

Note technique : Estimation de l'abondance du zooplancton gélatineux à partir de traits de chaluts



Arnaud Lheureux¹, Sandrine Vaz², Elvire Antajan³, Dorothée Vincent⁴, Fabien Morandeau⁵, Fabien Lombard^{6,7}, Jacques Sacchi⁸, Eric Goberville¹

Projet GELATINE - JANVIER 2023

Affiliations des auteurs

1. Unité Biologie des Organismes et Ecosystèmes Aquatiques (BOREA), Muséum National d'Histoire Naturelle, CNRS, IRD, Sorbonne Université, Université de Caen Normandie, Université des Antilles, Paris, France
2. MARBEC, Univ Montpellier, CNRS, Ifremer, IRD, Sète, France
3. Laboratoire Environnement Ressources d'Arcachon, Ifremer, Arcachon, France
4. Office Français de la Biodiversité (OFB), Direction Surveillance Evaluation et Données (DSUED), Service Ecosystèmes Connaissances et Usages des milieux marins (ECUMM), Brest, France
5. Unité Mixte de recherche Dynamique et durabilité des écosystèmes : de la source à l'océan (DECOD), Unité Halieutique Grand Ouest, Laboratoire Technologie Biologie Halieutique, Ifremer, Lorient, France
6. Sorbonne Université, Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), Laboratoire d'Océanographie de Villefrance (LOV), Villefranche-sur-Mer, France
7. Institut Universitaire de France (IUF), Paris, France
8. Conseil en technologie des pêches, Sète, France

Comment citer ce document :

Lheureux Arnaud, Vaz Sandrine, Antajan Elvire, Vincent Dorothée, Morandeau Fabien, Lombart Fabien, Sacchi Jacques, Goberville Eric (2023). **Note technique : Estimation de l'abondance du zooplancton gélatineux à partir de traits de chaluts**. <https://doi.org/10.13155/92936>

Disponibilité des données de la recherche :

DOI : <https://doi.org/10.13155/92936>

Fiche documentaire

Note technique :

Estimation de l'abondance du zooplancton gélatineux à partir de traits de chaluts

Référence interne :

Date de publication : 2023/01/20

Diffusion :

Version : 1.0.0

☒ libre (internet)

Référence de l'illustration de couverture

Crédit photo/titre/date

☐ restreinte (intranet) – date de levée

Langue(s) : Français

d'embargo : AAA/MM/JJ

☐ interdite (confidentielle) – date de levée de

confidentialité : AAA/MM/JJ

Résumé/ Abstract :

Les données issues des comptages de zooplancton gélatineux effectués lors des campagnes halieutiques sont des données quantitatives mais non standardisées (i.e. non comparables d'une campagne à l'autre, ou d'un trait à l'autre). Cette note technique explore les questionnements méthodologiques permettant la standardisation et la comparaison de ces données et présente une proposition de méthode d'estimation de l'abondance du zooplancton gélatineux à partir de captures par chalutage. Ce travail fait suite aux réflexions antérieures menées dans le cadre de la DCSMM par Sandrine Vaz, Fabien Morandeau, Fabien Lombard et Jacques Sacchi concernant l'exploitation des données de zooplancton gélatineux acquises par chalutage (Aubert et al. 2018 ; Lheureux et al. 2022). Ces travaux ont été poursuivis dans le cadre du projet R&D GELATINE et les principales propositions et résultats sont discutés ici au regard des données existantes (types de chaluts, distance de chalutage et référentiel utilisé, zone filtrante du chalut).

Mots-clés/ Key words : chalut, campagnes optimisées DCSMM, zooplancton gélatineux

Commanditaire du rapport :

Nom / référence du contrat :

☐ Rapport intermédiaire (réf. bibliographique : XXX)

☒ Rapport définitif

Projets dans lesquels ce rapport s'inscrit (programme européen, campagne, etc.) : Projet GELATINE

Auteur(s) / adresse mail	Affiliation / Direction / Service, laboratoire
Arnaud Lheureux / arnaud.lheureux@sorbonne-universite.fr	Sorbonne Université / BOREA
Sandrine Vaz / sandrine.vaz@ifremer.fr	Ifremer/RBE/MARBEC/LHM
Elvire Antajan / elvire.antajan@ifremer.fr	Ifremer /ODE/LITTORAL /LERAR
Dorothee Vincent / dorothee.vincent@ofb.gouv.fr	OFB / Direction Surveillance Expertise et Données
Fabien Morandeau / fabien.morandeau@ifremer.fr	Ifremer/RBE/HALGO/LTBH
Fabien Lombard / fabien.lombard@imev-mer.fr	Sorbonne Université / LOV
Jacques Sacchi / jsacchi@hotmail.fr	
Eric Goberville / eric.goberville@sorbonne-universite.fr	Sorbonne Université / BOREA

Encadrement(s) :

Destinataire :

Validé par :

Table des matières :

1. Contexte scientifique et objectifs de travail.....	3
2. Description des données disponibles	4
3. Préparation et traitement des données.....	8
3.1. Calcul de la distance chalutée.....	8
3.2. Calcul de la surface de filtration (surface d'ouverture du chalut)	11
4. Cas test - Calcul de l'abondance du zooplancton gélatineux	19
5. Conclusion	20
Références.....	21

1. Contexte scientifique et objectifs de travail

Les données issues des comptages du zooplancton gélatineux effectués lors des campagnes halieutiques optimisées sont des données quantitatives mais non standardisées (*i.e.* non comparables d'une campagne à l'autre, ou d'un trait à l'autre). En d'autres mots, les données disponibles recensent le poids et le nombre d'individus identifiés par espèce capturée à l'aide d'un engin non conventionnel pour le zooplancton : le chalut.

La transformation de ces données quantitatives brutes non standardisées en données de densité standardisée (ind. m^{-3}) nécessite d'estimer le volume filtré (m^3) par les chaluts au cours de la collecte. Cette étape est indispensable afin de pouvoir comparer les captures d'un trait à l'autre, en supprimant un potentiel biais lié à l'influence des chaluts, des vitesses du navire (en surface et au fond), des courants... Une méthode simple est de multiplier la surface de filtration ou d'ouverture du filet (m^2) par la distance chalutée (m). Cependant, ce type d'approche nécessite de valider les choix méthodologiques sur la base des données existantes. Dans le cadre de cette note technique, il a été choisi de concentrer les questionnements méthodologiques sur les hypothèses suivantes :

- La vitesse du courant exerce une influence sur le calcul de la distance chalutée,
- Les chaluts filtrent pendant la descente, jusqu'à la profondeur de pêche souhaitée, ainsi que pendant la remontée vers la surface,
- Tous les organismes ne sont pas filtrés suivant le même volume du fait de la taille décroissante des mailles du chalut (en lien avec la taille respective des organismes), de l'avant à l'arrière.

2. Description des données disponibles

La base de données CASINO¹ (cahier de quart scientifique disponible à bord des navires océanographiques de la flotte océanographique française) regroupe l'ensemble des mesures prises automatiquement par les différentes sondes équipant les navires — sondes météorologiques (*e.g.* température de l'air, intensité et direction des vents...), sondes liées au mouvement du navire (*e.g.* cap, vitesse, roulis...), sondes liées à l'hydrologie (*e.g.* température de l'eau, salinité...) et les sondes liées au chalut et à la pêche (*e.g.* ouverture du chalut, profondeur...). Ces mesures sont enregistrées toutes les 30 secondes. La base CASINO regroupe également des entrées manuelles, faites par les opérateurs, qui apportent des compléments d'information sur les actions entreprises à bord durant la pêche (Figure 1) :

- **Hors-cul ❶** : mise à l'eau du chalut à l'arrière du navire. Le chalut n'est pas pêchant et est en surface
- **Début de filage ❷** : phase durant laquelle le navire avance et le chalut est amené à profondeur. Le chalut est ouvert et pêchant
- **Fin de filage ❸** (aussi dénommé « en pêche ») : le chalut est à profondeur de pêche. Début de la phase de pêche. Le chalut est ouvert, pêchant. Sa géométrie et sa vitesse sont stables
- **Début de virage ❹** : la durée de pêche désirée est atteinte. Début de remontée du chalut. Le chalut est ouvert et pêchant
- **Fin de virage ❺** : le chalut est de nouveau en surface. Il n'est plus pêchant
- **Chalut à bord ❻** : le chalut est ramené à bord du navire

Grâce aux actions répertoriées correspondant aux opérations de pêche, il est possible — pour chaque trait — de retracer les différentes phases et temporalités des opérations menées à bord (Figure 1 et Tableau 1). On considère classiquement que le chalut pêche efficacement entre la fin de filage et le début de virage.

¹ <https://www.flotteoceanographique.fr/Nos-moyens/Logiciels-de-la-flotte/Gestion-de-missions-et-des-donnees/TECHSAS/Journal-de-bord-CASINO>

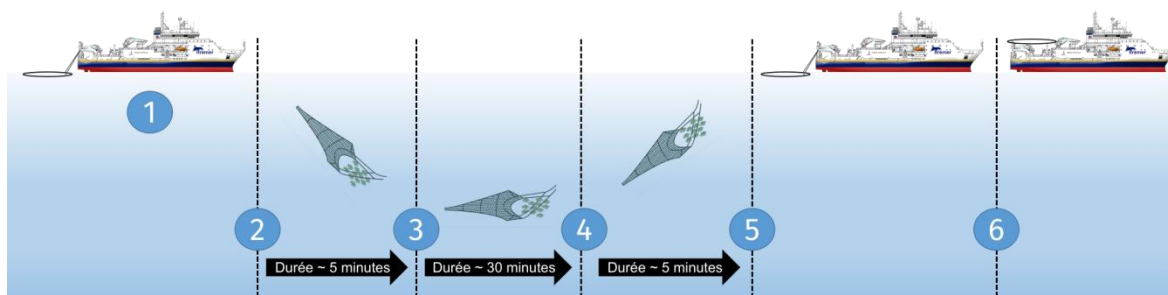


Figure 1 : Illustration des différentes phases de chalutage décrites dans CASINO : 1. Hors cul, 2. Début de filage, 3. Fin de filage, 4. Début de virage, 5. Fin de virage, 6. Chalut à bord

Afin d'illustrer les questionnements méthodologiques abordés dans cette note technique, le trait **2021_1_Z0334_1** sera utilisé comme trait exemple. Ce trait date de 2021 et a été effectué durant la campagne CGFS en limite occidentale de la Manche. Une description des informations relatives à ce trait est donnée dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Exemple de données regroupant les opérations concernant le trait 2021_1_Z0334_1 lors de la campagne optimisée CGFS 2021.

Date	Heure	Latitude	Longitude	Type	Nom Appareil	Code Appareil	Nom Action
17/09/2021	12:06:52	48,757036	-4,9435287	OPE	Chalut GOV 36/49	36x49	Hors-cul
17/09/2021	12:19:17	48,7488235	-4,9439082	OPE	Chalut GOV 36/49	36x49	Début filage (panneaux surface)
17/09/2021	12:26:28	48,7419611	-4,9450774	OPE	Chalut GOV 36/49	36x49	En pêche
17/09/2021	12:56:54	48,718343	-4,9497724	OPE	Chalut GOV 36/49	36x49	Début virage
17/09/2021	13:03:41	48,7176965	-4,9476566	OPE	Chalut GOV 36/49	36x49	Fin virage (panneaux surface)
17/09/2021	13:11:34	48,7141552	-4,9439077	OPE	Chalut GOV 36/49	36x49	Chalut à bord
17/09/2021	13:11:37	48,7141358	-4,9438607	OPE	Chalut GOV 36/49	36x49	Commentaire

Concernant la vitesse du navire, deux mesures de vitesse sont enregistrées à bord et fournies dans la base CASINO : les vitesses de surface et de fond. La vitesse de surface correspond à la vitesse relative du navire par rapport au courant de surface. La vitesse de fond correspond à la distance parcourue par le navire, par unité de temps, relativement à un point fixe sur le fond (vitesse géographique). Ainsi, il est considéré que la vitesse du navire par rapport à la masse d'eau correspond à la vitesse de l'eau entrant dans le chalut. Généralement, le chalutage est réalisé face au courant.

Dans les mers à faibles courants, la différence entre les distances calculées à partir des vitesses de surface et de fond est négligeable (Figure 2 ; campagnes MEDITS et

PELMED). En revanche, il existe de fortes différences entre ces deux vitesses dans les mers à fortes marées et forts courants, comme en Manche par exemple (Figure 2 ; campagnes CGFS et IBTS). Les diagrammes en violons (Figure 2) sont des représentations graphiques qui permettent de voir l'amplitude et la densité des données. Ainsi, les régions larges (étroites) du violon reflètent une fréquence importante (faible) de données. Plus le violon est étiré, plus l'amplitude des données est importante, et inversement. Lors des campagnes effectuées dans les mers à courants, en ne considérant que la partie entre la fin de filage et le début de virage, il apparaît donc que les distances de surface sont plus importantes que les distances de fond (CGFS, EVHOE, IBTS, PELGAS), comme en attestent les distributions plus étendues. Les fréquences les plus importantes indiquent un plus grand nombre de valeurs proches de la médiane, comme observé pour les distances de fond, suggérant que les distances de fond sont moins variables que les distances de surface ; cela peut s'expliquer par le fait que l'influence des courants n'est prise en compte qu'en surface.

Lors de la campagne CGFS, 86% des distances calculées à partir de la vitesse de surface sont plus importantes que celles calculées à partir de la vitesse de fond (distances supérieures en moyenne de 47% ; Test de Student $t = 24,52$, $p < 0,001$). Parmi ces 86% des traits de chalut caractérisés par une vitesse de surface supérieure à la vitesse de fond, 7% ont une vitesse de surface au minimum deux fois supérieures à la vitesse de fond (Figure 3). Lors de cette même campagne, 14% des traits de chaluts sont caractérisés par une vitesse de surface inférieure à la vitesse de fond (Figure 3). Le courant a donc un effet sur les volumes réellement filtrés, car la vitesse de l'eau entrant dans le chalut est la vitesse relative du navire par rapport au courant.

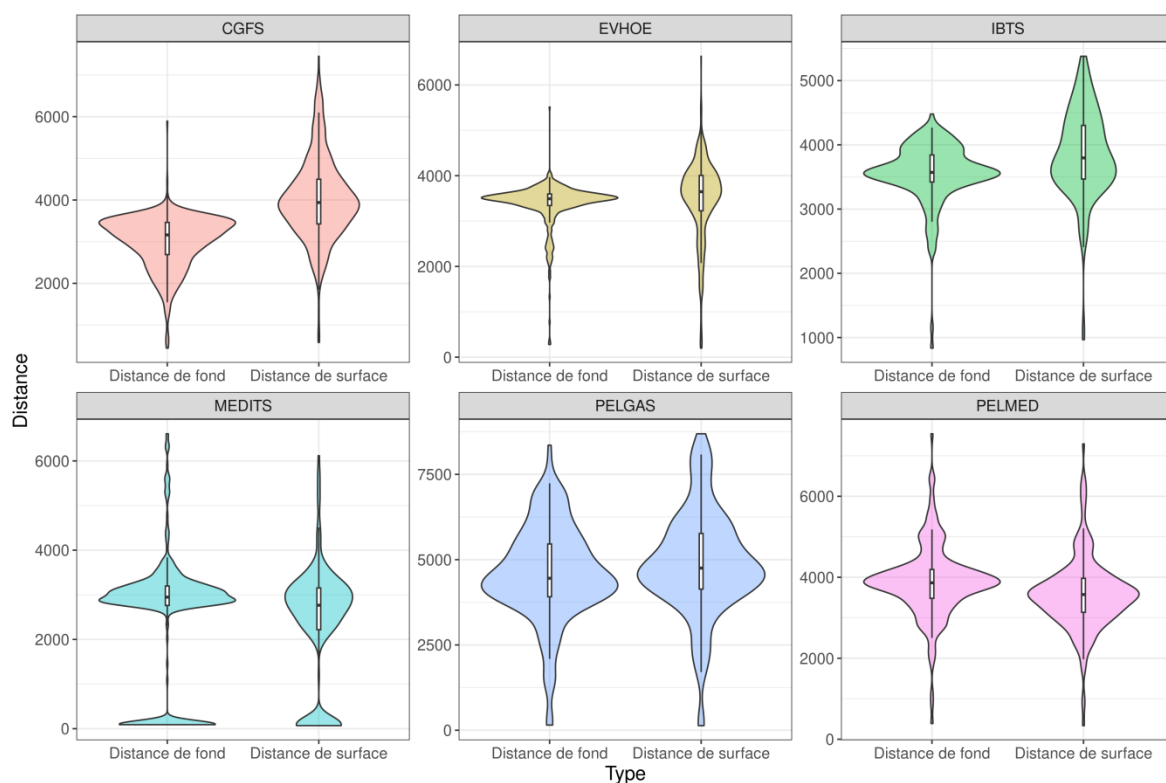


Figure 2 : Diagramme en violon des distances calculées à partir des vitesses de surface (à droite) et des vitesses de fond (à gauche) sur l'ensemble des campagnes. Cette représentation permet de rendre compte à la fois de la distribution des données (plus le corps du violon est large plus il y a de données pour la variable considérée) et de leurs amplitudes (plus le violon est haut plus les valeurs maximales sont importantes).

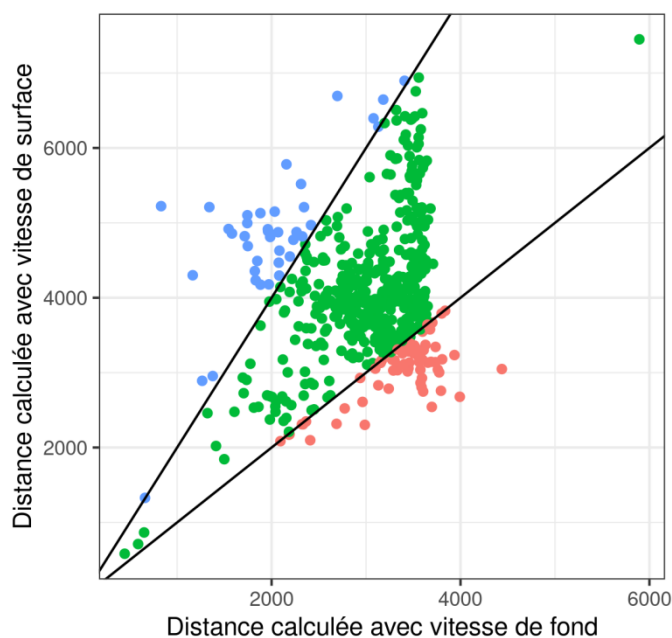


Figure 3 : Représentation des distances calculées à partir des vitesses de surface en fonction des distances calculées à partir des vitesses de fond sur la campagne CGFS. Les points rouges correspondent aux cas où la vitesse de fond est supérieure à la vitesse de surface (14% des cas), les points verts et bleus correspondent aux cas où la vitesse de surface est respectivement supérieure (79% des cas) et plus de deux fois supérieures (7% des cas) à la vitesse de fond

3. Préparation et traitement des données

3.1. Calcul de la distance chalutée

La distance chalutée est définie comme : « le produit entre la vitesse moyenne du navire pendant le chalutage, et la durée de chalutage ».

Classiquement, les indices d'abondance halieutiques pour les espèces démersales sont exprimés en nombre ou kilogramme par heure ou par km². Dans le second cas, la surface balayée au fond correspond à la distance parcourue au fond et l'ouverture horizontale du chalut aux pointes d'ailes. Les chalutages pélagiques ne donnent généralement pas lieu à un calcul d'indice d'abondance car ils visent à caractériser les identifications acoustiques qui servent à la détermination de l'abondance. La description des données a cependant mis en évidence que les écarts entre les distances parcourues au fond et en surface peuvent aller du simple au double dans certains cas. **Il apparaît donc pertinent de calculer la distance chalutée à partir de la vitesse de surface afin d'intégrer l'influence des courants.** Cette influence des courants est particulièrement importante à considérer pour standardiser les volumes filtrés et déterminer les densités du zooplancton gélatineux.

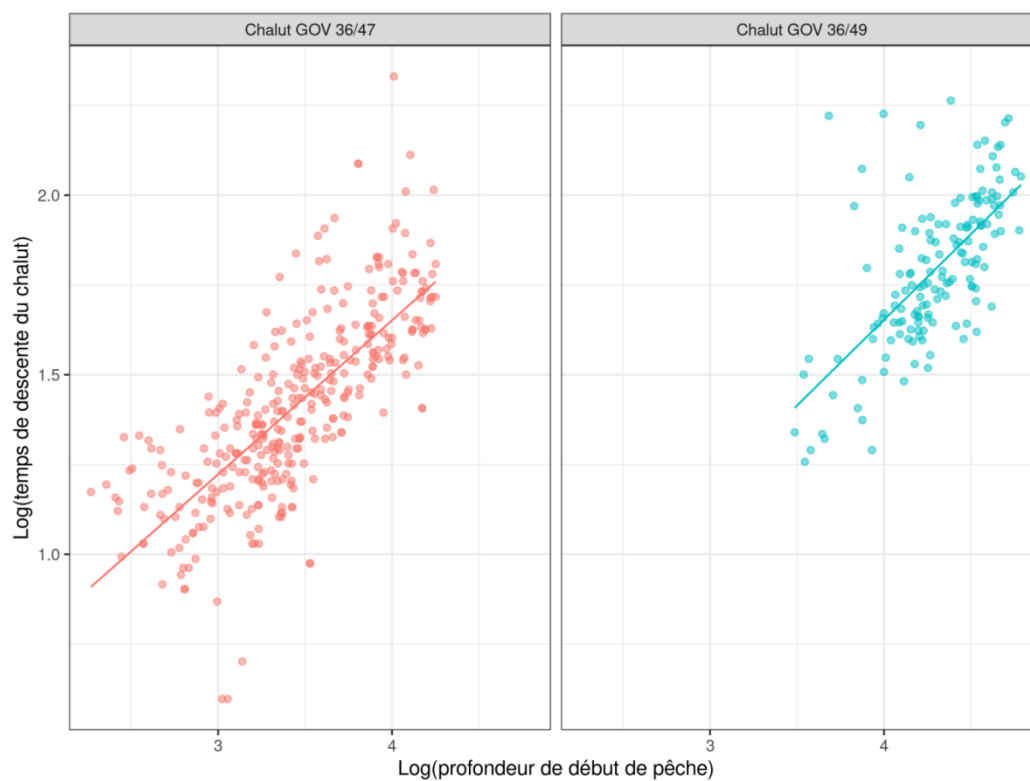
La durée de chalutage est traditionnellement basée sur la fin de filage et sur le début de virage (cf. Figure 1), période où la géométrie et la vitesse de fond du chalutage sont parfaitement contrôlées, stabilisées et optimisées pour la capture des poissons suivant le protocole établi pour chaque campagne et engin. Néanmoins, il est possible de capturer des organismes durant les phases de montée et de descente du chalut, ce qui est particulièrement le cas du zooplancton gélatineux présent dans toute la colonne d'eau et aux capacités d'évitement négligeables (Costello & Mianzan, 2003 ; Hays et al., 2012). Cependant, une telle considération amène des approximations, car il est compliqué de connaître l'ouverture du chalut durant ces périodes de descente et de montée (Aubert et al., 2018). Néanmoins, des traits "0 min" (i.e. trait ne comprenant que des descentes et des montées) ont montré que la capture du zooplancton gélatineux pouvait avoir

lieu avant la fin de filage et/ou après le début de virage (essais réalisés sur la campagne IBTS en 2018). Il semble donc judicieux de considérer les descentes et les remontées dans la durée de pêche totale.

Considérer les périodes de descente et de montée du chalut va cependant entraîner une importante variabilité dans les durées de chalutage, alors que la durée des traits est standardisée. Cette variabilité est due à la profondeur de pêche et au chalut qui ont tous deux une influence sur les temps de descente et de montée.

Etant donné que certaines actions “Début de filage” et/ou “Fin de virage” sont manquantes dans le jeu de données, les temps de descente et de montée ont été estimés indépendamment pour chaque campagne à l’aide d’une régression linéaire (une pour la descente et une pour la montée) tenant compte du logarithme de la profondeur, du logarithme de temps de montée ou du temps de descente ainsi que du type de chalut utilisé. Utiliser des données log-transformées permet d’améliorer la régression linéaire en normalisant et linéarisant au maximum les données. La régression linéaire a été choisie car l’hypothèse est que la relation entre la profondeur et l’engin est linéaire. La figure 4 présente les résultats de la régression linéaire effectuée sur les campagnes CGFS, de 2016 à 2021, afin d’estimer les temps de descente et de remontée du chalut, selon les deux chaluts utilisés (GOV 36/47 en rouge et GOV 36/49 en vert). Ces modèles de régression, calculés pour chaque campagne (toutes années confondues) et engin, permettent de prédire les temps de descentes et de remontées du chalut quand ces informations sont manquantes. Cela est nécessaire afin d’estimer au mieux la distance chalutée qui est le résultat du produit entre la durée totale de la pêche, incluant les descentes et les remontées, et la vitesse moyenne de surface sur la même période.

a



b

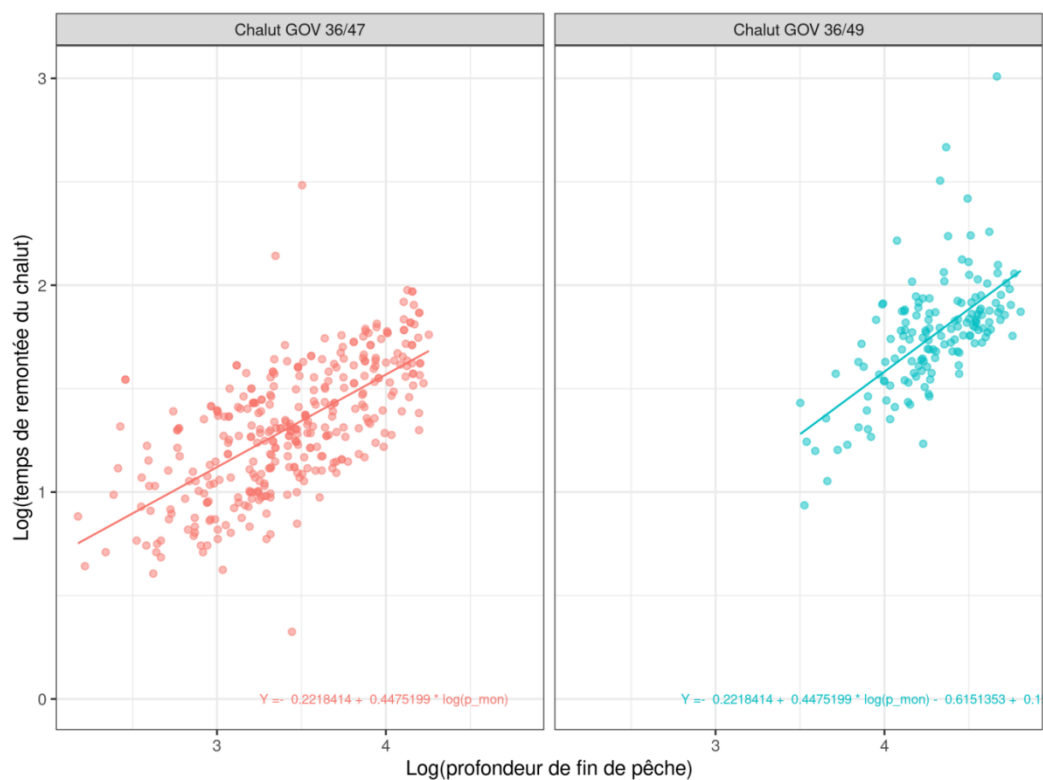


Figure 4 : Résultats de la régression linéaire effectuée pour estimer les temps de descente (a) et de remontée (b) du chalut (GOV 36/47 en rouge d'une part et GOV 36/49 en vert d'autre part) lors des campagnes CGFS de 2016 à 2021. Les droites présentes au milieu des nuages de points correspondent aux droites de régression du modèle dont l'équation est présente dans le coin en bas à droite de chaque panel.

3.2. Calcul de la surface de filtration (surface d'ouverture du chalut)

Un chalut a une forme caractéristique en entonnoir, prolongé à l'ouverture par des ailes pour en élargir la portée (Figure 5). Sa forme d'entonnoir confère au chalut une partie conique, située à l'avant, et une partie droite située à l'arrière (la rallonge). Cette dernière est doublée à l'intérieur d'une « chaussette » composée de mailles plus fines dont le but est d'éviter l'échappement des individus de petites tailles, notamment les juvéniles des poissons commerciaux. Ainsi, dans la partie droite du chalut, la surface d'ouverture reste inchangée mais la taille de maille à considérer sera celle de la chaussette.

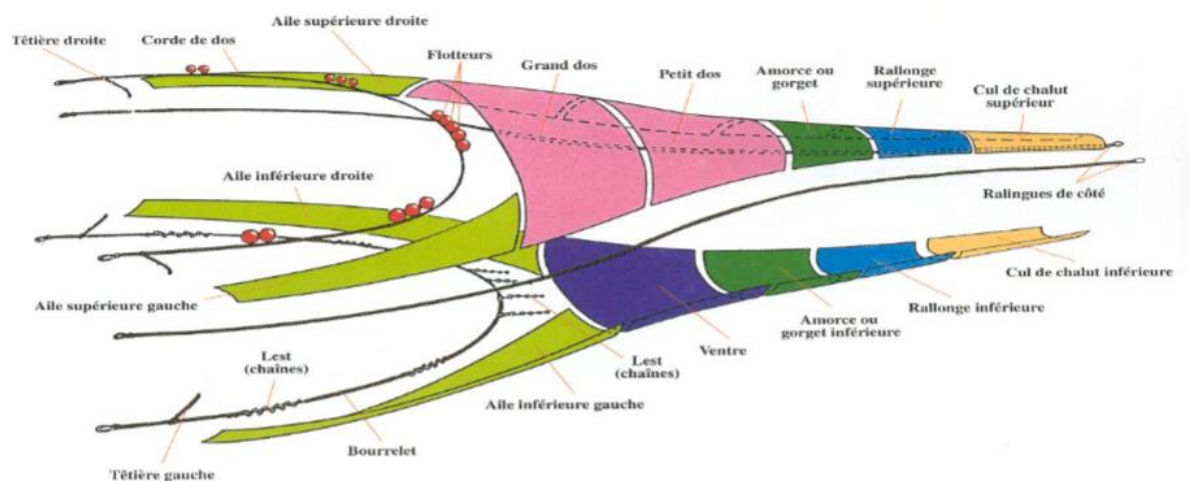


Figure 5 : Représentation schématique présentant les différentes parties d'un chalut

Un système combiné de panneaux, de chaînes (lest) et de lièges ou flotteurs permet de maintenir son ouverture béante et d'en régler la forme et la profondeur. Des ailes jusqu'au « cul de chalut », la dimension des mailles va en diminuant. Pour tous les types de chaluts, les ailes ne ferment pas totalement le volume. C'est donc, au mieux, au niveau de la partie en entonnoir (ventre et dos) que le volume filtré doit être calculé. Les chaluts pélagiques (Figure 6) évoluent en pleine eau ou proche du fond, et sont généralement plus grands que les chaluts de fond (Figure 7) qui sont posés et traînés au fond.

Les chaluts pélagiques sont en outre dotés, en amont, de « grandes mailles » (entre 4 et 8 m de côté) ayant pour fonction de guider les petits poissons pélagiques vers

le centre du chalut. Un grand nombre de méduses passe aux travers de ces grandes mailles, même si les espèces dotées de longs filaments peuvent rester emmêlées dès ce niveau. **Il est pourtant recommandé de ne pas considérer ces grandes mailles comme filtrantes compte tenu du caractère aléatoire des captures à ce niveau.**

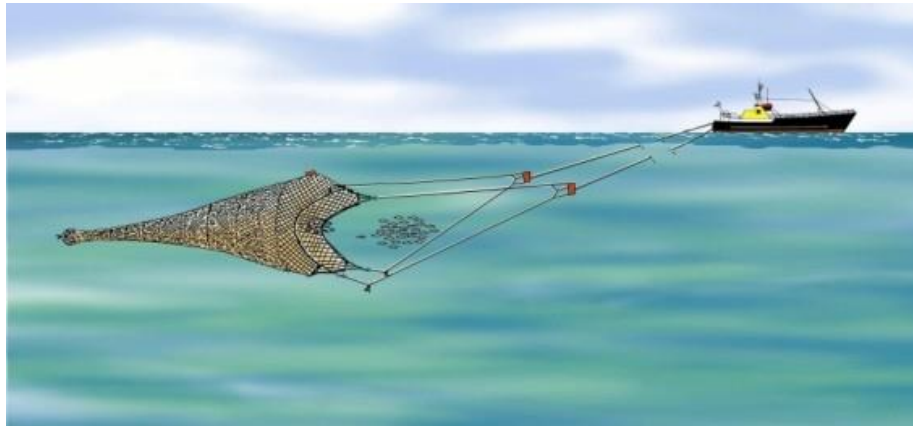


Figure 6 : Représentation schématique d'un chalut pélagique (<https://peche.ifremer.fr/Le-monde-de-la-peche/La-peche/comment/Les-engins/Chalut-pelagique>)

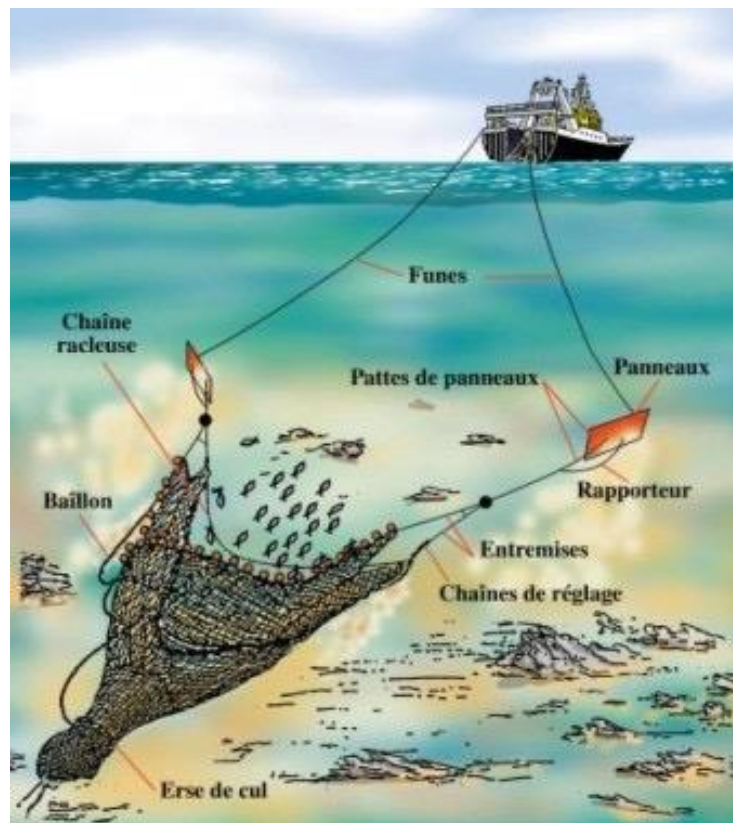


Figure 7 : Représentation schématique d'un chalut de fond (<https://www.lacotiniere.io/techniques-de-peche/le-chalut-de-fond.html,9,3,0,0,4>).

Le calcul de la surface dépend alors de la forme d'ouverture présumée à l'entrée

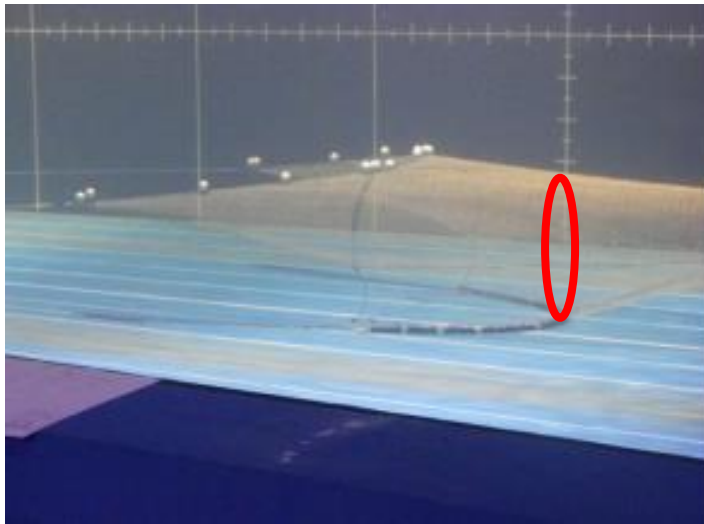


Figure 8 : Chalut en bassin d'essai (ouverture circulaire en rouge)

du chalut (e.g. rectangulaire, circulaire, ellipsoïdale). Cette forme n'est pas totalement stable pendant l'opération, en particulier lors de la descente et de la remontée. Néanmoins, à l'entrée de la partie en entonnoir, le chalut prend généralement la forme d'un cylindre (Figure 8).

La surface de filtration retenue pour le calcul du volume filtré par le chalut sera donc un cercle.

Afin de calculer la surface de ce cercle, il faut d'abord en calculer la circonférence. Pour cela il est important de noter que les mailles du chalut ont une forme de losange et subissent, lors de la traction, une déformation dans le sens du chalut qui conduit à la fermeture partielle de la maille en opération.

La dimension de la maille (ou maillage) peut être exprimée de trois manières différentes (Figure 9) :

- par la longueur du côté de maille (norme française), c'est-à-dire la distance entre les milieux de deux nœuds consécutifs,
- par la longueur de maille étirée (norme internationale), c'est-à-dire la distance entre les milieux de deux nœuds opposés, qui correspond au double du côté de maille,
- par la longueur du vide de maille (norme réglementaire), c'est-à-dire la distance entre les bords internes de deux nœuds opposés (i.e. la grande diagonale du losange), qui correspond à 90% de la taille de la maille étirée (eq1).

L'étirement du chalut conduit à une réduction de l'ouverture de la maille et elle est considérée d'environ 20% dans la partie conique et de 10% dans la partie droite du chalut dans des conditions normales. La grande diagonale du losange est donc égale à 80 ou 90% de sa longueur étirée (Figure 9 ; eq1, ici pour une ouverture de 90%). La taille de la petite diagonale du losange peut être obtenue selon le théorème de Pythagore (eq2) à partir du côté de maille (eq3 à eq8).

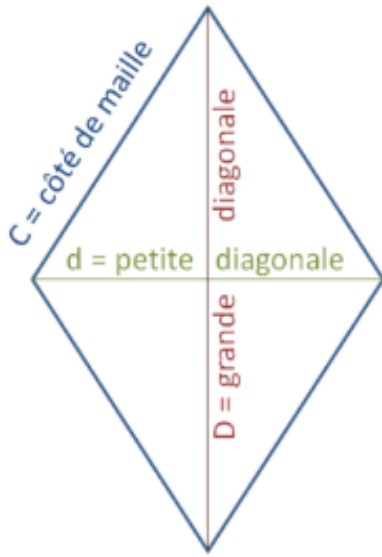


Figure 9 : Représentation schématique d'une maille losange

$$D = 2 \times C \times 0.9 \quad (eq1)$$

$$C^2 = \left(\frac{d}{2}\right)^2 + \left(\frac{D}{2}\right)^2 \quad (eq2)$$

$$\left(\frac{d}{2}\right)^2 = C^2 - \left(\frac{D}{2}\right)^2 \quad (eq3)$$

$$\frac{d}{2} = \sqrt{C^2 - \left(\frac{D}{2}\right)^2} \quad (eq4)$$

$$d = 2 \times \sqrt{C^2 - \left(\frac{D}{2}\right)^2} \quad (eq5)$$

$$d = 2 \times \sqrt{C^2 - \left(\frac{2 \times C \times 0.9}{2}\right)^2} \quad (eq6)$$

$$d = 2 \times \sqrt{C^2 - (C \times 0.9)^2} \quad (eq7)$$

$$d = 0.872 \times C \quad (eq8)$$

La surface de filtration du chalut, considérée comme étant l'ouverture du chalut, dépend de la taille d'ouverture latérale de la maille (largeur du vide de maille) qui est égale à la petite diagonale (« d » ; eq8).

Ces deux valeurs permettent de définir la circonférence de l'ouverture du chalut (« P » ; eq 9) selon l'équation :

$$P = d \times \text{nombre de mailles} \quad (eq9)$$

qui est indispensable pour calculer la surface (« S » ; eq10) de l'ouverture du chalut :

$$S = P^2 \div 4\pi \quad (eq10)$$

Le Tableau 2 présente les différentes valeurs de surface (« S » ; en m²) calculées pour les différents modèles de chaluts utilisés au cours des différentes campagnes optimisées DCSMM, ainsi que les valeurs intermédiaires. Les valeurs utilisées pour ces calculs sont des valeurs constantes, disponibles à partir des plans de chalut utilisés pour les différentes campagnes.

Tableau 2 : Calculs des surfaces d'ouverture en entrée de chalut pour les différents modèles utilisés lors des campagnes optimisées pour la DCSMM

Campagne	Type de chalut	Nombre total de mailles (dos + ventre)	Côté de maille (mm)	Petite diagonale (d, mm)	Circonférence de l'ouverture (P, m)	Surface d'ouverture (S, m ²)
IBTS	36/47 GOV	200+200	100	120	48	183
EVHOE	36/47 GOV	200+200	100	120	48	183
CGFS	36/47 GOV	200+200	100	120	48	183
	36/49 GOV	200+200	100	120	48	183
PELGAS	76/70	35+25	800	960	58	264
	57/52	85+65	400	480	72	412
MEDITS	GOC73	178 + 178 110 + 110 (faces latérales)	60	72	44	154
PELMED	4PM159	45+30	800	960	72	412
	4FF176	38+19	800	960	55	238

Le volume filtré par le chalut peut alors être calculé en multipliant la surface d'ouverture du chalut par la distance chalutée (cf §2 ; « V » eq11).

$$V = S \times d \quad (\text{eq11})$$

Calcul de la surface filtrante effective

Si les mailles étirées finales dans le cul de chalut sont toutes de 20-24 mm, il est à noter que les tailles d'ouverture de maille à l'entrée du gorget ne sont pas identiques pour tous les chaluts utilisés, *i.e.* plus grandes sur les chaluts pélagiques (174 et 349 mm) et plus petites sur les chaluts de fond (87 et 30 mm). Pour tenir compte du fait que les mailles ont des tailles décroissantes de l'ouverture vers le cul du chalut, Suchman et al. (2005) ont proposé de calculer une surface filtrante effective qui soit taxon-spécifique, adaptée à la taille des organismes gélatineux considérés. Cela amènerait à prendre en compte la taille des différents taxons non

seulement à l'échelle de la campagne, mais également à l'échelle temporelle, la taille d'un organisme pouvant présenter une variabilité saisonnière marquée (Purcell et al., 2007) en lien avec sa croissance. Selon les cas, ce calcul pourra se faire à l'échelle du trait, car rien n'exclut que différentes communautés soient échantillonnées au cours d'une même campagne.

En reprenant l'exemple du trait **2021_1_Z0334_1** durant lequel le chalut GOV 36/49 a été utilisé, les valeurs de volume filtré recensées dans le Tableau 3 sont obtenues. Les chaluts sont composés de différents niveaux dont le nombre de mailles et leur taille étirée diminuent de l'ouverture vers le cul du chalut (Figure 10). Cela entraîne une diminution proportionnelle du volume filtré à chaque niveau de chalut : de petits organismes seront, lors d'un même trait, filtrés par un plus petit volume d'eau que les grands. Il est à noter que le fond du chalut (ou cul) est plus large que la partie antérieure et en forme de goutte d'eau pour accueillir la capture. Ce dernier niveau ainsi qu'une partie importante de la partie droite qui le précède est doublé d'une maille très fine (une « chaussette » de maille 10 ou 12 mm de côté) permettant de retenir les espèces de petites tailles, notamment les juvéniles. On considère donc qu'à partir du haut de la partie droite de chaque chalut, le volume filtré est constant et le maillage de la chaussette s'applique aux organismes retenus qui n'ont plus de possibilité d'échappement latéral à partir de ce niveau.

Les noms de chaque niveau du chalut par face sont obtenus à partir des schémas des faces du dessus (Figure 10a), du dessous (Figure 10b), ainsi que du plan de chalut (Figure 11). Ce dernier présente également la taille du côté de maille. Le nombre de maille a été obtenu à partir du Manuel Technique GOV 36/49, Mission CGFS Partie Ouest (Le Roy, 2018).

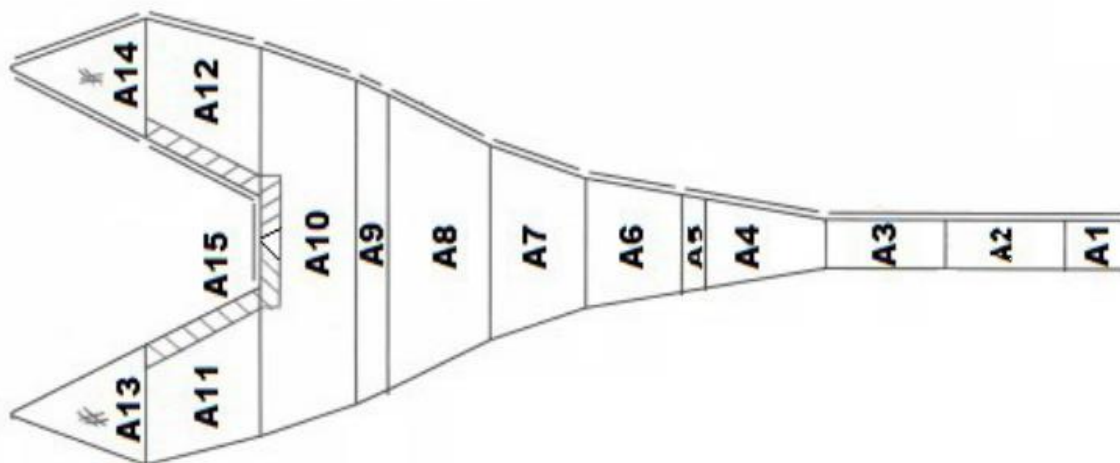
Tableau 3 : Calcul des différentes surfaces d'ouverture du chalut GOV 36/49. Les nombres de mailles correspondent aux faces antérieures de chaque niveau de chalut.

*Les niveaux A1-B1, A2-B2, A3-B3 sont situés dans la partie droite du chalut dans laquelle est la chaussette. L'ouverture de maille présentée est donc celle de la chaussette.

Niveau du chalut (dos)	Nombre de mailles (dos)	Niveau du chalut (ventre)	Nombre de mailles (ventre)	Taille maille étirée (mm)	Côté de maille (C, mm)	Ouverture maille (d, mm)	Circonférence ouverture (P, m)	Surface ouverture (S, m ²)	Volume filtrable par niveau lors du trait 2021_1_Z0334_1 (V, m ³)
A9	200	B11	200	200	100	120	48	183	1 003 389
A8	228	B8	228	160	80	96	43.8	152	833 416
A7	200	B7	200	120	60	72	28.8	66	361 878
A6	200	B6	200	80	40	48	19.2	29	159 007

A5	240	B5	240	50	25	30	14.4	16	87 728
A4	220	B4	220	50	25	30	13.2	14	76 762
A3*	120	B3	120	50	25	9.6	5.2	2	10 966
A2*	120	B2	120	50	25	9.6	5.2	2	10 966
A1*	75	B1	75	80	40	9.6	5.2	2	10 966

a



b

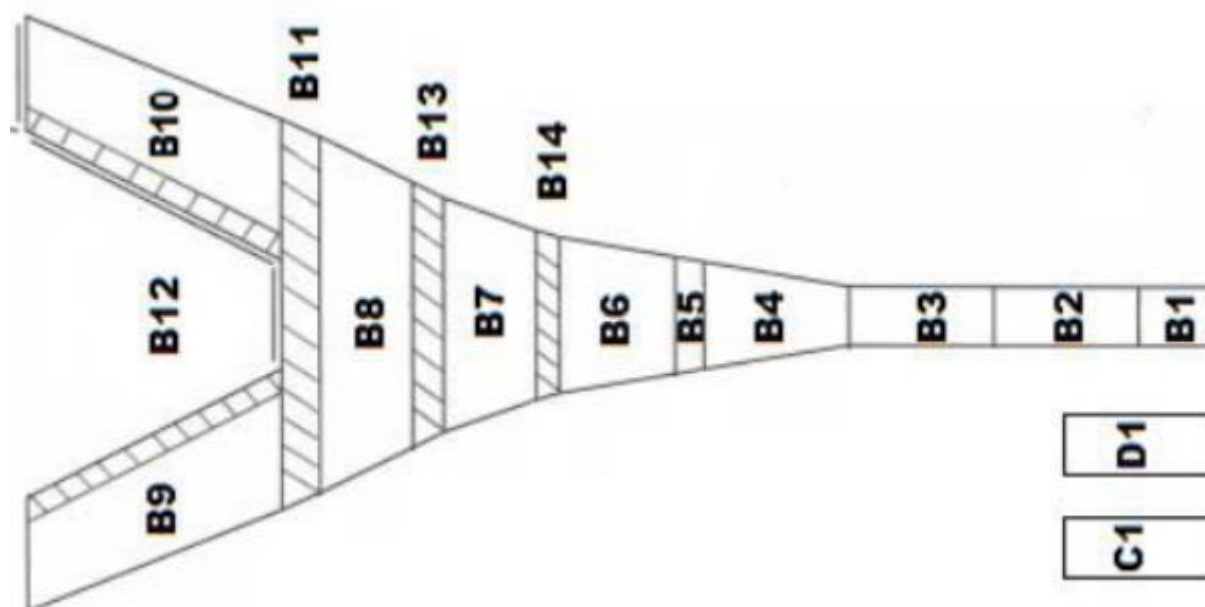


Figure 10 : Schéma des faces du dessus (dos ; a) et du dessous (ventre ; b) du chalut GOV 36/49 utilisé lors des campagnes CGFS. Le Roy (2018). Manuel Technique GOV 36/49 Mission CGFS Partie Ouest

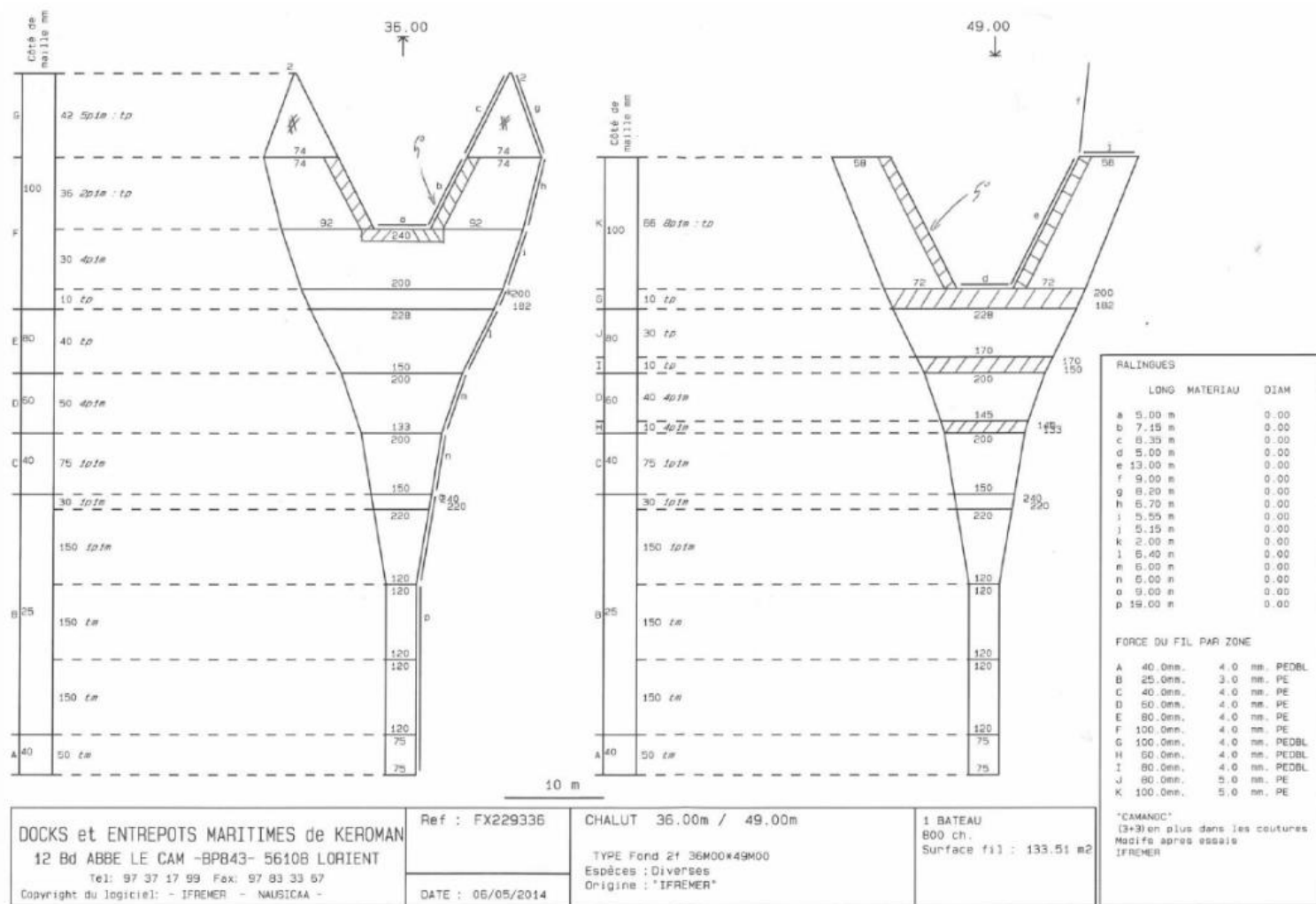


Figure 11 : Plan du chalut GOV 36/49 utilisé lors des campagnes CGFS. Le Roy (2018). Manuel Technique GOV 36/49 Mission CGFS Partie Ouest

4. Cas test - Calcul de l'abondance du zooplancton gélatineux

Ce dernier paragraphe reprend comme exemple le trait **2021_1_Z0334_1** effectué en Manche Occidentale en 2021 lors de la Campagne CGFS. Les captures effectuées lors du trait **2021_1_Z0334_1** sont présentées dans le Tableau 4. Seul le taxon *Aequorea* spp (taille moyenne 6,1 cm) a été capturé lors de ce trait.

Tableau 4 : Captures effectuées lors du trait 2021_1_Z0334_1

Campagne	Annee	Trait	Espec	Longueur	Nombre
CGFS	2021	2021_1_Z0334_1	Aequorea	2	1
CGFS	2021	2021_1_Z0334_1	Aequorea	4	1
CGFS	2021	2021_1_Z0334_1	Aequorea	5	1
CGFS	2021	2021_1_Z0334_1	Aequorea	7	1
CGFS	2021	2021_1_Z0334_1	Aequorea	8	2
CGFS	2021	2021_1_Z0334_1	Aequorea	9	1

Du fait de sa taille moyenne, ce taxon est capturé à partir des niveaux de chalut A6 et B6 (cf. Tableau 3). Lors du trait 2021_1_Z0334_1, n=7 individus de l'espèce *Aequorea* spp ont été capturés pour un volume estimé selon la méthodologie proposée ici à 159 007 m³, soit une abondance de 0.044 ind.1000m⁻³ (ou dam⁻³) ce qui correspond à 44 ind. hm⁻³.

Même si les capacités d'évitement de ces espèces sont probablement négligeables, leur capturabilité dans les différentes zones avec les engins utilisés n'est pas connue. Zavolokin et al. (2008) proposent de corriger les valeurs d'abondance par un facteur de capturabilité de 10% obtenu lors d'études antérieures en mer d'Okhotsk (mer marginale de l'océan Pacifique située entre le Japon et la Russie). Cependant, ce facteur est probablement inadapté à nos zones et à nos engins compte tenu de l'importante différence avec les zones étudiées. Le facteur de capturabilité pour les pêches de zooplancton gélatineux n'étant pas disponible, **il sera considéré que le caractère dérivant du zooplancton gélatineux ne lui permet pas d'éviter la capture.** De même, parler d'indices d'abondance en référence aux données

obtenues par les campagnes de chalutage semble plus pertinent que de considérer que les quantités calculées correspondent aux densités absolues de ces organismes dans le milieu.

5. Conclusion

Grâce à la base de données CASINO qui regroupe l'ensemble des informations liées aux chaluts, aux données de captures, et aux tailles collectées, **il est possible d'estimer un indice d'abondance de chaque taxon lors de chaque trait**. Cette abondance dépend du volume filtré, lui-même dépendant de la distance chalutée, de la vitesse du navire pendant le chalutage, de la surface d'ouverture du chalut, et de la taille des organismes.

La distance chalutée est calculée à partir (i) de la vitesse de surface du navire lors du chalutage, afin de rendre compte des effets associés aux courants, et (ii) de la durée totale de chalutage intégrant les phases de descente et de remontée pour lesquelles les durées, lorsqu'elles sont manquantes, peuvent être estimées par régression linéaire, tel que proposé dans cette note méthodologique. La régression linéaire est à effectuer indépendamment, pour chaque campagne, et prend en compte la profondeur de fin de filage ou de début de virage, le temps nécessaire pour la descente (ou la montée) du chalut, et le type de chalut.

Les calculs de **volume filtré** dépendent du type de chalut ainsi que des taxons considérés. Ces deux paramètres permettent de définir la zone du chalut filtrant chaque organisme : la taille des mailles du chalut diminue de l'ouverture vers le cul du chalut, impliquant une surface de filtration différente pour chaque organisme. La taille des organismes variant d'une campagne, d'une saison, voire d'une année à l'autre, cette approche sera donc appliquée à l'échelle de chaque trait.

Références

Aubert, A., E. Antajan, C. Lynam, S. Pitois, A. Pliru, S. Vaz, D. Thibault, No more reason for ignoring gelatinous zooplankton in ecosystem assessment and marine management: Concrete cost-effective methodology during routine fishery trawl surveys. *Marine Policy* 89 (2018) 100–108.

Costello, J.H., H.W. Mianzan, Sampling field distribution of *Mnemiopsis leidyi* (Ctenophora, Lobata): planktonic or benthic methods? *J. Plank. Res.* 25 (2003) 455–459.

Hays, G.C., T. Bastian, T.K. Doyle, S. Fossette, A.C. Gleiss, M.B. Gravenor, V.J. Hobson, N.E. Humphries, M.K.S. Lilley, N.G. Pade, D.W. Sims, High activity and Lévy searches: jellyfish can search the water column like fish, *Proc. R. Soc. B* 279 (1728) (2012) 465–473.

Le Roy, D. Manuel Technique GOV 36/49 Mission CGFS Partie Ouest (2018).

Lheureux, A., E. Goberville, D. Vincent, S. Vaz, E. Antajan. Dynamique spatio-temporelle du zooplancton gélatineux. Rapport intermédiaire 1. (2022).

Purcell, J. E., S. Uye, W.-T. Lo. Anthropogenic causes of jellyfish blooms and their direct consequences for humans: a review, *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 350 (2007) 153–174.

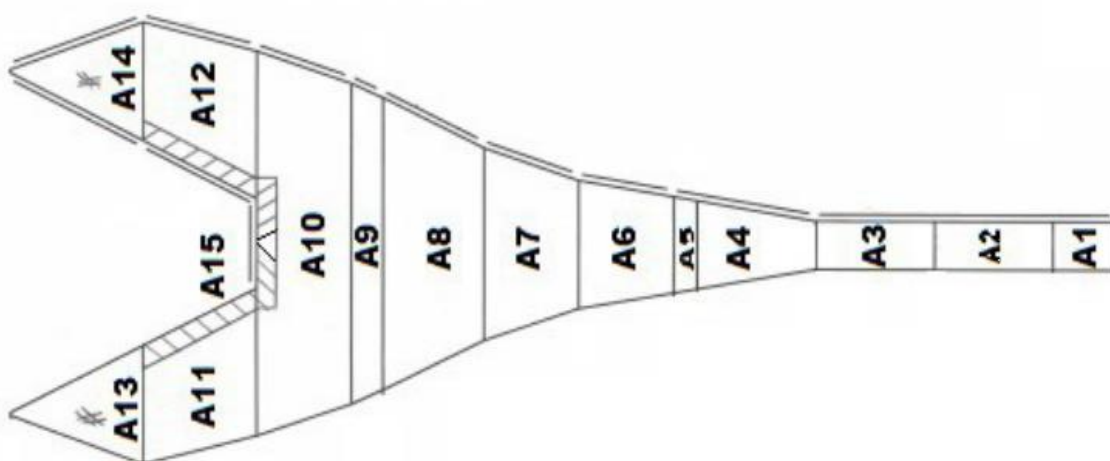
Suchman, C.L., R.D. Brodeur, Abundance and distribution of large medusae in surface waters of the northern California Current, *Deep Sea Res. II* 52 (1) (2005) 51–72.

Zavolokin, A.V., I.I. Glebov, N.S. Kosenok, Distribution, Quantitative Composition, and Feeding of Jellyfish in the Western Bering Sea in Summer and Fall. *Russian Journal of Marine Biology* 34 (7) (2008) 461–467.

Annexe : surface de filtration des chaluts utilisés lors des campagnes halieutiques optimisées DCSMM

GOV 36/49

a



b

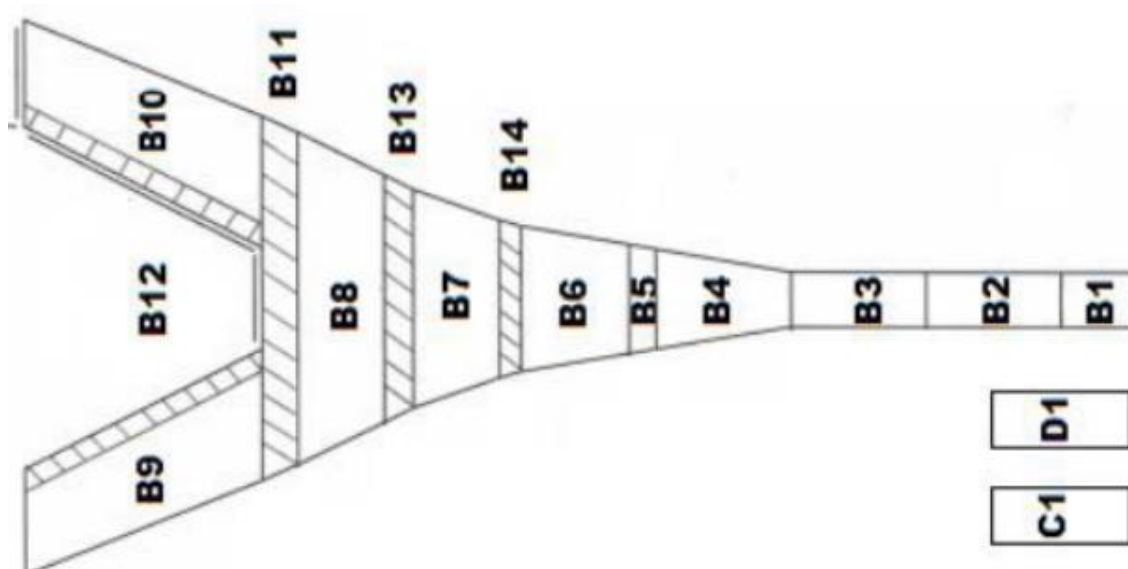


Figure 1 : Schéma des faces du dessus (dos ; a) et du dessous (ventre ; b) du chalut GOV 36/49 utilisé lors des campagnes CGFS. Le Roy (2018). Manuel Technique GOV 36/49 Mission CGFS Partie Ouest

Niveau du chalut (dos)	Nombre de mailles (dos)	Niveau du chalut (ventre)	Nombre de mailles (ventre)	Taille maille étirée (mm)	Côté de maille (C, mm)	Présence chaussette	Ouverture maille filtrante (d, mm)	Circonférence ouverture (P, m)	Surface ouverture (S, m²)
A9	200	B11	200	200	100	non	120	48	183
A8	228	B8	228	160	80	non	96	43.8	152
A7	200	B7	200	120	60	non	72	28.8	66
A6	200	B6	200	80	40	non	48	19.2	29
A5	240	B5	240	50	25	non	30	14.4	17
A4	220	B4	220	50	25	non	30	13.2	14
A3	120	B3	120	50	25	oui (10mm)	9.6	5.2	2
A2	120	B2	120	50	25	oui (10mm)	9.6	5.2	2
A1	75	B1	75	80	40	oui (10mm)	9.6	5.2	2

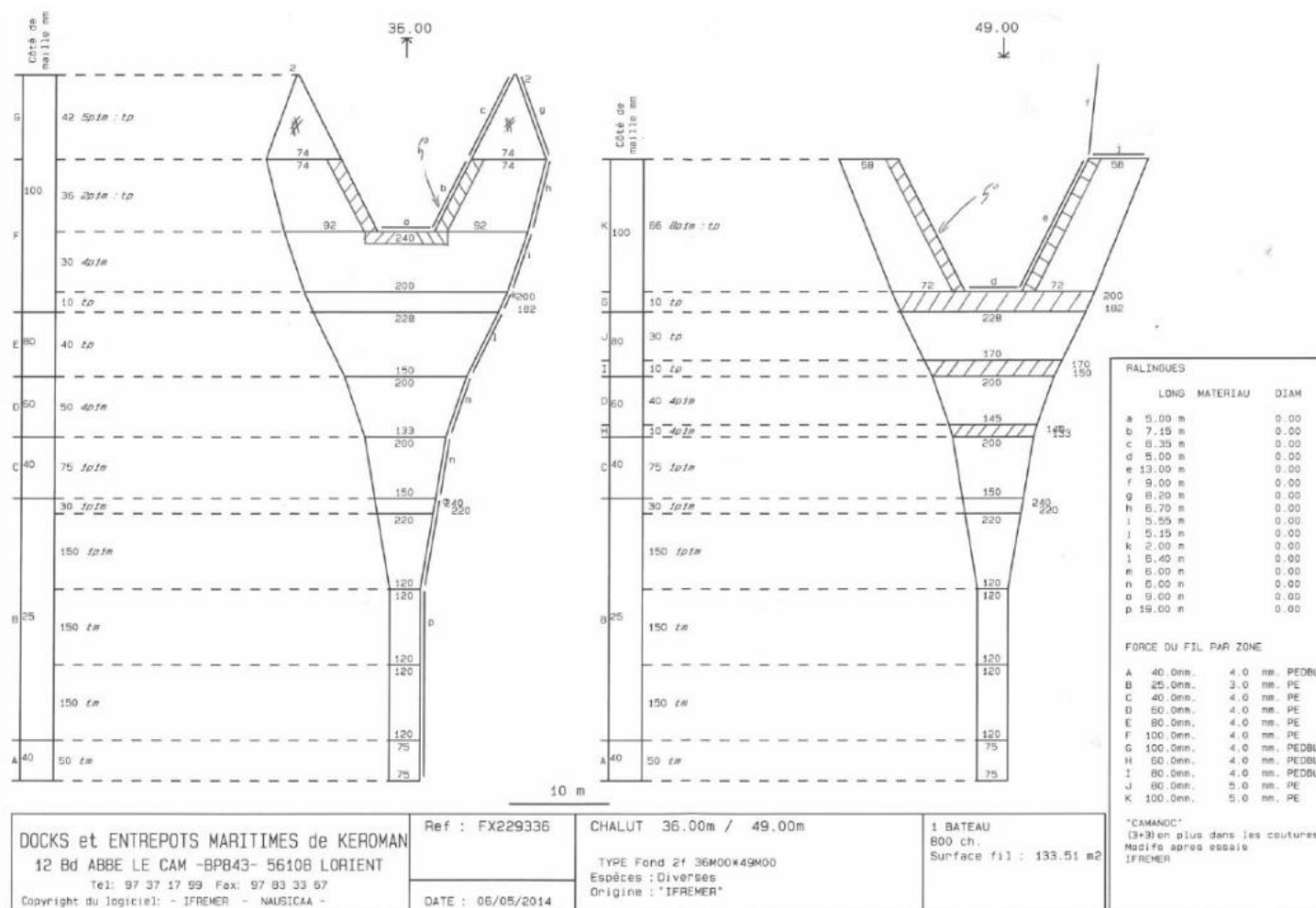
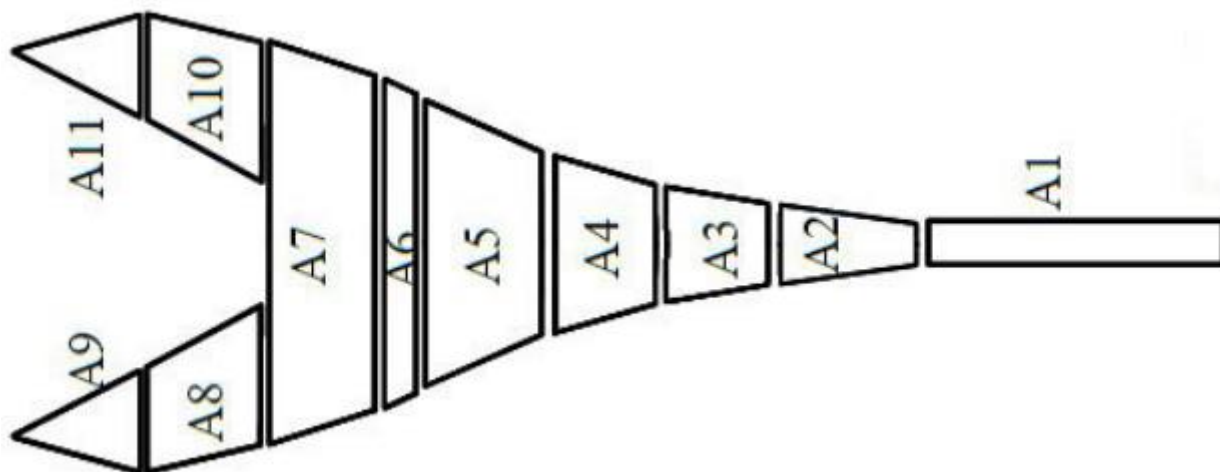


Figure 2 : Plan des faces du dessus et du dessous du chalut GOV 36/49 utilisé lors des campagnes CGFS. Le Roy (2018). Manuel Technique GOV 36/49 Mission CGFS Partie Ouest

GOV 36/47

a



b

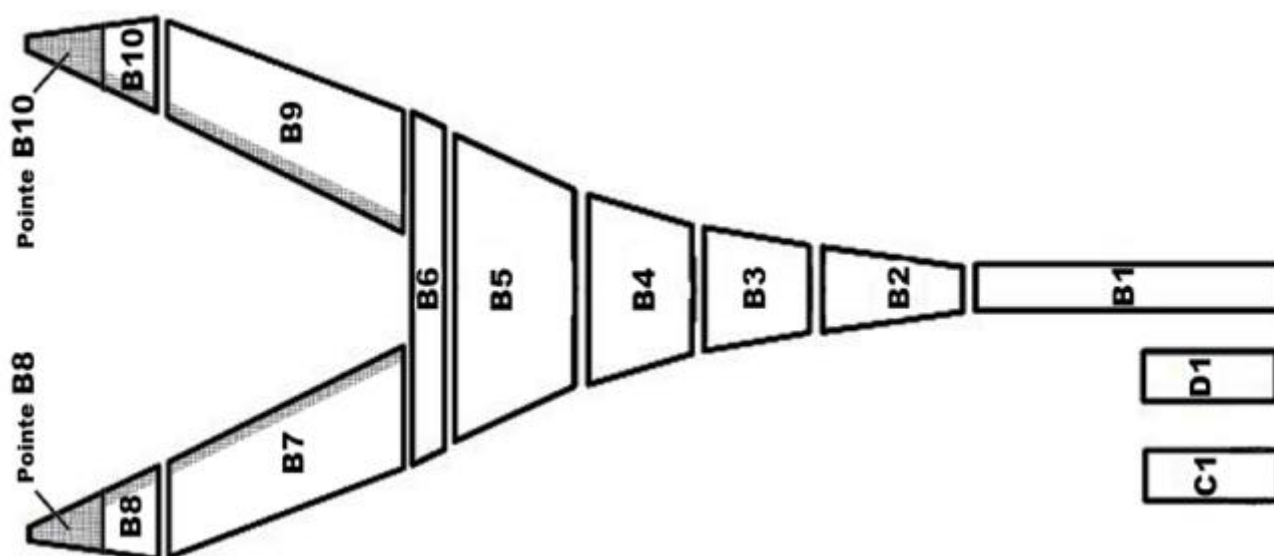


Figure 3 : Schéma des faces du dessus (dos ; a) et du dessous (ventre ; b) du chalut GOV 36/47 utilisé lors des campagnes CGFS, EVHOE et IBTS. Le Roy & Goascoz (2020). Manuel Technique GOV 36/47 Campagnes IBTS - CGFS Est - EVHOE

Niveau du chalut (dos)	Nombre de mailles (dos)	Niveau du chalut (ventre)	Nombre de mailles (ventre)	Taille maille étirée (mm)	Côté de maille (C, mm)	Présence chaussette	Ouverture maille filtrante (d, mm)	Circonférence ouverture (P, m)	Surface ouverture (S, m²)
A6	200	B6	200	200	100	non	120	48	183
A5	228	B5	228	160	80	non	96	43.8	152
A4	200	B4	200	120	60	non	72	28.8	66
A3	200	B3	200	80	40	non	48	19.2	29
A2	240	B2	240	50	25	non	30	14.4	17
A1	120	B1	200	50	25	oui (10mm)	9.6	7	4

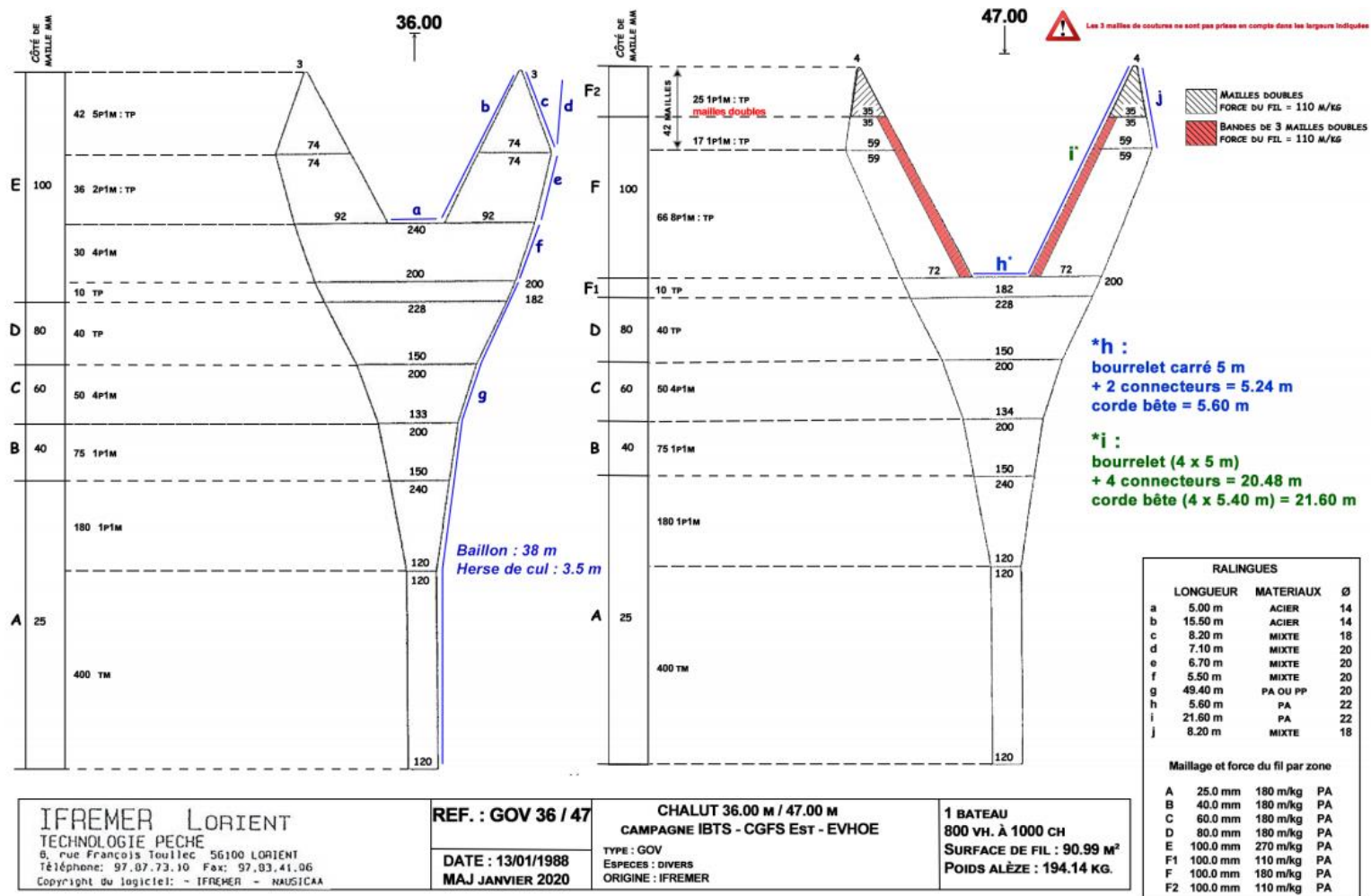


Figure 4 : Plan des faces du dessus et du dessous du chalut GOV 36/47 utilisé lors des campagnes CGFS, EVHOE et IBTS. Le Roy (2018). Manuel Technique GOV 36/49 Mission CGFS Partie Ouest

GOC 73

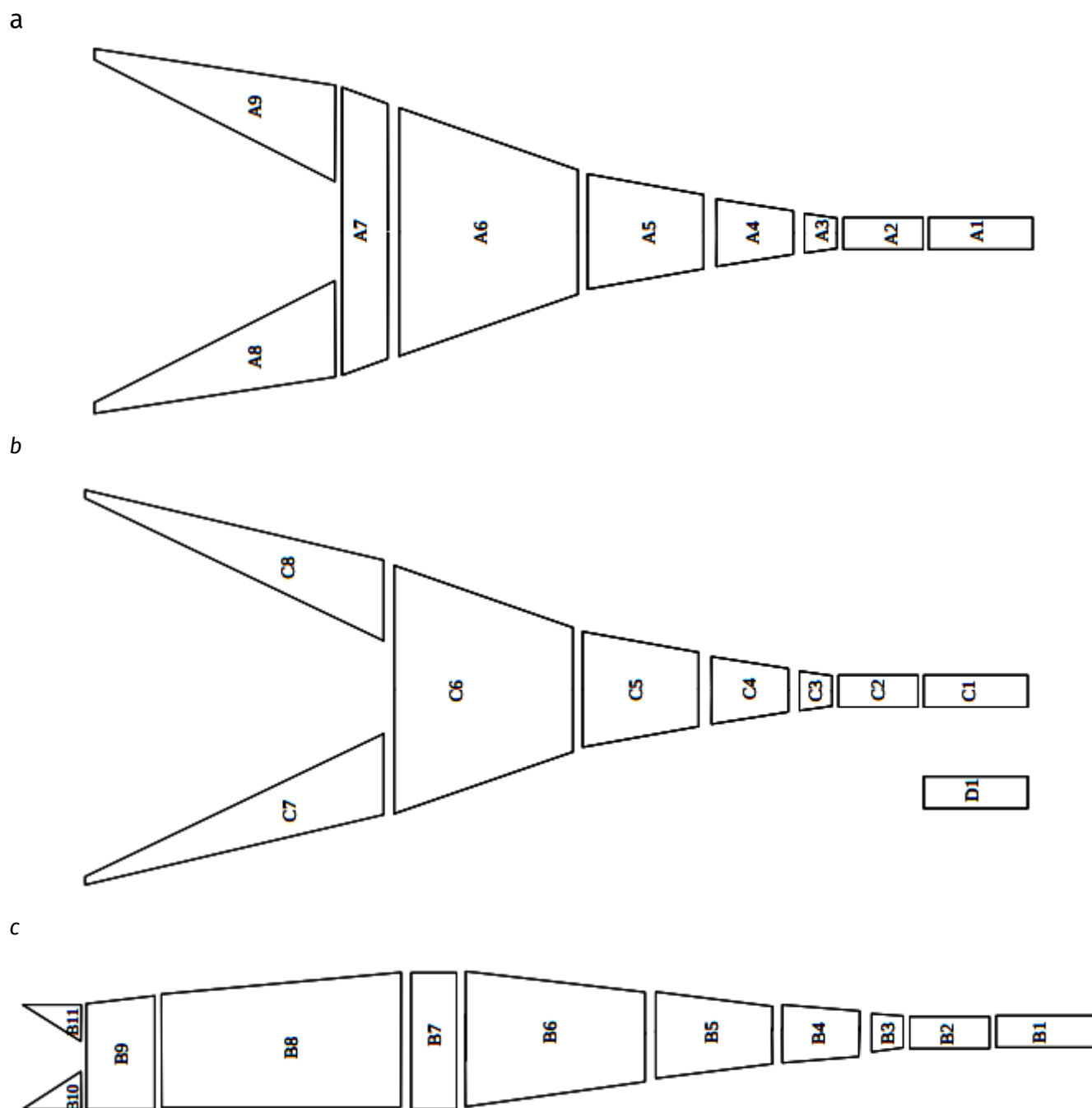


Figure 5 : Schéma des faces du dessus (dos ; a) et du dessous (ventre ; b) et des côtés babord et tribord (c) du chalut GOV 73 utilisé lors de la campagne MEDITS. Morandeau (2013). Manuel technique des chaluts utilisés pour les campagnes halieutiques de l'Ifremer

Niveau du chalut (dos)	Nombre de mailles (dos)	Niveau du chalut (ventre)	Nombre de mailles (ventre)	Niveau du chalut (côté)	Nombre de mailles (côté)	Taille maille étirée (mm)	Côté de maille (C, mm)	Présence chaussette	Ouverture maille filtrante (d, mm)	Circonférence ouverture (P, m)	Surface ouverture (S, m²)
A6	189	C6	189	B6	116	120	60	non	72	43.9	154
A5	175	C5	175	B5	114	80	40	non	48	27.7	61
A4	142	C4	142	B4	90	60	30	non	36	16.7	22
A3	120	C3	120	B3	90	40	20	non	24	10.1	8
A2	60	C2	60	B2	60	40	20	oui (10mm)	9.6	4.2	1.4
A1	120	C1	120	B1	120	20	10	oui (10mm)	9.6	4.2	1.4

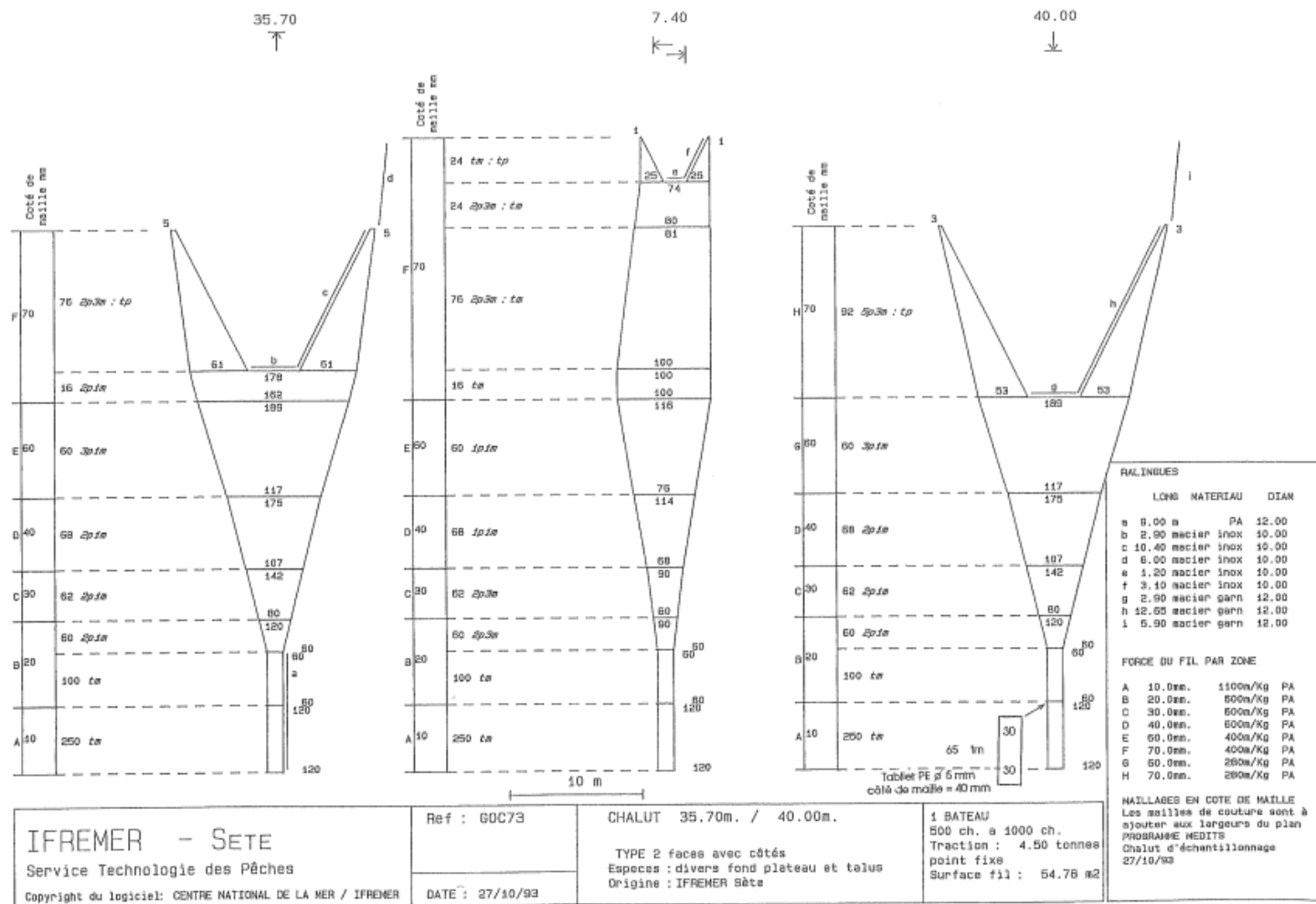


Figure 6 : Plan des faces du dessus et du dessous du chalut GOC 73 utilisé lors des campagnes MEDITS. Morandeau (2013). Manuel Technique des chaluts utilisés pour les campagnes halieutiques de l'Ifremer.

4FF176

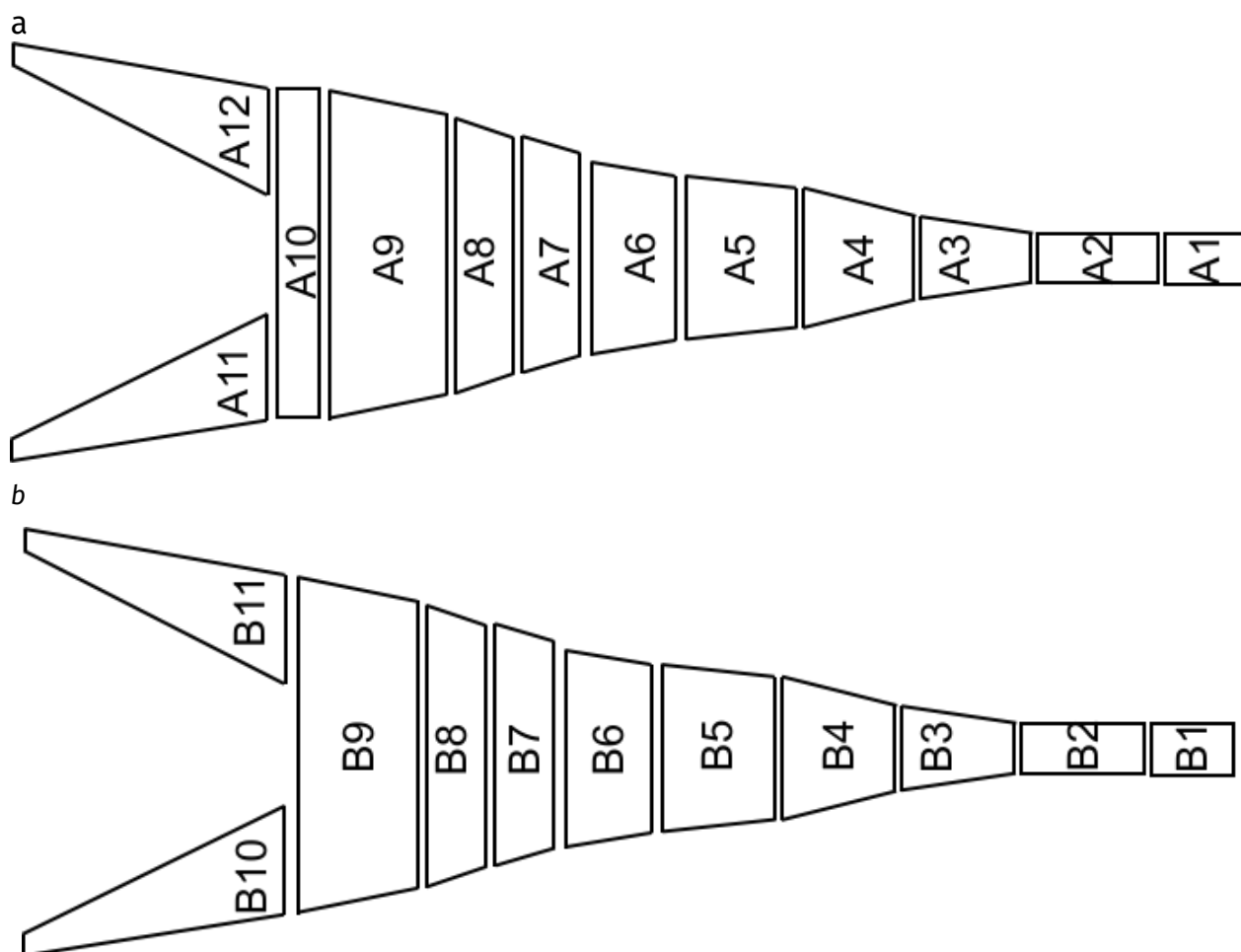


Figure 7 :Schéma des faces du dessus (dos ; a) et du dessous (ventre ; b) du chalut 4FF176 utilisé lors de la campagne PELMED.

Niveau du chalut (dos)	Nombre de mailles (dos)	Niveau du chalut (ventre)	Nombre de mailles (ventre)	Taille maille étirée (mm)	Côté de maille (C, mm)	Présence chaussette	Ouverture maille filtrante (d, mm)	Circonférence ouverture (P, m)	Surface ouverture (S, m²)
A9	38	B9	19	1600	800	non	960	54.7	238
A8	56	B8	30	800	400	non	480	41.3	136
A7	91	B7	51	400	200	non	240	34.1	92
A6	138	B6	86	200	100	non	120	26.9	57
A5	171	B5	114	120	60	non	72	20.5	34
A4	168	B4	124	80	40	non	48	14	16
A3	190	B3	160	40	20	non	24	8.4	6
A2	70	B2	70	40	20	oui (12mm)	10.5	2.4	0.5
A1	115	B1	115	24	12	oui (12mm)	10.5	2.4	0.5

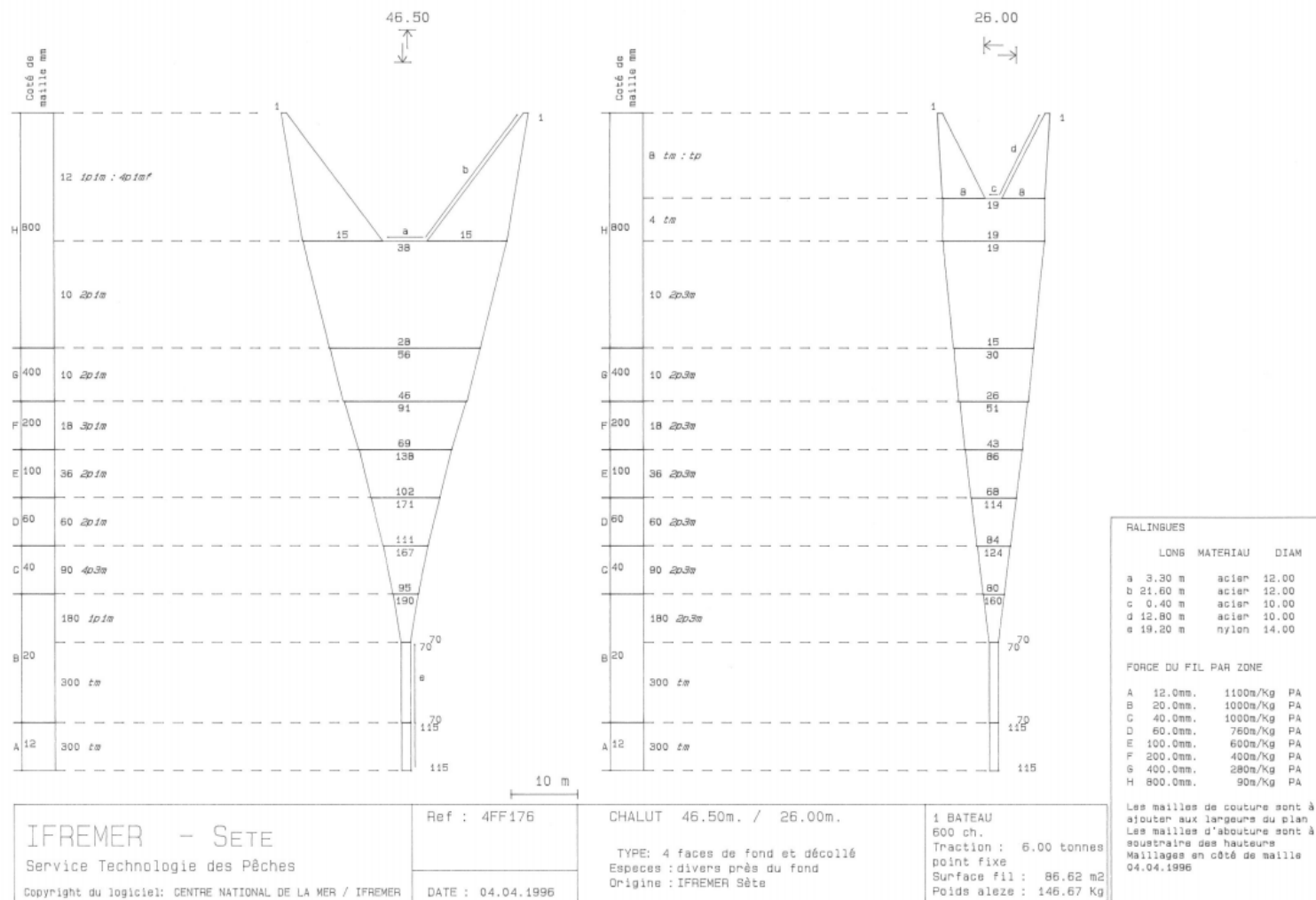


Figure 8 : Plan des faces du dessus et du dessous du chalut 4FF176 utilisé lors des campagnes PELMED. Ifremer Sete, Service Technologie des Pêches.

4PM159

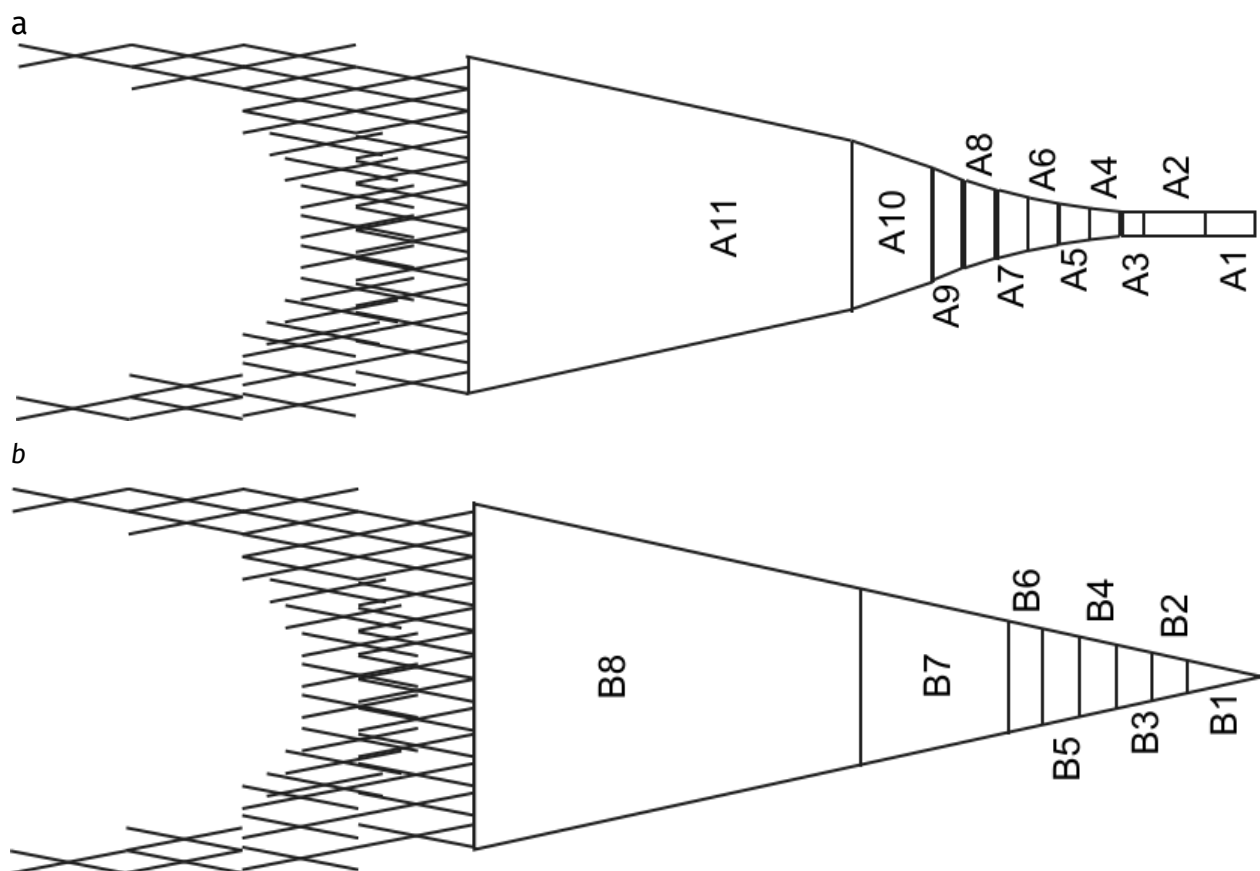


Figure 9 : Schéma des faces du dessus (dos ; a) et du dessous (ventre ; b) du chalut 4FF176 utilisé lors de la campagne PELMED.

Niveau du chalut (dos)	Nombre de mailles (dos)	Niveau du chalut (ventre)	Nombre de mailles (ventre)	Taille maille étirée (mm)	Côté de maille (C, mm)	Présence chaussette	Ouverture maille filtrante (d, mm)	Circonférence ouverture (P, m)	Surface ouverture (S, m²)
A11	45	B8	30	1600	800	non	960	72	413
A10	42	B7	34	800	400	non	480	36.5	106
A9	56	B6	48	400	200	non	240	25	50
A8	96	B5	80	200	100	non	120	21.1	35
A7	99	B4	80	160	80	non	96	17.2	23
A6	110	B3	76	120	60	non	72	13.4	14
A5	131	B2	69	80	40	non	48	9.6	7
A4	150	B1	52	60	30	non	36	7.3	2
A3*	120	/	/	60	30	oui (12mm)	10.5	2.1	0.3
A2*	180	/	/	40	20	oui (12mm)	10.5	2.1	0.3
A1*	300	/	/	24	12	oui (12mm)	10.5	2.1	0.3

* Les niveaux A1, A2 et A3 se referment sur eux même.

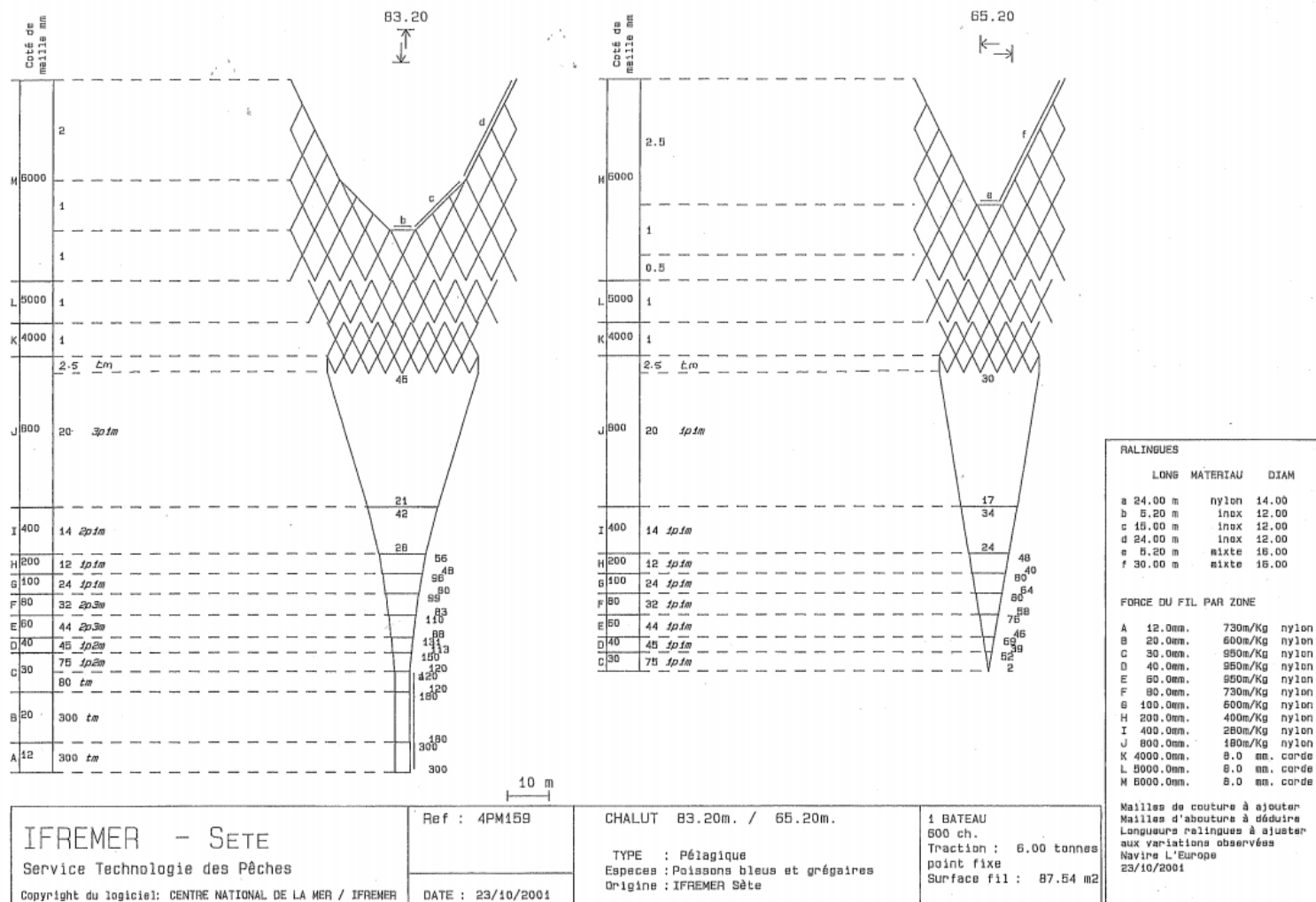


Figure 10 : Plan des faces du dessus et du dessous du chalut 4PM159 utilisé lors des campagnes MEDITS. Ifremer Sete, Service Technologie des Pêches.

76x70

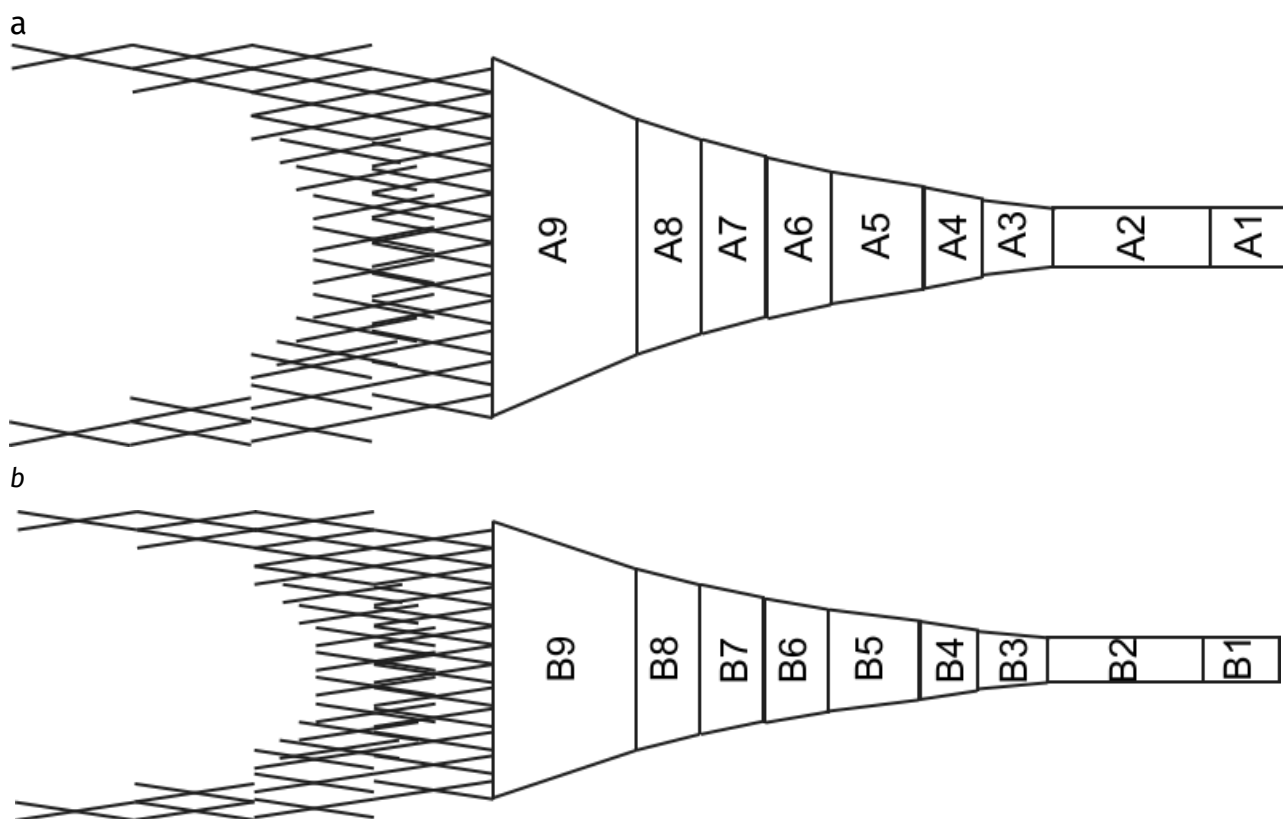


Figure 11 : Schéma des faces du dessus (dos ; a) et du dessous (ventre ; b) du chalut 76x70 utilisé lors de la campagne PELGAS.

Niveau du chalut (dos)	Nombre de mailles (dos)	Niveau du chalut (ventre)	Nombre de mailles (ventre)	Taille maille étirée (mm)	Côté de maille (C, mm)	Présence chaussette	Ouverture maille filtrante (d, mm)	Circonférence ouverture (P, m)	Surface ouverture (S, m²)
A9	35	B9	25	1600	800	non	960	57.6	264
A8	46	B8	38	800	400	non	480	40.3	129
A7	68	B7	64	400	200	non	240	31.7	80
A6	112	B6	112	200	100	non	120	26.9	57
A5	152	B5	152	120	60	non	96	29.2	38
A4	138	B4	138	80	40	non	48	13.2	14
A3	176	B3	176	40	20	non	24	8.4	6
A2	80	B2	80	40	20	oui (12mm)	10.5	2.8	0.6
A1	80	B1	80	40	20	oui (12mm)	10.5	2.8	0.6

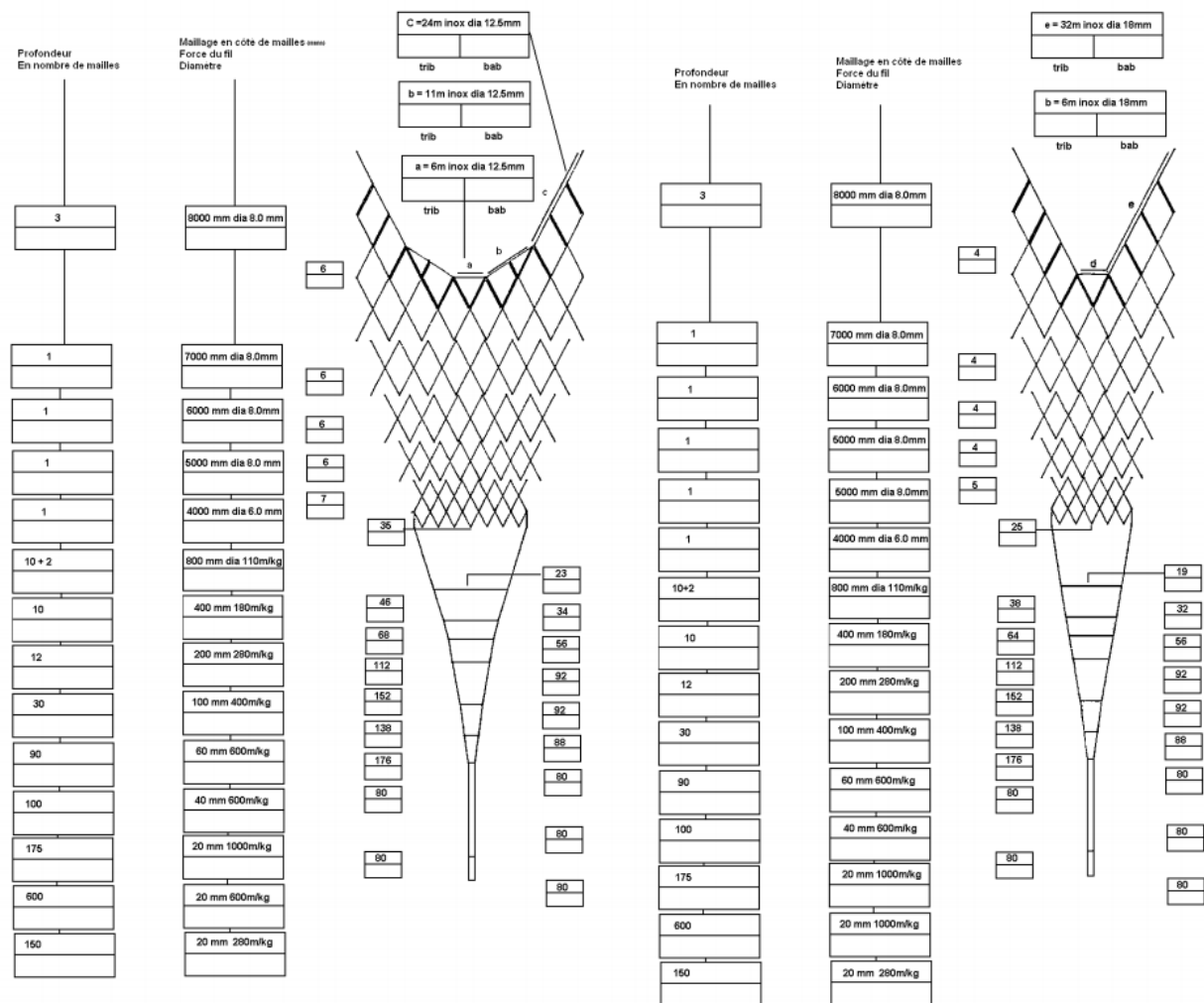
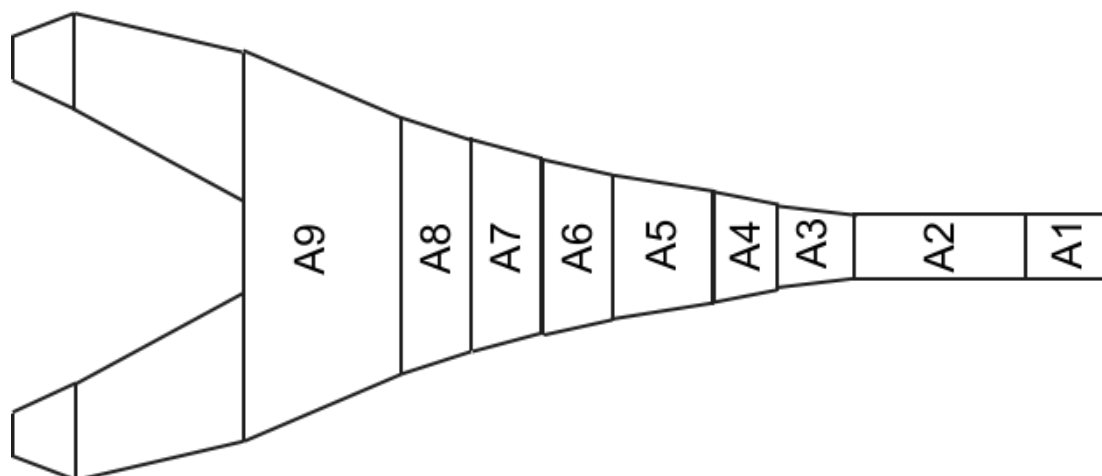


Figure 12 : Plan des faces du dessus et du dessous du chalut 76x70 utilisé lors des campagnes PELGAS.

57x52

a



b

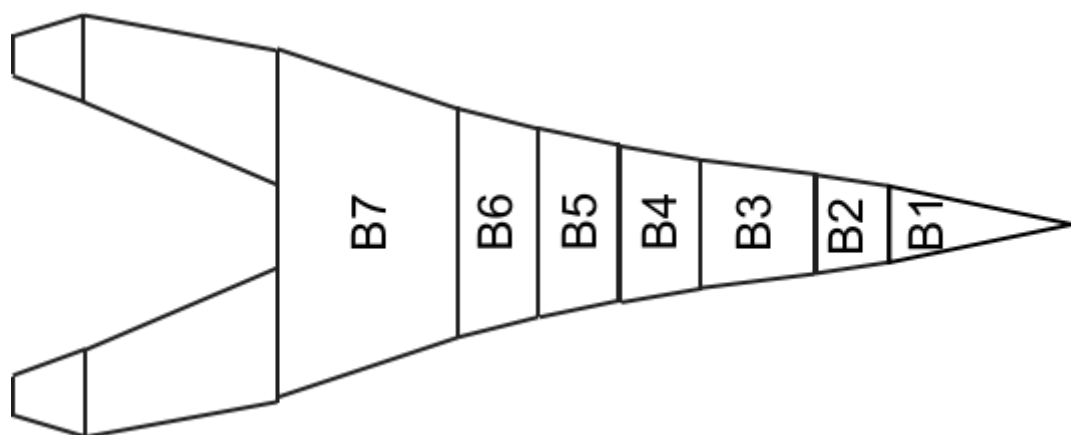


Figure 13 : Schéma des faces du dessus (dos ; a) et du dessous (ventre ; b) du chalut 57x52 utilisé lors de la campagne PELGAS.

Niveau du chalut (dos)	Nombre de mailles (dos)	Niveau du chalut (ventre)	Nombre de mailles (ventre)	Taille maille étirée (mm)	Côté de maille (C, mm)	Présence chaussette	Ouverture maille filtrante (d, mm)	Circonférence ouverture (P, m)	Surface ouverture (S, m²)
A9	85	B7	65	800	400	non	480	72	413
A8	98	B6	70	400	200	non	240	40.3	129
A7	172	B5	120	200	100	non	120	35	98
A6	185	B4	125	160	80	non	96	29.8	70
A5	198	B3	126	120	60	non	72	23.3	43
A4	237	B2	129	80	40	non	48	17.6	25
A3	225	B1	108	50	25	non	30	10	8
A2*	125	/	/	50	25	oui (12mm)	10.5	2.7	0.6
A1*	125	/	/	50	25	oui (12mm)	10.5	2.7	0.6

* Les niveaux A1 et A2 se referment sur eux même.

FICHE DE CONTROLE DU PELAGIQUE 57/52
Caractéristiques des maillages

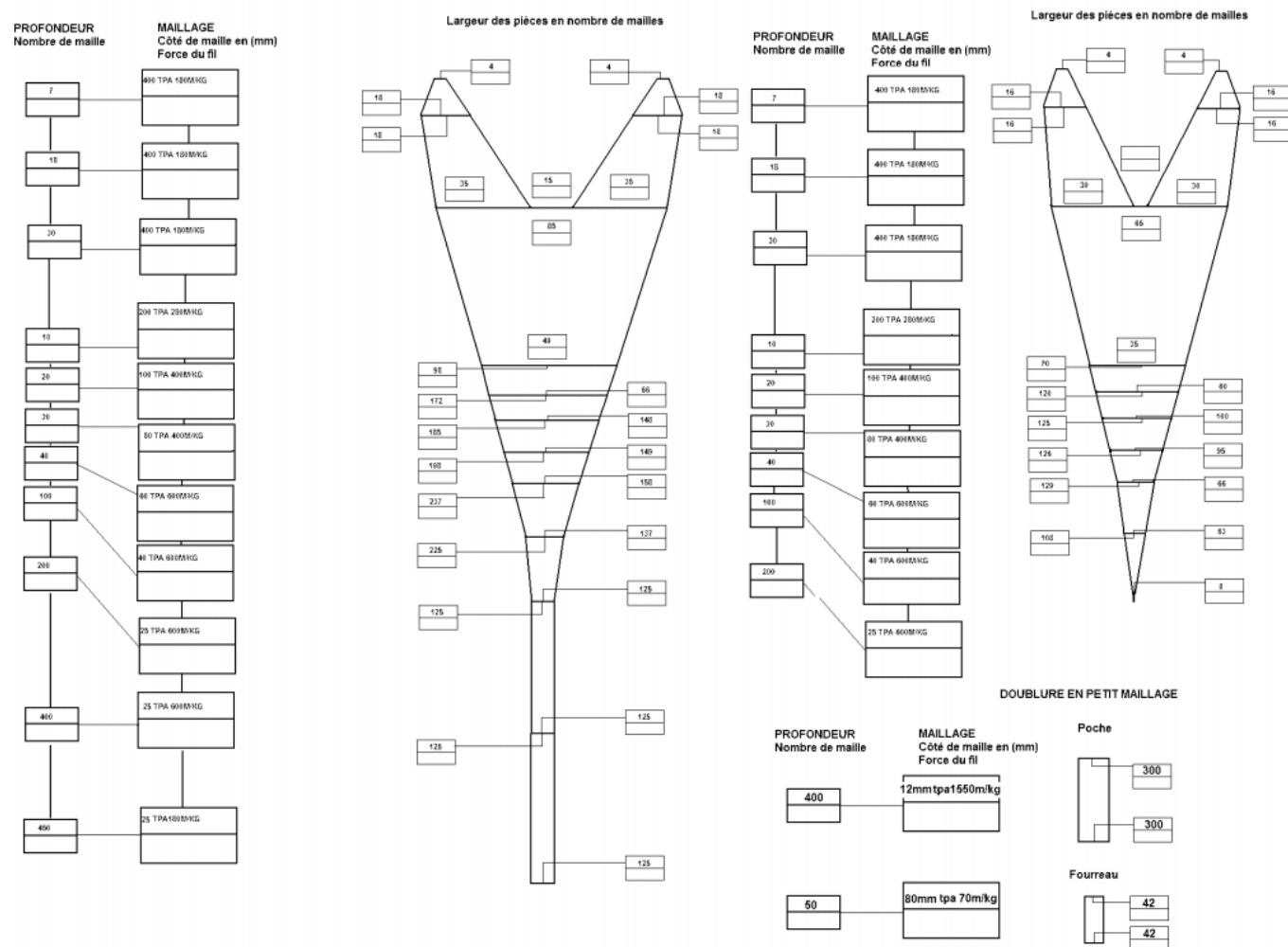


Figure 14 : Plan des faces du dessus et du dessous du chalut 57x52 utilisé lors des campagnes PELGAS.