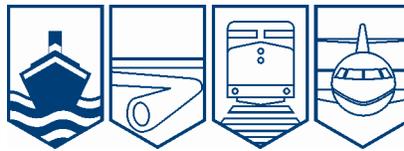




## RAPPORT D'ENQUÊTE MARITIME

M09L0074



### CHAVIREMENT AVEC PERTES DE VIE

DU PETIT BATEAU DE PÊCHE *LE MARSOUIN I*  
AU LARGE DE RIVIÈRE-AU-RENARD (QUÉBEC)

LE 18 MAI 2009

Le Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) a enquêté sur cet événement dans le seul but de promouvoir la sécurité des transports. Le Bureau n'est pas habilité à attribuer ni à déterminer les responsabilités civiles ou pénales.

## Rapport d'enquête maritime

### Chavirement avec pertes de vie

du petit bateau de pêche *Le Marsouin I*  
au large de Rivière-au-Renard (Québec)  
le 18 mai 2009

Rapport numéro M09L0074

### *Sommaire*

Le 18 mai 2009 vers 17 h 39, heure avancée de l'Est, le petit bateau de pêche *Le Marsouin I*, avec un équipage de trois personnes à son bord, chavire alors qu'il navigue par mer oblique peu agitée à agitée au large de Rivière-au-Renard. Un des matelots de pont est secouru par la Garde côtière canadienne peu après le chavirement. Le corps de l'autre matelot de pont et celui du capitaine sont retrouvés par la suite.

*This report is also available in English.*

## *Autres renseignements de base*

### *Fiche technique du navire*

---

Nom du navire	<i>Le Marsouin I (ex Sylvia C)</i>
Numéro officiel	395338
Port d'immatriculation	Gaspé (Québec)
Pavillon	Canada
Type	Petit bateau de pêche
Jauge brute	24,58
Longueur hors tout <sup>1</sup>	14,07 m
Longueur réglementaire	13,14 m
Longueur à la flottaison	12,95 m
Construction	1981, Saint-Antoine-de-Tilly (Québec)
Propulsion	Un moteur diesel de 130 kW entraînant une hélice à pas fixe
Cargaison	Environ 90 bacs à poisson vides (en plastique)
Équipage	3 personnes
Propriétaire enregistré	Propriétaire privé, Forillon (Québec)

---

### *Renseignements sur le navire*

*Le Marsouin I* est le cinquième d'une série de 11 bateaux de construction similaire qui ont été construits entre 1980 et 1983. Il s'agit d'un bateau ponté à coque en fibre de verre renforcée. La coque est divisée en quatre compartiments par trois cloisons transversales : de l'avant vers l'arrière : les emménagements, la salle des machines, la cale à poisson et la cambuse. La timonerie est située sur le pont principal, à l'avant du milieu du bateau; l'accès à la timonerie à partir du pont arrière se fait par une porte coulissante avec seuil située du côté tribord et qui fait face vers l'arrière; l'accès au pont avant se fait par une porte à charnières située du côté bâbord de la timonerie. Dans la timonerie, l'accès à la salle des machines se fait par une écoutille à plat pont située du côté bâbord, et l'accès aux emménagements se fait par une descente (voir l'Annexe A).

---

<sup>1</sup> Les unités de mesure utilisées dans le présent rapport respectent les normes de l'Organisation maritime internationale (OMI) ou, à défaut, celles du Système international d'unités.

Le pont arrière est entouré d'un pavois pourvu de six sabords de décharge bâbord et six sabords de décharge tribord, au niveau du pont. Lors de l'événement, les sabords de décharge bâbord étaient fermés par des couvercles verrouillés pour empêcher les prises de passer par ces ouvertures et d'être rejetées à la mer. Le pont arrière est partiellement couvert grâce à un abri installé à l'arrière de la timonerie. Une écoutille centrale, munie d'une hiloire et d'un panneau, permet l'accès à la cale à poisson; l'accès à la cambuse se fait par un trou d'homme à plat pont sur le pont arrière.

Le bateau est utilisé principalement pour la pêche au poisson de fond, mais est également utilisé pour la pêche au crabe. Il est équipé de flèches à paravane, d'une table en bois pour trier le crabe et d'une plate-forme arrière. L'équipement mécanique sur le pont comprend un treuil pour les casiers, un treuil de halage (modèle à disque) et un mât de charge.

Il y a un réservoir de carburant de chaque côté de la salle des machines, ainsi qu'une caisse à eau douce située sous les emménagements.

En guise de lest, le bateau transporte 80 kg de pierre arrimée sous les emménagements et 312 kg de matériaux divers non arrimés dans la cambuse<sup>2</sup>.

Le bateau est équipé d'un radeau de sauvetage pour six personnes situé sur le pont avant. Le radeau est muni d'un dispositif de largage hydrostatique et d'un croc à échappement. Le bateau transporte également quatre gilets de sauvetage, quatre combinaisons d'immersion, deux bouées de sauvetage, ainsi qu'une radiobalise de localisation des sinistres (RLS) à dispositif de largage hydrostatique<sup>3</sup> située sur le toit de la timonerie.

Le bateau est également muni de deux radios VHF. Une des radios est un appareil avec la fonction d'appel sélectif numérique (ASN)<sup>4</sup> et possède un numéro d'identification du service mobile maritime (ISMM) qui lui a été assigné. Les deux radios sont fixées au plafond de la timonerie.



**Photo 1.** *Le Marsouin I*

---

<sup>2</sup> Il semble que le lest était à ces endroits depuis un certain temps; en fait, il a été impossible d'établir à quelle époque il avait été chargé.

<sup>3</sup> Le dispositif de largage hydrostatique était périmé depuis 2008.

<sup>4</sup> Pour que la radio fonctionne en mode ASN, le numéro ISMM du navire doit être programmé dans la radio. On active la fonction d'appel de détresse en appuyant sur la touche d'appel de détresse (Distress) et en la tenant enfoncée pendant quatre secondes consécutives.

## *Déroulement du voyage*

Tôt le matin du 18 mai 2009, le capitaine et les deux matelots de pont se rassemblent à bord du bateau *Le Marsouin I* dans le port de Grande-Grève (Québec) en vue d'une sortie de pêche au crabe. Vers 6 h 45<sup>5</sup>, le bateau se dirige vers les lieux de pêche au crabe situés à environ 1,5 mille marin (nm) au large de la rive. Le bateau accuse une faible gîte inhérente sur tribord.

Après avoir remonté environ 35 casiers à crabe, on met les prises (environ 1800 kg) dans des bacs à poisson, en plastique, avant de les mettre dans la cale à poisson. À 13 h, le bateau quitte les lieux de pêche pour aller décharger ses prises à Rivière-au-Renard (Québec). Après avoir déchargé les prises, on lave la cale à poisson et on pompe l'eau de la cale pour l'assécher. La cale et la cambuse, dont l'eau s'évacue dans la cale, sont alors vides. On fixe le panneau de la cale à poisson et on ferme hermétiquement les six écoutillons à plat pont. Environ 90 bacs à poisson vides sont empilés sur le pont et arrimés à la table de tri.

Vers 17 h 20, le bateau *Le Marsouin I* appareille de Rivière-au-Renard pour rentrer à Grande-Grève. Le bateau navigue parallèlement à la rive à une vitesse d'environ 8 nœuds sur un cap au 135° vrai (V). Il se trouve alors à environ un mille du rivage. À cette distance de la rive, la profondeur d'eau atteint les 50 m environ. Les flèches des paravanes destinés à amortir le roulis sont relevées, et les réservoirs de carburant sont remplis partiellement. Des vents légers soufflent du nord-est avec une mer oblique et des vagues de 1 m de hauteur<sup>6</sup>. Le bateau est soumis à un léger tangage et à un léger roulis. Une semaine avant l'événement, le bateau avait été brusquement soumis à un roulis important et inexplicé, dans des circonstances d'exploitation similaires.

Le capitaine est debout près de la barre, et le matelot de pont B se trouve à gauche du capitaine. Le matelot de pont A se trouve près de la porte coulissante qui est alors fermée. Vers 17 h 38, le bateau gîte brièvement sur tribord puis se redresse, puis il gîte de nouveau, mais cette fois, il s'incline encore plus sur tribord. Après avoir entendu le capitaine l'avertir que le bateau va chavirer, le matelot de pont A ouvre la porte coulissante et sort de la timonerie. Le bateau continue de gîter sur tribord et chavire à la position 48°59.3' N, 064°19.6' W (voir l'Annexe B)<sup>7</sup>.

## *Recherche et sauvetage*

Le bateau a chaviré brusquement, et aucun appel Mayday n'a été lancé. Aucun équipement de sauvetage n'a été utilisé. Une fois dans l'eau, le matelot de pont A est remonté à la nage de sous le bateau retourné et a fait surface près de la poupe, après quoi il a grimpé sur la coque renversée, près du gouvernail<sup>8</sup>. Le gouvernail avoisinait la position zéro la barre.

Vers 17 h 40, un résident qui se trouvait sur la grève a aperçu le bateau chaviré et a appelé la police; la police a alors alerté le Centre secondaire de sauvetage maritime (CSSM) situé à Québec (Québec). Le CSSM a dépêché des ressources de recherche et sauvetage, dont les navires de la Garde côtière canadienne (NGCC) *Cap Rozier*, *Frederick G. Creed*, et *Martha L. Black*. Le NGCC *Cap Rozier*, basé à Rivière-au-Renard, a dépêché son embarcation rapide de sauvetage sur les lieux de l'accident, et à 17 h 56, le matelot de pont A a été secouru. Peu de temps après, il a été emmené à terre et transporté par ambulance.

---

<sup>5</sup> Les heures sont exprimées en heure avancée de l'Est (temps universel coordonné moins quatre heures).

<sup>6</sup> Les vents soufflaient d'une direction située entre 320° et 350°.

<sup>7</sup> Le bateau a chaviré à environ 1 mille marin au large d'Anse-à-Fugère (Québec).

<sup>8</sup> Il est resté dans l'eau jusqu'à ce que le moteur s'arrête et que l'hélice cesse de tourner.

À 17 h 57, le CSSM de Québec a demandé au Centre conjoint de coordination des opérations de sauvetage de Halifax (Nouvelle-Écosse) de dépêcher des ressources aériennes de recherche et sauvetage. Un avion et un hélicoptère ont alors été dépêchés sur les lieux de l'événement, ainsi que trois bateaux de pêche locaux. Des dispositions ont été prises avec des plongeurs locaux pour fouiller l'intérieur du bateau. L'embarcation rapide de sauvetage du NGCC *Cap Rozier* a amené deux plongeurs locaux sur les lieux de l'événement et, vers 19 h, les plongeurs ont retrouvé le corps du matelot de pont B à l'intérieur du bateau *Le Marsouin I*. La tentative suivante n'a pas permis de localiser le corps du capitaine, et il a été décidé d'interrompre les opérations de plongée en raison du grand nombre de débris à l'intérieur du bateau.

Les efforts de recherche et sauvetage se sont poursuivis pendant le remorquage du bateau vers Rivière-au-Renard. Le corps du capitaine a été retrouvé le lendemain, à l'intérieur du bateau.

### *Avaries au bateau*

L'eau a causé des dommages considérables au moteur, aux systèmes de commande et aux appareils électroniques du bateau. La flèche du paravane tribord a été brisée et le pavois arrière tribord a été gauchi.

### *Victimes*

Le matelot de pont A était en état de choc et souffrait d'une légère hypothermie. Après avoir reçu les soins nécessaires, il a pu quitter l'hôpital. Le capitaine et le matelot de pont B ont péri noyés.

### *Dommmages à l'environnement*

Le chavirement a causé le déversement d'une petite quantité d'huile dans l'eau, mais l'huile s'est rapidement dissipée par évaporation et sous l'action du vent et des vagues. On estime que les répercussions sur l'environnement ont été négligeables.

### *Historique du bateau*

Le bateau *Le Marsouin I* avait été construit à l'origine pour être utilisé comme bateau de pêche polyvalent et il avait été équipé d'un mât d'artimon et d'une voile de batture. Aucun des 11 bateaux de la série n'a fait l'objet d'une évaluation complète de la stabilité après avoir été construit, et la réglementation n'exigeait pas que ces bateaux soient soumis à une telle évaluation.

Au cours des années qui ont suivi sa construction, le bateau *Le Marsouin I* a fait l'objet des modifications suivantes : retrait du mât d'artimon et de la voile; installation de flèches pour stabilisateurs à paravane, d'un treuil pour les casiers, d'un treuil de halage (modèle à disque), d'un mât de charge et d'une plate-forme arrière aménagée au-dessus du pavois et utilisée pour les opérations de pêche et l'entreposage de l'équipement.

Au cours des neuf années précédentes, le bateau *Le Marsouin I* avait été utilisé pour la pêche au crabe au printemps et ensuite pour la pêche à la ligne de fond. En moyenne, le bateau faisait 10 brèves sorties de pêche au crabe par saison, surtout aux alentours de la péninsule de Gaspé. Après avoir déchargé le crabe, le bateau repartait habituellement de Rivière-au-Renard à l'état lège, c'est-à-dire avec la cale à poisson vide, comme dans ce cas-ci. Au moment du chavirement, le bateau effectuait sa huitième sortie de la saison.

Aucune donnée de stabilité n'était disponible pour le bateau au moment de l'événement, et le *Règlement sur l'inspection des petits bateaux de pêche* (RIPBP) n'exige pas que cette information soit communiquée pendant la durée de vie du navire.

On ne sait pas, et l'enquête n'a pas permis d'établir, si le bateau avait été modifié ou si du lest solide avait été retiré avant la saison 2009. L'examen des dossiers de Transports Canada relatifs au bateau n'a révélé aucun problème antérieur en matière de stabilité.

### *Certificats du bateau*

Le 3 mai 2006, on a délivré au bateau *Le Marsouin I* un certificat d'inspection pour un bateau de pêche commerciale d'une jauge brute d'au plus 150 tonneaux qui effectue des voyages de cabotage de classe II. Le certificat d'inspection devait expirer le 2 mai 2010. Lors de l'inspection, le propriétaire a rempli le questionnaire de Transports Canada intitulé Questionnaire sur la stabilité, document qui identifie des facteurs de risque spécifiques et qui aide à déterminer si le navire a besoin d'un livret de stabilité<sup>9</sup>.

### *Questionnaire sur la stabilité et évaluation de la stabilité*

La réglementation actuelle n'exige pas une évaluation de la stabilité pour les petits bateaux de pêche existants, à moins qu'ils ne soient utilisés pour la pêche au hareng ou au capelan. Transports Canada a entrepris l'élaboration du nouveau Règlement sur la sécurité des bateaux de pêche, qui propose d'étendre l'application des exigences relatives à la stabilité des navires<sup>10</sup>. On prévoit que le nouveau règlement fera l'objet d'une publication préalable dans la *Gazette du Canada, Partie I*, à la fin de 2011.

Entre-temps, Transports Canada a établi une politique qui vise à déterminer si un livret de stabilité doit être produit pour les petits bateaux de pêche inspectés de plus de 15 tonneaux de jauge brute. La décision d'exiger ce document se fonde sur l'identification de facteurs de risque spécifiques énumérés dans le Questionnaire sur la stabilité<sup>11</sup>. Ces facteurs de risque s'appliquent également aux petits bateaux de pêche non inspectés, étant donné que les risques associés à leur exploitation sont du même ordre. Cependant, le questionnaire ne dresse pas une liste exhaustive des facteurs de risque possibles; à ce propos, le Bulletin sur la sécurité des navires (BSN) qui lui est associé note que, bien qu'on puisse acquérir avec le temps des connaissances pratiques relatives aux limites de stabilité d'un bâtiment, « en observant comment il se comporte dans diverses conditions (. . .) il faut procéder à un essai [officiel] pour connaître vraiment les capacités d'exploitation sécuritaires d'un bâtiment. »

En mai 2006, le propriétaire du bateau *Le Marsouin I* a rempli le questionnaire qui a alors été présenté à Transports Canada. Le questionnaire n'ayant identifié aucun facteur de risque, on a jugé qu'un livret de stabilité n'était pas nécessaire pour le bateau.

---

<sup>9</sup> Un livret de stabilité est un document qui présente, dans une forme normalisée, les résultats de divers calculs sur la flottabilité et la stabilité, et qui sert à renseigner le capitaine et l'équipage sur les limites de sécurité du navire dans diverses conditions de chargement et d'exploitation.

<sup>10</sup> Le nouveau règlement s'appliquerait aux navires neufs et existants, quel que soit le type de pêche auquel ils sont affectés.

<sup>11</sup> Bulletin de la sécurité des navires (BSN) 04/2006, Sécurité des petits bateaux de pêche : information pour les propriétaires/capitaines sur les livrets de stabilité. Le bulletin fournit une interprétation standard des exigences de l'article 48 de l'actuel *Règlement sur l'inspection des petits bateaux de pêche* qui permet à l'inspecteur d'effectuer une inspection ou d'exiger l'exécution d'une épreuve afin de s'assurer que le bateau offre toute garantie de sécurité et convient à l'usage auquel il est destiné.

## *Brevets, certificats et expérience du personnel*

Le propriétaire du bateau *Le Marsouin I* en était le capitaine depuis qu'il l'avait acheté en 1986. Il comptait environ 40 années d'expérience sur des bateaux de pêche et il avait effectué ce trajet de nombreuses fois auparavant. Il était titulaire d'un certificat sur les fonctions d'urgence en mer (FUM) Il n'était pas titulaire d'un brevet de capacité, et il n'était pas tenu d'en posséder un aux termes de la réglementation.

Le matelot de pont A avait environ une année d'expérience sur des bateaux de pêche et deux années d'expérience sur des chalands en Arctique. Il travaillait comme matelot de pont sur le bateau *Le Marsouin I* depuis trois semaines. Le matelot de pont B comptait environ six années d'expérience sur des bateaux de pêche.

Ni l'un ni l'autre des matelots de pont n'était titulaire d'un brevet ou d'un certificat de compétence maritime, même si au moins un des deux était tenu d'être titulaire d'un certificat FUM avant d'avoir cumulé six mois de service en mer<sup>12</sup>.

## *Conditions météorologiques*

Les sources d'information météorologique les plus rapprochées étaient une bouée située près de Mont-Louis (Québec) ainsi que la station terrestre de Cap Madeleine (Québec), qui se trouvaient respectivement à 65 nm et à 43 nm à l'ouest du lieu de l'événement<sup>13</sup>. Vers la fin de l'après-midi du 17 mai 2009, soit la veille de l'événement, ces deux sources ont enregistré des vents de l'ouest soufflant à une vitesse de 10 à 18 nœuds. Les conditions de vent sont demeurées les mêmes jusqu'au moment de l'événement qui est survenu le lendemain après-midi à 17 h. À ce moment, on a enregistré des vents de 12 à 15 nœuds. À 18 h, le NGCC *Cap Rozier* a signalé que les vents soufflaient du nord-est à 10 nœuds sur les lieux de l'événement.

Les hauteurs significatives minimales et maximales des vagues<sup>14</sup> enregistrées pour la bouée de Mont-Louis étaient de 0,4 m et de 1,4 m, respectivement, le 17 mai 2009. Elles ont augmenté à 0,8 m et 1,4 m le 18 mai 2009. Lors de l'événement, la hauteur maximale des vagues enregistrée était de 1,8 m. À 18 h, l'équipage du NGCC *Cap Rozier* a observé que la hauteur maximale des vagues sur les lieux de l'événement était de 1,5 m.

---

<sup>12</sup> BSN 11/2007, Formation aux fonctions d'urgence en mer pour le personnel à bord de petits bâtiments commerciaux.

<sup>13</sup> La bouée de Mont-Louis était à la position 49°31.8' N, 065°43.2' W. La bouée de Cap Madeleine était à la position 49°15.0' N, 065°19.2' W.

<sup>14</sup> La hauteur significative de la vague est la moyenne du tiers des vagues les plus hautes que l'on constate pendant une période donnée. Le jour de l'événement, le ratio hauteur maximale des vagues/hauteur significative des vagues était de 1,4 à 2,0.

## Stabilité des navires en eaux calmes

Quelques jours après l'événement, le BST a réalisé une inspection à l'état lège<sup>15</sup> et un essai de stabilité afin de déterminer les caractéristiques du bateau à l'état lège. Un modèle informatique a été préparé à partir du plan de formes, ainsi que des courbes hydrostatiques et des abaques de stabilité. On a ensuite évalué la stabilité du bateau en fonction des critères de la norme STAB 4 (pour les bateaux de pêche)<sup>16</sup>, dans les conditions de charge suivantes :

- à l'état lège (à partir des résultats de l'essai de stabilité)<sup>17</sup>
- en condition de départ après le déchargement (caisse à eau douce et réservoir de carburant remplis à 75%, aucune vague)<sup>18</sup>

Pour un navire à l'état lège, le seul critère de la norme STAB 4 applicable est celui de la hauteur métacentrique (GM) minimale. Le bateau respectait ce critère.

En condition de départ, après le déchargement du crabe et sans action des vagues (c'est-à-dire à quai en eaux calmes), la stabilité du bateau ne respectait pas la majorité des critères de la norme STAB 4. Par exemple, la surface sous la courbe du bras de levier de redressement (GZ) à 30° de gîte n'atteignait que 70 % de la valeur minimale exigée par la norme STAB 4; à 40°, elle atteignait 61 %. La stabilité initiale était aussi un peu plus faible sur tribord, étant donné que le bateau avait une faible gîte de ce côté (voir le Tableau 1 et l'Annexe D – Graphique 1).

**Tableau 1.** Critères de la norme STAB 4 – Stabilité du navire à l'état lège et en condition de départ

	Critère minimum	Valeurs réelles	
		État lège	Condition de départ
GM du navire en position droite, en mètres (en pieds)	0,35 (1,15)	0,36 (1,19)	0,38 (1,24)
Bras de redressement à 30 degrés, en mètres (en pieds)	0,2 (0,66)	s/o	<b>0,11 (0,36) 55 %</b>
Angle absolu à la valeur maximale de bras de redressement, en degrés	25°	s/o	26,5°
Aire de 0 à 30 degrés ou envahissement, en mètres-degré (en pieds-degrés)	3,15 (10,34)	s/o	<b>2,20 (7,21) 70 %</b>
Aire de 30 à 40 degrés ou envahissement, en mètres-degrés (en pieds-degrés)	1,72 (5,64)	s/o	<b>0,85 (2,80) 49 %</b>
Aire de 0 à 40 degrés ou envahissement, en mètres-degrés (en pieds-degrés)	5,15 (16,91)	s/o	<b>3,15 (10,33) 61 %</b>

Les parties en grisé correspondent à des valeurs non conformes aux critères minimaux de la norme STAB 4

<sup>15</sup> Une inspection à l'état lège suppose une vérification de tous les articles qu'on doit ajouter, soustraire ou déplacer à bord d'un navire au moment de l'essai de stabilité, pour faire en sorte d'ajuster l'état du navire en fonction de l'état lège.

<sup>16</sup> Tiré de la publication de Transports Canada intitulée *Normes de stabilité, de compartimentage et de lignes de charge*, TP 7301. Bien que ces normes ne soient pas d'application obligatoire pour un bateau de cette taille, elles donnent un point de repère pour l'évaluation de la stabilité.

<sup>17</sup> Lors du chavirement, la cale à poisson était vide et ne contenait qu'environ 187 kg de selles de rail utilisées comme ancres pour les flotteurs des marqueurs, et des planches d'aluminium amovibles servant à séparer les compartiments à poisson.

<sup>18</sup> Compte tenu de la présence des trois membres de l'équipage et de leurs effets, de la quantité de produits consommables et de l'équipement de pêche qu'il y avait à bord lorsque le bateau a appareillé de Rivière-au-Renard le jour de l'événement.

## *Angle des vagues et période de rencontre de la vague*

Une bande vidéo enregistrée pendant les activités de recherche et sauvetage, une trentaine de minutes après le chavirement, montre une mer peu agitée à agitée avec des vagues de 0,5 à 1 m de hauteur. L'angle des vagues a été estimé entre 320° (V) et 350° (V). Étant donné que le bateau suivait un cap au 135° (V) environ, l'angle de rencontre par rapport au cap du bateau a dû se situer entre 145° et 175° sur la hanche bâbord (voir l'Annexe C – Tableau 1), ce qui correspond à une mer de l'arrière ou une mer oblique.

En outre, la période de la vague<sup>19</sup> a été estimée entre 3 et 4,5 secondes. Ceci correspond à une longueur de vague<sup>20</sup> de 14 à 32 m, et à des vitesses de vague<sup>21</sup> de 9 à 14 nœuds (voir l'Annexe C – Tableau 2). La période de rencontre de la vague aurait duré de 9 à 26 secondes<sup>22</sup>. Plus la période de rencontre est longue, plus il faut de temps pour que la vague passe le long de la coque.

## *Mer de l'arrière et mer oblique*

Une mer de l'arrière et une mer oblique<sup>23</sup> peuvent menacer la stabilité d'un navire et causer deux phénomènes dangereux principaux : la navigation sur la crête des vagues et la tombée en travers. Dans ces conditions, le bâtiment rencontre la vague pendant une période plus longue que s'il recevait la vague par le travers ou sur l'étrave. Par mer de travers, la flottabilité est modifiée dans le sens transversal, alors que par mer de l'avant ou de l'arrière, la flottabilité est modifiée dans le sens longitudinal. Par contre, par mer oblique, la flottabilité est modifiée dans les deux directions. Cette répartition inégale occasionne une réduction transitoire et parfois importante de la stabilité.

## *Facteurs qui affectent la stabilité des navires dans les vagues*

Après l'événement, le BST a procédé à une évaluation de la stabilité du bateau de pêche sur les vagues (en condition de départ), en faisant varier les paramètres ci-après :

- position de la crête de la vague le long de la coque<sup>24</sup>
- hauteur de vague (0,5 m, 1,0 m et 1,5 m)

---

<sup>19</sup> La période de la vague est le temps qu'il faut pour que deux crêtes successives ou deux creux successifs passent par un même point fixe.

<sup>20</sup> La relation entre la période de la vague et la longueur de la vague est la suivante : longueur de la vague (m) = 1,56 x période de la vague au carré.

<sup>21</sup> La relation entre la période de la vague et la vitesse de la vague est la suivante : vitesse de la vague (m/sec) = 1,56 x période de la vague.

<sup>22</sup> La période de rencontre (P) est le temps qu'il faut pour que deux crêtes consécutives (ou deux creux consécutifs) passent par un même point de référence (par exemple la proue) de la coque du bâtiment.

$$P = \frac{3 \times (\text{période de la vague})^2}{3 \times \text{période de la vague} + ((\text{vitesse du bateau}) \cos (\text{angle entre la quille et la direction de la vague}))}$$

<sup>23</sup> Par mer de l'arrière ou par mer oblique, les vagues frappent le bateau par l'arrière à un angle situé entre 135° et 225° par rapport à l'axe longitudinal à l'avant du bâtiment.

<sup>24</sup> La position de la crête de la vague le long de la coque correspond à l'angle de phase, en degrés, par rapport à la perpendiculaire avant du bateau. Dans ce cas, quand elle est à zéro, la crête est directement au-dessus de la perpendiculaire avant. L'angle de phase augmente quand on avance vers la direction de la rencontre.

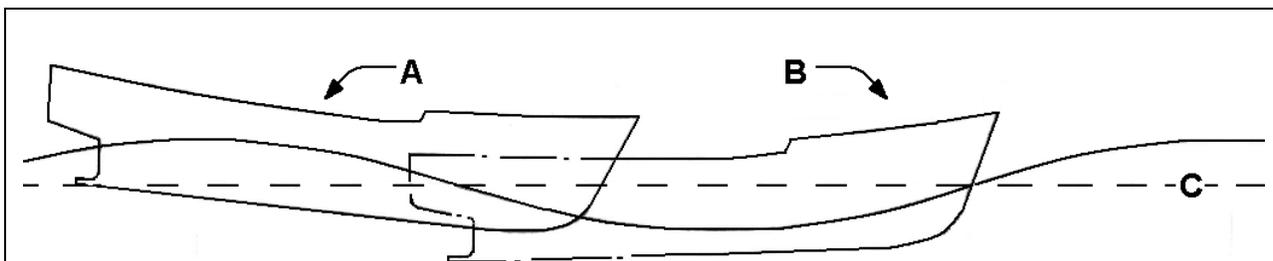
- ratio hauteur de vague-longueur (1:15, 1:20, 1:25, 1:30), à des longueurs de vague de 14 m, 18 m, 23 m et 27 m
- angle de rencontre par rapport à l'axe longitudinal à l'extrémité arrière (0°, 22,5° et 45°).

On a choisi ces paramètres de façon à tenir compte de différentes conditions de vagues au moment de l'événement. Les calculs ont été basés sur la quantité et la répartition des poids à bord du bateau au moment du départ. Pour fournir une comparaison, et notant l'absence d'une norme relative à la stabilité dynamique<sup>25</sup>, l'effet de ces paramètres sur la stabilité du navire est comparé avec la courbe GZ en condition de départ en eaux calmes et aussi avec les critères minimaux de la norme STAB 4.

Ci-après une discussion détaillée portant sur chacun de ces paramètres.

### *Position de la vague*

Des courbes GZ ont été produites pour différentes positions de crête de vague le long de la coque (voir la Figure 1). On a supposé une hauteur de vague moyenne de 0,9 m (3 pieds) et un angle de rencontre de 45° (par rapport à l'axe longitudinal à l'arrière). Puis, les données ont été comparées à celles qu'on obtient dans des conditions sans vagues. Les résultats montrent que la stabilité du bateau dans les vagues était inférieure à celle enregistrée en l'absence de vagues, sauf dans le cas d'une phase de vague de 270°. À cette phase, le bras de levier de redressement correspond à 71 % des valeurs minimales de la norme STAB 4, et la plage de stabilité positive est de 54°. La pire condition se produit avec une phase de vague de 135°, l'aire sous la courbe GZ ne représentant que 6 % des exigences minimales de la norme STAB 4 et la plage de stabilité positive n'étant que de 20°. Cela correspond à un angle de chavirement statique de 40° (voir l'Annexe D – Graphique 2).



**Figure 1.** Condition la plus défavorable et la plus favorable

A : 135° (condition la plus défavorable). B : 270° (condition la plus favorable). C : niveau moyen de la mer.  
(Dessin non à l'échelle)

### *Hauteur des vagues*

Des courbes GZ ont également été produites pour trois hauteurs de vague différentes (0,5 m, 1,0 m et 1,5 m). Les résultats montrent que l'aire sous la courbe GZ correspondait à 60 %, 0 % et 24 %, respectivement, des critères minimaux de la norme STAB 4 entre 0° et 30° de gîte (voir l'Annexe D – Graphique 3).

<sup>25</sup>

L'OMI a reconnu que du fait de la diversité des types et des dimensions des navires, ainsi que de leur mode d'exploitation et des conditions d'environnement, la sécurité d'un navire faisant route met en jeu des phénomènes hydrodynamiques complexes qui n'ont pas été suffisamment étudiés et compris. Des travaux sont en cours à l'OMI pour élaborer la nouvelle génération de critères de stabilité à l'état intact. L'achèvement des travaux est prévu en 2012.

### *Ratio hauteur de vague/longueur de vague*

Des courbes GZ ont de nouveau été produites pour différents ratios hauteur de vague/longueur de vague, en supposant une phase de vague de 90° mais un angle de rencontre de 20° (par rapport à l'axe longitudinal à l'arrière). Pour des angles de gîte entre 0° et 40°, l'aire sous la courbe GZ se situait entre 38 et 52 % des valeurs minimales de la norme STAB 4, et variait en fonction du ratio (voir l'Annexe D – Graphique 4).

### *Angle de rencontre*

En utilisant la condition la plus favorable, soit une phase de vague de 270°, des courbes GZ ont été produites pour trois différents angles de rencontre : de mer de l'arrière à mer oblique (c'est-à-dire entre 0°, 22,5° et 45° par rapport à l'axe longitudinal à l'arrière). Une comparaison entre ces courbes GZ à ces angles n'a révélé aucune variation significative (voir l'Annexe D – Graphique 5).

### *Navigation sur la crête des vagues et tombée en travers*

L'Organisation maritime internationale (OMI) a reconnu<sup>26</sup> qu'un bateau risque de naviguer sur la crête des vagues et de tomber en travers s'il navigue par mer de l'arrière ou par mer oblique et si sa vitesse excède une certaine valeur.

#### *Navigation sur la crête des vagues*

Lorsqu'un navire se trouve sur la crête d'une grosse vague par mer de l'arrière ou par mer oblique, il peut être soumis à des accélérations qui le feront naviguer sur la crête de la vague. Cela peut réduire considérablement sa stabilité à l'état intact selon les changements que subit la partie immergée de la coque<sup>27</sup>, et peut s'avérer critique dans les situations suivantes :

- si la longueur de vague est de 1 à 2,5 fois la longueur du navire à la flottaison;
- si le bateau se déplace à une vitesse égale à celle de la vague, à plus ou moins 10 % près<sup>28</sup>;
- si le bateau pique légèrement du nez et si la crête de la vague est sur l'arrière du milieu du bateau.

Lors du présent événement, la longueur estimative de la vague (de 14 à 32 m) et sa vitesse estimative (de 9 à 14 nœuds) se situaient dans la plage critique, compte tenu de la longueur du bateau à la flottaison (12,95 m) et de la vitesse du bateau (environ 8 nœuds). De plus, comme l'indique le paragraphe portant sur la position de la vague, le scénario de la pire éventualité pour ce qui est de la stabilité du bateau était celui de la phase 135°, en l'occurrence un scénario où la crête de la vague serait sur l'arrière du milieu.

---

<sup>26</sup> OMI, Directives révisées destinées à permettre au capitaine d'éviter les situations dangereuses lorsque les conditions météorologiques et l'état de la mer sont défavorables, Londres, MSC.1/Circ. 1228, 11 janvier 2007, section 4.

<sup>27</sup> OMI, Directives révisées destinées à permettre au capitaine d'éviter les situations dangereuses lorsque les conditions météorologiques et l'état de la mer sont défavorables, Londres, MSC.1/Circ. 1228, 11 janvier 2007, section 3.

<sup>28</sup> Marine and Coastguard Agency, *Research Project 502: High-Speed Craft Dynamic Stability in Following & Quartering Seas*, Marine Guidance Note 328 (M), Royaume-Uni (en anglais seulement).

Voici certains des indices qui avertissent qu'un bateau risque de naviguer sur la crête des vagues :

- la vitesse du bateau varie considérablement à un niveau de puissance donné;
- le bateau répond lentement à la barre;
- les vagues déferlantes ont pour effet d'accroître la tendance du bateau à naviguer sur la crête des vagues.

Compte tenu des risques associés à la navigation sur la crête des vagues, les mesures correctives habituelles consistent à réduire la vitesse du bateau ou à changer de cap.

La navigation sur la crête des vagues peut aussi être annonciatrice d'un autre phénomène, appelé tombée en travers.

### *Tombée en travers*

La tombée en travers est un mouvement de lacet<sup>29</sup> violent et souvent incontrôlable qui fait que le bateau se retrouve avec la vague de travers, et glisse vers le bas, contre la vague. Le bateau risque de chavirer s'il effectue un changement brusque de cap ou s'il est affecté par une gîte extrême<sup>30</sup>, surtout si le bateau n'est pas capable de maintenir un cap constant<sup>31</sup>. Bien que les tombées en travers soient souvent associées à une grosse mer, elles peuvent aussi se produire dans des conditions de mer agitée.

Pour qu'un bateau tombe en travers, certains facteurs doivent être présents, notamment – comme dans le cas présent – des vagues venant de l'arrière qui se propagent de façon à former un petit angle (p. ex. de 10° à 30°) avec l'axe longitudinal à l'arrière du bateau<sup>32</sup>.

Il y a aussi des risques de tombée en travers dans les conditions suivantes <sup>33</sup> :

- si la longueur de vague est similaire ou un peu inférieure à la longueur du navire à la flottaison<sup>34</sup>;
- si le bateau se déplace à une vitesse égale à celle de la vague, à plus ou moins 15 % près;
- si la hauteur de vague est supérieure à 4 % de la longueur du navire à la flottaison;
- si le bateau pique du nez et s'enfonce dans la vague.

---

<sup>29</sup> Le lacet est une rotation du bateau autour d'un axe vertical passant par son centre de gravité.

<sup>30</sup> OMI, Comité de la sécurité maritime, MSC.1/Circ. 1228 et *Recueil de règles de stabilité à l'état intact*, 2008, Londres, 2009, partie A, section 1.2.3.

<sup>31</sup> OMI, *Recueil de règles de stabilité à l'état intact*, 2008, Londres, 2009, partie A, section 1.2.

<sup>32</sup> K.J. Spyrou, *The Nonlinear Dynamics of Ships in Broaching*, Athènes, Grèce, 1999 (en anglais seulement).

<sup>33</sup> Marine and Coastguard Agency, *Research Project 502: High-Speed Craft Dynamic Stability in Following & Quartering Seas*, Marine Guidance Note 328 (M), Royaume-Uni (en anglais seulement).

<sup>34</sup> Une autre source d'information [*Principles of Naval Architecture*, Society of Naval Architects and Marine Engineers, 1970, p. 586 (en anglais seulement)] indique un ratio de 1,5 L ou plus, où L est la longueur du navire.

Dans le cas du présent événement, trois de ces conditions étaient présentes : la vitesse du bateau était similaire à celle de la vague, la hauteur de vague était supérieure à 4 % de la longueur du bateau à la flottaison, et les vagues se propageaient de façon à former un petit angle avec l'axe longitudinal à l'arrière du bateau. (Aussi, la longueur de vague était similaire à la longueur du bateau à la flottaison mais à un degré moindre.)

### *Événements antérieurs*

Dans le cadre de son enquête sur un événement survenu en 1990 où le bateau de pêche *Le Bout de Ligne*<sup>35</sup> a disparu et probablement coulé, le BST a noté que les critères de stabilité actuels ne reflétaient pas les conditions réelles de la mer, à savoir les effets dynamiques du mouvement causé par les vagues, le vent, la houle et la vitesse du bâtiment qui peuvent avoir un effet marqué sur la réserve de stabilité des petits bateaux de pêche. Par exemple, le moment de redressement d'un navire sur la crête d'une vague est sensiblement inférieur à ce qu'il est en eau calme, moment dont font état les critères actuels de stabilité. De plus, les mouvements du bateau dans une mer de l'arrière et une mer oblique occasionnent des forces d'inclinaison ou de chavirement additionnelles.

Dans le cadre de son enquête sur le chavirement en 2007 du petit bateau de pêche *Sea Urchin*<sup>36</sup>, le BST a réalisé une analyse de stabilité après l'événement qui a révélé qu'au cours du voyage, la réserve de stabilité transversale du bateau peu chargé ne répondait pas aux critères minimaux de la norme STAB 4. La faible stabilité du bateau a été dégradée par les effets dynamiques d'une mer oblique.

Les critères de stabilité réglementaires sont établis en fonction d'un plan d'eau statique. En pratique, la répartition de la flottabilité varie lorsque les crêtes des vagues passent sous la coque et le long de celle-ci, ce qui entraîne une réduction transitoire et parfois marquée de la stabilité.

---

<sup>35</sup> Rapport du BST M90L3033.

<sup>36</sup> Rapport du BST M07N0117.

## Analyse

### Stabilité du bateau

L'évaluation de la stabilité réalisée par le BST après l'événement a révélé que, en condition de départ, la réserve de stabilité transversale du bateau ne répondait pas aux critères minimaux de la norme STAB 4. À un angle de gîte de 30°, par exemple, le bateau ne répondait qu'à 70 % des exigences de la norme, et à un angle de gîte de 40°, il ne répondait qu'à 61 % des exigences. Les facteurs ci-après ont eu une incidence :

- le bateau était à l'état léger, sans prises ni glace à son bord;
- il y avait peu de lest permanent à bord;
- les réservoirs de carburant étaient remplis partiellement et étaient donc sujets à l'effet des carènes liquides;
- le bateau avait une faible gîte inhérente sur tribord, de sorte que sa stabilité initiale était encore plus réduite lorsqu'il gîtait de ce côté.

La norme STAB 4 suppose toutefois que le bateau navigue en eaux calmes. Dans les vagues, l'évaluation du BST a révélé que, pour le bateau *Le Marsouin I*, la stabilité était réduite encore davantage dans tous les cas, sauf dans un, et que le bras de levier de redressement présentait d'importantes variations. Même dans le scénario le plus optimiste, une phase de vague de 270°, la stabilité n'était que de 71 % des valeurs de la norme STAB 4. À titre de comparaison, à 135°, c'est-à-dire avec le milieu du bateau un peu sur l'avant de la crête de la vague, la stabilité atteignait à peine 6 % des valeurs exigées par la norme. À ce point, les calculs montrent que l'angle de chavirement statique du bateau n'était que de 40°. En outre, dans un environnement dynamique, la stabilité du bateau à un angle de gîte aussi grand peut avoir été encore plus réduite en raison des facteurs suivants :

- le déplacement du lest non arrimé;
- l'eau embarquée qui était retenue sur le pont parce que les sabords de décharge bâbord étaient fermés et verrouillés.

Dans sa condition de départ, le bateau avait une stabilité limitée, même en eaux calmes. Dès qu'il a pris la mer et qu'il a dû naviguer par mer de l'arrière et par mer oblique, sa stabilité a été encore plus réduite qu'au départ.

Il n'y a pas de doute que le bateau a pu rencontrer des conditions similaires durant ses 18 années d'exploitation et durant les 13 années où le capitaine en a été son propriétaire. Il est possible que des modifications additionnelles ayant eu un effet défavorable sur la stabilité du bateau aient été apportées récemment au bateau, mais l'enquête n'a pas permis d'établir si tel était le cas.

## *Conditions propices à la navigation sur la crête des vagues et à la tombée en travers*

L'interaction entre un bateau et son environnement est complexe. Par exemple, une mer de l'arrière et une mer oblique peuvent mener à la navigation sur la crête des vagues et à la tombée en travers, et ce, même dans des conditions qui peuvent sembler bénignes. De plus, la vitesse du bateau et le cap qu'il suit par rapport aux vagues influencent également sa réaction sur l'eau.<sup>37</sup>

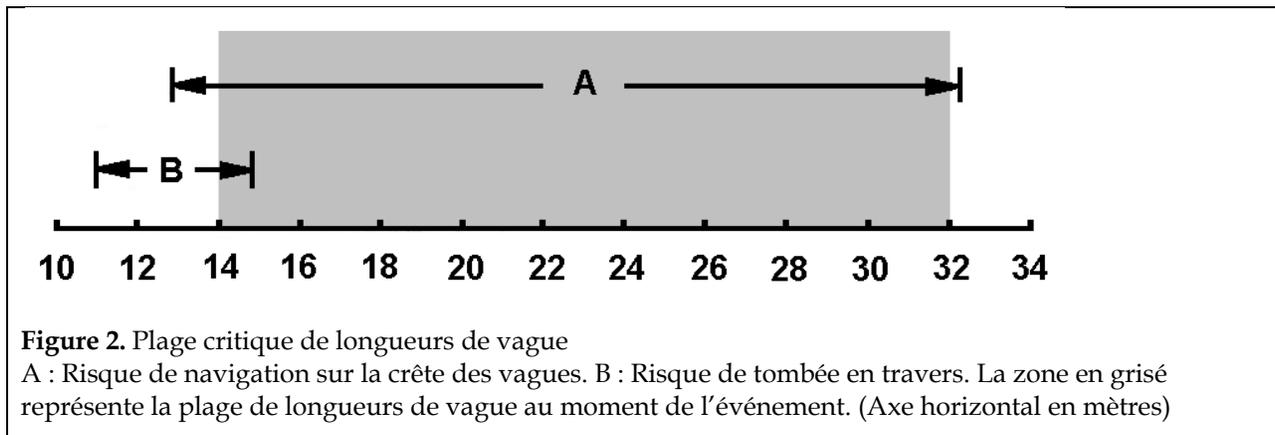
En ce qui concerne ces phénomènes, qui ne sont pas très bien compris, il existe de nombreux facteurs qui peuvent à la fois affecter la navigation sur la crête des vagues et la tombée en travers, notamment la période de rencontre de la vague, la longueur de vague, la vitesse du bateau, la hauteur de vague (voir le Tableau 2).

### *Période de rencontre de la vague*

Dans le cas du présent événement, la période de rencontre de la vague a été de 9 à 26 secondes; cette fréquence relativement basse indique une période de rencontre relativement longue, d'où un risque accru de navigation sur la crête des vagues.

### *Longueur de vague*

Quand la longueur de vague est de 1 à 2,5 fois la longueur du bateau à la flottaison, il existe un risque accru de navigation sur la crête des vagues. La Figure 2 montre que, lors de l'événement, la longueur de vague était dans cette plage critique et, dans une mesure beaucoup moindre, dans la plage critique de tombée en travers.



### *Vitesse du bateau*

Pour que la navigation sur la crête des vagues devienne critique, il faut que la vitesse du bateau soit semblable à celle de la vague, à plus ou moins 10 % près (plus ou moins 15 % pour la tombée en travers). Lors de l'événement, la vitesse du bateau était de 8 nœuds, et la vitesse de la vague était de 9 à 14 nœuds. Le tableau de l'Annexe E montre que, si l'on tient compte de l'angle de rencontre, il y avait un risque modéré de navigation sur la crête des vagues lorsque la vitesse de la vague était de 9 à 10 nœuds, et un risque un peu plus grand de tombée en travers lorsque la vitesse de la vague était de 9 à 11 nœuds.

De plus, l'Annexe F montre la position relative du bateau à l'intérieur de la zone où le risque de navigation sur la crête des vagues était présent.

<sup>37</sup>

## Hauteur de vague

La navigation sur la crête des vagues et la tombée en travers peuvent survenir quand la hauteur de vague est supérieure à 4 % de la longueur du bateau à la flottaison. La longueur du bateau à la flottaison était de 12,95 m, et la hauteur de vague observée 30 minutes après l'événement était de 0,5 à 1 m, soit 4 à 8 % de la longueur du bateau à la flottaison. Cela signifie que le bateau peut à la fois avoir navigué sur la crête des vagues et être tombé en travers.

**Tableau 2.** Sommaire des conditions propices à la navigation sur la crête des vagues et à la tombée en travers

	Navigation sur la crête des vagues			Tombée en travers		
	Conditions interactives critiques	Condition lors de l'événement	Niveau de risque lors de l'événement	Conditions interactives critiques	Condition lors de l'événement	Niveau de risque lors de l'événement
<b>Période de rencontre (s)</b>	$P_E \gg P_W$	de 9 à 26 >> 3 à 4,5	élevé	s/o	s/o	s/o
<b>Longueur de vague (m)</b>	$L_w \sim$ de 1 à $2,5 L_s$	de 14 à 32 ~ de 13 à 32	élevé	$L_w \sim L_s$	de 14 à 32 ~ de 11 à 15	faible
<b>Vitesse du bateau (noeuds)</b>	$V_S \sim V_w \pm 10 \%$	8 ~ de 6,64 à 15,34	modéré	$V_S \sim V_w \pm 15 \%$	8 ~ de 6,26 à 16,04	modéré
<b>Hauteur de vague (m)</b>	$H_w > 4\% L_s$	de 0,5 à 1,0 > 0,52	modéré	$H_w > 4\% L_s$	de 0,5 à 1,0 > 0,52	modéré

En somme, les conditions étaient réunies pour que le bateau navigue sur la crête des vagues et, à un degré moindre, pour qu'il tombe en travers. Vu qu'aucun problème de l'appareil à gouverner n'a été signalé avant l'accident, il est moins probable que le bateau soit tombé en travers.

Comme on l'a indiqué précédemment, la stabilité du bateau était réduite dans les vagues, particulièrement quand le bateau naviguait sur la crête des vagues – une condition où la stabilité du bateau n'était que de 6 % des valeurs minimales de la norme STAB 4. De plus, étant donné la période de rencontre de la vague relativement longue, le bateau doit avoir navigué sur la crête des vagues pendant des périodes plus longues. En conséquence, il est probable que, compte tenu de l'environnement dynamique des vagues et de l'angle de rencontre relatif, le bateau a atteint un angle de gîte assez grand pour atteindre l'angle de chavirement statique, et il a chaviré.

## Connaissance de l'état de la mer

L'interaction entre un navire et son environnement dynamique est complexe et peut présenter de nombreux risques. Les capitaines et les équipages doivent être au courant des nombreuses conditions météorologiques et des nombreux états de la mer avec lesquels ils doivent composer. Ils doivent notamment connaître les risques liés à la navigation par mer de l'arrière et par mer oblique.

À l'heure actuelle, l'OMI insiste sur l'importance d'observer régulièrement les vagues, en particulier la période des vagues, aussi bien par gros temps que lorsque les conditions sont plus favorables<sup>38</sup>. Un examen des plans de cours au Canada à l'intention des capitaines de pêche<sup>39</sup>

<sup>38</sup> OMI, Directives révisées destinées à permettre au capitaine d'éviter les situations dangereuses lorsque les conditions météorologiques et l'état de la mer sont défavorables, Londres, MSC.1/Circ. 1228, 11 janvier 2007, Section 1 de l'annexe

n'a révélé aucune référence à la navigation sur la crête des vagues et à la tombée en travers, mais il existe une section sur le « gros temps », laquelle pourrait permettre à l'examineur de traiter de la question. Lors de l'événement, la mer était peu agitée à agitée; il y avait néanmoins un risque de navigation sur la crête des vagues, ce qui fait ressortir l'importance de la directive de l'OMI qui insiste sur la nécessité pour les candidats d'être vigilants, quel que soit l'état de la mer.

Le capitaine du bateau était titulaire d'un certificat FUM, mais il ne possédait aucun brevet officiel. Les membres de l'équipage ne possédaient ni brevet ni certificat de compétence maritime. Il est par conséquent impossible de savoir si le capitaine connaissait bien les risques liés à la navigation par mer de l'arrière et par mer oblique; par ailleurs, une semaine avant l'événement, le bateau avait été brusquement soumis à un roulis important et inexpliqué, dans des circonstances d'exploitation similaires. En outre, le jour de l'événement, aucune mesure n'a été prise pour atténuer les effets de la mer de l'arrière ou de la mer oblique – par exemple, des mesures correctives standard comme réduire la vitesse du bateau ou changer de cap. Ce qui peut indiquer que l'équipage n'avait pas une connaissance suffisante des risques auxquels il s'exposait.

Faute d'une connaissance détaillée de l'état de la mer, de l'influence de l'état de la mer sur le navire et des mesures correctives appropriées, il se peut que les capitaines et les équipages prennent la mer sans être conscients des risques qu'ils courent ou des risques auxquels ils exposent leur navire.

### *Questionnaire sur la stabilité*

Il est vital que les capitaines soient bien au courant des limites opérationnelles de leurs navires. Bien qu'avec le temps, on puisse se faire une idée partielle des limites d'un navire en observant son comportement dans différentes conditions, il ne peut s'agir que d'une idée incomplète et imprécise.

À l'heure actuelle, les capitaines et les exploitants de petits bateaux de pêche ont à leur disposition un moyen qui les aide à identifier des facteurs de risque spécifiques, en l'occurrence le Questionnaire sur la stabilité. Ce questionnaire avait été rempli par le propriétaire du bateau *Le Marsouin I* en mai 2006 et avait alors été présenté à Transports Canada. Le questionnaire n'ayant identifié aucun facteur de risque, on a jugé qu'il n'était pas nécessaire de préparer un livret de stabilité pour le bateau.

En conséquence, en l'absence de tout autre moyen de vérification, il se peut qu'un questionnaire où « aucun facteur de risque n'a été identifié » soit considéré comme une preuve implicite que la stabilité du navire est adéquate. Comme le Bureau l'a noté précédemment<sup>39</sup>, on ne peut faire une telle affirmation qu'après avoir procédé à une évaluation officielle de la stabilité. Faute d'une telle preuve, il peut arriver que des équipages ne connaissent pas les caractéristiques de stabilité de leur navire et compromettent ainsi la sécurité de leurs activités.

### *Communications de détresse*

En situation d'urgence, les équipages des bateaux de pêche s'attendent à ce que les secours soient alertés rapidement. Une radio VHF-ASN enregistrée est un moyen fiable permettant de transmettre une alerte de détresse aux responsables de recherche et sauvetage et aux autres bateaux dans les parages, lesquels pourraient fournir une assistance immédiate. De plus, si le

---

<sup>39</sup> Transports Canada, *Examens des navigants et délivrance des brevets et certificats*, TP 2293.

<sup>40</sup> Recommandations du BST M03-05, M03-06 et M05-04

bateau est équipé d'un récepteur GPS, le fait de brancher le GPS sur la radio VHF-ASN permet de transmettre la position du bateau automatiquement, dès l'émission de l'alerte de détresse.

Lors de cet événement, il fallait appuyer sur le bouton de détresse de la radio VHF-ASN et le tenir enfoncé pendant quatre secondes pour émettre l'alerte de détresse. Il est probable que le capitaine et l'équipage ne se sont rendu compte de la situation d'urgence qu'au moment où le bateau a gîté brusquement sur tribord, ce qui les a empêchés d'appuyer sur le bouton de détresse de la radio VHF-ASN ou d'utiliser l'une ou l'autre radio VHF.

Il est crucial que l'équipage reconnaisse dès que possible les situations de détresse pour avoir le temps de transmettre une alerte de détresse. Toutefois, comme les membres des équipages des petits bateaux de pêche passent la plus grande partie de leur temps à travailler sur le pont, il ne leur est pas toujours possible de revenir jusqu'à la timonerie pour transmettre une alerte de détresse.

Le bateau était aussi équipé d'une RLS qui était fixée sur le toit de la timonerie. Même si elle était fixée au toit de la timonerie par un dispositif de largage hydrostatique, la RLS ne s'est pas délogée et elle était toujours fixée à la même place quand on a récupéré le bateau. Le dispositif de largage hydrostatique était conçu pour s'activer à une profondeur d'eau de 1,5 à 4 m. Quand le bateau était retourné, le dispositif se trouvait à environ 3 m sous l'eau, soit une profondeur d'eau suffisante pour qu'il s'active et libère la RLS. Or, ce n'est pas ce qui s'est passé dans ce cas-ci. L'examen visuel du dispositif de largage hydrostatique effectué après l'événement a révélé que le dispositif était fixé correctement, mais qu'il était périmé, ce qui augmentait la probabilité que le dispositif ne fonctionne pas comme prévu. On ne saurait trop insister sur l'importance de remplacer l'équipement critique pour la sécurité dès qu'il est périmé.

### *Accessibilité et déploiement de l'équipement de sauvetage*

Quand un bateau chavire rapidement, il est primordial que l'équipement de sauvetage soit déployé, soit manuellement par les membres d'équipage, soit automatiquement dès que le bateau est submergé. Cela est d'autant plus important quand on s'attend à ce que le bateau ne reste pas à flot très longtemps. Lors de cet événement, le radeau de sauvetage du bateau était arrimé sur le pont avant et il était muni à la fois d'un croc à échappement pour le largage manuel et d'un dispositif de largage hydrostatique. Malgré ces deux dispositifs, le radeau ne s'est pas déployé.

Pour s'assurer que l'équipement de sauvetage va se déployer, il faut tenir compte de deux facteurs : l'emplacement de l'équipement et la façon dont il est arrimé au bateau. En ce qui concerne le premier facteur, le choix de l'emplacement est difficile en raison de la taille du bateau et des limitations imposées par les exigences opérationnelles, notamment :

- si un radeau de sauvetage est arrimé sur un pont exposé, à l'avant des emménagements, il sera exposé au vent et aux vagues et pourrait être perdu en mer;
- si un radeau de sauvetage est arrimé en hauteur au-dessus du pont exposé ou le long de l'axe longitudinal du bateau, il peut être difficile de le mettre à l'eau;
- si un radeau de sauvetage est positionné près d'un côté du bateau, il peut être difficile de le mettre à l'eau si le bateau prend de la gîte du côté opposé.

Prenant en compte la conception et l'aménagement des bateaux, il existe des options auxquelles on peut recourir pour s'assurer que l'emplacement des radeaux de sauvetage est optimal en vue d'un déploiement rapide. Au nombre des options possibles, on trouve :

- l'utilisation d'un radeau de sauvetage installé sur un ber permettant la mise à l'eau rapide du radeau loin de la muraille du navire;

- l'utilisation d'un dispositif mécanique de mise à l'eau qui nécessite un minimum d'entretien;
- la présence d'une barrière physique pour empêcher l'emmêlement dans le gréement lors de la mise à l'eau.

Dans ce cas-ci, le radeau de sauvetage ne s'est pas déployé. On ne sait pas si le dispositif de largage hydrostatique a atteint une profondeur d'eau suffisante pour s'activer, ou s'il n'a tout simplement pas fonctionné comme prévu. De plus, même si le radeau de sauvetage s'était libéré, le fait qu'il se trouvait sous le bateau retourné l'aurait peut-être empêché de faire surface.

Dans le cadre de la réforme de la réglementation, Transports Canada mène des consultations auprès de l'industrie en vue de l'élaboration du nouveau Règlement sur la sécurité des bateaux de pêche, qui pourrait entrer en vigueur en 2012. Le nouveau règlement proposé devrait traiter de l'arrimage et de l'accessibilité de tout l'équipement de sauvetage.

### *Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs*

1. Dans sa condition de départ, le bateau *Le Marsouin I* avait une stabilité limitée, même en eaux calmes. Dès qu'il a pris la mer et qu'il a dû naviguer par mer de l'arrière et par mer oblique, sa stabilité a été encore plus réduite qu'au départ.
2. Le bateau avait une faible gîte inhérente sur tribord, de sorte que sa stabilité initiale était encore plus réduite lorsqu'il gîtait de ce côté.
3. Navigant par mer de l'arrière et par mer oblique, le bateau a atteint un angle de gîte assez grand pour atteindre l'angle de chavirement statique, et il a chaviré.
4. Du fait que le bateau a gité et chaviré brusquement, l'équipage n'a pas eu le temps de faire un appel de détresse.

### *Faits établis quant aux risques*

1. Faute d'une connaissance détaillée de l'état de la mer, de l'influence de l'état de la mer sur le navire et des mesures correctives appropriées, il se peut que les capitaines et les équipages prennent la mer sans être conscients des risques qu'ils courent ou des risques auxquels ils exposent leur navire.
2. Malgré l'utilisation d'un questionnaire sur la stabilité, il peut arriver, en l'absence d'une évaluation officielle de la stabilité, que des équipages ne connaissent pas les caractéristiques de stabilité de leur navire et compromettent ainsi la sécurité de leurs activités.
3. Sans un arrimage et une accessibilité appropriés de l'équipement de sauvetage, les équipages sont exposés à des risques en cas de situation d'urgence nécessitant le recours à l'équipement de sauvetage.

### *Autre fait établi*

1. Il est possible que des modifications ayant eu un effet défavorable sur la stabilité du bateau aient été apportées récemment au bateau, mais l'enquête n'a pas permis d'établir si tel était le cas.

## *Mesures de sécurité*

### *Mesures prises*

Le 25 mai 2009, Transports Canada a fait des calculs de stabilité pour *Le Marsouin I*, et les résultats ont révélé que la stabilité à l'état intact du navire présentait des lacunes. Transports Canada a identifié neuf bateaux construits de manière similaire. Les propriétaires de ces bateaux ont alors été contactés et avisés des risques que leurs bateaux peuvent encourir. Les 26 et 27 mai 2009, deux bateaux ont fait l'objet d'un essai de stabilité. Comme les résultats de ces essais ont montré que ces deux bateaux avaient une stabilité à l'état intact insuffisante et que du lest devait être ajouté pour leur permettre de satisfaire aux critères minimaux de stabilité, trois autres bateaux ont été retenus par Transports Canada le 28 mai 2009, et des calculs de stabilité ont été exigés pour ces bateaux. Le 28 mai 2009, Transports Canada a envoyé une liste des neuf bateaux au BST.

Le 8 juillet 2009, vu qu'il ne savait pas quelles mesures avaient été prises pour chacun des neuf bateaux, le BST a émis la lettre d'information sur la sécurité maritime n° 03/09 ayant pour objet la « Convenance de la stabilité reliée à une série de bateaux de pêche construits par Les Ateliers maritimes de Tilly ». Cette lettre d'information identifiait au moins neuf bateaux qui pourraient être encore en exploitation et qui pourraient présenter un risque similaire de chavirement. La lettre d'information précisait qu'il serait peut-être nécessaire d'ajouter une quantité appréciable de lest à ces bateaux, qui ont été construits entre 1980 et 1983 d'après le même plan de formes que celui du bateau *Le Marsouin I*, pour qu'ils aient une stabilité adéquate.

Le 23 octobre 2009, Transports Canada a répondu à la lettre d'information en indiquant qu'il avait contacté les propriétaires de tous ces bateaux dans la région du Québec<sup>41</sup> et délivré des interdictions de départ qui resteront en vigueur jusqu'à ce que chaque bateau ait fait l'objet d'un essai de stabilité et qu'un livret de stabilité ait été établi pour chacun des bateaux. En date d'août 2010, huit des neuf bateaux étaient conformes aux exigences (le neuvième bateau n'est plus en exploitation). On a dû ajouter de une à trois tonnes de lest permanent à cinq des bateaux, et on a dû imposer une limite de chargement à sept des huit bâtiments.

*Le présent rapport met un terme à l'enquête du Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) sur cet événement. Le Bureau a autorisé la publication du rapport le 12 août 2010.*

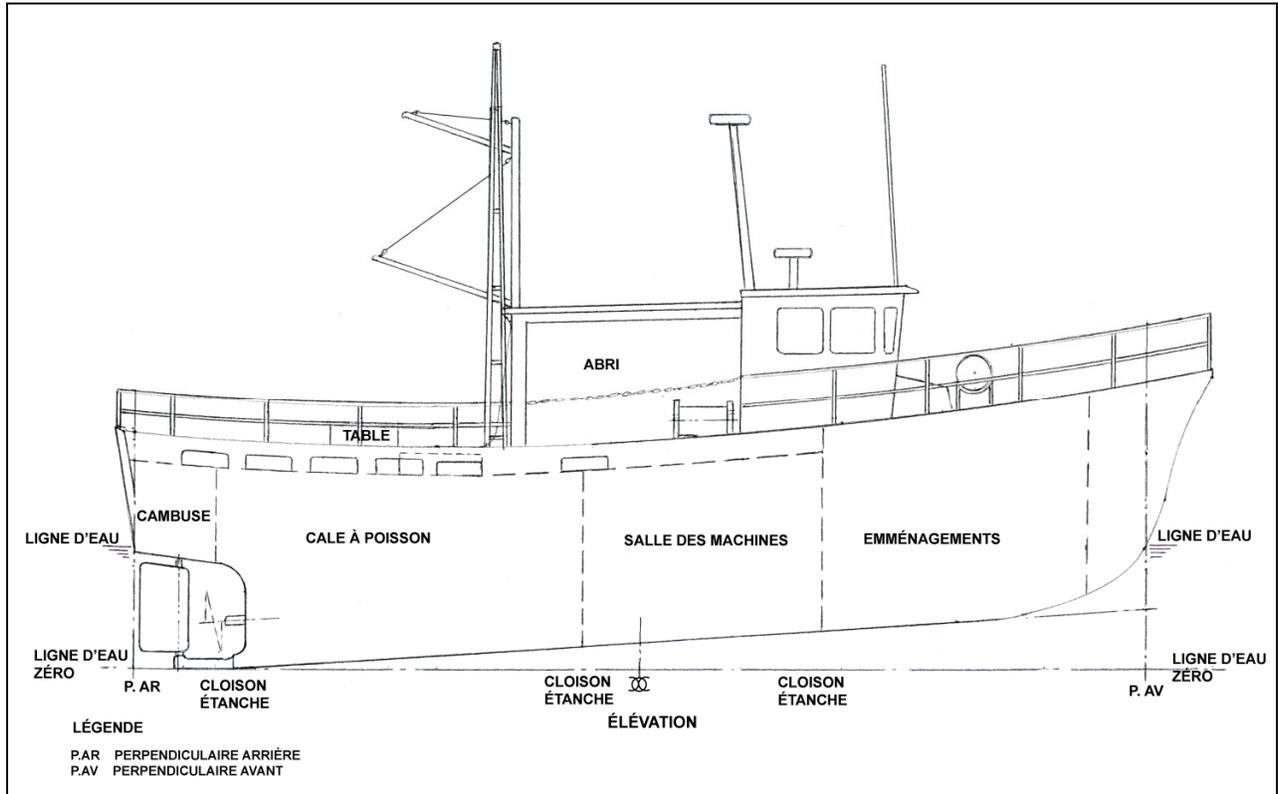
*Pour obtenir de plus amples renseignements sur le BST, ses services et ses produits, visitez son site Web ([www.bst-tsb.gc.ca](http://www.bst-tsb.gc.ca)). Vous y trouverez également des liens vers d'autres organisations de sécurité et des sites connexes.*

---

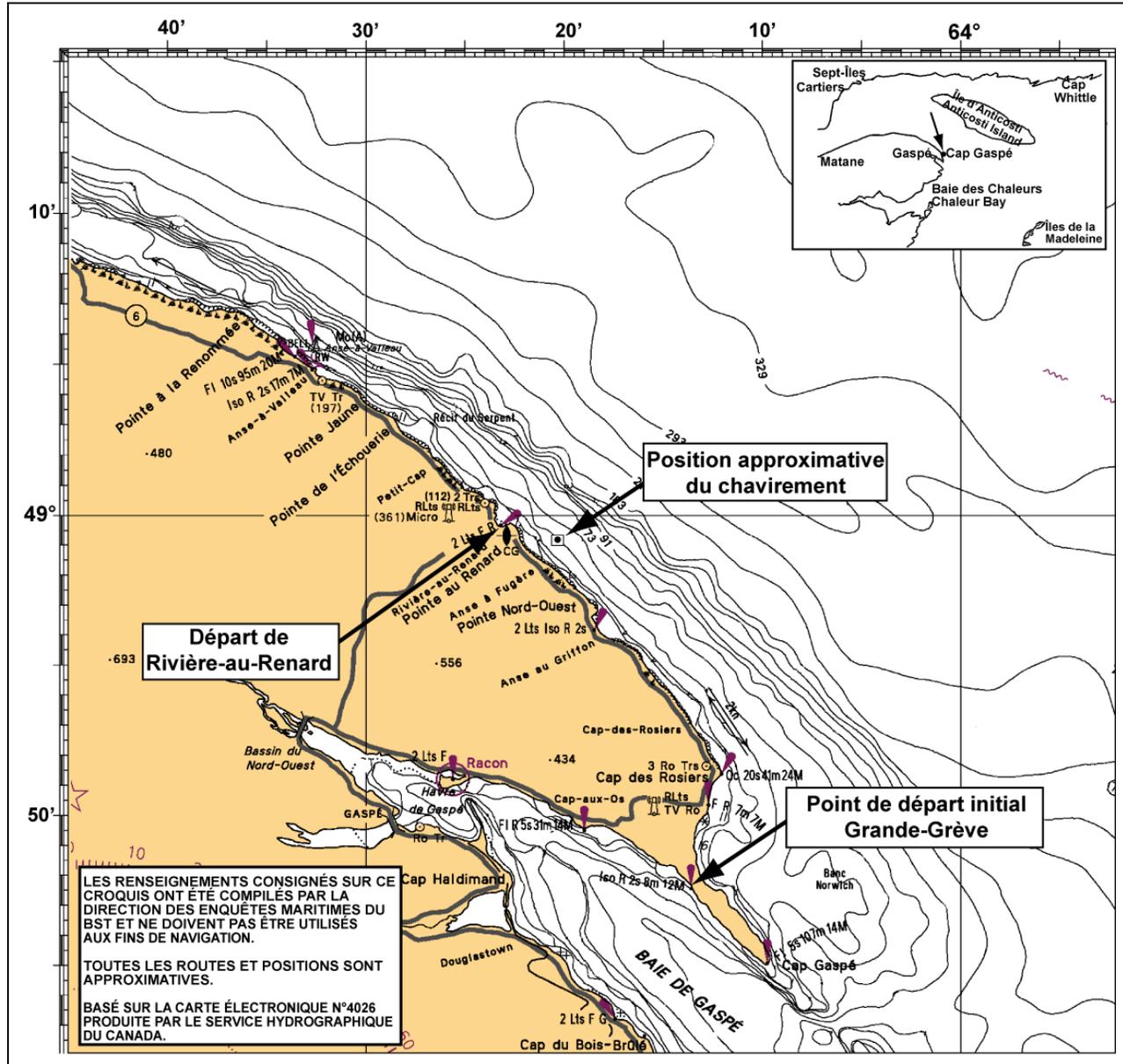
<sup>41</sup>

Un des bateaux a été retrouvé dans une autre région et n'est plus en exploitation.

Annexe A – Vue latérale du bateau



# Annexe B – Croquis des lieux de l'événement



## Annexe C – Interactions entre le bateau et les vagues

**Tableau 1.** Interactions entre le bateau et les vagues

Angle de rencontre	145° et 175°
Période de rencontre	de 9 à 26 secondes
Ratio longueur de vague/longueur du bateau à la flottaison <sup>42</sup>	de 1 à 2,5

**Tableau 2.** Caractéristiques des vagues au moment de l'événement

Direction	de 320° à 350°
Période	de 3 à 4,5 secondes
Longueur	de 14 à 32 m
Hauteur	de 0,5 à 1 m
Vitesse	de 9 à 14 nœuds
Ratio hauteur/longueur	de 1/15 à 1/30

---

<sup>42</sup>

La longueur du bateau à la flottaison est de 12,95 m.

## Annexe D – Courbes de stabilité statique

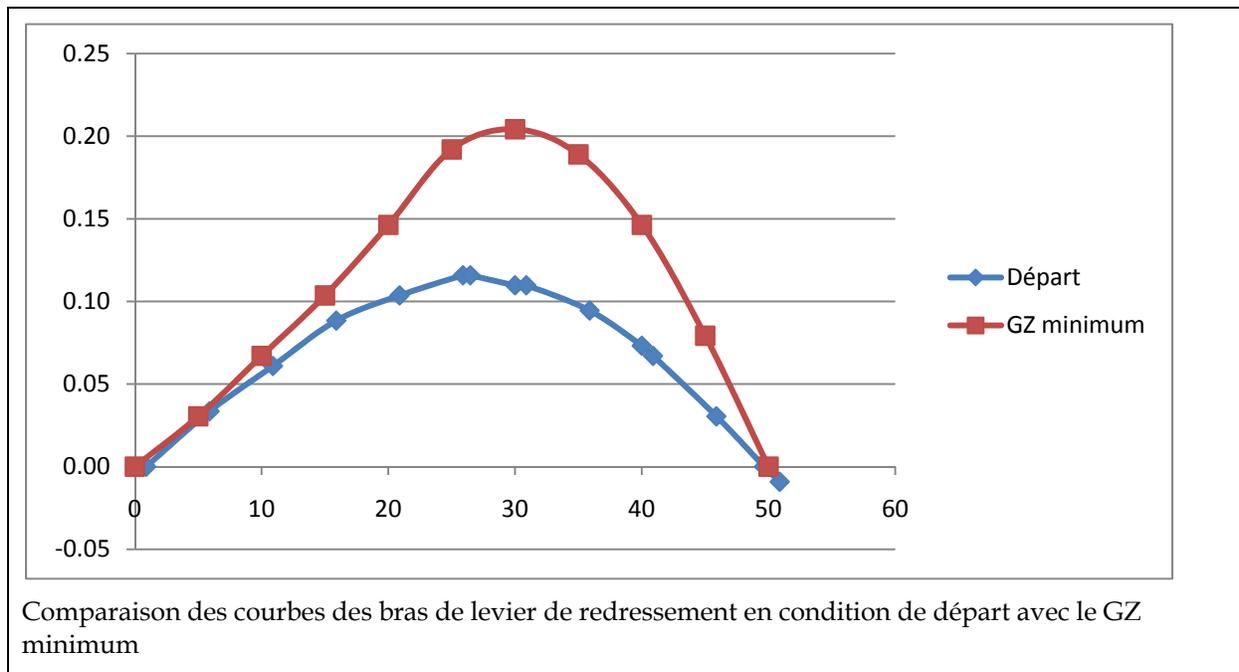
### Description des courbes de stabilité

Une courbe de stabilité statique, parfois appelée courbe de stabilité, est obtenue en indiquant les bras de levier de redressement (axe vertical GZ en mètres) en fonction des angles de gîte (axe horizontal en degrés).

L'aire située sous la courbe de stabilité est une mesure de la capacité du navire à absorber l'énergie du vent, des vagues ou d'autres forces externes. Plus l'aire située sous la courbe de stabilité est petite, moins le navire résistera bien au roulis.

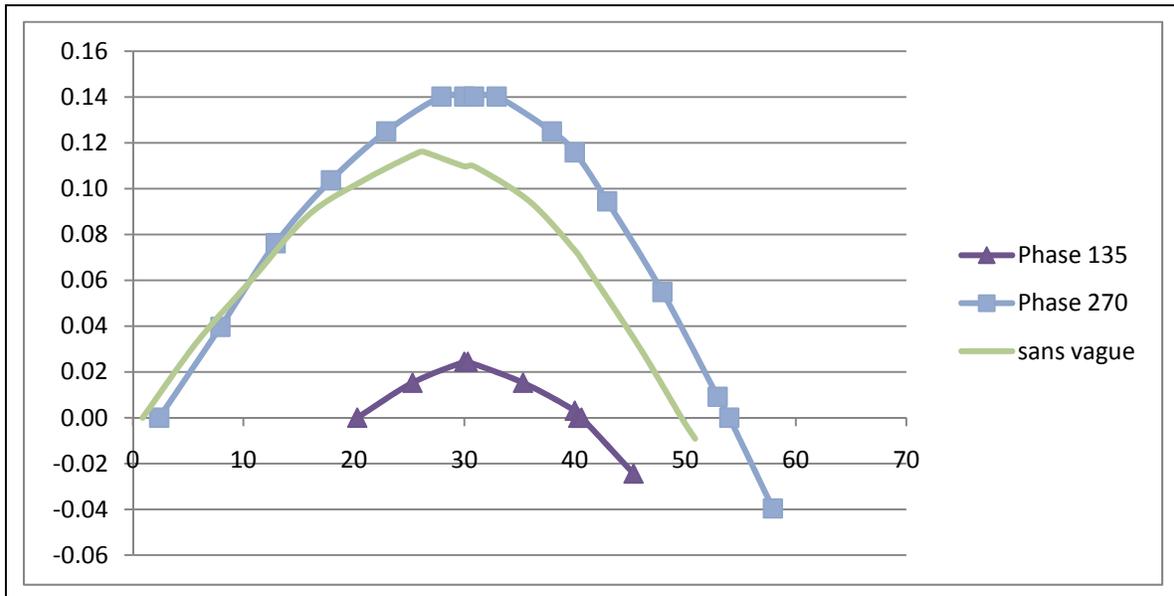
Une perpendiculaire tirée à partir du point le plus élevé de la courbe sur l'échelle d'angle de gîte (axe horizontal) indique l'angle GZ maximum, c'est-à-dire le bras de levier de redressement maximum permettant au bateau de revenir dans sa position verticale.

**Graphique 1.** Courbes de stabilité statique en fonction de la condition de départ et de la norme de référence



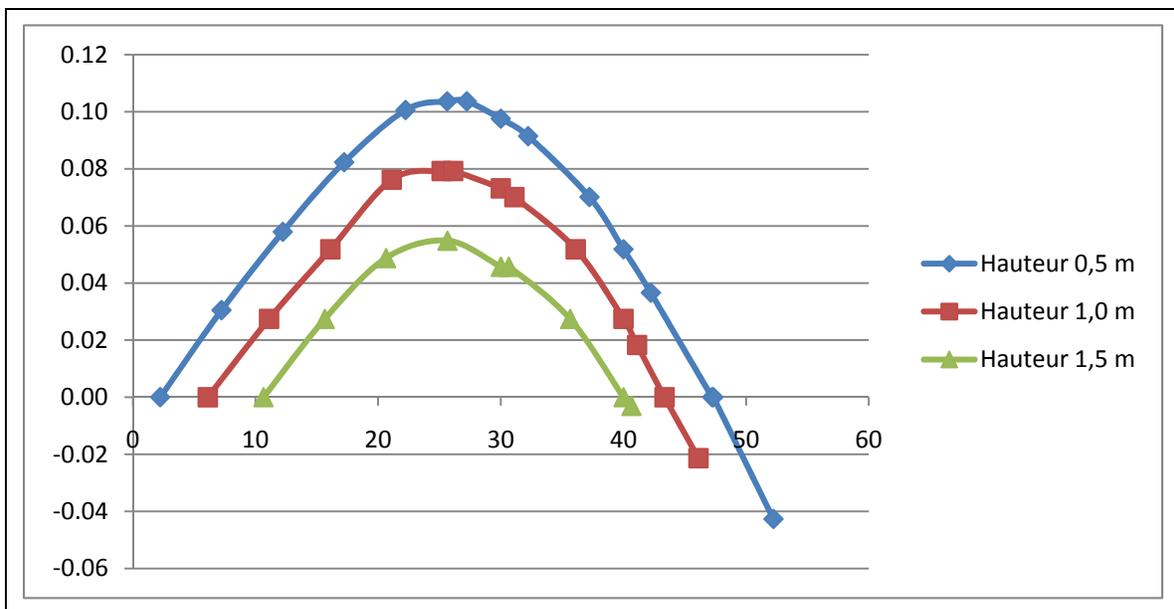
Une comparaison des courbes GZ du bateau en condition de départ avec les critères minimaux de référence de la norme STAB 4 fournit une indication claire de la faible stabilité du bateau au moment du chavirement : l'aire sous la courbe « départ » est beaucoup plus petite que sous la courbe « GZ minimum ».

**Graphique 2.** Courbes de stabilité statique en fonction de la position de la crête des vagues le long de la coque (angles de phase)



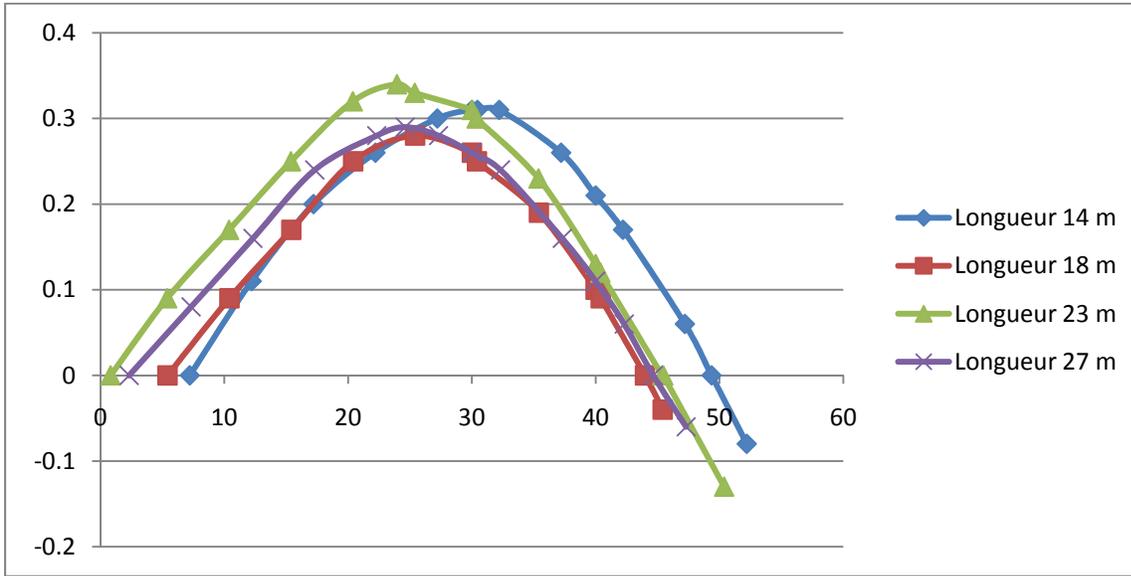
Le bateau est le plus stable à la phase 270° (courbe montrant la valeur la plus élevée et l'aire la plus grande) et moins stable à la phase 135°.

**Graphique 3.** Courbes de stabilité statique en fonction de différentes hauteurs de vague



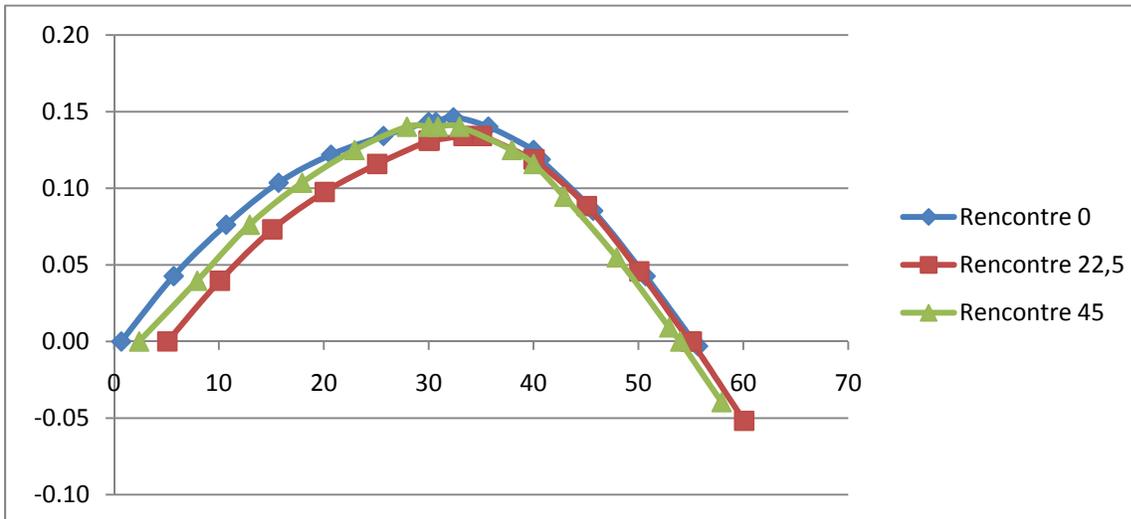
Les courbes des bras de levier de redressement indiquent que, plus la vague est haute, moins le bateau est stable (l'aire sous la courbe représentant la hauteur de 1,5 m est la plus petite). Une comparaison des courbes GZ a révélé que cette variable a eu un impact considérable sur la réserve de stabilité du bateau.

**Graphique 4.** Courbes de stabilité statique en fonction de différents ratios hauteur/longueur de vague



À noter la similitude des courbes des bras de levier de redressement en fonction des différents ratios hauteur/longueur de vague.

**Graphique 5.** Courbes de stabilité statique en fonction de différents angles de rencontre avec la proue du bateau



Les courbes des bras de levier de redressement pour différents angles de rencontre montrent une hauteur et une aire similaires, ce qui indique que l'angle de rencontre des vagues a eu peu d'incidence sur la stabilité du bateau.

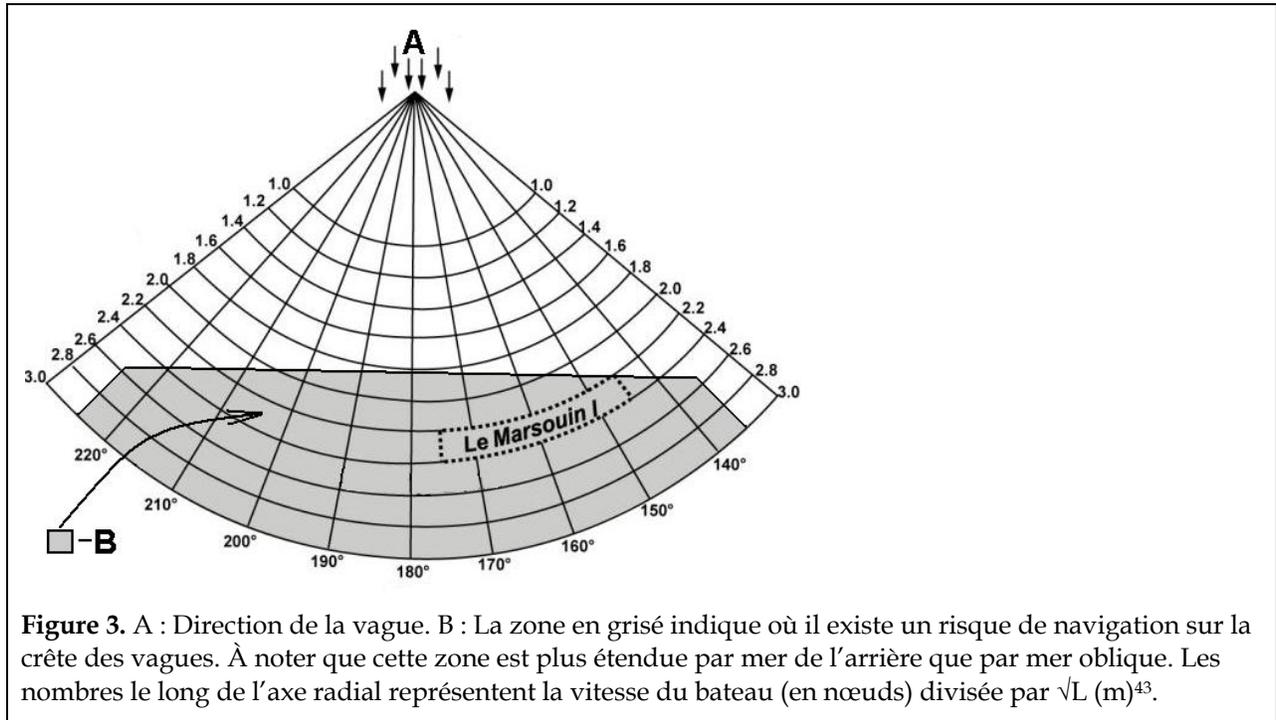
## Annexe E – Vitesse de la vague par rapport à la vitesse du bateau

Vw	Angle de rencontre	Vwr	Navigation sur la crête des vagues		Tombée en travers	
			Vwr + 10 %	Vwr - 10 %	Vwr + 15 %	Vwr - 15 %
(nœuds)	(degrés)	(nœuds)	(nœuds)	(nœuds)	(nœuds)	(nœuds)
9	5	9,0	9,9	8,1	10,3	7,6
10	5	10,0	11,0	9,0	11,5	8,5
11	5	11,0	12,1	9,9	12,6	9,3
12	5	12,0	13,1	10,8	13,7	10,2
13	5	13,0	14,2	11,7	14,9	11,0
14	5	13,9	15,3	12,6	16,0	11,9
9	20	8,5	9,3	7,6	9,7	7,2
10	20	9,4	10,3	8,5	10,8	8,0
11	20	10,3	11,4	9,3	11,9	8,8
12	20	11,3	12,4	10,1	13,0	9,6
13	20	12,2	13,4	11,0	14,0	10,4
14	20	13,2	14,5	11,8	15,1	11,2
9	35	7,4	8,1	6,6	8,5	6,3
10	35	8,2	9,0	7,4	9,4	7,0
11	35	9,0	9,9	8,1	10,4	7,7
12	35	9,8	10,8	8,8	11,3	8,4
13	35	10,7	11,7	9,6	12,2	9,1
14	35	11,5	12,6	10,3	13,2	9,7

Note : La vitesse de la vague (Vw) a été estimée entre 9 et 14 nœuds. La vitesse du bateau est d'environ 8 nœuds. L'angle de rencontre de la vague avec l'axe longitudinal à l'arrière du bateau se situe entre 5 et 35°. La valeur Vwr indique la vitesse de la vague par rapport à la vitesse du bateau.

Les valeurs en grisé indiquent où la vitesse du bateau est dans la plage de vitesse critique de la vague pour la navigation sur la crête des vagues et la tombée en travers. Les résultats des calculs montrent que la vitesse de la vague présentait un risque de navigation sur la crête des vagues relativement faible entre 9 et 10 nœuds, et présentait un risque de tombée en travers relativement plus grand entre 9 et 11 nœuds. En général, le risque de navigation sur la crête des vagues et de tombée en travers augmentait en fonction de l'angle de rencontre.

## Annexe F – Navigation sur la crête des vagues par mer de l'arrière et par mer oblique



L'Organisation maritime internationale a reconnu qu'il existe un risque de navigation sur la crête des vagues et de tombée en travers lorsque l'angle de rencontre est dans la plage  $135^\circ < \alpha < 225^\circ$  et que la vitesse du bateau est supérieure à  $(1,8 \sqrt{L}) / \cos(180 - \alpha)$  (nœuds)<sup>44</sup>. Dans le cas du présent événement, pour un angle de rencontre entre  $145^\circ$  et  $175^\circ$ , cette vitesse est de 6,5 à 7,9 nœuds. Du fait que le bateau *Le Marsouin I* faisait route à une vitesse d'environ 8 nœuds, il existait un risque de navigation sur la crête des vagues et de tombée en travers. Pour éviter cette situation, il aurait fallu modifier la vitesse du bateau ou faire un changement de cap, ou les deux.

<sup>43</sup> Les valeurs entre 1,0 et 3,0 sur le graphique le long de l'axe radial correspondent à la vitesse du bateau (en nœuds) divisée par la racine carrée de la longueur du bateau (en mètres). Dans ce cas-ci, la plage des valeurs se situait entre 2,2 et 2,4.

<sup>44</sup> Dans cette formule, L correspond à la longueur du bateau et  $\alpha$  correspond à l'angle entre l'axe longitudinal du bateau et la direction de la vague (angle de rencontre).