



Larmor-Plage,  
Juin 2023

# Rapport technique sur la fabrication des filets trémail prototypes pour différents fileyeurs 2022-2023



## Table des matières

1. Contexte .....	3
2. Objectifs de la prestation et cahier des charges des filets à produire .....	4
a. Extrusion de monofilament .....	4
b. Extrusion de multi-monofilament .....	5
c. Extrusion de multifilament .....	5
3. Analyse des engins de pêche actuellement utilisés .....	6
4. Choix des filets à substituer en bioplastiques biodégradables .....	9
5. Cahiers des charges des filets biodégradables .....	9
a. Trémail pour Boulogne sur Mer .....	9
b. Trémail pour Le Tréport.....	11
c. Trémail pour Fécamp.....	12
6. Réalisation des formulations .....	13
7. Réalisation des monofilaments par extrusion filage .....	14
a) Améliorations du process de fabrication de monofilament 2022 – Ø 0,33mm .....	15
b) Améliorations du process de fabrication de monofilament 2022 – Ø 0,60mm .....	17
c) Process de fabrication de multi-monofilament 2022 – Ø 0,20mm .....	18
8. Réalisation des nappes de filets .....	20
a. Fabrication de la nappe intérieure pour Boulogne/mer .....	20
b. Fabrication de la nappe extérieure pour Boulogne/mer .....	21
c. Fabrication des nappes intérieures et extérieures pour le Tréport et Fécamp .....	22
9. Assemblage des nappes.....	25
10. Conclusion .....	26
Annexe 1 : Protocole des mesures et tests des propriétés mécaniques effectués par le fabricant .....	27
Annexe 2 : Points d'attention à vérifier concernant le processus afin d'éviter les avaries déjà connus lors de la mise en œuvre de monofilaments.....	28

## 1. Contexte

En 2017, le parc naturel marin des estuaires picards et de la mer d'Opale a conduit un diagnostic complet de la gestion des déchets portuaires qui a notamment conduit à préconiser l'emploi de filets compostables et biodégradables afin de réduire l'impact environnemental des fileyeurs du parc.

En 2019, Le PNM EPMO a ainsi initié une démarche de définition et de prototypage d'un filet de pêche compostable et biodégradable, avec deux finalités :

- Utiliser et promouvoir des engins de pêche moins impactant pour le milieu en cas de perte (problématique des engins de pêche "fantôme").
- Améliorer la gestion des déchets issus de la pêche sur le PNM EPMO en permettant une fin de vie par compostage ou méthanisation des engins de pêche.

Un premier prototype de 1000 m de filet à Sole de type trémail équipé de nappes compostables et biodégradables en mer a été réalisé en 2019 et 2020. Ce premier prototype a permis d'identifier les écarts avec les filets conventionnels et donc les marges de progression. La moindre performance du filet biodégradable de 2020 venait surtout de sa moindre pêchabilité, qui était elle-même liée à ses défauts de fabrication. Deux principales marges de progression ont été identifiées :

- Les mailles du filet biodégradable ont été mesurées plus grandes que celles des filets conventionnels
- Au lieu de naturellement s'étirer dans le sens de la profondeur, les mailles s'étiraient dans le sens de la largeur du filet. C'est un comportement inversé par rapport au filet conventionnel.

Financé par l'UE, au travers de la mesure 39 du FEAMP et co-financé par France Filière Pêche, en partenariat avec le FROM Nord, le projet TEFIBIO s'est poursuivi en 2021, 2022, 2023 avec pour objectifs de :

- Optimiser le filet trémail déjà testé à Boulogne sur mer
- Concevoir de nouveaux types d'engins de pêche (trémail multi-monofilament) biodégradables en milieu marin et recyclable à terre par compostage industriel.
- Réaliser les tests en mer à Boulogne/Mer mais également dans 2 autres port de pêche : Le Tréport et Fécamp.
- Faire émerger une filière de valorisation de la matière
- Réaliser une étude de marché des filets trémail en France

## 2. Objectifs de la prestation et cahier des charges des filets à produire

Le projet TEFIBIO a pour objectif de produire et tester 3 filets biodégradables pour :

- 3 ports de pêche du Nord de la France : Boulogne/Mer ; Le Tréport et Fécamp
- 2 saisons de pêche différentes : été et hiver
- 2 types de filaments différents : monofilament et multi-monofilament

En effet, il existe 3 filaments sur le marché des filets :

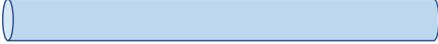
Monofilament		• Le monofilament, constitué d'un seul filament
Multi-monofilament		• Le multi-monofilament, constitué de plusieurs monofilaments
Multifilament		• Le multifilament, constitué de fibres très fines assemblées entre-elles

Figure 1: les 3 types de fils possible sur les filets fin

### a. Extrusion de monofilament



Figure 2 : Procédé d'extrusion de monofilaments

Les granulés de plastique formulés par Seabird sont introduits dans une trémie puis fondu dans une monovis d'extrusion (= extrusion head) chauffée aux températures indiquées sur la fiche process. Une filière comprenant plusieurs trous va permettre d'extruder le plastique sous forme de monofilament. Ces monofilaments vont passer dans un bain d'eau froide pour être refroidit puis convoyer vers un 1er banc de tirage (= stretch roller) qui va permettre d'étirer les monofilaments pour 2 raisons :

- Améliorer les propriétés de résistance en traction du monofilament
- Se rapprocher du diamètre souhaité

Les monofilaments passent alors dans un bain de vapeur d'eau (autour de 90-100°C) afin de rechauffer les monofilaments sans les fondre (il est donc important de ne pas dépasser la température de fusion du biopolymère). Le monofilament pourra être étiré une seconde fois pour les 2 raisons cités précédemment.

Ces étapes (étirage + four) peuvent être répétées plusieurs fois selon le cahier des charges à atteindre (précision du diamètre, propriétés mécaniques, ...), la machine du fabricant, l'espace en longueur de l'usine.

L'extrusion permet donc d'obtenir des bobines de monofilament ayant un diamètre et des propriétés mécaniques les plus adaptés aux cahiers des charges.

#### b. Extrusion de multi-monofilament

Pour obtenir un multi-monofilament, il suffit de réaliser une étape de twistage qui consiste à twister ou torsader plusieurs monofilament entre eux. Le fabricant portugais Cadilhe & Santos dispose d'une machine de twistage de 3 ou de 4. Des bobines de 4 monofilaments twistés ont pu être réalisées pendant le projet TEFIBIO.

Un multi-monofilament est donc un assemblage par twistage de plusieurs monofilaments (diamètre > 0.1mm).



Figure 3 : Bobine de multimonofilament (x4)

#### c. Extrusion de multifilament

Un multifilament est un assemblage de fibres très fines (quelques microns) assemblées entre elles lors du procédé de mise en œuvre d'extrusion filage verticale par voie fondue de multifilament. Ce procédé n'est pas utilisé dans le projet TEFIBIO.



Figure 4 : Exemple d'une filière multifilament

### 3. Analyse des engins de pêche actuellement utilisés

Plusieurs fileyeurs et acteurs de la pêche des ports du parc naturel marin et des ports à proximité ont été rencontrés pour étudier leurs habitudes de pêche (poissons cibles, engins de pêches, maillage, type de fil, etc.) et déterminer les types de filets à copier en biodégradable.

Ces rencontres montrent que le poisson cible des fileyeurs du PNM et de ses environs est principalement la Sole. On observe par ailleurs une baisse du nombre de Soles au large des côtes du PNM EPMO depuis 2016 / 2017 et le nombre de fileyeurs a d'ailleurs baissé à Boulogne et au Tréport ces dernières années



Figure 5: carte des fileyeurs du PNM EPMO utilisateur/testeur du filet biodégradable

**A Boulogne-sur-Mer**, les engins de pêche utilisés par les fileyeurs sont les suivants :

	Filet monofilament utilisé en été	Filet multifilament utilisé en hiver
<b>Type de filet</b>	Trémil (code GTR)	Trémil (code GTR)
<b>Appellation courante</b>	« Crin » ou « plastique »	« Nylon » ou « coton blanc »
<b>Type de fil</b>	Monofilament	Multifilament
<b>Utilisation</b>	Filet de base d'été	Filet de base d'hiver
<b>Type de pêche</b>	Amoliment : le filet ne reste que quelques heures par 24h puisqu'il est posé généralement en deuxième moitié de nuit (entre 2h à 5h du matin) et est relevé après le levé de jour. Le reste du temps, le filet est stocké sur le pont du bateau.	Lodage : le filet reste la plupart du temps dans l'eau ; il n'est relevé qu'une fois toutes les 24h pour récupérer les poissons puis le nettoyer, avant d'être redéposé au fond de la mer.
<b>Type de pose</b>	Filet posé dans le sens du courant	Filet posé en travers du courant
<b>Saison</b>	Début : Mai / juin	Début : octobre / novembre

	Fin : fin octobre	Fin : Mai / juin
<b>Durée de vie</b>	80% des filets ne durent qu'une seule saison ; les 20% restants durent 2 saisons.	Plusieurs années. Peut se réparer pour prolonger la durée de vie
	Ne se répare quasiment pas	
<b>Coût</b>	Peu onéreux	Assez onéreux
<b>Taille de la maille de la flue</b>	90 mm à minima pour des raisons réglementaires	90 mm à minima pour des raisons réglementaires

Les filets sont montés en assemblant 3 kits de 100 m pour avoir 300 m entre deux ancres. Un fileyeur dispose d'environ 12 km de filet au total à bord, mis à l'eau en 4 lignes différentes.

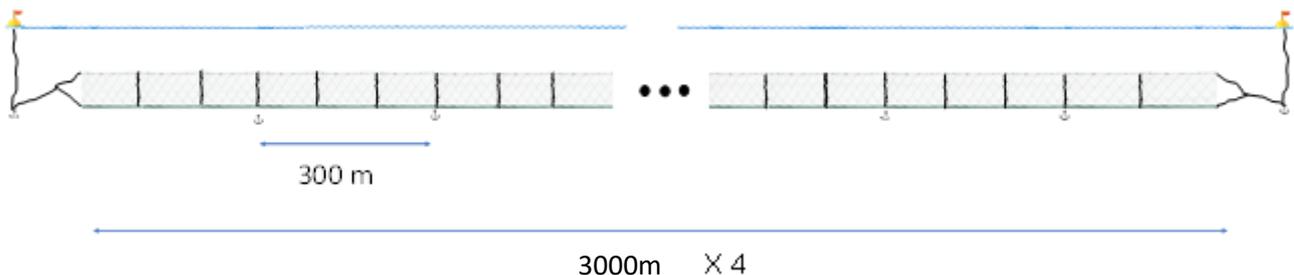


Figure 6: montage des filets à Sole de Boulogne-sur-Mer

**Au Tréport**, il y a eu récemment une modification des pratiques de pêche avec un changement récent du type de filet utilisé.

	Filet monofilament traditionnel (et quasiment abandonné)	Filet multi-monofilament préféré désormais
<b>Type de filet</b>	Trémail (code GTR)	Trémail (code GTR)
<b>Appellation courante</b>	« mono »	« multi »
<b>Type de fil</b>	Monofilament	Multi-monofilament
<b>Utilisation</b>	Filet traditionnel du Tréport (et quasiment abandonné)	Nouveau filet « à la mode » utilisé par les pêcheurs de Dieppe jusqu'à Cherbourg car plusieurs avantages : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Moins haut (1,5 m contre 3 m) donc se salit moins et prend moins d'araignées</li> <li>- Plus résistant</li> <li>- Pêche quasiment autant de Soles</li> <li>- Nécessite 1 matelot de moins à bord</li> </ul>
<b>Type de pêche</b>	Amoliment : le filet ne reste que quelques heures par 24h puisqu'il est posé généralement en deuxième moitié de nuit (entre 2h à 5h du matin) et est relevé après le levé de jour. Le reste du temps, le filet est stocké sur le pont du bateau.	
<b>Type de pose</b>	Filet posé dans le sens du courant	

<b>Saison</b>	Tout l'année	
<b>Durée de vie</b>	Dure une seule saison (3 ou 4 mois)	Dure une seule saison mais un peu plus longue (4 ou 5 mois)
<b>Coût</b>	Peu onéreux	Un peu plus cher à l'achat mais rentable car plus facile à utiliser que le filet mono traditionnel
<b>Taille de la maille de la flue</b>	94 mm à minima pour des raisons réglementaires	94 mm à minima pour des raisons réglementaires

Le multifilament utilisé dans le Boulonnais l'hiver (appellation courante « coton blanc ») n'est pas utilisé du tout car il se salirait trop et serait trop lourd. Les filets du Tréport sont montés en assemblant 7 ou 8 kits de 100 m pour avoir 700 ou 800 m entre deux ancres. Un fileyeur dispose d'environ 9 à 12 km de filet au total à bord (généralement 10 km), mis à l'eau en 3 ou 5 lignes différentes.

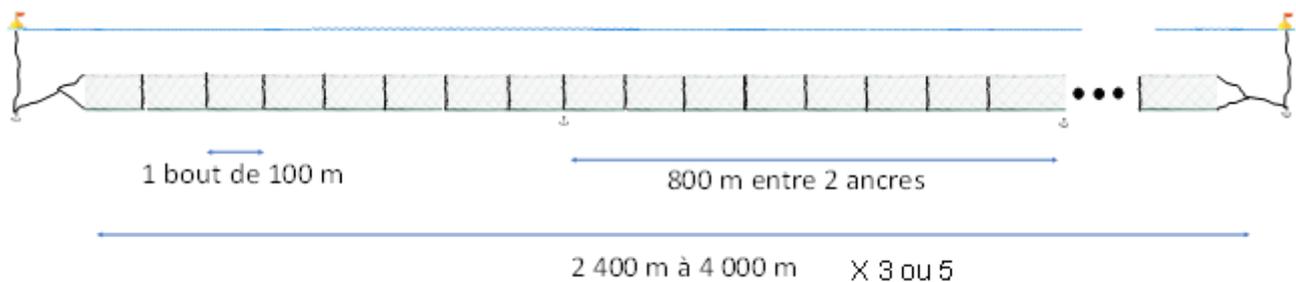


Figure 7: montage des filets à Sole du Tréport

**A Fécamp**, les pêcheurs pêchent au filet toute l'année et ciblent la Sole. Leurs bateaux sont plutôt amarrés au Havre. Deux types de maillage sont utilisés pour la flue au cours de l'année :

- La maille 94 mm, utilisable uniquement à plus de 12 miles des côtes
- La maille 100 mm, utilisable partout

Les filets de Fécamp sont montés en associant 6 à 8 kits de 100 m pour avoir 600 à 800 m entre 2 ancres. Un fileyeur dispose de 12 km de filet au total à bord, mis à l'eau en 15 ou 20 lignes différentes : chaque ligne fait donc uniquement 600 ou 800 m de long, pas plus, et le fileyeur dispose donc de nombreuses bouées et pavillon à bord (une vingtaine de chaque).

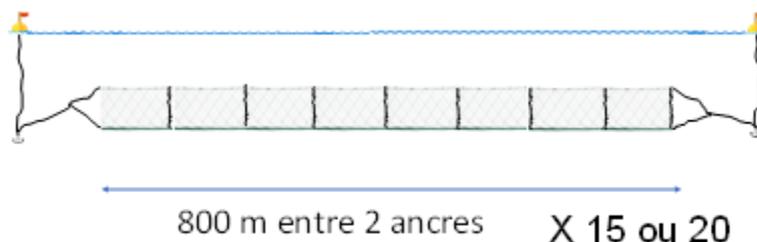


Figure 8: montage des filets à Sole de Fécamp

## 4. Choix des filets à substituer en bioplastiques biodégradables

Plusieurs filets différents sont utilisés entre Boulogne et Le Havre. On observe une grande diversité sur les types de filets utilisés par les pêcheurs de la Manche et de la Mer du Nord, que ce soit d'un point de vue saison de pêche, type et diamètre de monofilament, dimensions et nombre de mailles, longueur et largeur d'une nappe et enfin montage des différentes nappes entre elles.

L'analyse des types de filets utilisés, les contraintes de chaque filet et les objectifs du projet TEFIBIO ont amené au choix de fabriquer 3 filets trémails pour la Sole avec des monofilaments biodégradables :

- trémail monofilament déjà utilisé en 2019-2021 à Boulogne-sur-Mer pour l'été. Ce filet a été utilisé au cours des saisons estivales 2020 sur le Néreides 2, optimisé en 2021 et optimisé une nouvelle fois en 2022.
  - Ce filet fait l'objet du présent rapport de fabrication pour la saison d'été 2022.
- trémail multi-monofilament utilisé à Fécamp pour l'hiver 2022-2023 (initialement prévu pour l'hiver 2021-2022)
  - Ce filet fait également l'objet du présent rapport de fabrication pour la saison d'hiver 2022-2023.
- trémail multi-monofilament utilisé au Tréport pour l'été 2022.
  - Ce filet fait également l'objet du présent rapport de fabrication pour la saison d'été 2022.

## 5. Cahiers des charges des filets biodégradables

Afin d'obtenir ces filets prototypes à partir de monofilaments biodégradables, un entretien avec Alprech filets avait été réalisé en 2020.

Les longueurs de chacun des filets sont approximativement de 3 km chacun.

### a. Trémail pour Boulogne sur Mer

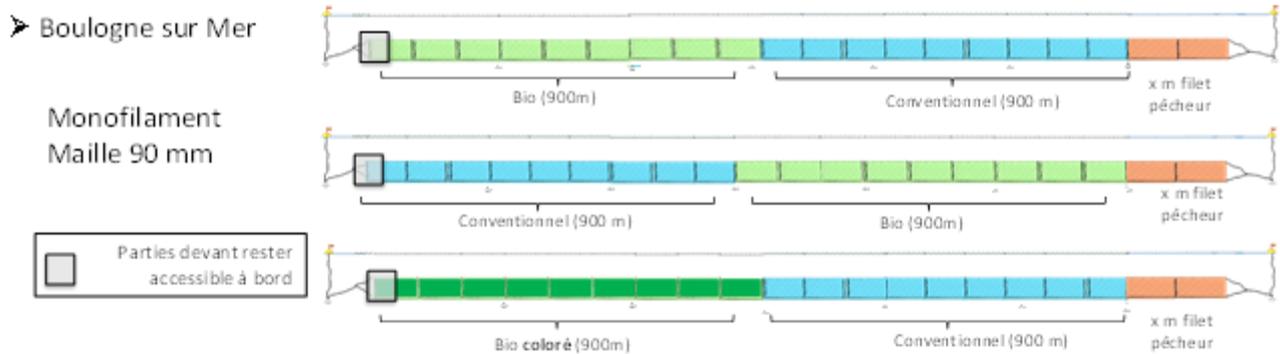
Le filet conventionnel monofilament utilisé à Boulogne l'été possède les couleurs suivantes :

- Les 2 aumées sont de couleur blanche
- La flue est de couleur verte

Le diamètre du monofilament composant la flue est indiqué à 0,33 mm selon les fabricants. Le diamètre des 2 aumées est indiqué à 0.60mm.

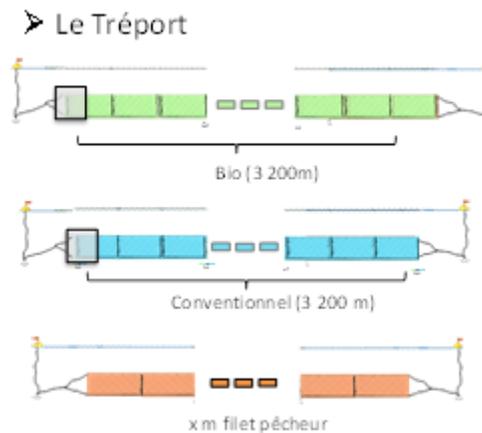
Il avait été décidé en 2020-2021 de produire un fil biodégradable composant la flue en diamètre 0,35 mm (comme pour le filet de 2020), soit très légèrement plus épais que le conventionnel pour diminuer les risques industriels de fabrication des nappes et améliorer légèrement la tenue du filet en situation de pêche. Suite aux retours du pêcheur qui trouvait le filet biodégradable trop épais ou « plus visible » que le filet conventionnel de par son diamètre de 0.35mm et sa couleur verte trop intense, il a été décidé d'améliorer le procédé de filage pour obtenir un monofilament de 0.33mm

correspondant donc à la demande du pêcheur et qui soit aussi résistant que le monofilament de 0.35mm utilisé les saisons précédentes.



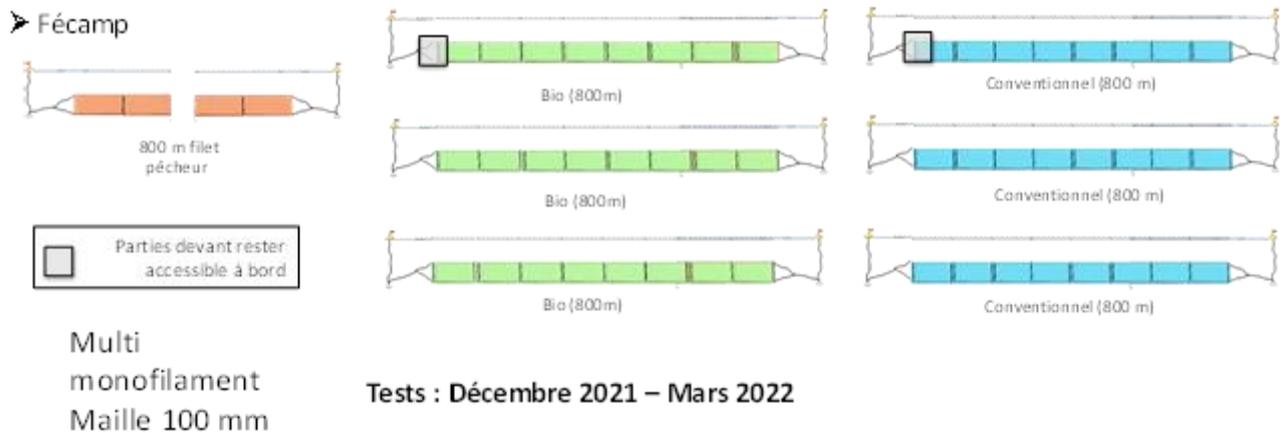
- Type de fil : monofilament
- Flue :
  - diamètre de 0,33 mm (soit le diamètre souhaité par le pêcheur suite aux essais de 2020-2021)
  - Taille des  $\frac{1}{2}$  mailles : 45 mm
  - Taille des mailles : 90 mm étirée mouillée (attention à la réglementation qui interdit les mailles inférieures à 90 mm)
  - 30,5 mailles en hauteur
  - 2 496 mailles en longueur (pour 1 bout de 100 m)
  - Etirement dans le sens de la hauteur
  - Couleur : vert clair (l'objectif étant de se rapprocher le plus de la couleur verte du monofilament conventionnel)
- Aumées
  - diamètre de 0,60 mm
  - Taille des  $\frac{1}{2}$  mailles : 200 mm
  - Taille des mailles : 400 mm étirée mouillée
  - 3,5 mailles en hauteur
  - 416 mailles en longueur (pour 1 bout de 100 m)
  - Etirement dans le sens de la hauteur
  - Couleur : blanc
- Montage:
  - Les 2 aumées et la flue doivent être scotchées ensemble pour faire un kit facilitant le montage (scotcher 1 grande maille tous les 6 petites mailles)
  - Tresse flottante :
    - Polypropylène 12 mm vert et blanc pour les kits dont la flue est verte (1000 m) avec 1 flotteur dur tous les 44 cm
  - Tresse plombée : 14 kg/100 m
- Longueur : 3000 m de filet bio, soit 30 kits de 100 m

## b. Trémail pour Le Tréport



- Type de fil : multimonofilament
- Flue :
  - Fil multimonofilament composé de 4 fils de 0,20 mm
  - Taille des  $\frac{1}{2}$  mailles : 47 mm
  - Taille des mailles : 94 mm étirée mouillée
  - 20,5 mailles en hauteur
  - 1998 mailles en longueur (pour 1 bout de 100 m)
  - Etirement dans le sens de la hauteur
  - $\frac{1}{2}$  maille renforcée (en double fil) en haut et en bas de la nappe (pour mieux résister au frottement avec l'écart)
  - Couleur : blanc
- Les 2 aumées
  - Fil multimonofilament composé de 10 fils de 0,20 mm
  - Taille des  $\frac{1}{2}$  mailles : 90 mm
  - Taille des mailles : 180 mm étirée mouillée
  - 5,5 mailles en hauteur
  - 667 mailles en longueur (pour 1 bout de 100 m)
  - Couleur : blanc
- Montage :
  - Les 2 aumées et la flue scotchées ensemble pour faire un kit facilitant le montage (scotcher 1 grande maille tous les 3 petites mailles)
  - Tresse flottante : PP Tressé  $\varnothing$  12 mm vert et blanc avec 1 flotteur dur tous les 44 cm
  - Tresse plombée : 14 kg/100 m
- Longueur : 3200 m de filet, soit 32 kits de 100 m

### c. Trémail pour Fécamp



- Type de fil : multimonofilament
- Flue :
  - Fil multimonofilament composé de 4 fils de 0,20 mm
  - Taille des  $\frac{1}{2}$  mailles : 50 mm
  - Taille des mailles : 100 mm étirée mouillée
  - 20,5 mailles en hauteur
  - 1995 mailles en longueur (pour 1 bout de 100 m)
  - Etirement dans le sens de la hauteur
  - $\frac{1}{2}$  maille renforcée (en double fil) en haut et en bas de la nappe (pour mieux résister au frottement avec l'écart)
  - Couleur : blanc
- Les 2 aumées
  - Fil multimonofilament composé de 10 fils de 0,20 mm
  - Taille des  $\frac{1}{2}$  mailles : 90 mm
  - Taille des mailles : 180 mm étirée mouillée
  - 5,5 mailles en hauteur
  - 665 mailles en longueur (pour 1 bout de 100 m)
  - Couleur : blanc
- Montage :
  - Les 2 aumées et la flue scotchées ensemble pour faire un kit facilitant le montage (scotcher 1 grande maille tous les 6 petites mailles)
  - Tresse flottante : PP Tressé  $\varnothing$  12 mm vert et blanc avec 1 flotteur dur tous les 44 cm
  - Tresse plombée : 16 kg/100 m
- Longueur : 2800 m de filet, soit 28 bouts de 100 m

## 6. Réalisation des formulations

Le SEA<sup>®</sup>212 et le SEA<sup>®</sup>214 ont été produit à l'atelier de production de Seabird sur l'unité de compoundage installée à Larmor-Plage. Cette unité est composée d'une extrudeuse bi-vis Leistritz co-rotative ZSE 27 MAXX.

Ses principales caractéristiques sont :

- un diamètre de vis de 28.3 mm
- une longueur des vis de 1100 mm
- des vis d'extrusion conçues spécifiquement pour la mise en œuvre des bioplastiques.

L'unité est également composée de

- 2 dessiccateurs de 800L permettant de sécher les granulés entrant dans la composition
- 3 doseurs gravimétrique ayant des capacités de dosage différent
- une pompe à vide permettant d'aspirer les monomères résiduels et l'humidité résiduel permettant une meilleure qualité du compound
- un système de convoyage automatisé
- un système d'ensachage semi-automatique
- des refroidisseurs permettant d'avoir un système de régulation d'eau en circuit fermé (réduction importante de la consommation d'eau dans l'atelier)

Les proportions des matières premières qui composent la formulation sont contrôlées par des doseurs de granulé et de poudres Brabenders et un mélangeur de résines Koch-Technik.

Les 3 joncs en sortie de l'extrudeuse sont refroidis dans un bac à eau et découpé par un granulateur. Avant la production, des matières premières sont étuvés pendant minimum 6h à 60°C par un dessiccateur Koch-Technik CKT50 pour retirer toutes traces d'humidité, réduisant les risques de dégradation thermique des matières durant le compoundage.

La ligne de production installée à Seabird est présentée ci-dessous :

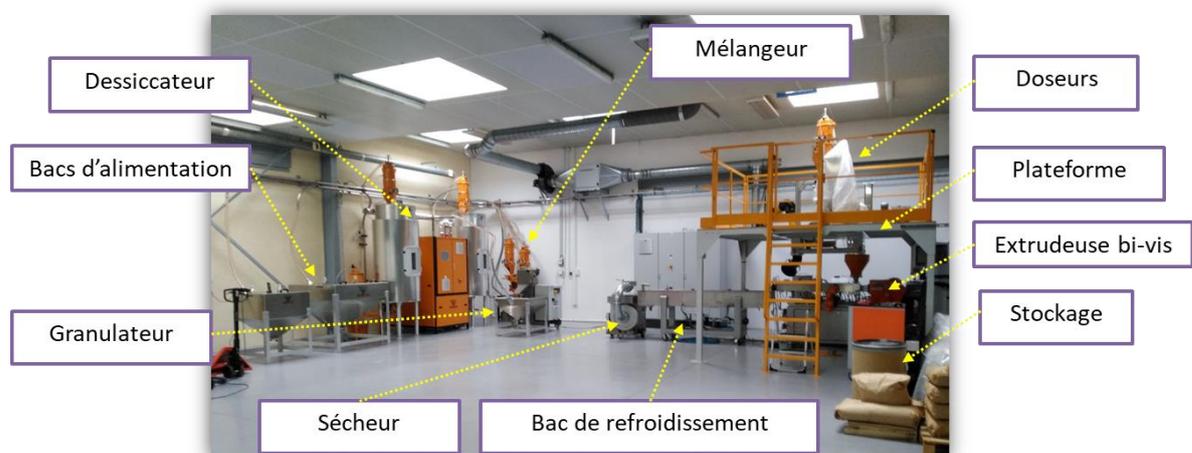


Figure 9: Ligne de compoundage Seabird

Les formulations SEA®212 et SEA®214 - qui se présentent sous forme de granulés - ont été conditionnées dans des sacs multicouches en composite PE/aluminium, équipés de valve de dégazage, ayant une capacité de 25 kg et conditionnés sur palette. La totalité des sacs a été livrée sur 4 palettes au transformateur selon le planning suivant.

Taches n°	Nom de la tâche	07/2021	08/2021	09/2021	10/2021	11/2021	12/2021
1	Production 800kg de SEA®214						
2	Production 500kg de SEA®214						
3	Production 500kg de SEA®212						

Tableau 1: Planning de production des compounds

Suite aux essais de production précédents, et compte tenu de l'innovation pour la production de multi-monofilaments biodégradables ; le SEA®214 a été sélectionné pour essais d'extrusion filage + twistage pour ses meilleures propriétés de résistance mécanique comparé au SEA®212.

Pour la production des prototypes de nappes extérieures et intérieures de filets trémail multi-monofilaments (Tréport et Fécamp), le diamètre des monofilaments doit être compris entre 0.20 et 0.22mm. Une production de 800kg de granulés de SEA®214 a été réalisé le 1<sup>er</sup> Juillet 2021 et envoyé au fabricant Cadilhe & Santos pour extrusion filage + twistage. Ce diamètre n'ayant jamais été produit auparavant.

Pour la réalisation des prototypes de nappes de filet trémail monofilament, 500kg de SEA®214 ont été fabriqué pour la nappe intérieure le 16 novembre 2021 et 500kg de SEA®212 ont été fabriqué pour les 2 nappes extérieures le 07 décembre 2021.

Seabird a aussi fourni un colorant vert (le même que l'année passée) à base de matériaux compostables obtenu d'un fournisseur d'additif pour la coloration des monofilaments de diamètre 0.33mm.

Une optimisation du procédé de compoundage du SEA®214 a permis d'augmenter les cadences de production de 55kg/h (débit optimisé du SEA®212) à 70kg/h soit une augmentation de +27%.

## 7. Réalisation des monofilaments par extrusion filage

Les années précédentes, les formulations SEA®212 et SEA®214 avaient été mises en œuvre sur une ligne d'extrusion-filage du partenaire industriel de Seabird situé en Allemagne. Le fabricant portugais ayant la capacité de fabriquer les monofilaments ET les nappes de filets, il paraissait plus intéressant de réaliser l'ensemble de la production chez lui pour les raisons suivantes :

- Le fabricant Allemand est spécialisé dans l'extrusion de monofilament technique et non dans la fabrication de filets de pêche
- Les expériences précédentes ont démontré que les monofilaments étaient sans doute trop étiré lors de l'extrusion filage ce qui engendrait quelques cassent des nappes lors de la mise en autoclave.
- Le fabricant portugais a plus d'expérience dans la fabrication de monofilaments destinés à être retransformés en nappes de filets.

La configuration de l'extrudeuse des 2 fabricants étant la même, les résultats sont comparables. Elles sont composées : d'une extrudeuse, d'un bac de refroidissement thermo-régulable, de trois zones d'étirage (fours et banc de rouleaux d'étirage) et d'un winder (=bobineur).

Ci-dessous, le schéma de la ligne de production d'extrusion filage. Aucune photo de la ligne dans sa totalité n'a été transmise par le fabricant pour des raisons de confidentialité.

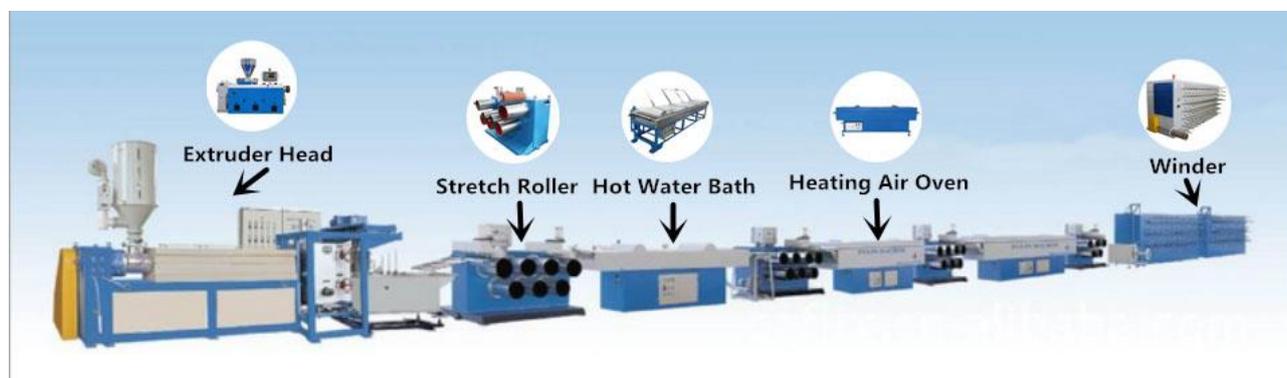


Figure 10 : Schéma de la ligne d'extrusion du fabricant portugais

Pour ces mêmes raisons, Seabird n'a pas pu assister le fabricant pour les essais. Un protocole d'essai (décrit en annexe 2) a donc été envoyé au fabricant afin qu'il respecte les paramètres de mise en œuvre des formulations SEA®214 et SEA®212.

#### a) Améliorations du process de fabrication de monofilament 2022 – Ø 0,33mm

Pour rappel, les propriétés principales d'un monofilament sont sa ténacité et son allongement à la rupture. Plus la ténacité est importante, plus le filament sera résistant. Plus l'allongement à la rupture est important, plus il sera facile d'étirer la matière lors de l'extrusion filage et donc d'augmenter sa résistance par orientation des chaînes macromoléculaires du (bio)-matériau.

Cependant, les essais précédents (fabrication par un autre sous-traitant) ont montré qu'il ne fallait pas étirer à son maximum les monofilaments lors de l'extrusion filage. En effet, si le monofilament est étiré à son maximum (à la limite de sa rupture), il y aura des difficultés à nouer les mailles du filet et à étirer le filet en autoclave afin de serrer les nœuds et pré-orienter les mailles.

L'objectif de fabrication des monofilaments 2022 est donc d'obtenir un bon compromis entre ténacité, allongement et diamètre des monofilaments. Le monofilament 0.33 mm a été produit à partir du SEA®214 en Février 2022 au lieu de Décembre 2021 en raison d'une forte épidémie de COVID.

Les paramètres de mise en forme sont les suivants :

Profil de températures du fourreau de l'extrudeuse paramétré durant l'essai :

T1	T2	T3	T4	T5	Tête de filière	T° matière
185°C	185°C	185°C	180°C	180°C	180°C	197°C

Les autres paramètres:

Bain de refroidissement	23 °C
Pompe à engrenage	180°C
Etirage	De 26 m/min à 156 m/min
Fours (°C)	80 - 85°C

A la suite de la production, le fabricant portugais a réalisé des essais de traction sur monofilament. Ci-dessous un tableau comparatif des monofilaments 0.33-0.35mm depuis 2019 :

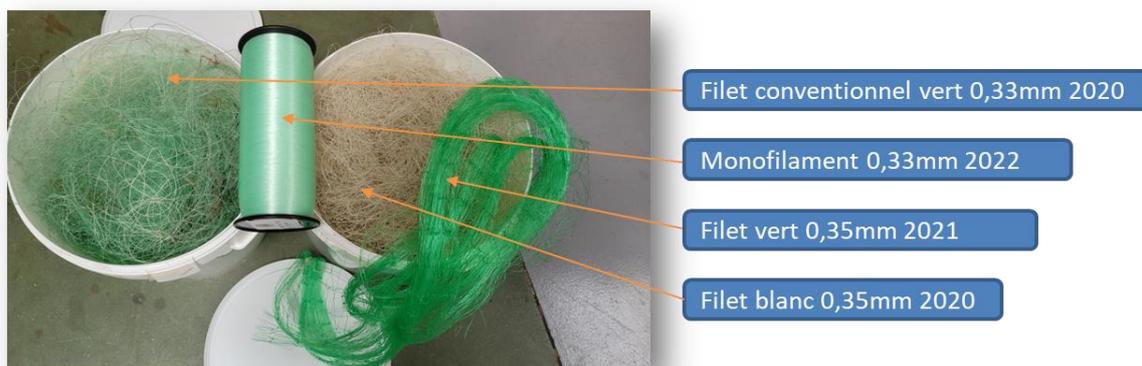
Date	2019	2019	2020	2021	2021	2022
Monofilament R&D	Moncad® EV56 référence	SEA®212	SEA®214	SEA®214	SEA®214 coloré	SEA®214 coloré
Diamètre (mm)	0,34 ±0.02	0,33 ±0.02	0,35 ±0.02	0,35 ±0.02	0,35 ±0.02	0,33 ±0.01
Densité linéaire [Tex (g/1000m)]	106,00	119,00	123,00	122,50	123,50	109,30
Titre (dtex)	1060,00	1190,00	1230,00	1225,00	1235,00	1093,00
Résistance linéaire à la rupture (N)	55,65	27,35	34,80	34,20	33,20	29,05
Résistance linéaire à la rupture (kg)	5,67	2,79	3,55	3,49	3,38	3,06
Ténacité (cN/tex)	52,50	23,00	28,30	27,90	26,90	27,31
Allongement à la rupture (%)	28,46	42,47	59,50	49,50	46,90	43,00

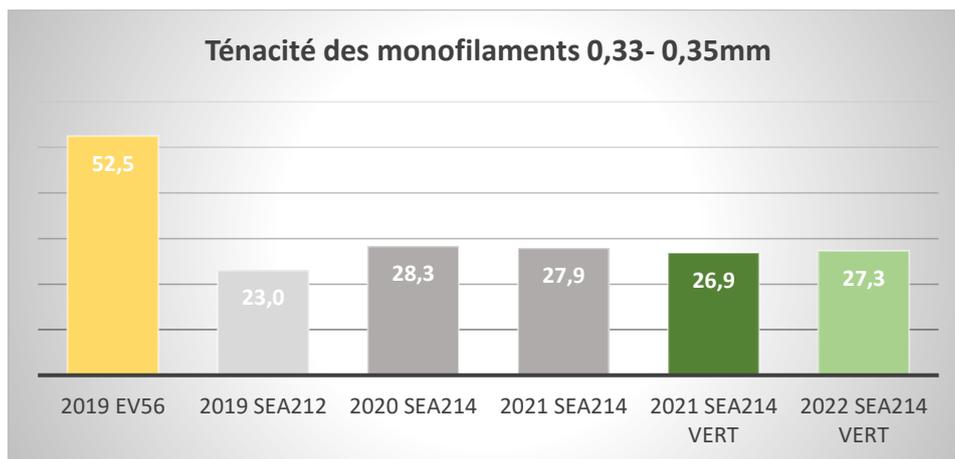
Tableau 2 : Historique des propriétés des monofilaments 0,33 – 0,35mm utilisés pour la nappe intérieure de Boulogne sur Mer en 2019, 2020 (FIBIO) et 2021-2022 (TEFIBIO)

On remarque une amélioration de la précision du diamètre du monofilament produit chez le nouveau fabricant (écart type de 0,01mm comparé à 0,02mm). Le diamètre correspond bien au cahier des charges (Ø 0,33mm au lieu d'un Ø 0,35mm)

On remarque une amélioration de la ténacité par rapport à 2021 en plus d'avoir un diamètre plus fin (27,31 cN/tex contre 26,90 cN/tex). Le SEA®214, produit au Portugal en 2022, a donc le diamètre demandé et une meilleure ténacité qu'en 2021.

La production de 2020 avait intégré 1% de colorant vert ce qui était trop important vis-à-vis du retour du pêcheur. En discutant avec le fabricant, il a été décidé de réaliser l'essai en intégrant 0,57% de Masterbatch vert afin d'avoir une couleur se rapprochant le plus du filet conventionnel et permettant une meilleure analyse comparative des futurs résultats de pêche (ISO diamètre, ISO couleur).





Les propriétés du monofilament 0,33mm en SEA®214 ne sont pas équivalente au Nylon EV56 utilisé par le fabricant portugais. Des améliorations au niveau de la formulation sont encore à réaliser (augmentation de la ténacité et de la résistance à l'étirement).

#### b) Améliorations du process de fabrication de monofilament 2022 – Ø 0,60mm

Le monofilament 0.60 mm a été produit à partir du SEA®212 en Février 2022 au lieu de Décembre 2021 en raison d'une forte épidémie de COVID. Les paramètres de mise en forme sont les suivants:

Profil de températures du fourreau de l'extrudeuse paramétré durant l'essai :

T1	T2	T3	T4	T5	Tête de filière	T° matière
135°C	155°C	160°C	160°C	165°C	165°C	165°C

Les autres paramètres:

Bain de refroidissement	23 °C
Pompe à engrenage	180°C
Etirage	De 14 m/min à 78 m/min
Fours (°C)	85 - 90°C

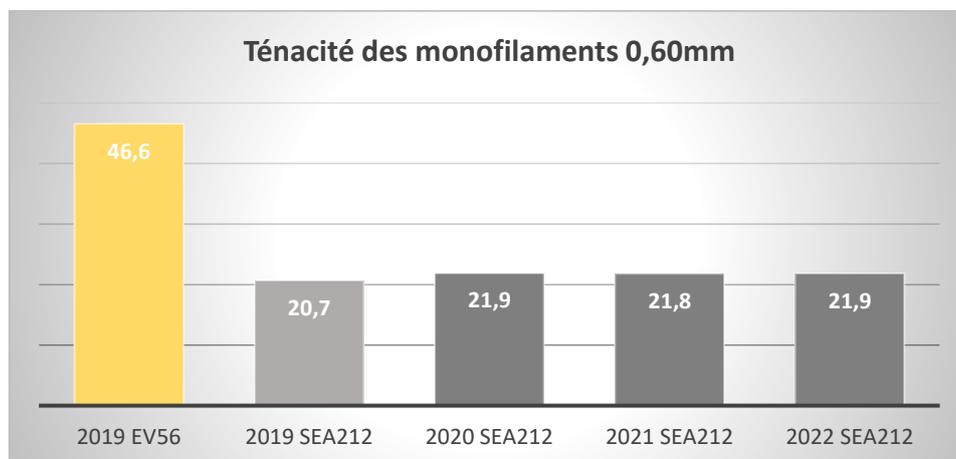
Pour cette phase de production, les paramètres utilisés par le fabricant Allemand ont été repris par le fabricant Portugais car aucune remarque négative n'avait été observé pour les nappes extérieures 0.60mm. A la suite de la production, le fabricant portugais a réalisé des essais de traction sur monofilament.

Ci-dessous un tableau comparatif des monofilaments 0.60mm depuis 2019 :

Date	2019	2019	2020	2021	2022
Monofilament R&D	Moncad® EV56 référence	SEA®212	SEA®212	SEA®212	SEA®212
Diamètre (mm)	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Densité linéaire [Tex (g/1000m)]	311,00	360,00	356,50	357,00	357,30
Titre (dtex)	3110,00	3600,00	3565,00	3570,00	3573,00
Résistance linéaire à la rupture (N)	144,83	74,49	78,20	77,80	79,40
Résistance linéaire à la rupture (kg)	14,76	7,59	7,97	7,93	8,09
Ténacité (cN/tex)	46,57	20,69	21,90	21,80	21,85
Allongement à la rupture (%)	23,99	36,07	54,20	61,70	52,96

Tableau 3 : Historique des propriétés des monofilaments 0,60mm utilisés pour les nappes extérieures de Boulogne sur Mer en 2019, 2020 (FIBIO) et 2021-2022 (TEFIBIO)

On remarque une constance dans les valeurs de 2020 à 2022 signe d'une bonne répétabilité du procédé d'extrusion filage avec le SEA®212.



Les propriétés du monofilament 0,60mm en SEA®212 ne sont pas équivalente au Nylon EV56 utilisé par le fabricant portugais mais les retours des pêcheurs sont satisfaisants. Les nappes extérieures en Nylon sont peut-être surdimensionnées.

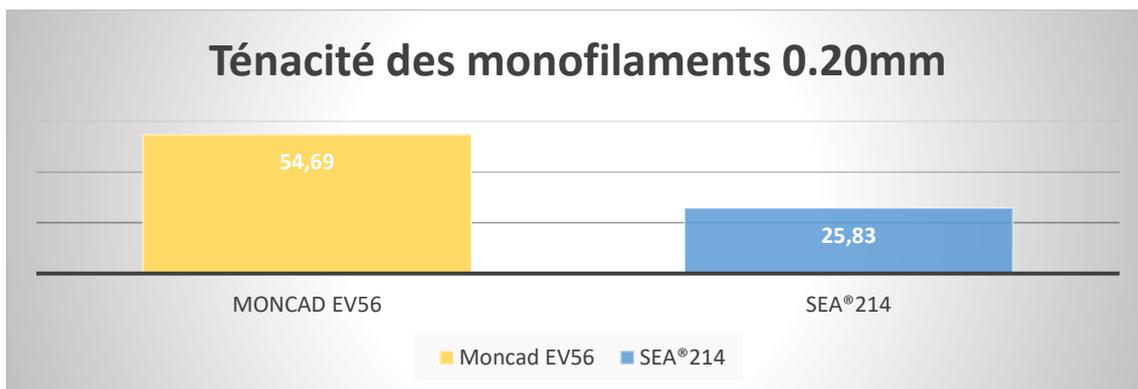
#### c) Process de fabrication de multi-monofilament 2022 – Ø 0,20mm

Le monofilament 0.20mm a été produit à partir du SEA®214 en Octobre 2021 chez le fabricant portugais qui a repris les paramètres d'extrusion utilisés par le fabricant allemand pour la production du monofilament 0.33mm. Cette production de monofilament fût la première réalisée au Portugal. Un temps de paramétrage et d'optimisation de mise en œuvre a été nécessaire, notamment pour trouver les bons paramètres d'étirage permettant d'avoir le bon diamètre.

Date	11/2021	04/2022
Monofilament R&D	SEA®214	Moncad EV56
Diamètre nominal (mm)	0,20	0.20
Diamètre moyen obtenu (mm)	0,209	0.205
Densité linéaire du monofilament [Tex (g/1000m)]	42,00	39,00
Titre du monofilament (dtex)	420,00	390,00
Résistance linéaire à la rupture du monofilament (N)	10,85	21,33
Résistance linéaire à la rupture du monofilament (kg)	1,11	2,17
Ténacité du monofilament (cN/tex)	25.83	54.69
Allongement à la rupture (%)	57.49	28.40

Tableau 4 : Propriétés d'un monofilament de diamètre 0.20-0.22mm utilisé pour les nappes du Tréport et de Fécamp

On remarque que le monofilament biodégradable a de moins bonnes propriétés de résistance que le filament conventionnel Moncad EV56 (-46%). Ce qui est en phase avec les résultats obtenues avec le monofilament de 0.33mm en SEA214 (-48%) et le biomonofilament de 0.60mm en SEA212 (-53%).



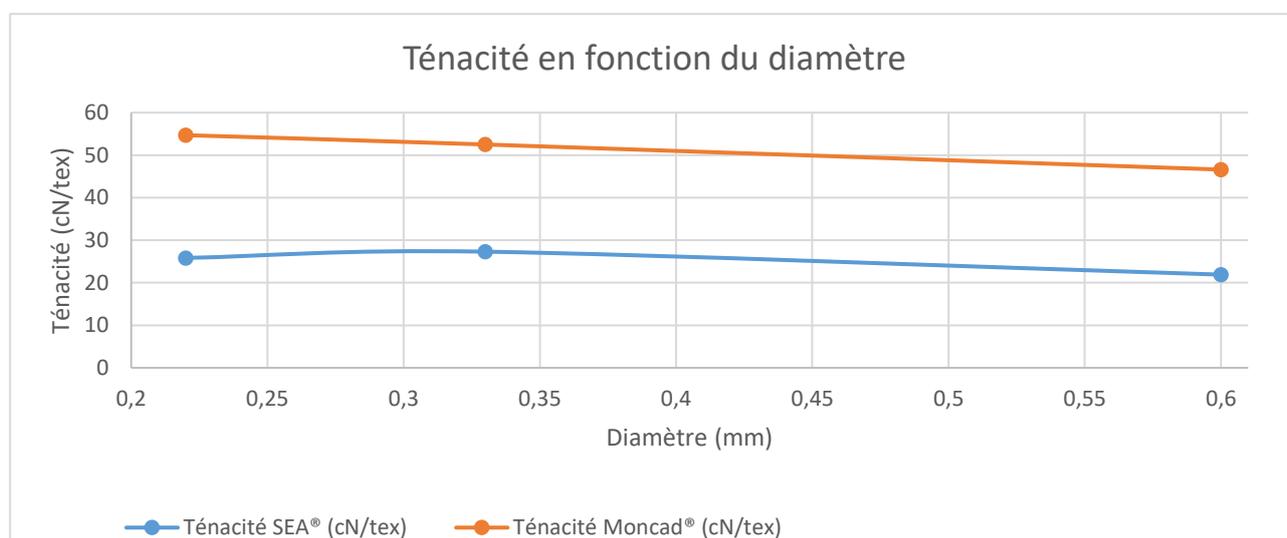
Les nappes intérieures du Tréport et de Fécamp sont composés de 4 monofilaments directement twistés sur une même bobine afin d’obtenir des bobines de 0.22 x 4 mm (voir photo).



Le fabricant de filet n’avait pas la capacité de réaliser un multi-monofilament de 10 et a donc proposé de réaliser un multi-monofilament de 12. En effet, contrairement au cahier des charges d’origine, les machines du fabricant permettent de réaliser du twistage de 3 ou de 4 monofilaments (multiple qui ne permet pas d’avoir un multi-monofilament de 10)

Les bobines étant composées de 4 monofilaments de 0,20mm pour les nappes intérieures, il est donc possible de prendre 3 bobines de 4 multi-monofilament pour obtenir, par une nouvelle étape de twistage, un multi-monofilament de 12.

Figure 11: Bobine de 4 monofilaments twistés



On remarque le même comportement de la matière conventionnelle et biodégradable lorsque l’on compare la ténacité en fonction du diamètre du monofilament. Même si la ténacité du conventionnel en moyenne 2 fois supérieures au biodégradable, les propriétés de résistances aux noeuds sont plus proches (voir ci-après)

## 8. Réalisation des nappes de filets

Le tissage des nappes de filets a été réalisé dans les ateliers de l'entreprise C&S Cadilhe&Santos situé à Viana do Castelo au Portugal. Les machines permettant la réalisation des nappes sont :

- Toyo CAU IK42
- Zang 18/140

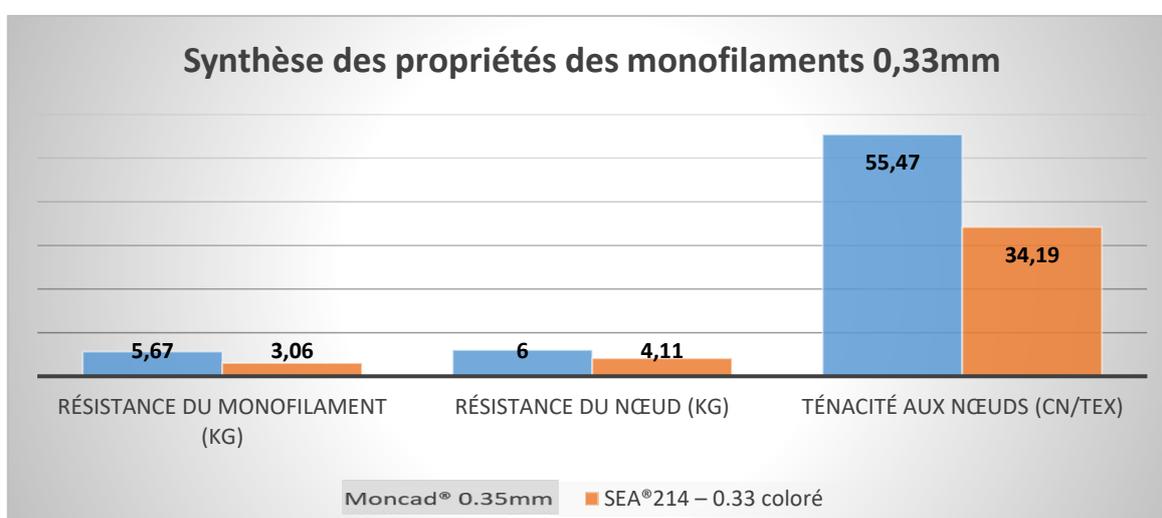
### a. Fabrication de la nappe intérieure pour Boulogne/mer

Une fois l'extrusion filage réalisée, les bobines de monofilaments sont utilisées sur le métier à tisser/nouer le filet. Une évaluation de la force aux nœuds (sur les aumées et sur le flue) permet de comparer les propriétés de résistance aux nœuds d'un filet biodégradable avec le filet conventionnel.

Les nappes intérieures de filets pour Boulogne/Mer ont été réalisées en Juillet/Aout 2022 suite aux retards occasionnés par le COVID en fin d'année 2021 début 2022. En effet, le fabricant a eu beaucoup de mal à rattrapé son retard étant donné le manque d'effectif de personnel dû à la pandémie

Ci-dessous les propriétés des nœuds des monofilaments 0,33 – 0,35mm utilisés pour la nappe intérieure de Boulogne sur Mer.

	2019	2020	2021	2021	2022
<b>Monofilament R&amp;D</b>	<b>Moncad® EV56</b>	<b>SEA®214</b>	<b>SEA®214</b>	<b>SEA®214 coloré</b>	<b>SEA®214 coloré</b>
<b>Diamètre (mm)</b>	<b>0,34</b>	<b>0,35 ±0.02</b>	<b>0,35 ±0.02</b>	<b>0,33 ±0.02</b>	<b>0,33 ±0.01</b>
<b>Type de nœuds</b>	Double	Double	Double	Double	Double
<b>Résistance aux nœuds (N)</b>	58,80	37,20	43,60	41,90	40,32
<b>Résistance aux nœuds (kg)</b>	6,00	3,80	4,44	4,23	4,11
<b>Ténacité aux nœuds (cN/Tex)</b>	<b>55,47</b>	<b>30,24</b>	<b>35,59</b>	<b>33,92</b>	<b>34,19</b>



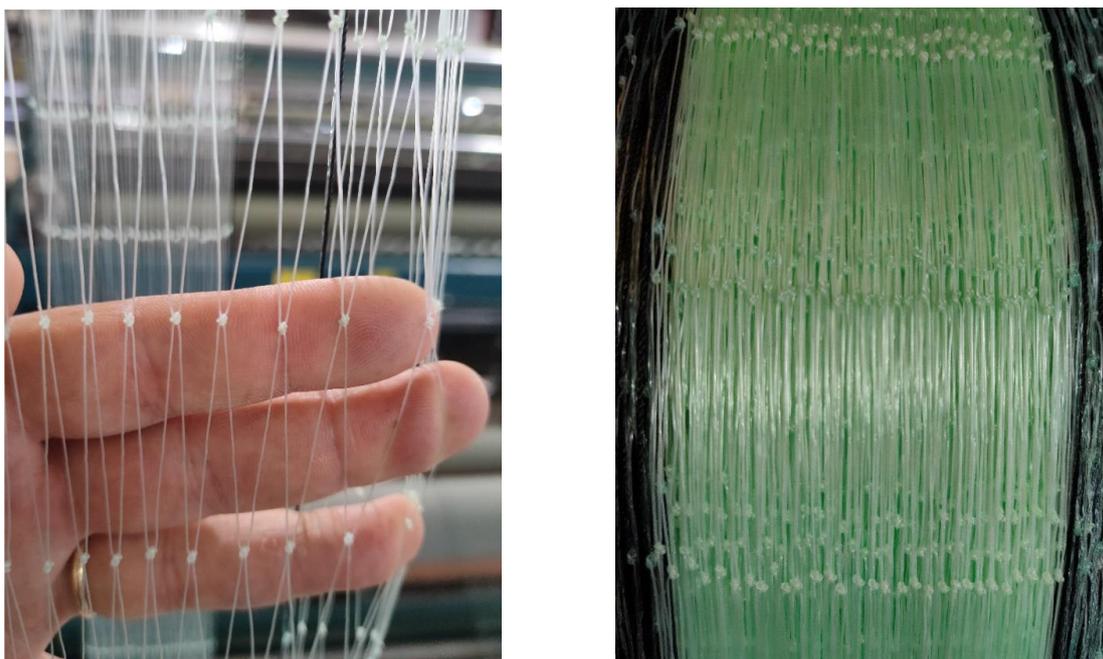


Figure 12 : Fabrication des nappes intérieures 0.33mm

#### b. Fabrication de la nappe extérieure pour Boulogne/mer

À l'instar de la première année, bien que le fabricant ait changé ses métiers à tisser, la production de nappes de filet à partir des monofilaments 0.6 mm a été stable et le métier à tisser n'a pas dégradé les monofilaments.

Les nappes extérieures de filets pour Boulogne/Mer ont été réalisées en Juillet/Aout 2022 suite aux retards occasionnés par le COVID en fin d'année 2021 début 2022. En effet, le fabricant a eu beaucoup de mal à rattrapé son retard étant donné le manque d'effectif de personnel dû à la pandémie

Ci-dessous les propriétés des nœuds des monofilaments 0,60mm utilisés pour les nappes extérieures de Boulogne sur Mer.

Date	2019	2019	2020	2021	2022
Monofilament R&D	Moncad® EV56 <i>référence</i>	SEA®212	SEA®212	SEA®212	SEA®212
Diamètre (mm)	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Type de nœuds	Double	Double	Double	Double	Double
Résistance aux nœuds (N)	99,54	54,33	107,40	107,10	107,10
Résistance aux nœuds (kg)	10,15	5,54	10,95	10,92	10,92
Ténacité aux nœuds (cN/Tex)	32,01	15,09	30,13	30,00	30,00

## Synthèse des propriétés des monofilaments 0,60mm

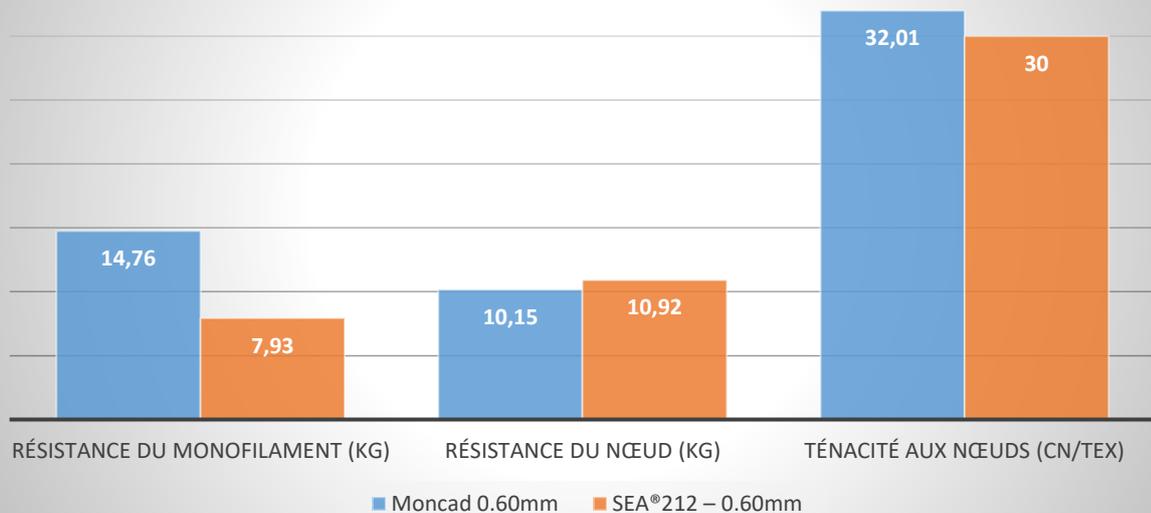


Figure 13 : Fabrication des nappes extérieures 0.33mm

### c. Fabrication des nappes intérieures et extérieures pour le Tréport et Fécamp

Pour les nappes intérieures, les granulés sont d'abord transformés en monofilaments de 0,20mm par le fabricant. 4 monofilaments sont twistés sur une même bobine afin d'obtenir des bobines de 4x0,20mm de multi-monofilaments. Ces bobines sont ensuite montées sur le métier à tisser afin de réaliser le filet maillé.

Le fabricant de filet indique qu'il ne pourra pas réaliser un multi-monofilament de 10 monofilaments et propose de réaliser un multi-monofilament de 12 monofilaments. En effet, les bobines étant composées de 4 monofilaments de 0,20mm, il est donc possible de prendre 3 bobines de 4 monofilaments pour obtenir, par twistage, un multi-monofilament de 12 monofilaments.



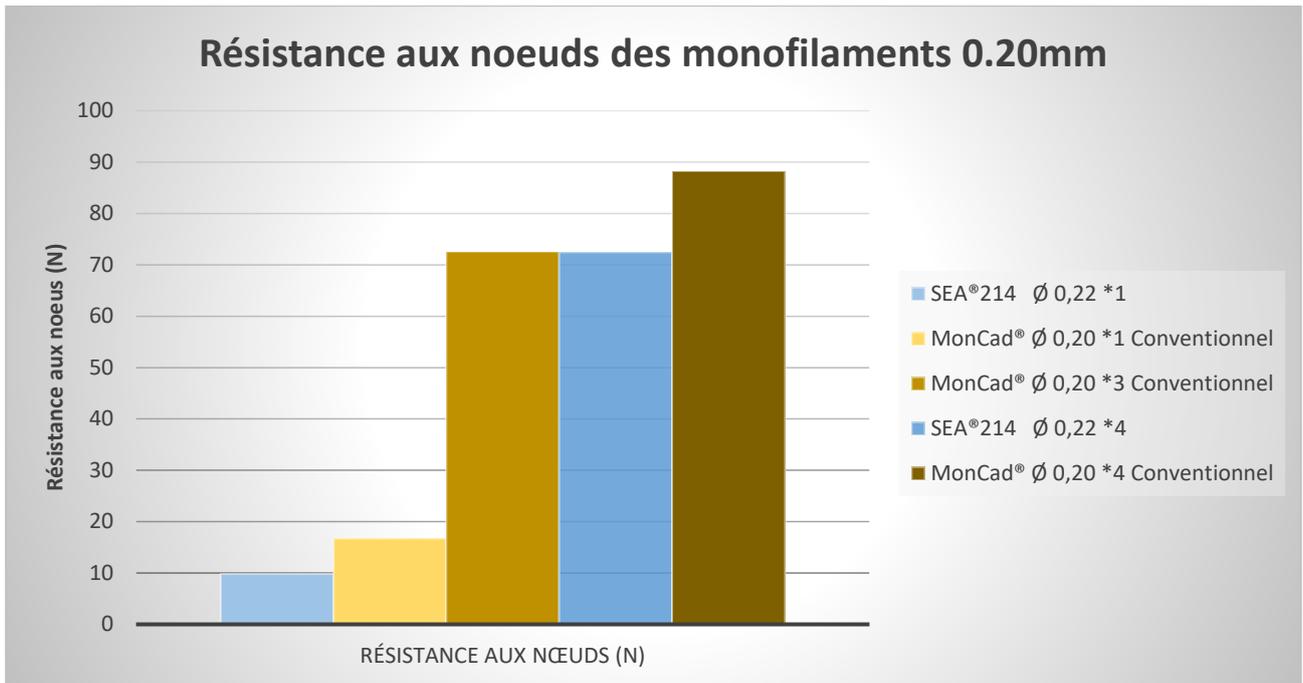
Figure 14 : Fabrication des nappes intérieures (gauche) 0.20mm\*4 et extérieures (droite) 0.20mm\*12

Lorsque ce monofilament  $\varnothing$  0,20mm est twisté et maillé, les propriétés de résistance aux nœuds se rapprochent d'un multi-monofilament conventionnel.

Le multi-monofilament SEA®214 0,20mm x 4 produit au Portugal en 2022 est une **première mondiale** !

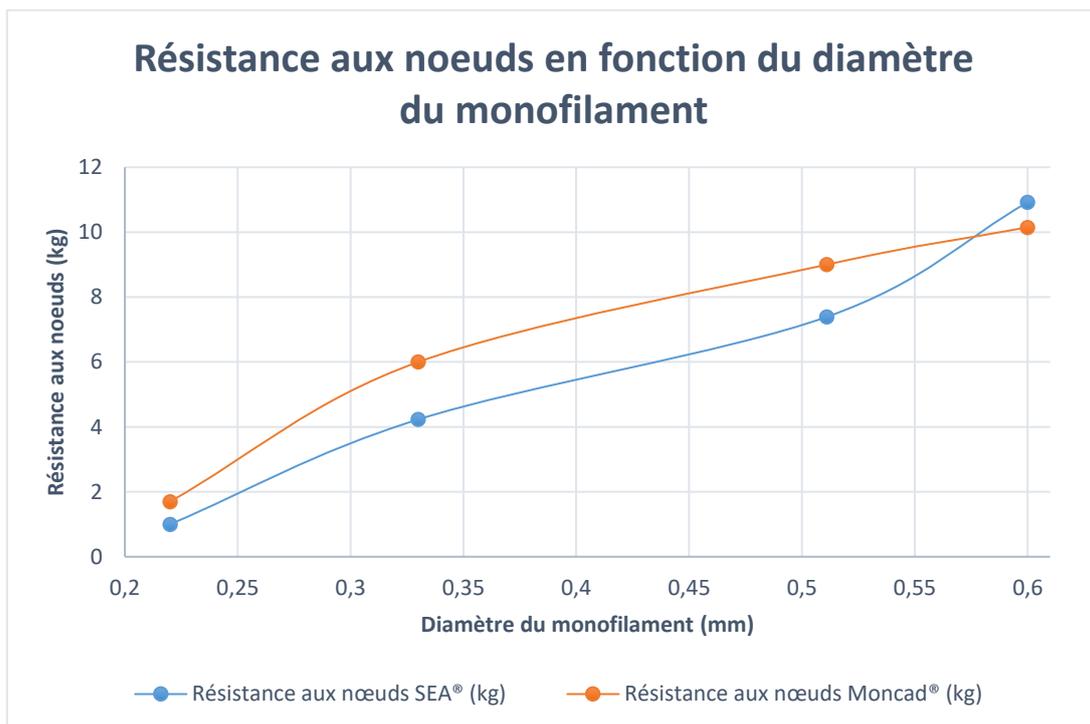
La résistance aux nœuds de 1 bio-monofilament est de **-41% par rapport à un** monofilament conventionnel. La résistance aux nœuds de 4 bio-monofilaments est de **-18%** par rapport à 4 monofilaments conventionnels. La résistance aux nœuds de 4 bio-monofilaments de 0,20mm est égale à celle de 3 monofilaments conventionnels de 0,20mm

	SEA®214 $\varnothing$ 0,20 *1	MonCad® $\varnothing$ 0,20 *1 Conventionnel	MonCad® $\varnothing$ 0,20 *3 Conventionnel	SEA®214 $\varnothing$ 0,20 *4	MonCad® $\varnothing$ 0,20 *4 Conventionnel
<b>Nombre de monofilament</b>	1	1	3	4	4
<b>Résistance aux nœuds (N)</b>	9,80	16,70	72,59	72,49	88,29
<b>Résistance aux nœuds (kg)</b>	1,00	1,70	7,40	7,39	9,00



Les nappes intérieure et extérieure de filets pour Fécamp et Le Tréport ont été réalisées en début Juillet 2022 suite aux retards occasionnés par le COVID en fin d'année 2021 début 2022. En effet, le fabricant a eu beaucoup de mal à rattrapé son retard étant donné le manque d'effectif de personnel dû à la pandémie. Les nappes de Fécamp ont été réalisées les premières avec des difficultés dans le tissage.

Le diamètre du multi-monofilament 0.20mm x 4 est en moyenne de 0.51mm ce qui est proche de monofilament 0.60mm. Le graphique suivant montre que les propriétés de résistance aux nœuds tendent à se rapprocher des propriétés de résistance aux nœuds d'un nylon (polyamide) conventionnel.



## 9. Assemblage des nappes

Avant d'être envoyé à l'assembleur, les nappes de filets extérieures ont été scotchées avec les nappes intérieures. 10 heures supplémentaires par filets ont été nécessaires pour scotcher l'ensemble des kits.

Les filets scotchés ont été envoyés fin Juillet. Les filets ont pu finalement être montés à Boulogne-Sur-Mer en Aout par Alprech filet (ajout de la tresse plombée flottante et autres accessoires).

### Montage filet Boulogne-sur-Mer

- Fourniture Seabird : 30/ 30 kits bio en 45 mm (90 mm étiré) de 2496 mailles de long
- Fourniture validée : 17 / 30 kits utilisables pour les tests cet été dû aux problèmes de fabrication du fabricant lors de la thermofixation

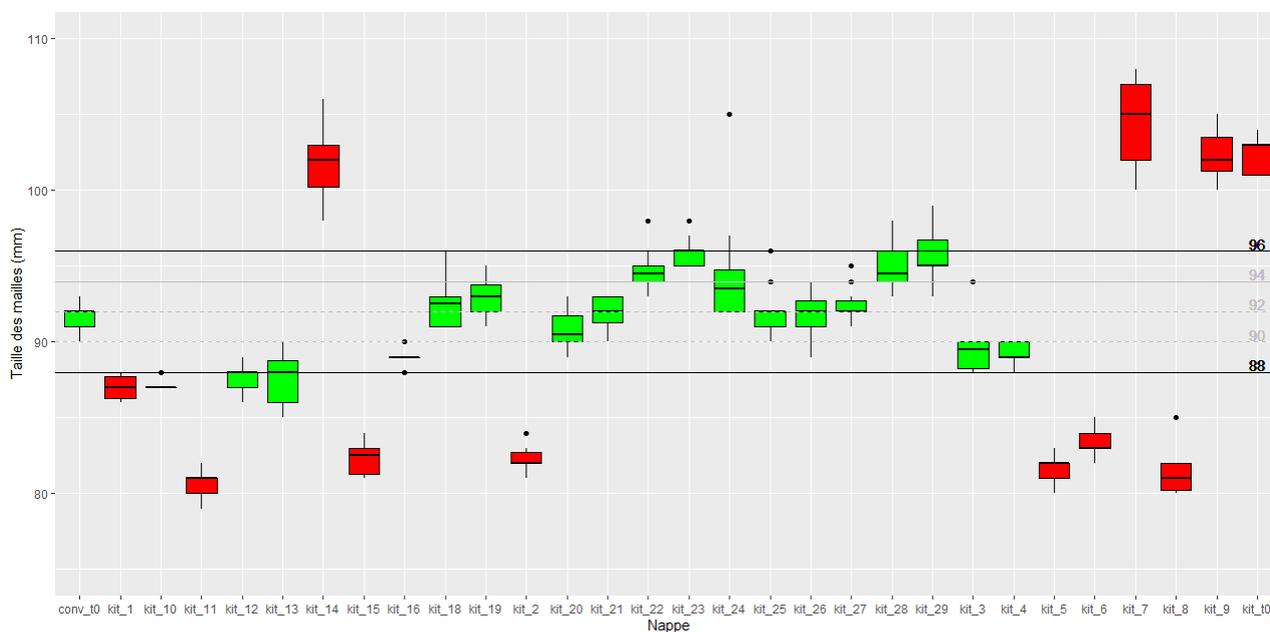


Figure 15 : Mesure de taille de maille des filets pour Boulogne/mer sur chacun des kits retenu (en vert) non retenu (en rouge) en fonction de son éloignement au kit conventionnel (conv\_t0)

- Montage avec :
  - Tresse flottante 12 mm vert et blanc
  - Tresse plombée : 14 kg/100 m
- Date de livraison : 10 jours après avoir reçu les kits bio (Aout 2022)

### Montage filet Le Tréport

- Fourniture Seabird : 32 kits bio en 47 mm (94 mm étiré) de 1998 mailles de long
- Fourniture validée : 32 kits / 32
- Montage avec :
  - Tresse flottante 12 mm vert et jaune
  - Tresse plombée : 14 kg/100 m
- Date de livraison : 10 jours après avoir reçu les kits bio (Aout 2022)

## Montage filet Fécamp

- Fourniture Seabird : 27 / 28 kits bio en 50 mm (100 mm étiré) de 1995 mailles de long
- Fourniture validée : 27 / 28 kits avec 24 /27 kits utilisé à Fécamp.
- Montage avec :
  - Tresse flottante 12 mm vert et jaune
  - Tresse plombée : 16 kg/100 m
- Date de livraison : 10 jours après avoir reçu les kits bio (Septembre 2022)
- 

## 10. Conclusion

Voici les conclusions du fabricant de filet Cadilhe & Santos et de Seabird à la fin de ces essais de production de monofilament :

- Le monofilament biodégradable a assez de force pour produire des filets de pêche
- Le monofilament biodégradable a assez de résistance à l'abrasion
- Le monofilament biodégradable ne s'effiloche pas
- Le monofilament biodégradable produit des filets de pêche avec des nœuds de qualité
- Le monofilament biodégradable a un taux de production inférieur à celui du monofilament en PA. Des pistes d'améliorations sont possibles avec une production plus importante



Figure 16: Casse d'une nappe de filet lors de la thermofixation

Voici les conclusions du fabricant de filet Cadilhe & Santos et de Seabird à la fin de ces essais de production de nappes de filets

- Lors du processus de thermofixation des filets (passage en autoclave), il a été observé que certains monofilaments fondaient, endommageant le filet de pêche.
- Il a également été observé que certains filets, après thermofixation, fabriqués avec le monofilament 0,33 mm et 0,20 x 4 mm ne peuvent pas maintenir la taille des mailles.
- Certains filets ont donc des tailles de mailles supérieures ou inférieures à la cible.

Il est donc possible de produire des filets de pêche avec le monofilament biodégradable fabriqué avec du SEA®212 et du SEA®214. Les propriétés des monofilaments biodégradables Seabird sont moins bonnes que celle d'un polyamide (environ 50%) mais les propriétés de résistance aux nœuds d'un filet biodégradable tendent vers les propriétés d'un filet conventionnel. Il est montré que plus le diamètre du monofilament est important, plus les propriétés de résistance aux nœuds sont équivalentes entre une nappe de filet biodégradable et conventionnelle (-29% pour une nappe de 0.33mm / -18% pour une nappe de multi-monofilament 0.20mm\*4 / +8% pour une nappe de 0.60mm). Il est nécessaire d'approfondir les recherches sur le processus de thermofixation des filets biodégradables pour résoudre le problème de fusion et de stabilité de la taille des mailles.

## Annexe 1 : Protocole des mesures et tests des propriétés mécaniques effectués par le fabricant

Les mesures des performances des monofilaments et multi-monofilaments sont réalisées par le fabricant de monofilament et de filet sur les nouveaux monofilaments et filets :

Pour les monofilaments, les mesures réalisées sont :

- Diamètre du monofilament (mm)
- Densité linéaire (Tex)
- Titre (dTex)
- Résistance linéaire à la rupture (N ou kg)
- Ténacité (cN/Tex)
- Allongement à la rupture

Pour les nœuds monofilaments et nœuds multi-monofilaments, les mesures réalisées sont :

- Résistance aux nœuds (N ou kg)
- Ténacité aux nœuds (cN/Tex)
- Résistance aux nœuds du multi-monofilament x4 (N ou kg)

Les tests de tractions, permettant d'obtenir les paramètres de résistance et d'allongement à la rupture sont réalisés selon la condition de test MESDAN 34895 avec une vitesse de traction  $V=500\text{mm/min}$  et un nombre d'itération  $n=10$  ([Mesdan - Official WebSite](#)).

Concernant la mesure de taille de maille, la condition de test est SCALE 2703-0105 avec un nombre d'itération  $n=5$  relative à la norme ISO 16663-2 ([ISO 16663-2:2003\(en\), Fishing nets — Method of test for the determination of mesh size — Part 2: Length of mesh](#)).

Le calcul du diamètre des monofilaments et multifilaments est réalisé selon la condition de test Käfer MFT 20 avec un nombre d'itérations  $n=5$  ([Thickness Dial Gauges - Käfer Messuhren GmbH Villingen-Schwenningen - dial gauges, digital dial gauges, dial test indicators, thickness dial gauges, digital thickness dial gauges, dial gauge instruments \(kaefer-messuhren.de\)](#)).

Le calcul de l'unité tex est réalisé selon la condition de test Kern 440-33 pour une longueur de monofilament  $L=1,0\text{m}$  avec un nombre d'itérations  $n=10$  ([440-33N-fr.pdf \(kern-sohn.com\)](#)).

## Annexe 2 : Points d'attention à vérifier concernant le processus afin d'éviter les avaries déjà connus lors de la mise en œuvre de monofilaments

- o Vérifier la propreté du système d'alimentation
- o Vérifier la propreté de la machine, des filtres et de la filière
- o Vérifier la possibilité de travailler à 60°C dans le bain de refroidissement
- o Vérifier la variation de diamètre des monofilaments après le premier godet. Cela peut être dû à la pulsation du matériau au niveau de la matrice et peut être plus facilement corrigé avec un bain à température plus élevée.
- o Vérifiez la température de fusion sur la machine. La température de fusion cible doit être de l'ordre de 170 180°C
- o Vérifiez la vitesse du premier godet, peut-être qu'une vitesse trop élevée pourrait provoquer des instabilités dans le bain d'eau
- o Le niveau d'humidité d'équilibre pour le matériau Seabird doit être de l'ordre de 700 ppm