



**SODIM**  
Société de développement de l'industrie maricole inc.

*Résistance et niveau d'usure des cordages de  
polypropylène utilisés sur les filières  
mytilicoles*

*Rapport final*

---

*Dossier n° 710.78*

*Rapport commandité par la SODIM*

*Juin 2008*



**RÉSISTANCE ET NIVEAU D'USURE DES  
CORDAGES DE POLYPROPYLENE UTILISÉS  
SUR LES FILIÈRES MYTILICOLES**

**RAPPORT FINAL**

**Juin 2008**



295, chemin Sainte-Foy  
Québec (Québec)  
Canada  
G1R 1T5

Tél. : (418) 522-4945  
Télec.: (418) 522-5218  
Courriel : [info@biorex.com](mailto:info@biorex.com)  
Site WEB: [www.biorex.com](http://www.biorex.com)



**RÉSISTANCE ET NIVEAU D'USURE DES  
CORDAGES DE POLYPROPYLÈNE UTILISÉS  
SUR LES FILIÈRES MYTILICOLES**



### **Référence à citer**

---

Bergeron, P. 2008. Résistance et niveau d'usure des cordages de polypropylène utilisés sur les filières mytilicoles. Rapport de Biorex inc. à la Société de développement de l'industrie maricole (SODIM). iii + 80 p.

**TABLE DES MATIÈRES**

**LISTE DES TABLEAUX..... II**

**LISTE DES FIGURES ..... III**

**LISTE DES ANNEXES ..... III**

**1. INTRODUCTION..... 1**

**2. MÉTHODOLOGIE..... 1**

2.1. Approche retenue..... 1

2.2. Sélection des filières ..... 2

2.3. Échantillonnage des filières..... 2

2.3.1. Filières ancrées à l'aide de corps-morts ..... 2

2.3.2. Filières ancrées à l'aide de pieux à hélice ..... 5

2.3.3. Autres cordages usagés..... 6

2.4. Cordage à l'état neuf..... 6

2.5. Cordage de type «Fuzzy rope» ..... 8

2.6. Résistance à la rupture ..... 8

2.6.1. Test de rupture ..... 8

2.7. Inspection des cordages ..... 9

2.7.1. Inspection externe..... 9

2.7.2. Inspection interne ..... 14

**3. RÉSULTATS..... 15**

3.1. Résistance à la rupture et élongation..... 15

3.1.1. Ligne d'amarrage..... 15

3.1.2. Ligne maîtresse ..... 18

3.1.3. Fuzzy rope..... 18

3.2. État des cordages ..... 19

3.2.1. Amarres reliées à des corps-morts ..... 19

3.2.2. Amarres reliées aux pieux à hélice ..... 22

3.3. Comparaison avec les critères de qualité ..... 24

**4. DISCUSSION..... 24**

**5. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS..... 29**

**6. RÉFÉRENCES..... 31**

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.	Caractéristiques des filières utilisées pour le prélèvement des cordages. ....	3
Tableau 2.	Caractéristiques des segments de cordage usagé prélevés sur quatre filières flottantes exploitées dans le Havre de Gaspé.....	7
Tableau 3.	Liste des dommages subis par un cordage toronné de polypropylène selon la source de détérioration. ....	10
Tableau 4.	Critères de remplacement des cordages synthétiques selon le type de dommage observé.....	12
Tableau 5.	Résistance à la rupture et allongement des cordages usagés prélevés sur quatre filières flottantes exploitées dans le Havre de Gaspé. ....	16
Tableau 6.	Nombre et répartition des fibres dans chaque type de cordage récupéré sur les amarres usagées du havre de Gaspé.....	17
Tableau 7.	Résistance à la rupture et allongement du cordage «Fuzzy rope» usagé et neuf. ....	18
Tableau 8.	Résultats de l'inspection externe des nœuds et segments A1-A2 prélevés sur les amarres des filières ancrées à des corps-morts. ....	20
Tableau 9.	Résultats de l'inspection interne des segments A1-A2 prélevés sur les amarres des filières ancrées à des corps-morts.....	21
Tableau 10.	Résultats de l'inspection externe des nœuds et segments A prélevés sur les amarres des filières ancrées aux pieux à hélice.....	23
Tableau 11.	Résultats de l'inspection interne des segments A prélevés sur les amarres des filières ancrées aux pieux à hélice.....	25
Tableau 12.	Comparaison entre l'état des cordages inspectés pour chaque filière et les critères de remplacement du «Cordage Institute». ....	26
Tableau 13.	Tension maximale dans les cordages des filières du Havre de Gaspé selon les résultats des simulations et calcul de la sollicitation résultante.....	28
Tableau 14.	Dépassement de la charge maximale d'utilisation des amarres de type Polysteel en présence d'un courant intermédiaire et extrême dans le havre de Gaspé.....	30

## LISTE DES FIGURES

Figure 1.	Localisation des concessions du havre de Gaspé où sont ancrées les filières sélectionnées pour caractériser l'usure des cordages.....	4
Figure 2.	Agencement des principales composantes d'une filière flottante submergée .....	4
Figure 3.	Emplacement des segments prélevés le long de chacune des amarres selon la distance qui les sépare du corps-mort. ....	5
Figure 4.	Illustration des bandes longitudinales de fils disposées le long de chaque toron .....	13
Figure 5.	Illustration des trois emplacements sur la face interne des amarres où ont été observées les particules.....	22

## LISTE DES ANNEXES

Annexe 1.	Glossaire .....	33
Annexe 2.	Documentation photographique .....	39
Annexe 3.	Résultats détaillés des tests de rupture.....	53





## 1. INTRODUCTION

Les filières flottantes utilisées pour l'élevage des mollusques au Québec sont composées essentiellement d'un cordage de polypropylène (ou un mélange de polypropylène et de polyéthylène) facilement disponible sur le marché et à prix abordable. Dès sa mise à l'eau, ce cordage subit une lente détérioration sous l'effet de la tension et des charges cycliques auxquelles il est soumis. Deux autres phénomènes peuvent aussi accentuer sa détérioration : le passage répété de la ligne maîtresse dans les poulies étoilées lors des opérations d'entretien ou de récolte et le frottement des amarres sur le fond (dans le cas d'ancres enfouies) ou le frottement entre l'amarre et l'organeau\*<sup>1</sup> (dans le cas des corps-morts). Cette abrasion pourrait entraîner une réduction de la durée de vie du cordage plus importante que celle résultant d'une détérioration normale et accroître de façon significative le risque de bris des filières lorsqu'elles sont soumises à de fortes tempêtes.

L'objectif de la présente étude est de recueillir des données préliminaires sur l'usure et la résistance à la rupture\* des cordages usagés (ligne maîtresse, amarre et «Fuzzy rope») prélevés sur des filières mytilicoles. Ces données préliminaires permettront de connaître l'état des cordages et d'établir si un projet de plus grande envergure visant à établir la relation entre l'âge des filières et le niveau de détérioration des cordages devrait être élaboré.

## 2. MÉTHODOLOGIE

### 2.1. APPROCHE RETENUE

L'objectif visé au départ était d'identifier après combien d'années d'utilisation en mer l'usure des cordages des filières flottantes est tel que le risque de rupture sous l'effet des courants, de la houle ou du levage en surface devient trop élevé. Pour répondre à cette question, il aurait fallu sacrifier un nombre relativement important de filières d'élevage afin d'évaluer l'évolution de l'usure des cordages en fonction de la durée de séjour en mer. Une telle approche aurait entraîné des coûts nettement plus importants que ce qui était prévu pour le projet.

Le Comité de suivi (CS) a plutôt proposé de minimiser le nombre de filières sacrifiées et de documenter, dans un premier temps, l'usure des cordages uniquement sur les filières les plus âgées et d'établir à partir de ces données s'il est nécessaire de mettre sur pied une étude plus poussée pour évaluer la durée de vie des cordages. Il y a eu un consensus à l'effet que les deux principales préoccupations soulevées par les mariculteurs devaient être abordées dans le cadre de cette étude : l'abrasion du cordage à son point d'attache sur l'ancrage et, dans le cas des ancres enfouies, à l'endroit où l'amarre pénètre dans les sédiments.

Le niveau de détérioration des cordages a donc été caractérisé selon l'approche suivante :

- prélever les cordages sur les filières les plus âgées exploitées dans le havre de Gaspé;

---

<sup>1</sup> Les termes suivis d'un astérisque sont définis à l'Annexe 1.

- évaluer la résistance à la rupture de segments de lignes d'amarrage susceptibles d'entrer en contact avec la face supérieure d'un corps-mort ou le fond marin; et
- évaluer le niveau d'abrasion sur les nœuds reliant les amarres à l'ancrage et sur les segments de ligne en contact avec le fond.

## **2.2. SÉLECTION DES FILIÈRES**

Les filières mytilicoles les plus âgées parmi celles exploitées dans le havre de Gaspé ont été sélectionnées en collaboration avec l'entreprise Moules Forillon (MFO). Deux types d'ancrage ont été considérés : le corps-mort et le pieu à hélice (Tableau 1). Les trois filières ancrées à l'aide de corps-morts ont été installées en octobre 1997. La filière n° 167 est la plus âgée : elle a séjourné en mer 7,5 ans et a été utilisée pour la production de moules pendant 7,3 années. Les filières n<sup>os</sup> 148 et 155 sont un peu moins vieilles puisqu'elles ont été endommagées en avril 1998 et les cordages ont été remplacés six mois plus tard. Elles ont donc séjourné en mer 6,75 ans et ont porté des boudins de moules pendant 6,7 ans. Les trois filières ancrées avec des pieux à hélice étaient en place depuis mars ou juin 1999. Elles ont été utilisées pour le grossissement des moules pendant 2,2 à 3,75 ans.

L'emplacement des concessions où sont ancrées ces filières est présenté à la Figure 1. L'étoile apparaissant dans la concession G236 indique l'emplacement des trois filières munies de pieux à hélices.

## **2.3. ÉCHANTILLONNAGE DES FILIÈRES**

Les cordages ont été prélevés sur la ligne d'amarrage et la ligne maîtresse (Figure 2). L'emphase a été mise sur les amarres puisque ces lignes ne sont pas accessibles de la surface et ne peuvent pas être inspectées régulièrement par les mariculteurs comme c'est le cas pour la ligne maîtresse.

### **2.3.1. Filières ancrées à l'aide de corps-morts**

Les trois filières ancrées avec des corps-morts ont été échantillonnées le 21 juillet 2005. Les boudins, bouées et pesées attachés sur la ligne maîtresse ont d'abord été retirés. Chacune des amarres a ensuite été détachée de l'organeau en plongée sous-marine de façon à conserver intact le nœud la reliant au corps-mort. Les salissures fixées sur la ligne ont été retirées à la main au fur et à mesure qu'elle était hissée sur le pont du bateau. Les segments suivants ont été prélevés sur chacune des amarres et leur emplacement est illustré sur la Figure 3 :

- un segment désigné N de 0,8-1,5 m de longueur qui correspond à la portion de l'amarre nouée sur l'organeau (le nœud);

Tableau 1. Caractéristiques des filières utilisées pour le prélèvement des cordages.

Type d'ancrage	No. de la filière	No. de la concession	Date d'installation	Nombre d'années		Segments prélevés <sup>(2)</sup>		
						sur les amarres		sur la ligne maîtresse
				en mer	en production <sup>(1)</sup>	test rupture	inspection	test rupture
Corps-mort	167	G230	04-10-1997	7,5	7,3	2B1+2B2	2N+2A1+2A2	-
	148	G230	04-10-1997 <sup>(3)</sup>	6,75	6,70	2B1+2B2	2N+2A1+2A2	-
	155	G230	04-10-1997 <sup>(3)</sup>	6,75	6,70	2B1+2B2	2N+2A1+2A2	1C1+ 1C2
Pieu à hélice	1	G236	05-03-1999	6,3	2,2	-	2N+2A	-
	2	G236	14-06-1999	6,1	2,2	-	2N+2A	-
	3	G236	14-06-1999	6,1	3,75	-	2N+2A	-

(1) Nombre d'années d'utilisation d'une filière pour le grossissement en boudins.

(2) Voir le texte pour la désignation des segments prélevés.

(3) Filière installée en 1997, endommagée en avril 1998 et remplacée en octobre 1998.

nd non déterminé.

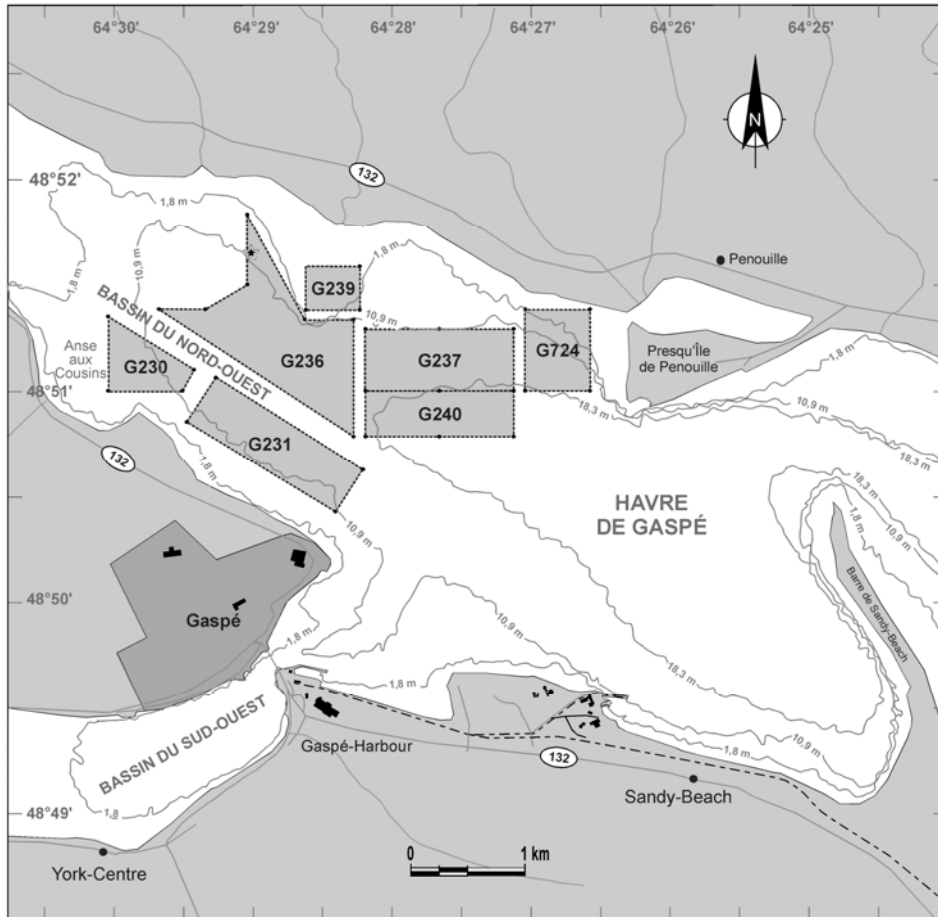


Figure 1. Localisation des concessions du havre de Gaspé où sont ancrées les filières sélectionnées pour caractériser l'usure des cordages.

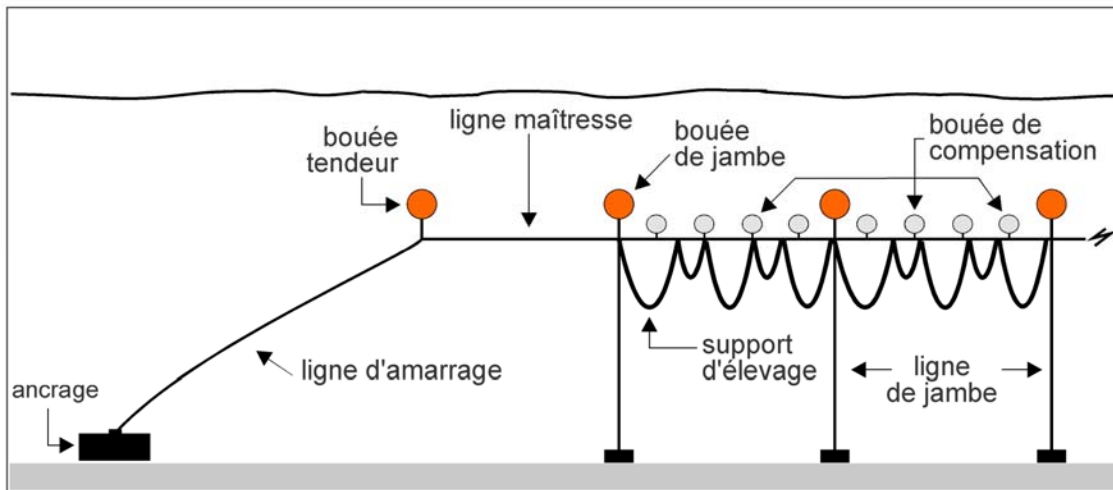
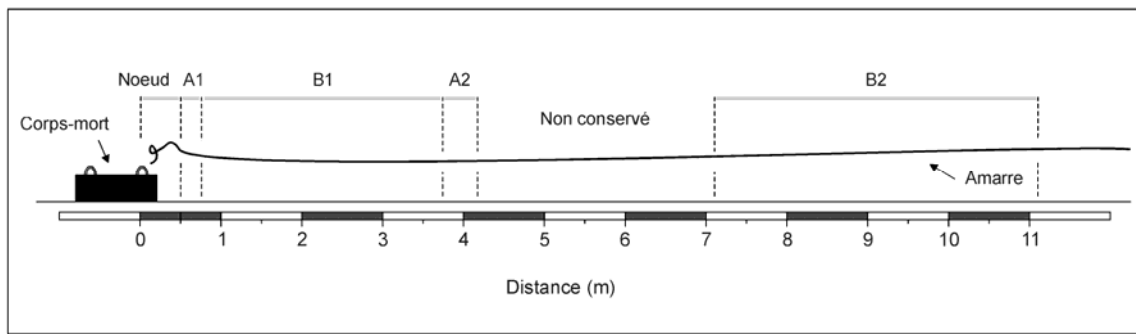


Figure 2. Agencement des principales composantes d'une filière flottante submergée. Croquis non à l'échelle.

- un segment désigné A1 de 0,3 m de longueur débutant immédiatement à l'extrémité du segment N. Il s'agit de la portion du cordage la plus susceptible de frotter sur la face supérieure du bloc;
- un segment désigné B1 de 4 m de longueur (quelques-uns ont 3 m) débutant immédiatement à l'extrémité de A1. Il s'agit du segment de la ligne d'amarrage qui risque le plus de frotter sur le fond;
- un segment désigné A2 de 0,3 m de longueur débutant immédiatement à l'extrémité de B1. Il s'agit d'un segment témoin pour comparer avec le segment A1; et
- un segment désigné B2 de 4,0 m de longueur débutant à 3 m de l'extrémité de A2. Il s'agit d'un segment témoin qui est moins susceptible de frotter sur le fond et qui sera comparé avec le segment B1.



**Figure 3. Emplacement des segments prélevés le long de chacune des amarres selon la distance qui les sépare du corps-mort.**

Les segments désignés par les lettres N et A sont ceux qui ont été inspectés en laboratoire alors que les segments désignés par la lettre B sont ceux qui ont été soumis à un test de rupture. Six segments N et A ont été récoltés sur chacune des filières sélectionnées (3 par amarre x 2 amarres par filière; Tableau 1) pour un total de 18 segments. Le nombre de segments B est de 4 par filière (deux par amarre) pour un total de 12.

La ligne maîtresse de l'une des trois filières sélectionnées a également été échantillonnée pour une évaluation de sa résistance à la rupture. Deux segments de 4 m de longueur ont été prélevés approximativement au centre de la ligne dont la longueur totale atteint 200 m.

### **2.3.2. Filières ancrées à l'aide de pieux à hélice**

Les deux amarres sur chacune des trois filières ancrées à l'aide de pieux à hélice ont été récupérées le 21 juillet 2005 après avoir arraché les ancrages lors d'essais de traction<sup>2</sup>. Aucune inspection sous-marine n'a eu lieu avant le retrait de ces filières. Les deux segments suivants ont été prélevés sur chacune des amarres :

<sup>2</sup> Les résultats de ces essais sont présentés dans Bergeron (2008).

- un segment désigné N de 1,5-2,0 m de longueur qui correspond à la portion de l'amarre nouée à la partie supérieure du pieu; et
- un segment désigné A de 0,8-1,4 m de longueur chevauchant la portion de l'amarre située à l'interface eau/sédiments.

Ce segment A était facilement repérable en raison du changement de la couleur du cordage entre la portion enfouie dans les sédiments anoxiques (coloration noirâtre) et celle située hors des sédiments qui avait conservé sa couleur originale et qui le plus souvent était recouverte de quelques colonies d'hydres. La longueur du segment échantillonné était suffisamment longue pour que ces deux portions soient prélevées.

Les trois filières sélectionnées ont permis de récupérer six segments N et six segments A (Tableau 1). Ces segments ont été identifiés et conservés pour une inspection en laboratoire (voir la section 2.7). Aucun échantillon n'a été prélevé en prévision de tests de rupture compte tenu que ces amarres avaient été soumises à une tension élevée lors de l'arrachement des pieux, entraînant ainsi un biais dans leur résistance à la rupture.

### **2.3.3. Autres cordages usagés**

De vieilles filières appartenant à l'entreprise MFO avaient été retirées de l'eau au cours de la semaine du 11 juillet 2005 et entreposées à terre. Un segment de 4 m de longueur a été prélevé sur la ligne maîtresse de l'une de ces filières afin d'en évaluer la résistance à la rupture. L'historique de cette filière n'est pas connu de façon précise : on sait qu'elle aurait été mise à l'eau vers 1997 de sorte qu'elle aurait séjourné environ sept ans en mer.

### **2.4. CORDAGE À L'ÉTAT NEUF**

La charge de rupture\* des cordages usagés doit être comparée à celle de cordages neufs non utilisés similaires pour pouvoir évaluer la réduction de leur résistance avec le temps. Cinq types de cordage usagé ont été recueillis sur les filières décrites précédemment et soumis aux tests de rupture (Tableau 2). Le cordage neuf, non utilisé et de même diamètre que l'usagé a été trouvé uniquement pour l'Aqualine. Dans le cas du cordage BBR de couleur bleu/blanc/rouge, le seul segment neuf disponible avait un diamètre de 5/8 po alors qu'il en aurait fallu un de 7/8 de pouce.

Il n'a malheureusement pas été possible de trouver une portion neuve pour les autres types de cordage : le stock en inventaire chez le mariculteur était écoulé depuis quelques années et ce type de cordage n'était plus disponible chez les principaux distributeurs d'agrès de pêche du Québec et des Maritimes.

**Tableau 2. Caractéristiques des segments de cordage usagé prélevés sur quatre filières flottantes exploitées dans le Havre de Gaspé.**

Filière n°.	Composante	Identification <sup>(1)</sup>	Diamètre		Couleur	Type <sup>(2)</sup>	Photo de l'Annexe 2	Cordage neuf disponible
			mm	po				
167	amarre	BBR	22	7/8	bleu, blanc, rouge	PP; 3 torons sans brin traceur	Cat. 2; cliché 1	oui Ø = 5/8
148	amarre	V1	19	3/4	vert	PP; 3 torons sans brin traceur	Cat. 2; cliché 4	non
155	amarre	Aqualine	19	3/4	vert	PP; 3 torons avec brin traceur orange	Cat. 2; cliché 3	oui Ø = 3/4
155	ligne maîtresse	BV	16	5/8	bleu-vert	PP; 3 torons sans brin traceur	-	non
nd	ligne maîtresse	RR1	16	5/8	jaune	PP; 3 torons avec brin traceur vert	-	non

(1) : Le nom commercial n'était connu que pour un type de cordage.

(2) : PP; cordage de polypropylène.

nd : non disponible



## **2.5. CORDAGE DE TYPE «FUZZY ROPE»**

Le «Fuzzy rope» est un cordage utilisé par les mariculteurs pour la fabrication du boudin en continu. Les moules sont enveloppées autour de cette corde à l'aide d'un filet de coton biodégradable. Les jeunes moules se fixent sur le «Fuzzy rope» qui, après la dissolution du filet de coton, constitue le support d'élevage pour toute la durée du grossissement. Ce boudin est fabriqué en une seule pièce pouvant atteindre 800 m de longueur sur une seule filière et est attaché à intervalle de 0,75 m le long de la ligne maîtresse de sorte que le boudin forme des «U» successifs sous la ligne (Figure 2). Au moment de la récolte hivernale, les cordes («droppers») qui relient le boudin à la ligne maîtresse sont coupées en plongée sous-marine puis le boudin est hissé graduellement par un trou pratiqué dans la glace. Le bris du «fuzzy rope» survient fréquemment au cours de cette opération, ce qui oblige les plongeurs à retourner sous l'eau pour récupérer le boudin.

Cinq échantillons de «Fuzzy rope» noir fournis par l'entreprise Moules de Gaspé ont été soumis à des tests de rupture : quatre segments de 4 m de longueur ont été prélevés sur du cordage usagé et un autre de même longueur sur du cordage neuf.

## **2.6. RÉSISTANCE À LA RUPTURE**

### **2.6.1. Test de rupture**

Les tests de rupture ont été effectués en mars 2006 par la firme Sea-Alec inc, une division des Entreprises Shippagan Ltée du Nouveau-Brunswick selon les directives de la norme CI-1500 du Cordage Institute (CI, 2002). La résistance à la rupture\* a été évaluée à l'aide d'un tensiomètre sur des portions de cordage entier (sans délier les trois torons\*) de 3-4 m de longueur selon le protocole suivant:

- photographie de chaque segment de cordage avant et après le test;
- chaque extrémité du cordage a été fixée à l'appareil à l'aide d'une épissure à oeil ;
- les tests ont été effectués à la température de la pièce (20 °C) et à sec;
- la traction a été appliquée à un taux correspondant à un étirement de 100 mm à la minute jusqu'à ce que l'échantillon rupture.

Le tensiomètre mesure la résistance à la rupture et l'élongation de chacun des segments de cordage testés. La résistance à la rupture est la force qui a été exercée dans l'axe longitudinal du cordage pour provoquer sa rupture. Bien que les unités pour décrire la traction appliquée sont le kilogramme-force (kgf), le symbole kg sera utilisé dans le présent rapport.

L'élongation correspond à l'accroissement de la longueur du cordage au moment de sa rupture exprimé comme un pourcentage de la longueur du segment avant qu'il ne soit mis sous tension.

Le calcul est le suivant :

$$L_r - L_0 / L_0 \cdot 100$$

où  $L_r$  : longueur du cordage au moment de sa rupture (mm);

$L_0$  : longueur initiale du segment testé (mm);

Une courbe élongation et charge appliquée a été produite pour chacun des tests effectués.

## **2.7. INSPECTION DES CORDAGES**

L'inspection en laboratoire visait essentiellement à déceler si les parois externes et internes des cordages usagés étaient endommagées. Les critères d'inspection ont été établis à partir des dommages les plus couramment observés sur des cordages de polypropylène tel qu'établis par le «Cordage Institute» (CI, 2004) et la marine américaine (US Navy, 1999; Tableau 3). Les descripteurs utilisés sont les suivants :

- la circonférence du cordage;
- le nombre de coques\*;
- le nombre de torons et de fils en saillie;
- le nombre de fils coupés;
- le nombre de zones abrasées, durcies ou fondues; et
- la présence de poudre à l'intérieur du cordage entre les torons voisins.

Ces descripteurs ont été utilisés pour établir si l'ampleur des dommages dépasse les critères établis par le «Cordage Institute» pour le remplacement des cordages usagés (Tableau 4). Le protocole d'inspection est présenté dans les deux sections suivantes.

### **2.7.1. Inspection externe**

L'inspection externe des segments N et A a été effectuée selon les étapes suivantes dont plusieurs sont inspirées de CI (2004) :

- chaque échantillon de cordage a d'abord été photographié avant de procéder à l'inspection;
- chaque extrémité du cordage a été entourée d'un mince fil d'acier pour éviter que le cordage ne se décommette\*;
- les principales caractéristiques du cordage ont été notées (nombre de torons, couleur, flexibilité, type de salissures, etc.);

Tableau 3. Liste des dommages subis par un cordage toronné de polypropylène selon la source de détérioration.  
Sources : CI, 2004; US Navy, 1999.

Source de détérioration	Type de dommages sur un cordage toronné	Portion de la filière pouvant être affectée		Remarques
		Ligne maîtresse	Amarre	
Surcharge* répétée	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fonte des fibres à l'intérieur du cordage.</li> <li>• Extension du cordage.</li> </ul>	X	X	Peut ne pas être détectable par inspection externe ou interne.
Tension cyclique*	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fatigue*.</li> <li>• Abrasion des fibres*.</li> <li>• Présence de fils* brisés, feutrés et d'un résidu poudreux à l'intérieur du cordage là où les torons frottent l'un sur l'autre.</li> </ul>	X	X	
Abrasion externe*	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence d'un duvet* à la surface du cordage.</li> <li>• Présence de rainures sur l'une des faces de la corde avec des fils coupés.</li> <li>• Le frottement d'un cordage sous tension sur une surface courbe peut entraîner la fonte des fils et une coloration noire.</li> </ul>	X	X	Le polypropylène est beaucoup plus sensible à l'abrasion que le polyester.
Coupures	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence de fils coupés qui font saillie sur la périphérie du cordage.</li> </ul>	X	X	
Fluage*	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Allongement du cordage au-delà de son élasticité (allongement définitif).</li> </ul>	X	X	Le fluage ne peut pas être détecté par inspection visuelle. La longueur du cordage soumis à une tension de référence doit être mesurée sur une portion neuve avant son utilisation et sur une portion usagée du même cordage.
Toron* ou fil en saillie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Saillie d'un ou plusieurs fils ou d'un toron entier.</li> </ul>	X	X	
Coque*	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Une coque peut se former lorsqu'un cordage à 3 torons se tord dans le sens inverse du commettage*, ce qui endommage le cordage de façon permanente.</li> </ul>	X	X	Une coque ne peut se former sur les cordages d'une filière qu'au moment de son installation ou lors du remplacement d'une portion de cordage.
Dégradation par les rayons ultraviolets*	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Décoloration et fragilisation des fils de couverture.</li> </ul>	n/a	n/a	Le polypropylène est particulièrement sensible aux UV mais cette forme de dégradation est difficile à diagnostiquer. Des tests de rupture sont le plus souvent requis pour un diagnostic fiable.

Source de détérioration	Type de dommages sur un cordage toronné	Portion de la filière pouvant être affectée		Remarques
		Ligne maîtresse	Amarre	
Rouille	<ul style="list-style-type: none"> <li>Taches de rouille sur les surfaces en contact avec le métal corrodé.</li> </ul>	-	X	La rouille n'attaque pas le polypropylène de façon importante et n'est pas susceptible de réduire la résistance du cordage .
Matériel particulaire	<ul style="list-style-type: none"> <li>Abrasion des fils et fibres internes : présence de fils coupés, effilochés et d'un résidu poudreux à l'intérieur du cordage.</li> </ul>	X	X	Bien que la ligne maîtresse ne soit pas en contact avec le fond, elle peut être recouverte d'une gaine de moules contenant de fines particules susceptibles de pénétrer entre les torons du cordage.

\* Les termes marqués d'un astérisque sont définis à l'Annexe 1.

**Tableau 4. Critères de remplacement des cordages synthétiques selon le type de dommage observé. Sources : CI, 2004; US Navy, 1999.**

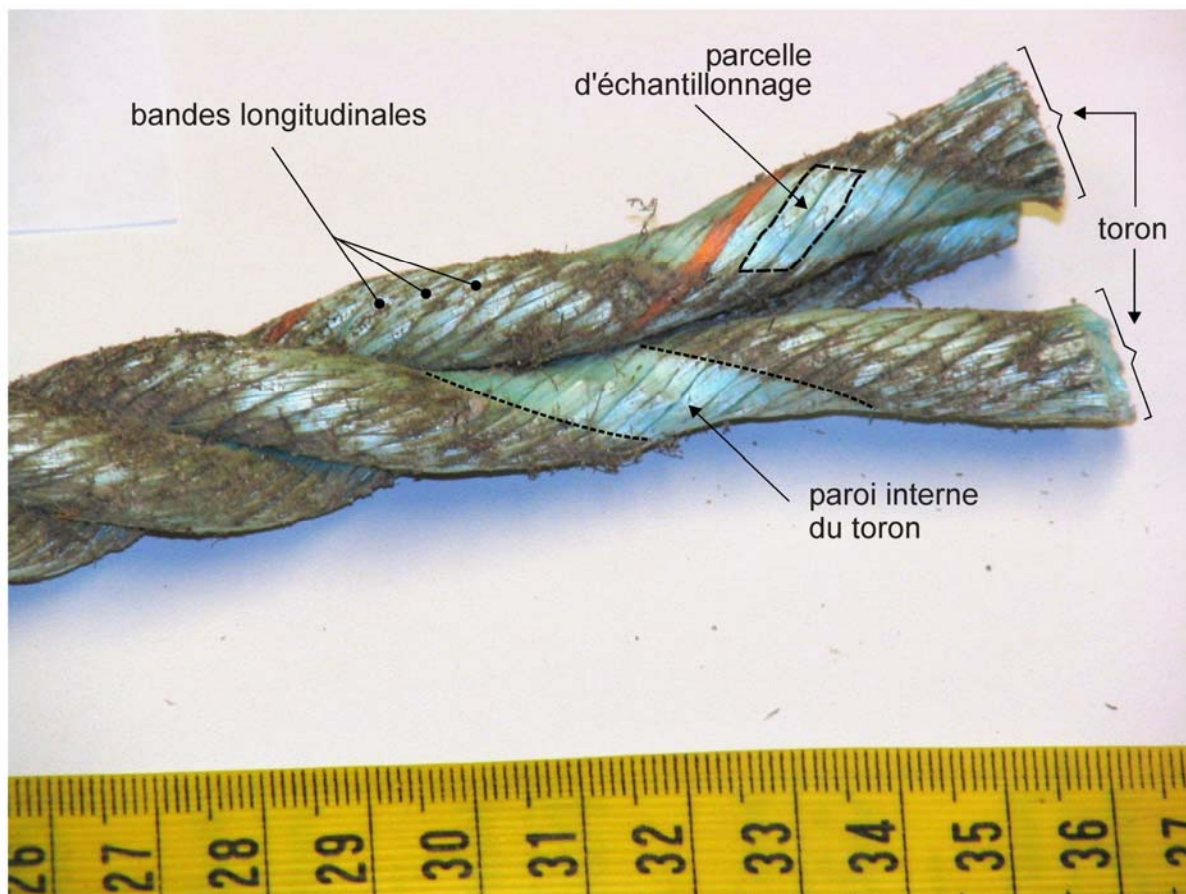
Damage observé	Critère de remplacement	Numérotation <sup>(1)</sup>
Décoloration et fragilisation des fibres	Cordage de moins de 25 mm (1 pouce) de diamètre qui a été exposé directement aux rayons du soleil pendant un an ou plus	A1
Extension	Réduction de plus de 5 % de la circonférence relativement au cordage neuf intact et non utilisé	B1
Distorsion du cordage (vrille ou coque)	Une seule coque formée sur le cordage	C1
Saillie des torons et des fils	Plus de 10 % des fils d'un toron ressortent complètement	D1
	Plus de 4 torons de couverture sortis (si on ne parvient pas à les rentrer dans la couverture)	D2
Coupures	Plus de 4 fils adjacents coupés en entier sur un même toron	E1
Abrasion externe	Réduction de plus de 10 % de l'aire transversale du cordage entier ou de l'un des torons	F1
	Surface durcie ou fondue sur > 15 % de la circonférence du cordage sur une largeur donnée ou sur une longueur correspondant à 4 fois la circonférence ou pénétration de plus de 5 % du diamètre	F2
Abrasion interne	Plus de 10 % des fibres brisées par toron (face interne)	G1
	Poudre entre la surface de torons voisins	G2

(1) : Numérotation utilisée dans le présent rapport pour désigner chaque critère.

- trempage de l'échantillon dans l'eau chaude durant quelques heures et rinçage à l'eau du robinet. Aucun brossage n'a été effectué car une telle opération aurait pu entraîner le bris des fibres de surface;
- mesure de la longueur totale de l'échantillon;
- mesure de la circonférence à l'aide d'un ruban souple de couturière enroulé et maintenu sous tension de la main autour du cordage. Les lectures ont été prises à intervalle de 5, 10 ou 15 cm selon la longueur totale de l'échantillon;
- évaluation semi-quantitative de la quantité de duvet\* ou de peluche sur la périphérie du cordage;
- nombre de coques et nombre de torons et de fils en saillie;
- nombre de torons ou de fils coupés en entier; et
- longueur du cordage montrant des signes d'abrasion visibles à l'œil nu tels qu'une surface dure ou comprimée, des traces de rouille et la présence de fibres effilochées, coupées ou fondues.

Les bandes adjacentes longitudinales présentes le long des torons (Figure 4) ont ensuite été inspectées une à une à l'oeil nu afin d'évaluer la nature et l'ampleur des dommages. Les fibres endommagées ont été classées en trois groupes définis de la façon suivante :

- fibres effilochées (E) – Les fibres effilochées se présentent généralement en amas plus ou moins denses qui ont l'apparence d'une frisure très serrée ou d'une charpie à la surface du cordage;
- fibres coupées (C) – Les fibres coupées font saillie hors du toron et leur extrémité est coupée de façon nette; et
- fibres fondues (F)– Les fibres fondues sont fusionnées sur une partie ou la totalité de leur longueur. Elles font saillie à la surface du toron ou encore elles ont conservé leur disposition originale (couchées à la surface du toron).



**Figure 4. Illustration des bandes longitudinales de fils disposées le long de chaque toron. Les bandes propres et sales correspondent respectivement aux parois internes et externes du cordage usagé.**

Le nombre de bandes portant des fibres E, C et F a été évalué sur chacun des torons des cordages analysés. L'abondance relative des dommages a été calculée comme le nombre de bandes avec des fibres E, C ou F divisé par le nombre total de bandes de l'échantillon.

Il est important de noter qu'un duvet\* se forme après un certain temps d'utilisation sur tous les cordages synthétiques. Cette mousse ou peluche est généralement présente sur tout le périmètre du cordage et sur toute sa longueur contrairement aux signes d'abrasion qui sont le plus souvent plus localisés et surtout plus marqués. Un tel duvet était omniprésent en périphérie des cordages recueillis et est considéré comme une forme d'usure normale et inévitable. Il n'a pas été jugé utile d'évaluer la répartition et l'abondance de ce duvet sur les cordages.

### **2.7.2. Inspection interne**

L'examen interne avait comme objectif d'évaluer l'importance de l'usure à l'intérieur du cordage et la quantité de matière particulaire. L'un des trois torons a été retiré délicatement de façon à éviter que les particules fixées sur les parois externes du cordage ne se retrouvent à l'intérieur. Une fois désassemblé, chaque toron présentait une alternance de bandes sales et propres disposées de façon hélicoïdale correspondant respectivement aux parois externes et internes du cordage usagé (Figure 4). La paroi interne (bande propre) du toron séparé des deux autres a été examinée à la loupe binoculaire (grossissement maximal de 10,5 X) de la façon suivante :

- chaque parcelle d'échantillonnage correspond à deux bandes adjacentes propres dont la superficie totale est en moyenne de 0,47 à 0,65 cm<sup>2</sup> selon le type de cordage;
- examen des parcelles disposées à intervalle de 5 cm le long de chaque cordage (généralement 5 -6 parcelles par segment de 30 cm de longueur);
- évaluation du pourcentage de couverture des trois types de fibres endommagées (fibres effilochées, coupées ou fondues) dans chaque parcelle;
- évaluation de la proportion (en pourcentage) de la parcelle couverte par le matériel particulaire à l'aide d'une grille de référence illustrant des recouvrements de 1, 2, 3, 5, 7, 10, 15, 20, 25, 30 et 50 %; et
- présence/absence de poudre blanchâtre sur ou entre les bandes adjacentes;

Il n'a pas été possible de récupérer le matériel particulaire à l'intérieur du cordage pour en évaluer le poids en raison de la présence de salissures qui subsistaient sur l'extérieur du cordage même après le rinçage de l'échantillon. Ces résidus auraient biaisé l'échantillon recueilli surtout que la quantité de particules à l'intérieur du cordage était nulle ou infime.

### 3. RÉSULTATS

#### 3.1. RÉSISTANCE À LA RUPTURE ET ÉLONGATION

La résistance à la rupture ( $R_r$ ) est présentée pour chacun des trois types de cordage testés : l'amarre, la ligne maîtresse et le Fuzzy rope. Les photos avant et après les tests de rupture de chaque segment sont présentés à l'Annexe 2. Les résultats détaillés de chacun des tests incluant les courbes tension-élongation sont présentés à l'Annexe 3.

##### 3.1.1. Ligne d'amarrage

Contrairement à ce qui était prévu, le type de cordage récupéré diffère entre les trois filières échantillonnées (Tableau 2). La filière n° 167 possède un cordage torsadé de 22 mm ( $\frac{7}{8}$  po) de diamètre à trois couleurs (désigné BBR dans le texte qui suit), une pour chaque toron. La filière n° 148 possède un cordage torsadé vert de 19 mm ( $\frac{3}{4}$  po) de diamètre désigné V1. Les amarres sur la troisième filière sont également un cordage vert à trois torons de 19 mm de diamètre sauf que l'un des torons possède un brin traceur de couleur orange. Il s'agit du cordage Aqualine (désigné AQ dans le texte qui suit) fabriqué par Quintas & Quintas (Portugal) et qui est encore disponible aujourd'hui chez certains détaillants des provinces maritimes. Ces trois types de cordages apparaissent à première vue comme étant tous en polypropylène mais il n'est pas possible de vérifier si d'autres types de fibres que le PP (par exemple en polyester ou en polyéthylène) sont présents.

Le cordage V1 a cédé sous une traction de 5 325 kg (moyenne des quatre segments) soit près d'une tonne de plus que le cordage AQ qui a le même diamètre (Tableau 5). Le cordage BBR est le moins résistant (rupture à une traction moyenne de 3 357 kg) alors que son diamètre est légèrement plus élevé (22 mm) que les deux précédents (19 mm). La différence entre les cordages V1 et AQ de même diamètre s'explique par le nombre et l'agencement des fibres qu'ils contiennent. Le cordage V1 compte un nombre plus élevé de fibres (total de 2 376) que le cordage AQ (2 025; Tableau 6). La  $R_r$  du cordage V1 est 18 % supérieure à celle du cordage AQ soit un écart semblable à celui du nombre de fibres dans ces deux types de cordage (14,8 % plus de fibres pour V1). Cette observation concorde avec ce qui est rapporté dans la littérature à savoir que la  $R_r$  n'est pas uniquement fonction du diamètre d'un cordage mais également de la nature, de l'abondance et de la répartition des fibres (McKenna *et al.*, 2004). Dans le cas du cordage BBR, sa faible  $R_r$  relativement aux deux autres pourrait être liée à la nature des fibres qu'il contient : elles sont circulaires plutôt que cylindriques et leur agencement diffère de celles des deux autres cordages (résultats non présentés).



Tableau 5. Résistance à la rupture (kg) et allongement (%) des cordages usagés prélevés sur quatre filières flottantes exploitées dans le Havre de Gaspé.

	Filière n° 167				Filière n° 148				Filière n° 155				Filière inconnue		
	Amarre 1		Amarre 2		Amarre 1		Amarre 2		Amarre 1		Amarre 2		Ligne maîtresse		Ligne maîtresse
	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2	C1	C2	RR1
Appellation	BBR				V1				AQ				BV		RR1
Diamètre en mm (po)	22 (7/8)				19 (3/4)				19 (3/4)				16 (5/8)		16 (5/8)
Charge de rupture (kg)															
par segment	3531	3459	3207	3230	5326	5416	5322	5236	4451	4491	4276	4271	4000	4078	4258
par amarre	3495		3218		5371		5279		4471		4273		4039		-
par filière (écart-type)	3357 (162)				5325 (73,5)				4372 (115)				-		-
Allongement (%)															
par segment	12,4	12,1	11,3	11,4	6,9	12,0	9,5	9,1	11,3	7,8	5,6	6,0	15,9	7,4	9,5
par amarre	12,3		11,4		9,5		9,3		9,6		5,8		7,7		-
par filière (écart-type)	11,8 (0,5)				9,4 (2,1)				7,7 (2,6)				-		-

**Tableau 6. Nombre et répartition des fibres dans chaque type de cordage récupéré sur les amarres usagées du havre de Gaspé.**

Type de cordage	Diamètre (po)	Nombre de toron	Nombre de fil par toron	Nombre de fibres		
				Par fil	Par toron	Par corde
AQ	3/4	3	15	45	675	2 025
V1	3/4	3	10	72 ou 108 <sup>(1)</sup>	792	2 376
BBR	7/8	3	18	95	1 710	5 130

(1) : Les 2 fils au centre de chaque toron ont chacun 108 fibres alors que chacun des fils périphériques en ont 72.

L'allongement moyen à la rupture varie de 7,7 % pour l'Aqualine à 11,8 % pour le cordage BBR. Cet écart s'explique en bonne partie par le type, la quantité et l'agencement des fibres qui diffèrent entre ces trois types de cordage. Dans le cas du cordage AQ, le segment neuf s'est étiré de 12,5 % au moment de la rupture alors que l'étirement moyen n'a été que de 7,7 % pour les quatre segments usagés. De façon générale, un cordage usagé s'allonge de façon permanente dès sa première utilisation et perd avec le temps jusqu'à 50 % de l'élasticité qu'il avait à l'état neuf.

La  $R_r$  du segment B1 dépasse celle du segment B2 pour trois des six amarres analysées mais l'écart n'est en moyenne que de 54 kg. Pour les trois autres amarres, la  $R_r$  du segment B1 est moindre que celle de B2 et l'écart n'est en moyenne que de 51 kg. Si l'on tient compte d'une variation de 10-15 % de la charge de rupture d'un même cordage due aux épissures (Driscoll, 2001), les segments B1 et B2 prélevés sur les six amarres ont sensiblement la même résistance.

Lorsque l'on compare la  $R_r$  entre les deux amarres d'une même filière (résultats de B1 et B2 cumulés), on note qu'une amarre est plus résistante que l'autre sur les trois filières échantillonnées. L'écart varie de 92 à 277 kg et représente une différence moyenne de 4,6 % de la  $R_r$ . En considérant la variation de 10-15 % due aux épissures, cet écart n'est probablement pas significatif.

Le cordage AQ est le seul pour lequel un segment neuf, intact, non utilisé et de même diamètre que le cordage usagé était disponible. Ce segment neuf de 19 mm (¾ po) de diamètre a cédé sous une traction de 4 662 kg. Le même cordage ayant séjourné en mer pendant 6,75 années a une  $R_r$  qui varie de 4 271 à 4 491 kg (filière n° 155 du Tableau 5), ce qui correspond à une perte de résistance de 3,8 – 8,4 %.

La perte de résistance ne peut pas être estimée pour les trois autres types de cordage puisque aucun segment neuf non utilisé n'a été trouvé. La seule alternative possible serait de se référer aux données publiées par le «Cordage Institute» pour un cordage de PP à 3 torons de même

diamètre. Toutefois, l'écart observé dans la  $R_r$  des cordages AQ et V1 de même diamètre nous indique que cette approche risque de conduire à des valeurs biaisées.

### 3.1.2. Ligne maîtresse

Deux types de cordage en PP ont été récupérés pour cette composante des filières : le cordage BV sans brin traçeur et le cordage jaune RR1 avec brin traçeur vert. Le cordage BV de 16 mm (5/8 po) prélevé sur la filière n° 155 a cédé à une traction moyenne 4 039 kg (Tableau 5). L'allongement à la rupture a varié du simple au double (7,4 et 15,9 %) pour les deux segments testés.

Le cordage RR1 de même diamètre a cédé à une traction de 4 258 kg et s'est allongé de 9,5 % à la rupture. Comme aucun segment neuf, intact et non utilisé n'était disponible pour ces deux types de cordage, il n'est pas possible d'établir la réduction de leur résistance à la rupture.

### 3.1.3. Fuzzy rope

Le «Fuzzy rope» (FR) usagé de 1/2 po de diamètre a cédé sous une traction moyenne de 334 kg (Tableau 7). Les résultats sont très variables avec une valeur maximale qui correspond à 4,3 fois le minimum. Cette variabilité est probablement liée au mode de fabrication du FR : la périphérie du cordage est coupée à la machine sur quatre faces et la proportion de fibres coupées n'est probablement pas uniforme le long du cordage.

La  $R_r$  du segment neuf non utilisé est le double du segment usagé le plus résistant. La perte de résistance du FR usagé est en moyenne de 67 %. L'allongement à la rupture varie de 17 % à 23 % pour l'usagé et atteint 24 % pour le neuf non utilisé.

Tableau 7. Résistance à la rupture (kg) et allongement (%) du cordage «Fuzzy rope» usagé et neuf.

Descripteur	Échantillon n°				
	FR1	FR2	FR3	FR4	FR5
État du cordage	Usagé	Usagé	Usagé	Usagé	Neuf
Longueur (m) avec épissures	3,0	2,7	2,66	2,92	2,76
Résistance à la rupture (kg)	117	422	296	502	1 023
Allongement (%)	17,1	18,5	20,3	22,6	24,3

## **3.2. ÉTAT DES CORDAGES**

### **3.2.1. Amarres reliées à des corps-morts**

#### **3.2.1.1. Inspection externe**

Les cordages inspectés sur ces filières sont six nœuds, six segments A1 et six segments A2. La longueur totale des six nœuds inspectés atteint 6,2 m (Tableau 8). Aucun nœud ne porte de coques ni de torons/fils entiers en saillie ou coupés. Les traces d'abrasion couvrent moins de 10 % de la longueur des nœuds. La proportion de bandes transversales avec des fibres effilochées ou coupées est inférieure à 5 % sauf un nœud sur lequel 11,3 % des bandes sont abrasées. Aucun des dommages recensés n'atteignait une profondeur supérieure à 1,0 mm. Aucune fibre fondue n'est présente sur ces cordages. La photo d'un des nœuds inspectés est fournie à l'Annexe 2 (Cliché 2 de la Catégorie 2).

Tous les segments A1 et A2 sauf un ont l'apparence d'un cordage presque neuf et ne portent aucun signe d'abrasion (Tableau 8). Des fibres effilochées couvrent 6 cm (21 % de sa longueur) sur le seul segment avec des traces d'abrasion.

#### **3.2.1.2. Inspection interne**

La face interne de tous les segments A1 et A2 (12 au total) a été inspectée à la loupe binoculaire selon le protocole décrit à la section 2.7.2. La paroi interne des torons de tous les segments n'est pas endommagée (Tableau 9). Seulement deux segments contiennent des fibres effilochées sur une ou deux parcelles et leur abondance est très faible (moins de 1 % de couverture). Aucune fibre coupée ou fondue n'a été observée.

Les particules lorsque présentes ont été observées à deux endroits bien précis. D'abord sur une mince bande à chaque extrémité des parcelles, près de la jonction avec la paroi externe. Elles ne couvrent alors qu'une longueur de 1-2 mm avec généralement moins de 30 % de couverture. Puis, au centre de la parcelle sur une longueur de 1-3 mm sur et de part et d'autre d'une crête courte et mince formée à l'endroit où les deux autres torons étaient appuyés (Figure 5). Les sédiments n'ont jamais été observés sur les parois internes ailleurs qu'à ces endroits.

L'abondance des particules à l'intérieur des amarres est plus élevée pour les filières n<sup>os</sup> 167 et 155 que pour la filière n<sup>o</sup> 148 où elles sont absentes. Le recouvrement des particules est très variable entre les segments d'une même filière. Les segments A1 prélevés à proximité des ancrages contiennent autant de particules, parfois plus, parfois moins, que ceux prélevés à 4 m (segments A2). Dans l'ensemble, le cordage BBR est celui qui contient le plus de particules : le type et la configuration des fibres de ce cordage pourraient être en cause.

Enfin, aucun résidu de poudre blanche n'a été trouvé sur la paroi interne des cordages.

La présence de sédiments a aussi été vérifiée à l'intérieur d'un toron prélevé sur l'un des quatre segments recueillis sur chaque filière : aucune particule n'a été trouvée entre les fils de ces torons.

Tableau 8. Résultats de l'inspection externe des nœuds et segments A1-A2 prélevés sur les amarres des filières ancrées à des corps-morts.

Filière no. et cordage	Composante	Longueur du segment (m)	Circonférence (mm) <sup>(1)</sup>			Nombre de <sup>(2)</sup>					Étendue de l'abrasion (%) <sup>(3)</sup>	Occurrence (%) <sup>(4)</sup>		
			n	moy	s	CO	To <sub>s</sub>	To <sub>c</sub>	Fil <sub>s</sub>	Fil <sub>c</sub>		Fibres E	Fibres C	Fibres F
Filière no. 167 BBR- 7/8 po.	Nœud 1	1,08	11	67,5	1,0	0	0	0	0	0	11,2	2,6	1,7	0
	Nœud 2	1,10	11	67,6	1,4	0	0	0	0	0	7,3	1,6	0,5	0
	Segment A1	0,30	7	69,1	1,6	0	0	0	0	0	21,3	3,1	0	0
	Segment A2	0,30	5	70,0	2,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Segment A1'	0,28	6	68,2	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Segment A2'	0,26	5	65,6	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Filière no. 148 V1-3/4 po.	Nœud 1	0,89	9	60,7	1,1	0	0	0	0	0	3,9	0,7	0	0
	Nœud 2	1,37	14	61,1	1,4	0	0	0	0	0	8,4	1,4	0	0
	Segment A1	0,30	7	63,1	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Segment A2	0,32	4	63,0	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Segment A1'	0,30	5	61,4	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Segment A2'	0,30	5	61,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Filière no. 155 Aqualine-3/4 po.	Nœud 1	0,79	8	61,5	0,9	0	0	0	0	0	10,1	3,4	0	0
	Nœud 2	0,97	10	61,4	1,0	0	0	0	0	0	9,9	11,3	4,1	0
	Segment A1	0,31	4	63,0	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Segment A2	0,30	5	61,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Segment A1'	0,31	4	61,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Segment A2'	0,30	5	61,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(1) : Les valeurs présentées sont le nombre de mesures (n), la moyenne (moy) et l'écart-type (s).

(2) : Nombre de coques (CO), de torons en saillie complète (To<sub>s</sub>), de torons entiers coupés (To<sub>c</sub>), de fils en saillie complète (Fil<sub>s</sub>) et de fils entiers coupés (Fil<sub>c</sub>).

(3) : Longueur du cordage avec des signes d'abrasion / longueur du cordage x 100.

(4) : Nombre de bandes avec des fibres de couverture effilochées (E), coupées (C) ou fondues (F) / nombre total de bandes du segment inspecté x 100.

Tableau 9. Résultats de l'inspection interne des segments A1-A2 prélevés sur les amarres des filières ancrées à des corps-morts.

Filière et cordage	Segment no.	Longueur du segment (m)	Nombre de parcelles inspectées	Superficie <sup>(1)</sup> inspectée (cm <sup>2</sup> )	% couverture <sup>(2)</sup>				Présence de poudre
					Fibres E	Fibres C	Fibres F	Particules	
Filière no. 167 BBR- 7/8 po.	Segment A1	0,30	5	1,75	0	0	0	3,6	non
	Segment A2	0,30	5	1,32	0	0	0	33,6	non
	Segment A1'	0,28	5	1,40	0	0	0	14,3	non
	Segment A2'	0,26	4	1,63	0	0	0	12,6	non
Filière no. 148 V1- 3/4 po.	Segment A1	0,30	4	3,11	0	0	0	<1	non
	Segment A2	0,32	5	3,57	0	0	0	0	non
	Segment A1'	0,30	6	3,96	<1	0	0	0	non
	Segment A2'	0,30	5	3,17	<1	0	0	0	non
Filière no. 155 Aqualine- 3/4 po	Segment A1	0,31	5	2,83	0	0	0	12,5	non
	Segment A2	0,30	6	2,68	0	0	0	2,8	non
	Segment A1'	0,31	5	2,43	0	0	0	2,0	non
	Segment A2'	0,30	5	2,28	0	0	0	1,2	non

(1) : Superficie totale des parcelles inspectées sur chaque segment.

(2) : Pourcentage moyen par segment; E : fibres effilochées, C : fibres coupées, F : fibres fondues.

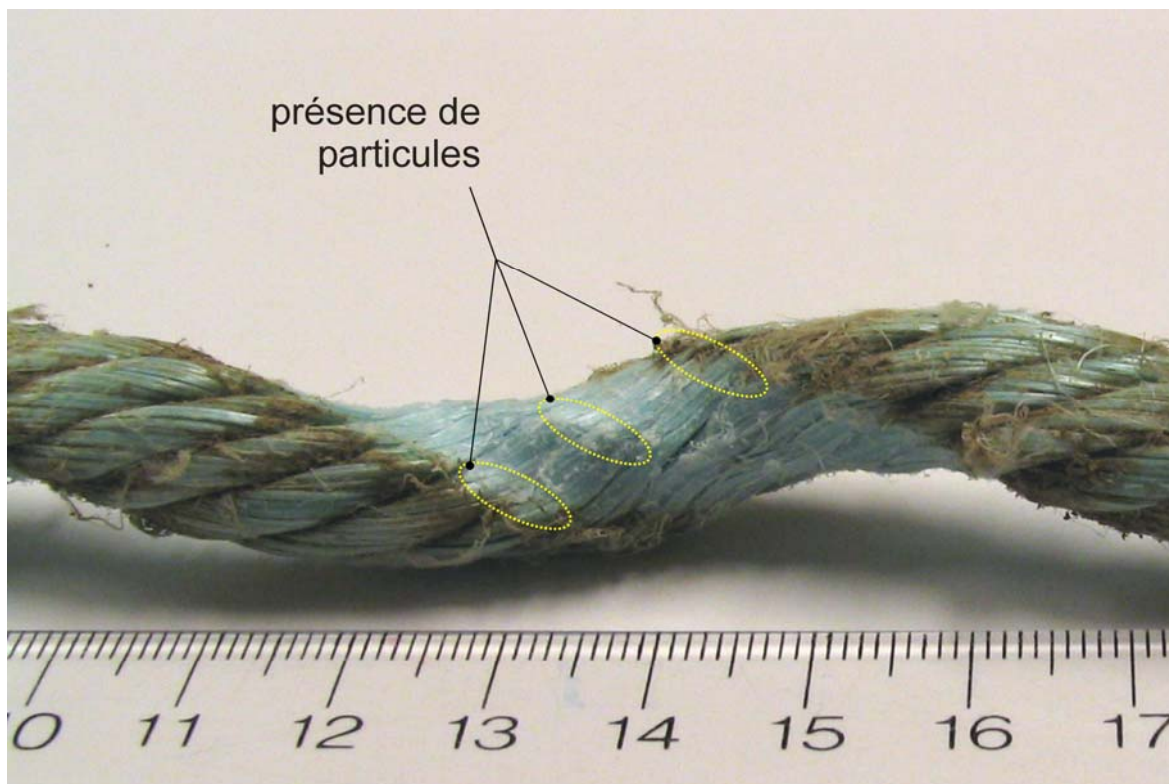


Figure 5. Illustration des trois emplacements sur la face interne des amarres où ont été observées les particules.

### 3.2.2. Amarres reliées aux pieux à hélice

#### 3.2.2.1. Inspection externe

Les cordages inspectés sur ces trois filières sont six nœuds et six segments A. La longueur des nœuds est en moyenne de 1,72 m et totalise 10,3 m (Tableau 10). Ils sont plus longs que ceux qui relient les amarres aux corps-morts (voir le Tableau 8) car le cordage était noué puis enroulé plusieurs fois autour de la partie supérieure du pieu (Annexe 2, Catégorie 3, Cliché B).

Les six nœuds inspectés montrent des taches de couleur brun rougeâtre à l'endroit des boucles formées par le cordage et où la flexibilité était moindre que sur les portions rectilignes (Annexe 2, Catégorie 2, Cliché 4). Ces taches étaient présentes sur la face concave des boucles et peuvent ainsi être associées aux points de contact avec la tige métallique du pieu.

Les marques d'abrasion couvrent entre 33 et 66 % de la longueur des noeuds (Tableau 10), ce qui est nettement plus élevé que sur les noeuds des amarres reliées aux corps-morts (moins de 10 %; Tableau 8). Les fibres effilochées (E) sont le type d'abrasion le plus fréquent et sont présentes en moyenne sur 8,2 % des bandes transversales. Les fibres coupées (C) sont moins fréquentes avec une occurrence maximale de l'ordre de 3 %. Quatre des six noeuds inspectés portent également des fibres fondues (F) mais leur fréquence ne dépasse pas 2 %. Les fibres fondues étaient à quelques occasions accompagnées d'un durcissement de la paroi du cordage

Tableau 10. Résultats de l'inspection externe des nœuds et segments A prélevés sur les amarres des filières ancrées aux pieux à hélice.

Filière no. et cordage	Composante	Longueur du segment (m)	Circonférence (mm) <sup>(1)</sup>			Nombre de <sup>(2)</sup>					Étendue de l'abrasion (%) <sup>(3)</sup>	Occurrence (%) <sup>(4)</sup>		
			n	moy	s	CO	To <sub>s</sub>	To <sub>c</sub>	Fil <sub>s</sub>	Fil <sub>c</sub>		Fibres E	Fibres C	Fibres F
Filière no. 1 V1- ¼ po.	Nœud 1	1,89	12	61,8	1,7	0	0	0	0	0	33,6	6,5	3,1	0
	Nœud 2	2,05	13	62,7	2,2	0	1	0	0	0	65,9	11,7	3,3	0
	Segment A.1	0,66	7	59,7	0,5	0	0	0	0	0	3,8	0	0,5	0
	Segment A.2	0,59	6	59,1	1,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Filière no. 2 V1- ¼ po.	Nœud 1	1,52	9	62,8	2,3	0	0	0	2	0	35,1	7,3	2,8	1,9
	Nœud 2	1,74	11	62,7	1,3	0	1	0	3	0	55,6	8,6	1,2	0,4
	Segment A.1	0,53	6	59,3	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Segment A.2	0,60	7	59,6	0,5	0	0	0	0	0	5,8	0,9	0	0
Filière no. 3 V1- ¼ po.	Nœud 1	1,58	10	63,5	1,6	0	0	0	0	0	35,3	8,0	0,8	0,2
	Nœud 2	1,51	10	62,4	1,6	0	0	0	3	0	43,0	6,9	1,0	1,2
	Segment A.1	0,51	6	59,7	0,5	0	0	0	0	0	4,9	0,2	0,4	0
	Segment A.2	0,53	6	59,5	0,5	0	0	0	0	0	3,7	0,2	0	0

(1) : Les valeurs présentées sont le nombre de mesures (n), la moyenne (moy) et l'écart-type (s).

(2) : Nombre de coques (CO), de torons en saillie complète (To<sub>s</sub>), de torons entiers coupés (To<sub>c</sub>), de fils en saillie complète (Fil<sub>s</sub>) et de fils entiers coupés (Fil<sub>c</sub>).

(3) : Longueur du cordage avec des signes d'abrasion / longueur du cordage x 100.

(4) : Nombre de bandes avec des fibres de couverture effilochées (E), coupées (C) ou fondues (F) / nombre total de bandes du segment inspecté x 100.



avec une coloration noire et sont probablement le résultat d'un frottement entre le PP et le métal sous forte tension.

La longueur des segments prélevés à l'interface eau/sédiment varie de 0,51 à 0,66 m. L'étendue des marques d'abrasion ne dépasse pas 6 % de la longueur des cordes, ce qui est nettement plus faible que sur les nœuds. Aucun des segments ne porte de coques, ni de torons ou de fils en saillie ou coupés. La fréquence d'occurrence est inférieure à 1 % pour chaque type de fibres endommagées.

### **3.2.2.2. Inspection interne**

L'inspection interne de l'amarre a été effectuée sur une longueur de 20 cm de la portion enfouie de 5 des 6 segments recueillis. La paroi interne des cordages ne compte aucune fibre endommagée (Tableau 11). Toutes les fibres sont intactes, lustrées et leur disposition est uniforme et régulière. Le matériel particulaire est présent uniquement à l'extrémité de la paroi interne des torons (aucune particule sur la crête centrale) et en faible abondance (couvert moyen autour de 2 %). Aucun résidu de poudre n'a été observé.

Puisque aucune matière particulaire n'a été décelée dans les amarres enfouies dans les sédiments, il n'a pas été jugé utile de faire l'inspection interne des nœuds.

### **3.3. COMPARAISON AVEC LES CRITÈRES DE QUALITÉ**

Tous les nœuds et les segments inspectés respectent les critères de qualité énumérés au Tableau 4 (Tableau 12). Par conséquent, aucune des amarres inspectées n'a atteint un état de détérioration justifiant son remplacement.

## **4. DISCUSSION**

Après 6-7 ans d'utilisation, les amarres des filières de Gaspé sont en très bon état et leur résistance à la rupture n'est réduite que de 4-8 %. Les segments enfouis dans les sédiments ne contiennent pas ou très peu de matière particulaire et ne sont pas affectés par l'abrasion interne. Des signes évidents d'abrasion externe n'ont été décelés que sur l'extrémité des amarres nouée aux pieux à hélice. Le niveau d'abrasion sur ces nœuds n'apparaît toutefois pas assez important, après six ans en mer, pour réduire de façon significative leur résistance à la rupture. Il est possible, bien que peu probable, que l'usure de ces nœuds soit en partie liée au fait que ces ancrages ont été arrachés lors des tests de traction. Des pièces anti-ragage\* pourraient d'ailleurs être insérées sur cette portion des amarres afin de réduire l'abrasion au contact du métal.

La perte de résistance n'a pu être évaluée que pour le cordage Aqualine prélevé sur une seule filière mytilicole. Il aurait été préférable que les autres amarres recueillies soient aussi un cordage Aqualine, ce qui aurait permis d'avoir une meilleure représentativité. Un nombre plus élevé de tests de rupture du cordage neuf non utilisé aurait été préférable surtout que sa  $R_r$

Tableau 11. Résultats de l'inspection interne des segments A prélevés sur les amarres des filières ancrées aux pieux à hélice.

Filière et cordage	Segment no.	Longueur (m)	Nombre de parcelles inspectées	Superficie inspectée (cm <sup>2</sup> ) <sup>(1)</sup>	% couverture <sup>(2)</sup>				Présence de poudre
					Fibres E	Fibres C	Fibres F	Particules	
Filière no. 1 V1- ¾ po.	Segment A.1	0,22	5	3,53	0	0	0	2,2	aucune
	Segment A.2	0,20	5	3,12	0	0	0	2,0	aucune
Filière no. 2 V1- ¾ po.	Segment A.1	0,21	5	3,17	0	0	0	2,2	aucune
	Segment A.2	0,21	5	3,18	0	0	0	2,0	aucune
Filière no. 3 V1- ¾ po.	Segment A.1	Non analysé							
	Segment A.2	0,21	5	2,84	0	0	0	2,0	aucune

(1) : Superficie totale des parcelles inspectées sur chaque segment.

(2) : Pourcentage moyen par segment; E : fibres effilochées, C : fibres coupées, F : fibres fondues.

Tableau 12. Comparaison entre l'état des cordages inspectés pour chaque filière et les critères de remplacement du «Cordage Institute».

No de filière et type de cordage	Composante (n)	Critère <sup>(1)</sup>								
		A1	B1	C1	D1-D2	E1	F1-F2 <sup>(2)</sup>		G1-G2	
		Exposition aux UV	Réduction de circonférence	Coque	Toron et fil en saillie	Coupure	Abrasion externe- A <sub>t</sub>	Pénétration	Bris des fibres	Poudre
<b>Corps-mort</b>										
Filière no. 167 BBR- 7/8 po.	Nœuds (2)	ns	< 5%	0	0	0	< 10 %	< 5 % du Ø	ni	ni
	Segments (4)	ns	< 5%	0	0	0	< 10 %	< 5 % du Ø	0	0
Filière no. 148 V1- 3/4 po.	Nœuds (2)	ns	< 5%	0	0	0	< 10 %	< 5 % du Ø	ni	ni
	Segments (4)	ns	< 5%	0	0	0	0	0	0	0
Filière no. 155 Aqualine- 3/4 po	Nœuds (2)	ns	< 5%	0	0	0	< 10 %	< 5 % du Ø	ni	ni
	Segments (4)	ns	< 5%	0	0	0	0	0	0	0
<b>Pieu à hélice</b>										
Filière no. 1 V1- 3/4 po.	Nœuds (2)	ns	< 5%	0	< 4 torons; < 10 % des fils	0	< 10 %	< 5 % du Ø	ni	ni
	Segments (2)	ns	< 5%	0	0	0	< 10 %	< 5 % du Ø	0	0
Filière no. 2 V1- 3/4 po.	Nœuds (2)	ns	< 5%	0	< 4 torons; < 10 % des fils	0	< 10 %	< 5 % du Ø	ni	ni
	Segments (2)	ns	< 5%	0	0	0	< 10 %	< 5 % du Ø	0	0
Filière no. 3 V1- 3/4 po.	Nœuds (2)	ns	< 5%	0	< 10 % des fils	0	< 10 %	< 5 % du Ø	ni	ni
	Segment (2)	ns	< 5%	0	0	0	< 10 %	< 5 % du Ø	0	0

(1) : Les critères sont détaillés au Tableau 4.

(2) : A<sub>t</sub> : réduction de l'aire transversale.

ns : non significative.

ni : non inspecté.

(4 662 kg) est nettement inférieure à celle publiée par le manufacturier (6 301 kg pour le cordage de  $\frac{3}{4}$  po; Morissette, 2006). L'écart pourrait être lié aux modalités de réalisation des tests, particulièrement à la nature des épissures utilisées pour relier le cordage au tensiomètre. En effet, les charges de rupture d'un même cordage de PP peuvent varier de 28 % en moyenne entre les différents laboratoires et le type de terminaisons utilisées est souvent en cause (TTI, 2006). Comme le détail des tests de rupture du manufacturier Quintas pour le cordage Aqualine n'est pas connu, il est préférable d'utiliser les tests de rupture du présent rapport pour établir la résistance du cordage AQ neuf.

Comme aucun signe d'abrasion externe et interne n'a été décelé ailleurs que sur les noeuds, la réduction de la  $R_r$  des amarres résulte essentiellement de la fatigue associée aux tensions qu'elles subissent. Les tensions dans ces lignes varient selon les courants et peuvent être estimées à l'aide du logiciel de simulation développé dans le cadre du projet «Filières flottantes» (Bergeron *et al.*, 2008). Les tensions maximales calculées pour des courants de vitesse intermédiaire et extrême dans le havre de Gaspé sont présentées au Tableau 13. Elles représentent autour de 3 % de la  $R_r$  des cordages AQ âgés de 7 ans soumis à des courants de vitesse intermédiaire, ce qui est bien en deçà d'une surcharge définie comme une tension supérieure à 50 % de la charge de rupture (McKenna *et al.*, 2004). Avec des courants extrêmes, les tensions dans les amarres peuvent représenter jusqu'à 20 % de la  $R_r$ , mais ces courants surviennent moins de 2 % du temps à la profondeur à laquelle sont maintenues les filières (Gagnon, 2008). C'est donc dire que les amarres des filières de Gaspé sont la plupart du temps très peu sollicitées et qu'en l'absence d'abrasion, elles pourraient facilement être utilisées encore plusieurs années.

Si l'on pose que la perte maximale de résistance du cordage Aqualine est de l'ordre de 1 % par année et que ce taux se maintient avec les années, ce cordage perdra 20 % de sa résistance à l'état neuf après vingt ans d'utilisation. Sa résistance sera alors de 3 730 kg et les tensions maximales qu'il est susceptible de subir (voir le Tableau 13) représenteront 3,1 % et 24,5 % de sa résistance résiduelle respectivement pour des courants intermédiaires et extrêmes. Selon ces estimés, on peut poser que la durée de vie des amarres de type Aqualine de  $\frac{3}{4}$  po pourrait être au moins de 20 ans.

Le cordage Aqualine n'est plus utilisé aujourd'hui par les mariculteurs québécois pour la confection des filières d'élevage. Le Polysteel est depuis quelques années le plus répandu (Bergeron et Gagnon, 2003). Compte tenu que seules les plus vieilles filières ont été ciblées dans le cadre de la présente étude, aucun cordage Polysteel usagé n'a pu être testé et sa résistance résiduelle demeure inconnue. Ce cordage est un mélange de fibres de polypropylène et de polyéthylène dont la résistance à l'abrasion est supérieure à celle d'un cordage PP conventionnel et sa charge de rupture près du double (Polysteel, 2007). Sa durée de vie pourrait donc être plus élevée que ce qui a été établi pour l'Aqualine.

Tableau 13. Tension maximale (kg) dans les cordages des filières du Havre de Gaspé selon les résultats des simulations et calcul de la sollicitation résultante.

	Courant intermédiaire de 0,05 – 0,1 m·s <sup>-1</sup>		Courant extrême de 0,20 – 0,43 m·s <sup>-1</sup>	
	Ligne d'amarrage <sup>(1)</sup>	Ligne maîtresse <sup>(1)</sup>	Ligne d'amarrage	Ligne maîtresse
Tension maximale dans les lignes (kg) <sup>(2)</sup>	113 – 116	89 – 97	719 – 912	653 – 870
T <sub>max</sub> /R <sub>r</sub> (%) <sup>(3)</sup>	2,6 – 2,7	2,2 – 2,4	16,4 – 20,9	15,9 – 21,2

(1) : Ligne d'amarrage de type Aqualine de 3/4 po de diamètre et ligne maîtresse de type BV de 5/8 po de diamètre.

(2) : Tension maximale estimée pour des courants de vitesse intermédiaire et extrême perpendiculaires et parallèles à une filière (voir Tableau 8 de Bergeron *et al.*, 2008).

(3) : T<sub>max</sub> = tension maximale dans les lignes; R<sub>r</sub> : résistance résiduelle à la rupture des cordages AQ et BV ayant séjourné sept ans en mer.

La durée de vie de l'Aqualine estimée ci-dessus n'est valable que pour les amarres puisqu'il n'a pas été possible d'estimer la réduction de la  $R_r$  de la ligne maîtresse. La ligne maîtresse pourrait se détériorer plus rapidement qu'une amarre pour les raisons suivantes :

- elle est régulièrement soumise à la friction et à la pression lors de son passage dans les poulies étoilées;
- elle est soumise à des charges dynamiques importantes notamment lorsque la ligne portant de lourds boudins (dont une partie est hors de l'eau) est en place sur les poulies et que le bateau tangue sous l'effet des vagues;
- bien que les salissures qui recouvrent la ligne soient régulièrement enlevées, des fragments de coquilles de moules et de fines particules demeurent sur la ligne et peuvent accroître son abrasion lors du passage dans la gorge des poulies;
- le diamètre de la ligne maîtresse est toujours inférieur à celui des amarres. Or, l'impact des dommages mécaniques sur la résistance d'un cordage est toujours plus élevé sur un petit qu'un plus gros cordage (McKenna *et al.*, 2004); et
- elle est exposée au soleil lorsque hissée hors de l'eau.

Pour ces raisons, les mariculteurs devraient davantage se préoccuper de la détérioration de la ligne maîtresse que de celle des amarres et veiller à l'inspecter régulièrement.

## 5. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

La durée de vie du cordage Aqualine utilisé comme amarre sur les filières de Gaspé a été estimée à une vingtaine d'années. Il faut toutefois demeurer prudent avec cette estimation puisqu'elle n'a été établie qu'à partir d'une seule filière et qu'elle n'est donc pas représentative de l'ensemble des filières exploitées à Gaspé. Il serait important de la valider en testant des cordages prélevés sur plusieurs filières particulièrement celles situées en périphérie des concessions qui sont soumises aux courants les plus forts relativement à celles situées à l'intérieur où les courants sont atténués.

Les amarres des filières exploitées actuellement dans le havre de Gaspé sont un cordage Polysteel de  $\frac{5}{8}$  po et  $\frac{3}{4}$  po. Comme la tension maximale potentielle (TPM) dans ces lignes peut être estimée à l'aide du logiciel de simulation, il est possible d'établir quel est le diamètre le plus approprié. Il faut pour ce faire déterminer la charge maximale d'utilisation\* (CMU) du cordage qui est la tension maximale à ne pas dépasser de façon à éviter les dommages aux fibres et une détérioration prématurée du cordage. Elle est calculée comme la charge minimale de rupture du cordage divisée par un facteur de sécurité\* (FS). Selon les recommandations du «Cordage Institute» (CI, 2006), le FS varie de 5 à 12 pour un cordage synthétique utilisé dans des conditions normales et soumis à une charge dynamique modérée. Un FS peu élevé (5 - 6) est approprié lorsque les conditions d'utilisation d'un cordage et les charges auxquelles il sera soumis sont bien connues. Plus les conditions sont critiques, plus le facteur doit être élevé. Le

CI identifie un certain nombre de circonstances pour lesquelles un FS plus élevé que les valeurs minimales recommandées doit être envisagé dont les suivantes applicables aux amarres des filières maricoles :

- l'inspection des cordages est peu fréquente voire même impossible;
- les cordages sont maintenus sous tension pendant de longues périodes de temps;
- les nœuds sont utilisés (l'amarre est le plus souvent nouée à l'ancrage) et un seul peut réduire la force du cordage jusqu'à 50 %; et
- le cordage est susceptible d'être soumis à des secousses (c'est le cas lorsque la filière est hissée sur le bateau qui lui est soumis à l'action du vent et des vagues).

Pour ces raisons, un FS voisin de 9 -10 est recommandé pour le calcul de la CMU des amarres.

En se basant sur un FS de 10 et la charge de rupture du cordage Polysteel, le cordage d'un pouce de diamètre est le seul dont la CMU n'est jamais dépassée lorsque soumis à des courants intermédiaires et extrêmes (Tableau 14). La CMU du cordage de  $\frac{3}{4}$  po est dépassée de 50 % en présence d'un courant extrême. Par contre, comme la TPM dans les amarres a été établie pour une filière extrême mature située en périphérie d'une concession et que ces courants extrêmes ne surviennent que 3 % du temps, la probabilité que la CMU du cordage de  $\frac{3}{4}$  po soit dépassée demeure faible pour la majorité des filières installées dans les parcs d'élevage de Gaspé.

**Tableau 14. Dépassement de la charge maximale d'utilisation (kg) des amarres de type Polysteel en présence d'un courant intermédiaire et extrême dans le havre de Gaspé.**

Diamètre du cordage (po)	Charge de rupture (kg) <sup>(1)</sup>	Charge de rupture minimale (kg) <sup>(2)</sup>	Charge maximale d'utilisation (CMU; kg) <sup>(3)</sup>	Dépassement de la CMU <sup>(4)</sup> avec un courant	
				intermédiaire	extrême
$\frac{1}{2}$	2315	1968	197	non	oui
$\frac{5}{8}$	4830	4105	410	non	oui
$\frac{3}{4}$	6160	5236	523	non	oui
1	9865	8385	838	non	non

(1) : Selon la fiche technique de Polysteel Canada.

(2) : Correspond selon le Cordage Institute à la charge de rupture établie par le manufacturier moins 15 %.

(3) : CMU = MBS / FS avec un facteur de sécurité de 10.

(4) : La tension potentielle maximale dans les amarres est de 114 kg avec un courant intermédiaire et 815 kg avec un courant extrême (voir le Tableau 13)

Un cordage Polysteel de  $\frac{3}{4}$  po est donc approprié pour éviter que les tensions maximales générées par la traînée des courants ne dépassent la CMU la plupart du temps. Un cordage de  $\frac{5}{8}$  po pourrait tout aussi bien convenir mais sa durée de vie sera nécessairement plus courte.

Enfin, une étude plus approfondie pourrait être réalisée afin de valider les résultats du présent rapport et préciser la durée de vie des cordages Polysteel. Les directives suivantes sont proposées pour sa réalisation :

- échantillonner les filières submergées de la baie de Cascapédia plutôt que celles de Gaspé car les tensions maximales dans les cordages estimées avec le logiciel de simulation y sont plus élevées (Bergeron *et al.*, 2008);
- évaluer la résistance à la rupture du cordage Polysteel âgé de 10 ans recueilli sur plusieurs filières submergées réparties sur l'ensemble d'une concession mytilicole;
- les filières devront être réparties en deux catégories : celles situées en périphérie de la concession qui sont susceptibles de subir la traînée maximale exercée par le courant et celles qui se retrouvent à l'intérieur de la concession qui subissent une traînée moindre en raison de l'atténuation des courants par les structures d'élevage;
- la résistance à la rupture devrait être mesurée à la fois pour les amarres et la ligne maîtresse avec un minimum de cinq tests de rupture par catégorie;
- les parois internes et externes des cordages prélevés devront être inspectées en portant une attention particulière aux extrémités nouées ou épissées;
- les étapes précédentes devraient être répétées pour le Polysteel âgé de 15 et 20 ans afin d'établir comment évoluent la résistance et l'usure du cordage avec le temps. Les cordages devront être prélevés sur des filières dont l'emplacement et l'utilisation sont comparables d'un groupe d'âge à l'autre; et
- la résistance à la rupture doit être évaluée pour le Polysteel neuf non utilisé dont le diamètre est le même que les segments qui auront été testés.

Les filières sur lesquelles seront recueillis les cordages devront autant que possible être sélectionnées dès le début de l'étude de façon à connaître l'historique de chacune d'elles (nombre d'années en production, quantité de supports d'élevage, type et fréquence des manipulations, etc.) et ainsi mieux interpréter les résultats.

## 6. RÉFÉRENCES

- Browman, H.I. C. A. Rodriguez, F. Béland *et al.* 2000. Impact of ultraviolet radiation on marine crustacean zooplankton and ichthyoplankton : a synthesis of results from the Estuary and Gulf of St. Lawrence, Canada. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 199: 293- 311.
- Bergeron, P. 2008. Évaluation de la résistance de trois types d'ancrage des filières flottantes. Rapport final de Biorex inc présenté à la Société de développement de l'industrie maricole (SODIM). ii + 38 p.
- Bergeron, P. et M. Gagnon. 2003. Description, analyse et modélisation des filières flottantes utilisées pour l'élevage des mollusques au Québec. Rapport produit par Biorex inc. pour le Regroupement des mariculteurs du Québec. xvi + 367 p.



- Bergeron, P., M. Gagnon, W. Raman-Nair et G. Janes. 2008. Modélisation hydrodynamique des filières maricoles du Québec : description du logiciel et simulation des filières. Rapport de Biorex inc. à la Société de développement de l'industrie maricole (SODIM). vi + 194 p.
- Cordage Institute (CI). 2002. Test method for fiber rope. Cordage Institute International Standard CI-1500. 17 p.
- Cordage Institute (CI). 2004. Fiber rope inspection and retirement criteria. Cordage Institute International guideline CI-2001-04. Guidelines to enhance durability and the safer use of ropes. 20 p + appendix.
- Cordage Institute (CI). 2006. Safer use of fiber rope. Cordage Institute International Guideline CI 1401-06. May 2006. [www.ropecord.com]
- Driscoll, A. H. 2001. Useful information. Chapter 12 *IN*: J. F. Bash (ed.). Handbook of oceanographic winch, wire and cable technology. National science Foundation and Office of Naval Research, Department of the Navy. Pagination multiple.
- Gagnon, M. 2008. Caractérisation des courants et des vagues dans les principaux sites maricoles du Québec. Rapport de Biorex inc. à la Société de développement de l'industrie maricole (SODIM). v + 57 p
- McKenna, H.A., J.W.S. Hearle et N. O'Hear. 2004. Handbook of fiber rope technology. Woodhead Publishing Ltd. 416 p.
- Morissette, S. 2006. Fiche technique du cordage Aqualine (twisted rope, 3 strands) distribué par Vernon D'Eon Ltd (Nouvelle-Écosse) et fournie par Stéphane Morissette, Directeur, Les Moules Forillon et Cascapédia Ltée, Rivière-au-Renard. Janvier 2006.
- Polysteel Atlantic Ltd, 2007. Polysteel specification sheets. Site Internet consulté le 10 octobre 2007 [www.polysteel.ca].
- Tension Technology International inc. (TTI). 2006. Analysis of non-buoyant lobster lines new, used and machine tested. Report prepared for Massachusetts Division of Marine Fisheries and Atlantic Offshore Lobstermen's Association.
- US Navy. 1999. Wire and fiber rope and rigging. Chapter 613, *DANS*: Naval Ships' Technical Manual. TMINS Publication No S9086-UU-STM-010-613R3. Published by Direction of Commander, Naval Sea Systems Command. 126 p.

# ANNEXE 1

---

Glossaire



Les termes marqués d'un astérisque dans le rapport sont définis ou expliqués dans la présente annexe. Lorsque jugé nécessaire, le terme anglais est indiqué entre «guillemets» au début de la définition. Plusieurs de ces définitions proviennent du glossaire de la compagnie New England Ropes disponible sur Internet (<http://www.ropeinc.com/rope-glossary-terms.html>).

**Abrasion externe** — L'abrasion de la paroi externe des cordages d'une filière maricole se produit dans les cas suivants : (1) la ligne maîtresse est sous tension dans les poulies étoilées; (2) une portion de l'amarre entre en contact avec le fond marin ou la face supérieure du corps-mort; (3) sur l'extrémité de l'amarre nouée à l'ancrage.

**Charge de rupture** («breaking strength ou tensile strength») — La charge de rupture est la force maximale qu'un cordage neuf non utilisé peut supporter avant de se rompre. Cette force est mesurée sur un cordage neuf d'au moins 3 m de longueur dont les extrémités sont terminées par une épissure à œil. Les charges de rupture apparaissant sur les fiches techniques des manufacturiers sont le plus souvent des valeurs moyennes calculées à partir de 5-10 tests de rupture.

**Charge de rupture minimale** («minimum breaking strength» ou MBS) — La charge de rupture minimale d'un cordage selon les normes du «Cordage Institute» est calculée à partir des données de charge de rupture fournies par les manufacturiers et correspond à deux écarts-types sous la moyenne tel qu'établi par une analyse de régression (Driscoll, 2001) soit environ 15 % sous la moyenne. Les charges de rupture apparaissant sur les fiches techniques des manufacturiers sont le plus souvent les valeurs moyennes et non minimales.

**Charge maximale d'utilisation (CMU)** («working load limit» ou WLL) — La charge maximale d'utilisation est la force maximale à laquelle un cordage devrait être soumis pour une application particulière. La CMU est calculée en divisant la charge minimale de rupture d'un cordage neuf non utilisé par un facteur de sécurité\*.

**Commettage** («lay of rope») — Terme utilisé pour décrire la manière dont les torons ou les fils sont torsadés les uns par rapport aux autres le long d'un cordage. Les cordages toronnés peuvent être commis à droite ou à gauche (la plupart sont commis à droite). Un cordage est commis à droite ou en torsion Z («Z-twist rope») lorsque les torons sont orientés vers la droite en suivant leur progression depuis l'extrémité du cordage. Inversement, un cordage est commis vers la gauche ou en torsion S («S-twist rope») lorsque les torons sont orientés vers la gauche depuis l'extrémité du cordage.

**Coque** («cockle») — Une coque est une déformation du cordage qui survient lorsqu'une boucle se forme au moment de délover un cordage et que cette boucle se replie sur elle-même sous l'effet de la tension et forme une boursouffure ou un renflement facilement visible à la surface du cordage. Une seule coque peut réduire de 30 % la résistance à la rupture d'un cordage.

**Cordage toronné (ou torsadé ou câblé)** («twisted rope ou strand rope») — Un cordage toronné est obtenu en assemblant plusieurs groupes de fibres entre elles, lesquelles sont ensuite enroulées pour obtenir, par torsion inversée, un toron. Il faut au moins trois torons pour former un cordage torsadé. Chaque opération d'enroulement du matériel est réalisée avec des torsions inverses pour éviter le décommettage\*

**Décommettage** — Se dit de l'extrémité d'un cordage dont les torons se défont.

**Dégradation par les UV** — La plupart des fibres de polypropylène sont traitées chimiquement avec des inhibiteurs UV. En l'absence d'un tel traitement, le cordage de polypropylène se détériore rapidement lorsqu'il est exposé directement aux rayons du soleil et sa résistance à la rupture peut être réduite de 40 % après trois mois d'exposition directe continue. Comme les rayons UV ne pénètrent pas très profondément en milieu marin (10 % de la radiation incidente à 3-4 m de profondeur pour une longueur d'onde de 310 nm dans le golfe du Saint-Laurent; Brownan *et al.*, 2000) et que les filières sont maintenues submergées à au moins 7 m de profondeur (sauf les lignes utilisées pour le captage), on pose que les cordages en PP des filières submergées ne sont pas affectés par les UV.

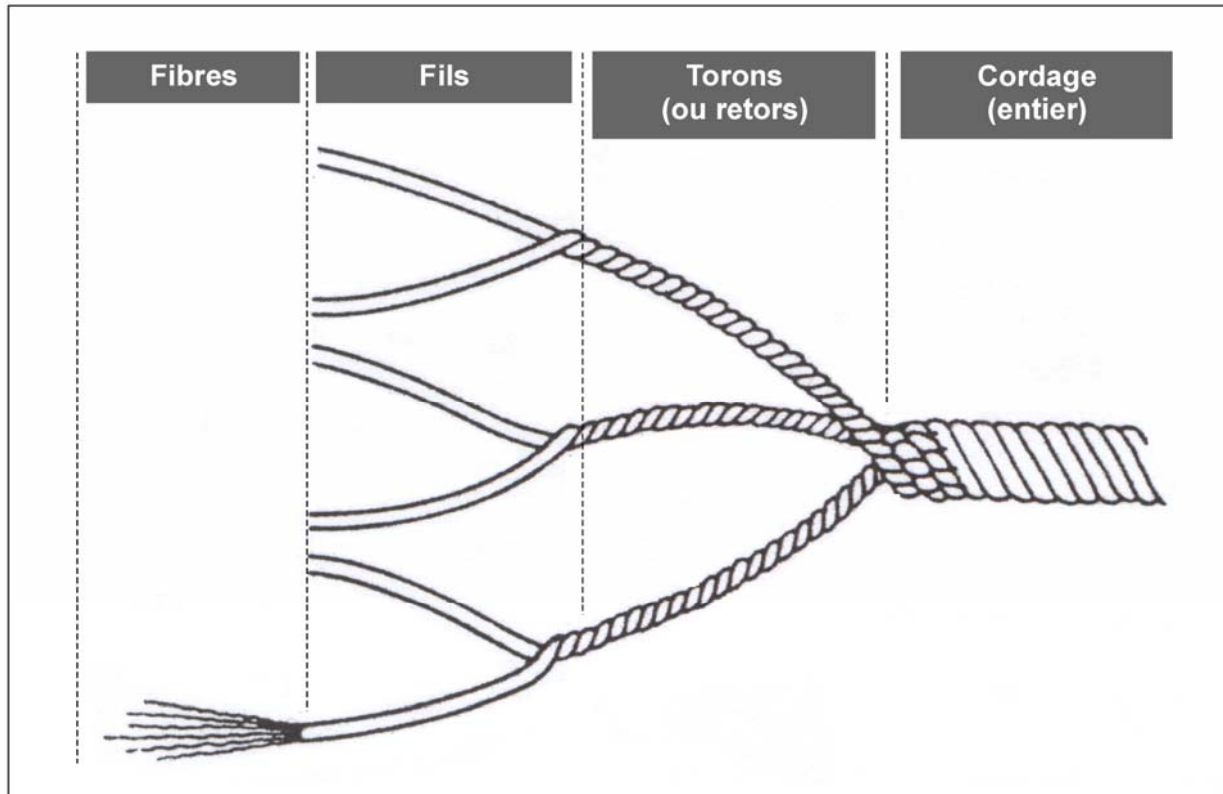
**Duvel** («fuzz») — Dès les premières utilisations, l'enveloppe externe d'un cordage synthétique se recouvre d'un duvet doux, léger et fin qui a l'aspect d'une mousse ou d'une peluche. Après un certain temps, cette mince couche se stabilise et offre en quelque sorte une protection pour les fibres sous-jacentes. Une abrasion excessive peut toutefois accroître l'épaisseur de cette couche et réduire la résistance du cordage.

**Facteur de sécurité** («security factor ou design factor») — Facteur utilisé pour déterminer la charge maximale d'utilisation ou CMU d'un cordage. Ce facteur doit être établi par l'utilisateur puisqu'il est le seul à pouvoir évaluer de façon précise l'usage qu'il fera du cordage et les conditions ambiantes auxquelles il sera soumis.

Selon la norme CI 1401 du «Cordage Institute», le facteur de sécurité (FS) varie de 5 à 12 pour un cordage synthétique utilisé dans des conditions normales et soumis à une charge dynamique modérée. Un FS supérieur à 12 est recommandé lorsque la vie humaine est en jeu (par exemple, une corde d'escalade).

Dans certains documents de référence, la charge maximale d'utilisation est exprimée comme un pourcentage de la charge minimale de rupture. Par exemple, une charge maximale d'utilisation égale à 20 % de la charge de rupture minimale correspond à un facteur de sécurité de 5.

**Fibre** («fiber») — La fibre est la composante de base d'un cordage (voir la figure ci-dessous) Les fibres sont enroulées pour former des filaments qui sont eux-mêmes torsadés pour obtenir les fils qui à leur tour sont torsadés pour obtenir les torons.



**Fil simple** («yarn») – Ensemble des fibres qui composent l’un des torons d’un cordage torsadé (voir la figure ci-dessus).

**Fluage** («creep») – Déformation lente, progressive et irréversible d’un cordage soumis à une charge constante élevée qui entraîne un allongement au-delà de son élasticité.

**Organeau** («anchor-ring») – Un organeau est un dispositif placé sur un ancrage pour y attacher un cordage. Dans le cas des corps-morts utilisés sur les filières maricoles québécoises, l’organeau est le plus souvent formé d’une corde de polypropylène dont chaque extrémité est enfouie dans le béton au moment de sa préparation.

**Ragage** («chafing») – Frottement d’un cordage sur un objet provoquant son usure.

**Résistance à la rupture** – Terme équivalent à la charge de rupture.

**Surcharge** («overload») – Un cordage est surchargé lorsque la force appliquée est supérieure à 50 % de sa résistance à la rupture à l’état neuf (McKenna *et al.*, 2004).

**Tension cyclique** («cyclic loading») – Une détérioration du cordage survient lorsqu’il est soumis à des variations cycliques de tension sur une longue période de temps. Un phénomène de fatigue se produit lorsque des tensions nulles ou très faibles ont lieu entre chaque cycle de tension. Les dommages subis par un cordage toronné soumis à une tension cyclique sont

surtout localisés entre les torons voisins et sont diagnostiqués par la présence de fils brisés ou feutrés et d'un résidu poudreux.

**Toron** («strand») — Réunion de plusieurs fils enroulés ensemble pour former un cordage. Dans le cas d'un cordage toronné, le toron correspond à l'ensemble des fils possédant le diamètre le plus élevé.

## ANNEXE 2

---

Documentation photographique





Les photographies sont regroupées en trois catégories.

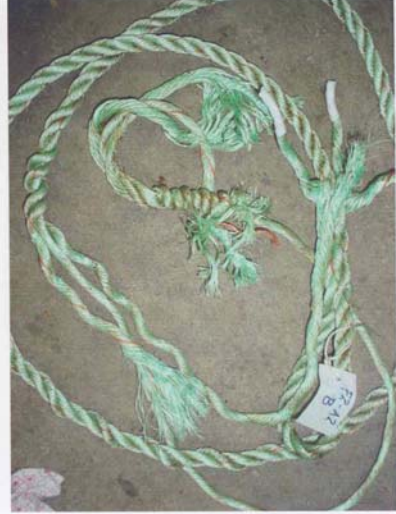
**CATÉGORIE 1 Segments de cordage avant et après le test de rupture**

Les clichés de chacune des planches sont identifiés ci-dessous en procédant du haut vers le bas et de gauche vers la droite.

NO ÉCHANTILLON	ÉTAT DU CORDAGE	DIAMÈTRE (PO)	CLICHÉ PRIS
<b>PLANCHE 1</b>			
A3-2	usagé	7/8	avant rupture
A3-1	usagé	7/8	avant rupture
F1-A2B	usagé	3/4	après rupture
A3-1B	usagé	7/8	avant rupture
F1-A2	usagé	3/4	après rupture
A3-2B	usagé	7/8	avant rupture
F1-A2	usagé	3/4	avant rupture
A3-2	usagé	7/8	après rupture
A3-1	usagé	7/8	après rupture
<b>PLANCHE 2</b>			
BBR	Neuf	5/8	après rupture
AQ	Neuf	3/4	après rupture
AQ	Neuf	3/4	avant rupture
BBR	Neuf	5/8	avant rupture
F2-A1B	usagé	3/4	après rupture
F2-A1	usagé	3/4	après rupture
F1-A2B	usagé	3/4	après rupture
F2-A1B	usagé	3/4	avant rupture
F2-A1	usagé	3/4	avant rupture
<b>PLANCHE 3</b>			
F2-A2B	usagé	3/4	avant rupture
F2-A2	usagé	3/4	après rupture
F2-A2B	usagé	3/4	après rupture
F2-M1	usagé	5/8	avant rupture
F2-M1B	usagé	5/8	avant rupture
F2-M1	usagé	5/8	après rupture
F2-M1B	usagé	5/8	après rupture
F1-A2B	usagé	3/4	avant rupture
<b>PLANCHE 4</b>			
FR-2	usagé	1/2	avant rupture
FR-1	usagé	1/2	avant rupture
FR-4	usagé	1/2	avant rupture
FR-3	usagé	1/2	avant rupture
FR-5	Neuf	1/2	avant rupture
-	usagé	1/2	après rupture
FR-5	Neuf	1/2	après rupture
FR-4	usagé	1/2	après rupture
FR-2	usagé	1/2	après rupture
<b>PLANCHE 5</b>			
FR-1	usagé	1/2	après rupture
FR-3	usagé	1/2	après rupture
FR-Ent. Shippagan-	Neuf	1/2	après rupture











## CATÉGORIE 2

### Segments de cordage inspectés en laboratoire

- CLICHÉ 1 Segments A1 et A2 prélevés sur l'une des amarres de la filière n° 167. Il s'agit du cordage BBR de  $\frac{7}{8}$  po de diamètre.
- CLICHÉ 2 Nœud (segment N2) reliant l'amarre de la filière n° 148 au corps-mort en béton. Il s'agit du cordage V1 de  $\frac{3}{4}$  po de diamètre identifié Nœud 2 dans le tableau 8.
- CLICHÉ 3 Segments A1 et A2 prélevés sur l'une des amarres de la filière n° 155. Il s'agit du cordage Aqualine de  $\frac{3}{4}$  po de diamètre
- CLICHÉ 4 Nœud (segment N11) reliant l'amarre de la filière n° 3 à la partie supérieure d'un pieu à hélice. Il s'agit du cordage V1 de  $\frac{3}{4}$  po de diamètre identifié Nœud 1 dans le tableau 11.

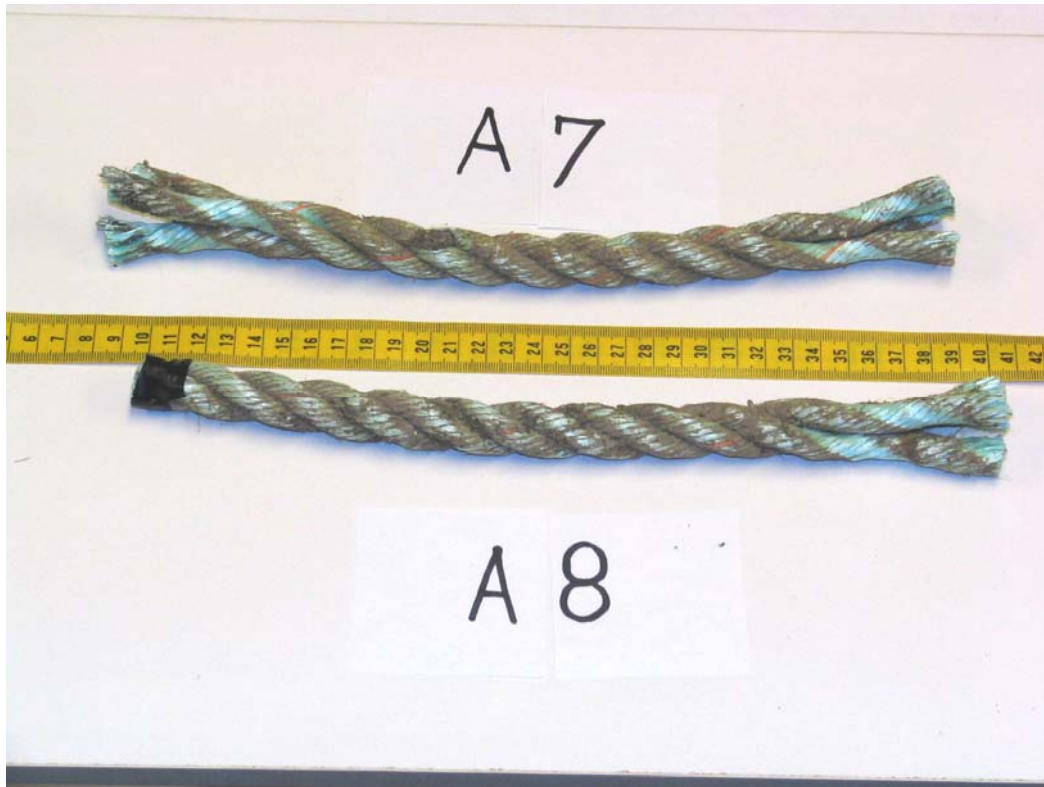




Cliché 1. Filière n° 167 - Segments A1 et A2 -Cordage BBR de  $\frac{7}{8}$  po



Cliché 2. Filière n° 148 - Nœud sur l'organeau -Cordage V1 de  $\frac{3}{4}$  po



Cliché 3. Filière n° 155 - Segments A1 et A2 -Cordage Aqualine de  $\frac{3}{4}$  po



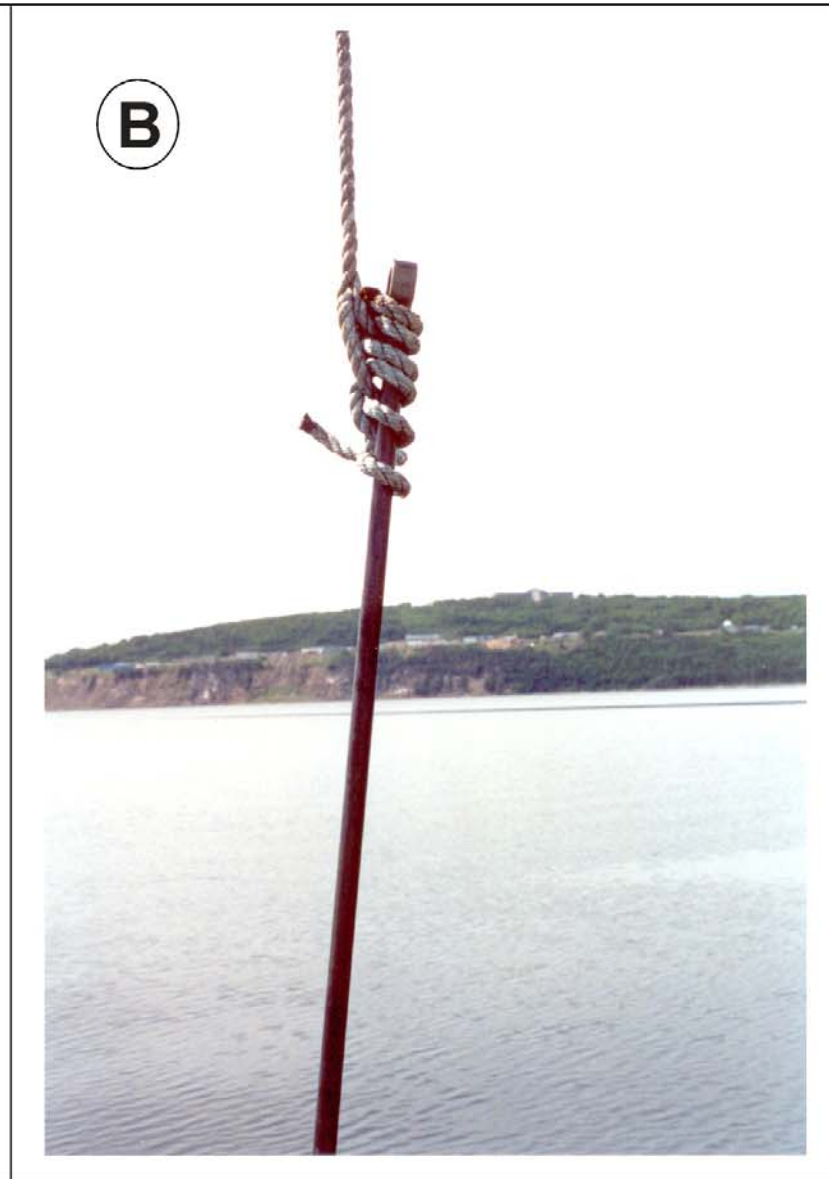
Cliché 4. Segment noué sur un pieu à hélice (Filière n° 3) - Cordage V1 de  $\frac{3}{4}$  po

**CATÉGORIE 3**

**Prélèvement des amarres reliées aux pieux à hélice**

CLICHÉ A - Partie inférieure d'un pieu à hélice

CLICHÉ B – Amarre nouée sur la partie supérieure d'un pieu





## ANNEXE 3

---

Résultats détaillés des tests de rupture



## ANNEXE 3

L'Annexe 3 contient les résultats des tests de rupture réalisés par Entreprises Shippagan Ltée. Les renseignements suivants sont fournis pour chacun des tests:

- Une liste numérotée de 1 à 17 contenant les paramètres du test de rupture (le nom de l'opérateur, la date, l'heure, la température, etc.) et les caractéristiques du cordage testé (n° de l'échantillon, type de cordage, longueur et aire transversale).
- Un tableau contenant les résultats du test : la force de traction en kg («load»), l'allongement du cordage en mm, la contrainte («stress») en  $\text{kg}\cdot\text{mm}^{-2}$  et la déformation («strain» en %). La contrainte correspond à la force appliquée sur le cordage divisée par son aire transversale. La déformation correspond à l'accroissement en longueur du cordage divisée par la longueur du segment avant sa mise sous tension. Ces valeurs sont fournies pour deux états du cordage : lorsque la tension maximale a été atteinte (désignée par «peak») et au moment de la rupture du cordage désignée par «break».
- Une courbe standard avec l'allongement du cordage (mm) sur l'axe des 'x' et la force de traction (kg) sur l'axe des 'y'.

Les tests sont présentés dans le même ordre que celui adopté au Tableau 5 du rapport. La correspondance entre le nom des échantillons testés et l'appellation retenue dans le présent rapport est donnée au Tableau 1 ci-dessous. Les caractéristiques de chacun des segments de cordage testés sont données au Tableau 2.

Il est important de noter que le Tableau 1 préparé par Entreprises Shippagan Ltée et intitulé 'Liste des échantillons de cordage' contient des erreurs dans la colonne 'Diamètre' : consulter plutôt le Tableau 2 ci-dessous.



**Tableau 1. Correspondance entre le numéro des échantillons soumis au test de rupture et leur identification dans le présent rapport**

Numéro des échantillons testés	Appellation dans le présent rapport		
	Filière no	Amarre no	Segment
A-3-1	167	1	B1
A-3-1B	167	1	B2
A-3-2	167	2	B1
A-3-2B	167	2	B2
F1-A1	148	1	B1
F1-A1B	148	1	B2
F1-A2	148	2	B1
F1-A2B	148	2	B2
F2-A1	155	1	B1
F2-A1B	155	1	B2
F2-A2	155	2	B1
F2-A2B	155	2	B2
F2-M1	155	-	C1
F2-M1B	155	-	C2
RR1	Ligne maîtresse		RR1
BBR	Cordage neuf		BBR
AQ	Cordage neuf		AQ

**Tableau 2. Caractéristiques des échantillons de cordage soumis aux tests de rupture**

NO ÉCHANTILLON	LONGUEUR (M)	DIAMÈTRE (PO)	ÉTAT DU CORDAGE
A3-1	3	7/8	usagé
A3-1B	3	7/8	usagé
A3-2	3	7/8	usagé
A3-2B	3	7/8	usagé
F1A1	4	3/4	usagé
F1A1B	4	3/4	usagé
F1A2	4	3/4	usagé
F1A2B	4	3/4	usagé
F2A1	4	3/4	usagé
F2A1B	4	3/4	usagé
F2A2	4	3/4	usagé
F2A2B	4	3/4	usagé
F2M1	4	5/8	usagé
F2M1B	4	5/8	usagé
RR1	4	5/8	usagé
BBR	4	5/8	Neuf
AQ	4	3/4	Neuf