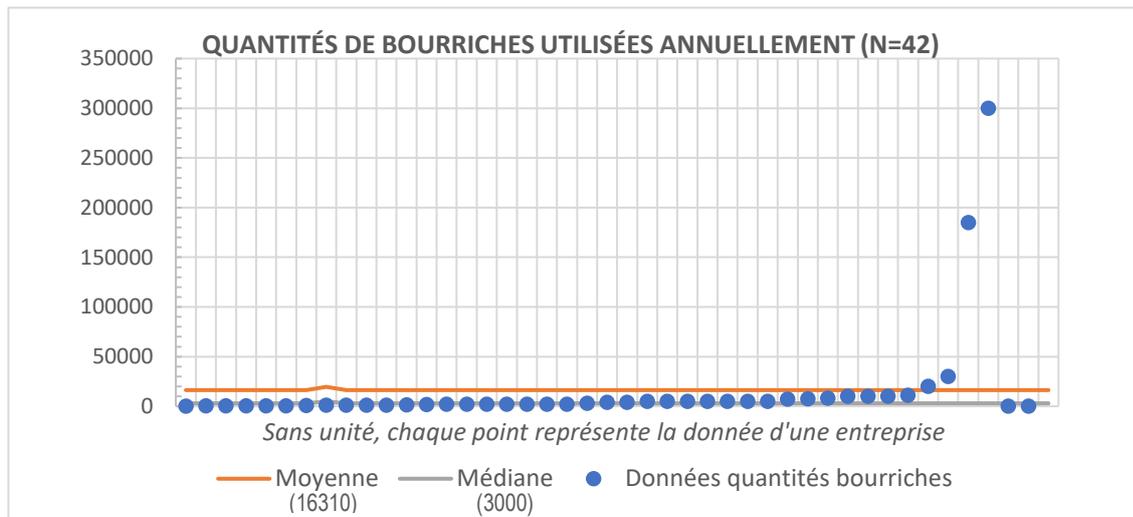


Constats :

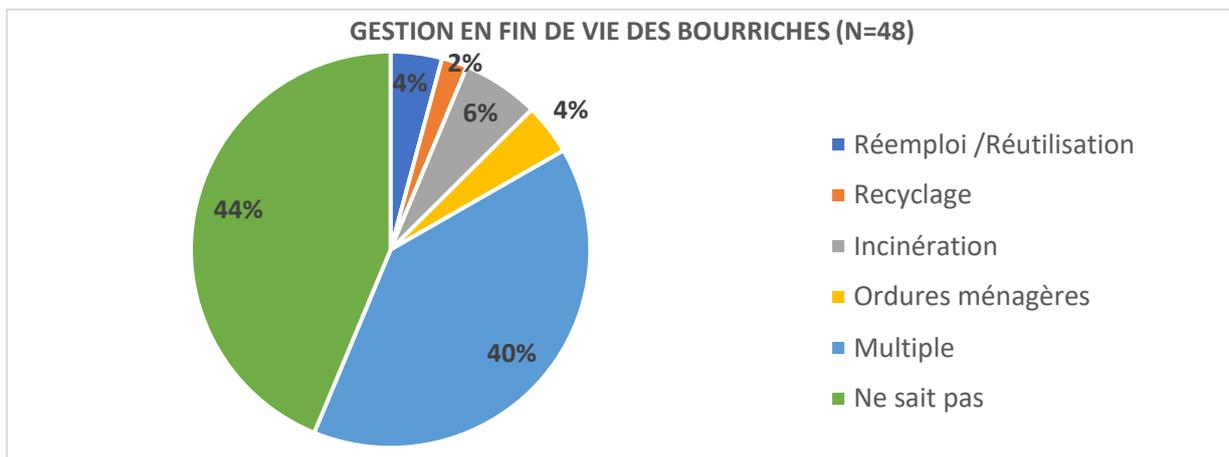
Le contenant est à 96% en bois, cependant pour les éléments de couvercle et de dessus de bourriche, les matériaux sont plus divers. 76% utilisent des bourriches sans aucun élément en plastique, mis à part le feuillard.

³⁴ En marketing, business to consumer désigne la vente d'un produit ou service d'une entreprise au consommateur final

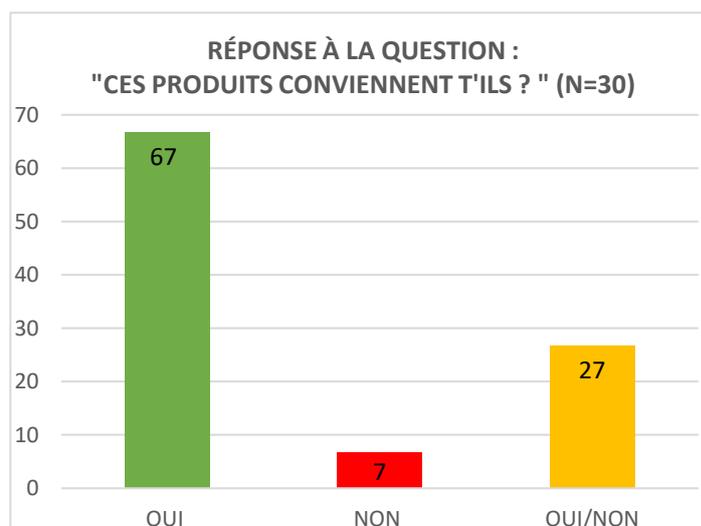
d) Quantités



e) Gestion en fin de vie



f) Satisfaction des utilisateurs



Constats :

Les répondants sont une majorité (67%) à indiquer que les conditionnements du type bourriches conviennent à leur entreprise. Seulement 2 entreprises indiquent ne pas être satisfaites de ce type de conditionnement.

g) Points forts et points faibles de ce type de conditionnement pour les utilisateurs

Cycle de vie du produit	Points forts (+)	Points faibles (-)
Achat		
	Peu coûteux (1) Produits issus de forêts gérées durablement (1) Bois : écologique (3)	Coûteux (3) Filières bois industrielles non responsables ou incertitudes sur la question (2) Trop d'éléments plastique (2)
Usage		
Performances pour la conservation et la protection des produits contenus	Léger (1) Solide (5) Praticité (4) Qualité (1) Bonne conservation en stockage (1) Conservation de la fraîcheur (2)	Perméabilité (2) Moisissent vite (1)
Information	Traditionnel (1)	
Apparence du produit	Esthétique (2)	
Logistique	Facile à empiler (1)	
Fin de vie		
Gestion en fin de vie	Naturel (1) Réutilisable (4)	Non réemployables (4)
Traitement/valorisation	Recyclable (2) Compostable (1) Biodégradable (1) Valorisation énergétique du bois (1)	Absence de valorisation des éléments en plastique
Autre		
		Alternatives au feillard plastique non adaptées (2)

Tableau 28 : Synthèse des points forts et faibles des bourriches, du point de vue des utilisateurs

Constats :

La bourriche est l'emballage traditionnel des huîtres, ce type de conditionnement en bois, permet de conforter l'image de produit naturel et non transformé des huîtres.

Principaux points forts : performances pour la conservation et la protection des produits contenus (praticité, solidité, conserve la fraîcheur), aspect naturel et traditionnel de ce mode de conditionnement. Fin de vie moins impactante que les autres conditionnements (compostable, biodégradable, valorisation énergétique).

Principaux points faibles : présence d'éléments en plastique (feillard), incertitude sur l'origine du bois (filiale responsable ?), coût, non réemployables.

h) Intérêt pour des alternatives

86% soit 43 répondants affirment être intéressés par des alternatives plus écologiques pour les différents éléments composant les bourriches.

7. Autres conditionnements

Il a été demandé aux répondants du questionnaire s'ils utilisaient des conditionnements autres que ceux ayant fait l'objet d'un recueil de données dans le questionnaire.

Les réponses apportées sont les suivantes :

Produit	Usage/activité de production	Matière
Caisses en cartons avec emballage des produits en gaine PEHD thermosoudée (2)	Nurserie	Carton/Plastique PEBD
Seaux de maçon consignés (1)	Ostréiculture/vente directe	Plastique
Plateaux pour présenter les huîtres ouvertes (2)	Ostréiculture	Polystyrène
Filets de catinage pour bouchots (2)	Mytiliculture	Plastique
Paniers/manes en plastique, consignés (1)	Ostréiculture	Plastique
Barquettes en plastique (PP)	Mytiliculture, cérastoculture, vénériculture	Plastique PP
Sacs poubelle	Ecloserie/export dans certains pays qui exigent un conditionnement sac poubelle + caisses PSE	Plastique, PE
Sacs en tissu du type sacs de vrac	Vénériculture : envoi de naissain de palourdes	Coton (bio)

Tableau 29 : Liste des conditionnements autres utilisés par les professionnels

Constats :

La majorité des autres types de conditionnements utilisés sont en plastique. Cependant, certains conchyliculteurs favorisent le réemploi de conditionnements pour la vente directe via la mise en place d'un produit consigné, témoignant d'une réelle volonté de leur part de réduire leur production de déchets plastique.

À noter, l'utilisation de filets de catinage pour le conditionnement de moules. Le point fort avancé est la robustesse du produit tandis que le point faible est son absence de valorisation en fin de vie.

Deux entreprises utilisent pour le conditionnement de moules, coques, palourdes, des barquettes en polypropylène où les mollusques sont placés sous vide. Selon l'un des répondants, le PP utilisé pour ces barquettes est recyclé. Par ailleurs, selon Citeo, cet emballage est recyclable mais il ne sera collecté et recyclé partout en France qu'en 2022. Ces conditionnements permettent une conservation hermétique des moules, réduisant le risque de contamination du produit, et améliorant la confiance de l'utilisateur pour la consommation.

8. Remarques/questions

Il était laissé aux répondants la possibilité d'apporter des remarques ou des suggestions pour compléter leurs réponses au questionnaire. 13 répondants se sont exprimés. Parmi ces réponses :

- 3 soulignaient l'importance de prendre en compte les contraintes du milieu humide dans les alternatives.
- 5 émettaient la possibilité d'avoir recours à des nouveaux matériaux biosourcés/recyclés pour les alternatives. Cependant, 2 autres indiquaient que les matériaux existants étaient, à ce jour, trop fragiles.
- 2 autres réponses appuyaient sur la nécessité de trouver des solutions peu coûteuses.

IV. ÉTUDE COMPARATIVE DES CONDITIONNEMENTS EXISTANTS

Cette partie a été réalisée en plusieurs étapes. Premièrement, les caractéristiques propres à chaque conditionnement ont été recherchées, via les informations données par les entreprises conchyliques et les informations recueillies auprès des fournisseurs telles que les coopératives maritimes. Ensuite, la hiérarchie de traitement des déchets a été appliquée. Cette démarche permet d'envisager si des mesures de réduction ou de réemploi sont possibles et d'étudier le devenir de chaque conditionnement en fin de vie (recyclage, incinération, élimination en enfouissement...). On distinguera les conditionnements qui en fin de vie se trouvent au sein d'entreprises (B to B) et les conditionnements qui en fin de vie se trouvent chez des ménages (B to C). Ensuite, des études comparatives ont été réalisées pour chaque conditionnement, en B to C et B to B, sur les aspects « fonctionnalités » et sur les aspects « cycle de vie ».

1. Conditionnements B to B : caisses PSE et sacs de vente en gros

a) Cycle de vie des conditionnements selon les données recueillies

i. Cycle de vie des caisses en polystyrène expansé

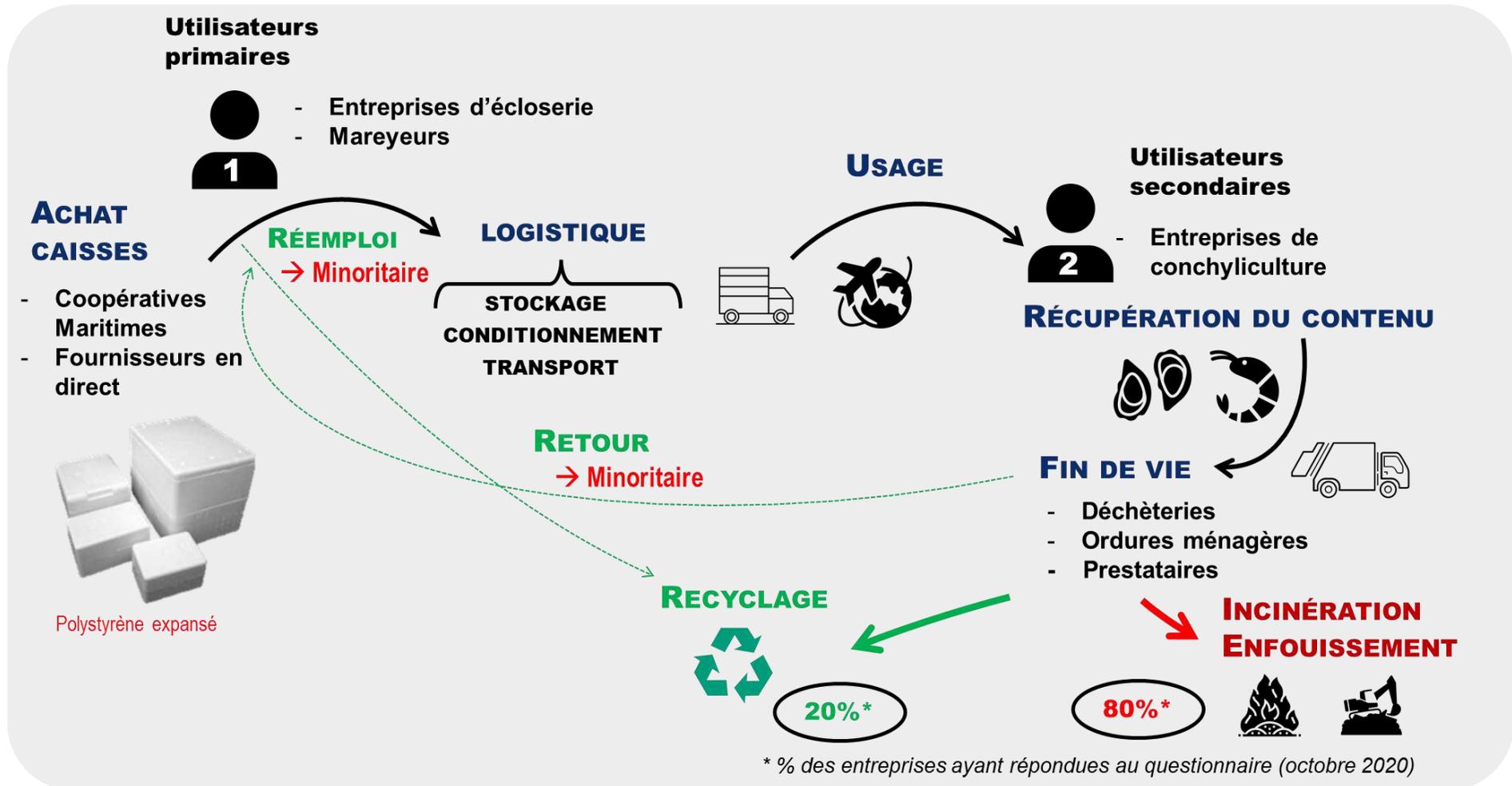


Figure 50 : Cycle de vie des caisses PSE

ii. Cycle de vie des sacs de vente en gros

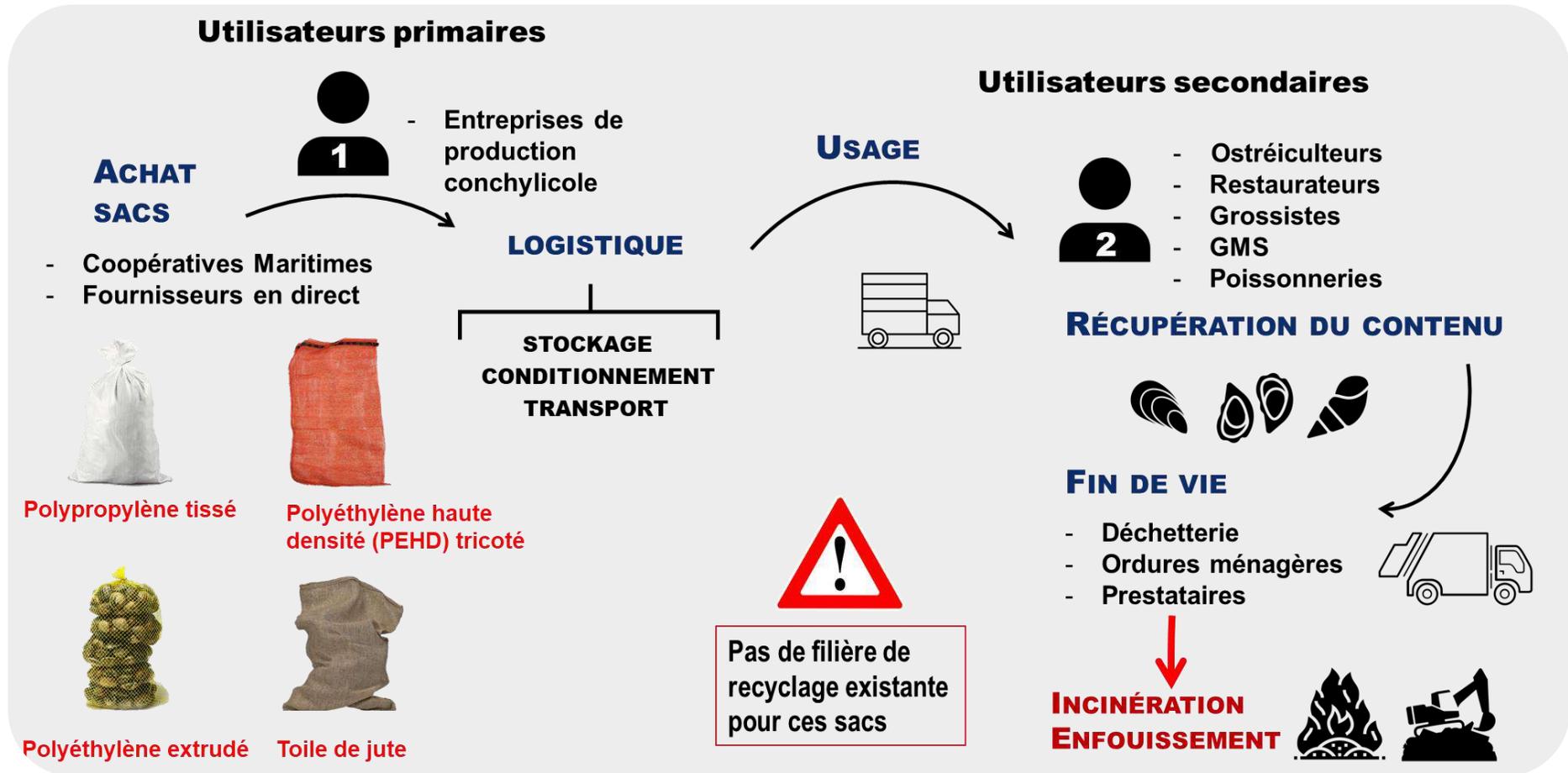
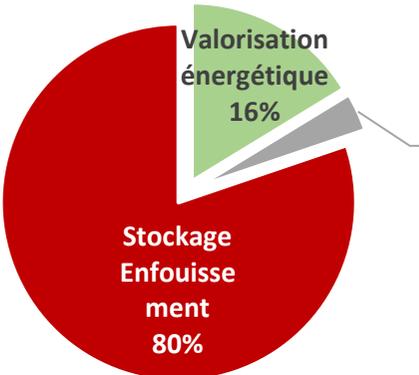


Figure 51 : Cycle de vie des sacs de vente en gros

i. *HIERARCHIE DES MODES DE TRAITEMENT DES DECHETS POUR LES CAISSES PSE ET LES SACS DE VENTE EN GROS*

Hiérarchie des modes de traitement des déchets	Situation actuelle	Préconisations/Objectifs
PREVENTION (REDUIRE LES DECHETS)	CAISSES PSE ET SACS DE VENTE EN GROS	
	Les entreprises de conchyliculture doivent utiliser des conditionnements adaptés à l'expédition de leurs productions. Il est actuellement impossible pour ces activités de se passer de caisses PSE ou de sacs, particulièrement pour la livraison par voie routière ou aérienne.	Aucune préconisation visant à limiter l'usage de ces conditionnements car ils sont indispensables à l'activité de production pour la vente et le transport de ces produits. Les conditionnements réemployables (consignés) peuvent être une alternative à étudier mais cela requiert la mise en place d'une logistique rigoureuse et donc de changements de pratiques pour les usagers (voir propositions).
ALLONGEMENT DE LA DUREE D'USAGE (REEMPLOI, REUTILISATION)	CAISSES PSE	
	Le réemploi des caisses PSE est minime et pratiqué par deux entreprises d'écloserie en Vendée avec des caisses rapportées par des clients ostréiculteurs locaux. Cependant, ces entreprises déplorent la capacité de stockage que requiert la collecte des caisses à réemployer et la faible quantité de caisses retournées.	Le naissain d'huîtres n'étant pas considéré comme une denrée alimentaire, le réemploi des caisses PSE n'est pas soumis à un encadrement réglementaire stricte. De ce fait, le réemploi pourrait être à favoriser (avec davantage de communication) pour les entreprises qui le souhaitent, lorsque les clients ont la possibilité de venir chercher le naissain directement à l'entreprise d'écloserie. Cependant, cette possibilité est limitée par la capacité de stockage des entreprises pour les caisses PSE qui doivent rester dans un local sec et propre.
	SACS DE VENTE EN GROS	
Pour le naissain de coquillages ou les autres productions coquillées, les sacs ne sont pas réemployés.	Le réemploi des sacs pourrait être envisagé après une étape de nettoyage, et selon l'état de dégradation du sac, pour le naissain d'huîtres seulement (denrée non alimentaire).	
VALORISATION MATIERE (RECYCLAGE)	CAISSES PSE	
	<p>2 entreprises d'écloseries font appel à un prestataire pour la collecte puis le recyclage des caisses PSE (Knauf Circular, Les plastiques Recyclés de l'Ouest). Le taux de caisses PSE récupérées est faible, entre 1% et 25% du total de caisses PSE consommées annuellement.</p> <p>2 entreprises d'écloserie déposent en déchetterie les caisses PSE usagées (pas de récupération)</p>	<p>Différentes possibilités sont à envisager pour les ostréiculteurs, en fonction des contraintes techniques et économiques, pour que les caisses PSE usagées puissent être recyclées, soit :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ramener les caisses à l'entreprise d'écloserie si celle-ci a mis en place une démarche de collecte-recyclage

	<p>Les utilisateurs secondaires de caisses PSE sont 48% à déposer les caisses PSE en déchetterie et 20% à les déposer dans le bac à ordures ménagères.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Si déposées aux ordures ménagères – service de la collectivité : pas de recyclage • Si déposées en déchetterie sans flux dédié au PSE : pas de recyclage. • Si déposées dans un point d'apport PSE (déchetterie ou prestataire) : recyclage <p>Situation globale sur le recyclage des emballages PSE en France : Le taux de recyclage des emballages en PSE serait de 31% en 2017 (EUMEPS, 2018) Europe : Le taux de recyclage des emballages en PSE est de 26% en moyenne. Les pays recyclant le plus de PSE sont la France et la Belgique (EUMEPS, 2018).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Déposer les caisses PSE usagées à un point de collecte pour recyclage - Réflexion sur de nouveaux points de collecte pour les entreprises ostréicoles (en déchetteries* ou spécifiques aux entreprises conchylicoles) <p>Dans tous les cas, une démarche de sensibilisation des ostréiculteurs concernant la valorisation des caisses PSE est encouragée, via la communication des démarches existantes.</p> <p>*Le syndicat des déchets de Vendée, Trivalis, a indiqué être défavorable à l'implantation de points de collecte des caisses à marée au sein des déchetteries vendéennes. En effet, les déchetteries publiques sont en premier lieu destinées aux apports des particuliers et la plupart des déchetteries sont déjà saturées, selon la structure.</p>
	SACS DE VENTE EN GROS	
	<p>Les sacs sont aujourd'hui déposés soit en déchetterie (47%), soit aux ordures ménagères (37%).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Si déposés aux ordures ménagères (service de la collectivité) : Bac jaune : pas de recyclage (pas de filière pour cette matière) Tout venant (sacs bacs poubelles classiques) : pas de recyclage • Si déposés en déchetterie publique : pas de recyclage Aujourd'hui, seuls les sacs/films en PEBD souple sont correctement recyclés dans certaines déchetteries et séparés en flux dans les centres de tri. • Si appel à un prestataire de collecte : 	<p>Le recyclage mécanique requiert un apport composé de déchets de la même composition (monomatière), donc chaque type de sac doit être recyclé dans un flux distinct, alimenté avec un gisement conséquent.</p> <p>Suivant la volonté de l'utilisateur final de sacs et sous réserve de trouver un partenaire recycleur, une démarche de recyclage des sacs peut être envisagée à condition de disposer d'un gisement de déchets monomatière en quantité suffisante. En effet, les collecteurs recherchent des gisements de plusieurs tonnes (minimum 3-4 tonnes, voir 10 tonnes selon certains interlocuteurs) pour que le recyclage soit viable (pour compenser le coût logistique, le fonctionnement des machines de recyclage...). Or, les volumes de déchets de sacs de vente en gros de coquillages diffèrent en fonction du type de client : GMS/poissonniers/restaurateurs, qui n'ont pas tous la possibilité de stocker d'importantes quantités de sacs usagés. Par ailleurs, l'état des sacs en fin de vie (résidus liquides et solides, sel...) peut rebuter les</p>

	<p>Il n'existe actuellement pas de filière de recyclage spécifique aux sacs PP tissés, aux sacs PEHD tricotés ou extrudés ou aux sacs en toile de jute issus de l'activité aquacole.</p>	<p>recycleurs, craignant des étapes de préparation de la matière (lavage) trop coûteuses et/ou une matière recyclée pas assez qualitative. Des recycleurs de big bags en PP tissés sont en activité en Europe et pourraient peut-être traiter les sacs en PP tissés, mais contactés, ils n'ont pas donné suite (groupe Schroll, Valopteam).</p>								
<p>VALORISATION ENERGETIQUE</p>	<p>CAISSES PSE ET SACS DE VENTE EN GROS</p>									
<p>ÉLIMINATION (INCINERATION SANS VALORISATION ENERGETIQUE OU ENFOUISSEMENT)</p>	<p>Devenir des caisses PSE non déposées à un point d'apport et des sacs de vente en gros :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Valorisation énergétique • Incinération sans valorisation énergétique • Enfouissement <div data-bbox="488 651 1227 1289" style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> <p style="text-align: center;">Devenir des déchets non dangereux non recyclés</p> <p style="text-align: center;">(Source : Eurostat - RSD estimation année 2016)</p>  <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Mode de traitement</th> <th>Pourcentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Stockage Enfouissement</td> <td>80%</td> </tr> <tr> <td>Valorisation énergétique</td> <td>16%</td> </tr> <tr> <td>Incinération sans production d'énergie</td> <td>4%</td> </tr> </tbody> </table> </div> <p>Pas d'incinérateur en Vendée, les déchets non valorisables sont enfouis (source : Trivalis).</p>	Mode de traitement	Pourcentage	Stockage Enfouissement	80%	Valorisation énergétique	16%	Incinération sans production d'énergie	4%	<p>La loi de transition énergétique pour la croissance verte définit des objectifs ambitieux dont ceux-ci en lien avec les déchets d'emballages conchyliques :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Réduire de 50 % les déchets admis en installations de stockage (2025) ; • Porter à 65 % les tonnages orientés vers le recyclage ou la valorisation organique (2025) ; <p>Ces objectifs devraient pousser les producteurs de déchets à mieux valoriser leurs déchets.</p>
Mode de traitement	Pourcentage									
Stockage Enfouissement	80%									
Valorisation énergétique	16%									
Incinération sans production d'énergie	4%									

→ Bilan des préconisations pour diminuer l'impact des caisses PSE :

A court terme (dans l'immédiat)

- Renforcer la récupération et le réemploi des caisses PSE ;
- Renforcer les points d'apport et de collecte des caisses PSE. Étudier les potentialités dans les déchetteries, et si cela n'est pas possible, mettre en place un ou plusieurs points d'apports dans les secteurs ostréicoles ;
- Éviter la dispersion de caisses PSE dans l'environnement, utilisez des alternatives recyclées ou biosourcées qui ont un meilleur bilan carbone que les produits fabriqués à partir de matière vierge.

A moyen terme (2/3 ans)

- Bacs lavables réutilisables pour les exports en France ;
- Caisses biosourcées compostables (Seaclick, Storopack) si la fin de vie (compostage en conditions industrielles) est bien gérée.

A long-terme (+ de 3 ans)

- Potentielles évolutions réglementaires allant vers l'interdiction de l'usage des caisses à marée en PSE (recommandations du rapport pollution plastique, une bombe à retardement, Assemblée Nationale, Sénat, décembre 2020).

→ Bilan des préconisations pour diminuer l'impact des sacs de vente en gros :

- Renforcer la récupération et le réemploi des sacs non recyclables pour le naissain d'huîtres ;
- Utiliser des sacs recyclables via les flux en déchetteries ou déchets assimilés aux déchets ménagers (sacs PEBD perforés) ;
- Utiliser des sacs recyclés pour diminuer l'utilisation de matières plastique vierge ;
- Bacs lavables réutilisables.

b) Comparaison des conditionnements existants

Un travail de recherche des différents conditionnements existants a été effectué. Ceux-ci ont été comparés en prenant en compte leurs fonctionnalités et leur cycle de vie selon les informations disponibles.

Type de produits	Filière PSE (polystyrène expansé)			
	<p>Caisse PSE Conventionnelle</p>  <p>Knauf Isobox Storopack</p>	<p>Caisse PSE Conventionnelle Format optimisé Gamme SeaClick</p>  <p>Storopack</p>	<p>Caisses Neops biosourcée</p>  <p>Knauf</p>	<p>Caisse fabriquée à partir de matière chimiquement recyclée Gamme SeaClick</p>  <p>Storopack</p>
<p>Bilan : Préconisations</p>	<p>Conditionnement recommandé lorsque la gestion en fin de vie peut être maîtrisée, avec un recyclage de la matière. Mettre en place des points de stockage ou emmener le PSE usagé aux points de collecte.</p> <p>Cette innovation matière contribue à l'économie circulaire des plastiques car elle réduit l'utilisation de matières premières fossiles et les émissions de CO2 d'au moins 30% (source : Knauf).</p> <p>Réduit l'impact environnemental par rapport aux caisses conventionnelles si ces caisses sont fermées par clipsage sans ajout d'un lien de cerclage en plastique.</p>			

Type de produits	Produits compostables		Produits réemployables	Produit recyclable
	BIOSOURCÉ + COMPOSTABLE		CONSIGNÉ	Mono matériau PP
	Caisse SeaClick Bio-based	Caisse en PLA moussé, BIOFAM	Bacs réemployables lavables	Caisse en polypropylène alvéolaire
				
	STOROPACK	SYNBRA	IFCO	CIPASI
Bilan : Préconisations	Pourrait-être préconisé à moyen-terme, d'ici 2-3 ans, mais nécessite d'avoir des résultats techniques et environnementaux concernant la fin de vie en valorisation organique (compostage industriel, agricole, méthanisation...) sur le territoire concerné. Les machines de compostage électromécanique pourraient être une solution à envisager si le gisement est suffisant, mutualisé avec des détenteurs de déchets verts.		Pourrait être envisagé mais nécessite une pré-étude de faisabilité. Il se pourrait que ce type de conditionnement ne soit pas adapté pour le naissain : exports de tout type de volume vers une multitude de destinations.	Pourrait-être préconisé à moyen-terme, d'ici 2-3 ans, mais nécessite d'avoir des résultats techniques et environnementaux concernant les propriétés thermiques, leur résistance au transport aérien et leur recyclabilité effective sur le territoire concerné.

Type de produits	Filière papier/carton		
	BIOSOURCÉ + COMPOSTABLE		CONSIGNÉ
	Caisses carton SUMBOX HINOJOSA	Filière papier/carton	Caisse 100% carton + sac étanche Thermo Box ou autre caisse en carton sans renforts ondulés
			Smurfit Kappa 
Bilan : Préconisations	Préconisé si le risque de dispersion est important, à condition de vérifier la bonne intégration des produits dans les filières de recyclage du carton en fin de vie. Des essais sont nécessaires pour vérifier les performances techniques du produit à tous les stades de son utilisation.		Recommandé en cas de dispersion probable du PSE ou si intérêt économique. Peut-être couplé avec le test d'un sac en PEBD ou un film thermosoudé en PE qui sera recyclable.

Type de produits	Sacs conventionnels, utilisés actuellement, non recyclables			
	Sacs de vente en gros en PP tissé	Sac de vente en gros en PE extrudé	Sac de vente en gros en PEHD tricoté	Sacs de gros en toile de jute
				
Bilan : Préconisations	<p>Déconseillé à moyen-long terme car très polluant en cas de dispersion dans le milieu naturel et pas de perspectives de mise en place de filières de recyclage.</p> <p>Cependant, si le gisement est suffisant, potentiels de recyclage pour le sac PP tissé en fonction de la gestion mise en place par les utilisateurs finaux. Cela peut nécessiter une étude de faisabilité technico-économique.</p>			<p>Préconisé particulièrement lorsqu'il y a des risques de dispersion dans le milieu naturel. Nécessité de s'appuyer sur une ACV de source neutre (pas un fabricant) pour connaître le produit le plus durable entre les sacs conventionnels en plastique et les sacs en toile de jute.</p>

Type de produits	Sacs en matériaux compostables (en compostage industriel)		Matières recyclées	Matières recyclables	
	Bioplastiques biosourcés et compostables		Cellulose	PE Recyclé	
	 <p>INTERMAS</p>	 <p>ROM PLASTICA GALLOPLASTIK ECOPLAS</p>	 <p>Fabricant : Giro, distribués par FILPACK</p>	<p>Sac « Rashed »</p>  <p>FILT</p>	<p>PEBD</p> <p>Non-existant aujourd'hui</p> 
Bilan : Préconisations	<p>Non préconisé à court-terme car fin de vie en valorisation organique non maîtrisée.</p> <p>Nécessité de mener une étude sur les possibilités de valorisation organique de la matière (compostage industriel, agricole, méthanisation) sur le territoire concerné. Si bons résultats, ces produits peuvent être de bonnes alternatives. A compléter avec une analyse de cycle de vie pour justifier de l'intérêt écologique de cette substitution.</p>		<p>A privilégier à court-terme par rapport aux sacs en matière vierge. Il est nécessaire de tester la résistance du sac. Uniquement en format 25kg (67x47cm).</p>	<p>Intéressant à court-terme. Produit à favoriser si les sacs en fin de vie peuvent être recyclés via des prestataires ou si dépôt en déchetterie au flux plastiques souples.</p>	

2. Conditionnements B to C : sacs de vente directe et bourriches

a) Cycle de vie des conditionnements selon les données recueillies

i. CYCLE DE VIE DES SACS DE VENTE DIRECTE UTILISÉS PAR LES ENTREPRISES CONCHYLICOLES

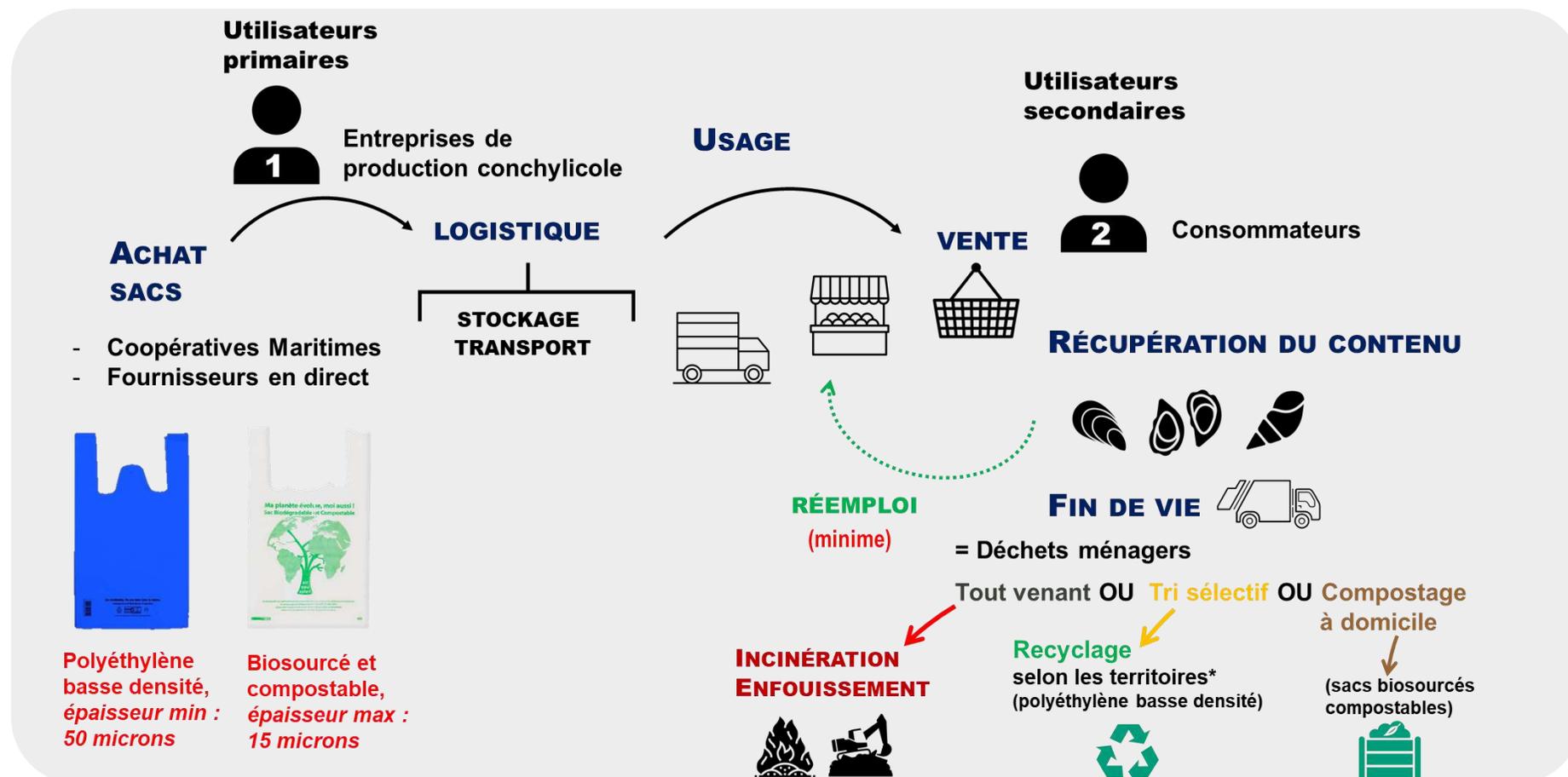


Figure 52 : Cycle de vie des sacs de vente conchylicoles utilisés par les entreprises conchylicoles

* Les collectivités en extension de consignes de tri (déploiement national d'ici au 31 décembre 2022, loi AGEC) collectent tous les emballages y compris les plastiques souples comme les sacs en PEBD pour lesquels des solutions de recyclage existent et se développent.

ii. CYCLE DE VIE DES BOURRICHES UTILISEES PAR LES ENTREPRISES CONCHYLICOLES

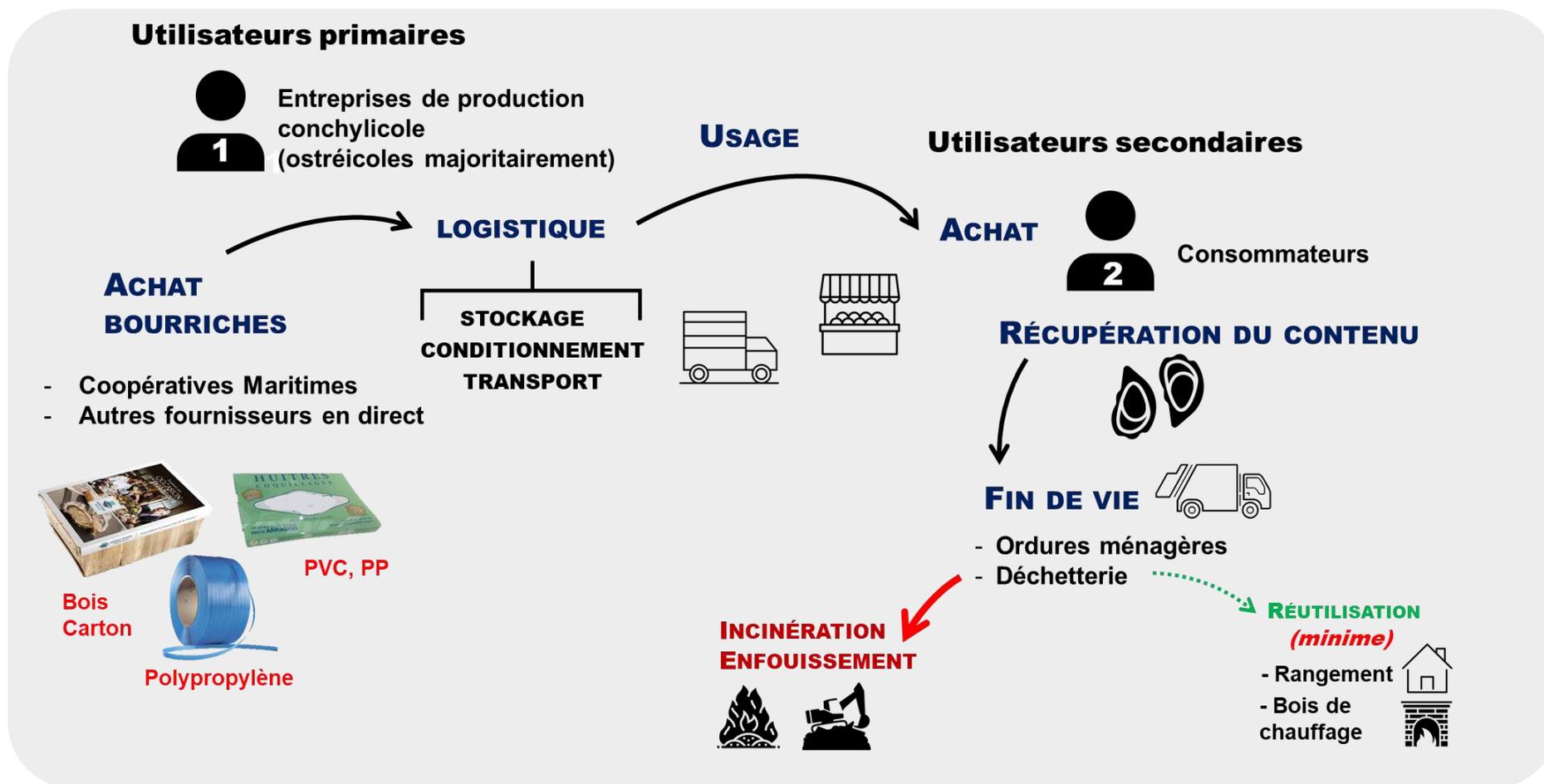


Figure 53 : Cycle de vie des bourriches utilisées par les entreprises conchylicoles

b) Hiérarchie des modes de traitement des déchets

Hiérarchie des modes de traitement des déchets	Situation actuelle	Perspectives/Objectifs
PREVENTION	SACS DE VENTE DIRECTE ET BOURRICHES	
	<p>Les entreprises de conchyliculture emploient des conditionnements pour contenir et conserver les mollusques bivalves vivants pour la vente aux particuliers tels que sacs et bourriches. Les conchyliculteurs partagent une volonté commune de réduction des plastiques à usage unique, certains sensibilisent leurs clients au réemploi des sacs et/ou facturent systématiquement le sac plastique neuf si le client en demande un (en général 0.10€ l'unité).</p>	<p>Réduire la quantité de sacs distribués en encourageant l'apport d'un contenant lavable et réemployable par les clients et/ou en facturant le sac.</p>
ALLONGEMENT DE LA DUREE D'USAGE (REEMPLOI, REUTILISATION)	SACS DE VENTE DIRECTE	
	<p>Peu ou pas de réemploi. Les sacs sont bien souvent utilisés comme contenants à déchets de coquilles avant d'être jetés au tout venant. Cependant, certains conchyliculteurs encouragent leurs clients à rapporter leurs sacs.</p>	<p>Encourager le réemploi des sacs ou d'autres contenants adaptés à un système de consigne.</p> <p>Facturer systématiquement les nouveaux sacs donnés aux clients. Promouvoir le zéro-déchet via une campagne de sensibilisation. Impliquer l'ensemble de la profession via une charte d'engagement.</p> <p>Faisabilité du point de vue du sanitaire : Les services CCRF (concurrence, consommation et répression des fraudes) des DDPP en département (Directions départementales de la protection des populations) ou du pôle C (concurrence, consommation et métrologie) de la DREETS en région (Direction Régionale de l'Economie, de l'Emploi, du Travail et des Solidarités) de la DRAAF Bretagne ont été interrogés à ce sujet en avril 2021 (avec la DRAAF Pays de la Loire en copie). (voir annexe 8). Il en a été conclu que le réemploi d'un conditionnement pour les coquillages en vente directe est possible. Ils indiquent que le professionnel doit se conformer à la réglementation générale sanitaire pour le conditionnement de denrées alimentaires et la vente en vrac, voir ici.</p>

	BOURRICHES	
	<p>Peu ou pas de réemploi pour les bourriches en bois. Le réemploi des bourriches en bois est interdit du fait d'un risque sanitaire lié au matériau, poreux. (Vademacum Sectoriel, 2017)</p> <p>Réutilisations : rangement pour petites affaires, décoration...</p>	<p>Sensibiliser à la réutilisation des bourriches en tant que boîtes de rangement, paniers à fruits ou légumes... via une communication orale ou écrite au moment des fêtes de fin d'année. Proposer des tutoriels pour réutiliser les bourriches (exemple d'applications : décoration, rangement, jardinières...).</p>
VALORISATION MATIERE	SACS DE VENTE DIRECTE	
	<p>Les sacs plastiques en PEBD peuvent être déposés au tri seulement dans les territoires qui permettent à leurs habitants de trier tous les emballages ménagers. Cette démarche sera généralisée à l'ensemble des collectivités dans le cadre de l'Extension des Consignes de Tri avant 2023 (LTECV, 2015). La filière de recyclage est en cours de développement en France et déjà effective sur certains territoires, comme en Vendée par exemple où les plastiques souples (films alimentaires) sont envoyés pour recyclage au Portugal.</p>	<p>Tri généralisé dans le cadre de l'extension des consignes de tri avant 2023. Développement des usines de recyclage des plastiques souples en France (CITEO, 2020).</p> <p>Informez les clients de la recyclabilité des sacs PEBD 50 microns, à mettre au bac/sac jaune dans les territoires en extension de consigne de tri.</p>
	BOURRICHES	
	<p>Déchets jetés dans le bac/sac de tri des ménages :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Éléments en bois <p>Les emballages en matériaux non transformés issus de ressources renouvelables et gérés durablement ne sont pour le moment pas traités dans les centres de tri, et il n'existe pas de filières de recyclage pour ce type de déchets. (CITEO, 2021, p. 17).</p> <p>Déposés en déchetterie, les déchets de bois ont trois types de destination (Guinard et al., 2015, p. 5) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Valorisation matière et organique (57%) - Valorisation énergétique (22%) - Élimination (21%, dont 90% enfouissement) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Éléments en bois <p>Tri généralisé dans le cadre de l'extension des consignes de tri en 2021. Des études sont en cours pour développer des filières industrielles de recyclage matière ou organique (compostage). (CITEO, 2021, p. 17)</p> <p>Le bois des bourriches peut être valorisé en compostage mais sa dégradation sera plus lente que les autres déchets organiques. Afin de la favoriser, il est recommandé de découper ou broyer les morceaux de bois (enlever les agrafes métalliques) et de bien respecter le processus de compostage. Des guides pour le compostage peuvent être distribués par les collectivités ou sont disponibles sur internet (tel que ici).</p>

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Éléments en plastique <p>Fenêtre/couvercle/dessus de bourriche PP : pas de valorisation matière (emballage souple sans filière de recyclage)</p> <p>PVC : non recyclable, sur la liste des emballages inutiles (Pacte National Emballages Plastiques, 2020, p. 4), (CITEO, 2021, p. 4).</p> <p>Feuillard de cerclage PP : éléments trop fins pour être détectés dans les centres de tri (faible surface de détection pour le tri optique des matériaux) donc potentiellement un taux de recyclage nul ou anecdotique. (source : Trivalis interrogé en octobre 2021).</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Éléments en plastique <p>Fenêtre/couvercle/dessus de bourriche PP : pas de projet de filière de recyclage pour ce type de matériau Éviter l'utilisation de ce type de couvercle, préférer un dessus de bourriche en carton ou bois et sans fenêtre plastique.</p> <p>PVC : arrêter l'utilisation de ces éléments.</p> <p>Feuillard de cerclage PP : préférer des alternatives en matériaux recyclés ou en papier/carton.</p>								
Valorisation énergétique	SACS DE VENTE DIRECTE ET BOURRICHES									
Élimination (enfouissement)	<p>→ Pour les bourriches à huîtres avec éléments plastiques, bois et les sacs de vente directe jetés dans le sac/bac à ordures ménagères.</p> <p>Devenir des déchets non dangereux non recyclés (Source : Eurostat - RSD estimation année 2016)</p> <table border="1"> <caption>Destinées des déchets non dangereux non recyclés</caption> <thead> <tr> <th>Destinée</th> <th>Pourcentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Stockage Enfouissement</td> <td>80%</td> </tr> <tr> <td>Valorisation énergétique</td> <td>16%</td> </tr> <tr> <td>Incinération sans production d'énergie</td> <td>4%</td> </tr> </tbody> </table> <p>Valorisation énergétique ou Incinération sans récupération d'énergie ou Enfouissement</p>	Destinée	Pourcentage	Stockage Enfouissement	80%	Valorisation énergétique	16%	Incinération sans production d'énergie	4%	<p>→ Pour les clients disposant d'un chauffage à bois (cheminée, poêle...), valorisation énergétique des bourriches en bois recommandée</p>
Destinée	Pourcentage									
Stockage Enfouissement	80%									
Valorisation énergétique	16%									
Incinération sans production d'énergie	4%									

→ **Bilan des préconisations pour diminuer l'impact des bourriches :**

A court terme (dans l'immédiat)

- Préférer l'utilisation de bourriches monomatériaux, 100% bois ;
- Refuser l'usage d'éléments en PVC, non recyclables ;
- Préférer des alternatives aux dessus de bourriches et feuillard en plastique PP.

→ **Bilan des préconisations pour diminuer l'impact des sacs de vente en gros :**

A court terme (dans l'immédiat)

- Démarche globale : suppression progressive des sacs plastique distribués sur les marchés. Fixer une échéance pour l'arrêt de la distribution des sacs, préparer les clients à ce changement de pratique qui nécessitera l'adoption de conditionnements réemployables.

A Moyen terme (2/3 ans)

- Sensibiliser au zéro déchet, responsabiliser le client. Favoriser le réemploi des sacs via une campagne d'information ;
- Récompenser les clients qui ne consomment pas de sacs neufs ;
- Encourager l'apport de son propre contenant à réemployer ;
- Étudier la mise en place d'un système de sac/contenant consigné distribué par le conchyliculteur ;
- Facturer systématiquement les sacs ;
- Proposer le contenant consigné réalisé dans le cadre d'un projet faisant suite à FILALTIQ.

A long-terme (+ de 3 ans)

- Plus aucun sac distribué sur les marchés. L'engagement s'inscrirait dans une charte de réduction de l'impact plastique, proposée par les CRC, validée par des organisations comme Citeo ou Zero Waste pour donner du poids/légitimité à la charte. L'ensemble des conchyliculteurs s'engagerait à respecter cette charte.

c) Comparaison des conditionnements existants et préconisations

i. SACS DE VENTE DIRECTE

	Sac PEBD 50 microns	Sacs compostables	Sac réemployable consigné	Contenant rigide réemployable	Contenant au choix apporté par le client
Type de produits existants					
Bilan : Préconisations	En l'absence d'alternatives, conditionnement à utiliser en responsabilisant les clients concernant le réemploi.	Préconisés à court-terme en remplacement des sacs PE mais fragilité importante de ce type de sacs limité à une épaisseur maximale de 15 microns.	Le réemploi des contenants est à préconiser. Vigilance concernant la réglementation sanitaire : le professionnel doit s'assurer de la propreté du contenant proposé avant la distribution au client. Sensibilisation des utilisateurs concernant le réemploi et les bonnes pratiques d'hygiène.		
			Préconisé après une phase d'étude comprenant la définition d'un cahier des charges coconstruit, prenant en compte les attentes des utilisateurs (professionnels et clients).	Préconisé dès à présent.	

ii. BOURRICHES

Type de produits existants	Caisse en bois de classe A	Bourriche imprimée en polypropylène vidéo de présentation	Caisses en carton étanchéifié avec une fine couche de polypropylène	
	 <p>BLANCHET</p>	 <p>LOOS HVI</p>	 <p>SUMBOX</p>	 <p>VYF PACK</p>
Bilan : Préconisations	Préconisé : à priori faible impact sur l'ensemble du cycle de vie (forêts durablement gérées, bois non traité, combustible...)	Non préconisé : absence de valorisation en fin de vie.	Préconisé, à priori plus intéressant du point de vue environnemental que les bourriches en bois (carton recyclé et recyclable). Seul une ACV comparative pourra permettre de cibler le meilleur conditionnement.	

V. PROPOSITION D' ACTIONS

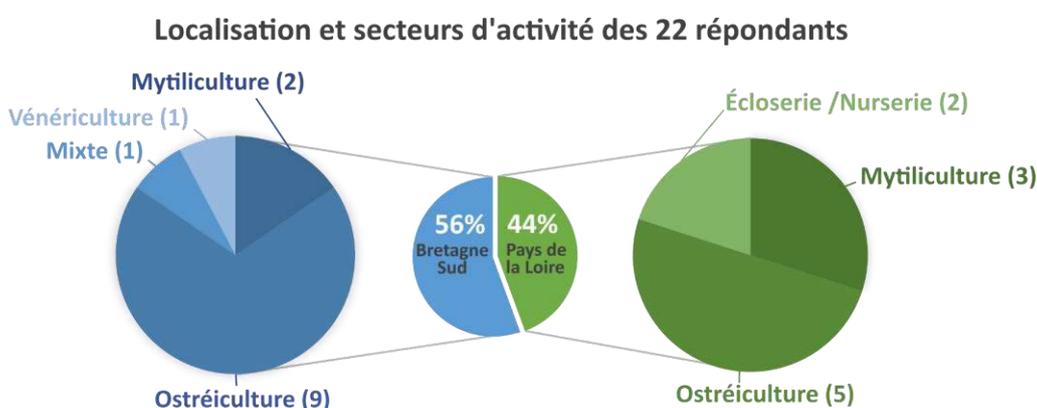
1. Bilan du questionnaire de propositions d'actions

a) Contexte

Un état des lieux des conditionnements utilisés en conchyliculture a été réalisé notamment via un premier questionnaire envoyé à l'ensemble des professionnels des Pays de la Loire et de Bretagne Sud en septembre 2020. Dans ce questionnaire 41 entreprises ont répondu vouloir s'impliquer dans le projet FILALTIQ. Un second questionnaire (en ligne, Google Form) a donc été réalisé, à destination de ces entreprises motivées, afin de pouvoir orienter les actions à mettre en œuvre concernant chaque type de conditionnement.

b) Échantillon de répondants

Parmi les 45 entreprises interrogées, 22 ont répondu, et sont réparties en 5 secteurs de la conchyliculture. Une majorité des répondants est issue de l'ostréiculture. Seule la culture des algues n'est pas représentée dans les répondants malgré sollicitation.



c) Résultats

i. GENERALITES D'INTERPRETATION

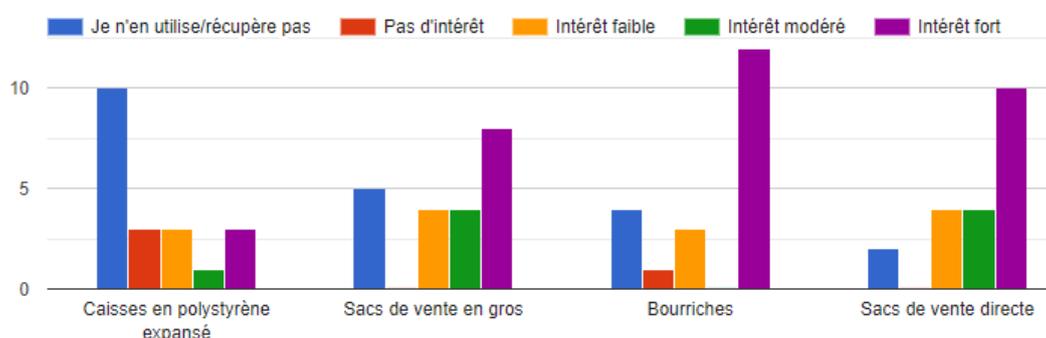
Le nombre d'entreprises ayant répondu sera précisé pour chaque question par l'indication suivante : (n= « nombre d'entreprises ayant répondu »).

Dans l'interprétation des résultats qui suivent, il faut rester vigilant sur un biais possible dans les résultats, le questionnaire n'étant pas anonymisé (au début de l'enquête, il était précisé que ces résultats seraient confidentiels) et le nombre de répondants ainsi que leur répartition ne permettant pas de représenter fidèlement l'opinion et les usages de l'ensemble des professionnels.

ii. QUESTIONS GENERALES

Q°1 : Intérêt pour les solutions permettant de réduire l'impact environnemental des conditionnements en conchyliculture (n = 21)

Résultats



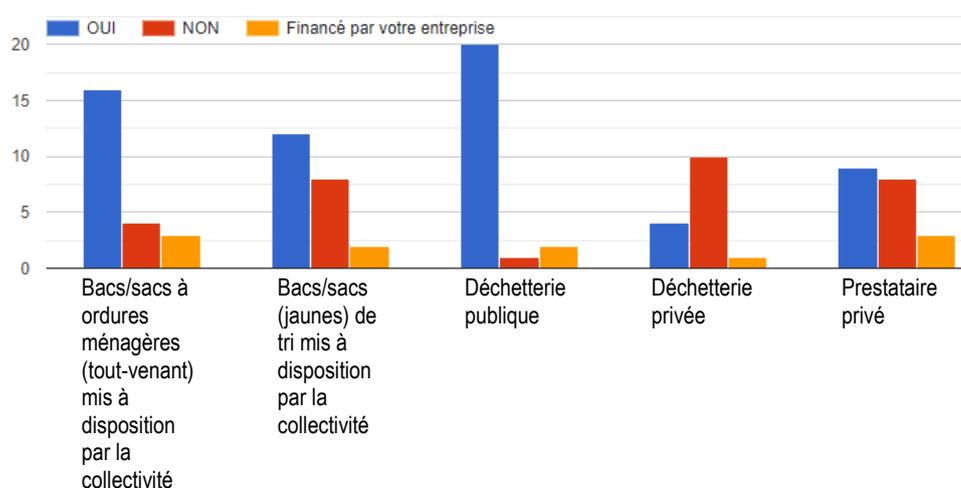
Les entreprises répondantes sont principalement intéressées par les solutions pour réduire l'impact environnemental des **bourriches, sacs de vente directe et sacs de vente en gros**.

Discussion

Les solutions concernant la réduction de l'impact des conditionnements ostréicoles ont été évaluées comme celles ayant l'intérêt le plus fort. Cela peut s'expliquer par la proportion importante d'ostréiculteurs parmi les répondants. (50% en Pays de la Loire et 75% en Bretagne Sud),. Bien que les bourriches soient en majorité constituées de bois, ces retours montrent que leurs utilisateurs sont tout de même intéressés par les solutions permettant d'améliorer la durabilité de ce type de conditionnement.

Q°2 : Votre entreprise utilise-t-elle ce type de services pour traiter ses déchets ? (n = 22)

Résultats



Une majorité d'entreprises (20) utilise les déchetteries publiques. Cependant, seulement 2 entreprises sur 20 ont indiqué financer ce mode de gestion des déchets. 16 entreprises indiquent posséder des bacs de collecte et 3 entreprises financent ce mode de gestion (redevance spéciale). Parmi celles-ci, 12 entreprises ont la possibilité de pratiquer le tri sélectif au moyen des sacs/bacs mis à disposition par la collectivité. 9 entreprises gèrent leurs déchets via des prestataires privés et seulement 4 entreprises utilisent des déchetteries privées.

Discussion

La majeure partie des entreprises conchylicoles interrogées à recours aux déchetteries publiques. Si un point de collecte des déchets conchylicoles était disponible au sein d'une déchetterie, cela devrait convenir à la majorité des professionnels. Certaines collectivités sont pourtant réticentes à l'utilisation de leurs déchetteries pour un usage professionnel, mais ces retours montrent bien que la pratique est largement répandue au sein de la profession conchylicole.

iii. CAISSES A NAISSAIN EN POLYSTYRENE EXPANSE

2 propositions ont été faites afin de réduire l'impact des caisses à naissain en polystyrène expansé. Diverses questions ont été posées pour chaque étude afin d'en analyser la faisabilité et l'intérêt.

Proposition 1 : Densifier les points de collecte pour le recyclage des caisses PSE à marée

(n=6)

Q° 1 : Combien de caisses PSE sont récupérées chaque année par votre entreprise (estimation) ?

Q° 2 : À combien estimez-vous le volume que cela peut représenter (en L/m³/big bag) ?

Q° 3 : Sur votre secteur, avez-vous une idée du volume qu'occuperait l'ensemble des caisses PSE récupérées chaque année par les entreprises ostréicoles ? (en L/big bag/nombre de caisses...)

Résultats

Les entreprises ayant répondu ramassent une quantité très variable de caisses PSE, **entre 30 et 2 000 par an**. Les volumes représentés par ces caisses ramassés sont aussi très variables en fonction des entreprises (**entre 1m³ et 100m³**). Ces variations entraînent par la même occasion une difficulté des entreprises à estimer le gisement global de caisses PSE par secteur, puisque ces estimations sont comprises entre 2 200 et 100 000 caisses (en estimant le volume d'une caisse à 0.045m³).

Discussions

La quantité de caisses récupérées par les entreprises varie considérablement en fonction de plusieurs paramètres :

- Taille de l'entreprise (volumes produits chaque année)
- Type de naissain : éclosérie ou captage
- Type de conditionnement : sac ou caisse PSE
- Solution de reprise des caisses disponible (reprise par le fournisseur).

De ce fait, il peut y avoir des secteurs ostréicoles qui ne concentrent pas forcément beaucoup de caisses PSE. Il est donc difficile d'estimer la quantité de caisses PSE par secteur.

Une estimation pourrait être faite en extrapolant les données de certaines entreprises ostréicoles.

Selon le travail mené, les secteurs qui comporteraient le plus de gisements de caisses PSE à naissain sont :

CRC Pays de la Loire : Baie de Bourgneuf

CRC Bretagne Sud : Golfe du Morbihan sauf Séné (modéré) + Ria d'Etel

Q°4 : Quelle est la saisonnalité pour la récupération de caisses ? (n=7)

Résultats

	Janv	Fev	Mars	Av	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	
Réponse 1	■						■						
Réponse 2	■						■		■				■
Réponse 3	■											■	
Réponse 4	■										■		■
Réponse 5							■					■	
Réponse 6							■						
Réponse 7	■												



Chaque entreprise a sa propre pratique quant à la mise en élevage de naissain sur ses parcs. D'après les retours, il y a surtout un pic important en période estivale et en fin d'année.

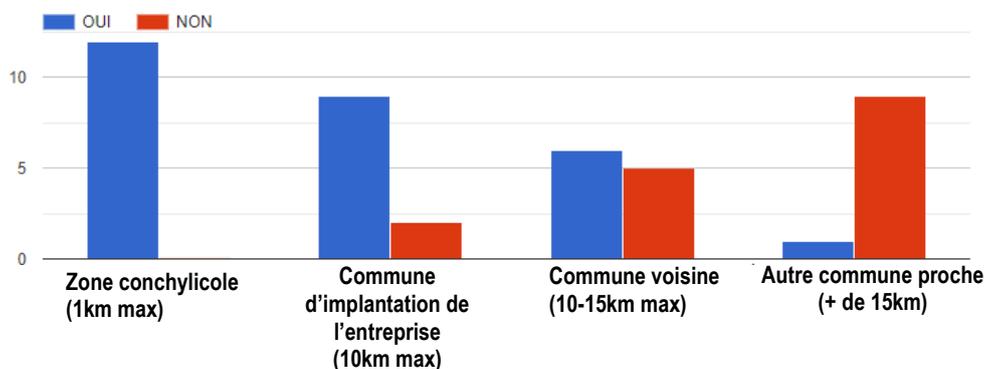
Discussions

Actions à mettre en œuvre : une collecte des caisses PSE usagées pourrait être mise en place. Il pourrait y avoir 2/3 périodes de collecte dans l'année, telles que, par exemple :

- Fin août/début septembre
- Fin janvier
- Fin juin

Q°5 : Intérêt des ostréiculteurs récupérant des caisses PSE concernant l'implantation d'un point de collecte et son éloignement géographique par rapport à leur établissement. (n=12)

Résultats



Les répondants sont unanimes sur le fait d'utiliser une zone de dépôt pour les caisses PSE située à proximité immédiate de leur activité conchylicole.

9 répondants sur 12 sont favorables à l'implantation d'une telle zone au sein de leur commune. En revanche, les avis sont partagés quant à l'implantation d'un point de dépôt au sein d'une commune voisine. Enfin, les professionnels sont défavorables à l'idée de se rendre dans une commune plus éloignée pour y déposer leurs caisses en PSE avec seulement une entreprise ayant répondu positivement.

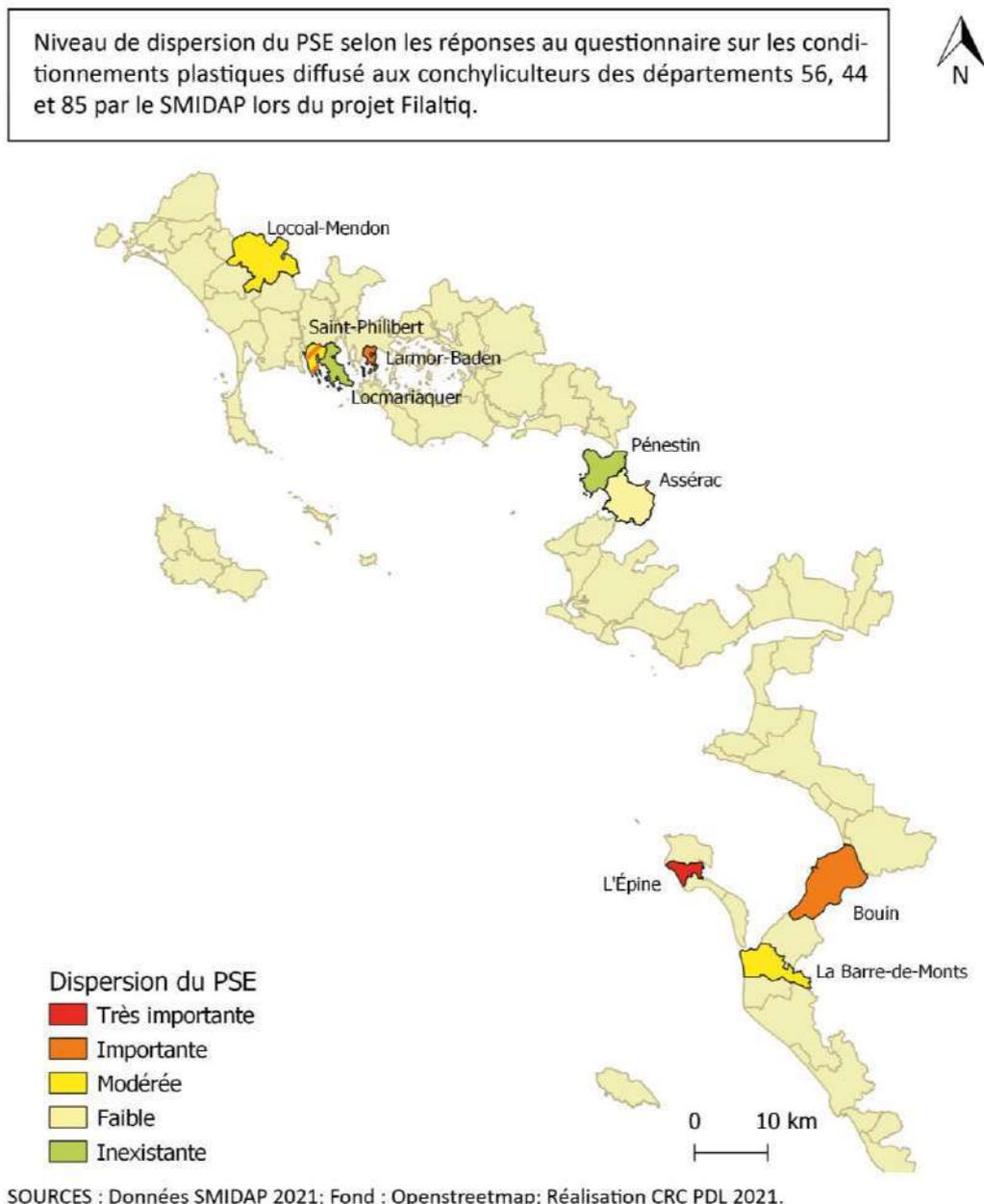
Proposition 2 : Évaluer la dispersion dans la nature de PSE provenant des caisses à naissain et substituer les caisses par des matériaux moins polluant si nécessaire

Q°1 : Quel est le niveau de dispersion dans la nature de PSE dans votre secteur ? (n=10)

Q°2 : Selon vous, pourquoi du PSE provenant de caisses à naissain peut-il être perdu ? Et comment pourrait-on éviter cela ? (n=7)

Q° 3 : Selon vous, est-il nécessaire de substituer dès que possible les caisses en PSE par des conditionnements moins polluants en cas de pertes dans la nature ? (n=11)

Résultats



80% des répondants admettent que des billes et morceaux de PSE de caisse à naissain se dispersent dans leur secteur. Un tiers des répondants indiquent que la perte d'éléments en PSE n'est pas exceptionnelle et qu'elle ne se limite pas à un endroit isolé, ce qui peut sous-entendre que sur une même zone plusieurs entreprises perdent du PSE. Cependant, les avis divergent quant au niveau de dispersion qui dépend de plusieurs facteurs :

- Nombre d'entreprises récupérant des caisses PSE présentes sur la zone
- Typologie des établissements permettant ou non de stocker les caisses
- Pratiques des ostréiculteurs en termes de gestion des déchets
- Sensibilité à l'environnement.

Les répondants sont unanimes à l'idée que la dispersion du PSE provient du stockage en extérieur et de la fragilité du matériau (fragmentable).

Selon eux, ces pertes pourraient être limitées par :

- **Des mesures de prévention contre la perte d'éléments** ; comme le stockage obligatoire en intérieur, la mise en place de point d'apports et de collecte à proximité des lieux d'utilisation ou même la responsabilisation des professionnels face à leur impact sur la pollution marine. 27% des répondants sont davantage favorables à ces mesures.
- **L'arrêt complet de l'utilisation de ce type de caisse** ; 73% des répondants pensent qu'il est nécessaire d'utiliser une alternative à ces caisses (autres matériaux, consignes).

Discussions

Le stockage des caisses PSE à l'extérieur serait à éviter pour réduire la perte de caisses en PSE. Cependant, c'est une action complexe à mettre en place pour certains ostréiculteurs (manque de place de stockage). Bénéficiaire d'un point de collecte spécifique aux caisses PSE à proximité des entreprises pourrait à terme éviter un stockage risqué des caisses PSE.

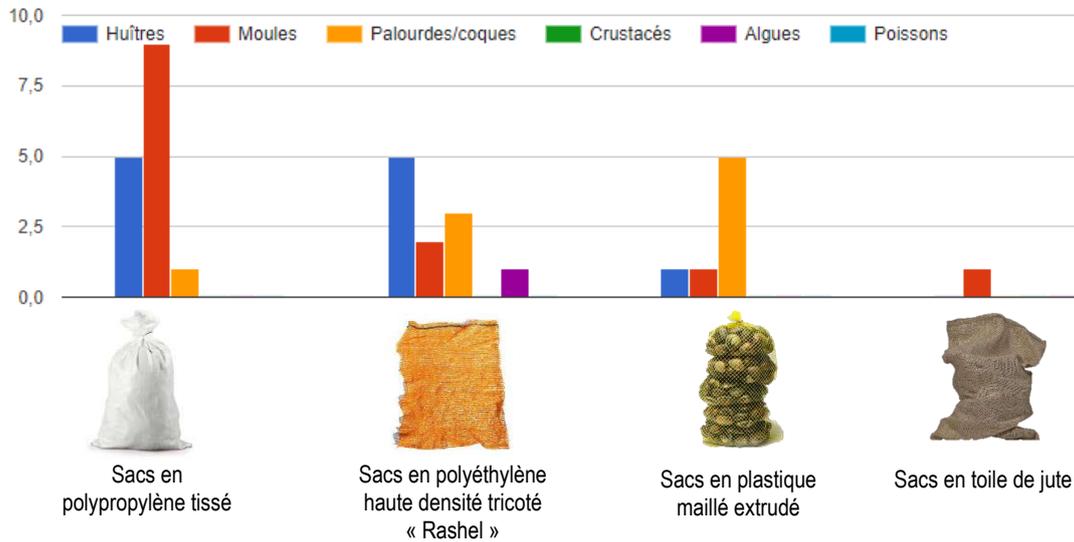
Actions à mettre en œuvre pour limiter l'impact des caisses à naissains en PSE sur l'environnement :

- Dans un premier temps, les entreprises d'écloserie peuvent tester des alternatives aux caisses PSE permettant d'éviter une dispersion dans la nature et/ou une pollution.
- Travailler sur les secteurs au plus fort gisement de caisses PSE, voir avec les syndicats pour estimer le gisement et pouvoir envisager un point de collecte (prestataire ou déchetterie).

iv. SACS DE VENTE EN GROS

Q°1 : Quels types de sacs utilisez-vous ? Pour quelles productions ? (n=14)

Résultats



Le sac utilisé en majorité par les producteurs de moules est le sac en PP tissé.

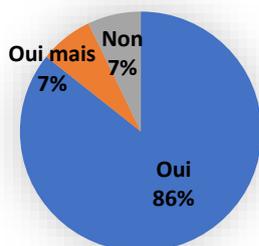
Le sac « Rashel » en PEHD est également utilisé pour la vente en gros d'huîtres, bien que la plupart des ostréiculteurs interrogés indiquent que les huîtres de vente en gros sont conditionnées dans des bacs réemployables apportés par le courtier.

Concernant le conditionnement des coques et palourdes, les sacs en mailles extrudées sont probablement préférés car ils sont de plus petite dimension et permettent de bien voir le produit. Les sacs en toile de jute ne sont pas beaucoup utilisés, notamment en raison de leur prix, plus important que les sacs en plastique. Par ailleurs, les répondants estiment que les acheteurs en gros ne semblent pas vraiment préoccupés par le type de conditionnement et sa durabilité (selon les dires de professionnels).

Proposition 1 : Utilisation de sacs en toile de jute en remplacement des sacs en PP tissé ou PEHD tricoté

Q°1 : S'il est avéré que les sacs en toile de jute sont plus écologiques que les sacs en plastique, seriez-vous prêt à les utiliser ? Si non, quels seraient vos freins ? (n=17)

Résultats



Une majorité de répondants indique être favorables à l'utilisation de sacs en toile de jute si ceux-ci sont plus écologiques, sans faire mention de l'aspect économique. Concernant les arguments en défaveur de ce type de sacs, le coût revient à trois reprises puis l'aspect performances de conservation préoccupe les professionnels (conservation de l'eau et de l'humidité). Seul un répondant mentionne l'aspect du sac en toile de jute et donc l'importance accordée par les acheteurs de gros vis-à-vis de l'emballage. Cela montre que ce n'est pas une préoccupation majeure. A noter que les ostréiculteurs comme les mytiliculteurs sont intéressés par ce type de sacs.

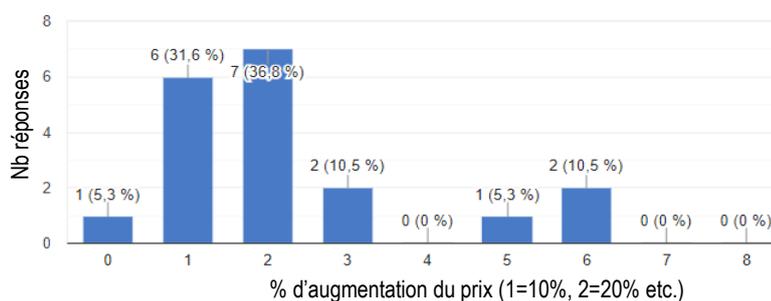
Discussions

Le coût pourrait être un blocage pour les producteurs étant donné qu'il ne semble pas qu'ils puissent valoriser l'utilisation d'un emballage plus vertueux via une répercussion sur le prix de vente en gros. Si les performances techniques de ce type de sacs sont satisfaisantes ainsi que l'ACV, il pourra être judicieux de travailler sur la fin de vie du sac en proposant des actions à mettre en place par les utilisateurs finaux (GMS, poissonniers...), comme la réutilisation des sacs en horticulture (paillage, talus...).

Proposition 2 : Utilisation de sacs en matière recyclée

Q° 1 : Seriez-vous favorable à l'utilisation de sacs en matière plastique recyclée ? Et quelle serait la limite d'acceptabilité pour votre entreprise pour le prix d'un sac en matière recyclée ? (n=20)

Résultats



Les répondants sont majoritairement favorables à l'utilisation de sacs en matière recyclée. Ces sacs pouvant être plus fragiles que les sacs conventionnels en matière vierge, la principale crainte (pour les « oui mais ») concerne donc la résistance des sacs qui devra être satisfaisante, voir équivalente aux sacs classiques. Une crainte plus secondaire était relative à l'esthétique des sacs, qui devra être au moins équivalente à celles des sacs conventionnels.

68% des répondants seraient prêts à payer entre 10 et 20% plus chers leurs sacs en matière recyclée. Et l'un d'entre eux accepterait même une augmentation jusqu'à 60%. Mais ces résultats pourraient être biaisés par une mauvaise compréhension de la réponse demandée par rapport à la présentation des choix pouvant porter à confusion (1 = 10% qui aurait pu être compris en 1=1%). Ces résultats sont aussi à pondérer vu la non-anonymisation des résultats, qui pourrait mener à une potentielle exagération.

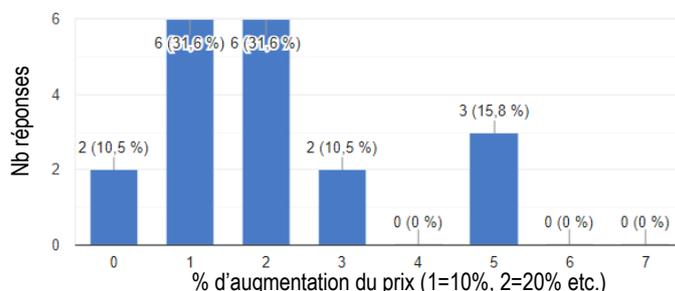
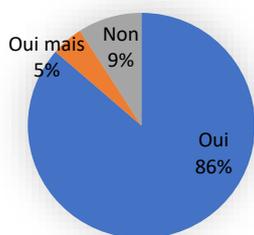
Discussions

Il n'existe pas, à ce jour, de sacs en PP tissé conçus en matière recyclée aptes au contact alimentaire. La société FILT propose des sacs « Rashel » conçus à partir de 100% de matières recyclées. Les sacs sont plus fragiles mais pourraient être testés dans le cadre d'un prochain projet. (Dimensions : 61*47cm, 25kg/ 3 échantillons disponibles). Par ailleurs, la plupart des conchyliculteurs intégrés au projet sont prêts à fournir des efforts financiers pour utiliser des conditionnements plus durables.

Proposition 3 : Proposer un sac recyclable dans les filières existantes en France

Résultats

Seriez-vous prêt à utiliser des sacs en matière plastique recyclable en France ? Quelle serait la limite d'acceptabilité pour le prix d'un sac recyclable (dans des filières françaises) ? (n=22)



63% des répondants seraient prêts à payer entre 10 et 20% plus chers leurs sacs en matière recyclée. Et l'un entre eux accepterait même une augmentation jusqu'à 60%. Mais ces résultats pourraient être biaisés par une mauvaise compréhension de la réponse demandée par rapport à la présentation des choix pouvant porter à confusion (1 = 10% qui aurait pu être compris en 1=1%). Ces résultats sont aussi à pondérer vu la non-anonymisation des résultats, qui pourrait mener à une potentielle exagération.

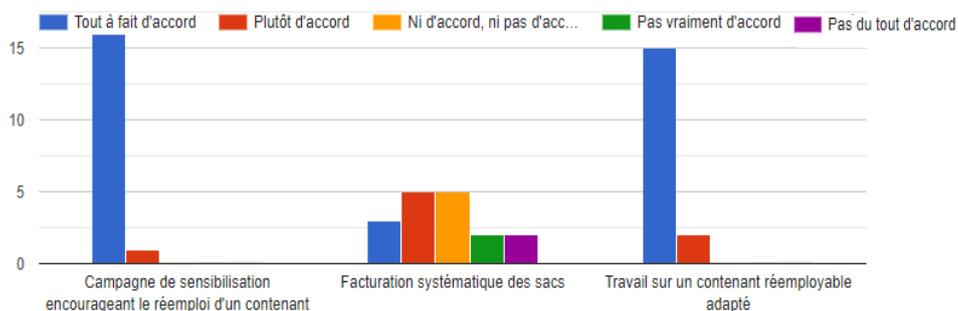
Discussions

Ces retours montrent l'intérêt des conchyliculteurs pour des sacs recyclables, bien que constitués de plastiques. Tout comme pour les sacs en matériaux recyclés, ils seraient prêts à faire un effort financier conséquent pour ces sacs plus durables. Un répondant a cependant mentionné sa réserve vis-à-vis de l'utilisation de plastique dans les conditionnements conchylicoles, car même recyclable, le plastique est un matériau pétrosourcé qui *in fine* implique une production de déchets.

V. SACS DE VENTE DIRECTE

Q° : Êtes-vous favorable à la mise en place d'actions permettant d'encourager le réemploi des conditionnements par les clients ? Et quels types d'actions pourraient être mis en place ? (N=17)

Résultats



100% des répondants affirment être favorables à la mise en place d'actions permettant d'encourager le réemploi des conditionnements par les clients.

Pour ce faire, la majorité d'entre eux sont tout à fait d'accord avec la mise en place d'une campagne de sensibilisation et l'utilisation d'un contenant réemployable. Néanmoins, quelques remarques des répondants (2)

précisent que des essais de contenants réemployables (jute, et autres sacs réutilisables) avaient été opérés, mais que très peu de clients les avaient ramenés, malgré leur implication dans l'écologie. Un autre avait ajouté que « pour le réusage il faudrait une campagne de communication efficace : comment le laver pour le réutiliser, l'intérêt en chiffres de le faire, et un prix standard des sacs (type consigne). »

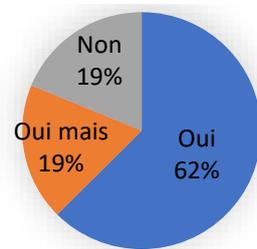
En revanche, la proposition de facturation systématique des sacs a des retours partagés avec environ 25% de répondants défavorables et 29% de répondants ni favorables, ni défavorables.

Discussions

Ce résultat montre bien qu'il s'agit d'un enjeu prioritaire dans le domaine de la réduction des déchets et que les professionnels souhaitent s'impliquer durablement.

Si ces mesures étaient mises en place avec succès, seriez-vous favorable, dans un futur proche, à l'arrêt de la distribution aux clients de sacs en plastique ? (Pourquoi ? d'ici combien de temps ?) (n=16)

Résultats



La plupart des répondants seraient favorables à l'arrêt de la distribution des sacs en plastiques, parfois même d'ici 6 mois ou mois (4 répondants). Mais certains précisent (« oui mais ») qu'il faudrait que les contenant remplaçants soit aussi résistant et étanches, et qu'ils n'engendrent pas de surcoût. Pour ceux qui ne sont pas convaincus, les odeurs des produits de la mer pourraient freiner les clients à réemployer des contenants.

Discussions

La recherche d'un contenant particulièrement adapté au conditionnement des huîtres (réemployable, lavable facilement, apte au contact alimentaire) pourrait être une priorité. Une majorité de professionnels est favorable à l'arrêt de la distribution de sacs en plastique, mais dans un premier temps, il pourrait être judicieux de laisser le choix au client entre acheter un contenant consigné particulièrement adapté ou acheter un sac en plastique 50 microns, à condition que cela soit exceptionnel (clients irréguliers).

Actions à mettre en œuvre pour diminuer l'impact écologique des sacs de vente directe :

Des mesures concernant le travail sur un contenant réemployable et la mise en place d'une campagne de sensibilisation peuvent être envisagées.

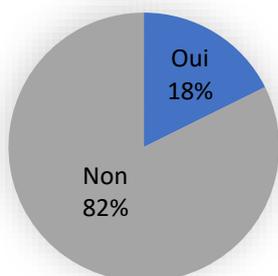
Pour les contenants, il se peut que le sac en toile de jute ne soit pas particulièrement adapté aux huîtres (format, matériaux, lavage). Il serait alors judicieux de travailler sur un autre type de contenant.

Enfin, la facturation systématique des contenants est une mesure qui pourrait être discutée au niveau de chaque CRC.

Proposition 1 : Substituer les couvercles contenant du PVC par des couvercles en bois ou en carton

Des couvercles intégrant du PVC sont-ils utilisés pour les bourriches commercialisées par votre entreprise ? Si oui, seriez-vous prêt à les substituer par des couvercles en bois ou en carton recyclé ? (n=17)

Résultats



La non-anonymisation des résultats a pu biaiser les résultats. Il y a aussi un possible amalgame entre couvercles PVC et couvercles plastique. Certains répondants ont pu croire que tout couvercle en plastique est en PVC, ce qui fausserait les résultats à cette question.

Cependant, si l'on considère exacts ces retours, seulement 3 répondants utilisent des bourriches avec des couvercles en PVC. Parmi eux, un accepterait de les substituer par d'autres couvercles sans condition, un l'accepterait si l'on pouvait personnaliser le couvercle. Et un ne l'accepterait pas parce que cela impacterait la visibilité du produit.

Discussions

Ces retours montrent que les bourriches avec couvercle PVC ne sont pas indispensables. Cependant, il serait important de comprendre pourquoi ces couvercles sont utilisés et comment/pourquoi les non-utilisateurs s'en passent, malgré les raisons invoquées par les utilisateurs.

Seul un répondant indique qu'une fenêtre transparente permettant d'avoir un aperçu du produit est nécessaire. Pour le moment, ces fenêtres sont constituées en majorité de PVC. Pour d'autres, il n'est pas nécessaire d'avoir une fenêtre sur le couvercle de la bourriche, et ils privilégient les bourriches 100% bois.

La fonction « support d'information » semble primer par rapport à la fonction « aperçu du produit » pour les couvercles de bourriche.

Proposition 2 : Substituer le couvercle en plastique (PP/PE) par un couvercle en bois ou en carton

Des couvercles en plastique, en PP/PET (hors PVC) sont-ils utilisés pour les bourriches commercialisées par votre entreprise ? (n=17)

Résultats



Biais possible : le répondant ne fait pas la différence entre les couvercles en PVC du type « fenêtre » et les couvercles en plastique n'ayant pas forcément une transparence permettant d'apercevoir le contenu.

Le résultat est sensiblement le même que pour les couvercles en PET, une majorité de répondants n'utilisent pas de couvercles en plastique. Seules deux entreprises indiquent utiliser des couvercles en plastique.

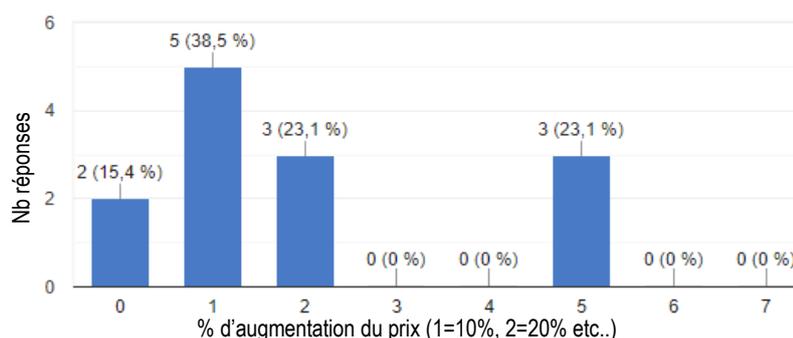
Discussions

Selon cette enquête, la majorité des utilisateurs de bourriches se passent déjà de couvercles en plastique ou en PVC. Ceux qui en utilisent l'expliquent en raison de la fonctionnalité « support d'information » ou « aperçu du produit » mais sont minoritaires. Selon un participant, les couvercles en bois ne sont pas adaptés au cerclage.

Proposition 3 : Substituer le feillard en matière plastique vierge par du feillard en plastique recyclé

S'il est avéré que l'impact environnemental des feillards de cerclage en plastique recyclé est inférieur à celui des feillards de cerclage en matière plastique vierge, seriez-vous prêts à les utiliser (n= 14) ? Si oui, quelle serait la limite d'acceptabilité pour le prix d'un feillard de cerclage en plastique recyclé ?

Résultats



Les répondants sont à 86% favorables à l'utilisation de feillard de cerclage en plastique recyclé. Seulement un précise qu'il y est favorable à condition que cela n'influe pas sur les performances de résistance ainsi que sur le prix. Il y a une seule réponse négative de la part d'un ostréiculteur qui utilise des élastiques pour fermer la bourriche plutôt que du feillard. 60% des personnes favorables sont prêtes à payer 10% ou 20% plus cher le feillard recyclé, et 23% paieraient même jusqu'à 50% plus cher. Néanmoins, il y a peut-être un biais concernant la compréhension de la réponse demandée par rapport à la présentation des choix pouvant porter à confusion (1 = 10%). Certains répondants auraient pu l'interpréter comme (1=1%) ou moins probable, penser que ces données étaient en euros. Il y a aussi peut-être un biais lié à la non-anonymisation des résultats, et donc une potentielle exagération. Sur le même principe que la « promesse de don » : les résultats diffèrent entre les montants annoncés par les donateurs et les montants réels perçus par les receveurs de dons.

Discussions

On constate un engouement général pour cette action. Les répondants ignorent généralement que l'incorporation de matières recyclées dans un produit peut donner une couleur à ce produit et pas forcément celle souhaitée par les utilisateurs. Par exemple, le feillard de cerclage aujourd'hui proposé par un fabricant est de couleur noire ou verte.

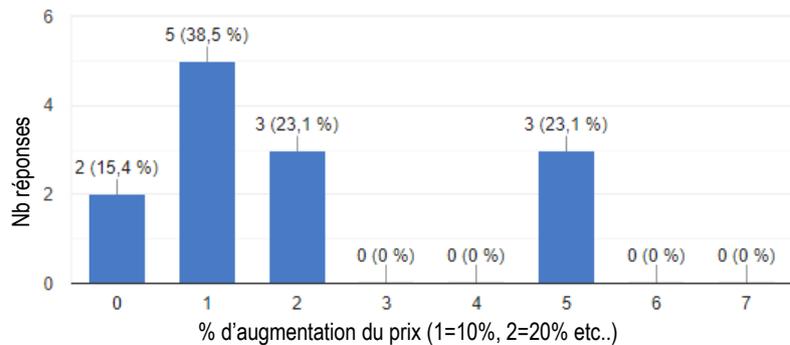
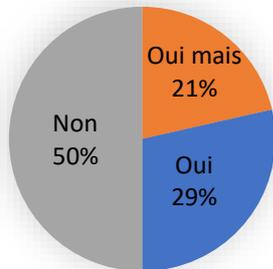
Actions à mettre en œuvre pour substituer le feillard en matière plastique vierge par du feillard en plastique recyclé :

- Solliciter un fournisseur de feillard pour faire remonter la demande des ostréiculteurs.
- Évoquer la possibilité d'utiliser des élastiques pour fermer la bourriche. Une entreprise a indiqué utiliser des élastiques à la place des feillards de cerclage. Les avantages annoncés sont la possibilité d'une réutilisation de l'élastique par la suite, et la possibilité pour le consommateur de pouvoir refermer sa bourriche. L'inconvénient est que la fermeture de la bourriche est manuelle mais selon le professionnel, cela ne demande pas plus de temps.

Proposition 4 : Substituer les bourriches en bois par des bourriches en carton étanche

S'il est avéré que l'impact environnemental des bourriches en carton étanche (recyclé ou non) est inférieur à celui des bourriches en bois, seriez-vous prêt à les utiliser ? Si non, précisez pourquoi ; si oui, quelle serait la limite d'acceptabilité pour le prix des bourriches en carton ? (n=14)

Résultats



50% des répondants sont favorables au remplacement des bourriches en bois par des bourriches en cartons, mais la moitié d'entre eux exigeraient :

- Une étanchéité similaire aux bourriches en bois
- Une solidité/résistance similaire aux bourriches en bois
- Qu'elles soient adaptées au transport (gerbage, palettisation...)
- Que le mode de production soit vertueux.

Par ailleurs, plusieurs répondants affirment avoir déjà testé ce type de bourriches et n'en sont pas satisfaits. Un répondant indique une mauvaise réceptivité de la part des clients préférant les bourriches en bois pour leur aspect « naturel ».

Deux répondants affirment être défavorables à l'utilisation de bourriches en carton du fait de la présence de matériaux plastiques (pour assurer l'étanchéité).

De manière générale, 61,5% des répondants seraient prêts à payer 10% ou 20% plus cher le feillard recyclé. Certains monteraient à 50% plus cher. Néanmoins, il y a peut-être un biais concernant la compréhension de la réponse demandée par rapport à la présentation des choix pouvant porter à confusion (1 = 10%). Certains répondants auraient pu l'interpréter comme (1=1%) ou moins probable, penser que ces données étaient en euros. Il y a aussi peut-être un biais lié à la non-anonymisation des résultats, et donc une potentielle exagération. Sur le même principe que la « promesse de don » : les résultats diffèrent entre les montants annoncés par les donateurs et les montants réels perçus par les receveurs de dons.

Discussions

D'après les retours à cette question, il semblerait que les bourriches en carton soient adaptées à la vente au détail, mais non-adaptées à l'expédition lorsque cela nécessite le gavage des colis. Un seul répondant a indiqué être défavorable du fait de l'aspect esthétique des bourriches en carton, ce qui peut vouloir dire que ce frein n'est pas majeur.

Cependant, il faut aussi garder en tête que les bourriches sont utilisées en bois de cheminée donc elles sont indirectement recyclées.

Un système de consigne pourrait être préconisé, c'est sûrement plus difficile à mettre en place, mais il faudrait explorer la piste malgré tout.

2. Propositions de stratégies pour limiter les impacts des conditionnements conchylicoles

a) Caisses à naissain

i. STRATEGIE 1 : CONTINUER A UTILISER DES CAISSES PSE MAIS MISE EN PLACE D'ACTIONS PREVENTIVES

Via les questionnaires, une analyse du gisement de caisses en polystyrène a pu être effectuée avec :

- L'étude de la localisation des points d'apports PSE
- L'évaluation de la dispersion des PSE à proximité des entreprises ostréicoles.

Recherche et localisation des points d'apport PSE, caractérisation du gisement

L'ensemble des collectivités en charge de la gestion des déchets sur le territoire d'étude (du sud de la Vendée à la Presqu'île de Crozon) ont été interrogées concernant la présence/absence de points d'apports pour PSE au sein de leurs déchetteries et l'accessibilité aux professionnels de la conchyliculture.

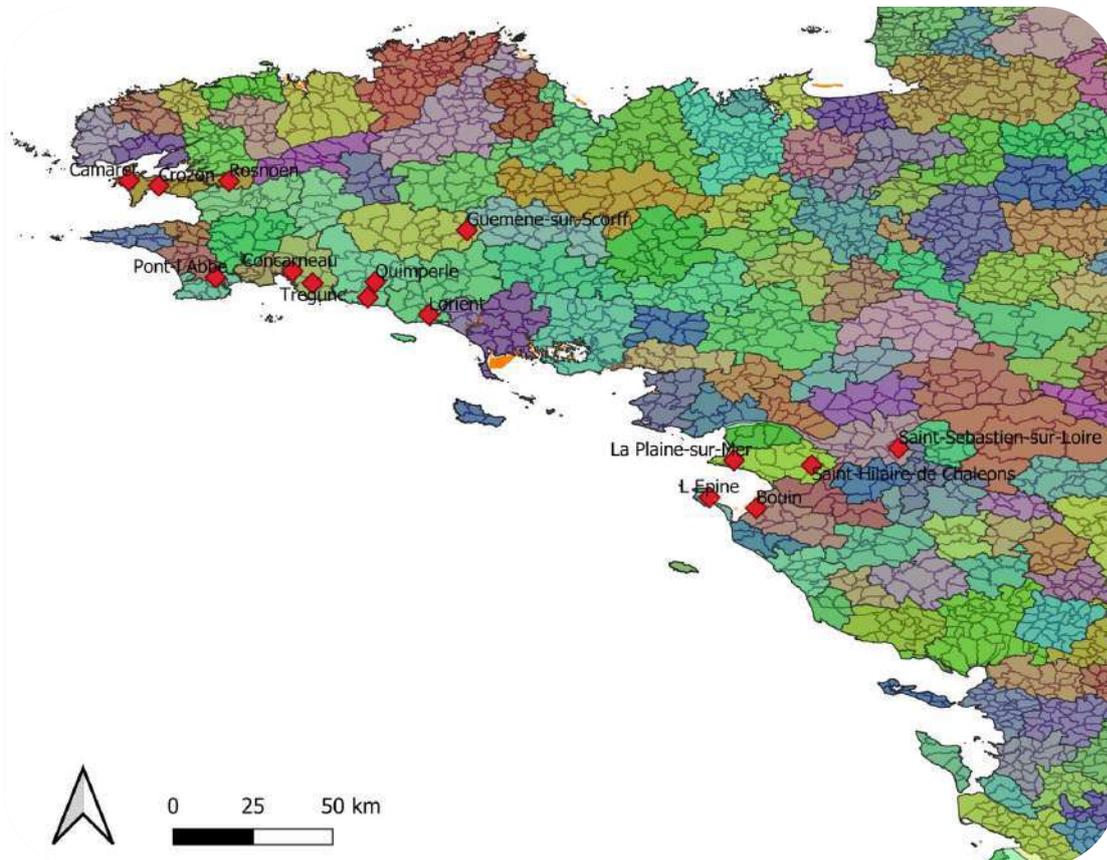


Figure 54 : Carte de localisation des points d'apports pour PSE

On constate un déficit de points d'apports dans le Golfe du Morbihan et en Vendée, là où se trouvent les plus importants gisements estimés de caisses à naissain en PSE. En Vendée, des points d'apports pour le PSE existent dans certaines déchetteries publiques mais le syndicat de gestion des déchets du département, Trivalis, a indiqué que ceux-ci sont réservés aux déchets de PSE « propres » des particuliers, puisque les déchetteries publiques

sont destinées avant tout aux déchets apportés par les particuliers. Les entreprises d'écloserie Vendée Naissain et Marinove proposent à leurs clients ostréiculteurs la reprise des caisses PSE qui sont ensuite réutilisées ou recyclées. D'après les retours des répondants au questionnaire, pour que les caisses PSE soient davantage collectées, le point d'apport doit se situer au sein de la zone de regroupement des entreprises ostréicoles, ou bien en déchetterie publique, sur la même commune que l'entreprise ostréicole.

Évaluation de la dispersion accidentelle de PSE à proximité des entreprises ostréicoles

D'après les retours des répondants au questionnaire, le stockage des caisses à naissain en PSE à l'extérieur est fréquent, et serait à l'origine d'une dispersion accidentelle de PSE aux abords des établissements ostréicoles.

Le CEDRE a été sollicité pour extraire les données de collecte de macrodéchets sur des sites littoraux situés à proximité des établissements ostréicoles. Or, la catégorie « PSE » est relativement récente et concernait uniquement des données acquises depuis 2020. Quoiqu'il en soit, il n'a pas été mis en évidence de corrélation entre la présence de déchets de PSE et la proximité d'entreprises ostréicoles.

Face à ce constat, il est suggéré que si les caisses en PSE sont toujours utilisées, il faudrait le faire en intégrant plusieurs actions préventives (Cf tableau ci-dessous). Ce travail serait à poursuivre dans les années à venir.

Actions	Impacts / points de vigilance
Disposer d'un point de collecte sur zone de production ostréicole, fermé et étanche pour recueillir les caisses usagées. Ce collecteur sera récupéré par un prestataire pour recyclage.	Impact fort car proximité de la zone de dépôt. Réflexion à avoir concernant le financement de cette solution : entreprises d'écloseries et/ou ostréiculture ?
Disposer d'un point de collecte au sein de la déchetterie la plus proche de la zone ostréicole.	Impact faible à modéré car c'est déjà le cas, les professionnels stockent leurs déchets avant de les emmener en déchetterie et le stockage prolongé en extérieur (ou pas) est à l'origine de pertes de PSE dans l'environnement. Certaines structures de gestion des déchets des collectivités sont réticentes à l'idée d'implanter un nouveau point de collecte pour PSE utilisé par les professionnels (tel que Trivalis en Vendée).
Interdire le stockage des caisses en extérieur	Faible impact car difficile à contrôler et à réaliser car les professionnels stockent en extérieur par défaut de place en intérieur
Utiliser lorsque cela est possible des sacs plutôt que des caisses qui sont plus pratiques à stocker et auront moins de risque de se disperser dans la nature	Envisageable pour certaines entreprises d'écloserie interrogées.

ii. STRATEGIE 2 : PREFERER DES ALTERNATIVES DE TYPE CAISSES EN CARTON ETANCHES

Dans les réponses au questionnaire, les caisses en carton étanche proposées par les fabricants SUMBOX et ALL ON PACK ont été jugées pertinentes comme alternatives aux caisses PSE pour les entreprises d'écloserie. Les avantages et inconvénients de la stratégie de remplacement des caisses en PSE par des caisses en carton étanche sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Forces	Faiblesses	Points de vigilance
Moins d'impact en cas de dispersion dans la nature, recyclable si non souillé et pas trop humide, stockage facilité (le carton se plie)	Proportion du produit en plastique (pellicule étanche), recyclabilité à vérifier (état du produit en fin de vie ?) et avis mitigé des collectivités gérant les déchets des communes ostréicoles (Trivalis)	Performances techniques et de conservation à tester (type de transport, durée...), pas d'ACV comparative entre caisses PSE et caisses carton proposées (fabrication plus polluante du carton que du PSE ?)

Face à ces retours, les référents de ces deux entreprises ont fourni des échantillons de leurs produits pour effectuer un premier test avec les 3 entreprises intéressées. Chaque entreprise d'écloserie a été rencontrée individuellement au printemps 2021, pour exposer en premier lieu un bilan sur le projet en ce qui concerne les conditionnements utilisés par les entreprises d'écloserie, puis présenter les deux propositions d'alternatives. Deux entreprises d'écloserie ont ainsi pratiqué un essai avec l'échantillon disponible.

Type de caisse	Essais menés avec un échantillon par les entreprises testeuses	Retours
SUMBOX	Expédition de naissain d'huîtres par voie terrestre (véhicule) en Méditerranée	Bonne conservation du naissain, étanchéité du produit, client satisfait.
	Caisse remplie d'eau laissée en chambre froide durant 24 heures.	Aucune fuite constatée.
ALL ON PACK	Aucun essai mené	Intérêt d'une entreprise d'écloserie pour des expéditions de petites quantités de naissain mais pas d'essai réalisé.

Le premier essai mené avec les caisses carton SUMBOX s'est avéré concluant, les entreprises d'écloserie souhaitent poursuivre avec un essai à plus grande échelle permettant de valider l'usage de ces caisses notamment du point de vue logistique (palettisation, gerbage, envoi par transport aérien...).

Actions à poursuivre pour la suite :

1. Essais d'échantillons de caisses à naissain en carton PE des fabricants VYF Pack et SUMBOX
2. Organiser des rencontres avec les éclosiers du projet pour programmer le test des alternatives et échanger sur le sujet (encourager le réemploi, favoriser le retour des caisses PSE, privilégier les sacs...).

b) Sacs de vente en gros

Actions	Forces	Faiblesses
Utilisation de sacs en matières recyclées existants	La société FILT propose des sacs « Rashel » conçus à partir de 100% de polyéthylène recyclé. (Dimensions : 61*47cm, 25kg)	Les sacs Rashel sont utilisés par une minorité d'entreprises conchylicoles, ils sont plus fragiles mais pourraient être testés. Les sacs les plus utilisés sont en polypropylène tissé.
Utilisation de sacs en matières recyclées en remplacement des sacs en PP tissé	Fortes attentes des professionnels pour ce genre de produits.	Produit encore inexistant.
Utilisation de sacs recyclables en remplacement des sacs en polypropylène tissé.	<p>Filières de recyclage existantes et en développement pour les plastiques souples (films) de type PEBD en France.</p> <p>Ce sont les utilisateurs finaux qui doivent mettre en place une démarche de valorisation des sacs usagés (GMS, poissonneries, restaurateurs...).</p> <p>L'évolution de la réglementation concernant les déchets va pousser ces utilisateurs finaux à améliorer ces pratiques.</p>	<p>Impossibilité de créer un sac semblable au polypropylène tissé. Le sac devra être de type film micro-perforé.</p> <p>Aujourd'hui, les sacs de vente en gros récupérés par les poissonneries ne sont pas recyclés, pour plusieurs raisons :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Présence de souillures du type « jus » au fond du sac - Faible gisement - Matériaux non recyclables dans les filières existantes.

c) Sacs de vente directe

Actions	Forces	Points de vigilance
Création d'un contenant réemployable adapté aux productions coquillées.	Attentes fortes de la profession pour cette action. Le contexte actuel est propice à la mise en place de ce genre de démarche.	Phase de définition d'un cahier des charges indispensable. Le contenant doit répondre aux attentes des utilisateurs (professionnels et clients), et posséder des fonctionnalités propres à son usage (résistance, étanchéité, facilité de lavage/séchage, durabilité, personnalisation...).
Campagne de sensibilisation et stratégie pour encourager le réemploi	Nécessaire pour faire adopter aux clients l'habitude du réemploi d'un contenant et sensibiliser aux bonnes pratiques d'hygiène.	Phase de définition de la stratégie pour la campagne de sensibilisation en amont de sa mise en place pour éviter la perte de temps.

d) Bourriches

Actions	Forces	Faiblesses
Communiquer aux utilisateurs les meilleures pratiques :	Les CRC peuvent communiquer ces bonnes pratiques aux entreprises.	
Proscrire l'utilisation de couvercles de bourriches en PVC, préférer l'utilisation de couvercles en bois ou en carton	Alternatives existantes et fonctionnelles.	Les conchyliculteurs ne sont pas forcément informés sur les matières composant les éléments des bourriches.
Préférer l'utilisation d'élastiques (réutilisables) plutôt que du feillard (jetable, non recyclable).	Alternative facile à mettre en place.	Non applicable pour toutes les entreprises, notamment lorsque le cerclage est mécanisé.
Préconiser aux Coopératives maritimes d'indiquer systématiquement l'origine du bois des bourriches commercialisées et les labels en vigueur (FSC, PEFC).	Le bois utilisé est en majorité issu de forêts durablement gérées, ce qui peut être une information intéressante pour les conchyliculteurs à communiquer à leurs clients.	À l'initiative des Coopératives Maritimes.
Utiliser du feillard de cerclage en matériaux recyclés.	Utilisateurs intéressés et prix pas forcément plus élevé.	Le feillard adapté au cerclage de bourriche n'existe pas encore, les fabricants sont à contacter.
Réaliser des analyses de cycle de vie comparatives entre les bourriches de différentes matières : bois, carton recyclé... pour connaître les meilleures recommandations environnementales.	Les analyses de cycle de vie sont les meilleurs outils d'aides à la décision. Le CRC Charente-Maritime a engagé cette démarche pour les bourriches via l'appui technique du CRITT Agro-alimentaire de La Rochelle ³⁵	Prestation coûteuse si effectuée par un bureau d'étude (coût base de données et logiciel). Requière l'accès à des informations concernant la fabrication des produits.

VI. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Selon la loi, les entreprises conchylicoles sont tenues de gérer les déchets qu'elles émettent. Afin de réduire l'impact des déchets sur l'environnement, de plus en plus de contraintes législatives sont mises en place et les conchyliculteurs se sentent concernés par ce sujet. Cet intérêt s'est manifesté via leur implication lors des ateliers d'échanges ou des questionnaires de recueil d'informations envoyés au cours du projet. Ce sont environ 10% des conchyliculteurs de Bretagne Sud et de Pays de la Loire qui ont participé et la plupart ont déclaré avoir un fort intérêt pour le sujet.

Un premier questionnaire a permis de réaliser un état de l'art et de mettre en avant les principaux conditionnements ainsi que leur mode de gestion par les conchyliculteurs. Ainsi, les conditionnements les plus utilisés sont :

- Les caisses en PSE ;
- Les sacs de vente en gros ;

³⁵ D'après les informations transmises par Laurent Champeau, Directeur du CRC Charente-Maritime en novembre 2021. Site internet du CRITT : <https://crittia.com/>

- Les sacs de vente directe ;
- Les bourriches.

Ils sont majoritairement fabriqués en plastiques, mis à part pour les bourriches qui sont généralement en bois. Pour la plupart, il n'existe pas ou très peu de traitements en fin de vie. Seul un faible pourcentage des caisses en PSE et bourriches est recyclé, le restant s'acheminant essentiellement vers les incinérateurs et centres d'enfouissement technique.

D'un point de vue technique et économique, ces conditionnements conviennent à leurs utilisateurs, mais leur impact environnemental et l'absence de valorisation de ces derniers sont un véritable problème aux yeux des professionnels. Pour tous ces emballages, 90% des personnes interrogées sont intéressées par une alternative plus durable. C'est pourquoi, un inventaire et un second questionnaire ont été réalisés pour identifier les alternatives potentielles. Ce questionnaire a permis d'évaluer le champ des possibles, de proposer ces solutions aux professionnels et de connaître leur intérêt pour celles-ci.

Pour tous les conditionnements utilisés, la solution de réduction semble difficilement réalisable, voire impossible. Les efforts doivent donc se concentrer sur l'utilisation de matières durables, la valorisation et la réutilisation. Les résultats de ces enquêtes ont permis de mettre en évidence 4 actions à réaliser dans un futur proche, afin de réduire l'impact des conditionnements sur l'environnement. Ainsi, il est suggéré de :

- Approfondir les essais de caisses à naissain en carton étanche ;
- Tester des sacs de vente en gros en plastique recyclé et/ou recyclables ;
- Définir et tester des contenants réemployables, lavables pour la vente directe ;
- Communiquer autour des pratiques à adopter pour réduire l'impact des bourriches à huîtres.

BIBLIOGRAPHIE

ADEME. (2015). *Le compostage - fiche technique* (Vol. 2015).

ADEME, Lagnet, C., Monlau, F., Jacquet, C., Lallement, A., Cazaudehore, G., César, G., Gastaldi, E., Touchaleaume, F., Copin, D., & Deroine, M. (2020). *Revue des normes sur la biodégradabilité des plastiques – Rapport final*. 1-111.

ADEME, Lagnet, C., Monlau, F., Jacquet, C., Lallement, A., Cazaudehore, G., César, G., Gastaldi, E., Touchaleaume, F., Copin, D., & Deroine, M. (2020). *Revue des normes sur la biodegradabilite des plastiques - Synthèse*. 1–34.

Ecole Centrale de Lille, Bigand, M. (2013). *Cours Analyse Fonctionnelle*.

Ecole Centrale de Lille, Capron, V., & Bachelet, R. (2008). *Guide de l'Analyse Fonctionnelle*.

Chambre d'Agriculture Occitanie. (2019). *Guide du compostage à la ferme*.

CITEO. (2020). *R&D Emballages souples Pots et barquettes*.

CITEO. (2021). *Le tarif 2021 pour le recyclage des emballages ménagers*.

Coopération Maritime. (2018). *Le projet PECHPROPRE. Préfiguration pour la mise en place d'une filière volontaire de gestion des engins de pêche usagés*.

Coopération Maritime. (2020). *PECHPROPRE 2. Animation de réseaux d'acteurs et réflexion sur la mise en PLACE d'une filière volontaire de gestion des engins de pêche usagés contenant du plastique*.

Université de Bretagne-Sud, Deroine, M. (2014). *Étude du vieillissement de biopolymères en milieu marin*. 1-254.

Dussud, C., & Ghiglione, J. (2014). *La dégradation des plastiques en mer* <https://www.Sfecologie.Org/Regard/R63-Plastiques-En-Mer-Dussud-Et-Ghiglione/> 1, 2, 9.

EUMEPS. (2018). *EPS Recycling in Europe. An inventory* (Issue September). <https://stybenex.nl/wp-content/uploads/2018/09/2018-EPS-Recycling-in-Europe-2017-EUMEPS-1.pdf>

European bioplastics. (2020). *Bioplastics facts and figures*. In *EMPA Activities* (Issue 2010).

SMEL, Fernandes-Dias, A., Herault, T., & Minso, G. (2021). *Comparaison des propriétés mécaniques et chimiques des filets de "catinage" biosourcés et compostables*.

Gontard, N., Bruzard, S., & Ghiglione, J.-F. (2019). *Les bioplastiques biodégradables et compostables*. 43.

ORDIMIP, Guinard, L., Deroubaix, G., Roux, M., Levet, A., & Quint, V. (2015). *Évaluation Du Gisement De Déchet Bois Et Son Positionnement Dans La Filière Bois/Bois Énergie*. 19–116.

SMEL, Hégron, A. (2019). *Utilisation de la larve d'Oursin (Parcentrotus lividus) pour tester la toxicité de matériaux plastiques issus de la pêche et de la conchyliculture*.

SMIDAP, Maheut, J. (2020). *BIOFILET - Évaluer des prototypes de filets mytilicoles biosourcés et compostables*. 1–46.

Marteil, L. (1979). *La conchyliculture française. L'ostreiculture et la mytiliculture*. *Revue Des Travaux de l'Institut*

Des Pêches Maritimes, 43(1), 10–130.

Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la P. (2018). *Guide de classification des sous-produits animaux et de leurs devenir*. 1–84.

Pacte National Emballages plastiques. (2020). *Rapport d'activités et de progrès 2020*.

Parlement Européen ; Conseil de l'Union Européenne. (2019). *DIRECTIVE (UE) 2019/904 DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 5 juin 2019 relative à la réduction de l'incidence de certains produits en plastique sur l'environnement*. 2, 1–19.

Région Bretagne. (2020). *Plan Régional de Prévention et de Gestion des Déchets (PRPGD) de Bretagne*.

Région Pays de la Loire. (2019). *Élaboration du plan régional de prévention et de gestion des déchets et du PLAN d'actions pour l'économie circulaire Compte rendu Commission consultative d'élaboration et de suivi n° 6*. 6, 1–8.

Rezvani Ghomi, E., Khosravi, F., Saedi Ardahaei, A., Dai, Y., Neisiany, R. E., Foroughi, F., Wu, M., Das, O., & Ramakrishna, S. (2021). The life cycle assessment for polylactic acid (PLA) to make it a low-carbon material. *Polymers*, 13(11), 1–16. <https://doi.org/10.3390/polym13111854>

SMEL, Ivamer, Natureplast. (2017). *Sous-produits et déchets plastiques des filières pêche, conchyliculture et algues en Normandie: Potentiels de valorisation en plasturgie*.

Université Frères Mentouri, Spriet, C., & Waharte, F. (2006). *Anatomie et fonctionnement du microscope optique*. 1–24

Juridique

D. n°2022-507, 8 avril 2022, relatif à la proportion minimale d'emballages réemployés à mettre sur le marché annuellement, NOR : TREP2136706D, Art. 67

L. n°2020-105, 10 février 2020, relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire (1), NOR : TREP1902395L, Art. 72

Sitographie

Challenges. (18 novembre 2021). *Hausse des prix du fret maritime : La CnuCED alerte contre l'inflation*. Challenges. https://www.challenges.fr/economie/hausse-des-prix-du-fret-maritime-la-cnuCED-alerte-contre-l-inflation_789328

European Bioplastics. (décembre 2021). <https://www.european-bioplastics.org/market/>

Inbach,Romain ; Dagorn Gary. (22 octobre 2021). *Des puces électroniques au plastique : les raisons d'une pénurie mondiale*. Le Monde. https://www.lemonde.fr/les-decodeurs/article/2021/10/22/penuries-les-causes-du-grippage-de-l-economie-mondiale_6099580_4355770.html

Polito, Tiziano. (02/12/2021). *La production de bioplastiques va tripler d'ici à 2026*. Emballages Magazine. <https://www.emballagesmagazine.com/tous-secteurs/la-production-de-bioplastiques-va-tripler-d-ici-a-2026.67116>

Polyvia. (5 août 2021). *Prix du plastique : les prévisions 2021 mises à jour*. Polyvia <https://www.polyvia.fr/fr/economie/prix-du-plastique-les-previsions-2021-mises-jour>

Takeawaste. (3 juin 2019). *Déchets : Quels sont les seuils de collecte gratuite des filières REP*. Take a waste. <https://takeawaste.fr/dechets-quels-sont-les-seuils-de-collecte-gratuite-des-filieres-rep/>

Total energies. (24 septembre 2020). *Transition énergétique : Total transforme sa raffinerie de Grandpuits en une plateforme zéro pétrole de biocarburants et bioplastiques grâce à un investissement de plus de 500 millions d'euros*. Total énergies <https://totalenergies.com/fr/medias/actualite/actualites/transition-energetique-total-transforme-sa-raffinerie-grandpuits>

FIGURES

Volet 1

Figure 1: Fonctionnement d'une filière REP (source:takeawaste.fr).....	12
Figure 2 : Étapes de fabrication des filets de catinage biosourcés et compostables extrudés	15
Figure 3 : Etapes de fabrication des filets de catinage biosourcés et compostables tricotés	18
Figure 4 : Cartographie des sites tests des filets mytilicoles biosourcés et compostables sur pieux de bouchot..	22
Figure 5 : Décomposition des différentes étapes de manipulation et de suivi des filets au cours du cycle mytilicole	24
Figure 6: Préparation des longueurs de filets avec un outil circulaire permettant la découpe selon une mesure souhaitée.....	25
Figure 7 : Préparation des longueurs de filets à l'aide d'un banc de mesure	Erreur ! Signet non défini.
Figure 8: Filet en Sea212 noué	25
Figure 9 : Étape d'enfilage du filet sur le guide Ici avec un filet tricoté Ponsa	Erreur ! Signet non défini.
Figure 10 : Étape de pose/catinage sur le pieu Ici avec un filet tricoté, l'opérateur doit tenir le filet	Erreur ! Signet non défini.
Figure 11 : À gauche, pieu avec filet chaînette Ponsa présentant plusieurs casses importantes de mailles nuisant à la fonctionnalité du filet. A droite : pieu avec filet chaînette Ponsa présentant une ouverture en tête de pieu ne nuisant pas à la fonctionnalité du filet (Site de Banc du Nord)	27
Figure 12 : Vue des pieux catinés avec des filets chaînette Ponsa. En 6 mois et demi, aucune casse de maille n'est constatée sur ces filets (Site de Kervoyal 1)	27
Figure 13 : Vue des filets extrudés en 23g.m (Site de Banc du Nord).....	27
Figure 14 : Vue des pieux avec filets extrudés en 23g.m (Site de La Northe).....	27
Figure 15 : Vue de la pêcheuse après pêche des pieux, ici avec le filet extrudé compostable problématique.	30
Figure 16 : La pêcheuse s'ouvre pour relarguer son contenu dans le dégrappeur.....	30
Figure 17 : Vue de l'intérieur du dégrappeur avec différents filets de catinage.	30
Figure 18:Vue des filets pris dans les couteaux du dégrappeur (arrière de la machine).	31
Figure 19 : Tapis roulant acheminant les moules jusqu'à la chaîne de lavage.....	31
Figure 20: vue de la laveuse	31
Figure 21 : Vue des moules en sortie de laveuse arrivant dans le géobox (caisse-palette).....	31

Figure 22 : déchets en sortie de chaîne de lavage.....	31
Figure 23 : déchets de filets récupérés dans le dégrappeur.....	31
Figure 24: Mécanisme global de la biodégradation (Deroine, 2014, p. 40)	34
Figure 25: Diagramme d'état des polymères (Par Frakir, Travail personnel)	37
Figure 26: État désordonné (amorphe) du gaz et des liquides. Etat ordonné (cristallin) des solides à l'exception des verres et de certains polymères (Université Numérique des Sciences Odontologiques Francophones, 2010)	37
Figure 27 : Microscope optique Axio Imager 2 utilisé par les étudiants pour cette étude.	37
Figure 28: Vue de la machine de traction (traction radiale en X).....	38
Figure 29: Modélisation des contraintes en X et en Y exercées par la pousse des moules sur le filet.....	38
Figure 30: filets sur pieux non garnis de moules	40
Figure 31: échantillon de filet récupéré après 8 mois d'immersion en milieu marin.....	40
Figure 32 : Observations de la surface d'un filet Sea212 de diamètre 0,8 mm (1-2) non-vieilli au microscope optique objectif x5 (1a) et x20 (2a), vieilli 1 an en mer x5 (1b), x20 (2b), vieilli 1 an et 6 mois en mer x5 (1c), x20 (2c) et un filet de diamètre 0,6 mm (3) vieilli 6 mois sous UV x5 (3a), x20 (3b)	42
Figure 33 : Histogramme des forces de traction selon x et y de chaque échantillon de filet	43
Figure 34 : Comparaison des échantillons pour l'allongement des mailles après utilisation (source : Seabird)..	46
Figure 35 : Vue des éléments composant le « système » à composer, en bas à droite : les sachets maillés contenant les échantillons de filet, à gauche, les mini-poches ostréicoles.	Erreur ! Signet non défini.
Figure 36 : Vue de l'andain et des dispositifs installées en chapelets	Erreur ! Signet non défini.
Figure 37 : Vue des deux chapelets de dispositifs et des bouts de matérialisation de l'expérimentation.	Erreur ! Signet non défini.
Figure 38 : Vue de la balance et des tamis utilisés pour cette expérimentation, de gauche à droite : 1mm, 2mm, 5mm.	51
Figure 39 : Graphique d'évolution des conditions de température à différents points de l'andain (fig.40).....	52
Figure 40 : Représentation de l'andain de compost et des différents points de prise de sonde-température	Erreur ! Signet non défini.
Figure 41 : Principales phases du compostage et processus en jeu (Chambre d'Agriculture Occitanie, 2019)....	52
Figure 42 : Teneurs relatives en % de la valeur limite, conformément à la norme NF U 44-051.....	57
Figure 43: Gradient de pollution et groupes homogènes (Hégron, 2018, p8).....	59
Figure 44 : Graphique indiquant la répartition du coût total de production des filets	61

Volet 2

Figure 45 : Pyramide inversée représentant la hierarchie des modes de traitement des déchets (CESER, mars2015)	66
Figure 46 :synthèse gestion des déchets d'entreprise avec obligation du tri 5 flux	68
Figure 47 : Fonctionnement de la filière REP et emballages.....	69
Figure 48 : Modalités de déclaration annuelle des emballages en 2021 (Citeo,2021).	69
Figure 49 : Territoire couvert par l'étude.....	80
Figure 50 : Cycle de vie des caisses PSE	103
Figure 51 : Cycle de vie des sacs de ventre en gros.....	104
Figure 52 : Cycle de vie des sacs de vente conchylicoles utilisés par les entreprises conchylicoles	114
Figure 53 : Cycle de vie des bourriches utilisés par les entreprises conchylicoles.....	115
Figure 54 : Carte de localisation des points d'apport pour PSE	135

TABLEAUX

Volet 1 :

Tableau 1 : Caractéristiques des filets extrudés produits	17
Tableau 2 : Les différents prototypes de filets testés à l'usage	21
Tableau 3 : Sites des tests en conditions réelles des filets et degré d'exposition correspondant.....	22
Tableau 4 : Synthèse des éléments suivis pour les tests à l'usage.....	23
Tableau 5 : Synthèse des résultats pour l'étape de pose des filets de catinage sur les pieux de bouchot	26
Tableau 6 : Résultats des performances zootechniques.....	28
Tableau 7 : Synthèse des indicateurs et la méthode à appliquer pour chaque étape	30
Tableau 8 : Synthèse des évaluations menées sur les prototypes de filets de catinage biosourcés et compostables	35
Tableau 9 : Échantillons analysés en spectroscopie infrarouge de Fourier (issu du rapport étudiant).....	36
Tableau 10 : Représentation des facteurs abiotiques et biotiques auxquels étaient exposés les échantillons analysés	39
Tableau 11 : Groupements caractéristiques chimiques identifiés sur les échantillons non vieillis.....	41
Tableau 12 : Synthèse des résultats obtenus après l'étude par DSC des échantillons extrudés, non maillés	41
Tableau 13 : Données obtenues pour les échantillons de filets testés (source : Seabird).....	46
Tableau 14 : Détails sur les échantillons, le matériel de compostage et d'analyses	49
Tableau 15 : Synthèse des résultats concernant l'aspect visuel des échantillons récupérés.....	54
Tableau 16 : Résultats pour l'échantillon de filet à l'essai de désintégration (duplicats)	57
Tableau 17 : Comparaison des prix des filets conventionnels et biosourcés, compostables en sortie d'usine	60
Tableau 18 : synthèse des obligations pour les professionnels en fonction des quantités de déchets et du gestionnaire de collecte.....	67
Tableau 19 : Synthèse de la réglementation Européenne sur l'usage de conditionnement pour les denrées alimentaires	74
Tableau 20 : Synthèse de la réglementation sur le conditionnement et l'expédition de mollusques bivalves vivants	75
Tableau 21 : Vademecum Général, Version 2.1, octobre 2017 (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation) Sous-item C402 : Gestion des conditionnements et des emballages, p67.....	76

Tableau 22 : Vademecum Général, Version 2.1, octobre 2017 (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation) Sous-item C402 : Gestion des conditionnements et des emballages, p68.....	78
Tableau 23 : Vademecum Sectoriel : centres de purification et d'expédition de mollusques bivalves vivants, Version 2.1, décembre 2017 (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation). Sous-item C402 : Gestion des conditionnements et des emballages, p23.	79
Tableau 24 : Nombre de caisse utilisées annuellement par catégories professionnelles.....	85
Tableau 25 : Synthèse des points forts et points faibles pour le conditionnement en caisse PSE du point de vue des utilisateurs.....	88
Tableau 26 : Synthèse des points forts et faibles des sacs de vente en gros, du point de vue des utilisateurs	93
Tableau 27 : Synthèse des points forts et faibles des sacs de vente directe, du point de vue des utilisateurs	97
Tableau 28 : Synthèse des points forts et faibles des bourriches, du point de vue des utilisateurs	100
Tableau 29 : Liste des conditionnements autres utilisés par les professionnels	101

ANNEXES

Volet 1 : Filets

Annexe 1 : Cahier des charges - filet mytilicole extrudé et compostable

Annexe 2 : Cahier des charges des filets tricotés

Annexe 3 : Rapport d'étude rhéologique de SEABIRD

Annexe 4 : Rapport projet POLYTECH

Annexe 5 : Rapport d'analyses mécaniques de Seabird

Annexe 6 : Rapport norme EN13432 – test de désintégration Eurofins

Volet 2 : Conditionnements

Annexe 7 : Questionnaire conditionnement et emballages en conchyliculture

Annexe 8 : Note DRAAF Bretagne réemploi conditionnement coquillages vente directe

Annexe 1

Cahier des charges

Filet mytilicole extrudé biosourcé et compostable

1. Présentation du projet

Projet de développement durable en conchyliculture qui s'inscrit dans le projet plus global « FILALTIQ » porté par le SMIDAP, financé par l'Appel à Projets Pêche et Aquaculture proposé par la Région Pays de la Loire. Le projet FILALTIQ est réalisé en partenariat avec le Comité Régional Conchylicole des Pays de la Loire et le Comité Régional Conchylicole de Bretagne Sud.

1.1 Contexte

Les mytiliculteurs exploitant des concessions de moules de bouchot ont recours à l'utilisation de filets dits « de catinage », aussi appelés « catins ». Ces filets circulaires en mailles losanges ou carrées sont enfilés sur les pieux de bouchot afin de contenir la pousse des moules et d'éviter la perte de grappes de moules. Les filets utilisés par les producteurs sont fabriqués à partir de matières plastiques (polypropylène, polyéthylène, polyester). Ils n'ont pas vocation à être dispersés dans le milieu marin mais une petite proportion de la quantité totale de filets utilisée est involontairement perdue dans le milieu marin, contribuant à la pollution globale des océans par le plastique. Cette problématique environnementale résultant de l'usage de ces filets est double puisque les filets en fin de vie, collectés par les mytiliculteurs ne peuvent être valorisés et sont traités en Installations de Stockage des Déchets Non Dangereux (ISDND), soit en enfouissement en conditions contrôlées.

Ce projet s'inscrit dans un optique de développement durable pour la profession mytilicole puisqu'il vise à développer une alternative biodégradable (au minimum en compostage industriel) pour ce type de filets.

1.2. État de l'existant

Les filets de catinage utilisés actuellement par la profession mytilicole sont fabriqués à partir de matière pétrosourcée non biodégradable : polypropylène, polyéthylène, polyester. Les filets peuvent être conçus à partir de différentes techniques : tissage (bandelettes de polyéthylène haute densité), tricotage (polypropylène ou polyester) ou extrusion (polypropylène ou polyéthylène). Dans le cadre du projet BIOFILET porté par le SMIDAP et débuté en mars 2019, les filets biosourcés et compostables proposés par la société Intermas ont été évalués sur plusieurs aspects : durabilité en milieu marin, tests à l'usage, éco-toxicité, compostage... Le prototype proposé par la société Intermas en 2019, composé en partie de PLA est pour le a été jugé inadapté en raison de la trop grande fragilité de ses mailles, notamment du nœud faisant la jonction entre les mailles. Le projet BIOFILET a permis également de recenser un autre fabricant de filets mytilicoles compostables : la société espagnole Ecoplas. Le filet est plus résistant en manipulation mais dû à la trop faible quantité de matière envoyée, seulement trois professionnels ont pu le tester en Région Pays de la Loire et Bretagne Sud sur quelques pieux, ce qui n'est pas représentatif. Une nouvelle demande d'envoi de matière a été effectuée au printemps 2020 pour des tests sur le cycle de production 2020-2021. La société espagnole Polisilk propose du fil fabriqué à partir d'une matière PLA provenant de la société Nature Works. La matière première a été testée en adéquation avec les résultats attendus aux tests de dégradation aérobie et d'écotoxicité selon les prérequis de la norme européenne EN13432. En revanche, le fil en produit fini tel que commercialisé par Polisilk ne possède pas la certification EN13432. Il en est de même pour le filet qui est fabriqué à partir de ce fil. Il serait proposé en test par un fabricant français de filet mytilicole tricoté (société FILETS).

1.3 Références/projets similaires

- Projet BIOFILET : évaluation de filets de catinage extrudés biosourcés et compostable proposés par la société Intermas et la société Ecoplas. Les filets extrudés Intermas se sont avérés trop fragiles, les filets Ecoplas, testés en quantité moindre sont toujours en test (premier rapport technique disponible sur le site internet du SMIDAP¹).

¹ <https://www.smidap.fr/rapports-et-etudes-techniques-conchyculture.html>

- Projet pilote : Mise au point de coupelles pour la captation de naissains d'huîtres à base de matériaux biosourcés/biodégradables (avec intégration de sous-produits coquilliers), projet piloté par le CRC Charente Maritime

Projet INdiGo (Interreg) : mise au point d'un matériau biosourcé et biodégradable en milieu marin pour la fabrication de filets de pêche et de filets mytilicoles. (2019-2023)

1.4 Objectifs

Ce projet doit permettre la mise au point d'un filet de catinage biosourcé et compostable extrudé adapté aux besoins de l'activité mytilicole. Ce filet devra témoigner d'un impact environnemental neutre ou positif sur le milieu marin ainsi que d'une capacité de dégradation adéquate en valorisation organique, au minimum en conditions de compostage industriel (certification par les normes en vigueur).

2. Expression fonctionnelle du besoin

2.1. Définition du système étudié

Le système étudié est le filet de catinage biosourcé et compostable.

Son environnement est composé (à l'usage) des pieux de bouchot sur lesquels sont fixées les moules, des utilisateurs et des outils utilisés, des conditions du milieu marin ainsi que du milieu extérieur.

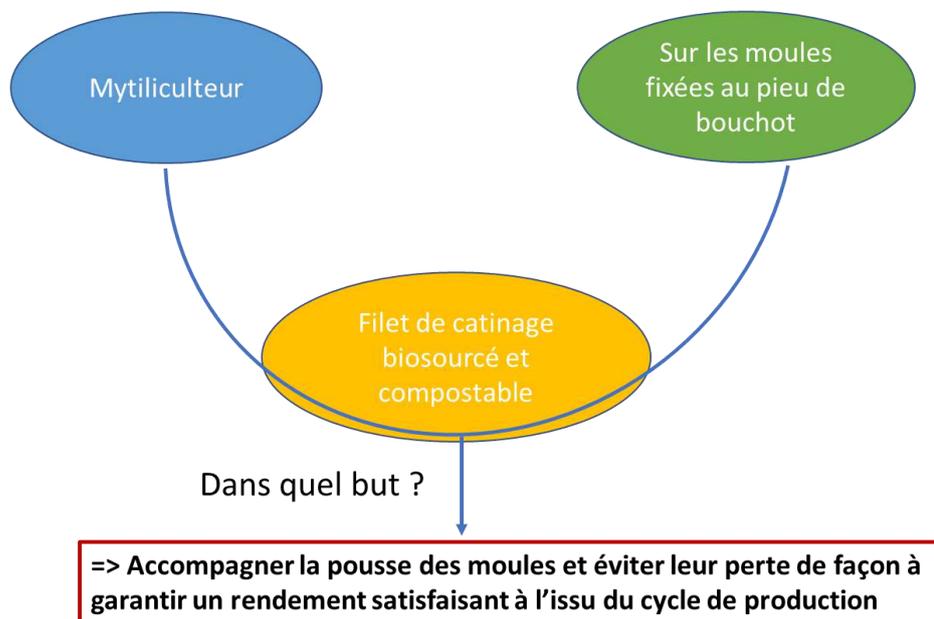
En stockage, le système est composé du filet de catinage et de la bobine sur laquelle il est enroulé.

Son environnement comprend alors le lieu de stockage et les conditions qui lui sont liées, les outils de préparation des filets utilisés et les utilisateurs.

2.2 « bête à corne » permettant une expression graphique du besoin

À qui/quoi le système rend-il service ?

Sur qui/quoi le système agit-il ?



Le filet de catinage extrudé doit pouvoir être enfilé sur un pieu de bouchot puis accompagner la pousse des moules de bouchot en évitant la perte de grappes de moules.

3. Analyse fonctionnelle

3.1 Phases du cycle de vie et leur environnement

SITUATION/ÉTAPES	ENVIRONNEMENT (INTERACTEURS DU SYSTEME)	FONCTIONS CORRESPONDANTES
Fabrication	Conditionnement en bobines	Être conditionné en bobines
Distribution Transport	Moyens logistiques : palettes, cartons	Être conditionné de façon optimisée, ne pas s'altérer avec le transport
Stockage	Établissement du producteur : couvert mais non chauffé Ponctuellement : en extérieur, dans les navires	Résister aux conditions de stockage
Utilisation.manipulation Mesure et découpe de longueurs de filets	Un utilisateur Outils de mesures de longueurs de filets Outil pour découper (type couteau aiguisé)	Être déplié de façon à être mesuré et découpé de façon pratique.
Utilisation.manipulation Enfilage sur le guide Nœud en tête de filet	Un utilisateur Engin à catiner de différents diamètres (voir photo)	Pouvoir être ouvert puis enfilé manuellement sur un appareil circulaire de dimensions adaptées au filet, avec peu ou pas de casse de mailles
Utilisation.manipulation Pose sur le pieu (=catinage)	Un utilisateur Engin à catiner Pieu de bouchot fixé en milieu marin (alternance immersion du pieu en fonction des marées) Boudin de moules (présence d'un crochet possible) OU Captage naturel de moules	Recouvrir l'intégralité d'un pieu de bouchot Accroche suffisante pour couvrir l'intégralité du pieu Pouvoir rester ouvert circulairement sur le pieu (sans casse de mailles)
Utilisation.tenue Développement des moules sur un cycle de production	Pieu de bouchot fixé en milieu marin (alternance immersion du pieu en fonction des marées) Moules en croissance (=abrasion) Conditions du milieu marin Conditions météorologiques de plein air (rayonnement UV notamment) Filets posés précédemment sur le pieu (voir tableau saisonnalité des filets)	Résistance suffisante aux conditions du milieu marin et aux conditions météorologiques Permettre aux moules de passer au travers des mailles du filet Accompagner la pousse des moules sans la contraindre (souplesse)

Utilisation.manipulation Pêche du pieu	Pieu de bouchot Moules Pêcheuse à bras hydraulique sur un chaland mytilicole et son opérateur Milieu marin	Contenir l'ensemble des moules développées sur le pieu
Fin de vie. manipulation Dégrappage	Dégrappeur à moules : à couteaux ou cylindro-conique (voir en annexes)	Compatibilité avec les machines de dégrappage utilisées par les professionnels : le filet doit pouvoir être séparé des moules Pas ou peu de fragmentation en petits morceaux suite au passage dans le dégrappeur. L'ensemble du volume du filet est collecté dans le dégrappeur.
Fin de vie.manipulation Collecte Stockage	Bac de collecte des sous-produits Benne de stockage	Le filet après dégrappage doit pouvoir facilement être collecté manuellement.
Fin de vie.manipulation Acheminement traitement Stockage	Véhicule de collecte Espace extérieur de stockage dédié	Le filet usagé et les sous-produits issus du dégrappeur doivent pouvoir être collectés, transportés et stockés.
Fin de vie.manipulation Traitement	Compostage Méthanisation	Le filet et les sous-produits doivent répondre à la norme européenne EN13432, ou équivalent certifiant la bonne aptitude du matériau à la dégradation organique au minimum en conditions de compostage industriel.
Fin de vie Pertes accidentelles en milieu marin	Conditions du milieu marin (Golfe de Gascogne)	Fragmentation, dégradation puis bio-assimilation en milieu marin : impact environnemental neutre (ou positif)

3.2 Caractérisation de chaque fonction

Fonctions

FT : Fonction de Transfert

Une fonction de transfert correspond à une relation entre deux ou plusieurs « interacteurs » avec le produit.

FC : Fonction Contrainte

Une fonction contrainte correspond à une relation directe d'un « interacteur » avec le produit.

Flexibilité

- Flexibilité nulle F0 : niveau impératif
- Flexibilité faible F1 : niveau peu négociable
- Flexibilité moyenne F2 : niveau négociable
- Flexibilité forte F3 : niveau très négociable

Filet conventionnel : filet mytilicole extrudé en plastique (monofilaments)

N°	Intitulé	Critères d'appréciation	Niveau du critère	Flexibilité	Compléments
FC1	Pouvoir être conditionné en bobines de façon mécanisée	Résistance Élasticité Épaisseur Longueur/bobine (m)	Similaire filet conventionnel L(min) = 350m Catinage de 100 pieux	F3	
FC2	Résister aux conditions de stockage en intérieur	Température Humidité Durée	-10°C < T°C < 40 30 < φ% < 100 ² 0 < D (mois) < 12	F1	Peu de stockage sauf filants restants années précédentes
FC3	Être déplié linéairement et à plat à partir de la bobine afin de permettre des mesures de longueur	Élasticité Rigidité	Similaire aux filets conventionnels	F2	
FC4	Pouvoir obtenir des longueurs de filets souhaitées à partir d'une bobine	Résistance Épaisseur Durée découpe	Similaire aux filets conventionnels	F2	
FC5	Permettre à l'opérateur d'effectuer un nœud avec le filet	Épaisseur (grammage) Résistance Flexibilité Tenue du nœud	Similaire aux filets conventionnels	F2	
FT2	Permettre à l'opérateur d'enfiler le filet sur un engin à catiner	Dimensions engins à catiner Résistance Adhérence Durée d'enfilage	Dimensions engins à catiner 1 maille de cassée pour 1% des filets posés 2 < D(s) < 6	F2	Voir 3. Données techniques
FT3	Recouvrir l'intégralité d'un pieu de bouchot après usage de l'engin à catiner	Longueur pieu Masse volumique de la matière Durée de pose	2.50 < L(m) < 4 ρ > 1 g·cm-3 5 < D(s) < 20	F2	ρ (PLA) = 1,25 g·cm-3
FT4	Pouvoir accompagner la pousse des moules de bouchot et éviter la perte de grappes de moules du pieu	Élasticité Dimensions mailles Résistance Durée de vie	Similaire aux filets conventionnels Pas de casse de mailles 2 ans	F2	3. Données techniques

² Données : Humidité relative minimale φ à Brest, Humidité relative maximale à Brest entre 2017-2020
source : <https://www.wofrance.fr/weather/maps/city>

		(caractéristiques mécaniques préservées)			
FT5	Permettre la croissance des moules en passant au travers des mailles du filet	Forme et dimension des mailles du filet	Mailles losanges, Dimensions similaires aux filets conventionnels	F2 Pour chaque ref : +/- 2mm différence	3.Données techniques
FT6	Permettre au mytiliculteur d'avoir une visibilité des pieux en production sur ses concessions	Couleur du filet par référence (dimensions)	Colorations vives Teintes naturelles ne nuisant pas à la biodégradabilité	F2	Rouge Vert Jaune Bleu
FT7	Permettre au mytiliculteur de récupérer l'ensemble des moules en élevage sur le pieu avec la pêcheuse	État de dégradabilité des filets en fin de cycle de production	Tous les filets posés au cours du cycle de production sont collectés avec la pêcheuse	F1	
FC6	Être compatible avec les machines de dégrappage utilisées par les mytiliculteurs	État de la machine de dégrappage après passage des filets État de dégradation du filet à l'issu du cycle de production	Similaire aux filets conventionnels extrudés	F1	Dépend également des machines de dégrappage utilisées
FC7	Après dégrappage, le filet usagé doit pouvoir être collecté et stocké	Etat de dégradabilité du filet après usage Fragmentation du filet	Fragmentation nulle ou très faible % masse récupérée (masse de départ) 99 <= %m <= 100	F2	
FC8	Pouvoir être dégradé au sein de structures de compostage industriel	Norme EN13432 Durée d'incubation	Voir exigences de la norme Dégradation satisfaisante	F1	
FC9	Pouvoir être dégradé et biodégradé en milieu marin sans impact négatif	Ecotoxicité sur larves d'oursins Durée de biodégradation totale en milieu marin	Taux non significatifs indicateurs (développement, malformations, longueur spicules) Maximum : 10 ans	F1	Voir travaux du SMEL

3.3 Spécifications non fonctionnelles

Les spécifications non fonctionnelles sont toutes les spécifications qui n'expriment pas une fonction du produit
→ Couleur du filet

4. Données techniques

4.1 Lien entre références des filets et cycle de production mytilicole

Sur un cycle de production, au moins deux filets sont posés sur les pieux de moules de bouchot.

Références filet extrudé <i>nombre de mailles par circonférence'longueur côté d'une maille</i>	Période de pose	Durée sur le pieu (mois)	Complément
18'36 / 17'50 / 18'43	Juillet – fin septembre	min : 12 , Max : 17-18	Tous producteurs
17'50/18'43	Novembre-décembre	min : 7, Max : 10-11	Non systématique : dépend des pratiques et des secteurs
17'50/18'43/18'55	Avril-juillet	min : 3, Max : 8-9	Tous producteurs

4.2 Synthèse dimensions de l'engin à catiner par référence de filet de catinage

Référence filet	18'36	18'43	17'50	18'55
Dimensions guide				
Diamètre moyen	34.2 (4)	39.8 (2)	43.8 (3)	50.5 (2)
Diamètre maximum	35	40.5	45	51
Circonférence	107,4 (2)	125.8 (2)	138.6 (3)	157.5 (2)

4.3 Équivalences références filets Interma/Galloplastik

RÉFÉRENCES UTILISÉES	
Interma (longueur filament)	Proposition équivalence Galloplastik (longueur filament)
18'36 (70 mm)	36/P/75 (74mm)
18'43 (92 mm)	36/P/90 (93 mm)
17'50 (99 mm)	34/P/100 (100mm)
18'55 (100 mm)	36/P/105 (105 mm)
Précisions sur la signification des références	
Le premier chiffre correspond au nombre de maille par circonférence de filet	Le premier chiffre correspond au double du nombre de maille par circonférence de filet
Le deuxième chiffre correspond à la longueur d'un côté de maille	Le deuxième chiffre correspond à la longueur du filament de la grande diagonale
Le <i>chiffre en italique</i> est égal à la longueur de la grande diagonale du losange de la maille lorsque celle-ci est étirée au maximum (sans compter le nœud/point de jonction des mailles) mesurée avec un pied à coulisse électronique.	

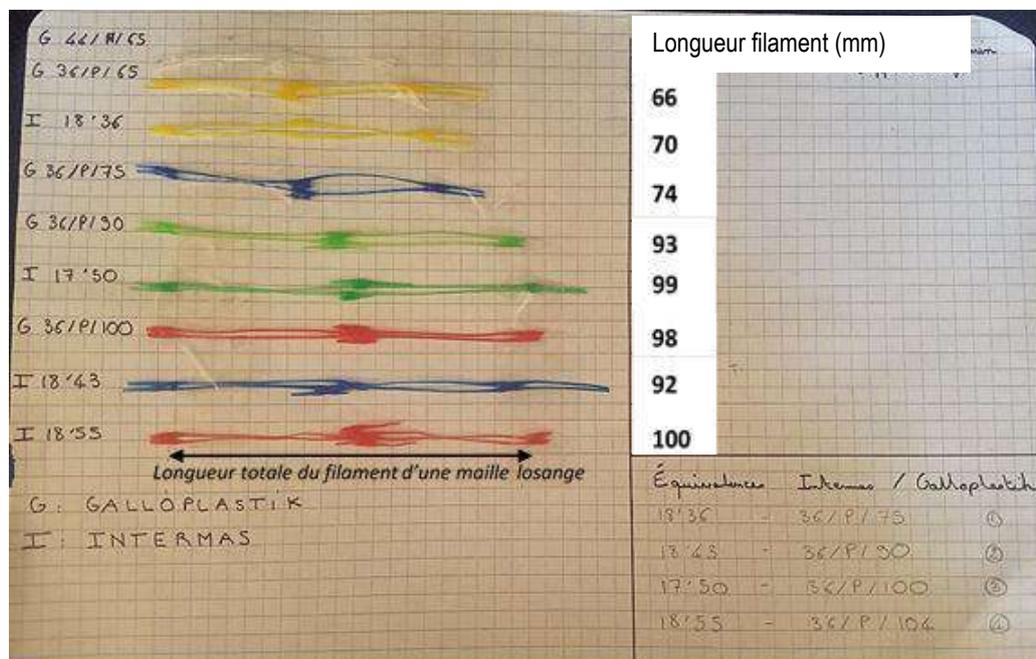


Figure 1 : Mesures comparées des longueurs du filament le plus d'une maille losange de différents filets

4.4 Caractéristiques de la matière plastique utilisée pour les filets mytilicoles extrudés

Matériau en plastique utilisé pour les filets conventionnels par la société Galloplastik:
Polypropylène (MFI : 0.8) ou polyéthylène

5. Coûts (2019)

Filet conventionnel (polypropylène)

1 palette: € 46,00/1.000 mt
4 palettes: € 43,00/1.000 mt
1 palette = 54 rouleaux x mt. 1.000

Les prix sont FCA Chioggia (usine Galloplastik)

Les prix sont par palettes avec minimum 18 rouleaux par référence et couleur.

6. Délais

- Date de livraison du produit

Réception de l'ensemble des filets pour le cycle de production 2020-2021 en septembre 2020

ANNEXES

Étapes d'utilisation du filet de catinage et photographies associées

Étape	Description	Photo
Préparation des filets : mesure et découpe de longueurs de filet	Engin tournant à manivelle	 A man in a white hoodie is operating a hand-cranked rotating machine in a workshop. The machine is used for cutting fishing netting into specific lengths. The background shows various containers and equipment.
	Banc de mesure gradué	 A long, graduated measurement bench is shown in a workshop. The bench is marked with measurements and has several vertical supports. Two people are visible in the background, working with the netting on the bench. A green net is visible in the foreground.

Catinage

Enfilage du filet sur l'engin à catiner



Enfilage du filet sur le pieu



<p>Pêche des moules</p>	<p>Pêcheuse</p>	
<p>Dégrappage : séparation moules /filets</p>	<p>Dégrappeur à couteaux dans un atelier mytilicole</p>	 <p>source : https://besnard-ste.fr/degrappeur-a-moules-a-couteaux-ref-18660/</p>
	<p>Dégrappeur à couteaux sur un chaland mytilicole</p>	

Aperçu des déchets restants dans le dégrappeur



Dégrappeur cylindro-conique



source : <https://besnard-ste.fr/degrappeur-a-moules-cylindro-conique/>



Annexe 2

Cahier des charges

Filet mytilicole tricoté « chaînette », biosourcé et compostable

1. Présentation du projet

Il s'agit d'un projet de développement durable en conchyliculture qui s'inscrit dans le projet global « FILALTIQ » porté par le SMIDAP, financé par l'Appel à Projets Pêche et Aquaculture proposé par la Région Pays de la Loire. Le projet FILALTIQ est réalisé en partenariat avec le Comité Régional Conchylicole des Pays de la Loire et le Comité Régional Conchylicole de Bretagne Sud.

1.1 Contexte

Les mytiliculteurs exploitant des concessions de moules de bouchot ont recours à l'utilisation de filets dits « de catinage », aussi appelés « catins ». Ces filets circulaires en mailles losanges ou carrées sont enfilés sur les pieux de bouchot afin de contenir la pousse des moules et d'éviter la perte de grappes de moules. Les filets utilisés par les producteurs sont fabriqués à partir de matières plastiques (polypropylène, polyéthylène, polyester). Ils n'ont pas vocation à être dispersés dans le milieu marin mais une petite proportion de la quantité totale de filets utilisée est involontairement perdue dans le milieu marin, contribuant à la pollution globale des océans par le plastique. Cette problématique environnementale résultant de l'usage de ces filets est double puisque les filets en fin de vie, collectés par les mytiliculteurs ne peuvent être valorisés et sont traités en Installations de Stockage des Déchets Non Dangereux (ISDND), soit en enfouissement en conditions contrôlées.

Ce projet s'inscrit dans un optique de développement durable pour la profession mytilicole puisqu'il vise à développer une alternative biodégradable (au minimum en compostage industriel) pour ce type de filets.

1.2. État de l'existant

Les filets de catinage utilisés actuellement par la profession mytilicole sont fabriqués à partir de matière pétrosourcée non biodégradable : polypropylène, polyéthylène, polyester. Les filets peuvent être conçus à partir de différentes techniques : tissage (bandelettes de polyéthylène haute densité), tricotage (polypropylène ou polyester) ou extrusion (polypropylène ou polyéthylène). Dans le cadre du projet BIOFILET porté par le SMIDAP et débuté en mars 2019, les filets biosourcés et compostables proposés par la société Intermas ont été évalués sur plusieurs aspects : durabilité en milieu marin, tests à l'usage, éco-toxicité, compostage... Le prototype proposé par la société Intermas en 2019, composé en partie de PLA est pour le a été jugé inadapté en raison de la trop grande fragilité de ses mailles, notamment du nœud faisant la jonction entre les mailles. Le projet BIOFILET a permis également de recenser un autre fabricant de filets mytilicoles compostables : la société espagnole Ecoplas. Le filet est plus résistant en manipulation mais dû à la trop faible quantité de matière envoyée, seulement trois professionnels ont pu le tester en Région Pays de la Loire et Bretagne Sud sur quelques pieux, ce qui n'est pas représentatif. Une nouvelle demande d'envoi de matière a été effectuée au printemps 2020 pour des tests sur le cycle de production 2020-2021. La société espagnole Polisilk propose du fil fabriqué à partir d'une matière PLA provenant de la société Nature Works. La matière première a été testée en adéquation avec les résultats attendus aux tests de dégradation aérobie et d'écotoxicité selon les prérequis de la norme européenne EN13432. En revanche, le fil en produit fini tel que commercialisé par Polisilk ne possède pas la certification EN13432. Il en est de même pour le filet qui est fabriqué à partir de ce fil. Il serait proposé en test par un fabricant français de filet mytilicole tricoté (société FILETS).

1.3 Références/projets similaires

- Projet BIOFILET : évaluation de filets de catinage extrudés biosourcés et compostable proposés par la société Intermas et la société Ecoplas. Les filets extrudés Ecoplas se sont avérés trop fragiles, les filets Ecoplas, testés en quantité moindre sont toujours en test (rapport technique disponible sur le site internet du SMIDAP¹).

¹ <https://www.smidap.fr/rapports-et-etudes-techniques-conchyculture.html>

- Projet pilote : Mise au point de coupelles pour le captage de naissains d'huîtres à base de matériaux biosourcés/biodégradables (avec intégration d'une charge composée de sous-produits coquilliers), projet piloté par le CRC Charente Maritime

- Projet INdiGo (Interreg France Manche / Angleterre) : mise au point d'un matériau biosourcé et biodégradable en milieu marin pour la fabrication de filets de pêche et de filets mytilicoles tricotés. (2019-2023)

1.4 Objectifs

Ce projet doit permettre la mise au point d'un filet de catinage biosourcé et compostable tricoté adapté aux besoins de l'activité mytilicole. Ce filet devra témoigner d'un impact environnemental neutre ou positif sur le milieu marin ainsi que d'une capacité de dégradation adéquate en valorisation organique, au minimum en conditions de compostage industriel (certification par les normes en vigueur).

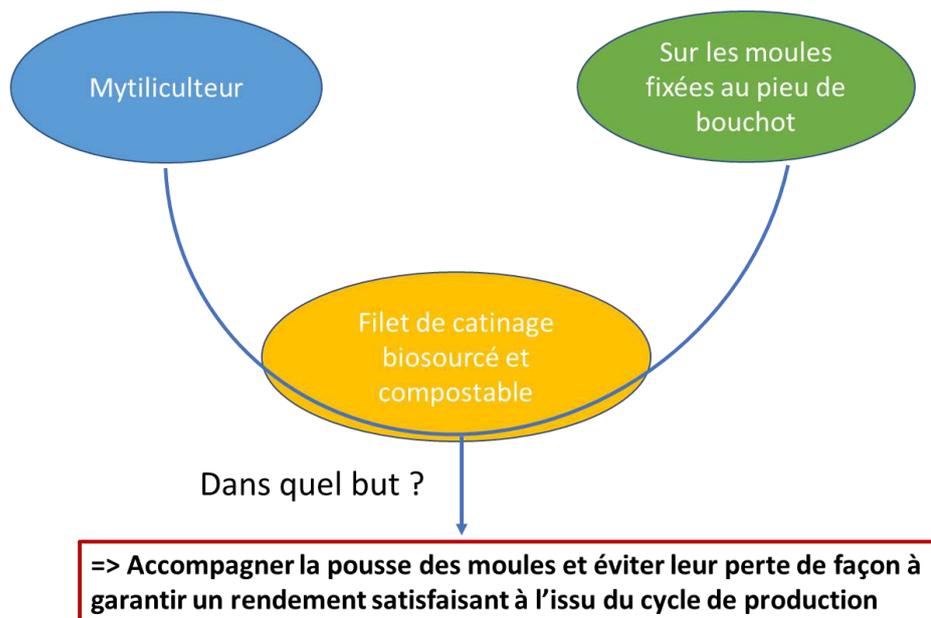
2. Expression fonctionnelle du besoin

2.1. Définition du système étudié

Le système étudié est le filet de catinage biosourcé et compostable. Son environnement est composé (à l'usage) des pieux de bouchot sur lesquels sont fixées les moules, des utilisateurs et des outils utilisés, des conditions du milieu marin ainsi que du milieu extérieur. En stockage, le système est composé du filet de catinage et de la bobine sur laquelle il est enroulé. Son environnement comprend alors le lieu de stockage et les conditions qui lui sont liées, les outils de préparation des filets utilisés et les utilisateurs.

2.2 « bête à corne » permettant une expression graphique du besoin

À qui/quoi le système rend-il service ? Sur qui/quoi le système agit-il ?



Le filet de catinage tricoté doit pouvoir être enfilé sur un pieu de bouchot puis accompagner la pousse des moules de bouchot en évitant la perte de grappes de moules.

3. Analyse fonctionnelle

3.1 Phases du cycle de vie et leur environnement

SITUATION/ÉTAPES	ENVIRONNEMENT (INTERACTEURS DU SYSTEME)	FONCTIONS CORRESPONDANTES
Fabrication	Conditionnement en bobines	Être conditionné en bobines
Distribution Transport	Moyens logistiques : palettes, cartons	Être conditionné de façon optimisée, ne pas s'altérer avec le transport
Stockage	Établissement du producteur : couvert mais non chauffé Ponctuellement : en extérieur, dans les navires	Résister aux conditions de stockage
Utilisation.manipulation Mesure et découpe de longueurs de filets	Un utilisateur Outils de mesures de longueurs de filets Outil pour découper (type couteau aiguisé)	Être déplié de façon à être mesuré et découpé de façon pratique.
Utilisation.manipulation Enfilage sur le guide Nœud en tête de filet	Un utilisateur Engin à catiner de différents diamètres (voir photo)	Pouvoir être ouvert puis enfilé manuellement sur un appareil circulaire de dimensions adaptées au filet, avec peu ou pas de casse de mailles
Utilisation.manipulation Pose sur le pieu (=catinage)	Un utilisateur Engin à catiner Pieu de bouchot fixé en milieu marin (alternance immersion du pieu en fonction des marées) Boudin de moules (présence d'un crochet possible) OU Captage naturel de moules	Recouvrir l'intégralité d'un pieu de bouchot Accroche suffisante pour couvrir l'intégralité du pieu Pouvoir rester ouvert circulairement sur le pieu (sans casse de mailles)
Utilisation.tenue Développement des moules sur un cycle de production	Pieu de bouchot fixé en milieu marin (alternance immersion du pieu en fonction des marées) Moules en croissance (=abrasion) Conditions du milieu marin Conditions météorologiques de plein air (rayonnement UV notamment) Filets posés précédemment sur le pieu (voir tableau saisonnalité des filets)	Résistance suffisante aux conditions du milieu marin et aux conditions météorologiques Permettre aux moules de passer au travers des mailles du filet Accompagner la pousse des moules sans la contraindre (souplesse)
Utilisation.manipulation Pêche du pieu	Pieu de bouchot Moules Pêcheuse à bras hydraulique sur un chaland mytilicole et son opérateur Milieu marin	Contenir l'ensemble des moules développées sur le pieu
Fin de vie. manipulation Dégrappage	Dégrappeur à moules : à couteaux ou cylindro-conique (voir en annexes)	Compatibilité avec les machines de dégrappage utilisées par les professionnels : le filet doit pouvoir être

		séparé des moules Pas ou peu de fragmentation en petits morceaux suite au passage dans le dégrappeur. L'ensemble du volume du filet est collecté dans le dégrappeur.
Fin de vie.manipulation Collecte Stockage	Bac de collecte des sous-produits Benne de stockage	Le filet après dégrappage doit pouvoir facilement être collecté manuellement.
Fin de vie.manipulation Acheminement traitement Stockage	Véhicule de collecte Espace extérieur de stockage dédié	Le filet usagé et les sous-produits issus du dégrappeur doivent pouvoir être collectés, transportés et stockés.
Fin de vie.manipulation Traitement	Compostage Méthanisation	Le filet et les sous-produits doivent répondre à la norme européenne EN13432, ou équivalent certifiant la bonne aptitude du matériau à la dégradation organique au minimum en conditions de compostage industriel.
Fin de vie Pertes accidentelles en milieu marin	Conditions du milieu marin (Golfe de Gascogne)	Fragmentation, dégradation puis bio-assimilation en milieu marin : impact environnemental neutre (ou positif)

3.2 Caractérisation de chaque fonction

Fonctions

FT : Fonction de Transfert

Une fonction de transfert correspond à une relation entre deux ou plusieurs « interacteurs » avec le produit.

FC : Fonction Contrainte

Une fonction contrainte correspond à une relation directe d'un « interacteur » avec le produit.

Flexibilité

- Flexibilité nulle F0 : niveau impératif
- Flexibilité faible F1 : niveau peu négociable
- Flexibilité moyenne F2 : niveau négociable
- Flexibilité forte F3 : niveau très négociable

Filet conventionnel : filet mytilicole tricoté en plastique (multifilaments)

N°	Intitulé	Critères d'appréciation	Niveau du critère	Flexibilité	Compléments
FC1	Pouvoir être conditionné en bobines de façon mécanisée	Résistance Élasticité Épaisseur Longueur/bobine (m)	Similaire filet conventionnel L(min) = 350m Catinage de 100 pieux	F3	
FC2	Résister aux conditions de stockage en intérieur	Température Humidité Durée	-10°C < T°C < 40 30 < φ% < 100 ² 0 < D (mois) < 12	F1	Peu de stockage sauf filants restants années précédentes

² Données : Humidité relative minimale φ à Brest, Humidité relative maximale à Brest entre 2017-2020
source : <https://www.wofrance.fr/weather/maps/city>

FC3	Être déplié linéairement et à plat à partir de la bobine afin de permettre des mesures de longueur	Élasticité Rigidité	Similaire aux filets conventionnels	F2	
FC4	Pouvoir obtenir des longueurs de filets souhaitées à partir d'une bobine	Résistance Épaisseur Durée découpe	Similaire aux filets conventionnels	F2	
FC5	Permettre à l'opérateur d'effectuer un nœud avec le filet	Épaisseur (grammage) Résistance Flexibilité Tenue du nœud	Similaire aux filets conventionnels	F2	
FT2	Permettre à l'opérateur d'enfiler le filet sur un engin à catiner	Dimensions engins à catiner Résistance Adhérence Durée d'enfilage	Dimensions engins à catiner 1 maille de cassée pour 1% des filets posés $2 < D(s) < 6$	F2	Voir 3. Données techniques
FT3	Recouvrir l'intégralité d'un pieu de bouchot après usage de l'engin à catiner	Longueur pieu Masse volumique de la matière Durée de pose	$2.50 < L(m) < 4$ $\rho > 1 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ $5 < D(s) < 20$	F2	$\rho \text{ (PLA)} = 1,25 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$
FT4	Pouvoir accompagner la pousse des moules de bouchot et éviter la perte de grappes de moules du pieu	Élasticité Dimensions mailles Résistance Durée de vie (caractéristiques mécaniques préservées)	Similaire aux filets conventionnels Pas de casse de mailles 2 ans	F2	3. Données techniques
FT5	Permettre la croissance des moules en passant au travers des mailles du filet	Forme et dimension des mailles du filet	Mailles losanges, Dimensions similaires aux filets conventionnels	F2 Pour chaque ref : +/- 2mm différence	3. Données techniques
FT6	Permettre au mytiliculteur d'avoir une visibilité des pieux en production sur ses concessions	Couleur du filet par référence (dimensions)	Colorations vives Teintes naturelles ne nuisant pas à la biodégradabilité	F2	Rouge Vert Jaune Bleu
FT7	Permettre au mytiliculteur de récupérer l'ensemble des moules en élevage sur	État de dégradabilité des filets en fin de cycle de production	Tous les filets posés au cours du cycle de production sont	F1	

	le pieu avec la pêcheuse		collectés avec la pêcheuse		
FC6	Être compatible avec les machines de dégrappage utilisées par les mytiliculteurs	État de la machine de dégrappage après passage des filets État de dégradation du filet à l'issu du cycle de production	Similaire aux filets conventionnels extrudés	F1	Dépend également des machines de dégrappage utilisées
FC7	Après dégrappage, le filet usagé doit pouvoir être collecté et stocké	Etat de dégradabilité du filet après usage Fragmentation du filet	Fragmentation nulle ou très faible % masse récupérée (masse de départ) 99 <= %m <= 100	F2	
FC8	Pouvoir être dégradé au sein de structures de compostage industriel	Norme EN13432 Durée d'incubation	Voir exigences de la norme Dégradation satisfaisante	F1	
FC9	Pouvoir être dégradé et biodégradé en milieu marin sans impact négatif	Ecotoxicité sur larves d'oursins Durée de biodégradation totale en milieu marin	Taux non significatifs indicateurs (développement, malformations, longueur spicules) Maximum : 10 ans	F1	Voir travaux du SMEL

3.3 Spécifications non fonctionnelles

Les spécifications non fonctionnelles sont toutes les spécifications qui n'expriment pas une fonction du produit
→ Couleur du filet

4. Données techniques

4.1 Saisonnalité des filets et cycle de production mytilicole

Sur un cycle de production, au moins deux filets sont posés sur les pieux de moules de bouchot.

Références filet extrudé <i>nombre de mailles par circonférence/longueur côté d'une maille</i>	Période de pose	Durée sur le pieu (mois)	Complément
18'36 / 17'50 / 18'43	Juillet – fin septembre	min : 12 , Max : 17-18	Tous producteurs
17'50/18'43	Novembre-décembre	min : 7, Max : 10-11	Non systématique : dépend des pratiques et des secteurs
17'50/18'43/18'55	Avril-juillet	min : 3, Max : 8-9	Tous producteurs

4.2 Dimensions des filets de catinage tricotés proposés par la société Glynka

Référence	Nombre de mailles	Longueur coté maille	Longueur à plat
16'50 bleu	16	50mm	82cm
14'50 rouge	16	45mm	70cm

4.3 Filets de catinage tricotés commercialisés par les Coopératives Maritimes du territoire d'action

Structure/Magasin	Références filet tricotés en vente
Rhuys Pêche Alban Soubigou	Pas de vente de filets « chaînette »
Coopérative Maritime Pornic	1100 den bleu R1 Glynka : 16'50 600 den rouge R7 Mailles et filets 800 den rouges R6 Mailles et filets
Coopérative Maritime Beauvoir/Mer	Pas de vente de filets « chaînette »
Coopérative Maritime Noirmoutier	Pas de vente de fournitures mytilicoles ou ostréicoles
Coopérative Maritime L'Aiguillon/Mer	14'50

4.4 Synthèse dimensions de l'engin à catiner par référence de filet de catinage

Référence filet Dimensions guide	18'36	18'43	17'50	18'55 16'50 (filet tricoté)
Diamètre moyen	34.2 (4)	39.8 (2)	43.8 (3)	50.5 (2)
Diamètre maximum	35	40.5	45	51
Circonférence	107,4 (2)	125.8 (2)	138.6 (3)	157.5 (2)

4.5 Caractéristiques du fil utilisé habituellement pour le tricotage de filets de catinage

Type de fil	fil PP pour filet catinage GLYNKA
Fabricant	Non communiqué
Modèle	PP fibre MULTITEX 890 – 1 100 dtex
Composition principale	polypropylène (PP resin Mosten NB 220)
Détails	Fiche technique matière première disponible ³
Additifs	1% absorbants UV = 120 kly (kilo-langley)
Nombre de filaments	148
Densité linéaire (dtex)	890-1100
Tolérance (%)	1.5
Couleur	blanc brut ou coloré
Résistance minimale à la traction (cN/dtex)	6.80 (blanc brut) / 6,47 (coloré)
Elongation/ allongement à la rupture (%)	20 +/- 3
TASE 5% [mN/tex]	
HAS @ 130 °C, 2 min, 1 mN/tex [%]	
Densité (g/cm ³)	0.9
Flottant (<1g/cm ³) ou collant (>1g/cm ³)	Flottant
Température de fusion (°C)	168-172 (granulé)
Fin de vie	
Recyclabilité	fibre 100% recyclable
Compostabilité	non
Autres	
Documents complémentaires	fiche technique du fil (confidentiel)

5. Coûts

Prix du filet tricoté pour le client : 60-70€ pour 1000 mètres de filet en polypropylène, plus élevé pour le filet en polyester. Le filet mytilicole tricoté, dit filet « chaînette » a généralement un coût plus élevé que le filet extrudé

6. Délais

Réception de l'ensemble des filets pour le cycle de production mytilicole 2020/2021 en septembre 2020.

³https://www.unipetrol.cz/cs/NabidkaProduktu/PetrochemickeProdukty/Polyolefiny/Technical%20datasheet/Technical%20datasheet%20Mosten_NB%20220_en.pdf

ANNEXES

Étapes d'utilisation du filet de catinage et photographies associées

Étape	Description	Photo
Préparation des filets : mesure et découpe de longueurs de filet	Engin tournant à manivelle	
	Banc de mesure gradué	

Catinage

Enfilage du filet sur l'engin à catiner

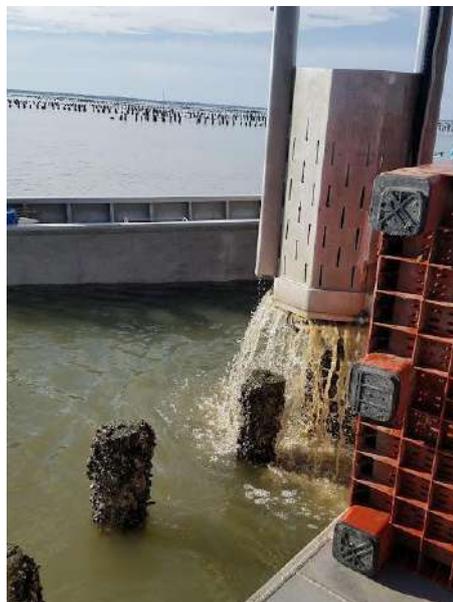


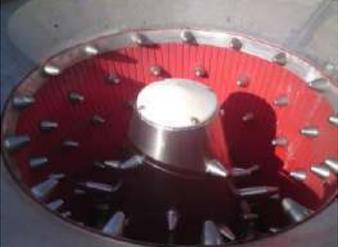
Enfilage du filet sur le pieu



Pêche des moules

Pêcheuse



<p>Dégrappage : séparation moules /filets</p>	<p>Dégrappeur à couteaux dans un atelier mytilicole</p>	 <p>source : https://besnard-ste.fr/degrappeur-a-moules-a-couteaux-ref-18660/</p>
	<p>Dégrappeur à couteaux sur un chaland mytilicole</p> <p>Aperçu des déchets restants dans le dégrappeur</p>	 
	<p>Dégrappeur cyclindro-conique</p>	



source : <https://besnard-ste.fr/degappeur-a-moules-cylindro-conique/>

Annexe 3



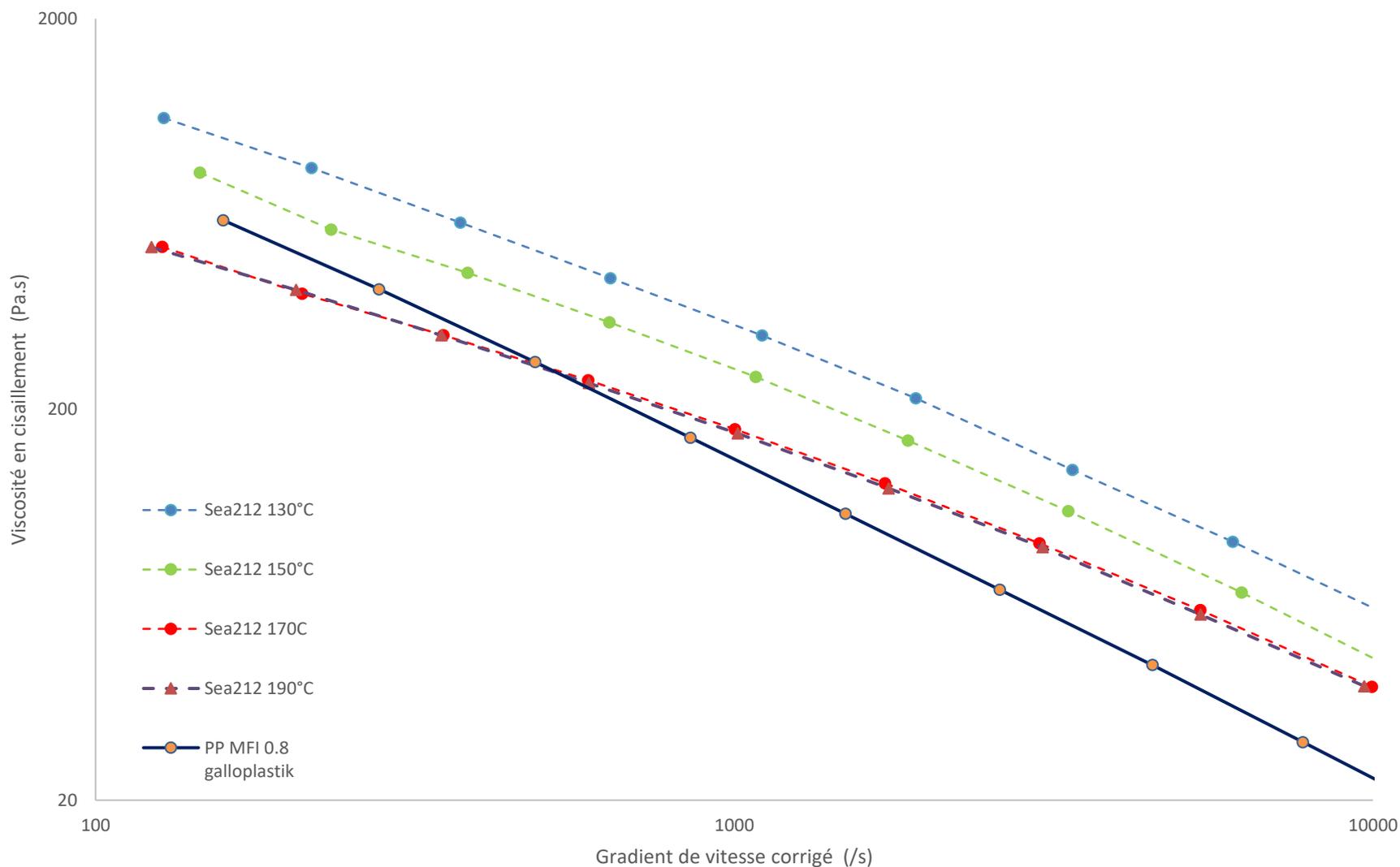
Analyses au Rhéomètre capillaire

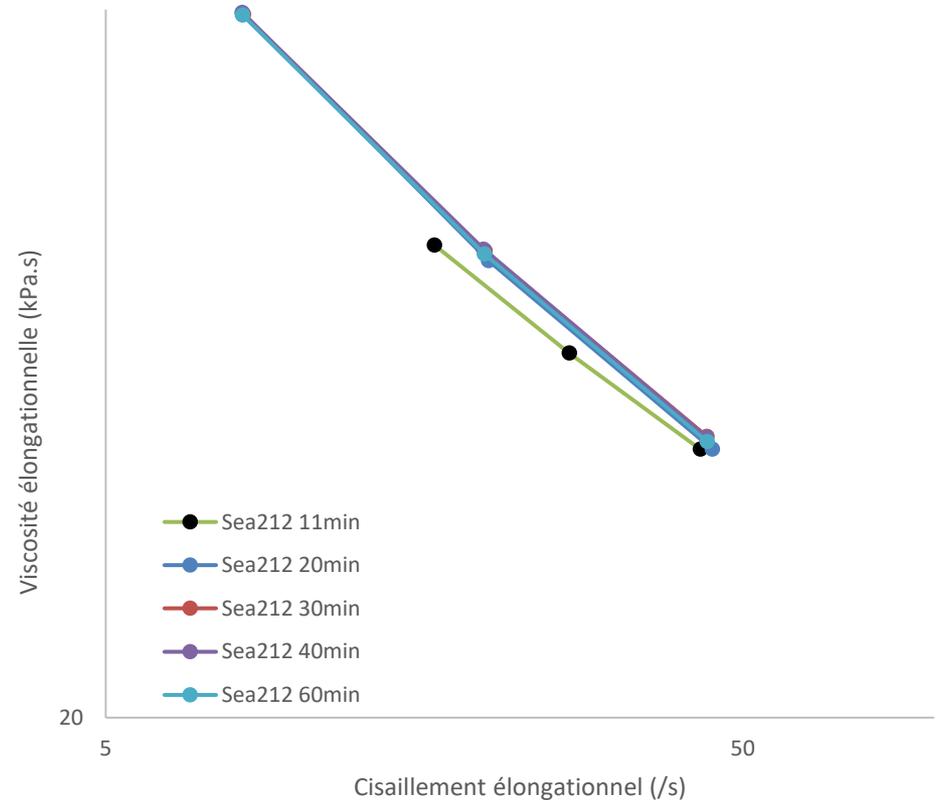
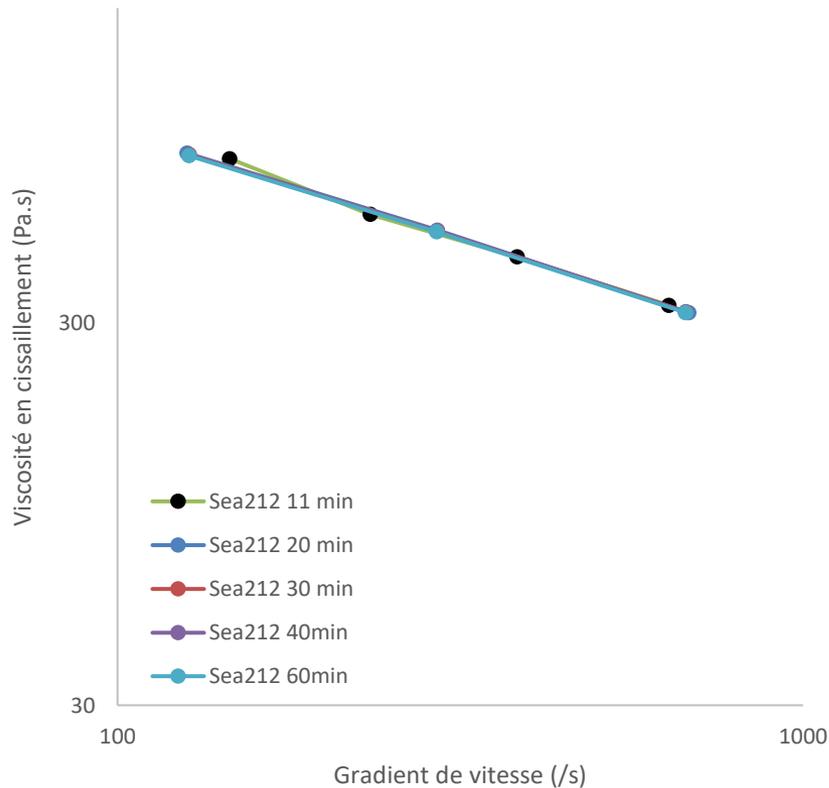
Pour les essais à Galloplastik

07/2020

Vincent Mathel

Variation de la température vs viscosité





- A 150°C , le Sea 212 reste stable thermiquement pendant plus de 60 min.

FERNANDES-DIAS Alan
HERAULT Thomas
MINSO Gurvan

03 Février 2020

MAT 5

PROJET 5A MATERIAUX PROJET SMIDAP

COMPARAISON DES PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES ET CHIMIQUES DES FILETS DE « CATINAGE » BIOSOURCÉS ET COMPOSTABLES



Remerciements

Avant toutes choses, nous tenions à remercier chaleureusement Julie Maheut, ingénieure chargée de mission au SMIDAP, et Vincent Mathel, ingénieur chef de projet chez Seabird, pour nous avoir fait confiance et permis de travailler conjointement sur ce projet enrichissant. Nous avons pu, au travers de cette collaboration, découvrir l'intérêt des biomatériaux pour la protection de l'environnement, un sujet qui nous est cher. Nous les remercions également pour leur disponibilité, leur bienveillance, leur écoute, et leur aide précieuse qui fut un atout pour le bon déroulement de ce projet.

Nous tenions également à remercier le SMIDAP (Syndicat Mixte pour le Développement de la Pêche et de l'Aquaculture en Pays de la Loire) pour nous avoir ouvert leurs portes pour nos premières réunions ainsi que la mise à disposition de filet de mytiliculture tout comme Seabird et leurs filets en matière biodégradable et compostable.

Nous remercions également toutes personnes ayant participées de près ou de loin à la réalisation de notre projet de fin d'étude.

Enfin, nous tenions à remercier notre professeur encadrant M. Guy Louarn pour nous avoir aidé à mener à bien ce projet. Nous le remercions également pour ses conseils avisés, son écoute et son aide durant ces cinq derniers mois.

Table des matières

1. Introduction	1
1.1 – Océans et plastiques	1
1.2 – Le SMIDAP	2
1.3 – SeaBird	3
1.4 – Mytiliculture dans les Pays de la Loire	3
1.5 – Contexte du projet	4
2. Synthèse bibliographique	5
2.1 – Polymères	5
2.1.1 – Généralités	5
2.1.2 – Polymères amorphes et cristallins	6
2.1.3 – Polymères thermoplastiques ou thermodurcissables	7
2.2 – Biopolymères	8
2.2.1 – Contexte environnemental	8
2.2.1 – Contexte économique	9
2.2.3 – Classification des biopolymères	10
2.2.4 – Le PLA	11
2.3 – Fabrication des filets	12
2.3.1 – Filet extrudé	12
2.3.2 – Filet tricoté	13
3. Caractérisation physico-chimique	15
3.1 – Problématique	15
3.2 – Expérimental	16
3.2.1 – Spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR)	16
3.2.1.1 – Principe	16
3.2.1.2 – Appareillage	17
3.2.1.3 – Protocole	17
3.2.2 – Calorimétrie différentielle à balayage (DSC)	19
3.2.2.1 – Principe	19
3.2.2.2 – Appareillage	19
3.2.2.3 – Protocole	20
3.2.3 – Microscopie optique	21
3.2.3.1 – Principe	21
3.2.3.2 – Appareillage	22
3.2.3.3 – Protocole	23
3.2.4 – Essai mécanique de traction	23
3.2.4.1 – Principe	23
3.2.4.2 – Appareillage	24
3.2.4.3 – Protocole	24
4. Résultats et analyse	27
4.1 – Spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier	27
4.2 - Calorimétrie différentielle à balayage	29
4.3 – Microscopie optique	33
4.4 – Essai mécanique de traction	34
5. Conclusion et ouverture	37
6. Références bibliographiques	39
7. Annexes	40

1. Introduction

1.1 – Océans et plastiques

Ce sous-chapitre est inspiré de la publication [1]. De par la forte demande de différents secteurs industriels (emballage, mobilier, électronique, automobile, etc...), la production et la consommation mondiale de matière plastique n'ont cessé d'augmenter depuis les années 50. Cette hausse est due aux nombreux avantages proposés par ce matériau : faible coût, légèreté, mise en forme simple, souplesse, anticorrosion, etc. Malheureusement, 75% des plastiques produits n'ont qu'une utilisation unique et éphémère. D'ailleurs, ces derniers sont faiblement biodégradables et engendrent une pollution environnementale importante [2]. Malgré l'attention grandissante portée sur la nécessité de traiter les déchets efficacement, une grande proportion de ceux-ci échappe aux industriels et se retrouve disséminée dans la nature, en particulier dans les mers et océans.

Tous ces déchets sont transportés par les courants marins et vont se regrouper dans des zones de convergence, les océans Pacifique et Indien, où ils forment des amas. La plus grande concentration de déchets est située dans le nord du Pacifique et est nommée « le continent de plastique » (Fig. 1). Cette immense plaque flottante équivaut à 6 fois la taille de la France.



Figure 1 : Photos montrant des kilomètres de tas d'ordures flottant dans les Caraïbes

Comme on peut l'imaginer, la montée et l'amplification de ce problème ont introduit des effets sur la faune et la flore marine. On observe, d'ailleurs, un dérèglement du fonctionnement de ces espaces. La présence de gros déchets affecte plusieurs espèces marines et causent leur mort par étouffement ou strangulation (Fig. 2). Cela influence aussi la navigation des bateaux par le blocage des hélices, entraînant des pannes, ou la pêche avec l'omniprésence de ces plastiques dans les filets, nécessitant un tri. Ensuite, ces macroplastiques peuvent se fractionner en micro-déchets, par l'action de l'agitation marine et des rayons UV. Ces derniers, qui sont considérés comme inertes chimiquement, vont alors

commencer à libérer des substances chimiques toxiques lors de leur dégradation (bisphénol A, phtalates, polychlorobiphényles, ...). De nouveaux les premiers impactés, par ces déchets, sont les espèces marines qui vont ingérer ses microparticules et être contaminées, par la suite.



Figure 2 : Espèces marines touchées par la pollution plastique

On pourrait s'attendre à ce que les autorités locales interviennent pour nettoyer les mers et océans. Malheureusement, ces déchets ne se situant pas dans des zones nationales ou ZEE (zones économiques exclusives), ceci rend la tâche vraisemblablement impossible. Toutefois, certains acteurs tentent de trouver des solutions afin de diminuer cette pollution. Des associations entreprennent des actions de nettoyage des océans et plages, durant lesquelles des tonnes de plastiques sont ramassées. Ou encore, les industries et grandes surfaces réduisent l'utilisation des plastiques à usage unique. Malgré tout, il ne faut pas oublier que le plastique représente une avancée non négligeable dans le domaine des matériaux.

Toutes les problématiques citées mettent en évidence qu'il devient urgent de trouver de nouvelles manières de concevoir les plastiques. L'objectif étant qu'ils répondent aux exigences environnementales mais également industrielles.

1.2 – Le SMIDAP

Le SMIDAP (Syndicat Mixte pour le Développement de la Pêche et de l'Aquaculture en Pays de la Loire) est un centre technique régional qui participe au développement des entreprises du secteur de la mer, en particulier dans le domaine de la pêche et des cultures marines, dans le territoire des Pays de la Loire. Via leurs recherches et innovations, ils cherchent à développer des projets scientifique et économique pour la filière halieutique (ensemble des disciplines ayant trait aux problèmes de la pêche). La finalité étant de permettre l'aménagement des territoires de manière durable. De plus, ce syndicat permet de créer un lien nécessaire entre les différents acteurs du secteur comme les structures professionnelles, les organismes de recherche et les collectivités locales. Notre interlocutrice au sein du SMIDAP est Julie MAHEUT, ingénieure chargée de mission pour le syndicat.

1.3 – SeaBird

SeaBird est un bureau d'étude situé à Lorient (Morbihan) et fondé en 2011. L'entreprise axe ses recherches dans le secteur des bioplastiques compostables (formulation et mise en œuvre). Leur travail est basé sur la réduction de l'impact des plastiques en trouvant des alternatives aux techniques usuellement utilisées dans des domaines tels que l'aquaculture, la conchyliculture, la pêche et le géotextile côtier. Notre intermédiaire au sein de SeaBird est Vincent MATHEL, ingénieur bioplastique et chef de projet dans l'établissement.

1.4 – Mytiliculture dans les Pays de la Loire

La mytiliculture est une branche de la conchyliculture (ensemble des cultures de coquillage : huître, moule, palourde, etc...) et correspond à l'élevage des moules. Dans la région des Pays de la Loire (départements Loire-Atlantique et Vendée particulièrement), il existe 221 entreprises d'exploitation mytilicole. Souvent, cette activité est complémentaire à une autre activité de production conchylicole comme l'ostréculture. Sur le littoral ligérien, 700 hectares sont consacrés à la production mytilicole, ce qui représente 17% de la surface totale destinée à cette aquaculture en France. En 2001, le tiers du territoire conchylicole est dédié à la culture des moules. D'ailleurs, en Pays de la Loire, la mytiliculture concerne uniquement la moule de variété « Edulis » (Fig. 3) qui est la moule de bouchots la plus communément exploitée [3]. D'après les données de 2017 (Fig. 4), la commercialisation de cette moule, dans la région, atteint 4 000 tonnes et correspond, généralement, à de la vente directe (consommateur, poissonnier) ou à des grossistes [4].



Figure 3 : La *Mytilus Edulis* ou moule commune [3]

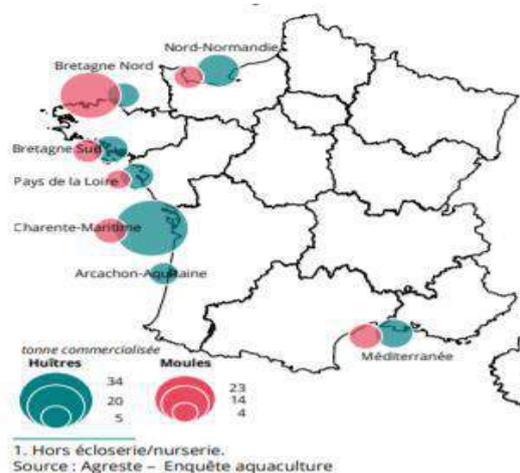


Figure 4 : Ostréculture et mytiliculture françaises en 2017 [4]

L'élevage des moules sur bouchots s'effectue en plusieurs étapes. Après la croissance des larves de moules durant l'été, les cordes utilisées pour leur épanouissement vont être enroulées sur les pieux. Ensuite, les moules se développent durant tout l'hiver et le printemps. Cette période va être marquée par la réalisation du catinage et du boudinage [5]:

- Le catinage consiste en la mise en place de filets mytilicoles autour des pieux. Le rôle de ces derniers va être de maintenir les moules attachées aux pieux et ainsi éviter qu'elles ne soient emportées par les tempêtes.
- Le boudinage consiste, lui, à la régulation de la population de moule sur les pieux. En effet, la couche supérieure du naissain se développant plus rapidement, cela entraîne une surcharge des pieux et un risque accru de perte de grappes de moules. Pour pallier à ça, les couches supérieures sont positionnées dans des filets-tubes appelés boudins, puis installées autour de pieux vides.
- L'été suivant est synonyme du début de la récolte et de la commercialisation des moules. Ces dernières vont être récoltées à l'aide d'une grue équipée d'une pêcheuse à moules qui va venir décrocher le bivalve à partir de la base du pieux. Elles vont ensuite être lavées, triées et conditionnées sur le chaland (bateau à fond plat).

1.5 – Contexte du projet

En début d'année 2020, le SMIDAP lance le projet FILALTIQ qui vise à trouver des moyens de limiter l'utilisation des plastiques non-biodégradables, en particulier les filets de « catinage » (Fig. 6) utilisés dans la production mytilicole. Il s'agit des filets qui sont placés sur les pieux de bouchot (Fig. 5) et qui permettent le développement des moules. Actuellement, ces derniers sont fabriqués en plastique polypropylène ou polyéthylène. Le problème majeur, de ceci, est le fait qu'ils ont tendance à se dégrader dans l'eau et à se propager dans les fonds marins ce qui est un fléau majeur, comme introduit précédemment. De plus, ces filets ne sont utilisés qu'une seule fois pendant 18 mois et sont, ensuite, enfouis ce qui cause de forts impacts sur l'environnement. En France, les déchets associés à la production de moules sur pieux varient entre 70 et 140 tonnes par an (Voir annexe 1 – Fig. 46). Aujourd'hui, il n'est pas possible de valoriser ces matériaux que ce soit par du recyclage ou par un apport énergétique.



Figure 5 : Pieux de bouchot



Figure 6 : Filet de catinage

2. Synthèse bibliographique

De nos jours, les questions du développement durable et de la préservation de l'environnement sont des sujets prédominants dans la société. L'ambition étant de réduire au maximum l'impact humain sur l'écosystème qui l'entoure. Chacun des acteurs du secteur industriel est donc dans l'obligation de repenser les techniques utilisées, jusqu'alors, en vue de répondre à ses problématiques.

La gestion des déchets, actuellement, est devenu un véritable enjeu. L'augmentation constante de la population mondiale accompagnée des modes de consommation pratiqués mènent à une croissance des déchets. Dans ce contexte, des recherches sont effectuées afin de réduire l'utilisation des plastiques issus de la pétrochimie, car l'impact qu'ils causent sur le biotope est dangereux. D'ailleurs, les ressources en pétrole diminuent d'année en année. Par conséquent, les chercheurs ont mis au point plusieurs biopolymères pour trouver une alternative aux plastiques traditionnels. Malheureusement, leur coût et leur performance sont encore loin de ceux des polymères provenant du pétrole. D'autre part, le comportement en vieillissement de ces matériaux est encore peu documenté. Il est donc nécessaire d'effectuer des études approfondies pour analyser leur comportement en fonction des emplois dans lesquels ils sont utilisés, mais aussi de l'environnement auquel ils seront confrontés [6].

Ce texte présente les recherches bibliographiques que nous avons réalisées en préambule de la réalisation des expériences et de l'analyse des résultats qui nous permettront d'étoffer notre discours. L'ambition de cet écrit est de mettre en évidence les études qui ont déjà été effectuées sur ce sujet et expliquer comment nous allons aider le SMIDAP dans leur projet, grâce à notre expertise scientifique.

2.1 – Polymères

2.1.1 – Généralités

Le chapitre 2.1 est tiré du rapport [6]. Les polymères représentent une classe de matériaux. Il s'agit d'un ensemble de macromolécules (molécules à hauts poids moléculaires) formées par la répétition de plusieurs sous-unités, les monomères, reliées entre-elles par des liaisons covalentes. Un monomère (molécule à faible poids moléculaire) est un composé constitué d'atomes simples ayant la capacité de réagir avec d'autres monomères pour permettre la formation de polymères. La réaction chimique qui permet la liaison entre les monomères est appelée polymérisation.

On distingue deux familles de polymères linéaires : homopolymère (motifs à monomères identiques) et copolymère (motifs composés de deux monomères ou plus différents). Tous ces monomères différents s'enchainent selon plusieurs distributions : alternée, aléatoire ou par bloc. Ensuite, ces chaînes vont interagir les unes avec les autres afin

de s'assembler par la formation de liaisons faibles (liaisons hydrogènes ou interactions de Van der Waals). D'autre part, il existe également des macromolécules à structure plus complexe avec l'apparition de chaînes latérales qui se greffent sur la chaîne principale : les polymères ramifiés et réticulés. Ceux-ci ont l'avantage de pouvoir se déployer dans les trois directions de l'espace et de développer un réseau. Les polymères ramifiés se forment lorsque des chaînes homopolymériques ou copolymériques s'accrochent à d'autres chaînes lors de la réaction de polymérisation. Concernant les polymères réticulés, on appelle réticulation la formation de liaisons chimiques covalentes entre plusieurs chaînes menant à la création d'un réseau. La figure 7 permet d'illustrer les différents types de polymères présentés.

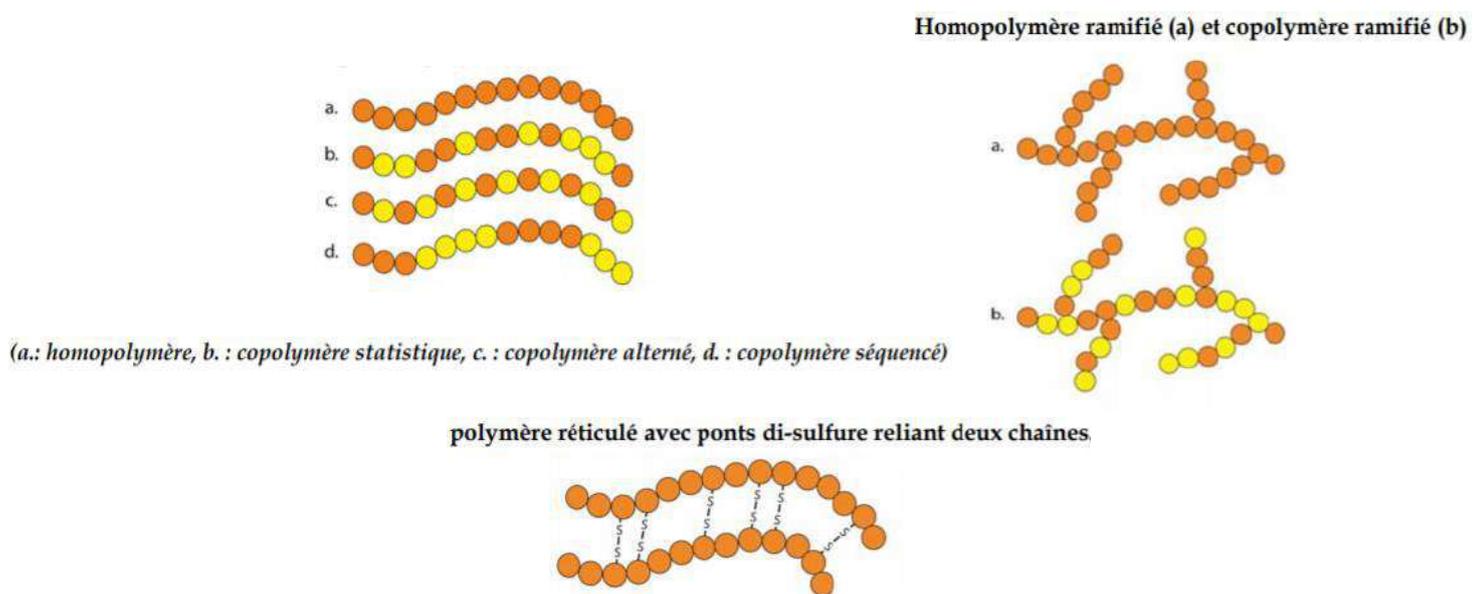


Figure 7 : Différents types de polymères [7]

Les polymères peuvent être d'origine naturelle (naturelle ou végétale) mais aussi d'origine synthétique. Dans les macromolécules naturelles, on retrouve les caoutchoucs, les protéines ou le glycogène. Pour les synthétiques, on peut nommer le polyéthylène (PET), le polystyrène (PS) ou le polychlorure de vinyle (PVC).

2.1.2 – Polymères amorphes et cristallins

Les macromolécules peuvent s'organiser de deux manières distinctes. Si elles s'arrangent de manière aléatoire dans l'espace, on observe la formation d'une phase dite amorphe. On peut assimiler cette dernière à un liquide « figé », car elle ne présente pas d'ordre moléculaire à grande distance. Cependant, on peut noter des orientations macromoléculaires préférentielles à petite distance. Dans le cas contraire, si les chaînes de polymères sont rangées de façon régulière, on parle de phase cristalline. Cette organisation permet l'apparition d'ordre au sein du matériau qui est caractéristique de la propriété de l'état cristallin, c'est-à-dire la capacité du produit à diffracter les rayons X [7].

Les polymères possèdent des propriétés mécaniques propres qui dépendent des phases qui les composent en majorité. Lorsqu'ils sont amorphes, ils présentent un comportement vitreux. Au contraire s'ils sont cristallins, ils agissent comme des fibres [7]. Comme on peut le penser, les caractéristiques mécaniques des seconds produits sont meilleures.

Ces deux états amorphe (désordonné) et cristallin (ordonné) peuvent être présents dans le même matériau, qu'on appelle alors polymère semi-cristallin (Fig. 8). Pour déterminer la proportion de phase cristalline d'un polymère, il suffit de mesurer son taux de cristallinité. Ce paramètre est calculé par mesure calorimétrique différentiel à balayage (DSC).

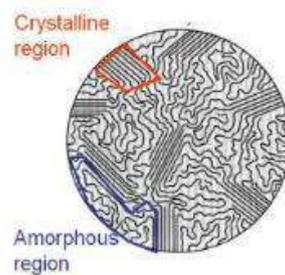


Figure 8 : Organisation d'un polymère semi-cristallin

Comme indiqué précédemment, le taux de cristallinité d'un matériau polymérique n'est pas le même d'un produit à l'autre. Il évolue donc en fonction de plusieurs paramètres. Nous allons citer les 3 principaux :

- Poids moléculaire : de manière générale, les polymères qui possèdent le plus bas poids moléculaire ont tendance à cristalliser plus facilement. Ce phénomène s'explique par l'association d'un encombrement stérique plus faible et d'une mobilité plus grande ce qui permet un arrangement des chaînes plus facile.
- Structure moléculaire : cela concerne en particulier les polymères ramifiés. Lorsque les chaînes latérales viennent se fixer sur la chaîne principale, elles vont alors gêner la liaison de macromolécules les unes avec les autres et causer une réduction de la cristallinité.
- Histoire thermique du polymère : la cristallisation d'un matériau est fortement influencée par la vitesse de refroidissement auquel il est soumis pour passer de la forme fondue à solide. Ainsi, l'agencement des chaînes entre elles, lors de la cristallisation, dépend obligatoirement du temps. Plus le temps de refroidissement est important, plus la cristallisation du produit augmente.

2.1.3 – Polymères thermoplastiques ou thermodurcissables

Nous pouvons diviser les résines polymériques utilisées pour la fabrication de matière plastique en deux catégories. Ces deux classes disposent de propriétés diverses qui proviennent de la nature et des structures des macromolécules qui les constituent [7] :

- Résine thermoplastique : elle peut être formée de chaînes linéaires ou ramifiées à liaisons covalentes. Cette matière a la capacité de se ramollir lorsqu'elle est suffisamment chauffée mais redevient dure lorsqu'elle est refroidie. Son comportement est donc réversible. L'état de ramollissement de cette dernière permet sa mise en œuvre par déformation mécanique, figée par refroidissement. Si le matériau n'est pas détérioré thermiquement et que le mécanisme physique de mise en œuvre ne modifie pas la structure moléculaire alors il peut être recyclé. Son aptitude à la déformation lui permet d'être à la base de technique de mise en œuvre industrielle comme l'extrusion ou l'injection [7].
- Résine thermodurcissable : elle est uniquement constituée de chaînes linéaires réticulées entre-elles. Ce matériau ne peut réagir qu'une seule fois. Sa mise en forme est donc unique et irréversible, contrairement aux thermoplastiques. Après sa polymérisation, il forme un réseau 3D infusible et insoluble. Cet inconvénient ne permet donc pas à ce produit d'être recyclé. Il est souvent utilisé comme renfort car plus résistant (électriquement, mécaniquement, thermiquement) que les thermoplastiques [7].

2.2 – Biopolymères

2.2.1 – Contexte environnemental

Le chapitre 2.2 provient des informations des publications [1] et [6]. Il est vrai que la prise de conscience collective sur les enjeux environnementaux permet aux bioplastiques de jouir d'une image positive auprès de l'opinion publique. En effet, les bioplastiques découlent de matières considérées comme renouvelables. Le terme « renouvelable » est un adjectif associé à un matériau pouvant se régénérer sur une période cohérente vis-à-vis de l'échelle humaine. Par exemple, les énergies fossiles comme le pétrole, dont la majorité des plastiques traditionnels (PE, PET) sont issus, sont considérées comme ressources naturelles mais non renouvelables. Et c'est bien là, le problème de ces matériaux pour notre planète. Ainsi, lorsque nous employons l'expression « biopolymère », nous parlons de polymères biosourcés et/ou biodégradables. À présent, il nous reste à les définir.

Le mot « biosourcé » équivaut à un matériau fabriqué à partir d'éléments d'origines biologiques (biomasse), donc de matières premières renouvelables. Le terme « biodégradable », quant à lui, est employé pour décrire des polymères émanant de ressources renouvelables ou non. La biodégradabilité dépend de la structure chimique du polymère. Par ailleurs, il existe différentes normes pour certifier la biodégradabilité des polymères, selon l'organisme créateur, ou les conditions de biodégradation [8]. Cette convention détermine la biodégradabilité ou non d'un polymère. Celle-ci, est une capacité intrinsèque du matériau qui lui permet de se dégrader via une attaque microbienne pour in fine se convertir en H₂O, CO₂ et/ou CH₄ et de nouveau être considéré comme de la biomasse.

2.2.2 – Contexte économique

L'industrie des bioplastiques connaît une croissance très intéressante, depuis les années 2010 et ne va cesser de s'amplifier, d'après les estimations des spécialistes. Le succès de ces produits peut s'expliquer par la problématique du changement climatique et l'utilisation massive de plastique soulève désormais des interrogations liées à la pollution de la Terre. Certains plastiques ne peuvent être valorisés et sont destinés à finir leur vie dans des décharges d'enfouissement, ou pire dans l'océan et leur accumulation fait grandir la pollution de l'environnement. Sur ce point, les biopolymères compostables correspondent en une très bonne alternative, du fait de leur valorisation. En outre, les consommateurs plébiscitent, depuis quelques années, l'utilisation de matériaux dit « verts » ce qui favorise l'évolution des bioplastiques. En adéquation avec la demande, les industriels se tournent donc davantage vers ces polymères. Cela justifie l'accroissement de production au fil des années, comme le présente la figure 9. Il est important de rajouter qu'entre 2009 et 2020, la production de biopolymères (biosourcés et biodégradables) a augmenté de presque 500%.

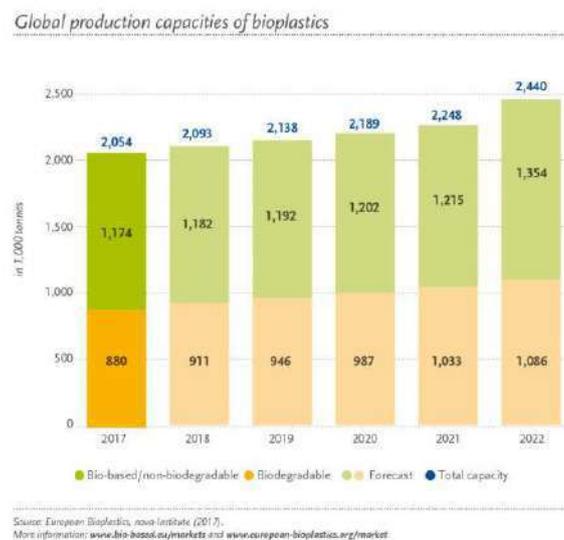


Figure 9 : Évolution des capacités de production mondiale de bioplastiques

De même, les applications industrielles sont nombreuses et couvrent un large panel de domaines. Nous pouvons retrouver l'utilisation des bioplastiques dans le bâtiment, l'agriculture, la pisciculture, les domaines pharmaceutiques, les équipements médicaux, le packaging, l'alimentaire, etc... (Fig. 10). D'autre part, certains secteurs industriels ont fait le choix de privilégier l'utilisation de biopolymères au détriment des plastiques « usuels ».

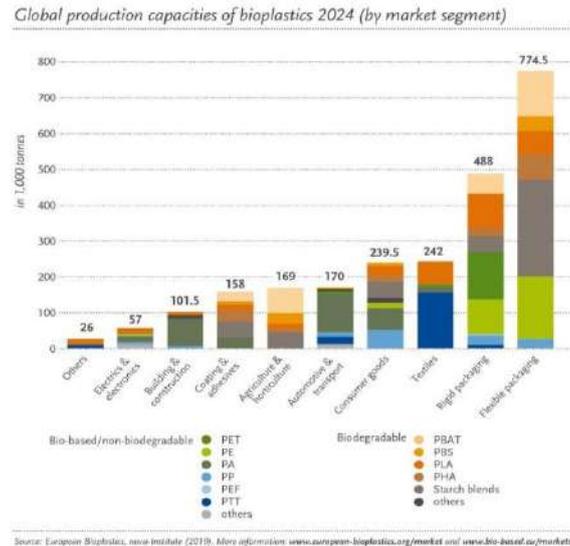


Figure 10 : Pr evision des capacit es de production mondiale de bioplastiques pour 2024 (par secteur de marché)

Ces emplois divers et variés se justifient par les performances mécaniques et durée de vie de ces matériaux. Ils sont, désormais, capables de concurrencer l'industrie du plastique « traditionnel ». Néanmoins, le coût de fabrication des biopolymères peut être perçu comme un frein pour certaines industries. Il est vrai qu'en moyenne leur production nécessite un coût 2 à 10 fois plus élevé.

Il faut, également, noter l'évolution grandissante des polymères biosourcés et non-biodégradables, cependant ils ne résolvant pas le problème d'enfouissement. De même, une autre gamme de polymères « verts » a tenté de s'imposer sur le marché : les polymères oxod gradables (thermoplastiques additives). Cependant ces derniers sont controversés en raison de leur impact en fin de vie. Ils se dégradent, comme les plastiques pétro-sourcés en micro-particules de plastiques persistantes dans le milieu. L'additif permet d'accélérer leur dégradation mais ils sont tout aussi nocifs que les conventionnels. En France, les sacs en plastique oxod gradables et emballages sont interdits depuis 2015 (Loi Transition Energétique pour la Croissance Verte).

2.2.3 – Classification des biopolymères

Avant de poursuivre sur le développement de notre projet, nous devons qualifier le préfixe « bio ». Effectivement, ce qualificatif est assez large de sens et peut introduire certaines confusions. « Bio » peut renvoyer à l'agriculture biologique, à la biodégradabilité, ou encore aux produits biosourcés, alors que les biopolymères regroupent 3 catégories de polymères, selon le mode de production. De même, le mot « bioplastique » est un terme qui regroupe 2 caractéristiques : l'origine biosourcée et la valorisation du matériau après utilisation, soit la biodégradabilité et/ou biocompostabilit  comme dit précédemment. Les 3 modes de fabrication sont les suivants :

1. Les polymères résultants directement de la biomasse
2. Les polymères synthétisés à partir des micro-organismes ou des bactéries modifiées génétiquement
3. Les polymères produits par synthèse chimique à partir de monomères d'origine naturelle, bioursouçés ou pétrosouçés.

Les échantillons mis à notre disposition, pour la réalisation de ce projet, par le SMIDAP ont été obtenus par la troisième méthode de fabrication et sont appelés : **PLA**.

2.2.4 – Le PLA

Le Poly Lactic Acid (PLA) fait partie de la famille des polyesters aliphatiques et a été découvert à la fin du XVIII^{ème} par le chimiste suédois Schelle. Le PLA peut être obtenu à partir d'amidon, extrait du maïs ou de la betterave, et est transformé en sucre par hydrolyse enzymatique. Puis, l'acide lactique est obtenu via la fermentation de sucres sous l'effet de bactéries. Ainsi, le PLA est obtenu par synthèse chimique de son monomère : l'acide lactique de son nom usuel et l'acide 2-hydroxypropanoïque pour son nom scientifique. La polymérisation s'effectue selon 2 mécanismes distincts. Le premier consiste en une polycondensation de l'acide lactique. Le second correspond à une ouverture de cycle, après dimérisation de l'acide lactique. Les représentations topographiques de l'acide lactique et du PLA sont données en figures 11 et 12, à savoir que l'acide existe sous ses 2 formes énantiomériques R et S pour former un mélange racémique. Enfin le PLA cristallise selon 3 formes : α , β et γ [9].

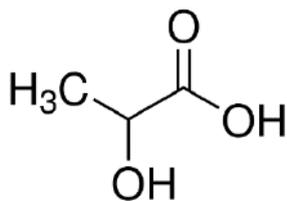


Figure 11 : Représentation topographique de l'acide lactique

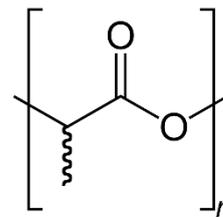


Figure 12 : Représentation topographique du PLA

Le PLA est un polymère thermoplastique de masse volumique $1,25 \text{ g.cm}^{-3}$. Il possède une température de transition vitreuse comprise entre 55 et 60°C et une température de fusion comprise entre 150 et 180°C [9]. C'est un polymère non-soluble dans l'eau. De plus, ses propriétés mécaniques sont comparables à celles des polymères plastiques ordinaires, comme le démontrer le tableau introduit par la figure 13. Les propriétés mécaniques en traction et flexion du PLA sont ainsi introduites :

		PLA	Polymères plastiques		
			PET	PS	PP
Module d'élasticité	(MPa)	3800	2450	3400	1400
Contrainte à la rupture	(MPa)	59	57	45	38
Elongation à la rupture	(%)	4	300	3	400
Module en flexion	(MPa)	3600	2800	3250	150

Figure 13 : Tableau présentant les propriétés mécaniques du PLA comparées aux plastiques ordinaires

2.3 – Fabrication des filets

Il existe deux méthodes principales pour la fabrication des filets de catinage : l'extrusion et le tricotage. Nous allons, dans un premier temps, nous intéresser à la méthode par extrusion.

2.3.1 – Filet extrudé

Ce processus, permettant la mise en forme de polymères thermoplastiques, est majoritairement utilisé par l'industrie pour la fabrication des filets, notamment ceux fabriqués en polyéthylène et en polypropylène. Néanmoins, il se révèle aussi utilisable pour le PLA. Nous avons également à notre disposition un filet issu d'un mélange de deux biopolyesters fabriqué par la société Galloplastik grâce à la matière première synthétisée par Seabird, le Sea212. Par soucis de confidentialité, cette synthèse ne nous est pas communiquée ^[10].

La matière première, avant transformation en filet et après synthèse, se présente sous la forme de granulés. Ces derniers vont ensuite subir différentes transformations (Fig. 14) ^[10] :

1. Mélange : processus par lequel les granulés, les colorants et les additifs sont mélangés afin d'obtenir une dispersion homogène et constante.
2. Fusion : phase par laquelle une vis-sans-fin transporte, homogénéise et dose la matière à mesure que celle-ci avance jusqu'à la tête d'extrusion.
3. Formation : il s'agit de la phase principale du processus pendant laquelle la matière passe à l'intérieur de la tête d'extrusion et arrive jusqu'à la filière qui donnera la forme à la maille.
4. Refroidissement : la maille entre en contact avec l'eau dans le but de revenir à l'état solide et pouvoir être manipulée.
5. Etirage : La maille va être étirée afin de l'orienter suivant les souhaits du fabricant.
6. Séchage et enroulage : phase durant laquelle on élimine la totalité de l'eau et où l'on procède à l'enroulement de la maille. Les mailles plastiques peuvent avoir une grande variété de formes, couleurs, structures et aspects.

Dans le cas des filets de catinage, les filets sont à structure tubulaire et à mailles principalement de forme losange, ceci dépendant du constructeur ^[10].

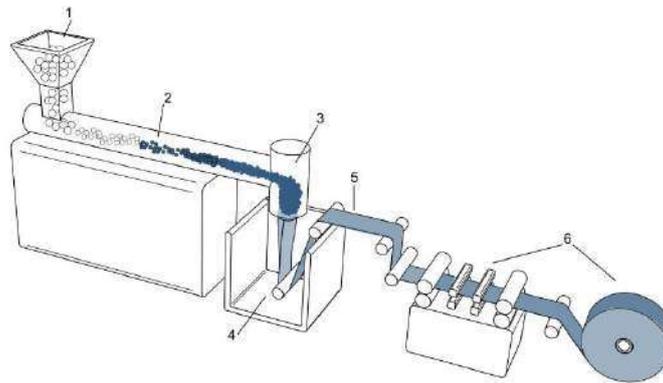


Figure 14 : Schéma du processus d'extrusion ^[10]

2.3.2– Filet tricoté

Contrairement aux filets extrudés, les filets tricotés sont plus complexes à réaliser car ils nécessitent plus d'étapes de fabrication. En effet, à la différence de l'extrusion, les filets tricotés nécessitent au préalable une étape de filage avant de pouvoir passer au tricotage.

Le filage (ou spinning en anglais) en mono ou multi-filaments et en particulier celui du PLA se fait par fusion (melt spinning). C'est un processus n'utilisant pas de solvant, plus économique et plus écologique que le filage humide qui est un filage utilisé pour d'autres matières avec notamment des vitesses de production plus importantes ^[11].

Dans le cadre de notre étude, nous avons deux filets tricotés de type « chaînettes » réalisés à partir de multi-filaments bioplastiques et biosourcés provenant de deux sociétés : une néerlandaise, Senbis et une espagnole, Ponsa.

Le filage est une forme d'extrusion, comme dans le chapitre 2.3.1, à la différence que nous allons obtenir un fil à la place d'un filet à l'issue de cette étape. Le schéma (Fig.15) présente la fabrication de ce fil. Le polymère, en fusion, va passer par les petits trous d'une filière. On va ainsi obtenir la fibre filée composée de multiples filaments, après refroidissement par air, étirage et traitement thermique ^[12]. Le fil va être ensuite enroulé autour de bobines.

Vient ensuite l'étape du tricotage. Le processus d'obtention du filet reprend les principes utilisés en couture dans le domaine du textile. En effet, un filet de type chaînette est fabriqué grâce à la technique du warp-knitting ou tricot en chaîne en français. Le principe de cette méthode consiste à faire zigzaguer les fils dans le sens de la longueur. Ce procédé est principalement réalisé à la machine Raschel, illustrée par la figure 16, Raschel étant une forme de tricot en chaîne ^[13].

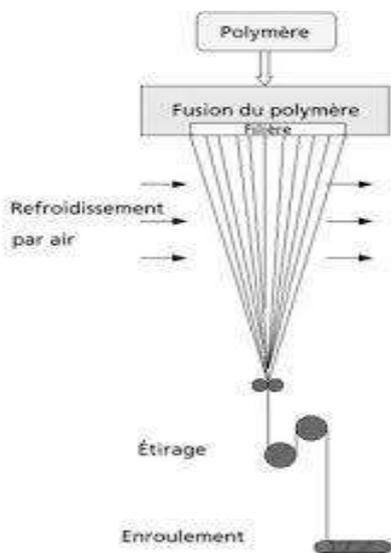


Figure 15 : Schéma du processus de filage ^[14]



Figure 16 : Machine Raschel pour le tricot en chaîne

3. Caractérisation physico-chimique

3.1 – Problématique

Ce projet a été lancé afin de répondre à une demande des professionnels du secteur mytilicole. Les mytiliculteurs ayant pris conscience qu'il était nécessaire de changer leurs méthodes de travail, dans le but de respecter l'environnement. Cette étude cherche donc à proposer une alternative aux filets de catinage habituellement utilisés. D'ailleurs, 8 professionnels ont donné leur accord pour participer au projet en testant les prototypes de filets et apporter leur ressenti et commentaires sur le produit.

Pour trouver cette alternative, le choix du matériau s'est porté sur le développement de matériaux biosourcés et compostables présentant des caractéristiques mécaniques similaires aux filets en polyéthylène ou polypropylène et qui réagissent de manière durable avec leur environnement.

Actuellement, le projet a déjà testé deux possibilités de filets mytilicoles biosourcés et compostables :

- Filet extrudé en bioplastique biosourcé et compostable
- Filet tricoté avec du fil multi filaments biosourcé et compostable (essai avec deux fils provenant de deux fabricants)

Concernant notre projet étudiant, nous avons été sollicités dans le but de compléter les essais sur les nouveaux filets et réaliser une analyse du cycle de vie sur différents types de filets. Nous avons donc à disposition plusieurs filets différents :

- Filet tricoté provenant de Ponsa
- Filet tricoté provenant de Senbis
- Filets extrudés biosourcés et compostables
- Filets extrudés conventionnels : en polyéthylène et en polypropylène

Nous allons donc comparer les caractéristiques mécaniques et chimiques des différents filets. L'objectif étant d'évaluer la résistance de chacun de ses filets et de déterminer les caractéristiques mécaniques nécessaires pour permettre aux professionnels de pouvoir les utiliser. De plus, nous allons tenter de définir les paramètres qui accentuent la dégradation des matériaux utilisés pour ces filets.

3.2 – Expérimental

3.2.1 – Spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR)

3.2.1.1 – Principe

L'objectif de toute spectroscopie d'absorption est de définir la quantité de lumière qui va être absorbée par un échantillon en fonction de la longueur d'onde. Pour la spectroscopie par transformée de Fourier, au lieu d'utiliser une lumière monochromatique, le faisceau est constitué d'une combinaison de plusieurs fréquences de la lumière et va permettre de mesurer l'absorption par l'échantillon. L'opération est répétée de nombreuses fois avec une combinaison de fréquences différentes afin de modifier le faisceau. Lorsque l'ensemble des données est acquis, un ordinateur va analyser ces résultats et en déduire l'absorption du matériau pour chaque longueur d'onde.

Cette méthode de caractérisation permet d'identifier un composé inconnu et d'étudier la nature des liaisons chimiques qui sont présentes dans une molécule. Un groupement chimique d'une molécule peut être mis en évidence par la détermination de certaines fréquences de vibration qui lui sont propres, nommées fréquences de groupe ^[15]. Des tables de fréquences de groupes ont été établies ainsi que des protocoles pour l'identification des polymères inconnus à partir des données infrarouges.

Dans le cas où l'échantillon ne peut être déposé en couche mince, on peut utiliser la réflexion totale atténuée. Cette technique donne la possibilité d'étudier la surface d'un échantillon à partir de l'absorption de l'onde évanescente issue d'un prisme d'indice de réfraction élevé n_1 en contact avec l'échantillon d'indice de réfraction moins élevé n_2 ^[16]. La figure 17 permet de mettre en évidence ce principe de réflexion :

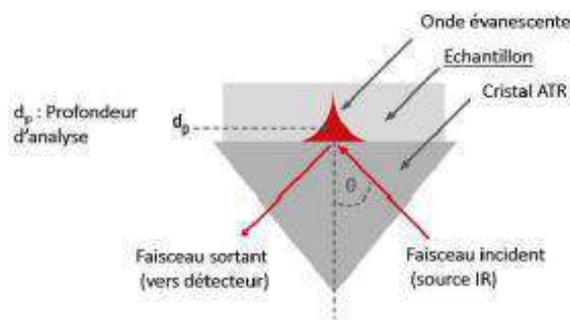


Figure 17 : Schéma du principe de réflexion totale atténuée (ATR) d'une onde à l'interface d'un cristal et d'un matériau à analyser ^[16]

L'accessoire employé est un outil universel qui permet d'effectuer l'analyse qualitative et quantitative des solides, liquides, pâtes, films, fils et micro-échantillons. Il s'agit d'un diamant brasé dans un disque en carbure de tungstène (Fig. 19) ^[16].

3.2.1.2 – Appareillage

Afin d'effectuer cette analyse, il faut utiliser un spectroscope infrarouge à transformée de Fourier. Ce système fonctionne grâce à l'utilisation de 4 composés principaux : la source IR, un interféromètre de Michelson, un détecteur et une électronique de calcul. Pour notre part, l'appareil à notre disposition est de la marque PerkinElmer, de type Spectrum BX (Fig. 18), et le logiciel associé est Spectrum v5.3.1. La gamme spectrale d'étude varie de 7800 cm^{-1} à 350 cm^{-1} [15].

La figure 20 présente le principe de fonctionnement de cette étude de caractérisation. Un rayonnement incident est envoyé vers un interféromètre de Michelson qui va scinder la source en deux (50% retournent à la source et 50% recombinaison et transférés vers l'échantillon). Ensuite, les interférences créées par la séparatrice vont avoir une certaine intensité qui vont être enregistrées par le détecteur. À partir de ces signaux, un interférogramme est constitué. Enfin, la transformée de Fourier de cet interférogramme permet d'obtenir un spectre des fréquences [15].



Figure 18 : Spectromètre Spectrum BX



Figure 19 : Outil universel utilisé pour réaliser une analyse ATR

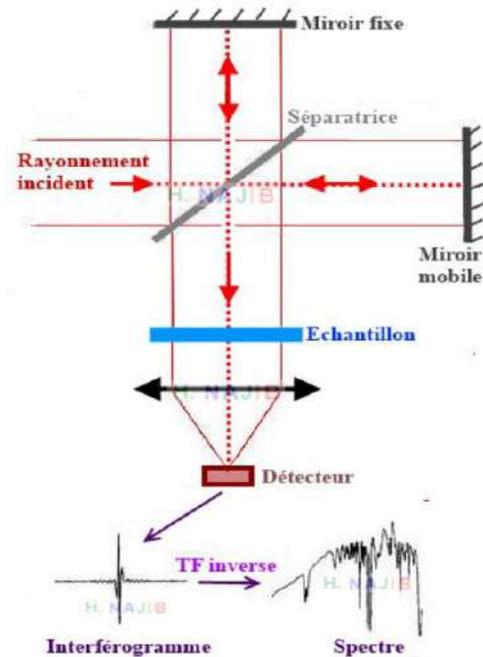


Figure 20 : Schéma du principe de fonctionnement de la spectroscopie par transformée de Fourier

3.2.1.3 – Protocole

Dans cette partie, nous allons introduire le protocole expérimental que nous avons mis en place pour effectuer l'analyse. Il est nécessaire de préciser que nous avons effectué deux protocoles différents car nous avons à notre disposition des échantillons « bruts » et aussi des échantillons ayant subi un vieillissement.

- Échantillon non-vieilli :
 1. Mettre des gants
 2. Placer l'outil universel dans la machine, fermer le couvercle et effectuer les étapes suivantes sur le logiciel : Instrument -> Scan Background -> Number of Scans : 10
 3. Découper un petit morceau d'échantillon (Fig. 22)
 4. Placer l'échantillon dans l'outil universel puis serrer le système à l'aide des molettes de serrage
 5. Réaliser le test en suivant les étapes suivantes sur le logiciel : Instrument -> Scan sample -> Number of scans : 30
 6. Retirer l'échantillon du système et enregistrer le spectre obtenu
- Échantillon vieilli :
 1. Mettre des gants
 2. Placer les échantillons dans une coupelle à fond plat puis la remplir d'éthanol et la refermer à l'aide de parafilm (Fig.21) : l'objectif est de nettoyer les échantillons par élimination des éléments organiques présents sur l'échantillon (24h dans le bain)
 3. Rincer les échantillons à l'eau douce et frotter avec un bout de tissu (attention à ne pas trop abraser)
 4. Les faire sécher à l'étuve (2h à 50°C)
 5. Observation visuelle + microscope optique afin de s'assurer que les échantillons sont propres, si la couleur d'origine est retrouvée et qu'on n'observe pas la présence d'impuretés de surface on peut démarrer l'analyse
 6. Placer l'outil universel dans la machine, fermer le couvercle et effectuer les étapes suivantes sur le logiciel : Instrument -> Scan Background -> Number of Scans : 10
 7. Découper un petit morceau de l'échantillon
 8. Déterminer la position où on effectue le test : effectuer un marquage en utilisant le diamant de l'outil universel et en appuyant légèrement (Fig. 22) pour définir un endroit précis où on réalise l'étude
 9. Placer l'échantillon à l'endroit du marquage dans l'outil et serrer l'échantillon avec les molettes de serrage
 10. Réaliser le test en suivant les étapes sur le logiciel : Instrument -> Scan sample -> Number of scans : 30
 11. Retirer l'échantillon de l'outil et enregistrer le spectre obtenu



Figure 21 : Coupelle à fond plat + éthanol + filet à nettoyer

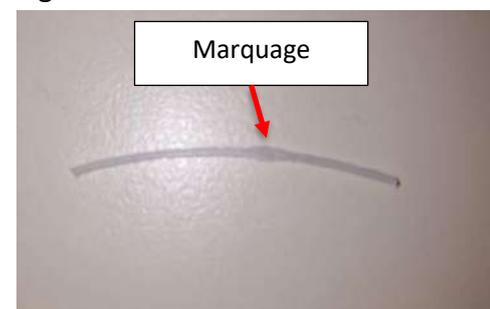


Figure 22 : Marquage de notre échantillon

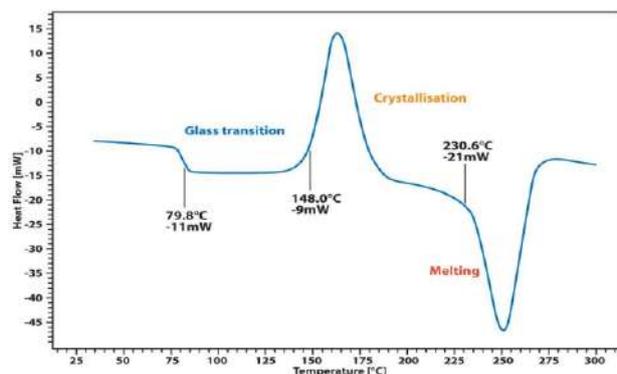
3.2.2 – Calorimétrie différentielle à balayage (DSC)

3.2.2.1 – Principe

La calorimétrie différentielle à balayage est une méthode permettant une analyse thermique dans le but de mettre en évidence les changements d'état, de phase ou de structure d'un matériau [17].

Pour réaliser cette étude, il faut utiliser deux creusets : le premier contient l'échantillon à étudier et le second sert de référentiel (généralement vide mais peut accueillir un corps inerte thermiquement dans la gamme de température d'étude). Ceux-ci sont positionnés sur deux thermocouples différents qui enregistrent la température de l'échantillon et du référentiel en fonction du temps ou de la température. Les thermocouples sont intégrés à un four qui va effectuer un cycle thermique déterminé préalablement. Lors de la réalisation de l'expérience, le logiciel va mesurer le flux thermique qui permet de maintenir les deux creusets à la même température. De manière générale, la DSC est effectuée sous atmosphère inerte afin d'éviter les réactions avec l'oxygène de l'air [17].

Durant le cycle thermique, l'échantillon va être sujet à des réactions dues aux changements de structure ou de phase auxquels il peut être soumis. Ces transformations s'accompagnent d'échange de chaleur, endothermique (phénomène s'accompagnant d'une absorption de chaleur) ou exothermique (réaction amenant à un dégagement de chaleur). L'analyse permet à terme d'obtenir un « thermogramme » (exemple en figure 23) caractéristique du matériau étudié et du profil thermique réalisé [17].



Légende :

- Glass transition : transition vitreuse
- Crystallisation : cristallisation
- Melting : fusion

Figure 23 : Thermogramme obtenu après une analyse DSC

3.2.2.2 – Appareillage

Pour cette étude, nous avons utilisé un calorimètre différentiel de la marque PerkinElmer, de type DSC4000 (Fig. 24), et le logiciel d'analyse est Pyris Manager. Après avoir préparé les capsules échantillon et référence, il suffit de les placer dans le four comme indiqué par la figure 25.



Figure 24 : Calorimètre différentiel DSC 4000

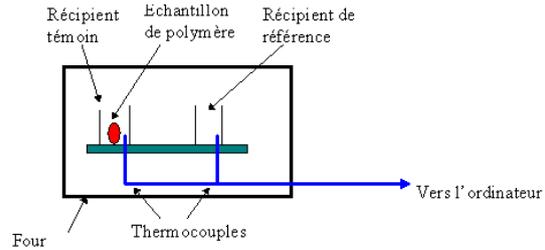


Figure 25 : Schéma de l'intérieur du four d'un calorimètre différentiel à balayage

3.2.2.3 – Protocole

Nous allons, à présent, expliquer le protocole expérimental que nous avons suivi lors de cette étude de caractérisation. Ici, il n'est pas nécessaire d'effectuer de phases de nettoyage sur les échantillons vieillis car la présence de composés organiques n'a pas d'influence sur les résultats obtenus. De plus, les essais sont réalisés sous air.

- Étapes suivies :

1. Placer les échantillons dans une étuve (24h à 50°C) afin d'éliminer les éléments d'humidités résiduels qui peuvent être présents
2. Mettre des gants
3. Sortir les échantillons de l'étuve
4. Allumer l'ordinateur, allumer le boîtier blanc situé par terre en dessous de la machine et ouvrir la bouteille de gaz (azote) positionnée près de l'armoire (permet de refroidir le four)
5. Découper plusieurs petits morceaux d'échantillons à l'aide d'une pince coupante et d'une pince pour attraper les morceaux (attention : éviter de toucher les morceaux d'échantillons afin de ne pas les contaminer). Il faut qu'ils soient assez petits pour être placés dans la capsule utilisée pour l'analyse DSC (Fig. 26)
6. Peser plusieurs fois sur une balance de précision (Fig. 27) pour atteindre une masse d'échantillon comprise entre 10 et 20 mg
7. Lorsqu'on atteint une masse d'échantillon convenable, refermer la capsule à l'aide de la presse uni-axiale PerkinElmer (Fig. 28)
8. Prendre avec une pince une nouvelle capsule et un couvercle, la placer dans la presse et la fermer. Elle servira de coupelle de référence.



Figure 26 : Capsules et couvercles d'échantillons en aluminium utilisés pour la DSC



Figure 27 : Balance de précision Radwag



Figure 28 : Presse uni-axiale PerkinElmer

9. Placer les coupelles échantillon et référence dans le four comme indiqué sur la figure 25
10. Sur le logiciel :
 - a) Mettre un nom d'échantillon -> définir le dossier de sauvegarde de l'analyse -> indiquer la masse de l'échantillon
 - b) Définir la température de début d'étude (pour nous c'était -20°C et -40°C)
 - c) Indiquer les étapes du cycle thermique à effectuer
 - Cycle thermique n°1
 - Montée en température de -20°C à 150°C par pas de 10°C/min
 - Palier à 150°C pendant 1 minute
 - Descente en température de 150°C à -20°C par pas de 10°C/min
 - Cycle thermique n°2
 - Montée en température de -40°C à 150°C par pas de 10°C/min
 - Palier à 150°C pendant 1 minute
 - Descente en température de 150°C à -40°C par pas de 10°C/min
 - Palier à -40°C pendant 1 minute
 - Montée en température de -40°C à 150°C par pas de 10°C/min
 - Palier à 150°C pendant 1 minute
 - Descente en température de 150°C à -40°C par pas de 10°C/min
 - d) Lorsque l'analyse est terminée, retirer les capsules du four et les mettre dans la poubelle prévue pour les capsules DSC placée sur la table
 - e) Vérifier que l'étude est bien enregistrée

3.2.3 – Microscopie optique

3.2.3.1 – Principe

Un microscope optique (ou photonique) donne la possibilité d'accéder à la structure microscopique de produits observés. L'objectif de cet appareil est de permettre l'observation de détails plus fins d'un objet. Il ne s'agit pas seulement d'une image agrandie. Le paramètre important de cette méthode d'analyse est la résolution qui est la capacité de l'appareil à séparer les détails [18].

Pour notre étude, nous avons utilisé un microscope à transmission qui est constitué de 5 éléments principaux : une source de lumière, un condenseur, un objectif et des oculaires (Fig. 29). La source lumineuse est, généralement, une lampe halogène et permet d'éclairer l'objet de manière intense. Le condenseur correspond à une lentille qui a pour but de concentrer le rayon lumineux sur l'échantillon analysé. Il joue un rôle essentiel sur la qualité des images (contraste et résolution). L'objectif, quant à lui, est le constituant fondamental d'un microscope. Il s'agit d'une lentille à fort pouvoir grossissant qui définit la résolution optique de l'appareil (mesure la quantité de détails visible par l'utilisateur). Enfin, les oculaires sont des loupes perfectionnées qui agrandissent les images et permettent d'obtenir des images « à l'infini » (image nette sans accommodation de l'œil) [18].

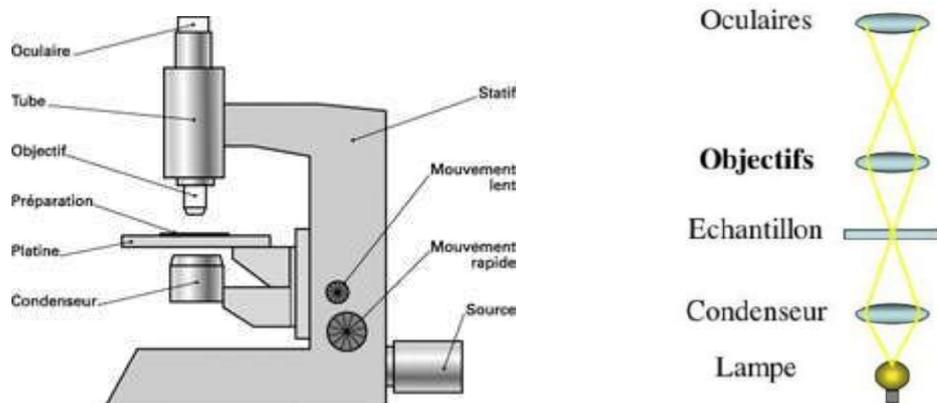


Figure 29 : Anatomie d'un microscope optique et principe de fonctionnement des principaux éléments de cet appareil

3.2.3.2 – Appareillage

Pour réaliser cette méthode de caractérisation, nous avons à notre disposition un microscope optique de la marque Zeiss et de type Axio Imager 2 (Fig. 30). Le logiciel relié à cet appareil est AxioVision Rel. Le microscope est équipé de plusieurs objectifs. Par soucis de clarté et de visibilité de la surface, nous n'allons en utiliser que deux : x5 et x20.



Figure 30 : Microscope optique Axio Imager 2

3.2.3.3 – Protocole

Lors de cette étude de la surface d'échantillon des polymères de Sea212 vieilli et non-vieilli, nous avons suivi un protocole précis que nous allons détailler. Pour visualiser correctement les effets du vieillissement des filets plongés dans l'eau de mer ou exposés aux ultra-violets, nous avons dû nettoyer les échantillons, comme expliqué précédemment pour la spectroscopie infrarouge.

- Étapes suivies :
 1. Allumer le boîtier d'alimentation derrière le microscope (Power Supply 232) ainsi que le microscope et utiliser le logiciel AxioVision
 2. Bien vérifier que l'objectif x2,5 est bien en position avant de placer votre échantillon dessous. Si ce n'est pas le cas, descendre la platine au maximum et changer d'objectif (pour le x2,5) directement sur le pavé tactile
 3. Toujours sur l'écran tactile, sélectionner RL Illumination on
 4. Ouvrir la fenêtre « Live » pour observer en direct l'échantillon et obtenir une image sur l'écran de l'ordinateur
 5. Faire un réglage automatique de l'exposition à l'aide de la fonction « Exposure »
 6. Faire la mise au point avec la molette du microscope toujours sur l'objectif x2,5
 7. Passer à l'objectif x5, à l'aide du pavé tactile, et faire une nouvelle mise au point. Enregistrer une image de la surface de l'échantillon à l'aide de la fonction « Snap ». Mettre une échelle à l'image obtenue
 8. Passer à l'objectif x20 pour une meilleure étude de la surface de l'échantillon, (notamment pour ceux ayant subis un vieillissement). Refaire la mise au point et la capture d'image. Les objectifs plus puissants ne sont pas utiles. L'image de la surface n'étant plus nette pour des grossissements plus élevés, l'étude devient très compliquée. Les objectifs x5 et X20 suffisent pour montrer l'évolution des filets vieillis
 9. Sur le logiciel : enregistrer la capture d'écran sur un dossier dédié

3.2.4 – Essai mécanique de traction

3.2.4.1 – Principe

L'essai mécanique de traction est un test fréquemment utilisé en vue de définir le comportement mécanique d'un matériau. À l'aide de celui-ci, nous pouvons déterminer le comportement élastique et la résistance à la rupture d'un échantillon, et ce dans un état de contrainte uni-axiale.

Cette expérience consiste à positionner un échantillon d'un matériau à étudier dans les mâchoires de la machine de traction, dits les « mors ». Puis ce dernier est contraint par

une force. Le test s'arrête lorsque que le matériau est rompu. Tout au long de cet essai, l'allongement et la force appliquée sont enregistrés, et sont ensuite convertis en déformation et contrainte.

Ce test donne plusieurs valeurs importantes :

- Le module d'Young E ou module d'élasticité longitudinale (en MPa ou GPa)
- La limite d'élasticité R_e qui donne des informations sur le domaine conventionnel de réversibilité
- La résistance à la traction R_m qui détermine la limite à la rupture
- L'allongement à la rupture $A\%$ qui mesure la capacité d'un matériau à s'allonger sous charge avant sa rupture
- Le coefficient de Poisson ν correspondant au rapport entre déformation transversale (diminution de section) et longitudinale (allongement relatif), dans le domaine élastique

3.2.4.2 – Appareillage

Lors de nos expérimentations avec la traction, nous avons travaillé avec une machine Zwick-Roell Z1.0 TS (Fig. 31), qui est capable d'exercer une force maximale de 1kN. La position maximale de la traverse supérieure est de 565 mm. Le logiciel relié à cette machine est le TestXPert II.



Figure 31 : Zwick-Roell Z1.0 TS

3.2.4.3 – Protocole

Nous étudions des filets de catinage, nos essais ne peuvent donc pas être normés car la surface des échantillons est difficile à calculer. Ainsi nous avons évalué uniquement la force à la rupture de nos filets (en N) en fonction du déplacement de la traverse par rapport à sa position originelle (en mm).

Pour ce faire, nous avons conçu un premier protocole dans le but de se rapprocher du format « éprouvette ». Nous avons donc pris le parti de réaliser un patron découpable en son centre dans le but d'installer chaque filet de la même manière et avec le même écartement original (Fig. 32).

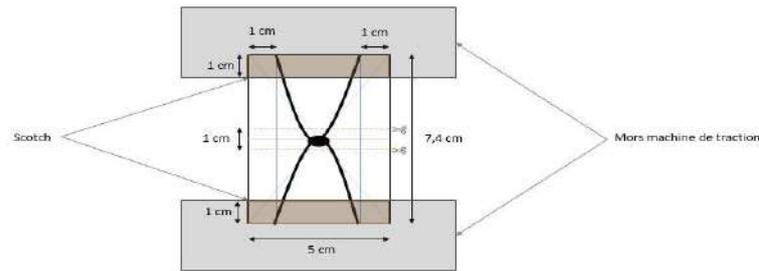


Figure 32 : Schéma du premier protocole réalisé

Cependant, nous avons très vite rencontré les premières limites de cette méthode : notre filet, serré au niveau des mors haut et bas, était affaibli en ces zones ce qui entraînait quasi-systématiquement une rupture ou un glissement du filet au niveau d'un des deux mors rendant impossible toute reproductibilité du protocole. Nous avons donc dû repenser notre manière de réaliser nos essais.

Nous avons mis en place un deuxième protocole qui n'implique aucune découpe du filet, si ce n'est pour isoler 3 nœuds.

- Etapes suivies :

1. Allumer la machine Zwick-Roell Z1.0 TS et lancer le logiciel TestXpert II. Ne pas oublier d'appuyer sur le bouton « on » de la face avant de la machine afin de faire communiquer le logiciel et la machine de traction
2. Installer les deux cylindres en forme de vis sans fin à la place des mors traditionnels (Fig. 33)
3. Isoler trois nœuds dans le sens radial du filet afin d'avoir deux boucles
4. Positionner la boucle supérieure de l'échantillon de filet autour de la vis sans fin supérieure
5. Avec le logiciel, régler manuellement la position de la traverse supérieure afin de pouvoir installer, sans forcer sur les boucles, la partie inférieure de l'échantillon. Bien positionner la boucle basse dans le même pas de vis que celle supérieure afin d'avoir un alignement optimal. (Photos annexe 2)
6. Sur le logiciel, régler les paramètres suivants :
 - a) « Aucune forme éprouvette »
 - b) Cliquer sur « A » dans la section « Ecartement entre outillages pour position initiale »
 - c) Vitesse de position initiale : 100 mm/min
 - d) Précharge de 0.05 N



Figure 33 : Support pour nos filets lors des essais de traction

- e) Vitesse de précharge : 100 mm/min
 - f) Sélectionner « Phase d'essai –contrainte d'élasticité »
 - g) Sélectionner « Seuil de rupture » et indiquer « 80% de F_{max} »
 - h) Régler la position initiale après l'essai
7. Réinitialiser la force à zéro
 8. Lancer l'essai
 9. Réaliser 4 ou 5 fois l'essai sur de nouveaux échantillons (pour obtenir une moyenne et un écart-type) en réinitialisant la force à zéro à chaque fois
 10. Modifier uniquement la position de la traverse manuellement pour un nouveau filet et ne pas oublier de cliquer sur « A » dans la section « Ecartement entre outillages pour position initiale » à chaque nouvelle série d'essai
 11. Renommer vos essais et les exporter sur Excel pour effectuer l'analyse des données

4. Résultats et analyse

Après cette présentation des machines et des protocoles expérimentaux que nous avons mis en place pour chaque étude, les différents résultats obtenus sont introduits et critiqués.

4.1 - Spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier

Avec cette étude, nous avons tenté de mettre en évidence l'influence du vieillissement sur les propriétés chimiques du polymère « Sea212 ». Tout d'abord, nous nous sommes intéressés aux filets extrudés et maillés à grammages différents (15 g.m^{-1} , intermédiaire et 22 g.m^{-1}). L'objectif de cette étude était de retrouver les groupes fonctionnels caractéristiques de la fonction ester car, d'après nos recherches, nous avons à notre disposition des échantillons d'un composé à base de plusieurs résines en (co-) polyesters et additifs. Nous avons donc réalisé trois essais sur les 3 matériaux en notre possession.

La présentation des spectres obtenus n'étant pas pertinente, nous avons décidé de comparer directement sur un même graphique les données récoltées pour les trois échantillons (Fig. 34). Ainsi, nous avons pu identifier certaines bandes caractéristiques de la fonction ester et leurs positions. Ces informations ont été regroupées dans le tableau de la figure 35. À noter que nous ne prenons pas en compte les bandes inférieures à 500 cm^{-1} qui résultent du bruit de la machine. De plus, nous avons voulu comprendre les différences que présentaient les filets en matière Seabird. Nous avons alors remarqué la présence de 3 bandes supplémentaires pour le Sea212 intermédiaire. Tout nous laisse penser que ces dernières correspondent à un additif rajouté lors de la conception du filet. Après échange avec M. Mathel il est possible que l'un de ces additifs soit du talc (silicate de magnésium doublement hydroxylé de formule $\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$), en partie confirmée par la présence de la bande à $3400\text{-}3200 \text{ cm}^{-1}$ caractéristique de la fonction hydroxy liée (Fig. 34).

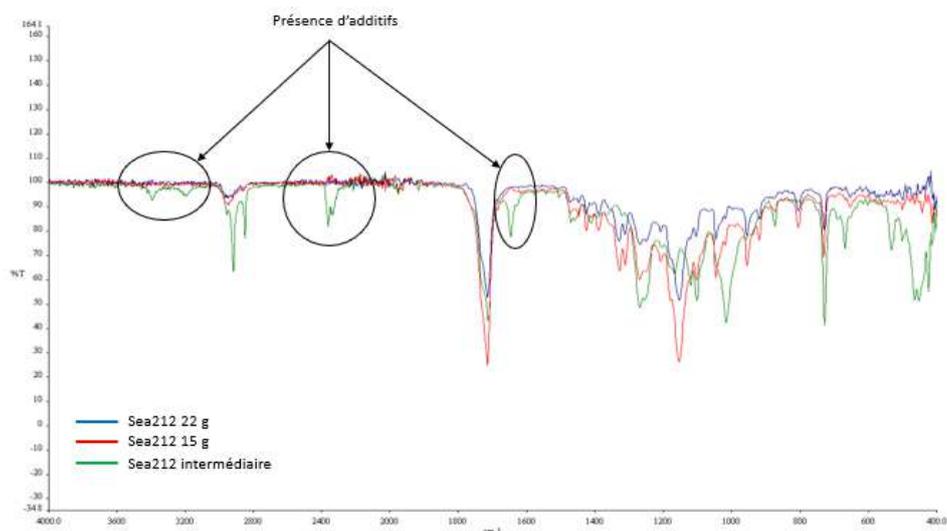


Figure 34 : Spectre comparatif des échantillons de Sea212 à grammages différents et mise en évidence des bandes caractéristiques de l'ajout d'additifs

Groupements caractéristiques	Longueur d'onde (cm ⁻¹)
C=O ester	1700-1740
C-O ester	1300-1000
C-H élongation	2850-3000 / 1450-1500
CH ₃ CH ₂ déformation	700-730 / 1350-1400

Figure 35 : Tableau récapitulatif des bandes caractéristiques de nos spectres IR

Ainsi nous pouvons conclure que la matière de Seabird est bien composée d'un mélange de 2 biopolyesters, comme indiqué sur la fiche technique du Sea212.

Ensuite, nous avons utilisé des échantillons de Sea212 qui ont été obtenus après une fabrication par extrusion et non-maillés. Les analyses physiques ayant déjà été réalisées sur ces matériaux, nous nous sommes uniquement intéressés aux propriétés chimiques de ceux-ci. Ainsi, nous avons à notre disposition six échantillons possédant des diamètres d'extrusion différents. Certains d'entre eux avaient été soumis, préalablement, à un vieillissement selon deux critères auxquels sont confrontés les filets de catinage : immersion en eau de mer et exposition aux ultra-violets. Cependant, nous ne connaissons pas les conditions expérimentales utilisées. Pour récapituler les éléments que nous avons analysés, nous introduisons un tableau résumé (Fig. 36) :

Échantillon	1	2	3	4	5	6
Diamètre (mm)	0,22	0,22	0,6	0,8	0,8	0,8
Sans vieillissement	X			X		
Immersion en eau de mer 1 an		X			X	
Immersion en eau de mer 1 an et 6 mois						X
Exposé aux UVs 6 mois			X			

Figure 36 : Tableau récapitulatif des échantillons analysés

Nous avons suivi notre protocole expérimental (partie 3.2.1.3) pour nettoyer les échantillons qui ont été vieillis afin d'éliminer le maximum de contaminants et ainsi limiter l'impact des éléments organiques sur les résultats spectroscopiques. Lorsque cette étape a été terminée, nous avons pu débuter notre analyse. Suite à l'expérimentation, nous avons obtenu une série de spectre. Nous avons alors utilisé les données récoltées afin de comparer les échantillons non-vieillis et vieillis, en vue de déterminer l'influence du vieillissement sur le polymère. L'intégralité des spectres IR de ces échantillons ainsi qu'un tableau résumé des bandes caractéristiques observées sont disponibles en annexe 3.

L'analyse de ses résultats n'a pas été très concluante. Nous n'avons pas réussi à observer l'apparition de nouvelles bandes mettant en évidence un possible effet du vieillissement sur les matériaux étudiés. Nous ne savons pas si cette absence est due à une erreur expérimentale ou alors que le vieillissement n'a tout simplement pas entraîné le

changement de la structure chimique des échantillons. Cependant, nous retrouvons bien les pics caractéristiques de la fonction ester comme attendu.

4.2 - Calorimétrie différentielle à balayage

Comme pour la spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier, nous avons utilisé une analyse par DSC afin de montrer l'effet du vieillissement sur le polymère Sea212. Ce polymère est un matériau thermoplastique semi-cristallin. Il doit donc présenter une partie amorphe caractérisée par l'apparition du phénomène de transition vitreuse (température de transition vitreuse T_g) et une partie cristalline qui est mise en évidence par une température de fusion T_f et de cristallisation T_c .

Dans un premier temps, nous nous sommes concentrés sur les échantillons de Sea212 transformés par extrusion et maillés afin de retrouver les températures des phénomènes, présentés dans le précédent paragraphe, et les comparer aux données théoriques que nous avons à notre disposition (référence [19]). Ainsi, nous avons analysé trois échantillons de filet de polymère Sea212 à grammages différents (15 g.m^{-1} , intermédiaire, 22 g.m^{-1}) en utilisant le premier cycle thermique (introduit dans la partie 3.2.2.3). Les thermogrammes suivants ont été obtenus (Fig. 37 – 38 – 39) :

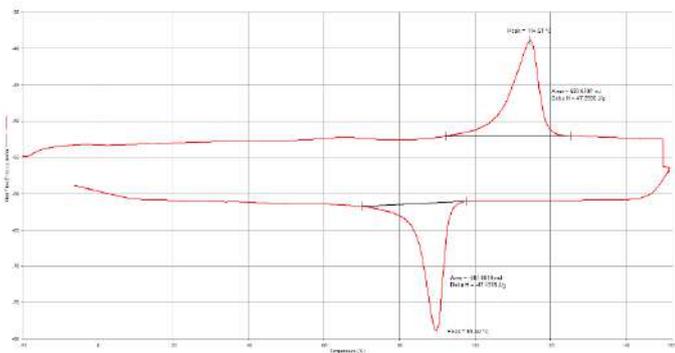


Figure 37 : Thermogramme DSC de l'échantillon de grammage 15 g.m^{-1}

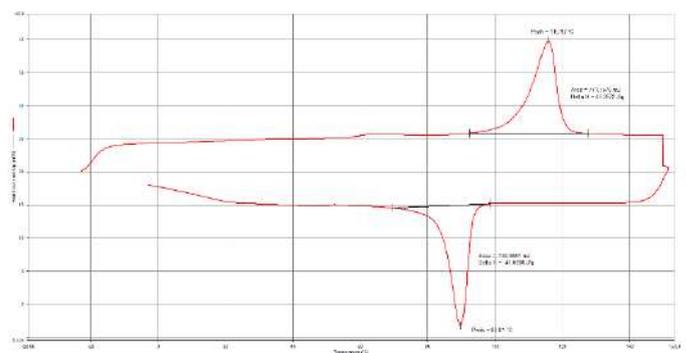


Figure 38 : Thermogramme DSC de l'échantillon intermédiaire

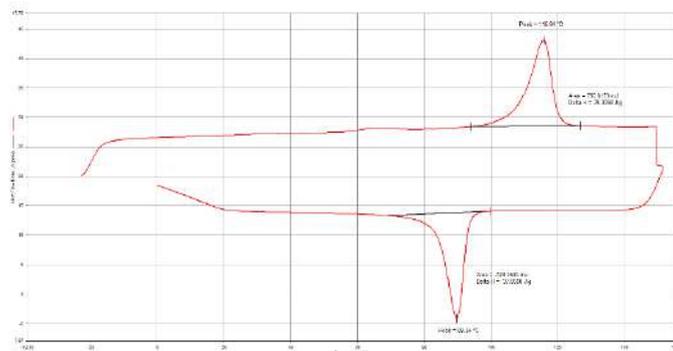


Figure 39 : Thermogramme DSC de l'échantillon de grammage 22 g.m^{-1}

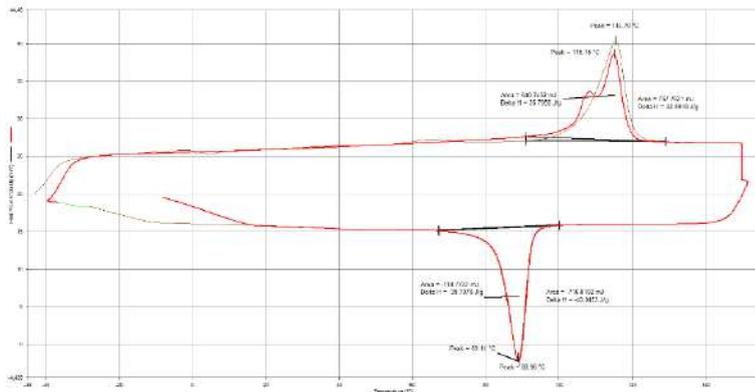
À partir de ces graphiques, nous avons pu définir la température de fusion et de cristallisation ainsi que l'enthalpie massique de fusion de nos échantillons. Ces résultats sont mis en évidence dans le tableau suivant (Fig. 40) :

Grammage	Température de fusion (°C)	Température de cristallisation (°C)	Enthalpie massique (J/g)
15 g.m ⁻¹	114,60	89,60	47,89
Intermédiaire	115,90	89,81	43,36
22 g.m ⁻¹	115,84	89,84	39,31
Moyenne	115,45	89,75	

Figure 40 : Tableau de valeurs mettant en évidence les caractéristiques du polymère

Ces valeurs nous ont permis de noter que la température de fusion de ce polymère semble être proche de 115,45°C. Concernant la température de cristallisation, elle varie autour de 89,75°C. D'autre part, nous pouvons faire l'hypothèse que le grammage influe la cristallinité du matériau car l'enthalpie massique de fusion décroît lorsque le grammage augmente. De ce fait, la cristallinité doit diminuer en conséquence. Ne connaissant pas l'enthalpie de fusion de notre matériau lorsqu'il est totalement cristallisé, nous ne pouvons faire que des hypothèses. Si nous comparons nos résultats avec les valeurs de référence que nous avons trouvées dans la fiche technique du matériau (référence 19), nous pouvons dire que la température de fusion déterminée est proche de celle attendue ($T_g = 120^\circ\text{C}$). La différence de 5°C, que nous observons, peut provenir du fait que le cycle thermique que nous avons utilisé n'est pas normé contrairement à ce qui est renseigné dans la fiche technique (norme ISO 3146).

Comme on peut l'observer sur les thermogrammes (Fig. 37 – 38 – 39), nous n'avons pas pu obtenir de transition endothermique caractéristique de la transition vitreuse d'un thermoplastique. Après concertation avec l'un de nos tuteurs, nous avons décidé d'effectuer un nouvel essai sur l'échantillon Sea212 de grammage 22g.m⁻¹ en utilisant le deuxième cycle thermique (partie 3.2.2.3). Étant donné qu'il semble être le moins cristallisé des trois échantillons (d'après l'hypothèse faite au précédent paragraphe), nous l'avons utilisé pour ce test car la cristallinité peut avoir un impact sur l'apparition de la transition vitreuse. Si le matériau a un taux de cristallinité trop important, il est plus difficile de la distinguer. Après avoir réalisé cette analyse, nous avons obtenu le graphe qui est introduit par la figure 41 :



Légende :

- En marron : 4 premières étapes du cycle thermique
- En rouge : 3 dernières étapes

Figure 41 : Thermogramme DSC de l'échantillon Sea212 ($22g.m^{-1}$) soumis au deuxième cycle thermique

En analysant le graphe obtenu, nous pouvons voir que la transition endothermique n'apparaît toujours pas. Nous n'avons donc pas pu déterminer la transition vitreuse de notre matériau qui semblait pourtant être observable autour de $-40^{\circ}C$, d'après les informations mises à notre disposition. Cette absence peut être due à une cristallinité trop importante de notre polymère, comme nous avons pu l'expliquer, ou bien à son histoire thermique. Nous pouvons penser que l'arrangement entre les phases amorphe et cristalline de notre polymère n'y est pas étranger. Certaines conformations de chaînes vont avoir tendance à faciliter la cristallisation d'un polymère et ainsi augmenter la cristallinité de celui-ci.

On peut également remarquer, sur le thermogramme de la figure 41, la présence de deux pics de fusion lors de la deuxième partie de notre cycle thermique (en rouge sur la figure). Cela peut être interprété comme étant dû au fait que le polymère semble être un mélange de deux polymères différents car c'est un composé de plusieurs résines en (co-) polyesters et additifs ^[19].

Dans un deuxième temps, nous avons effectué des analyses DSC sur les échantillons de Sea212 obtenus par extrusion mais qui n'ont pas été maillés. Ces derniers ont été fabriqués afin d'étudier l'effet du vieillissement sur les propriétés chimiques du matériau. Nous avons utilisé, à nouveau, ces matériaux pour mettre en évidence l'influence de l'immersion en eau de mer et de l'exposition aux ultra-violet, à travers une expérimentation par méthode DSC. Il est possible de se référer au tableau de la figure 36 pour connaître les diamètres des fils analysés et les paramètres de vieillissement auxquels ils ont été soumis.

Après avoir fait subir à nos échantillons une étude DSC en utilisant le cycle thermique n°1, nous avons pu obtenir différents graphiques associés à cette analyse (thermogrammes disponibles en annexe 4). Pour mettre en évidence les données importantes que nous avons pu relever sur les thermogrammes, nous présentons le tableau résumé suivant (Fig. 42) :

Diamètre échantillon (mm) + vieillissement	Température de fusion (°C)	Température de cristallisation (°C)	Enthalpie massique (J/g)
0.22, sans vieillissement	116,15	91,10	38,04
0.22, 1 an en mer	116,18	91,07	37,07
0.6, 6 mois sous UV	110,14	50,56	54,14
0.8, sans vieillissement	117,70	90,30	37,64
0.8, 1 an en mer	117,67	88,51	43,30
0.8, 1 an et 6 mois en mer	116,70	89,58	29,80

Figure 42 : Tableau résumé des résultats obtenus après l'étude par DSC des échantillons extrudés, non-maillés

Cette série de valeurs nous a permis de montrer l'influence du vieillissement sur les propriétés chimiques de nos échantillons. De plus, nous avons pu déterminer lequel des deux facteurs étudiés aura l'effet le plus important sur les filets en service.

Nous allons, à présent, introduire les remarques que nous avons pu faire en fonction des résultats récoltés. Nous allons comparer les échantillons par diamètre car nous ne savons pas si tous ont été fabriqués de la même façon (en particulier vis-à-vis de leur histoire thermique). Tout d'abord, nous allons nous intéresser aux échantillons de diamètre 0,22 mm et de diamètre 0,8 mm qui ont été immergés dans l'eau de mer. Comme nous pouvons le voir sur le tableau de la figure 42, il ne semble pas que l'immersion dans l'eau de mer ait eu une influence notable sur les propriétés chimiques du polymère. Les valeurs relevées sont toutes similaires et correspondent aux résultats obtenus lors de l'étude des polymères à grammages différents. Cependant, l'enthalpie massique des échantillons de diamètre 0,8 mm varie d'un échantillon à l'autre contrairement à ce que l'on pouvait attendre. Ces variations sont peut-être dues à une erreur expérimentale (contaminations, relevé approximatif de la masse des échantillons, ...) ou bien peut provenir du fait que les échantillons n'ont pas été mis en œuvre de la même manière. Nos observations restent hypothétiques, étant donné que nous n'avons pas beaucoup d'informations sur ces échantillons. Afin de savoir d'où vient le problème, il faudrait refaire plusieurs fois les essais sur ces mêmes matériaux. Néanmoins, les températures de fusion et de cristallisation sont semblables à celles déterminées.

À propos de l'échantillon de diamètre 0,6 mm, les données obtenues illustrent que l'exposition aux ultra-violets a un impact sur les caractéristiques chimiques de notre matériau. Les températures de fusion et de cristallisation sont éloignées de celles relevées durant notre première analyse DSC sur les échantillons à grammages différents. Pour la température de fusion, on peut noter une variation d'environ 5°C vis-à-vis de la moyenne définie précédemment. En ce qui concerne la température de cristallisation, la différence est très importante avec un écart de 40°C. L'évolution de la température de cristallisation indique clairement un impact non-négligeable de l'exposition aux ultra-violet.

Quant à l'enthalpie massique, nous pouvons également remarquer qu'elle a augmenté et s'est écartée des valeurs standards que nous avons entre 37 et 47 J/g. Toutefois, nous ne

savons pas si cette valeur est représentative de l'impact des ultra-violets car l'enthalpie massique est une extrapolation d'aire sous la courbe. Cette dernière évolue en fonction des positions de délimitation de la zone à étudier et selon plusieurs paramètres : variation due à la cristallinité, à l'histoire thermique, au processus d'extrusion, etc... De plus, l'enthalpie massique n'est pas une valeur intrinsèque au matériau lorsque celui-ci n'est pas entièrement cristallisé ($\Delta H_{100\%}$).

Toutes ces observations nous permettent de dire que l'immersion dans l'eau de mer des polymères ne devraient pas modifier les températures caractéristiques du Sea212 (fusion et cristallisation) contrairement à une exposition prolongée aux rayons ultra-violets qui changent ces dernières de façon notable. À présent, il resterait à définir si ces variations peuvent avoir une influence sur le compostage.

4.3 - Microscopie optique

Pour mieux appréhender les mécanismes de dégradation, des analyses microscopiques ont été réalisées. Les images issues du microscope optique illustrent la surface des échantillons. L'étude a été faite sur les échantillons non-vieillis et vieillis selon les deux critères présentés plus haut (immersion dans l'eau de mer et exposition aux UV) pour mettre en avant leur influence sur des filets en polymère Sea212. Pour cette analyse, nous avons utilisé les 3 types d'échantillons en matière Seabird extrudées à diamètres différents. Pour connaître les conditions de vieillissement, il faut se référer à la figure 36.

Les clichés du microscope optique, correspondant à la surface de l'échantillon étudié, révèlent des irrégularités de surface qui peuvent être observées pour les matériaux vieillis en eau de mer. Cependant, le passage sous UV ne semble pas altérer la surface du filet comme nous pouvons le voir sur la figure 43 (des observations complémentaires sont à retrouver en annexe 5 et 6).

Le Sea212 non-vieilli présente une surface relativement homogène et uniforme. Après un an et demi en mer les changements sont remarquables. En effet, la surface est devenue partiellement hétérogène et présente de nombreuses cavités plus ou moins importantes. De même, nous constatons que plus le temps d'immersion du filet est élevé et plus celui-ci va se dégrader.

Des phénomènes d'ordre biologiques pourraient probablement expliquer la dégradation de la surface des échantillons car les polyesters biodégradables sont sensibles aux attaques bactériennes. Cependant, avec ces images nous ne pouvons pas conclure que la dégradation du polymère est due uniquement aux attaques microbiennes. Il est vrai que le milieu marin contient énormément de micro-organismes mais l'eau de mer présente une grande concentration de sels dissous également. Sa salinité varie à la surface du globe

terrestre en fonction de la latitude, de l'ouverture des mers vers les océans, de leurs dimensions, des apports terrestres, des courants... Ici, notre étude se porte essentiellement sur la Loire-Atlantique et la Bretagne Sud qui sont des régions bordées par l'océan Atlantique. Dans cet océan, le taux de salinité est compris entre 33,5 et 37,4 g.L⁻¹ avec 78% de NaCl [20]. Une étude complémentaire aurait pu démontrer à quoi est due la dégradation (MEB).

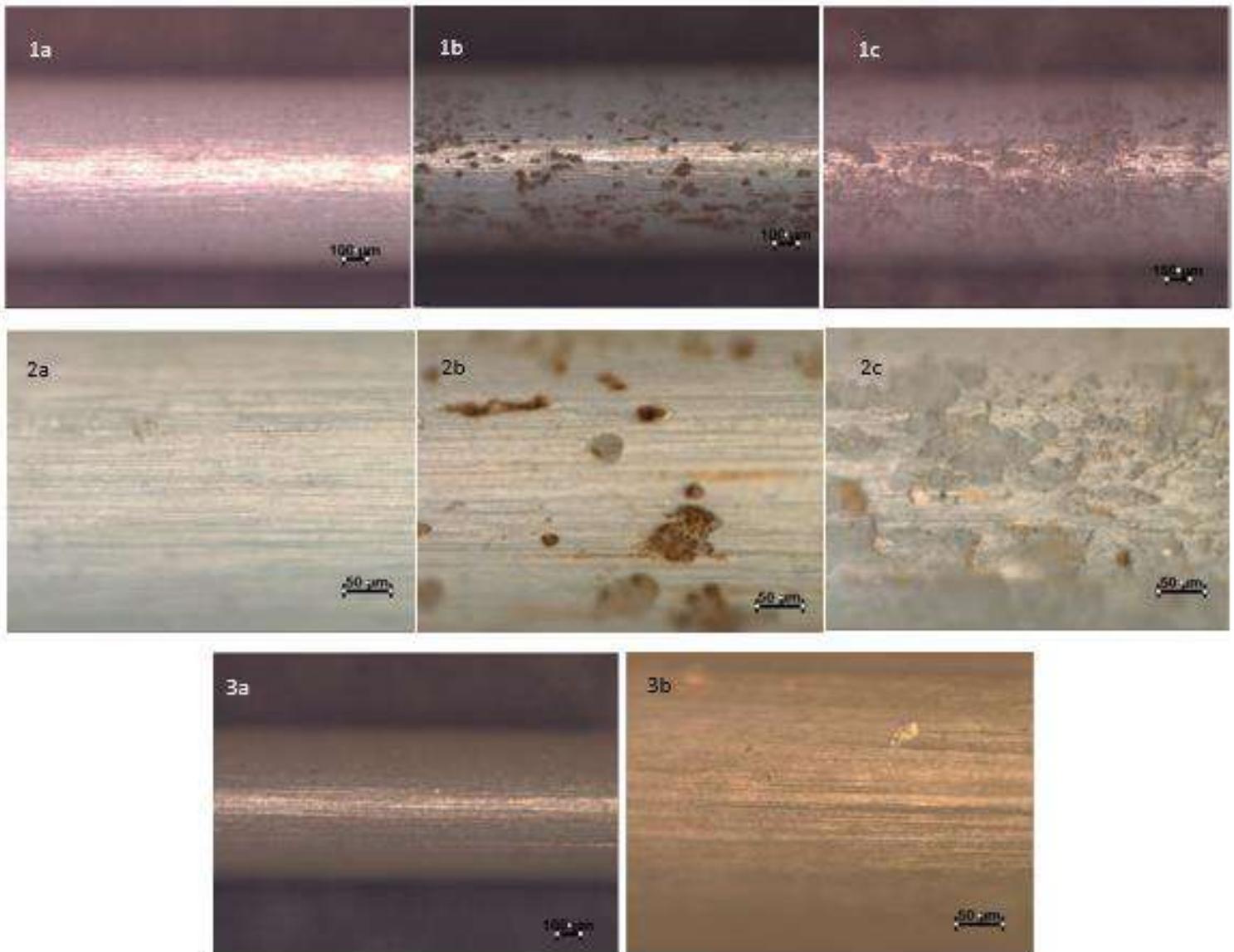


Figure 43 : Observations de la surface d'un filet Sea212 de diamètre 0,8 mm (1-2) non-vieilli au microscope optique objectif x5 (1a) et x20 (2a), vieilli 1 an en mer x5 (1b), x20 (2b), vieilli 1 an et 6 mois en mer x5 (1c), x20 (2c) et un filet de diamètre 0,6 mm (3) vieilli 6 mois sous UV x5 (3a), x20 (3b)

De plus nous avons pensé à peser la masse d'un échantillon vieilli et l'autre non afin de mesurer la perte de masse. Bien que nous ayons utilisé la balance de précision Radwag (Fig. 27) nous n'avons pas relevé d'écart.

4.4 – Essai mécanique de traction

Une partie importante de l'étude portait sur la comparaison des propriétés mécaniques des filets en PLA (tricoté et extrudé) ainsi que la matière de Seabird (sous différent

grammage) par rapport aux filets dits conventionnels en PE et en PP. Nos analyses ont permis d'extraire plusieurs données : la force à la rupture et le déplacement maximal suivant le protocole évoqué en partie 3.2.4.3.

Nous avons réalisé nos essais suivant deux axes : le rayon du pieux et la hauteur du pieux afin d'évaluer de manière complète nos filets. Le cas le plus intéressant est l'étude en radial car cette conformation simule la croissance des moules.

Echantillon	PE conventionnel	PE intermas	PP conventionnel	SEA212 22 g	SEA212 intermédiaire	SEA212 15 g	prototype intermas	Ponsa tricote	Senbis tricote
Ecart Force max X / PE conventionnel	0%	55%	153%	13%	18%	-25%	-74%	393%	210%
Ecart Force max X / PP conventionnel	-60%	-39%	0%	-55%	-53%	-70%	-90%	95%	23%
Ecart déplacement X / PE conventionnel	0%	65%	21%	-42%	-20%	-55%	-31%	-23%	-35%
Ecart déplacement X / PP conventionnel	-17%	36%	0%	-52%	-34%	-63%	-43%	-37%	-46%

Figure 44 : Comparatif des valeurs de force à la rupture et de déplacement suivant le rayon des filets en PLA et en Sea212 par rapport aux filets conventionnels

Concentrons-nous sur les résultats comparatifs (Fig. 44) (le détail suivant la hauteur du pieux ainsi que les courbes de tractions sont à retrouver annexe 10 et 11) et l'histogramme des comparatifs des forces à la rupture présentée par la figure 45. D'autre part, il est possible de trouver en annexe 7 l'histogramme de comparaison du déplacement maximal de chaque échantillon, ainsi qu'en annexes 8 et 9 un tableau récapitulatif des forces à la rupture, des déplacements maximums et leurs écart-type respectifs.

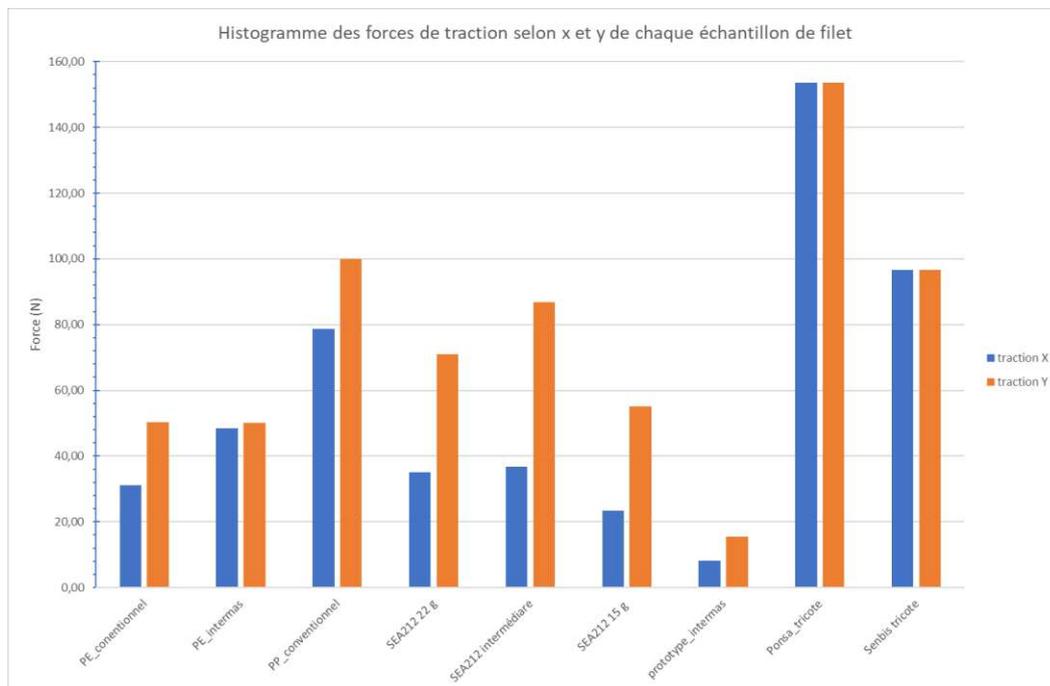


Figure 45 : Histogramme de comparaison illustrant les forces à la rupture pour chacun des échantillons analysés

Pour considérer qu'un filet est viable pour une utilisation en mer sur pieux, il faut qu'il ait des propriétés similaires voir supérieures aux filets conventionnels. Avant de débiter l'analyse, il est important d'indiquer que les valeurs en rouge et en gras dans le tableau de la

figure 44 mettent en évidence une augmentation des résultats vis-à-vis des données de référence du PE et du PP. Par rapport au PE conventionnel, on voit que le Sea212 en 22 g.m^{-1} , le Sea212 intermédiaire ainsi que les deux filets tricotés répondent aux critères du point de vue de la force à la rupture. On notera que les filets tricotés (respectivement pour le Senbis et le Ponsa) triple et quintuple la valeur de force à la rupture. Le prototype intermas est définitivement à écarter avec une rupture survenant pour une force plus de deux fois inférieure à la valeur du PE conventionnel. Pour la comparaison avec le PP, seul les tricotés arrivent à améliorer les performances de ce dernier, les autres oscillant entre 2 à 3 fois moins résistant.

Pour ce qui est des déplacements, que ce soit par rapport au PE ou au PP, seul le Sea212 intermédiaire et le Ponsa tricoté vont réussir à approcher un allongement similaire avec une vingtaine de pourcent d'écart.

L'ensemble de ces résultats est à nuancer avec les valeurs de moyenne et d'écart-types calculés (annexes 8 et 9). En effet, suivant la conception du filet, il est arrivé que l'échantillon subisse un déchirement progressif au niveau du nœud central avant la rupture. Nous avons pris le parti de garder les résultats de ces essais et donc de les faire apparaître dans les écarts types car une fois en mer, ce phénomène se produira aussi. Majoritairement, les filets ont rompu aux nœuds, que ce soit latéraux ou extrêmes.

Les filets tricotés présentent la particularité, de par leur conception, de subir plusieurs ruptures légères avant une rupture nette de la maille. En effet, comme le filet est tricoté, les filaments vont rompre les uns après les autres. C'est seulement quand il ne restera plus qu'un filament à un endroit de la maille que l'on observera la rupture nette.

Avant d'aborder la conclusion, nous ajouterons une mention spéciale au prototype Ecoplas pour lequel nous n'avons pas pu finir l'essai. En effet, ce dernier arrivait en butée de la machine de traction et nous avons fait le choix de le retirer des données présentées dans ce rapport. Il sera intéressant de le tester jusqu'à la rupture car ce dernier présente une déformation excellente.

5. Conclusion et ouverture

L'objectif principal de ce projet était de répondre à une demande des professionnels du secteur mytilicole et de découvrir un produit alternatif aux filets de catinage classiques, par le développement de matériaux compostables qui possèdent des caractéristiques mécaniques similaires à ceux utilisés actuellement et qui respectent l'environnement. Nous avons été sollicités pour effectuer une analyse physico-chimique des filets utilisés et en développement. En effet, nous avons cherché à établir la faisabilité du progressif remplacement des matériaux dits conventionnels par des filets biosourcés, biodégradables et compostables. Pour ce faire, nous avons effectué une étude à l'aide des techniques évoquées tout au long de notre rapport.

La spectroscopie IR nous a permis de conclure que le vieillissement par immersion en eau de mer ainsi que par exposition sous UV n'influe pas sur la composition chimique du matériau. Nous avons également mis en évidence la présence d'additifs sur l'échantillon Sea212 intermédiaire.

Les températures caractéristiques du polymère Sea212 ont été retrouvées par analyse DSC, que ce soient les températures de fusion et de cristallisation. Cependant, la température de transition vitreuse n'a pas été mise en évidence. D'après nos recherches bibliographiques, cette transition vitreuse aurait dû être observée autour de -40°C . Ainsi, il serait envisageable de modifier les températures du protocole expérimental, notamment réaliser des expériences DSC pour un cycle thermique allant de -50°C à 150°C . De plus, cette analyse nous a donné la possibilité de démontrer que ce matériau est bien un polymère de la famille des thermoplastiques. Concernant le vieillissement des échantillons, nous avons pu montrer que seul l'exposition aux ultra-violets a un impact sur ces matériaux entraînant une modification des températures de fusion et de cristallisation. Cependant à la vue des températures de fusion et de cristallisation, ces polymères ne seront pas soumis à un changement d'état durant leur utilisation en environnement marin.

L'étude du faciès des échantillons par la microscopie optique a mis en évidence la dégradation que peuvent subir les filets dans leur milieu. Nous avons notamment observé que la matière a été attaquée de façon notable. Néanmoins, seul les organismes et la composition du milieu marin ont dégradé les filets en matière Seabird alors que le vieillissement UV de 6 mois n'a pas impacté la surface des filets.

Pour finir, les essais mécaniques de traction nous ont permis de comparer de manière numérique les forces à la rupture et les déplacements maximums des filets nouvelle génération vis-à-vis des conventionnels. De cette étude nous pouvons extraire 2 filets répondant aux attentes : le Sea212 $22\text{ g}\cdot\text{m}^{-1}$ et le Ponsa tricoté. Ces 2 filets présentent des caractéristiques mécaniques supérieures et/ou équivalentes aux PE et PP utilisés. Rajoutons

que le filet Sea212 intermédiaire présente de bonnes qualités de prime abord mais ces dernières sont partiellement biaisées par un manque de reproductibilité. Cela vient de l'ajout des additifs qui influencent la composition de la matière. s

Pour aller plus loin et compléter cette étude il serait intéressant de :

- Compléter l'analyse DSC
- Terminer les essais mécaniques sur le prototype Ecoplas
- Analyser au MEB chaque filet pour observer la dégradation marine
- Etudier la compostabilité et la biodégradabilité de chaque échantillon afin de répondre à la demande du SMIDAP
- Réaliser un essai de fluage sur les échantillons pour estimer sa réaction face à une contrainte constante

6. Références bibliographiques

- [1] Morgan DEROINÉ : Étude du vieillissement de biopolymères en milieu marin. Université de Bretagne-Sud, 2014. Français
- [2] Solène LECLAIR, Corentin RAYON, Nolwenn RINCE : Alternative durable aux filets utilisés en conchyliculture. École d'ingénieur de l'Université de Nantes, 2020, p. 5.
- [3] Didier LAMPIN, Agreste Pays de la Loire : mytiliculture dans les Pays de la Loire, 2006, p. 1.
- [4] Service de la statistique et de la prospective (SSP), Graph'Agri 2019, p. 91.
- [5] Marc FOURNIER, Etat des lieux des pratiques et pertes de matériel en conchyliculture. Université de Bretagne Occidentale, 2018. Français
- [6] Charlotte JACQUOT, Vieillissement des bio-polymères : étude structurale et fonctionnelle. Alimentation et Nutrition. Université de Lorraine, 2013. Français
- [7] P. WEISS : La chimie des polymères. Société Francophone de Biomatériaux Dentaires, 2009, pp. 8 – 11.
- [8] "NF EN 13432 -Exigences relatives aux emballages valorisables par compostage et biodégradation - Programme d'essai et critères d'évaluation de l'acceptation finale des emballages." Afnor, 2000.
- [9] NatureWorks, Ingeo™ biopolymer, fiche technique 2500HP, 26 (20/072020), p. 5.
- [10] INTERMAS GROUP. Les procédés de fabrication [en ligne]. Disponible sur : www.intermasgroup.com/fr/a-propos-de-nous/les-procedes-de-fabrication.html (consulté le 26/11/20).
- [11] B. GUPTA, N. REVAGADEA, J. HILBORN, Poly(lactic acid) fiber: An overview, 2007, p. 459
- [12] SENBIS. Polymer Spinning. Disponible sur : www.senbis.com/innovations/polymer-spinning (consulté le 26/11/20).
- [13] T. YANG, W. ZHOU, P. MA, Manufacture and Property of Warp-Knitted Fabrics with Polylactic Acid Multifilament, 2019, p. 1-2.
- [14] Daniel WEIDMANN, Aide-mémoire Textiles techniques, Dunod, juin 2010, p. 312, ISBN 978-2-10-054355-7.
- [15] Mathias BORELLA, Contrôle de la fonctionnalisation de surface de revêtements obtenus par PECVD à partir d'un composé organosilicié cyclique, 2006, pp. 37-40.
- [16] A. FERNANDES DIAS, J. OSTROWSKI, L. SAILLOUR, Identification et caractérisation de polymères par spectroscopie infrarouge (FTIR) et fluorescence X (ED-XRF), 2019, p. 4.
- [17] Benjamin REIG, Séverine VIVIES, Protocole d'utilisation du calorimètre différentiel à balayage (DSC). Rapport LAAS n° 18273. 2018, 31p. fhal-01867592f. pp 4-9.
- [18] Corentin SPRIET, François WAHARTE, Anatomie et fonctionnement du microscope optique. Université Frères Mentouri Constantine, 2012, pp. 10-14.
- [19] Seabird, Bioplastiques Recherche Développement Production, Fiche technique du bioplastiques Sea212, 2019.
- [20] Setec Lerm, Philippe Souchu, Salinité de l'eau, 2015.

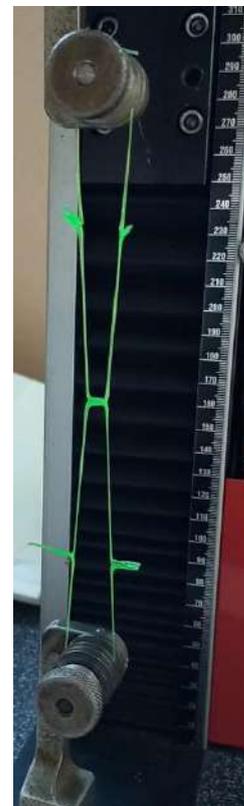
7. Annexes

- Annexe 1 : ADEME, PECHPROPRE – Préfiguration pour la mise en place d'une filière volontaire de gestion des EPU – ANNEXES, 3/07/2017, p. 234

Activité	Nature des sous-produits	Tonnages évalués	Gestion et valorisation actuelle
Ostreiculture	Poches à huîtres	435 T	Réseaux et points de collecte existants Contraintes de collecte et de stockage limitées Recyclage en plasturgie
	Filets sur pieux à moules	70 à 140 T	Absence de tri et de collecte Pas de valorisation Déchèteries - Enfouissement
Mytiliculture	Filets sur chantiers	4 T	
	Tahitiennes, Manchons, Cônes	12 T	

Figure 46: Quantité annuelle de déchets produits par certains secteurs de la conchyliculture

- Annexe 2 : Positionnement complet des deux boucles de l'échantillon de filet sur les vis sans fin



- Annexe 3 : Spectres IR des échantillons à diamètres d'extrusion différents et non-maillés + tableau récapitulatif des bandes IR relevées sur les spectres

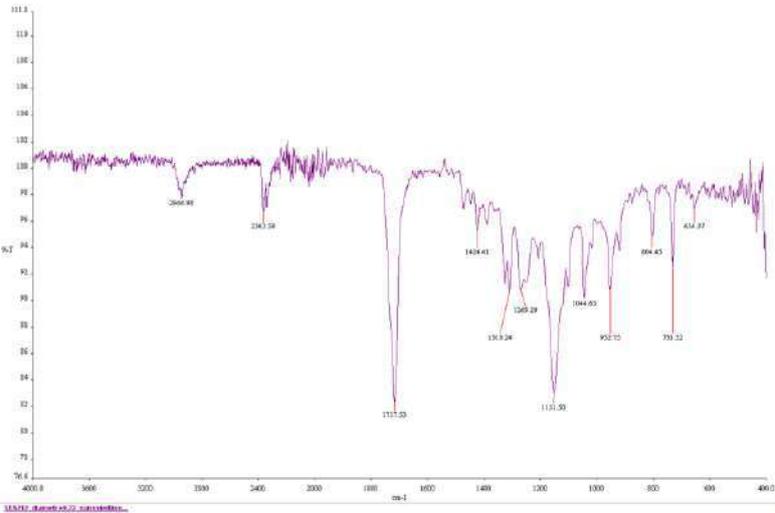


Figure 47 : Spectre IR de l'échantillon Ø 0,22 mm extrudé – sans vieillissement

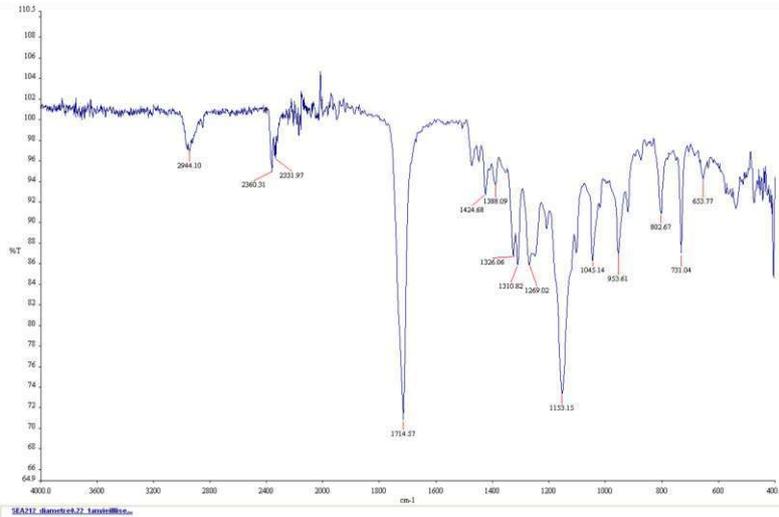


Figure 48 : Spectre IR de l'échantillon Ø 0,22 mm extrudé – 1 an en mer

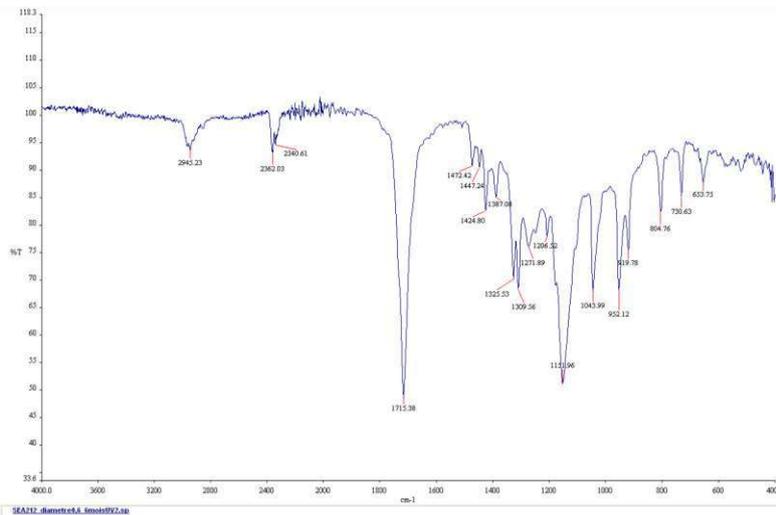


Figure 49 : Spectre IR de l'échantillon Ø 0,6 mm extrudé – 6 mois sous UV

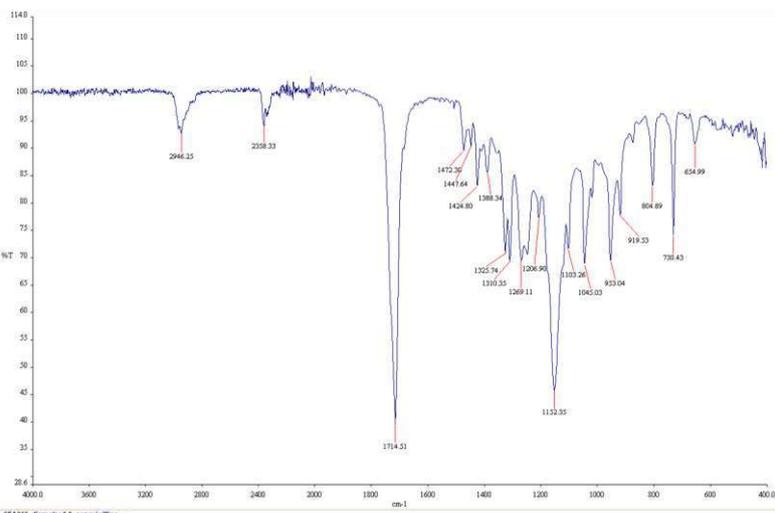


Figure 50 : Spectre IR de l'échantillon Ø 0,8 mm extrudé – 1 an en mer

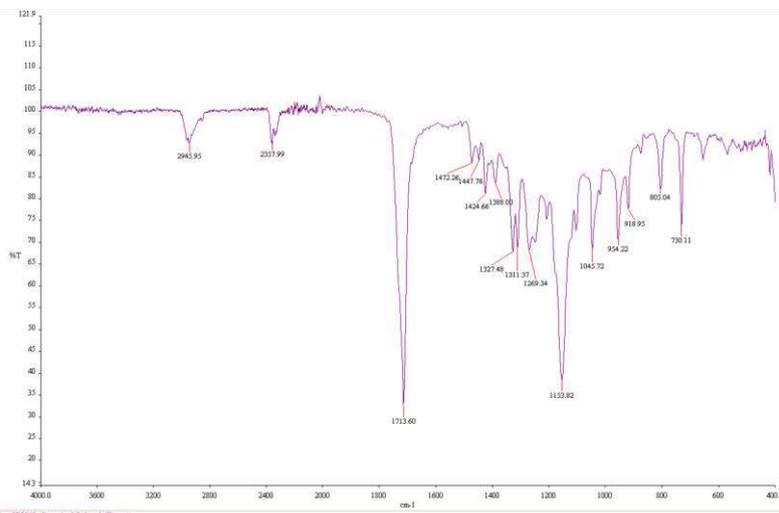


Figure 51 : Spectre IR de l'échantillon Ø 0,8 mm extrudé – 1 an et 6 mois en mer

Diamètre échantillon (mm) + vieillissement	0,22 - sans vieillissement	0,22 - 1 an en mer	0,6 - 6 mois sous UV	0,8 - sans vieillissement	0,8 - 1 an en mer	0,8 - 1 an et 6 mois en mer
Pics longueur d'onde (cm ⁻¹) + %transmission	2944,98 (98%)	2944,1 (97%)	2945,23 (94%)	2946,25 (93%)	2945,95 (93%)	2946,27 (92%)
	2363,58 (97%)	2360,31 (95%)	2362,03 (93%)	2358,33 (95%)	2357,99 (93%)	2364,14 (90%)
	1717,53 (82%)	2331,97 (96%)	2340,61 (95%)	1714,51 (40%)	1713,60 (33%)	2341,54 (92%)
	1424,41 (95%)	1714,57 (72%)	1715,38 (50%)	1472,3 (87%)	1472,26 (85%)	1714,64 (36%)
	1310,24 (91%)	1424,68 (93%)	1472,42 (90%)	1447,64 (88%)	1447,78 (85%)	1472,29 (88%)
	1289,29 (91%)	1388,09 (94%)	1447,24 (90%)	1424,8 (83%)	1424,66 (80%)	1447,75 (89%)
	1151,5 (83%)	1326,06 (86%)	1424,8 (82%)	1388,34 (85%)	1388,00 (82%)	1424,86 (83%)
	1044,65 (91%)	1310,82 (85%)	1387,08 (85%)	1325,74 (72%)	1327,48 (69%)	1388,17 (85%)
	925,75 (91%)	1269,02 (85%)	1325,53 (71%)	1310,35 (68%)	1311,37 (70%)	1326,20 (69%)
	804,45 (95%)	1153,15 (74%)	1309,56 (69%)	1269,11 (68%)	1269,34 (70%)	1310,38 (68%)
	731,52 (93%)	1045,14 (86%)	1271,89 (76%)	1206,9 (76%)	1153,82 (38%)	1268,69 (68%)
	654,37 (96%)	953,61 (87%)	1206,50 (77%)	1152,35 (46%)	1045,72 (68%)	1152,51 (41%)
		802,67 (91%)	1151,96 (53%)	1103,26 (71%)	954,22 (70%)	1103,17 (71%)
		731,04 (87%)	1043,99 (68%)	1045,03 (69%)	918,95 (75%)	1044,72 (68%)
		653,77 (94%)	952,12 (69%)	953,04 (69%)	805,04 (82%)	953,38 (70%)
			919,78 (75%)	919,53 (77%)	730,11 (74%)	919,52 (78%)
		804,76 (83%)	804,89 (84%)		805,19 (84%)	
		730,63 (86%)	730,43 (74%)		730,40 (75%)	
		653,75 (87%)	654,99 (92%)		653,87 (90%)	

Légende : (se référer à la figure 36)

- En rouge : C-H élongation
- En vert : C=O ester
- En bleu : C-O ester
- En noir : CH_2 déformation

- Annexe 4 : Thermogrammes DSC obtenus pour les échantillons de Sea212 extrudés mais non-maillés utilisés pour l'analyse du vieillissement

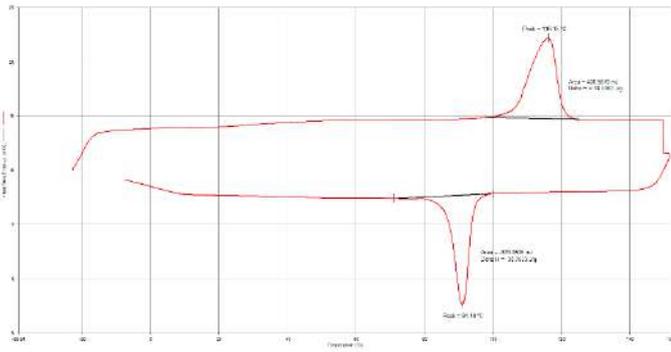


Figure 52 : Diamètre 0,22 mm – sans vieillissement

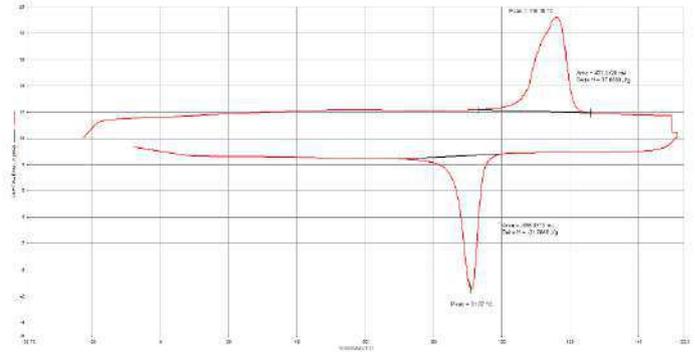


Figure 53 : Diamètre 0,22 mm – 1 an en mer

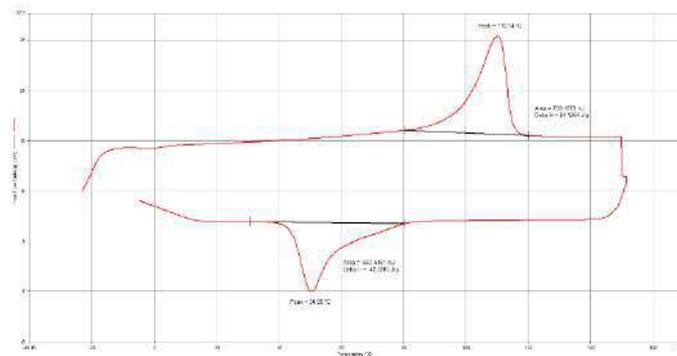


Figure 54 : Diamètre 0,6 mm – 6 mois sous UV

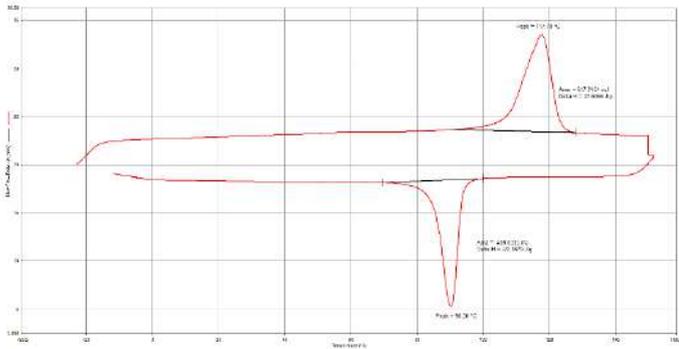


Figure 55 : diamètre 0,8 mm – sans vieillissement

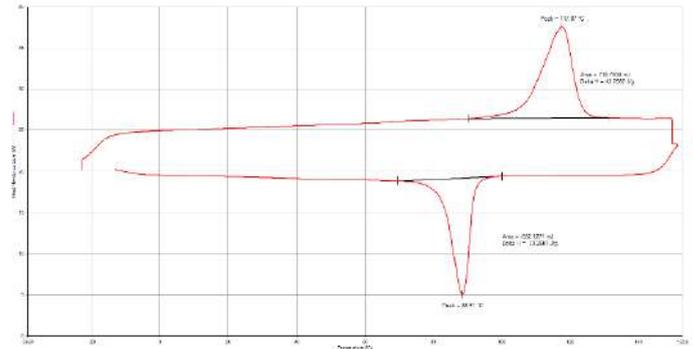


Figure 56 : diamètre 0,8 mm – 1 en mer

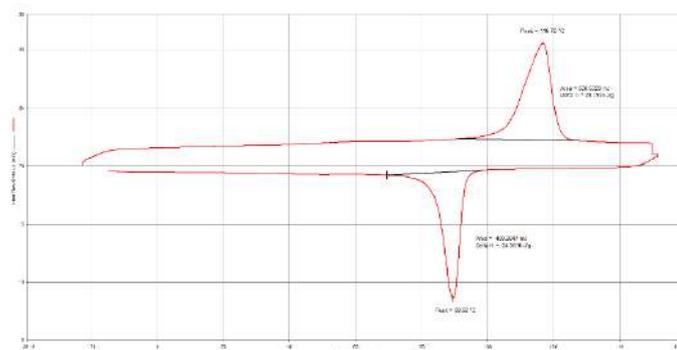
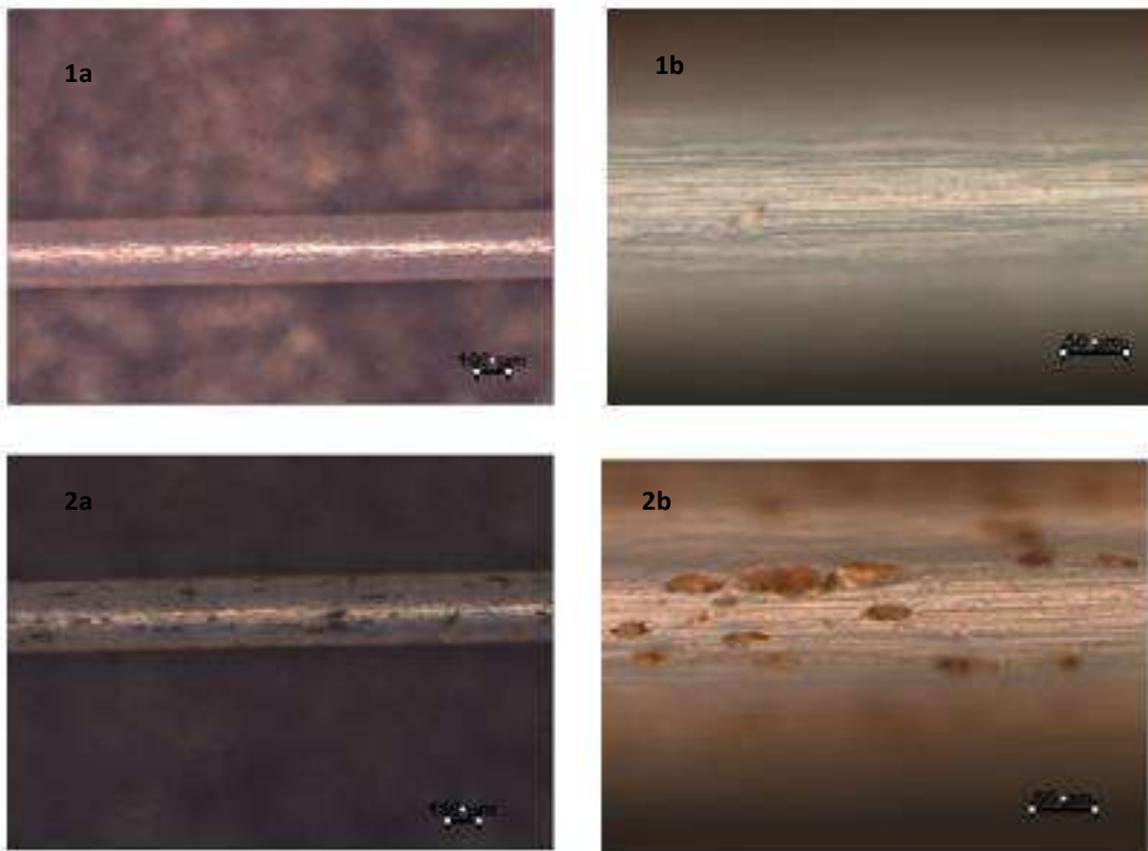


Figure 57 : diamètre 0,8 mm – 1 an et 6 mois en mer

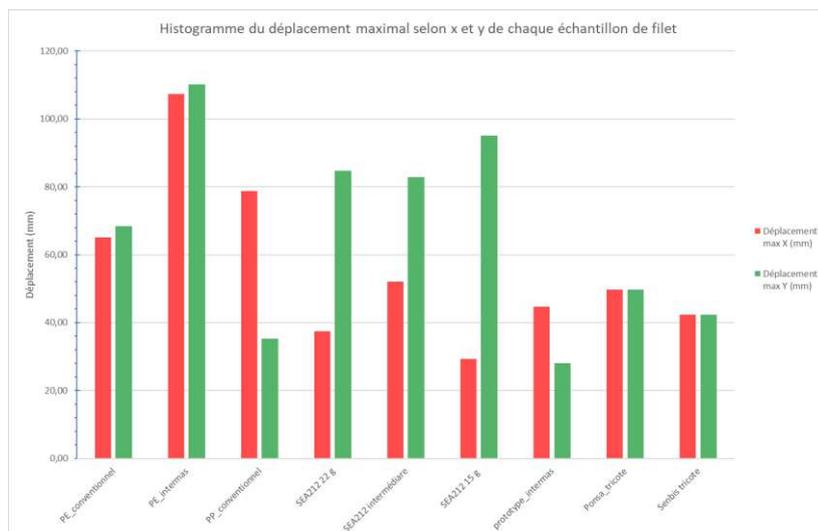
- Annexe 5 : Microscopie optique filet Sea212 diamètre 0,22 mm aux objectifs x5 (à gauche) et x20 (à droite), non-vieillis (1a et 1b) et vieillis 1 an en mer (2a et 2b)



- Annexe 6 : Tableau récapitulatif de la dégradation en surface des échantillons suivant le mode de vieillissement

	Vieillessement marin <i>1 an et 1 an et demi</i>	Vieillessement UV
Sea212 diamètre 0,8 mm	Irrégularités en surface Présence de nombreuses cavités ou trous plus ou moins importants	-
Sea212 diamètre 0,22 mm	<i>1 an</i> Irrégularités en surface Présence de nombreuses cavités ou trous plus ou moins importants	-
Sea212 diamètre 0,6 mm	-	<i>6 mois</i> Aucune modification de la surface

- Annexe 7 : Histogramme de comparaison du déplacement maximal de chaque échantillon



- Annexe 8 : Moyennes de la force à la rupture et du déplacement maximum dans les directions x et y pour chaque filet

Echantillon	PE_conventionnel	PE_intermas	PP_conventionnel	SEA212 22 g	SEA212 intermédiaire	SEA212 15 g
Force max X (N)	31,16	48,32	78,71	35,1	36,64	23,34
Force max Y(N)	50,23	50,14	99,86	71,01	86,82	55,2
	prototype_intermas	Ponsa_tricote	Senbis tricote			
	8,07	153,58	96,54			
	15,52	153,58	96,54			

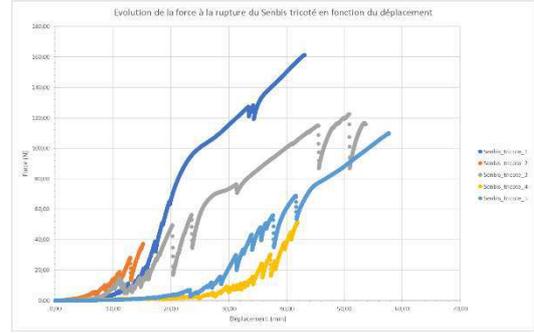
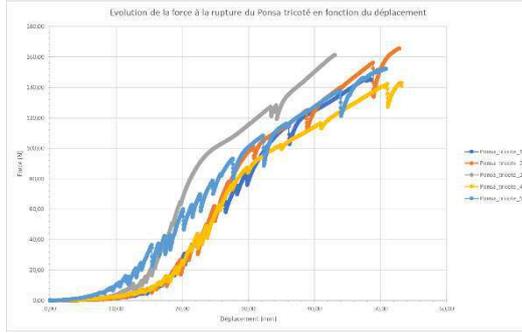
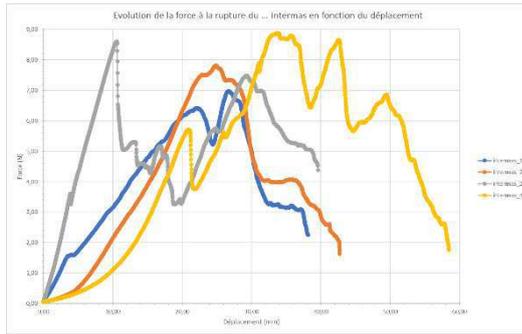
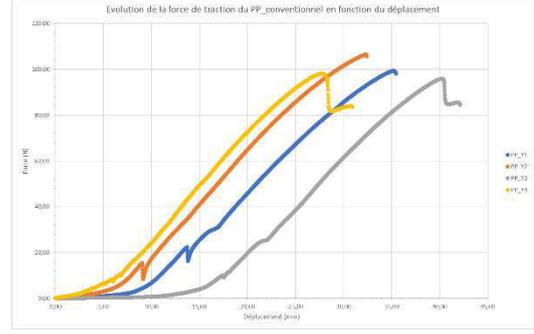
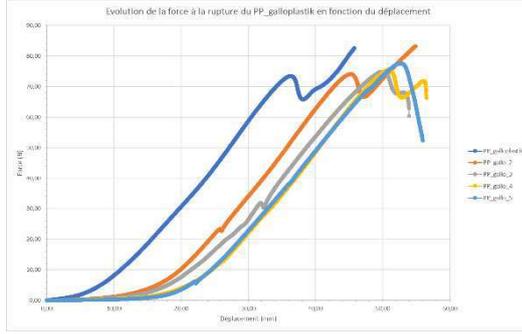
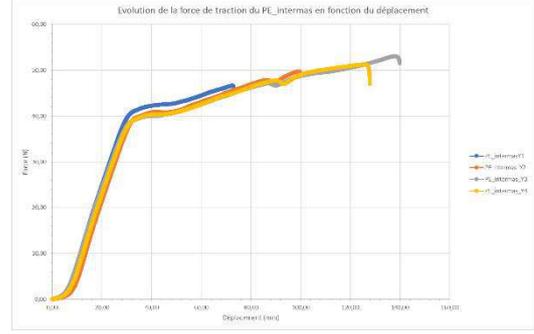
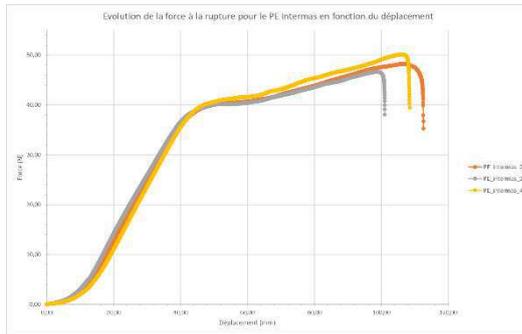
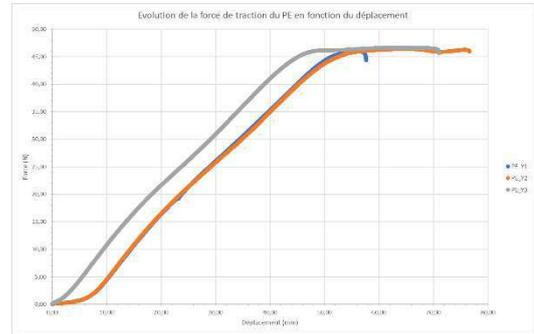
Echantillon	PE_conventionnel	PE_intermas	PP_conventionnel	SEA212 22 g	SEA212 intermédiaire	SEA212 15 g
Déplacement max X (mm)	65,03	107,36	78,71	37,46	52,11	29,24
Déplacement max Y (mm)	68,46	110,16	35,24	84,79	82,85	95,07
	prototype_intermas	Ponsa_tricote	Senbis tricote			
	44,74	49,75	42,31			
	28,13	49,75	42,31			

- Annexe 9 : Ecart-type sur la force à la rupture et le déplacement maximal de chaque échantillon

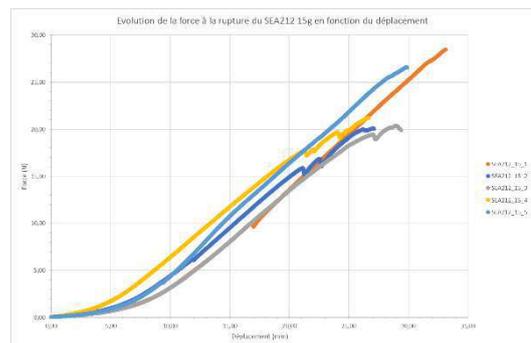
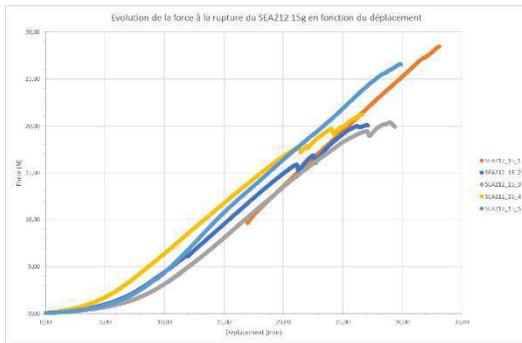
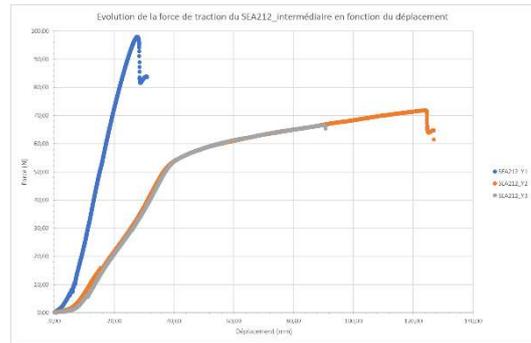
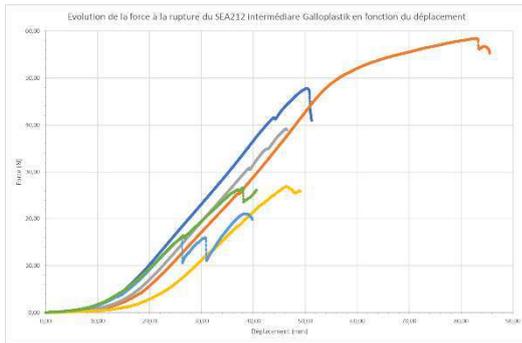
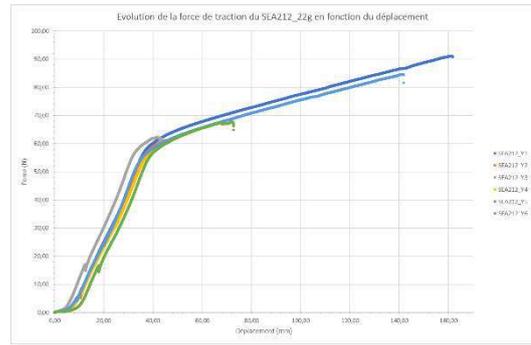
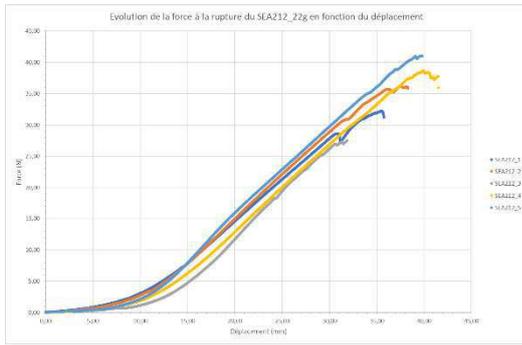
Ecart-type	PE_conventionnel	PE_intermas	PP_conventionnel	SEA212 22 g	SEA212 intermédiaire	SEA212 15 g
Force max X (N)	3,03	1,2	3,91	5,37	14,42	3,89
Force max Y(N)	6,44	2,73	4,61	13,47	13,49	9,37
	prototype_intermas	Ponsa_tricote	Senbis tricote			
	0,86	9,69	51,37			
	2,24	9,69	51,37			

Ecart-type	PE_conventionnel	PE_intermas	PP_conventionnel	SEA212 22 g	SEA212 intermédiaire	SEA212 15 g
Déplacement max X (mm)	9,71	4,2	4,37	7,77	16,96	2,59
Déplacement max Y (mm)	9,75	29,92	4,97	53,44	48,47	53,59
	prototype_intermas	Ponsa_tricote	Senbis tricote			
	9,37	4,14	16,6			
	9,76	4,14	16,6			

- Annexe 10 : Graphe de traction des différents filets mis à notre disposition par le SMIDAP



• Annexe 11 : Graphe de traction des 3 filets en matière Sea212



Annexe 5



Analyses de l'état des filets de catinage bio vieillis dans différents environnements

31/05/2021

Référence Filet	Rupture (N)	Ecart-type	Taille de maille
362375	61,6	13,3	71,745
362375 UV	55,2	8,9	
362375 utilisé	73,5	0,5	77,78

+8%

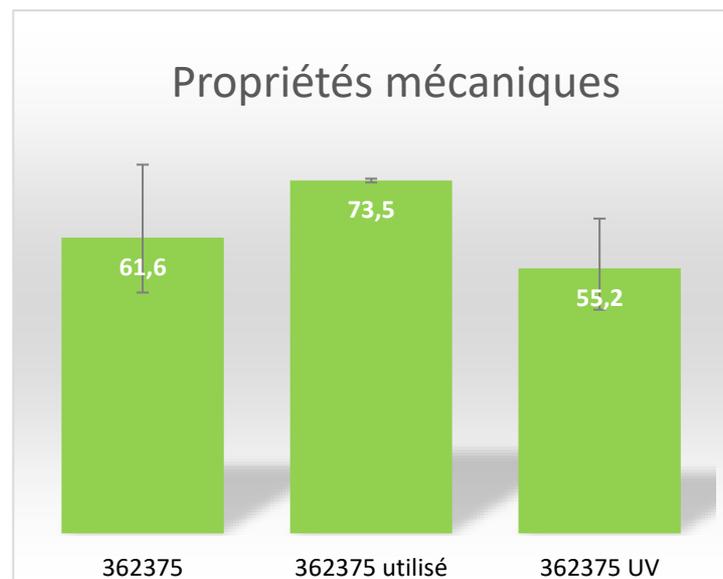


Le filet de catinage étudié est le filet 36/23/75 réalisé en 2020 à partir du Sea212. Les échantillons qui ont été comparés:

- 362375: Filet de catinage réalisé à partir du Sea212 et mis en condition de stockage
- 362375 utilisé: Filet de catinage utilisé pour la première partie de la saison d'élevage de la moule de bouchot (de Novembre 2020 à Mai 2021)
- 362375 UV: Filet de catinage exposé aux rayons du soleil de novembre 2020 à Juin 2021

Discussion:

- La machine de traction n'est pas adaptée à aux essais mécaniques sur mailles, ce qui donne d'important écart-type selon les échantillons.
- En considérant l'écart type, le filet utilisé en mer ne semble pas avoir perdu ses propriétés mécaniques. Cela pourrait s'expliquer par sa mise en place durant la saison d'hiver où l'activité microbienne est au ralenti et la température de l'eau est froide (faibles conditions pour la biodégradation).
- Les mailles du filet utilisé se sont allongées d'environ 8% durant leur utilisation.
- Le filet exposé aux rayons du soleil semble, par contre, avoir perdu en propriétés. Dans ces conditions (période hivernale, pas de fouling), la matière est sensible à la photodégradation.



Rapport

Test de désintégration dans le cadre de la NF EN 14995 pour le produit :

Filet à destination de la mytiliculture (maintien en place des moules de bouchots) avec une fin de vie prévue pour un retour en compostage industriel

Demandeur	SMIDAP
N° Dossier	21G003509

Eurofins Ecotoxicologie France

SAS au capital de 71 676 € RCS Nancy 751 056 102 TVA FR 35 751 056 102 –
APE 7120B

Siège social : Rue Lucien Cuenot site Saint Jacques II - BP 51005 - 54521
Maxéville Cedex

T : +33 (0) 3 83 50 36 17 - F : +33 (0) 3 83 50 23 70

Echantillon :

21G003509 (« Filet à destination de la
miticulture »)

Sous-traitant :

PolyBioAid
Espace Eurêka
2, allée Copernic
56270, Ploemeur

Réception de l'échantillon : 03/06/2021

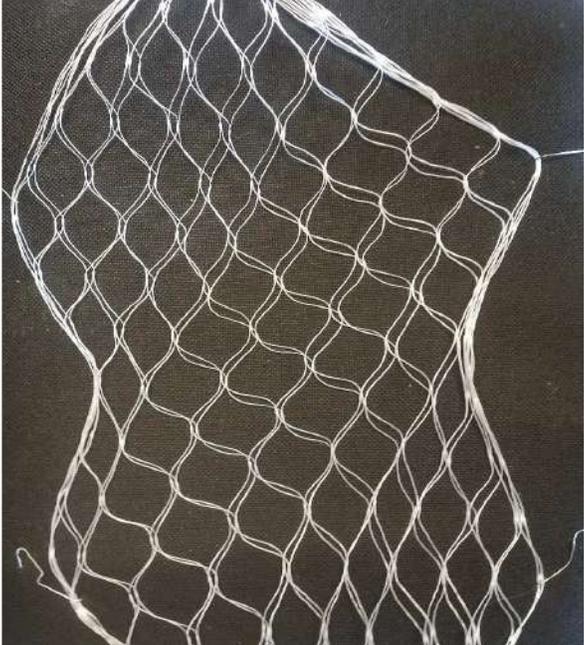
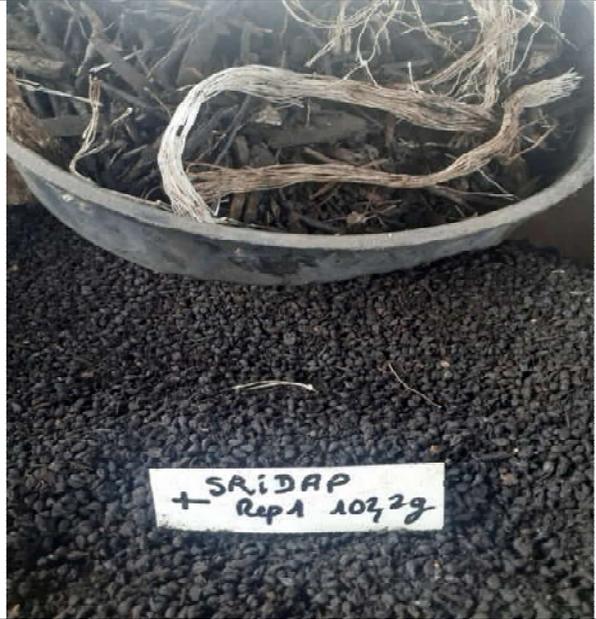
I. Présentation de l'échantillon

Matériau disposant déjà, pour chacun de ses composants, de la marque de conformité OK Compost TÜV. Le matériau fourni par Mme Maheut de la SMIDAP est un filet dont la destination est la mytiliculture (maintien en place des moules de bouchots) avec une fin de vie prévue pour un retour en compostage industriel.

II. Test de désintégration – NF EN 14995

N° de l'essai	Quantité initiale de biodéchets (kg)	Quantité initiale de matériau d'essai (g)	Durée totale de compostage (jours)	Quantité de matériau > 10 mm (g) et en (%)	Fraction entre 2 mm et 10 mm (g) et en (%)	Fraction inférieure à 2mm (g) et en (%)
Essai 1	10.00	102.20	84.00	80.50 78.77	0.95 0.009	20.75 21.22
Essai 2	10.00	108.10	84.00	83.20 76.97	1.02 0.009	23.98 20.02
Moyenne	10.00	105.15	84.00	81.85 77.84	0.95 0.009	22.37 22.15

Conclusion : test de désintégration en unité de compostage non conforme aux exigences de la NF EN 14995.

			
Refus >10mm	Fraction > 2mm et < 10mm	Filet à l'état neuf - J0 Le test a été réalisé sur des découpes en portions de 10 cm. de longueur Réf.36/15-175 matière Seabird 212 à 15g/m	
Compost témoin après 12 semaines de compostage			
			
Refus >10mm	Fraction > 2mm et < 10mm	Refus >10mm	Fraction > 2mm et < 10mm
Désintégration Mélange compost avec filet SMIDAP à 1% masse après 12 semaines de compostage. Répétition 1		Désintégration Mélange compost avec filets SMIDAP à 1% masse après 12 semaines de compostage. Répétition 2	

La désintégration a été très partielle. La presque totalité des filets s'est retrouvée dans le refus (mailles > 10 mm). La désintégration s'est essentiellement produite au niveau des points de soudures des croisillons.

Éléments de validation

Evolution de la température dans les andains



Composition moyenne de l'Humipro (compost de mélange initial, de même nature que le compost d'incubation) :

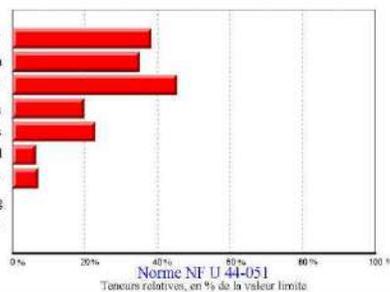
- NPK : 2 ; 1 ; 3 (sur produit sec)
- 62.3 % de matière sèche
- Unités fertilisantes sous forme organique
- MO : 74 % sur matière sèche soit 46.1 % sur produit brut

Compost d'incubation :

Enfouissement des sacs tests (désintégration (1% masse) et écotoxicité (10% masse) et témoins dans un andain de fermentation à une profondeur de 80 cm. L'andain ventilé est composé d'un mélange de 70 t de boue de station d'épuration agro-alimentaire et de 60 t de déchet vert.

Analyse du compost obtenu
Type : Matières végétales en mélange
Rapport d'analyse N° PORL20065069

CARACTERISATION DE LA VALEUR AGRONOMIQUE			Résultats exprimés sur		Critères NF U 44-051		Observations et paramètres calculés
DETERMINATIONS	Symboles	Unités	sec	brut	Seuil de la norme	Conformité à la norme	
Matière sèche (NF EN 12880)	MS	%		65,4	>= 30	Conforme	
Humidité (NF EN 12880)	H	%		34,6			
pH (M.L. selon NF EN 15953)			7,7				
Conductivité (M.L. selon NF EN 12176)	CE	mS.cm ⁻¹	0,77				
COMPOSITION DU PRODUIT							
Perte au feu de la M.S. (NF EN 12879)	MO	%	62,8				
Perte au feu de la M.S. (NF EN 12879)	MO	%		41,1	>= 25	Conforme	C organique : 314 g.kg-1 de sec 205 g.kg-1 de brut
Matières minérales (NF EN 12879)	MM	%	37,2	24,3			
Azote Kjeldahl (NF EN 13342)	NTK	%	2,23	1,46			N organique : 1,46 % brut
Azote global (NTK+N-NOx)	NT	%	2,23	1,46	< 3	Conforme	Rapport C/Norg : 13,8
Rapport MO/N organique				27,6			Rapport C/Nr : 14,1 <i>Conforme</i> (Seuil de la norme > 8)*
Azote ammoniacal	N-NH ₄	%	inf à 0,001	inf à 0,001	La norme s'applique par défaut sur le brut		
Azote nitrique	N-NO ₃	mg.kg ⁻¹	inf à 15,3	inf à 10,00			(N-NO ₃ +N-NH ₄ +N _{org})/ NT : Inf à 3,6 (%) <i>Conforme</i> (Seuil de la norme < 33 %)*
Azote uréique (M.L. - spectrophotométrie)	Nurique	%	< 0,03	< 0,02			
Phosphore	P ₂ O ₅	%	1,25	0,82	< 3	Conforme	* Excepté pour les Amendements Organiques avec engrais
Potassium	K ₂ O	%	2,80	1,83	< 3	Conforme	
Magnésium	MgO	%	0,60	0,39			
Calcium	CaO	%	3,75	2,45			
Sodium	Na ₂ O	%	0,04	0,03			
Total Nt + P ₂ O ₅ + K ₂ O		%		4,11	< 7	Conforme	
Chlorure	Cl	g.kg ⁻¹					
Soufre	SO ₃	%	0,65	0,43			
Aluminium	Al	%					
Minéralisation eau rapale - NF EN 15650 (sauf pour le BiO) - NF EN ISO 11887 (sauf AUREA 17-AME-IT-011) - NF EN ISO 11887 (sauf AUREA 17-AME-IT-011) - Besoi des usagers - NF EN ISO 11887 (sauf AUREA 17-AME-IT-011)							
Fer	Fe	mg.kg ⁻¹			Valeurs limites		
Manganèse	Mn	mg.kg ⁻¹			120		
Chrome	Cr	mg.kg ⁻¹	45,9		300		
Cuivre	Cu	mg.kg ⁻¹	105		60		
Nickel	Ni	mg.kg ⁻¹	27,2		600		
Zinc	Zn	mg.kg ⁻¹	119		18		
Arsenic	As	mg.kg ⁻¹	4,1		3		
Cadmium	Cd	mg.kg ⁻¹	0,19		180		
Plomb	Pb	mg.kg ⁻¹	12,5		2		
Mercure (M.L. AUREA17-AME-IT-011)	Hg	mg.kg ⁻¹	inf à 0,10		12		
Sélénium	Se	mg.kg ⁻¹	inf à 0,5				
Molybdène	Mo	mg.kg ⁻¹					
Bore	B	mg.kg ⁻¹					
Cobalt	Co	mg.kg ⁻¹					



Inertes selon NF U44-164

Humidité : 44,00 %

Poids sec : 555,8 g

MASSES D'ÉLÉMENTS SECS (en g)

Mailles (en mm)	Cailloux Calcaire	Verre	Métaux	Plastiques durs, textile	Films, PSE	Pourcentage du poids sec
> à 5 ronde	19,94	0,00	0,00	0,02	0,00	3,59 %
De 2 à 5 ronde	10,46	0,00	0,16	0,10	--	1,93 %
< 2 ronde	23,57	--	--	--	--	4,24 %

INERTES (en % du poids sec)

Désignation	Cailloux Calcaire	Verre	Métaux	Plastiques durs, textile	Films, PSE	INERTES TOTAUX
Inertes >5 mm	3,59	0,00	0,00	0,00	0,00	3,59 %
Inertes totaux	9,71	0,00	0,03	0,02	0,00	9,76 %

CONFORMITÉ AUX NORMES NF U 44-051 (2006) ET NF U 44-095/A1 (2008)

En % du poids sec	Verre, et métaux > 2 mm	Plastiques durs, textile > 5 mm	Légers > 5 mm	Lourds > 5 mm	INERTES TOTAUX
Votre produit	0,03	0,00	0,00	3,59	9,76 %
Seuils	2,00	0,80	0,30	-	-

Annexe 7

Conditionnements en plastique utilisés en conchyliculture

Ce questionnaire vise à recueillir des données sur la typologie des conditionnements utilisés en conchyliculture, dans le cadre du projet FILALTIQ.

Ces informations permettront de mieux comprendre la gestion globale des conditionnements en plastique utilisés par les entreprises conchylicoles afin de proposer des alternatives appropriées.

Pour pouvoir répondre à certaines questions il faudra vous munir des informations sur les quantités de conditionnements achetés par votre entreprise.

Une fois les données entre vos mains, ce questionnaire ne vous prendra pas plus de 10 minutes !

Nous espérons vivement vous compter parmi les répondants à ce questionnaire

Merci d'avance pour votre contribution !

Partie 1: QUESTIONS PRÉLIMINAIRES

L'entreprise et sa perception de la problématique des plastiques à usage unique.

1. (1.1) Quel est le nom de votre entreprise ?

2. (1.2) Activités de production de l'entreprise

Plusieurs réponses possibles.

Écloserie

Nurserie

Ostréiculture

Mytiliculture

Cérastoculture

Vénériculture

Autre : _____

3. (1.3) Quel est le niveau d'intérêt de votre entreprise concernant la problématique des alternatives aux plastiques à courte durée de vie, utilisés en conchyliculture ?

Une seule réponse possible.

- 0 : Pas d'intérêt pour le moment : D'autres problématiques sont davantage prioritaires pour l'entreprise
- 1: Faible intérêt : l'entreprise n'est pas insensible à cette problématique mais aucune recherche ou prise de contact n'a été effectuée
- 2: Intérêt modéré : l'entreprise est sensible à cette problématique, des recherches et/ou prises de contact ont été effectuées
- 3: Intérêt fort : l'entreprise considère ce sujet comme une priorité : des démarches de recherche et/ou test d'alternatives ont déjà été effectuées ou sont en cours

4. (1.4) Êtes-vous intéressé(e) pour échanger davantage sur cette problématique et les solutions que l'on pourrait vous proposer ?

Une seule réponse possible.

- OUI
- NON

5. (1.5) Si oui, merci d'indiquer un numéro de téléphone et/ou une adresse mail

Partie 2 : Données quantitatives sur les emballages plastiques utilisés par l'entreprise

CAISSES EN
POLYSTYRÈNE EXPANSÉ

Caisses permettant de conserver au frais des produits de la mer et de sécuriser leur transport



6. (2.1) Votre entreprise se fournit-elle en caisses en polystyrène expansé ?

Une seule réponse possible.

OUI

NON (vous pouvez passer à la section suivante)

7. (2.2) Pour quelles activités ?

Plusieurs réponses possibles.

Écloserie

Nurserie

Ostréiculture

Conchyliculture

Cérastoculture

Vénériculture

Autre : _____

8. (2.3) Quantités achetées/an (en nombre de caisses et/ou au poids)

9. (2.4.A) Connaissez-vous le devenir de ces produits après utilisation ?

Plusieurs réponses possibles.

- Réemploi
 Recyclage
 Incinération
 Enfouissement
 Ne sait pas

Autre : _____

10. (2.4.B) Précisions sur la gestion de ces déchets

ex : Part des produits recyclés (%), part des produits jetés (%), part des produits réutilisés (%) ou autres précisions

11. (2.5) Ces produits vous conviennent t'ils ? (précisez)

12. (2.6) Êtes-vous intéressé par des alternatives pour ce produit ?

Une seule réponse possible.

- OUI
 NON

SACS DE CONDITIONNEMENT "EN GROS"

Sacs destinés au conditionnement et à l'export de gros volumes de produits (5L, 10L, 15L...)



13. (3.1) Votre entreprise se fournit-elle en sacs de conditionnement pour la vente en gros de coquillages ?

Une seule réponse possible.

- OUI
- NON (vous pouvez passer à la section suivante)

14. (3.2) Pour quelles activités ?

Plusieurs réponses possibles.

- Écloserie
- Nurserie
- Ostréiculture
- Conchyliculture
- Cérastoculture
- Vénériculture

Autre : _____

15. (3.3) En quelle matière sont les sacs que vous achetez ?

Plusieurs réponses possibles.

- Plastique
 Toile de jute
 ne sait pas

Autre : _____

16. (3.4) Quantités achetées par an par matériau (en nombre et/ou au poids)

ex: 5000 sacs en plastique , 1000 sacs en toile de jute

17. (3.5.A) Connaissez-vous le devenir de ces produits après utilisation ?

Plusieurs réponses possibles.

- Réemploi
 Recyclage
 Incinération
 Enfouissement
 Ne sait pas

Autre : _____

18. (3.5.B) Précisions sur la gestion de ces déchets

ex : Part des produits recyclés (%), part des produits jetés (%), part des produits réutilisés (%) ou autres précisions

19. (3.6) Ces produits vous conviennent t'ils ? (précisez)

20. (3.7) Êtes-vous intéressé par des alternatives pour ce produit ?

Une seule réponse possible.

OUI

NON

SACS POUR PETITS
VOLUMES (VENTE DIRECTE)

Sacs destinés au conditionnement de petites quantités de
coquillages (quelques kilogrammes)



21. (4.1) Votre entreprise se fournit-elle en sacs de conditionnements pour petits volumes de coquillages ?

Une seule réponse possible.

- OUI
- NON (vous pouvez passer à la section suivante)

22. (4.2) Pour quelles activités ?

Plusieurs réponses possibles.

- Écloserie
- Nurserie
- Ostréiculture
- Conchyliculture
- Cérastoculture
- Vénériculture

Autre : _____

23. (4.3) En quelle matière sont les sacs que vous achetez ?

Plusieurs réponses possibles.

- plastique "réutilisable" (épaisseur de plus de 50 microns)
- plastique non réutilisable (épaisseur de moins de 50 microns)
- toile de jute
- coton
- ne sait pas

Autre : _____

24. (4.4) Quantités achetées par an par matériau (en nombre et/ou au poids)

ex: 5000 sacs en plastique , 1000 sacs en toile de jute

25. (4.5.A) Connaissez-vous le devenir de ces produits après utilisation ?

Plusieurs réponses possibles.

- Réemploi
 Recyclage
 Incinération
 Enfouissement
 Ne sait pas

Autre : _____

26. (4.5.B) Précisions sur la gestion de ces déchets

ex : Part des produits recyclés (%), part des produits jetés (%), part des produits réutilisés (%) ou autres précisions

27. (4.6) Ces produits vous conviennent t'ils ? (précisez)

28. (4.7) Êtes-vous intéressé par des alternatives pour ce produit ?

Une seule réponse possible.

- OUI
 NON

BOURRICHES

Conditionnements utilisées pour les huîtres



29. (5.1) Votre entreprise se fournit-elle en emballages type "bourriches" ?

Une seule réponse possible.

- OUI
- NON (vous pouvez passer à la section suivante)

30. (5.2) Pour quelles activités ?

Plusieurs réponses possibles.

- Écloserie
- Nurserie
- Ostréiculture
- Conchyliculture
- Cérastoculture
- Vénériculture

Autre : _____

31. (5.3) En quelle matière sont les sacs que vous achetez ?

Plusieurs réponses possibles.

- bois
- carton
- papier
- plastique
- ne sait pas

Autre : _____

32. (5.4) Quantités achetées par an par matériau (en nombre et/ou au poids)

33. (5.5.A) Connaissez-vous le devenir de ces produits après utilisation ?

Plusieurs réponses possibles.

- Réemploi
- Recyclage
- Incinération
- Enfouissement
- Ne sait pas

Autre : _____

34. (5.5.B) Précisions sur la gestion de ces déchets

ex : Part des produits recyclés (%), part des produits jetés (%), part des produits réutilisés (%) ou autres précisions

35. (5.6) Ces produits vous conviennent t'ils ? (précisez)

36. (5.7) Êtes-vous intéressé par des alternatives pour ce produit ?

Une seule réponse possible.

OUI

NON

AUTRES CONDITIONNEMENTS ?

37. (6.1) Achetez-vous des produits pour conditionner les coquillages qui n'ont pas été cités auparavant ? (précisez)

38. (6.2) Pour quelles activités ?

Plusieurs réponses possibles.

Écloserie

Nurserie

Ostréiculture

Conchyliculture

Cérastoculture

Vénériculture

Autre : _____

39. (6.3) En quelle matière sont les conditionnements que vous achetez ?

Plusieurs réponses possibles.

- plastique
- toile de jute
- coton
- ne sait pas

Autre : _____

40. (6.4) Quantités achetées par an par matériau (en nombre et/ou au poids)

41. (6.5.A) Connaissez-vous le devenir de ces produits après utilisation ?

Plusieurs réponses possibles.

- Réemploi
- Recyclage
- Incinération
- Enfouissement
- Ne sait pas

Autre : _____

42. (6.5.B) Précisions sur la gestion de ces déchets

ex : Part des produits recyclés (%), part des produits jetés (%), part des produits réutilisés (%) ou autres précisions

43. (6.6) Ces produits vous conviennent t'ils ? (précisez)

44. (6.7) Êtes-vous intéressé par des alternatives pour ce type de conditionnement ?

Une seule réponse possible.

OUI

NON

Des questions, des remarques ?

Merci d'inscrire ci-dessous toute information(remarque, question, suggestion) que vous souhaiteriez partager

45. Vos remarques/questions ...

MERCI
!

Merci d'avoir pris le temps de répondre à ce questionnaire.
Si vous l'avez spécifié dans le questionnaire, vous serez contactés pour prendre plus activement part à ce projet.

Ce contenu n'est ni rédigé, ni cautionné par Google.

Google Forms

Annexe 8

De : SRAL - DRAAF-BRETAGNE/SRAL emis par FONDRILLON Philippe - DRAAF-BRETAGNE/SRAL
<sral.draaf-bretagne@agriculture.gouv.fr>

Envoyé : vendredi 30 avril 2021 11:51

À : julie.maheut@smidap.fr

Cc : SRAL - DRAAF-BRETAGNE/SRAL <sral.draaf-bretagne@agriculture.gouv.fr>; SRAL - DRAAF-PAYS-DE-LA-LOIRE/SRAL <sral.draaf-pays-de-la-loire@agriculture.gouv.fr>; ROBE Emmanuel

<emmanuel.robe@agriculture.gouv.fr>; Philippe FONDRILLON

<philippe.fondrillon@agriculture.gouv.fr>; Gaëlle EVAIN <gaelle.evain@agriculture.gouv.fr>

Objet : Projet emballages réemployables coquillages , question sanitaire

Bonjour Madame Maheut,

Par courriel ci-dessous, vous avez souhaité interroger nos services sur les règles applicables aux conditionnements susceptibles d'être employés pour les produits de la conchyliculture. Votre question porte en particulier sur les conditionnements « réemployables », destinés à la remise directe aux consommateurs de coquillages vendus en vrac sur les marchés. Cette réglementation relève principalement des services CCRF (concurrence, consommation et répression des fraudes) des DDPP en département (directions départementales de la protection des populations) ou du pôle C (concurrence, consommation et métrologie) de la DREETS en région (direction régionale de l'économie, de l'emploi, du travail et des solidarités).

Vous trouverez ci dessous leur réponse.

1- Concernant les sacs en plastiques

Vous évoquez en particulier la question des sacs en plastique. Sur ce point, nous vous invitons à noter que, en application de la loi n° 2015-992 relative à la transition énergétique pour la croissance verte, dite « loi TECV », seuls deux types de sacs sont désormais autorisés :

- les sacs en plastique à usage unique composés partiellement de matières biosourcées et qui répondent à des normes de compostage. Dans ce cas, la teneur biosourcée doit être de 50 % minimum

- les sacs en plastique réutilisables, d'une épaisseur supérieure à 50µm.

2- Concernant la réglementation applicable aux matériaux destinés au contact des denrées alimentaires (MCDA)

De manière plus générale, un contenant réemployable est défini dans l'article L. 541-1-1 du code de l'environnement par "toute opération par laquelle des substances, matières ou produits qui ne sont pas des déchets sont utilisés de nouveau pour un usage identique à celui pour lequel ils avaient été conçus ». Pour répondre à la réglementation MCDA, ce contenant doit faire l'objet de 3 tests de migration et être lavable. De plus, il doit être utilisé pour des catégories de denrées identiques (denrées grasses, denrées sèches, denrées acides etc.), ou avoir été testé et être conforme pour « tous types de denrées ».

· La réglementation relative aux matériaux destinés au contact des denrées alimentaires (MCDA), le règlement cadre (CE) n° 1935/2004 du 27 octobre 2004 concernant les matériaux et objets destinés à entrer en contact avec les denrées alimentaires précise dans son article 3 que tous les matériaux et objets destinés à entrer en contact direct ou indirect avec des denrées alimentaires doivent être fabriqués conformément aux bonnes pratiques de fabrication afin que, dans des conditions normales ou prévisibles de leur emploi, ils ne cèdent pas aux denrées alimentaires des constituants en une quantité susceptible de présenter un danger pour la santé humaine, entraîner une modification inacceptable de la composition des denrées ou une altération de leurs caractères organoleptiques.

Une documentation appropriée pour démontrer la conformité des MCDA pourra être demandée par les autorités administratives en cas de contrôle (article 16 du R (UE) 10/2011 concernant les

matériaux et objets en matière plastique destinés à entrer en contact avec des denrées alimentaires). Elle désigne par principe les documents qui permettent de démontrer la conformité aux obligations réglementaires relatives à l'inertie des MCDA. La déclaration de conformité est un document central de la réglementation applicable.

· Il revient au professionnel de s'assurer de la conformité du contenant choisi et veiller à utiliser ces matériaux dans les conditions de mise en contact prévues (durée, température, usage répété ou usage unique...) dans la déclaration de conformité ou, en son absence, selon les instructions d'usage de l'étiquetage ou encore, en l'absence d'instructions d'usage adéquates, selon des conditions normales ou raisonnablement prévisibles d'emploi, afin que les denrées alimentaires conditionnées soient manipulées de façon sûre et appropriée. Cela s'applique, en particulier, à toutes limitations aux conditions de stockage (température, durée de contact, etc.) et, le cas échéant, au réchauffage.

· Notez par ailleurs que le règlement cadre définit certaines modalités d'étiquetage à son article 15. Pour les modalités concernant la langue utilisée dans les mentions d'étiquetage, il y a lieu de se référer à la partie relative aux instructions d'emploi du présent document (partie C).

Les informations d'étiquetage des MCDA prévues par le règlement cadre doivent « figurer en caractères apparents, clairement lisibles et indélébiles » [point 3 de l'article 15 du règlement cadre]. Aucune taille de caractère n'est expressément précisée (hormis dans le cas des matériaux actifs et intelligents, voir partie G)

Le point 4 de l'article 15 prévoit que le commerce de détail des MCDA est interdit si la mention ou le symbole de contact alimentaire, les instructions d'emploi et les mentions spécifiques aux matériaux actifs et intelligents ne figurent pas dans une langue intelligible.

Les modalités selon lesquelles l'étiquetage de l'article 15 du règlement cadre est réalisé varient en fonction du stade de commercialisation [points 7 et 8 de l'article 15 du règlement cadre].

3. Concernant certains produits spécifiquement :

Certains produits peuvent faire l'objet de dispositions réglementaires particulières, susceptibles d'avoir une incidence sur le choix du contenant employé.

Ainsi, concernant les huîtres, je vous invite à noter que le règlement R.(CE) 853/2004 relatif à l'hygiène des denrées d'origine animale dispose dans son chapitre VI « Conditionnements et emballages des mollusques bivalves vivants » que : « Les huîtres doivent être conditionnées ou emballées valve creuse en dessous. »

4. Concernant enfin la question du nombre d'utilisation maximum des emballages :

Concernant le nombre d'utilisation maximum des emballages, je vous rappelle les dispositions de l'article 5 du R. (CE) 852/2004 relatif à l'hygiène des denrées alimentaires, dont il résulte que : « Les exploitants du secteur alimentaire mettent en place, appliquent et maintiennent une ou plusieurs procédures permanentes fondées sur les principes HACCP.

2. Les principes HACCP sont les suivants:

- a) identifier tout danger qu'il y a lieu de prévenir, d'éliminer ou de ramener à un niveau acceptable;
- b) identifier les points critiques aux niveaux desquels un contrôle est indispensable pour prévenir ou éliminer un danger ou pour le ramener à un niveau acceptable;(…) »

En complément, il importe que les consommateurs souhaitant réutiliser leurs emballages soient sensibilisés à leurs responsabilités en cas de réemploi (nombre de réemplois, propreté de ces emballages).

Cordialement,
Gaëlle Evain

—
SECRÉTARIAT DU SERVICE
Service régional de l'alimentation

15, avenue de Cucillé - 35047 Rennes cedex
Tél : 02 99 28 21 33 |
www.draaf.bretagne.agriculture.gouv.fr