

Impact du réchauffement climatique sur les populations de phytoplancton et de krill dans l'océan austral

Gaëlle BENOIT, Marthe LEFÈVRE & Océane RICHEL
Biodiversité ENS 2012

Introduction

L'Antarctique est le continent le plus au Sud de la Terre. Il y règne des conditions de vie très rudes (températures froides, période d'ensoleillement polaire...) et pourtant la vie a su s'y développer et proliférer. La plupart des espèces vivant dans cette région sont des espèces endémiques adaptées à ces conditions certes extrêmes mais stables depuis plusieurs millions d'années. Si bien que la moindre variation des conditions de vie peut entraîner de grandes conséquences sur les populations.

Une grande majorité des espèces australes dépendent de deux organismes : le phytoplancton et le krill. Le phytoplancton est un microorganisme végétal à la base de toute la chaîne alimentaire en Antarctique. Il est étroitement lié à son environnement puisque son développement dépend directement de la formation saisonnière de la glace de mer. Une modification de cette dernière chamboulerait tout l'équilibre des populations qui sont liées à ces micro-algues. La première espèce qui en subirait les conséquences, hormis le phytoplancton lui-même, serait le krill qui s'en nourrit et avec lui de nombreuses espèces, dans la mesure où le krill est la première source de nourriture d'une majorité d'espèces australes.

1 Des liens étroits entre les populations de phytoplancton et de krill et les régions océaniques recouvertes de glace

1.1 La glace saisonnière en Antarctique

Le couvert de glace de l'océan austral varie au cours des saisons avec un maximum de son extension à la fin de l'hiver austral, en septembre.

L'Antarctique est le seul continent à être entouré d'un océan circulaire. Ce dernier est délimité en différentes zones ayant des caractéristiques différentes et séparées par des fronts.

Nous laisserons de côté l'océan subantarctique pour nous concentrer sur les différentes zones de l'océan austral et leurs caractéristiques quant à la formation de la glace de mer.

La zone du front polaire antarctique ou zone de convergence antarctique, limite externe de l'océan austral, est une zone étroite où se rencontrent les eaux froides antarctiques et les eaux plus chaudes des régions sub-antarctiques [1].

Du continent jusqu'à la zone de convergence s'étend la Zone de Glace Saisonnière (ZGS) qui joue un rôle primordial pour l'océan austral (figure1). Elle connaît une extension minimale en février, avec environ 4 millions de km² englacés et une extension maximale vers septembre de l'ordre de 19 millions de km² (surface équivalente à celle du continent qui est de 14 millions de km²) [2]. La zone de glace saisonnière est parcourue par des chenaux remplis d'eau saturée en sel et constitue un environnement particulier, favorable au phytoplancton (diatomées et phytoflagellés).

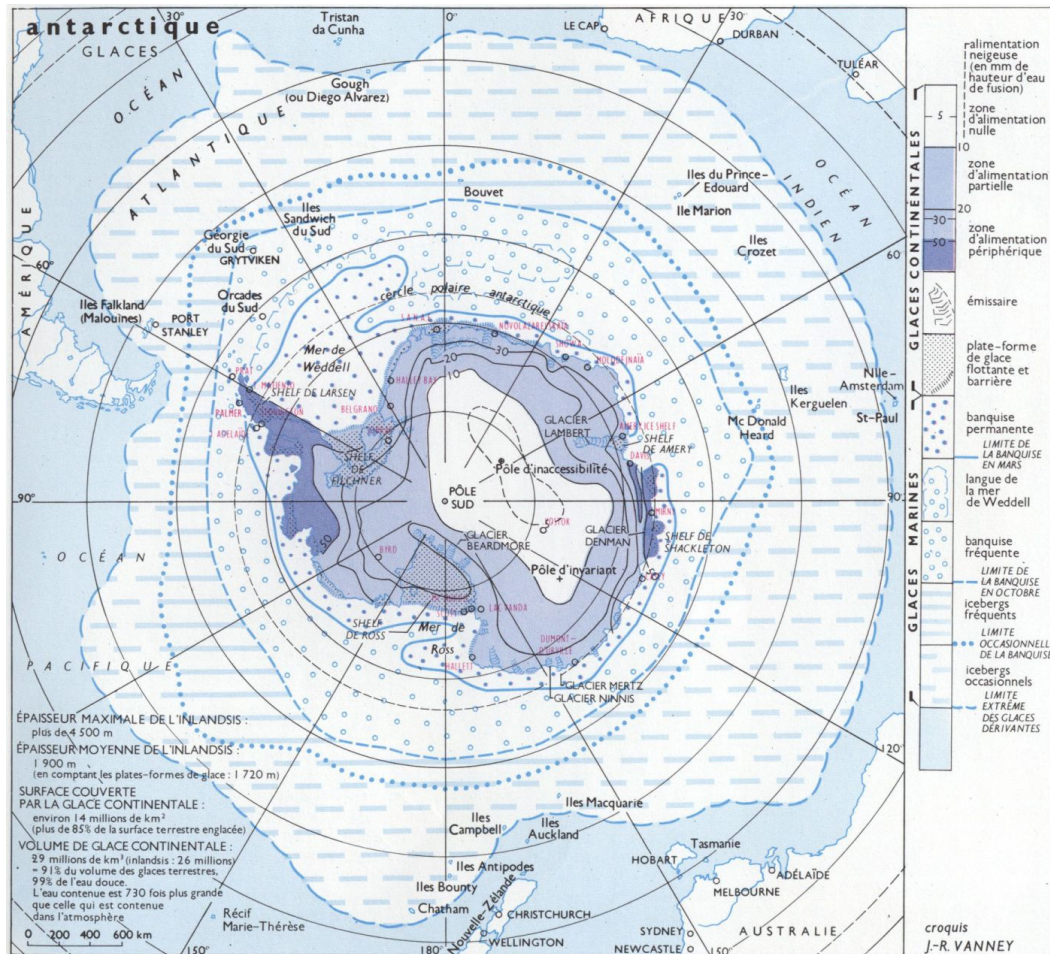


FIGURE 1 – Limites de la banquise au cours des saisons

Dans la zone de glace saisonnière se trouve la zone océanique ouverte ayant pour caractéristique l'absence continue de banquise au cours du cycle annuel [3]. Cette absence de banquise est due à la présence de vents catabatiques qui descendent du continent et viennent briser la glace formant des polynies, trous, dans la banquise. Ces polynies permettent la formation d'eau profonde par refroidissement continu de l'eau et par enrichissement en sel de cette dernière (par formation de glace en périphérie de la polynie); les masses d'eaux froides et salées ont une densité forte qui les fait plonger. En contrepartie au niveau de la divergence antarctique, il y a un courant riche en nutriments qui remonte vers la surface (figure 2).

La divergence antarctique marque le passage à un courant circulant d'est en ouest : le courant péri-antarctique. De part et d'autre de cette divergence il y a les eaux salées et froides qui plongent et les eaux riches en nutriments qui les compensent en remontant [4].

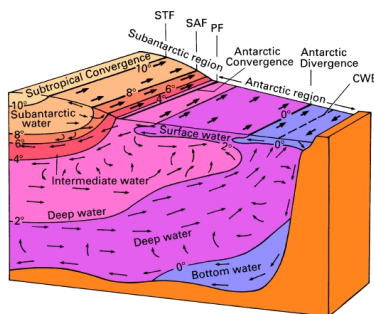


FIGURE 2 – Circulations océaniques dans l'océan austral

1.2 Cycle de vie du phytoplancton et répartition des populations

Le phytoplancton constitue une espèce majeure des écosystèmes marins. En effet il est à la base de la chaîne alimentaire et c'est un organisme photosynthétique qui représente donc un puits pour le gaz carbonique et assure environ 45% de la production primaire. Le phytoplancton transforme le CO_2 dissous, en O_2 et en matière organique grâce à l'énergie fournie par la lumière. Certains nutriments sont également nécessaires à la réalisation du cycle biogéochimique du phytoplancton, telles que la présence de fer qui agit sur la chaîne respiratoire, la synthèse de la chlorophylle et dans le processus de réduction enzymatique des nitrates.

Le phytoplancton présente un cycle annuel conditionné par la présence et l'absence de glace de mer. La formation de la glace s'accompagne d'une prise en glace du phytoplancton soit par une formation de glace autour des cellules qui se concentrent soit par scavenging : lors de la remontée des cristaux de frazil (glace primitive), le phytoplancton adhère aux cristaux et est remonté à la surface pour ensuite se développer dans la glace.

Au printemps, la fonte des glaces permet la libération du phytoplancton dans le milieu marin ; les cellules repassent à un stade de vie marine. C'est à cette période que les apports lumineux sont optimum grâce à la fonte des glaces, auxquels se surajoute la présence de la remontée de l'eau riche en sels nutritifs favorisant le développement du phytoplancton : c'est la floraison ou bloom phytoplanctonique [5].

Le développement du phytoplancton repose sur plusieurs facteurs : la présence de glace de mer, l'apport de nutriments, de fer et de silice entre autres et sur la présence ou non de prédateurs.

Le cycle de la glace et la fertilisation des océans contrôlent le développement du phytoplancton. La fertilisation des eaux fait intervenir des remontées d'eaux profondes riches en nutriments et des apports atmosphériques riches en micronutriments notamment en fer provenant des régions arides. Les apports en micronutriments sont moindres par rapport aux macronutriments et ils seraient alors le facteur limitant du développement du phytoplancton. Un autre facteur limitant du phytoplancton serait sa prédation par le zooplancton comme le krill ou les salpes.

La silice joue elle aussi un rôle particulier car elle est indispensable à la synthèse de la "coquille de verre" (ou frustule) des diatomées (espèce de phytoplancton). Les divers sels minéraux sont remontés à la surface par les courants. Aussi la production phytoplanctonique est particulièrement forte dans les zones où un flux continu de matière minérale arrive à la surface, en particulier en bordure des plateaux continentaux ou des montagnes sous-marines. D'autre part, au niveau de la divergence antarctique, les vents d'est et les courants superficiels opposés provoquent une remontée

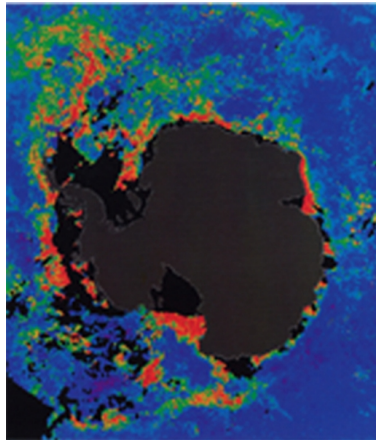


FIGURE 3 – Concentration de phytoplancton (échelle croissante du violet au rouge)

d'eaux profondes extrêmement riches en sels nutritifs [6].

Le phytoplancton est étudié depuis l'espace via les satellites car la présence de phytoplancton dans l'océan en modifie la couleur. En effet le phytoplancton est vert du fait qu'il contient de la chlorophylle. Selon la couleur les images des satellites permettent de déterminer l'espèce ainsi que sa concentration. Cette technique permet aussi avant tout de voir la répartition du phytoplancton. Sur la figure 3, la répartition du phytoplancton est essentiellement aux abords du continent, lieu rassemblant tous les facteurs nécessaires à son développement [7].

1.3 Le krill, consommateur de phytoplancton et source principale de nourriture des espèces australes

Le krill est un petit crustacé faisant partie du zooplancton. L'espèce la plus répandue dans l'océan austral est *Euphrosia superba*. Elle vit en « essaims » et se nourrit directement de phytoplancton présent sous la banquise.

Le krill est un maillon clé dans l'écosystème antarctique étant le repas d'un grand nombre d'espèces comme la baleine, le manchot... La biomasse du krill en fait une des espèces les plus abondantes de la planète [6].

Le rythme de vie du krill va de pair avec celui du phytoplancton. La principale saison de ponte du krill s'étend de janvier à mars, c'est-à-dire en été là où le phytoplancton est au plus haut de sa production et a lieu dans les eaux superficielles. Une fois les œufs pondus, ils se développent lors de leur descente vers les profondeurs jusqu'au fond océanique. A partir de ce moment, les œufs éclosent et les premières larves commencent à migrer vers la surface de l'eau où les attend le phytoplancton.

Cependant, il n'atteint sa taille adulte que vers l'âge de deux ou trois ans et vit environ cinq ans [8].

Durant l'été austral, la distribution de sa population est liée à la zone de glace saisonnière et ainsi à la présence de phytoplancton (figure 4). Le krill se laisse porter par les courants circum polaires encerclant tout le continent. Sa densité de population dépend étroitement du phytoplancton et du couvert de banquise qui lui sert d'abri face aux prédateurs [8].

L'espèce contribue également à l'exportation de carbone vers les fonds marins. En effet, ce petit crustacé nage à la surface des océans où il mange le phytoplancton, ingérant ainsi de grandes quantités de CO_2 . Pendant qu'il s'alimente, le krill plonge régulièrement à de grandes profondeurs où il relâche le carbone sous forme de déchets. Ses pelotes fécales relâchées sont relativement denses et vont donc couler. Or, comme le système digestif du krill est peu efficace, ses pelotes sont généralement riches en carbone. Le krill participe ainsi au stockage du CO_2 par les océans.

Il existe des régions où *Euphausia superba* rentre en compétition avec les salpes, notamment par rapport aux ressources alimentaires communes que constitue le phytoplancton. Les salpes peuvent avoir des effets négatifs pour les larves de krill. De plus, elles disposent de certains avantages dans leur cycle de vie, moins dépendant de la glace que celui du krill. C'est pourquoi un réchauffement global pourrait favoriser les salpes au détriment du krill [3].

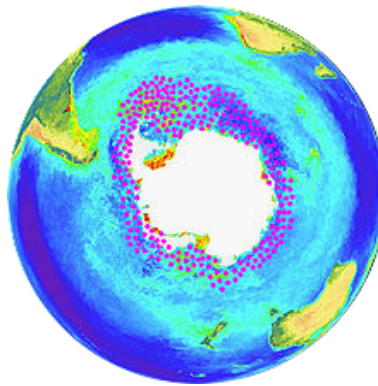


FIGURE 4 – Répartition du krill dans l'océan austral

2 Les conséquences d'un réchauffement climatique sur les populations de planctons

2.1 Conséquences d'un réchauffement climatiques sur les eaux australes et sur la banquise

L'inlandsis antarctique sous l'effet d'un réchauffement perd de la glace par fluage des glaciers. Cela a pour effet d'allonger les langues de glace sur l'océan qui se fracturent en icebergs dérivants [9].

En revanche la mer de glace antarctique est en extension dans certaines zones comme au sud (figure 5). Ce phénomène inverse serait lié au trou dans la couche d'ozone. Les dégâts faits par les produits chimiques humains sur la couche d'ozone ont refroidi la stratosphère et bouleversé les schémas de circulation du vent autour de l'Antarctique. Cette modification implique que les vents soufflent plus fréquemment, refroidissant la mer et créant d'avantage de glace. La mer de glace s'est donc étendue de 100 000 km^2 par décennie depuis les années 1970. Les scientifiques s'accordent à dire que ce phénomène se trouverait bien inversé par la disparition du trou dans la

couche d'ozone.[10]

Par contre le réchauffement climatique est visible au niveau de la péninsule Antarctique, des mers de Bellingshausen et d'Amundsen avec une augmentation de plus de 0.1 degré Celsius par an. Cette augmentation de température fait diminuer la surface de glace de mer [figure 5] et change le climat polaire froid et sec en un climat humide subpolaire augmentant ainsi la couverture nuageuse [11].

Comme autres principales conséquences du réchauffement climatique, il a été observé une acidification de l'océan austral notamment au niveau de la péninsule antarctique et une diminution des up-wellings, remontée d'eau riche en nutriments au niveau du continent.

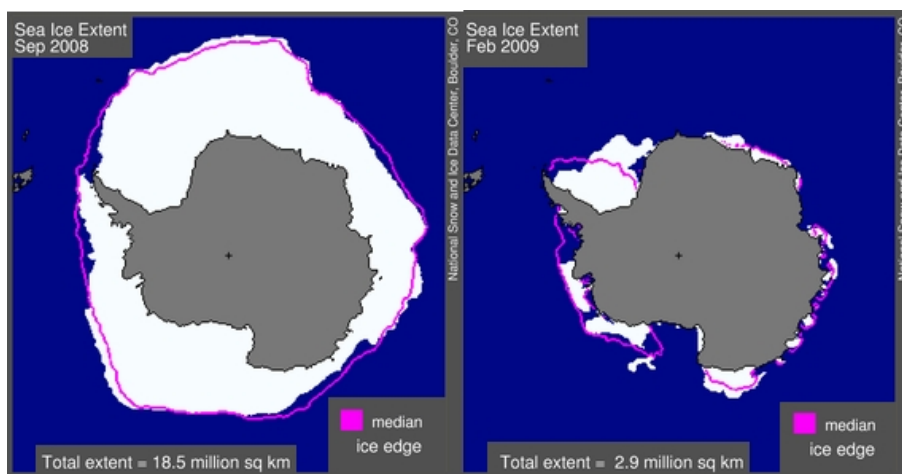


FIGURE 5 – Surface de banquise en septembre et février par rapport à la moyenne

2.2 Conséquences du réchauffement sur les populations de phytoplancton et de krill

Le recul des glaces en été au nord de la péninsule antarctique s'est vu accompagné d'une augmentation de la couverture nuageuse et d'une intensification des vents amplifiant le mélange des eaux de surface [12]. Ces facteurs contribuent à la diminution de lumière apportée et nécessaire au développement du phytoplancton. Il en est de même pour la diminution des up-wellings qui ne remontent plus assez de nutriments permettant la croissance du phytoplancton [13].

Depuis les années 70, la population de krill a diminué de 80%, ceci étant dû à plusieurs facteurs essentiellement liés au réchauffement climatique et à la pêche. La décroissance des populations de phytoplancton et la diminution de la banquise qui sert de couvert au krill face aux prédateurs a fait diminuer dans certaines régions les masses de krill. La fonte de la banquise implique également une diminution de la nourriture disponible pour les larves de krill qui se nourrissent d'algues accrochées aux glaces. Là, encore cela tend à faire diminuer la population de krill.

De plus, avec l'augmentation de la concentration du CO₂ dans l'atmosphère, une part croissante de ce gaz est "piégé" par les eaux de l'océan austral, entraînant une acidification des eaux déjà décelables. L'acidification du milieu limite la synthèse du carbonate de calcium – principale "brique"

du calcaire, constituant du squelette externe des organismes marins. Cette augmentation de l'acidité provoque la dissolution de la coquille des animaux à des profondeurs de plus en plus faibles. Cela constitue une difficulté supplémentaire pour le krill qui a alors plus de peine à constituer son exosquelette calcaire [11].

Le réchauffement global de l'océan austral rend certaines zones plus propices au phytoplancton et au krill. C'est ainsi que plus au sud de la péninsule, les régions qui jusqu'à lors étaient constamment couvertes de glaces se retrouvent découvertes durant la période estivale. L'éclairement alors plus important dans ces eaux libres de glace a permis la prolifération du phytoplancton et aussi le déplacement des populations de krill [14].

Il est donc observé un recul vers le pôle sud des populations de phytoplancton et de krill. Ce déplacement est également dû au fait que le krill est particulièrement sensible à la température et préfère les eaux très froides. Cette migration entraîne alors une migration des espèces qui en dépendent [12]. Dans certaines régions le krill peut entrer en compétition avec les salpes qui consomment la même nourriture. A l'inverse du krill, les salpes sont moins dépendantes de la glace ce qui favoriserait leur domination face à un réchauffement. Par contre si le krill était remplacé par les salpes cela aurait un impact sur les autres espèces car peu d'espèces prédatrices du krill s'en nourrissent.

Conclusion

Nous avons pu constater que l'écosystème basé sur le phytoplancton et le krill est très fragile. Ces deux groupes nécessitent des conditions de vie optimales pour se développer et dépendent fortement de paramètres climatiques, physiques, chimiques et biologiques. Ainsi, la présence de banquise est un fait essentiel pour la survie et le bon développement de ces groupes, ce qui provoque une influence saisonnière sur leur cycle de vie. Par ailleurs, la stabilité de la colonne d'eau, les apports de certains nutriments sont également importants. C'est pourquoi le réchauffement climatique, en modifiant la température, la présence de glace et d'autres paramètres, même de façon infime, pourrait mettre à mal cet équilibre et perturber de manière plus ou moins irréversible la chaîne trophique locale, provoquant alors de conséquences particulièrement néfastes.

Références

- [1] Wikipédia. [La convergence Antarctique](#).
- [2] Larousse. [Antarctique](#).
- [3] Irene Schloss et Serge Demers Gustavo Ferreyra. [Rôle de la glace saisonnière dans la dynamique de l'écosystème marin de l'Antarctique : impact potentiel du changement climatique global](#).
- [4] Centre régional de documentation pédagogique de l'académie d'Amiens. [L'Antarctique : un continent entouré d'océans](#).
- [5] Lionel Pawlowski. [Les cycles phytoplanctoniques en Antarctique](#), 1998-1999.
- [6] Dominique Guinet Henri Weimerskirch Benoît Lequette Charles-André Bost, Christophe Guinet. [Sous les quarantièmes rugissants : un sanctuaire](#), 2003.

- [7] Tara Océan. [Concentration moyenne du Phytoplancton autour de l'Antarctique durant l'été austral](#), 2011.
- [8] Wikipédia. [Krill antarctique](#), 2011.
- [9] ENS Lyon. [Rupture de la plateforme Antarctique](#), 2010.
- [10] Sandra Besson. [L'expansion de la mer de glace Antarctique est liée au trou dans la couche d'ozone](#), 2009.
- [11] CNRS. [L'acidification des océans menace les organismes marins](#), 2005.
- [12] Marie-Laure Masquillier. [Du plancton aux manchots : conséquences du réchauffement climatique](#), 2009.
- [13] Centre régional de documentation pédagogique de l'académie d'Amiens. [Réchauffement climatique et vie marine dans l'Arctique et l'Antarctique](#).
- [14] Agathe Dumas. [Réponse du phytoplancton au réchauffement climatique en Antarctique](#), 2009.