

Bulletin n°7

ANTARCTIQUE

LA BANQUISE AU SEUIL DE CHANGEMENTS MAJEURS ?

OCTOBRE 2025

POLAR WATCH

Veille et prospective sur les zones polaires



POLAR WATCH

COMITÉ DE RÉDACTION : Neil Hamilton (Australie), Marie-Noëlle Houssais, Laurent Mayet.

COMITÉ D'EXPERTS : Paul Berkman (États-Unis), Marc Élément, Patrick Hébrard, Alan Hemmings (Australie), Timo Koivurova (Finlande), Volker Rachold (Allemagne), Ricardo Roura (Pays-Bas), Yan Ropert-Coudert, Serge Segura.

TRADUIT DE L'ANGLAIS PAR : Lesley Jessop (États-Unis).

RÉVISION : Pascal-Raphaël Ambrogi.

GRAPHISME ET MAQUETTE : Stéphane Hergueta, Pacha cartographie.

PUBLIÉ PAR : le Cercle Polaire – Octobre 2025

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION : Laurent Mayet

CRÉDIT DE COUVERTURE : Le Cercle Polaire

Avec le parrainage de S.A.S. le Prince Albert II de Monaco

Partenaires institutionnels



Partenaires opérationnels



Vers une transition critique du système de la banquise antarctique ?

La diminution brutale du couvert de banquise antarctique au printemps 2016, suivie d'englacements exceptionnellement faibles depuis, y compris pendant l'été 2025, augure-t-elle d'un changement abrupt dans le futur ?

Jusqu'au milieu des années 2010, la banquise antarctique s'est distinguée de son pendant arctique par une apparente résistance aux effets du changement climatique. Pendant que la seconde, symbole emblématique de la vulnérabilité des régions polaires au réchauffement climatique occupait le devant de la scène scientifique, les observations satellitaires disponibles depuis l'automne 1978 attestaient d'une relative stabilité de la banquise antarctique. Au fil des ans, jusqu'au début de la décennie 2000, on voyait persister une tendance multi-décennale à l'augmentation de l'étendue moyenne annuelle du couvert de banquise, même si celle-ci restait faible et statistiquement non significative.

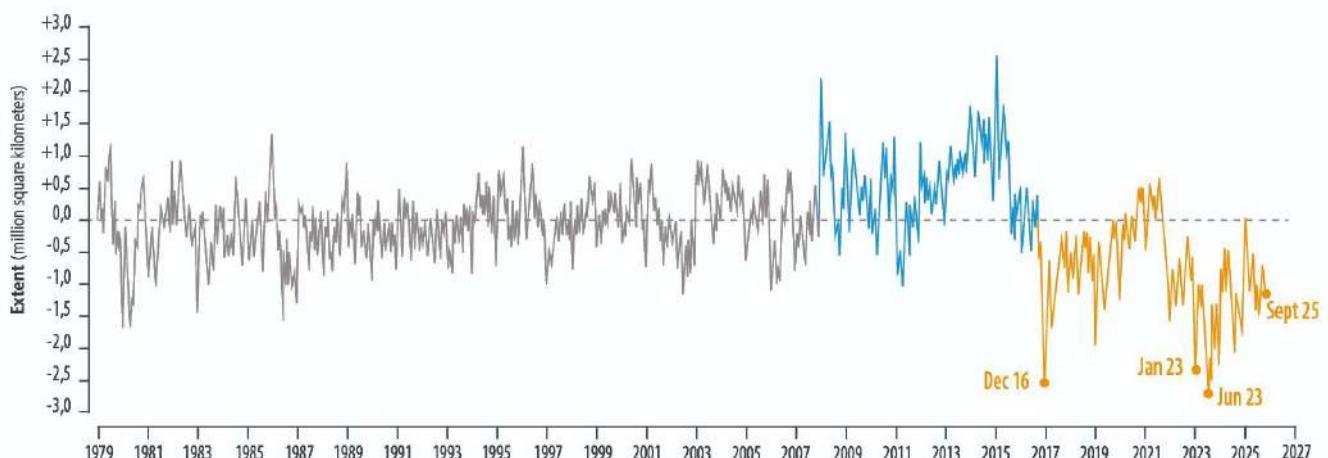


Fig. 1 : Évolution des anomalies mensuelles d'étendue de la banquise antarctique sur la période des observations satellitaires (1979-2025). La série temporelle met en évidence le caractère rapide et exceptionnel de la diminution de l'étendue au cours de la dernière décennie (en jaune). Celle-ci fait suite à une période d'augmentation lente, puis plus marquée, qui a perduré jusqu'en 2015 (en bleu). Ces anomalies sont calculées par rapport à la moyenne climatologique du mois considéré sur la période 1981-2010. Adapté de A. Purich et E. W. Doddridge, 2023 (Source : NOAA) et Zackary Labe, 2025.

« La persistance des anomalies négatives du couvert de banquise antarctique depuis 2016 a mis en évidence le rôle clé de l'océan Austral »

La tendance s'accéléra ensuite, devenant progressivement significative au printemps et à l'automne puis pour tous les mois de l'année jusqu'à l'amorce en 2012 d'une période d'anomalies d'étendue particulièrement fortes et persistantes qui culmina à l'automne 2015 (fig. 1). Un record d'englacement fut observé entre l'hiver 2014 et l'automne 2015, engendrant la plus forte tendance positive multi-décennale jamais estimée depuis le début des observations satellitaires. La superficie de glace journalière la plus élevée fut observée en septembre 2014 avec 20,2 millions km², soit 1,7 millions de km² au-dessus de la moyenne climatologique¹ de septembre. L'augmentation de l'étendue moyenne annuelle de la banquise australe pour la période 1979-2014 atteignit +2% par décennie relativement à la moyenne climatologique, correspondant à une expansion annuelle du couvert de banquise de plus de 22000 km². Ce taux correspondait au double de la tendance qui avait prévalu avant les années 2000 restée toujours inférieure à +1% par décennie. Des taux records furent par ailleurs, enregistrés pour le mois du minimum annuel (février, +4,9% par décennie) et du maximum annuel (septembre, +1,2% par décennie) de l'englacement.

Une telle évolution, en complet contraste avec la diminution spectaculaire et persistante de la banquise dans l'hémisphère opposé dont l'étendue moyenne annuelle diminuait en parallèle d'environ 5% par décennie pouvait en partie s'expliquer par la nature totalement différente des banquises arctique et antarctique. Contrairement à son homologue arctique, la banquise antarctique n'est pas contrainte par des frontières continentales sur sa limite septentrionale et dérive donc plus librement sous l'action des vents et des courants. L'océan Austral est quant à lui dominé par un régime circumpolaire de vents d'ouest, les plus forts de la planète, situés au nord d'un creux dépressionnaire formé entre les latitudes 60°S et 70°S par les nombreuses dépressions qui voyagent autour du continent antarctique. Une augmentation d'intensité de ces vents d'ouest pouvait en partie expliquer l'étalement de la banquise vers le nord.

Les tendances modestes à l'accroissement de l'étendue globale de la banquise antarctique cachaient en fait une réalité plus complexe, caractérisée par une forte saisonnalité, mais aussi par des tendances régionales plus marquées qui se compensaient à l'échelle circumpolaire. Ainsi, des tendances fortes et significatives, respectivement positives et négatives, avaient émergé dès la fin des années 1990 dans les secteurs de la mer de Ross et des mers d'Amundsen-Bellingshausen. Pendant que l'englacement en mer de Ross subissait une forte augmentation, le couvert de banquise dans le secteur situé à l'ouest de

¹ La moyenne climatologique de l'étendue de la banquise est la moyenne des valeurs d'étendue sur la période 1981-2010. Pour un mois donné, elle correspond à la moyenne des étendues pour ce mois.

la Péninsule connaissait lui une diminution spectaculaire, notamment de son étendue estivale dont la tendance multi-décennale dépassa -12% par décennie en 2006, valeur comparable à celles enregistrées pour la banquise arctique. En parallèle, la saison de fonte s'était allongée, par endroits de presque trois mois sur la période 1979-2012, soit, pour poursuivre la comparaison entre les deux hémisphères, deux fois l'allongement observé dans les régions de l'Arctique les plus touchées par le déclin de la banquise estivale. En parallèle, la saison de glace augmentait de presque deux mois sur la même période dans l'ouest de la mer de Ross.

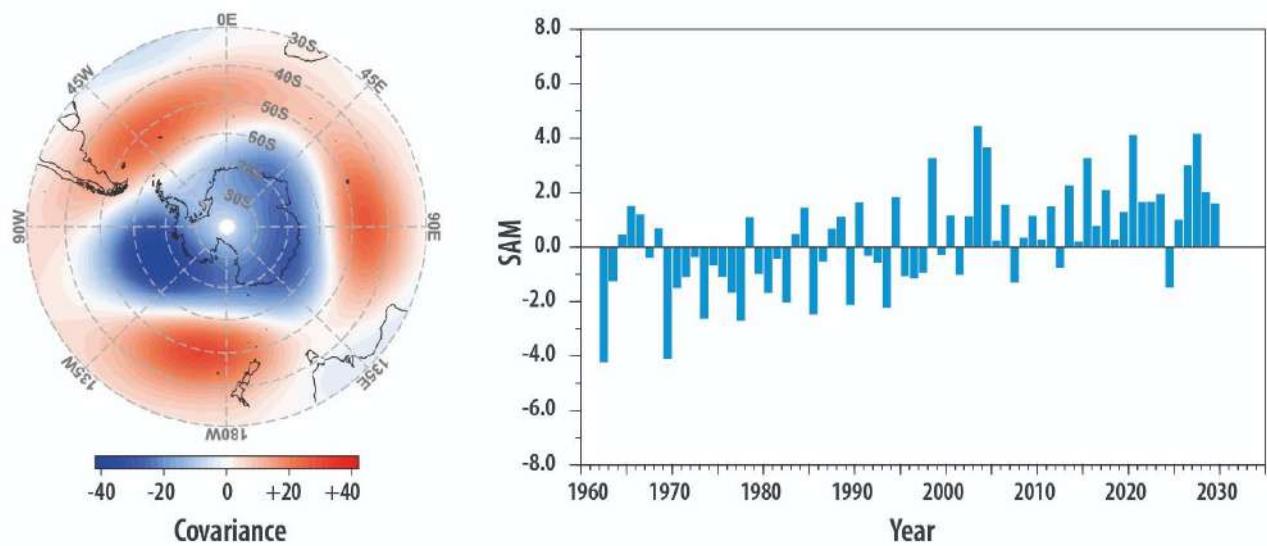


Fig. 2 : Structure et évolution temporelle du SAM (*Southern Annular Mode*), principal mode de variabilité de l'atmosphère extra-tropicale de l'hémisphère Sud : (a) amplitude des anomalies de pression atmosphérique à 500 hPa liées au SAM ; (b) indice du SAM sur la période 1957-2024. La phase positive du SAM (indice de SAM > 0) correspond à des anomalies de pression négatives autour du continent antarctique et positives dans les latitudes tempérées (au nord de 60°S) résultant dans une intensification et une migration vers le sud des vents d'ouest. *Source: Wachter et coll., 2020 ; NERC-BAS An observation-based Southern Hemisphere Annular Mode Index.*

Au cours des années 2012-2014, le débat scientifique s'intéressa aux causes de ce que l'on a pu nommer « le paradoxe antarctique », à savoir l'expansion de la banquise antarctique alors même que le climat se réchauffait, paradoxe que certains n'hésitèrent pas à invoquer pour remettre en question la réalité même du réchauffement climatique... Si la variabilité des vents de surface dans l'océan Austral était reconnue comme un contributeur potentiel aux variations d'étendue circumpolaire de la banquise, les causes de cette variabilité, la nature dynamique ou thermodynamique de son influence sur la banquise et ses disparités régionales restaient difficiles à appréhender. En particulier l'intensité et la position méridienne des vents d'ouest varient à l'échelle semi-annuelle mais aussi aux échelles interannuelle et inter-décennale, l'expression dominante de cette variabilité étant un mode annulaire, le SAM pour *Southern Annular Mode* (fig.2). Même si les variations

interannuelles de la dérive de la banquise répondaient clairement aux variations du SAM, la phase de plus en plus positive du SAM entre 1980 et la fin du siècle dernier n'expliquait qu'une faible proportion des tendances multi-décennales de l'englacement.

Les contrastes régionaux dans l'évolution de la banquise antarctique montraient de surcroît que celle-ci ne se comportait pas comme une entité circumpolaire cohérente, suggérant l'importance des structures de vent régionales. En particulier, le rôle de la Dépression de la mer d'Amundsen (ASL), un centre dépressionnaire majeur situé dans les hautes latitudes du Pacifique Sud au large des mers de Ross et d'Amundsen, s'est avéré essentiel. L'ASL exerce une forte influence sur le climat de l'Antarctique de l'Ouest en contrôlant la variabilité des vents méridiens. Son creusement a pu contribuer à renforcer les vents du nord relativement chauds sur son flanc est, favorisant le recul et la fonte des glaces en mer d'Amundsen, en même temps que les vents du sud relativement froids sur son flanc ouest favorisaient la formation automnale de glace et l'étalement de la banquise en mer de Ross. Les tendances observées tant sur le SAM que sur l'ASL ont un lien avec l'augmentation des gaz à effet de serre et l'appauvrissement de la couche d'ozone, même si cette relation au forçage anthropique n'émerge pas toujours clairement. La variabilité atmosphérique autour du continent antarctique est également en connexion étroite avec la variabilité naturelle multi-décennale des régions tropicales (liée notamment aux variations de la température de surface de l'océan) via des téléconnexions atmosphériques. Ainsi, l'influence de modes de variabilité climatiques tels que l'ENSO (*El Niño Southern Oscillation*), l'IPO (*Interdecadal Pacific Oscillation*) mais aussi l'AMO (*Atlantic Multidecadal Oscillation*) est particulièrement sensible dans le secteur Pacifique Sud de l'Antarctique. Le creusement de la Dépression de la mer d'Amundsen entre 2000 et 2014 à la suite du basculement de l'IPO dans sa phase négative a ainsi contribué à la redistribution des glaces responsable du dipôle d'anomalies entre la mer de Ross et les mers d'Amundsen-Bellingshausen et Weddell (fig. 3a). L'ENSO dans sa phase *La Niña*, couplé au SAM, a pu aussi renforcer l'ASL et ainsi retarder l'avancée des glaces à l'ouest de la Péninsule en automne. Tous ces liens étaient autant de facteurs, anthropiques ou naturels, qui avaient contribué à la variabilité multi-décennale de la banquise.

Les mécanismes précédents ne considéraient pas les influences possibles de l'océan sur la banquise. Or l'océan Austral a connu de profondes modifications au cours des dernières décennies, notamment un refroidissement en surface, d'environ -0.1°C par décennie entre 1980 et 2010, qui tranchait avec un réchauffement en subsurface et avec le réchauffement plus global de l'océan en lien avec l'augmentation de la teneur atmosphérique en gaz à effet de serre. La baisse concomitante de la salinité de surface, liée à l'accélération du cycle

de l'eau dans le système Terre et en particulier à la fonte des glaces terrestres constituées d'eau douce, a pu faciliter la croissance de la glace à l'automne et limiter sa fonte au printemps, grâce au maintien d'une stratification (mesurée par la différence de densité) stable en subsurface qui isole la banquise des eaux plus chaudes sous-jacentes. De nombreuses rétroactions positives ou négatives entre l'océan et la banquise peuvent ainsi amplifier ou limiter les effets de ces influences océaniques sur la banquise.

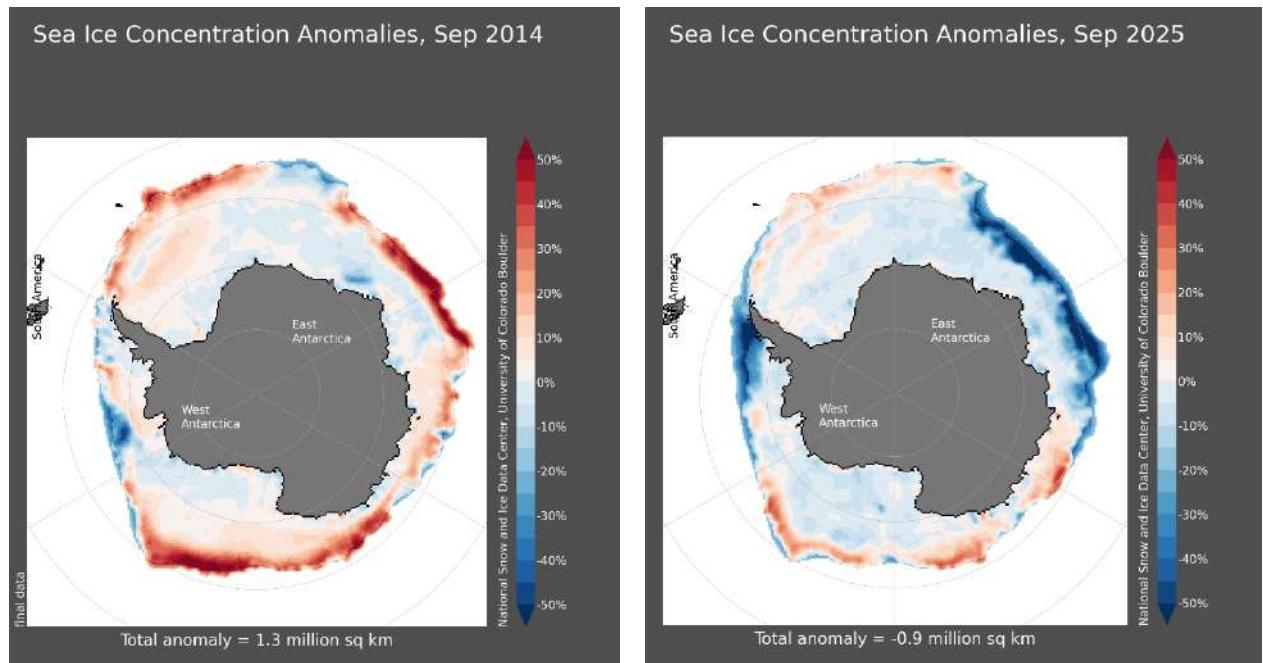


Fig. 3 : Répartition des anomalies mensuelles de concentration de glace (pourcentage de surface océanique englacée) au mois du maximum hivernal de l'englacement : (a) septembre 2014, correspondant à l'anomalie d'étendue la plus fortement positive sur la période 1979-2025, avec un dipôle d'anomalies de signes opposés entre les mers d'Amundsen-Bellingshausen et de Ross ; (b) septembre 2025, correspondant aux observations les plus récentes mettant en évidence la prédominance d'anomalies négatives, y compris sur un vaste secteur de l'Antarctique de l'Est. Source : NSDIC.

La diminution brutale du couvert de banquise au printemps 2016, suivie d'englacements exceptionnellement faibles depuis, a marqué une transition majeure et a mis en évidence le rôle central de l'océan dans les changements observés. Le recul spectaculaire du minimum annuel d'étendue de la banquise austral enregistré en 2016 fut déclenché par des anomalies de circulation atmosphériques exceptionnelles, incluant un évènement de SAM négatif et une transition vers une IPO positive, une amplification des systèmes de basse-hautes pressions autour de l'Antarctique et une intensification des vents méridiens ayant donné lieu à un transport massif d'air relativement chaud vers la banquise. Décembre 2016 vit ainsi une anomalie d'étendue mensuelle de banquise d'une amplitude inégalée depuis 1979, dépassant les -2 millions de km². Au cours de la décennie qui suivit jusqu'à aujourd'hui, les anomalies d'étendue mensuelles furent toujours négatives et de grande amplitude, à l'exception d'une courte période entre 2020 et 2021 qui connut un rebond

vers des étendues plus proches de la climatologie. L'année 2023 fut exceptionnelle avec une diminution spectaculaire de l'englacement en début d'hiver conduisant en juillet 2023 à un nouveau record d'anomalie mensuelle de -2,4 millions de km², inégalé jusqu'à aujourd'hui, et à une étendue moyenne annuelle la plus faible jamais enregistrée. D'une augmentation lente mais significative de l'étendue de la banquise australe à l'échelle de plusieurs décennies on était ainsi passé à une diminution très rapide, soit un changement radical. À l'échelle multi-décennale, l'année 2023 correspond à une année charnière de changement de signe de la tendance sur l'étendue moyenne annuelle de la banquise : positive (+0,18% par décennie) sur 1979-2022, elle est devenue négative (-0,28% par décennie) sur 1979-2023. Les tendances sur les étendues moyennes mensuelles depuis 1979 sont désormais négatives quoique non significatives du fait du caractère récent de ce changement de signe, même si, en 2025, les mois de février (minimum annuel) et septembre (maximum annuel) se sont inscrits respectivement en 4^e et 3^e position dans les mois les moins englacés depuis 1979 (fig. 3b). Une tendance significative à la diminution de l'étendue des glaces s'est ainsi construite sur la dernière décennie : depuis 2014, l'étendue moyenne annuelle de la banquise antarctique a diminué de 2,9 millions km², une diminution 1,5 fois plus importante que celle que la banquise arctique a connu en 45 ans.

La persistance du déclin de la banquise antarctique depuis 2016 résulte d'une implication décisive de l'océan. Si le recul de la banquise en 2016 a certes bénéficié du réchauffement des eaux de surface autour du continent antarctique, qui fut la réponse rapide de l'océan au changement brusque de circulation atmosphérique cette année-là, il a aussi très probablement bénéficié de l'effet cumulé de l'intensification durable des vents d'ouest pendant les décennies qui avaient précédé, dont l'effet cumulé a résulté en une remontée progressive des eaux chaudes de subsurface. Le contenu de chaleur de ces eaux, devenu ainsi plus facilement accessible pour la couche de surface lors des épisodes hivernaux de mélange vertical, a pu contribuer durablement à limiter la croissance de glace au cours de la dernière décennie.

Contextualisé sur le plus long terme grâce aux reconstructions du couvert de glace, le déclin récent de la banquise antarctique est, par sa rapidité et son amplitude, inédit à l'échelle des cent dernières années. Il pourrait ainsi être interprété comme une phase d'accélération d'un déclin plus lent qui a parcouru le 20^e siècle. Dans un tel contexte, la période de fort englacement responsable de la tendance positive sur la période des données satellitaires, ou la tendance négative des années 1960 ayant conduit à un faible englacement au début des observations satellitaires, seraient une manifestation de la variabilité décennale qui se superpose aux tendances multi-décennales. Si l'évènement de 2016 et la persistance d'un

couvert de banquise réduit depuis lors sont pour partie une manifestation de la variabilité naturelle du système climatique, en particulier tropical, il existe dans l'océan Austral un réchauffement des eaux en profondeur depuis plusieurs décennies qui, quant à lui, est une manifestation du changement climatique et pourrait bien contribuer à entretenir, voire renforcer par le biais de rétroactions positives, la tendance négative de l'englacement que l'on connaît aujourd'hui. Au-delà de la réduction de son étendue, le système dynamique de la banquise antarctique semble entré dans un nouveau régime : les caractéristiques spatio-temporelles de sa variabilité ont radicalement changé, avec désormais des anomalies d'englacement de plus grande amplitude, plus persistantes et plus cohérentes spatialement. L'amplitude actuelle de la variabilité mensuelle et interannuelle se situe ainsi bien au-delà de la variabilité naturelle de la banquise antarctique sur les derniers siècles et pourrait indiquer des prémisses d'une transition critique à venir. La plus grande persistance des anomalies suggère, quant à elle, une incapacité grandissante de la banquise à se rétablir des perturbations auxquelles elle est confrontée. Enfin, la plus grande cohérence de la variabilité entre les différentes régions autour de l'Antarctique traduirait l'influence grandissante de l'océan à l'échelle circumpolaire au travers d'interactions autoentretenues avec la glace. Par exemple, le lien existant entre la diminution de l'épaisseur de la banquise, son recul anticipé au printemps et le réchauffement de l'océan ; ou encore la récente mise en évidence d'une augmentation circumpolaire de la salinité de surface de l'océan Austral, corrélative du déclin de la banquise depuis 2016, qui traduit une diminution de la stratification de subsurface et l'augmentation du flux de chaleur de l'océan vers la glace.

À ce jour les modèles de climat, principaux outils des projections climatiques, présentent d'importants biais lorsqu'il s'agit de reproduire ne serait-ce que les caractéristiques moyennes de la banquise antarctique. Ce manque de performance est pour beaucoup lié à la nature complexe de cette dernière, tant dans ses caractéristiques physiques, que dans ses mécanismes de formation impliquant notamment le couvert de neige, ou sa réponse dynamique aux forçages d'intensité exceptionnelle des tempêtes et houles prévalant dans l'océan Austral. Il en résulte un milieu aux morphologies structurales très diverses et fortement variables, un pack hétérogène et souvent morcelé, mais aussi des glaces pluriannuelles très déformées le long des côtes, dont la représentation est un défi pour les modèles. Les modèles peinent aussi à représenter la variabilité et les tendances observées. Ils simulent notamment une diminution de l'étendue globale de la banquise antarctique sur la période antérieure à l'année 2015, avec de grandes disparités entre les simulations. Ces faibles performances sont un réel problème lorsqu'il s'agit d'établir des projections, les tendances actuelles étant susceptibles de se propager en partie dans les tendances futures. Selon le 6^e rapport du GIEC publié en 2021, si les modèles prévoient une diminution de la

banquise dans un scénario de réchauffement d'ici à la fin de ce siècle, le niveau de confiance dans ces projections reste faible. En dépit de la mise en évidence récente de changements radicaux en cours et du potentiel de certains mécanismes d'interaction à conduire la banquise antarctique vers un changement abrupt dans le futur, *The Global Tipping Points Report 2025* publié récemment par l'Université de Lexeter confirme la grande incertitude sur la probabilité d'occurrence d'un tel changement et sa possible réversibilité.

Résoudre ces difficultés nécessite de mieux décrire, comprendre et représenter les variations et tendances dans la structure de la banquise, ses interactions et ses couplages avec les autres composantes du système climatique que sont l'océan, l'atmosphère, mais aussi les plateformes de glace et les terminaisons marines des glaciers émissaires de la calotte. À titre d'exemple, l'incapacité des modèles à représenter la tendance pré-2015 de la banquise australe est généralement attribuée à la présence d'un biais chaud de l'océan sur cette période dans les simulations. Quantifier les rôles respectifs de ces différentes composantes sur les tendances multi-décennales observées dans la banquise est aussi essentiel pour évaluer la part de variabilité naturelle ou de variabilité d'origine anthropique dans ces tendances. Le manque d'observations est une entrave majeure à cette compréhension plus fine de la banquise ainsi qu'à la mise en contexte de sa variabilité. Les difficultés d'accès à l'océan Austral et aux eaux du plateau continental Antarctique font de ce secteur le moins bien observé de l'océan. Contrairement à l'océan Arctique, ces régions n'ont pas bénéficié de déploiements d'envergure de moyens de mesure autonomes (bouées, stations dérivantes) alors que de tels moyens sont nécessaires si l'on veut progresser vers une vision synoptique et continue de la banquise. Cette vision est nécessaire si l'on veut pouvoir anticiper les effets tant régionaux que globaux d'un déclin persistant de la banquise antarctique sur les prochaines décennies. Certains effets sont d'ores et déjà visibles, par exemple sur l'océan Austral et ses capacités à absorber l'excédent de chaleur et de dioxyde de carbone de l'atmosphère, et in fine à réguler le climat.

Marie-Noëlle HOUSSAIS² pour POLAR WATCH³

² Directrice de recherche émérite au CNRS, océanographe physicienne, spécialisée dans les régions polaires, France.

³ Les opinions exprimées dans cet article sont celles de l'auteur. Elles ne reflètent ni la politique ni la position officielle d'une organisation dont l'auteur est ou aurait été membre.

**INSCRIVEZ-VOUS
AUX BULLETINS DE
POLAR WATCH**

*Décryptage par des spécialistes des évolutions
et des tendances dans les zones polaires.*

RENDEZ-VOUS SUR :
WWW.LECERCLEPOLAIRE.COM



Bulletin n°7

ANTARCTIQUE

LA BANQUISE AU SEUIL DE CHANGEMENTS MAJEURS ?



www.lecerclepolaire.com

POLAR WATCH

Veille et prospective sur les zones polaires

Tous droits réservés