



INnovative fishing Gear for Ocean



## T2.2.1 Les deux prototypes de filet



EUROPEAN UNION

Interreg 

France ( Channel  
Manche ) England

European Regional Development Fund



Content



I.	Introduction.....	3
II.	Production d'un filet de catinage .....	4
1.	Premier essai de tricotage (Décembre 2021).....	4
2.	Deuxième essai de tricotage (Juillet 2022).....	4
a)	Etape 1 : découpe des bobines.....	5
b)	Etape 2 : chargement de la machine.....	5
c)	Etape 3 : tricotage .....	5
3.	Troisième essai de tricotage (Mars 2023) .....	6
a)	Etape 1 : découpe des bobines.....	6
b)	Etape 2 : chargement de la machine.....	7
c)	Etape 3 : tricotage .....	7
III.	Mise au point du prototype de filet fin .....	9
1.	Validation du monofilament .....	9
2.	Test de mailles.....	9
3.	Réalisation d'un prototype.....	11
a)	Conception de la nappe de filet .....	11
b)	Montage du filet.....	13
c)	Protocole de tests à bord .....	14
4.	Scale-up industriels .....	14
a)	Fabrication des monofilaments.....	14
b)	Fabrication des filets fins.....	14
IV.	Conclusions.....	16

## I. Introduction

Le module de travail n°2 comporte trois activités successives et complémentaires :

- Le développement du semi-produit (monofilament et multifilament), de l'échelle laboratoire à l'échelle industrielle
- Le développement du nouvel engin de pêche prototype, adapté aux secteurs de la pêche et de l'aquaculture
- Une étude technico-économique du nouvel engin de pêche.

Concernant l'activité 1, le développement de la formulation à partir de plastiques biodégradables a été réalisé par NaturePlast, en collaboration avec l'UBS et son plateau technique CompositIC qui s'est chargé de transformer la matière plastique pour la réalisation des semi-produits : un monofilament (filament composé d'un brin unique tel un fil de pêche) et multifilament (filament composé de plusieurs brins assemblés entre eux). L'optimisation continue de la formulation est prévue en fonction des retours des professionnels, après chaque étape du processus de fabrication. Deux livrables sont d'ailleurs disponible : la sélection des formulations (T2.1.1) et la description des essais (T2.1.2).

Les semi-produits ainsi développés sont ensuite utilisés par le partenaire Filt pour la conception et la fabrication des filets de catinage prototypes. De par son expertise, Filt sera en mesure de vérifier si les filaments développés par l'UBS sont bien conformes aux cahiers des charges, précédemment définis dans le WP1. Les prototypes seront étudiés ensuite dans le WP3 suivant afin d'analyser leur comportement en milieu marin.

L'un des objectifs de l'activité 2 est de concevoir et de fabriquer des prototypes de filets biodégradables à l'échelle industrielle à partir des semi-produits développés dans l'activité précédente. Dans le but de remplacer une partie des filets actuellement utilisés pour l'aquaculture (composés de polyester et polypropylène) et pour la pêche (polyamide), la mise en œuvre de filets biodégradables permettra de réduire les impacts de la pêche fantôme sur le long terme. En lien avec NaturePlast, UBS et IRMA, le partenaire Filt a mis en œuvre un processus spécifique pour de fabrication des filets prototypes, en deux étapes. La première étape consiste à réaliser un assemblage, en tricotant les multifilaments. Concernant la fabrication du prototype de filet fin, les tests se dérouleront en sous-traitance. Pour les deux types de filets prototypes, plusieurs bobines de filaments seront nécessaires. De par son expertise, Filt s'assurera que les filaments produits par l'UBS seront capables d'être tricotés avec différentes mailles et différents diamètres (exemple : filets tubulaires et filet plat). Une phase d'optimisation est également prévue si les filaments ne conviennent pas. La seconde étape concernera la fabrication des filets prototypes à partir des assemblages grâce aux différentes machines à tricoter disponibles chez Filt. Ces prototypes seront ensuite testés par les professionnels de la pêche et de l'aquaculture, lors de l'étape de déploiement en mer prévue dans le WP 3.

Les réalisations principales de cette activité seront les deux prototypes de filets biodégradables répondant au cahier des charges (MTT1), l'un à destination du secteur de la pêche et l'autre de l'aquaculture.

Les partenaires impliqués dans ce livrable sont Natureplast, UBS, IRMA et Filt 1860.

## II. Production d'un filet de catinage

Les prototypes de filet de catinage pour l'aquaculture ont été produits par Filt 1860, une entreprise spécialisée dans l'industrie textile (tricotage Rachel, tressage et confection) et partenaire du projet INDIGO. Ses domaines d'activités sont variés parmi lesquelles on y retrouve l'automobile, la puériculture, les filets à provisions, la mytiliculture... Leurs équipements spécifiques permettent de vérifier la processabilité des multifilaments produits dans le cadre du projet pour la production de filet sur des machines à l'échelle industrielle.

### 1. Premier essai de tricotage (Décembre 2021)

Dans un premier temps, il n'y avait pas suffisamment de matière pour produire un filet complet. Le partenaire Filt a donc remplacé un fil de coton sur la référence tubulaire en cours de production, par un fil multifilament INDIGO (Figure 1). Il s'agissait de constater les différences de comportements des multifilaments dans la machine à tricoter selon le diamètre et de valider les adjuvants utilisés pour obtenir une résistance, un diamètre et une élasticité maîtrisée.

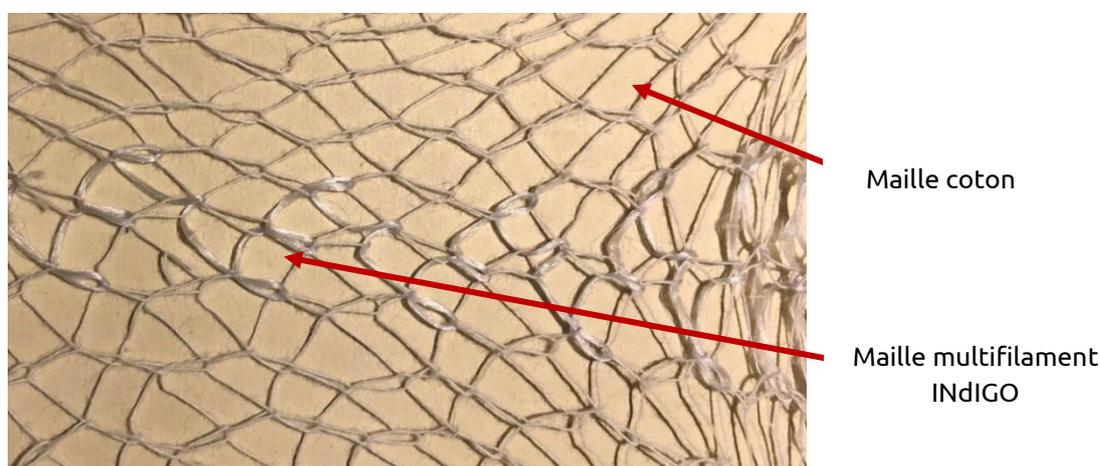


Figure 1: Intégration de maille à partir de multifilament INDIGO dans un filet en coton

### 2. Deuxième essai de tricotage (Juillet 2022)

À la suite des premiers résultats obtenus (production de fil, la caractérisation des multifilaments et essais de tricotage), la formulation a été modifiée par les partenaires UBS-CompositIC et NaturePlast, et une nouvelle bobine de multifilaments a ainsi pu être produite à l'échelle du laboratoire. Pour tricoter un filet tubulaire de 16 mailles, le métier à tricoter a besoin d'être alimenté d'un minimum de 32 bobines. La taille de la maille (autrement dit, le coté du losange) est définie par le programme du dessin de tricotage (voir un exemple sur Figure 2 ci-dessous).

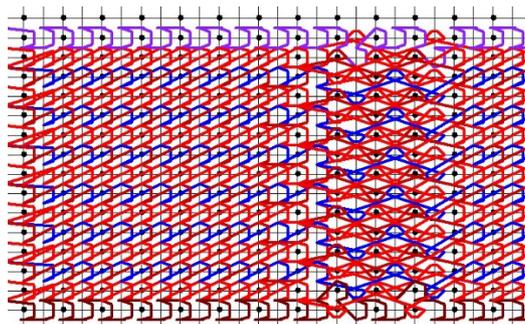


Figure 2 : Exemple d'un dessin de tricotage

A partir de la bobine de multifilaments reçue, plusieurs étapes intermédiaires sont nécessaires pour aboutir à la fabrication d'un filet.

**a) Etape 1 : découpe des bobines**

Sur le bobinoir, la bobine a été redivisée en 8 bobines de longueur égale, pour pouvoir tricoter plusieurs mailles losanges d'un filet tubulaire. La manipulation des multifilaments via le bobinoir a permis de mettre en avant que les filaments semblent assez solidaires, malgré une fragilité ressentie au toucher.



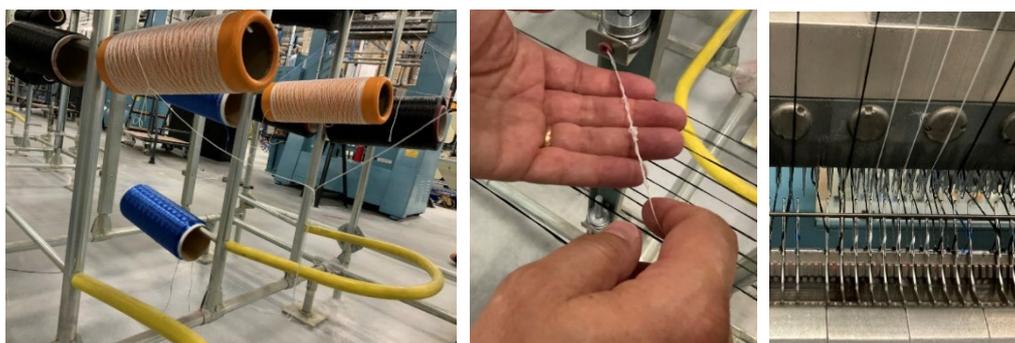
*Figure 3 : Illustration des étapes 1 et 2 avec la découpe des bobines (à gauche) et le chargement sur la machine (à droite)*

**b) Etape 2 : chargement de la machine**

Les petites bobines obtenues après division du fil sont placées sur la machine en cours de production d'un filet tubulaire. Les fils vont être tricotés sur 6 aiguilles, parmi des fils en polypropylène noirs (Figure 3 - droite).

**c) Etape 3 : tricotage**

Les 8 filaments ont donc été installés sur la machine à tricoter de la même façon que les filaments traditionnels. Dans le but d'améliorer la résistance mécanique ainsi que la tenue, les multifilaments ont subi un retordage. Cependant, dès les premiers mètres tricotés, des défauts tels que des vrilles et des boudins se sont formés (figure 4). Sans une intervention manuelle soutenue, il n'aurait pas été possible de tricoter le fil sur le métier à tissé. Ce problème a été résolu en utilisant des multifilaments n'ayant pas subi de retordage.



*Figure 4 : Exemple de défauts obtenus avec les multifilaments INDIGO*

**Analyse globale du deuxième essai** : Les résultats sont encourageants car le fil se tricote malgré tout sur les équipements industriels (Figure 5). Quelques améliorations sont à noter comme le manque de résistance des multifilaments ainsi que le manque de cohésion avec la casse de certains filaments. La différence d'élasticité du fil ne semble pas être un problème mais les vrilles, trop nombreuses, ne permettent pas d'envisager une production à l'échelle industrielle pour le moment. Un compromis dans l'étape du retordage du fil serait nécessaire pour assurer un minimum de cohésion du fil, sans augmenter le nombre de vrilles.

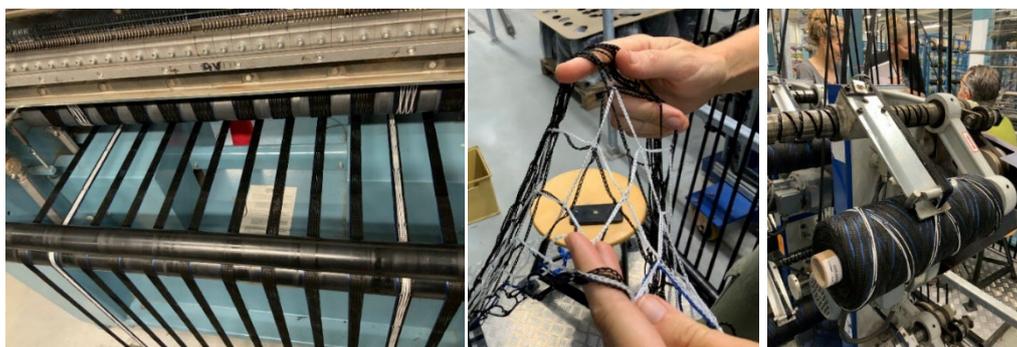


Figure 5 : Intégration des multifilaments INdIGO sur la machine de production

### 3. Troisième essai de tricotage (Mars 2023)

Le troisième test est réalisé à partir de bobines de filament de la même formulation que la précédente, mais qui ont été produits avec des paramètres optimisés sur un équipement industriel. La quantité produite est suffisante importante pour produire un filet complet, pour ainsi permettre de commencer les essais en conditions réelles chez des mytiliculteurs. Il est à noter que l'on observe des filaments cassés et non homogènes sur les bobines avant de débiter la production du prototype.

#### a) Etape 1 : découpe des bobines

Comme pour le deuxième essai, les 8 bobines reçues sont redivisées pour obtenir un total de 32 bobines. L'objectif est de réaliser un filet tubulaire complet à partir des multifilaments INdIGO. On note dès cette étape quelques défauts : les filaments cassent et ne sont pas solidaires (Figure 6), cependant, il n'y a plus de vrilles.



Figure 6 : Observations des multifilaments lors de l'étape de la découpe

## b) Etape 2 : chargement de la machine

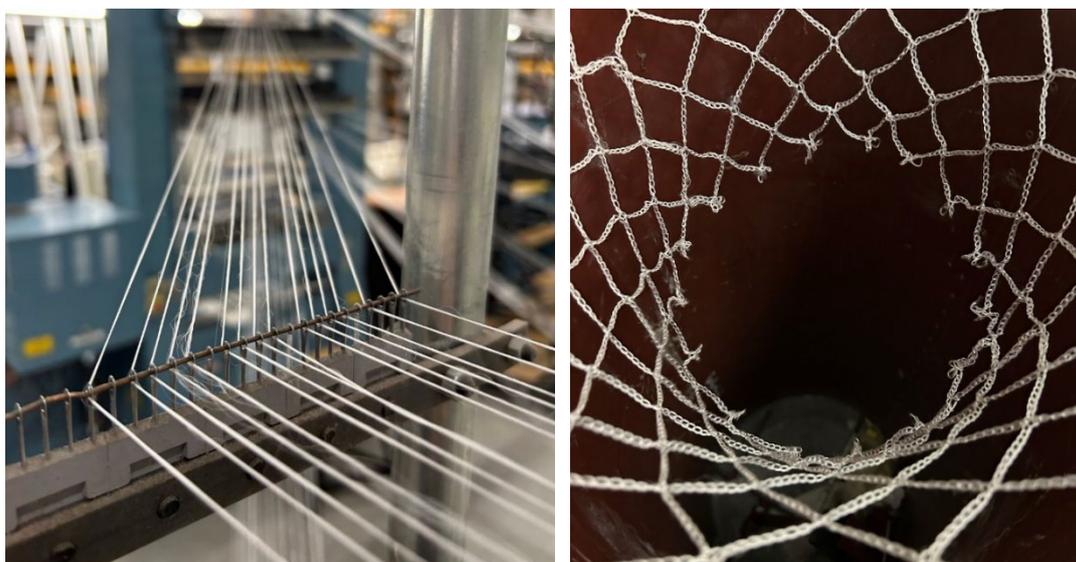
Après un nettoyage complet de la machine, les 32 bobines sont montées sur le porte-bobines.



*Figure 7 : Installation des 32 bobines sur le porte-bobine de la machine à tricoter*

## c) Etape 3 : tricotage

Ce dernier essai a permis de fabriquer un filet tubulaire complet avec le métier à tricoter, le premier prototype de filet de catinage fabriqué à partir de plastique biodégradable en milieu marin. La figure 8 illustre les essais avec le passage des filaments dans les aiguilles ainsi que le rendu final du filet tricoté et maillé. Des défauts sont malgré tout visibles pendant la production, dû aux casses des filaments et à leur manque de cohésion (voir les flèches rouges sur la Figure 9 ci-dessous).



*Figure 8 : tricotage d'un filet tubulaire complet à partir de multifilament biodégradable en mer : sur la machine (à gauche) et le rendu final (à droite)*



Figure 9: Apparition de défauts lors du tricotage

Concernant les cadences de production, la vitesse de production des filets INDIGO est réduite de 30% par rapport à la capacité maximale de la machine, utilisée pour une production habituelle avec du fil en polypropylène (PP). Des adaptations machines ont également été réalisées pour la production avec l'installation d'aiguilles à gros becs en raison de la faible résistance du fil. Tous ces éléments engendrent une perte de vitesse de production. Certains paramètres devront être optimisés mais ils n'empêchent pas la fabrication du filet.

Le tableau 1 ci-dessous reprend les paramètres du prototype réalisé :

Prototype	16/40 variante 1
Nombre de maille périmétrique	16
Titrage du multifilament	1380 dtex - 48 filaments
Largeur à plat tendue	64 cm
Longueur du côté du losange	40 mm
Masse du filet tendu	Environ 16 gr/m

Tableau 1 Paramètres spécifiques du prototype du filet de catinage

### III. Mise au point du prototype de filet fin

#### 1. Validation du monofilament

Une sélection de monofilament a été présentée en février 2022, à Christophe Yhuel, responsable de l'Atelier du pêcheur, basée à Lorient, spécialisé dans le montage de filet. L'un des objectifs de cet échange était de recueillir l'avis du professionnel pour nous aider dans la sélection finale. Pour se faire, 7 échantillons de monofilaments lui ont été présentés, du moins bon mécaniquement au meilleur. Il s'agit bien sûr d'une méthode empirique, cependant le professionnel à l'habitude de manipuler des monofilaments, son retour d'expérience est donc essentiel pour nous permettre de répondre le plus à aux attentes des pêcheurs.

Le tableau 2 suivant synthétise les différentes remarques du professionnel à la suite de la manipulation des 7 échantillons. Les personnes présentes lors des tests étaient : Christophe Yhuel (Atelier du pêcheur), Fabien Morandea (Ifremer) et Morgan Deroiné (IRMA).

ref pêcheur	ref UBS	ref NTP	Diamètre (µm)	F(N)	Remarque du professionnel
1	n°4-3 PE n°4-4 PE	0-190	550 545	73 70	très satisfaisant, mono beaucoup plus résistant (ne vois pas de différence entre les 4 échantillons)
2	n°5-7 PE	AH	510	62	
3	n°5-1 PE n°5-2-2	AJ	380 508	51 62	
4	n°5-4	AL	527	62	
5	n°3-20 n°3-20 PE	AC	440 430	56 48	bien aussi, ce n'est pas rigide
6	n°2-14	I	360	15	c'est bien, résistant malgré la finesse
7	n°4-10 PE2	P	580	65	ça casse mais c'est normal, plus le diamètre est gros et plus le filament sera raide (et ce n'est pas un pb)

Tableau 2 : retour du professionnel en fonction des 7 monofilaments testés

Ces échanges ont permis d'écarter deux formulations I et P (monofilaments 6 et 7) pour la suite des tests.

#### 2. Test de mailles

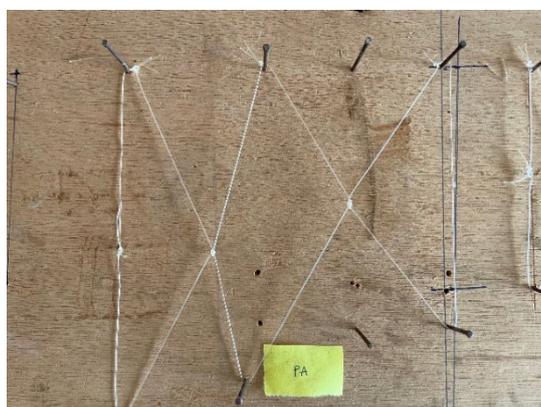
A l'Ifremer de Lorient, des tests de mailles ont ensuite été réalisés avec l'aide précieuse de Fabien Morandea qui les a fabriqués manuellement. Plusieurs paramètres ont ainsi pu être étudiés tels que la mémoire de forme, le glissement des nœuds, la résistance à la rupture ainsi que la raideur (ou souplesse). Les personnes présentes lors du test de mailles étaient : Fabien Morandea et Sonia Méhault (Ifremer), Morgan Deroiné (IRMA).

Sur les 5 formulations sélectionnées précédemment à l'échelle du monofilament, l'un des objectifs est de réaliser des mailles à la main pour vérifier la faisabilité technique. Le test s'est déroulé en plusieurs étapes successives. La première étape consiste à monter un morceau de nappe à la main (Figure 10).



*Figure 10 : étape n°1 montage de maille à la main*

Le premier montage a été fait avec un monofilament standard, en Nylon, pour avoir une référence au niveau de la raideur et du comportement aux nœuds (Figure 11).



*Figure 11 : Comportement des mailles avec un monofilament traditionnel en polyamide (PA)*

Les observations sont les suivantes : le monofilament est plus raide (mais est-ce que c'est mieux ?), les mailles sont nettes, avec moins de « flou ». Les nœuds se tiennent parfaitement. La Figure 12 ci-dessous mets en avant les deux échantillons AC et AH qui présentent les meilleurs comportements.



*Figure 12 : Tests de mailles les plus performants réalisés sur 2 échantillons de monofilaments*

En effet, le maillage à gauche (n°5.7) correspondant à la formulation AH est bien, le monofilament est plus fin, plus souple, et facile à manipuler. Les nœuds se tiennent également (sacré différence avec les autres monofilaments testés). Le maillage à droite (n° 3.20) correspondant à la formulation AC est également correct, malgré le fait que quelques boucles apparaissent (pas de mémoire de forme, il se tient moins bien après manipulation).

Les autres mailles réalisées avec les autres références sont présentés sur la Figure 13.

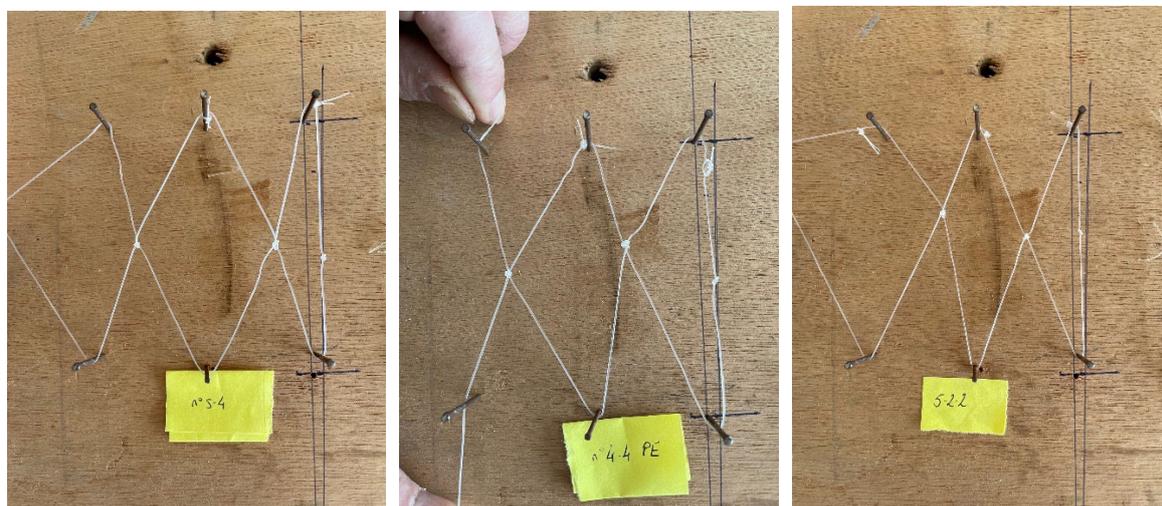


Figure 13 : test de mailles réalisés sur les 3 autres échantillons

D'une manière générale, les mailles obtenus sur les trois autres échantillons ne sont pas nettes et les nœuds ne se tiennent pas. Le maillage à gauche (n°5.4) correspondant à la formulation AL a une couleur légèrement différente (plus blanc) que les autres, et est satisfaisant dans l'ensemble. Concernant le maillage centrale (n°4.4) correspondant à la formulation « O-190 », les nœuds ont tendance à glisser, malgré une bonne résistance mécanique. Enfin, pour le maillage à droite (n° 5.2), relatif à la formulation AJ, le monofilament se tient moins bien dans l'aiguille et il fait des spirales ou boucles. Ces 3 échantillons sont donc écartés pour la suite des essais.

**Bilan :** Ces tests, bien qu'empiriques, ont aidé le partenariat INDIGO dans la sélection finale de deux formulations. Aux vues des retours des professionnels combinés aux tests de mailles, les deux monofilaments sélectionnés sont donc :

- Choix n° 1 : monofilament AH
- Choix n°2 : monofilament AC

### 3. Réalisation d'un prototype

#### a) Conception de la nappe de filet

L'unité de base du filet est la « nappe » : elle est constituée d'un ensemble de mailles de taille identique et variable selon l'espèce de poisson ciblée, sur une longueur et une hauteur variable. Les longueurs de ces nappes varient le plus souvent entre 25 mètres, 50 mètres et 100 mètres et sont ensuite assemblées entre elles. En France, en fonction de la zone de pêche et en fonction des espèces ciblées, les professionnels utilisent différents types de filet dont voici quelques exemples :

- À Lorient : filet droit en monofilament
- En Normandie : filet fin multi-monofilament en polyéthylène (PE) torsadé, plus souple

- À Boulogne : filet fin en polyamide (PA) toronné, 2 fils composés de multifilaments, très souple et très résistant idéal pour des fonds durs avec des blocs de cailloux

Dans le cadre du projet INDIGO, le partenariat a décidé de développer un filet fin de type filet droit ou « maillant » avec une seule nappe placée dans la colonne d'eau et fabriqués à partir de **monofilaments**. Pour le maillage, le type de nœud a également été sélectionné : le nœud d'écoute, aussi appelé nœud de tisserand, car il sert à réunir, sur un métier, des longueurs de trame ou de chaîne, ainsi que "nœud de filet", puisqu'il permet d'en former les mailles (Figure 14). Il s'agit du seul nœud qui peut être fait avec deux bouts de diamètres différents.



Figure 14 : Nœud d'écoute utilisé pour les filets fins du projet INDIGO

Un autre paramètre important pour la bonne tenue du filet dans le temps concerne les premières et les dernières lignes de maille, en bordure, qui vont être au contact des ralingues flottées et plombées. Dans notre cas, les monofilaments ayant des propriétés mécaniques légèrement en dessous des monofilaments traditionnels, l'option n°2 « double selvage » présentée sur la Figure 15 sera privilégié pour renforcer et mieux répartir les efforts entre la nappe et les ralingues.

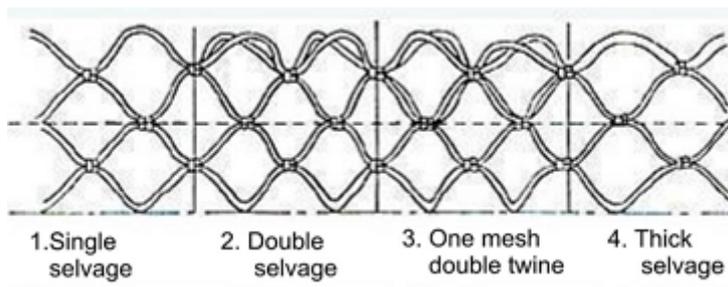


Figure 15 : Différents types de finition pour la nappe en bordure au contact de la ralingue

Il existe donc une multitude de conception de nappe possible, qui différeront selon les retours d'expériences des professionnels et les secteurs de pêche. La Figure 16 est un exemple de fiche technique de nappe de filet récupérés à l'atelier du pêcheur :

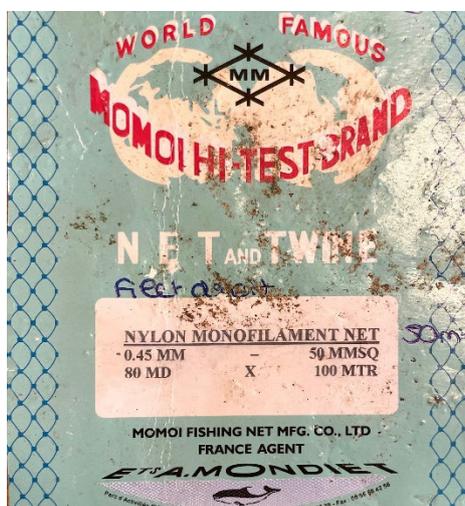


Figure 16 : Exemple de fiche technique de nappe achetée par un fileyeur Lorientais

La nappe a été fabriquée par la compagnie japonaise Momoï, revendu par la société Mondiet en France. Parmi les informations indiquées, on y retrouve la composition du monofilament, le diamètre, la taille des mailles, la hauteur de la nappe ainsi que la longueur, soit un diamètre de 0,45 mm, une hauteur de 8m et 100m de long, respectivement. Concernant le filet prototype développé dans le cadre du projet, le partenariat s’est donc basé sur les mêmes paramètres pour que l’engin corresponde parfaitement à l’usage du pêcheur. Les propriétés du filet sont représentées dans le tableau 3 ci-dessous :

<b>Diamètre monofilament</b>	0,45 mm
<b>Type de maille</b>	Maille losange
<b>Ouverture des mailles (mailles étirées)</b>	100 mm
<b>Type de nœud</b>	Nœud double
<b>Dimension de la nappe</b>	Longueur 50 m Hauteur 60 ou 80 MD

Tableau 3 : principales caractéristiques du filet développé dans le projet INdIGO

### b) Montage du filet

Une fois les nappes fabriquées, il convient de les assembler entre elles, c’est ce que l’on appelle communément le montage du filet. Concernant les essais en conditions réelles avec les utilisateurs finaux, l’idéal est proposé un filet prototype qui ne soit pas trop éloigner de ses engins habituels. Deux propositions d’alternance de nappes ont donc été proposés sur une longueur de 1000 mètres, représentées sur les figures 17 et 18 :

- Proposition 1 :  
Alternance de 4 nappes de 50 m : 200 m de filet biodégradable et 200 m de filet traditionnel
- Proposition 2 :  
Alternance de 2 nappes de 50 m : 100 m de filet biodégradable et 100 m de filet traditionnel.

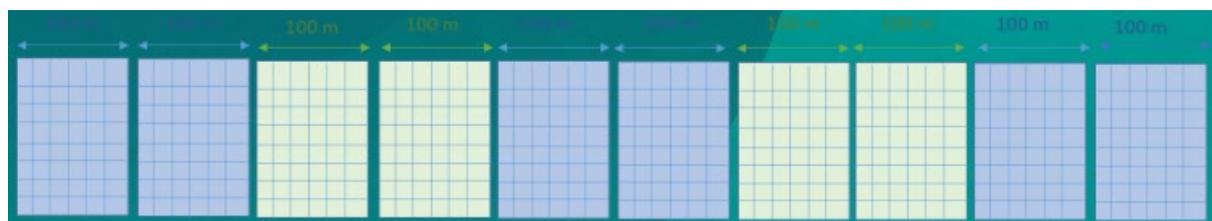


Figure 17: Proposition 1 : alternance de filets INdIGO et nylon tous les 200 mètres

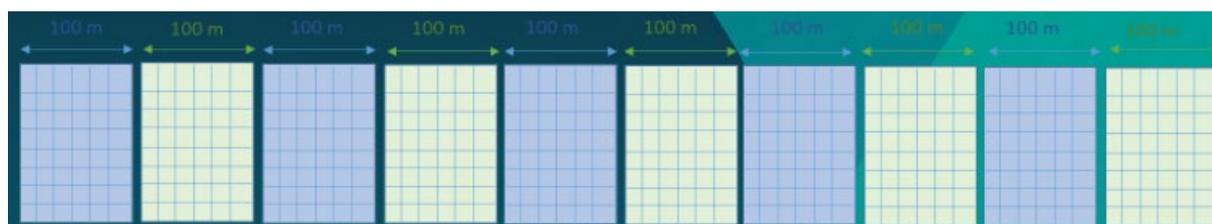


Figure 18 : Proposition 2 : alternance des filets INdIGO et nylon tous les 100 mètres

C'est la proposition n°2 qui a été retenue après échange avec les professionnels du secteur et les partenaires du projet INDIGO. De plus, tous les éléments servants au montage tels que les ralingues plombées, flottées ainsi que les flotteurs seront les mêmes que ceux utilisés habituellement.

Des questions concernant la présence de repères visuels pour différencier les filets a également suscité l'intérêt des partenaires impliqués, ou encore la durée de l'étude. L'idéal est d'avoir un repère pour l'observateur mais pas pour le pêcheur pour ne pas biaiser les résultats des tests.

### **c) Protocole de tests à bord**

Le comportement du pêcheur à bord de son navire a été minutieusement étudié via l'embarquement à bord de plusieurs navires de Tabatha Thiebaut-Rizzoni, doctorante au sein du projet INDIGO. Les résultats de son analyse sont synthétisés dans son manuscrit de thèse. Le projet devait également étudier comment le pêcheur va s'approprier le nouveau filet de pêche, cependant, cette partie n'a pas pu être réalisés. Le partenariat avait tout de même anticipé ces essais en commençant à travailler sur un protocole de test en mer.

Les observations devaient se dérouler sur les bateaux de type fileyeur. Sur une base de 3 embarquements par bateau dès les premières utilisations ( $j=0$ ) puis 3 embarquements par bateau à la fin de la période d'utilisation du prototype ( $j=20$ ). De nombreuses informations seront collectées telles que :

- Facteurs situationnels : météo, coordonnées GPS de la zone de pêche
- Etat des captures : valide (poisson), non valide (araignées, étoiles de mer), inerte (algue...)
- Dénombrement des captures : espèce ; poids
- Dénombrement des incidents liés au appareils de pêche au filage et au virage

Pour chaque embarquement d'un observateur, une indemnisation des patrons pêcheur étaient également prévue pour ne pas engendrer de baisses de leurs revenus suite aux différentes analyses. Après la durée de l'essai du filet, une comparaison entre le filet INDIGO et le filet traditionnel était prévue afin d'évaluer une usure prématurée liée à l'usage.

## **4. Scale-up industriels**

### **a) Fabrication des monofilaments**

La majorité des tests de fabrication des monofilaments a été réalisée à l'échelle du laboratoire sur l'extrudeuse du plateau technique ComposiTIC. Il s'agit d'une extrudeuse horizontale, équipée de plusieurs filières pour répondre à la demande de diamètre différents. La production de petite quantité de monofilaments, à cette échelle est suffisante, pour vérifier les propriétés mécaniques et réaliser les tests de vieillissement. Le débit n'est pas suffisant pour produire une quantité suffisante pour produire les prototypes. Le partenariat s'est donc rapproché de l'entreprise Cousin Composites, basée en France (Wervicq-Sud, 59) qui est en mesure des fabriquer des monofilaments à plus grande échelle.

Plusieurs formulations ont été testées et des améliorations notamment de la viscosité ont dû être apportées.

### **b) Fabrication des filets fins**

Bien que la fabrication du semi-produit monofilament soit encore possible en France moyennant des coûts de production élevés, la fabrication d'un filet fin en France ou en Angleterre n'est plus possible.

Lors de ce projet, le partenariat s'est confronté à un manque de réseau industriel dans ce secteur, expliqué notamment une production relocalisée dans les pays asiatiques il y a plus d'une vingtaine d'années.

A l'échelle européenne, il existe encore quelques entreprises parmi lesquelles on peut citer : Le Drezen, Badinotti, Cittadini, DIOPAS... mais qui ne sont pas ou plus en mesure de fabriquer des filets fins avec les spécifications attendus dans le projet INDIGO.

Après de nombreuses recherches, seules trois entreprises sont susceptibles de réaliser les prototypes selon le cahier des charges INDIGO, parmi lesquelles on retrouve : Cadilhe & Santos, Momoï et S-ENPOL.

## IV. Conclusions

Les réalisations principales de cette activité étaient de réaliser deux prototypes de filets biodégradables en milieu marin répondant au cahier des charges : un filet fin pour le secteur de la pêche et un filet de catinage pour l'aquaculture.

Ce rapport a permis de mettre en évidence toutes les essais et les avancées techniques liés au développement des prototypes, mais aussi permis de montrer les difficultés et les limites. Le secteur des engins de pêche et d'aquaculture est très spécifique. En effet, chaque professionnel travaille avec ses propres engins, adaptés aux espèces visées, à la saisonnalité et à la zone de pêche. Par exemple, il n'existe pas 1 filet droit mais bien une multitude de filets fabriqués à partir de mono, multi ou multi-monofilaments... avec des tailles et des assemblages différents rendant la fabrication d'un prototype commun difficile, voire impossible, pour répondre aux attentes de tous les professionnels. C'est pourquoi le partenariat s'est adapté et a fait le choix de fabriquer un filet correspondant au fileyeur Lorientais, adapté à leur usage, ainsi qu'un filet de catinage adapté au mytiliculteur normand pour la première pose en juin.

Parmi les points positifs, le projet INDIGO a étudié toute la filière de fabrication d'un filet, en dissociant toutes les étapes de fabrication de la matière première en granulés plastique, à la machine de fabrication des nappes de filet, jusqu'à l'assemblage. A chaque étape, des spécificités techniques étaient attendues et les partenaires ont acquis beaucoup d'expérience. Le projet a également permis de prouver que les matières plastiques biodégradables peuvent être utilisés sur les lignes de production traditionnelles, nécessitant pour la plupart des modifications mineures de process (température, débit...).

Concernant la mise au point du filet de catinage, les différents essais ont permis de fabriquer un filet tubulaire complet avec le métier à tricoter, premier prototype de filet de catinage en multifilament, fabriqué à partir de plastique biodégradable en milieu marin. Malgré quelques défauts visibles pendant la production (casses de filaments, manque de cohésion...), les prototypes vont être testés en conditions réelles sur des pieux par un mytiliculteur associé, sur l'été 2023.

La preuve de concept sur le développement d'un filet fin a également été mis en avant. Seule la dernière étape de fabrication des nappes n'a pas été lancée en raison des objectifs de propriétés mécaniques non atteints.

Parmi les points négatifs, on peut citer le faible réseau industriel qui a été un frein pour l'avancement des essais à l'échelle industrielle. Concernant le filet de catinage, le réseau est clairement identifié avec le partenaire Filt qui a apporté tout son savoir-faire. Concernant le filet fin, le partenariat a perdu du temps pour identifier la bonne structure susceptible de répondre au cahier des charges. De plus, le partenariat n'a pas assez anticipé les problèmes liés aux changements d'échelle lors du montage du projet, l'adaptation des formulations a été très chronophage avec de nombreux aller/retour entre les essais à l'échelle semi-industrielle et laboratoire pour revalider chaque étape (process, propriétés mécaniques...). Enfin, le manque de temps sur la fin du projet est également à souligner.

### → *Perspectives*

Ces 3 années de projet collaboratif ont mis en avant la complexité de projets de recherche & développement multidisciplinaire. Une quantité d'essais ont été réalisés, qui ont apporté de nombreuses réponses mais qui ont aussi entraîné d'autres interrogations au fur et à mesure de l'avancement du projet.

A l'échelle de la matière plastique, pour approfondir la réflexion et surtout la compréhension des liaisons chimiques, des essais complémentaires pour étudier la relation structure/propriétés des formulations développées seraient très intéressantes (masses molaires, rhéologies des mélanges, évolution de la cristallinité...)

A l'échelle du filet, la poursuite des caractérisations produits/semi-produits avec notamment la détermination de la résistance des nœuds n'ont pas encore été explorée. L'étude de la typologie des nœuds pourrait être très utiles pour déterminer quel nœud serait le plus adapté au monofilament biodégradable...

D'autres pistes seraient éventuellement à creuser pour compenser les propriétés mécaniques plus faible des monofilaments biodégradables telles que

- Diminuer la taille des mailles, tout en augmentant légèrement le diamètre : cette option serait à valider par des tests en mer... (attention à ne pas « dénaturer » le filet)
- Optimiser les paramètres process et post-process tel que l'étirage à chaud

Enfin, l'utilisation de filaments de type multi-monofilaments pour ce type d'application présenterait un bon compromis entre la souplesse du multifilament et la résistance du monofilament.