

Chapitre 1

La fusion des glaces polaires : mythe ou réalité ?

Marie-Françoise André

Même si les scénarios les plus alarmistes (Mercer, 1978) ne semblent plus à l'ordre du jour, le recul des glaces polaires sur fond d'effet de serre alimente périodiquement les revues scientifiques internationales et les organes de presse à large diffusion. C'est ainsi qu'en 2002, les images de la véritable « pulvérisation » de la plateforme de glace flottante de Larsen (péninsule antarctique) ont fait resurgir le spectre d'une remontée accélérée du niveau de la mer, dont on sait qu'elle est particulièrement préoccupante au Bangladesh, aux Pays-Bas, à Venise ou dans le Sud des États-Unis.

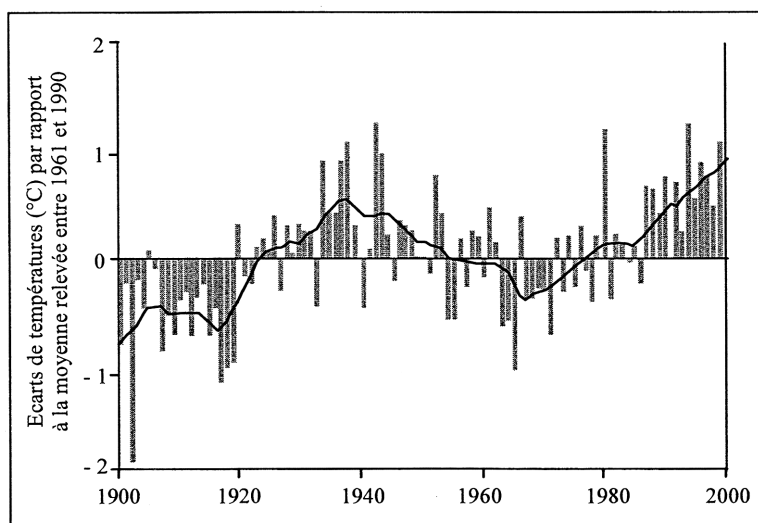
La glace, on le sait, est présente sur la Terre sous trois formes :

- Les glaces de mer : elles sont composées de la banquise permanente et saisonnière, mince coquille d'œuf d'un à trois mètres d'épaisseur, dont la disparition n'aurait pas d'effet sur le niveau mondial des océans, mais pourrait être lourde de conséquences environnementales, économiques et géopolitiques (cf. encadré).
- Les glaces cachées : il s'agit du sol gelé en profondeur (pergélisol), qui renferme des mammoths congelés, notamment en Sibérie où certains d'entre eux remontent à plus de 50 000 ans. La fusion accélérée de ce pergélisol est particulièrement préoccupante sur les marges subarctiques d'Alaska et de Russie où elle crée de nouveaux paysages tout en induisant des contraintes logistiques (cf. chap. 2, Mercier, ci-après) ; une remontée vers le nord des limites méridionales du pergélisol est envisagée dans certains scénarios (cf. *infra*, fig. 2).
- Les glaciers continentaux : ils sont actuellement sous surveillance car ils constituent le principal stock de glace mondiale. Les deux plus importants sont les inlandsis groenlandais et antarctique : épais de 3 à 5 km et se prolongeant en mer par des plateformes de glace flottante (*iceshelves*), ils couvrent respec-

tivement 14,0 et 1,8 million de km² et représentent en volume plus de 99 % du stock glaciaire mondial; leur disparition entraînerait une remontée du niveau des océans de plus de 70 m (dont 60 m pour l'Antarctique oriental, 7 m pour le Groenland, et 5 m pour l'Antarctique occidental). S'y ajoutent des petites calottes de glace bien représentées dans les archipels polaires et subpolaires (Ellesmere, Baffin, Spitsberg, François-Joseph, Nouvelle-Zemble, Islande, Kerguelen, etc.) qui, avec les glaciers de montagne — dont ceux d'Alaska et de Patagonie — représentent moins de 1 % du volume des glaces mondiales; leur fusion totale entraînerait une remontée de 25 cm du niveau de la mer.

Compte tenu de leur importance, ce sont les glaciers continentaux qui retiendront plus particulièrement l'attention, d'autant que se multiplient les données sur leur comportement actuel, souvent associé au réchauffement contemporain (fig. 1), et que fleurissent les hypothèses sur leur devenir proche ou lointain. Sans mettre en cause la nécessité accrue d'un suivi du phénomène par la communauté scientifique, il semble intéressant de confronter les données actuelles, parfois contradictoires, qui sont le fruit d'un effort de recherche international et interdisciplinaire, en adoptant une vision tout à la fois rétrospective et prospective.

Figure 1
Évolution des températures moyennes dans l'Arctique
au cours de la période 1900-2000 : du Petit Âge glaciaire
au réchauffement contemporain.



ICIA, 2005.

1. Le recul des glaces polaires : une réalité historique et paysagère

Le recul généralisé des fronts glaciaires depuis un siècle

Le « Petit Optimum médiéval » (POM), phase de radoucissement climatique qui a connu son apogée lors de l'expansion viking (Godard & André, 1999 : 221-223), a été suivi par le « Petit Âge glaciaire » (PAG), période de refroidissement qui s'est traduite par une avancée généralisée des glaciers polaires et alpins (Grove, 1988). Le phénomène est attesté notamment en Alaska, sur l'île de Baffin, au Groenland et au Spitsberg où depuis le début du XX^e siècle, les langues glaciaires se replient vers l'amont des vallées, dégageant de vastes plaines côtières (photo 1). Dans cet archipel, la phase maximale d'avancée des fronts glaciaires se place à la charnière des XIX^e et XX^e siècles. Depuis lors, la plupart des petits glaciers de montagne ont reculé d'un kilomètre, à une vitesse moyenne de 10 m/an, libérant des espaces dénudés qui sont le siège de profondes mutations paysagères commandées par la libération massive d'eaux de fonte ou par la reconquête végétale consécutive au recul des glaciers (cf. chap. 2, Mercier, ce volume). Le retrait glaciaire contemporain est également manifeste à la périphérie des calottes islandaises comme le Vatnajökull et sur les côtes du Groenland où 84 % des glaciers à front terrestre ont connu au XX^e siècle un recul kilométrique (Warren, 1991).

Photo 1

Le recul contemporain des glaciers de montagne du Spitsberg : le cas de la presqu'île de Brøgger, 79°N.



© Marie-Françoise André, 2004.

Le recul accéléré des glaciers de montagne des marges alaskiennes et patagoniennes

Ce sont les glaciers de montagne des marges subpolaires qui ont connu les reculs les plus spectaculaires. Dans le Sud de l'Alaska, la célèbre « Baie des Glaciers », ainsi baptisée car elle était encombrée de glaces à la fin du XIX^e siècle, est aujourd'hui occupée par la mer. Les puissants glaciers à front marin qui y débouchaient ont pour certains, comme le glacier Muir, reculé de 50 km depuis la fin du XIX^e siècle. Au total, sur la période 1955-1995, les chercheurs estiment que la fonte des glaciers alaskiens serait responsable d'une élévation de plus de 5 cm du niveau des océans, qui s'est opérée à une vitesse moyenne de 0,14 mm/an. Ce chiffre aurait pratiquement doublé au cours de la dernière décennie, passant à 0,25 mm/an, suite à une accélération des flux glaciaires alaskiens se déversant dans la mer (Arendt *et al.*, 2002) ; la contribution des glaces de l'Alaska à l'élévation du niveau de la mer serait donc, selon les mêmes auteurs, supérieure de 80 % à celle des glaces groenlandaises. D'autres chercheurs estiment que la contribution des glaciers de Patagonie au relèvement du niveau marin mondial est encore supérieure, leur perte de volume ayant doublé sur la période 1995-2000 (Rignot *et al.*, 2003). L'amincissement des langues glaciaires se déversant dans la mer et les lacs de Patagonie les conduit en effet à flotter, ce qui active le vèlage, c'est-à-dire la libération d'icebergs qui se détachent massivement des fronts glaciaires (Rivera & Casassa, 2004). D'une manière générale, beaucoup de glaciers subpolaires connaissent actuellement des crues, appelées *surges*, dont l'origine demeure très discutée. Pour les uns, ces crues glaciaires sont déclenchées par la lubrification basale des glaciers par les eaux de fonte, en réponse au réchauffement climatique. Les autres ne voient dans ces crues brutales que le jeu normal d'un mécanisme de réajustement périodique des marges glaciaires induit par des modifications de géométrie des appareils glaciaires.

ENCADRÉ 1. LE REcul DE LA BANQUISE ARCTIQUE ET SES CONSÉQUENCES ENVIRONNEMENTALES ET GÉOPOLITIQUES

Alors que les glaces de mer ceinturant l'Antarctique s'étendent de 1,7 % par décennie, la banquise arctique connaît un recul marqué, avec des pertes de surface avoisinant 3 % par décennie (Haas, 2002). Il semble bien qu'elle se soit également amincie au cours de la seconde moitié du XX^e siècle. La comparaison des mesures de sonar effectuées à bord des sous-marins à propulsion nucléaire de la *US Navy* dans le Bassin arctique au cours des périodes 1958-1976 et 1993-1999 (opérations Scicex) a conduit certains auteurs à chiffrer à 40 % cette diminution d'épaisseur de la banquise, qui serait ainsi passée de 3 m à 1,80 m en une trentaine d'années. Mais il semble que cette comparaison soit biaisée, à la fois car les secteurs de banquise épaisse ont sans doute changé de secteur au cours de la période (Houssais & Gascard, 2002), et en raison de la très

grande variabilité interannuelle de l'épaisseur des glaces de mer, qui varie du simple au double d'une année à l'autre en mer de Laptev selon Vinnikov *et al.* (1999). De même, les images chocs des eaux du pôle Nord libres de glace pendant l'été 2000, présentées par les médias comme une manifestation du réchauffement, n'ont très vraisemblablement qu'un caractère purement conjoncturel : la banquise est en effet soumise à des contraintes qui, au gré de la dérive et des pressions des glaces, ouvrent des chenaux d'eaux libres qui se referment en quelques heures (Godard & André, 1999, chap. 10). Il n'en demeure pas moins que la confrontation des données disponibles permet d'envisager pour la période récente un amincissement de la banquise arctique de l'ordre de 5 cm/an (Rémy, 2003).

Si le degré d'amincissement de la banquise arctique est encore en débat, la rétraction des surfaces marines englacées est une réalité, déjà sensible sur le plan écologique, et qui pourrait, à terme, se révéler lourde de conséquences économiques et géopolitiques. Les phoques se prélassant sur les glaces de mer (photo 2) sont la proie de prédilection de l'ours polaire qui voit son terrain de chasse se réduire progressivement, et tend à se raréfier dans certains secteurs (Huebert, 2003). Les Inuit, dont certains continuent à pratiquer des activités traditionnelles de chasse, ont impérativement besoin d'une banquise solide pour se déplacer, et chaque année, des chasseurs expérimentés périssent, la glace trop mince cédant sous le poids de leurs motos-neige (Martin, 2003) ; l'ouverture précoce de chenaux d'eaux libres dans la banquise entrave par ailleurs la progression des « marcheurs du Pôle ».

Photo 2

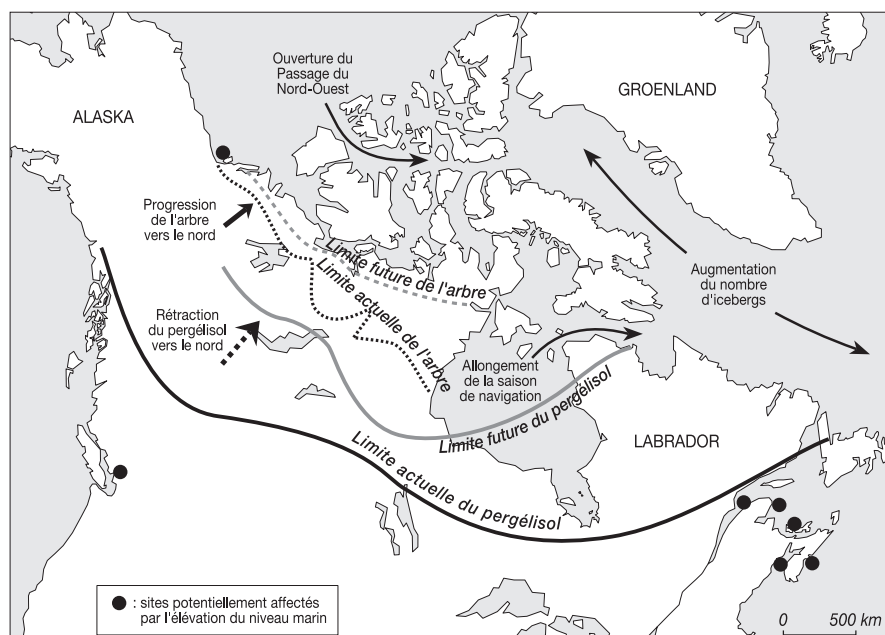
Le recul de la banquise arctique : une menace pour le phoque et son prédateur, l'ours polaire.



© Marie-Françoise André, 2004.

Mais dans le même temps, le retrait des glaces de mer arctiques suscite bien des convoitises. La « Route maritime du Nord », qui emprunte le célèbre « Passage du Nord-Est » reliant la mer de Barents au détroit de Bering, est déjà parcourue par une flotte de brise-glace ouvrant la voie à des navires transportant les ressources minières de l'Arctique russe, dont l'exploitation pourrait s'amplifier avec l'amélioration de la circulation maritime. Mais les regards se tournent désormais vers le mythique « Passage du Nord-Ouest » (PNO), dédale de détroits englacés sous souveraineté canadienne (fig. 2), qui pourrait accéder au statut de détroit international au grand dam des Canadiens (Huebert, 2003). Pour l'heure, le PNO n'accueille guère que quelques luxueux brise-glace à vocation touristique, mais si les glaces fondaient, son ouverture présenterait l'avantage de réduire de 7 500 km la liaison entre l'Asie d'une part, et l'Est des USA ou l'Europe d'autre part, qui passe actuellement par le Canal de Panama ; le gain serait encore plus élevé pour les navires de très fort tonnage, contraints jusqu'à présent à transiter par le Cap Horn. En outre, les détroits de l'archipel nord canadien recèlent d'importantes réserves de gaz et de pétrole qui rivalisent avec celles de l'Alaska, les seules actuellement en exploitation. Mais si les champs pétrolifères offshore de l'Arctique canadien devaient être exploités, on s'inquiète déjà des risques de marée noire. Ceux-ci seraient d'autant plus grands que le pétrole confiné dans les détroits stagnerait durablement, entraînant une pollution beaucoup plus grave qu'en Alaska où les côtes sont ouvertes vers le large.

Figure 2
Répercussions possibles du réchauffement climatique
sur les milieux naturels nord canadiens.



D'après French & Slaymaker, 1993.

2. La stabilité d'ensemble des grands réservoirs de glace du globe

Contrairement aux glaciers de montagne, que leur petite taille rend vulnérables face au réchauffement climatique, les masses imposantes des inlandsis groenlandais et antarctiques sont douées d'une très grande inertie, d'autant qu'elles fonctionnent comme des mûles de froid (jusqu'à -90 °C dans l'Antarctique). Comme le souligne Vanney (2001 : 311), « Les calottes glaciaires australes vivent dans un passé vieux de plusieurs centaines de milliers d'années, commencent seulement à ressentir les tiédeurs du dernier réchauffement interglaciaire, et n'entreront pas dans notre présent avant plusieurs millénaires ». Si, comme certains chercheurs le pensent, le réchauffement actuel se fait sentir à leur surface, il s'apparente à une piqûre d'épingle dans le cuir d'un éléphant.

Les techniques d'altimétrie spatiale et d'interférométrie radar permettent aujourd'hui de suivre l'évolution du volume des calottes glaciaires et des vitesses d'écoulement des grands fleuves de glace qui les drainent (Rémy, 2003). Mais les chercheurs se heurtent dans leurs estimations à la très grande variabilité du manteau neigeux et au gigantisme des calottes de glace. Répétitivité des mesures et resserrement de leur maille s'imposent pour parvenir à une plus juste appréciation de l'évolution en cours.

L'Antarctique orientale : un môle de stabilité en légère expansion ?

L'Antarctique orientale, qui est le plus vaste, le plus épais, le plus froid et le plus ancien du globe — il remonte à 15 millions d'années — est certainement le plus stable d'entre eux. Selon certains modèles, il se remet à peine du réchauffement holocène intervenu dans l'hémisphère Sud il y a près de 15 000 ans (Rémy, 2003). Encore très lâches au regard de son étendue, les données de l'altimétrie satellitaire sur la dernière décennie permettent de conclure à une stabilité d'ensemble de cette masse de glace dont l'épaisseur maximale avoisine 5 000 mètres. Une partie de cet inlandsis se refroidit légèrement, et l'autre se réchauffe (de 1 °C en 50 ans à Vostok), ce qui a pour effet d'accroître les précipitations neigeuses, rechargeant en glace l'inlandsis dont le centre tend à gonfler (Rémy, 2003). Un épaissement du même type, accompagné d'une avancée des fleuves de glace émissaires de la calotte est-antarctique, a également eu lieu pendant les périodes interglaciaires antérieures à la nôtre comme l'attestent les forages glaciaires de Vostok et les datations des moraines de la terre Victoria ; le glacier Taylor, en particulier, a connu des avancées pendant les périodes « chaudes » et relativement humides, et il a reculé pendant les périodes froides, marquées par la sécheresse. À l'autre extrémité de l'inlandsis, la plateforme de glace flottante d'Amery, qui est alimentée par le Glacier Lambert, gigantesque fleuve de glace de 1 000 km de long prenant sa source au cœur de l'inlandsis, a progressé de 24 km dans les 25 dernières années (Godard, 2003). D'autres fleuves de gla-

ces connaissent de brusques accélérations et décélérations, dont l'origine demeure obscure, mais semble liée davantage à un forçage interne (dynamique du glacier) qu'à un forçage externe (climatique). De tels mouvements, qui prennent souvent un caractère erratique, ne doivent pas masquer la tendance lourde à un léger épaissement de l'inlandsis est-antarctique (Rignot & Thomas, 2002).

Le cas de l'inlandsis groenlandais

L'évolution récente de l'inlandsis groenlandais, qui atteint 3 km d'épaisseur maximale, alimente copieusement le débat scientifique. De lourdes incertitudes pèsent en effet sur le bilan de masse de cette calotte de glace, commandé en partie par la vitesse d'écoulement de ses puissants émissaires. Canalisés par les fjords, ceux-ci terminent leur course en déversant dans l'océan une énorme quantité d'icebergs (fig. 2), analogues à celui qui coula le *Titanic* en 1912. Le plus grand de ces fleuves de glace est le Glacier Jakobshavn, dont le suivi récent a montré qu'il s'est aminci au cours de la dernière décennie tout en accélérant sa course à la mer : sa vitesse est en effet passée, de 1992 à 2003, de moins de 6 km/an à plus de 12 km/an (Joughin *et al.*, 2004). Si, dans les régions côtières échancrées de fjords, les pertes par vêlage l'emportent manifestement sur les gains, la situation est moins claire à l'intérieur de la coupole de glace groenlandaise, qui connaît — au moins depuis 1987 — un refroidissement estival de 2,2 °C par décennie, et se démarque ainsi de la tendance globale au réchauffement (Chylek *et al.*, 2004). Les variations d'épaisseur de la glace mises en évidence par l'altimétrie satellitaire diffèrent en effet selon les auteurs. Dans le sud, l'intérieur de l'inlandsis aurait grossi de 1,5 cm/an sur la période 1978-1988 selon Davis *et al.* (1998), mais se serait aminci de plus de 10 cm/an entre 1993 et 1998 d'après Krabill *et al.* (1999). Au nord, aucun changement significatif n'a été enregistré sur la période 1953-1994, sinon — peut-être — un très léger épaissement au nord-est lié à une augmentation des précipitations neigeuses (Paterson & Reeh, 2001). À l'ouest enfin, les mêmes auteurs ont mis en évidence un amincissement significatif — de 30 cm/an — sur la période 1953-1994, cependant que pour les 5 années suivantes (1994-1999), Krabill *et al.* (2000) concluent à un léger épaissement. Au total, les mêmes auteurs estiment que la contribution des glaces groenlandaises à la remontée du niveau de la mer s'élève à 0,13 mm/an, et est donc du même ordre que celle des glaciers de l'Alaska. Mais l'accord est loin d'être fait sur ce point, nombre de chercheurs considérant, au vu des données disponibles, que le Groenland est à l'équilibre et « ne contribue pas de façon significative à l'élévation du niveau de la mer observée ces dernières décennies » (Rémy, 2003).