

01 1.4. GLACES

01 1.4.1. GÉNÉRALITÉS

- 07 Les types de glace susceptibles de constituer une gêne sérieuse pour la navigation sont les icebergs qui sont d'énormes blocs de glace d'eau douce, détachés des fronts de glaciers, et la glace d'eau de mer, ou banquise, qui borde le continent antarctique et dont l'extension est affectée d'une variation saisonnière importante.
- 13 Le continent antarctique culmine à quelques centaines de mètres. Il est recouvert par une calotte glaciaire épaisse de plus de 3 000 m, en perpétuel mouvement vers le large. Il en résulte la formation, chaque année, de plusieurs milliers d'icebergs qui se détachent des fronts de glaciers et des plateaux glaciaires soudés au continent. Celui-ci est ainsi entouré par une large ceinture dans laquelle la densité d'icebergs est élevée.
- 19 À la lisière Sud de l'Océan Indien, pendant l'été austral, la banquise côtière est très étroite. La glace de mer est ainsi essentiellement une glace de première année, à l'épaisseur relativement faible.

01 1.4.2. CONGÉLATION DE L'EAU DE MER

- 07 La valeur moyenne de la salinité de l'eau de mer est d'environ 35 grammes de sel par kilogramme d'eau mais l'eau des océans est un milieu rarement homogène. La salinité abaisse le point de congélation de l'eau de mer.
- 13 La densité de l'eau de mer faiblement salée passe par un maximum avant que la température de congélation soit atteinte. Lorsque la salinité est supérieure à 24,7, la congélation commence avant que la valeur maximale théorique de la densité soit atteinte.
- 19 En se refroidissant au contact de l'air, l'eau de surface devient plus dense et coule, en étant remplacée par de l'eau plus chaude remontant de la couche sous-jacente. La convection qui en résulte se poursuit jusqu'à ce que la densité de la masse d'eau, et donc sa température, soit uniforme. Lorsque cette stabilité est réalisée, si la température de l'air est toujours suffisamment basse, la congélation peut débiter.
- 25 La température de congélation de l'eau de mer est de $-1,3\text{ °C}$ pour une salinité de 24,7 et de $-1,88\text{ °C}$ pour une salinité de 35.
- 31 Dans une masse d'eau non homogène, une couche plus salée qu'en surface peut faire écran au phénomène de convection cité précédemment. La congélation peut alors débiter en surface, quand bien même les couches plus profondes sont plus chaudes.
- 37 Pour que la mer gèle, il faut que la température de l'air soit nettement inférieure à -2 °C , et qu'elle se maintienne à ces valeurs basses pendant une assez longue période.

01 1.4.3. TERMINOLOGIE RELATIVE AUX GLACES

- 07 Les termes particuliers utilisés pour la description des glaces sont fixés par la nomenclature officielle de l'Organisation mondiale de la météorologie (OMM).
- 13 Cette nomenclature figure dans l'ouvrage *Météorologie maritime n° 95*.

01 1.4.4. LES ICEBERGS

01 1.4.4.1. Généralités

- 07 La production d'icebergs par les terres glaciaires de l'Antarctique entre dans le bilan de masse qui établit l'équilibre entre la glaciation des précipitations et les pertes par « ablation » (érosion, fonte, évaporation) et par « vèlage » (détachement d'icebergs).
- 13 Le rapport de la hauteur émergée à la hauteur immergée d'un iceberg dépend de sa densité et de sa forme.

- 19 La densité est fonction de la quantité d'air enclose dans la glace. Lors du vêlage, la densité moyenne est de 0,886. L'iceberg flottant sur une eau de densité 1,028, a environ 87 % de sa masse au-dessous de sa ligne de flottaison et sa partie émergée ne représente que 1/8 de sa masse totale.
- 25 Parallèlement, le rapport hauteur émergée/ hauteur immergée peut varier entre 1/7 pour les icebergs tabulaires et 1/3 pour les icebergs hémisphériques ou pyramidaux.
- 31 Les dimensions d'un iceberg diminuent par érosion, par fonte et par vêlage. L'érosion est principalement causée par le vent et par la pluie. La fonte, dans les eaux océaniques, se produit à partir de la partie inférieure de l'iceberg. Les vagues qui le sapent et la poussée d'Archimède, favorisent le vêlage ; celui-ci provoque un déséquilibre qui peut le faire basculer, voire chavirer (§ 1.6.8.4.).

01 1.4.4.2. Origine et forme des icebergs

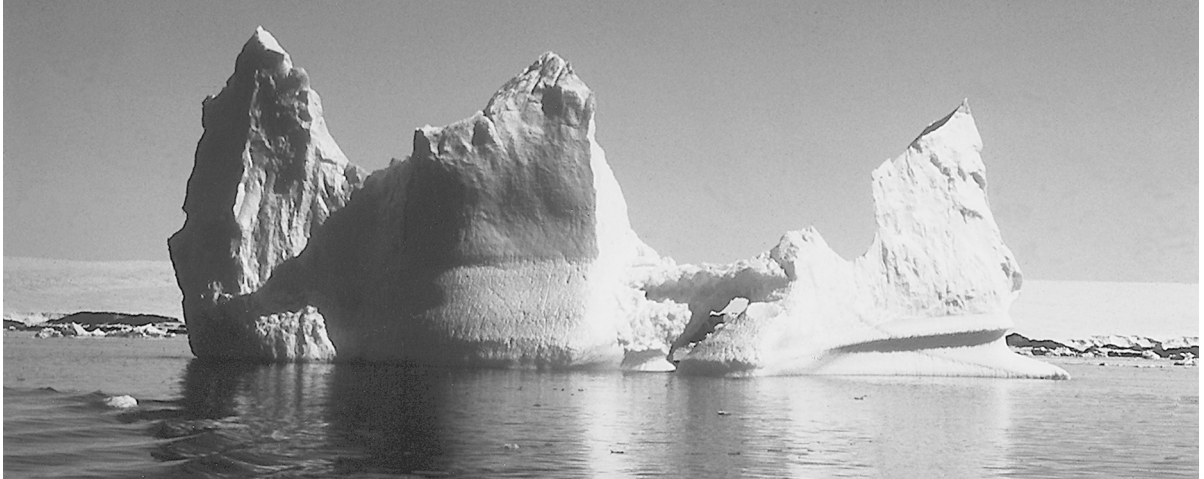
- 07 Les icebergs résultent du vêlage des plateaux et des langues du front des glaciers. L'iceberg tabulaire est la forme la plus commune et la plus typique de l'Antarctique (vue 1.4.4.2.A.). Sa couleur est d'un blanc brillant. Ses dimensions peuvent se compter en milles et sa hauteur atteint généralement 30 m.
- 13 On peut également observer des « icebergs de glacier », aux formes irrégulières, généralement d'une couleur blanche opaque, avec des nuances de bleu ou de vert.
- 19 Le terme « iceberg érodé » (weathered iceberg) désigne tout iceberg à l'état avancé de désintégration (vue 1.4.4.2.B.).

25



1.4.4.2.A. — Fronts et plateaux du Glacier de l'Astrolabe (*origine IPEV*).

31



1.4.4.2.B. — Iceberg érodé en eau libre (*origine IPEV*).

01 1.4.4.3. Zone de dérive des icebergs

- 07 La limite moyenne de la zone de dérive des icebergs, relativement stable, n'est pas sujette à une variation saisonnière et peut être considérée comme valable pour l'ensemble de l'année.
- 13 Dans l'Océan Indien, la zone dans laquelle on trouve une concentration moyenne d'un iceberg tous les 45 M est limitée par une ligne qui passe successivement par les points géographiques suivants : 40° Sud — 20° Est, 56° Sud — 80° Est, 53° Sud — 110° Est, 60° Sud — 140° Est.
- 19 On peut cependant rencontrer des icebergs isolés assez loin au Nord de cette ligne, jusqu'aux abords du parallèle 40° Sud (§ 1.6.5.1.).

01 1.4.5. LA GLACE D'EAU DE MER

01 1.4.5.1. Formation de la glace d'eau de mer

- 07 À sa naissance, cette glace se présente sous la forme d'un mélange d'eau et de particules de glace ou de neige, de tailles diverses et à des concentrations variables, qui donnent à la surface de la mer des aspects et de teintes caractéristiques. Le terme général de « nouvelle glace » s'applique à l'ensemble des modèles caractéristiques de la glace formée récemment : frasil, sorbet, gadoue, et shuga.
- 13 Lorsque la température ambiante continue à décroître, la nouvelle glace évolue vers une couche mince, élastique et mate, ondulant facilement sous l'effet des vagues. Cette couche, qui peut atteindre 10 cm d'épaisseur, est dénommée le « nilas ».
- 19 Par houle faible, la nouvelle glace donne naissance à des morceaux de glace de forme circulaire, de 0,3 à 3 m de diamètre et de 10 cm d'épaisseur dont les bords sont relevés du fait du frottement les uns contre les autres. Cette formation, appelée « glace en crêpes » (pancake ice), peut rapidement couvrir de grandes étendues (vue 1.4.5.1.).

25



1.4.5.1. — Glace en crêpes (*origine IPEV*).

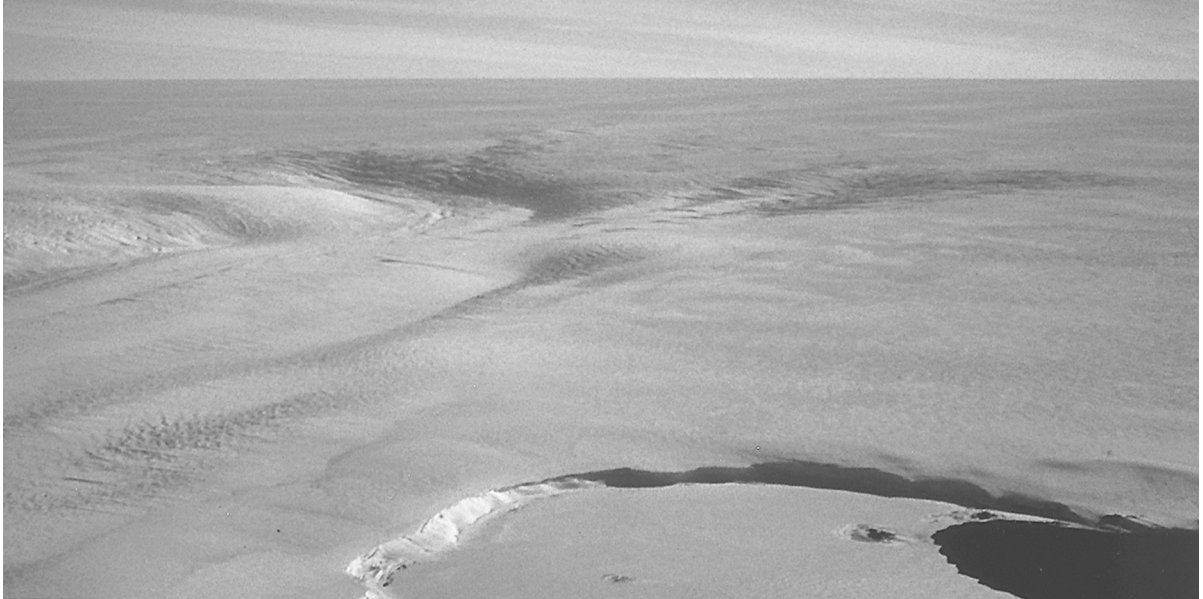
01 **1.4.5.2. Salinité et solidité de la glace de mer**

- 07 À son apparition, la glace de mer ne contient pas de sel, mais son développement en immersion génère une sous-couche constituée de cristaux de glace et de poches de saumure. Avec le refroidissement, la taille de ces poches diminue, leur concentration en sel augmente, et elles s'enfoncent. Si la température continue à décroître, le sel peut précipiter (vers -23 °C) et la glace devient plus dure.
- 13 Le processus inverse se produit en été, la saumure remonte au travers de la partie inférieure de la glace. Après quelques années, la vieille glace, presque entièrement dépourvue de sel, est alors extrêmement solide.

01 **1.4.5.3. Banquise côtière et glace flottante**

- 07 La banquise côtière (fast ice), immobile, forme une extension de la côte à laquelle elle est soudée. Sa bordure externe, souvent marquée par des « hummocks échoués », est voisine de l'isobathe de 25 m (vue [1.4.5.3.A.](#)).
- 13 Au-delà de cette banquise, s'étend la glace flottante (drift ice) formée en partie par des morceaux de glace détachés de la banquise. En s'éloignant vers le large, ces morceaux contribuent à la formation de la nouvelle glace. Le « floe » est un fragment de glace de mer, relativement plat, ayant une extension horizontale de plus de 20 m.
- 19 La glace flottante est constamment disloquée par la mer. Lorsque la concentration de glace est faible, les floes se déplacent librement sous l'effet du vent. La vue [1.4.5.3.B.](#) représente une banquise avec une concentration de glace d'environ 5/10°. Dans une mer à forte concentration de glace, les floes se heurtent continuellement, leurs mouvements sont complexes et ont tendance à se chevaucher et à s'empiler, formant ainsi des hummocks.

25

1.4.5.3.A. — Banquise côtière (*origine IPEV*).

31

1.4.5.3.B. — Banquise lâche et iceberg (*origine IPEV*).

01 1.4.5.4. Déformations de la glace flottante

07 Sous les actions combinées du vent et du courant, la glace flottante est en perpétuel mouvement et sa surface se déforme sous l'effet de très fortes pressions internes. Ces pressions sont suffisantes pour réaliser des empilements de floes atteignant des extensions verticales de 60 m, dont 48 m en immersion. Ces hummocks, souvent échoués, constituent des points d'ancrage pour la glace flottante.

01 1.4.5.5. Disparition de la glace flottante

07 Le vent, les courants et la fonte sur place peuvent être à l'origine de la disparition de la glace.

13 Le rôle du vent et de la mer du vent sont accrus lorsque la concentration de glace est faible.

19 La fonte est fonction de la quantité des radiations solaires absorbées par la glace. En hiver, la neige qui la recouvre en réfléchit la quasi-totalité vers l'atmosphère. Au printemps, la fonte de la neige crée un ruissellement sur et autour des floes. Dans le même temps, la glace se réchauffe par l'intérieur et se cribble de poches de saumure qui migrent vers le haut. La glace est alors très affaiblie et elle oppose peu de résistance à la dislocation par le vent et les vagues.

- 25 Le vent, les vagues, et l'élévation de la température contribuent à libérer les zones de la glace de première année. Lorsque les vents de terre dominants ont repoussé la glace flottante, la banquise côtière, exposée à l'action des fortes houles des tempêtes du large, peut alors se disloquer localement.
- 31 Par ailleurs, les diatomées qui se développent dans les parties inférieures de la banquise côtière absorbent une partie de l'énergie solaire et participent ainsi au ralentissement de la fonte à partir de la base.

01 **1.4.5.6. Mouvements des glaces**

- 07 La banquise côtière est immobile. La glace flottante se déplace sous l'action prépondérante des courants de surface et des vents.
- 13 Sous les actions combinées du vent et de l'accélération de Coriolis, ce déplacement est approximativement parallèle aux isobares. Sa vitesse est fonction de la force du vent, de la concentration de la glace et de la prise au vent.
- 19 Dans la zone des vents d'Est qui règnent près des côtes antarctiques, les glaces se déplacent vers le NW ou vers l'Ouest. Plus loin au Nord, elles dérivent vers l'Est sous l'action de la ceinture des forts vents d'Ouest.
- 25 Cette glace, approximativement âgée de 1 ou 2 ans, est généralement plus molle que celle de l'Arctique.

01 **1.4.5.7. Limites saisonnières de la banquise**

- 07 Les planches 1.3.6.1.A. à 1.3.6.3.D. indiquent approximativement les limites moyennes de l'extension de la banquise lâche (pack de densité 0,4) dans la partie Sud de l'Océan Indien.
- 13 La banquise atteint son extension maximale à la fin du mois de septembre ou au début du mois d'octobre. Sa limite septentrionale se situe alors aux environs du parallèle 56° Sud.
- 19 La période de débâcle estivale dure de décembre à mars. Pendant cette période, les navires peuvent alors s'approcher des côtes.