



# **Comité National Français des Recherches Arctiques et Antarctiques**

**6<sup>èmes</sup> Journées Scientifiques**

**1<sup>er</sup> et 2 octobre 2009**

## **1 - Présentations orales**

## **La campagne CEAMARC à bord de l'Aurora Australis : plan d'échantillonnage, déroulement à bord, et premiers bilans**

R. Causse, F. Busson, J.-F. Barazer, S. Chilmonczyk, G. Denys, A. Dettai, M. Eleaume, L. Hemery, S. Iglesias, B. Metivier, S. Mouge, B. Richer de Forges, T. Silberfeld, G. Lecointre, G. Duhamel, C. Ozouf-Costaz et N. Ameziane

**Résumé** La campagne CEAMARC (Collaborative East Antarctic Marine Census) à bord du N.O. australien « Aurora Australis » s'est déroulée pendant l'été austral 2007-2008. Organisée sous l'égide du CAML (Census of Antarctic Marine Life) à l'occasion de l'Année Polaire Internationale, cette campagne réunissant les efforts de scientifiques australiens et français a bénéficié des moyens de l'IPEV, de l'AAD, du CNRS, du MNHN et de l'ANR. Il s'agissait de dresser un inventaire la faune marine démersale et benthique et d'établir un état des lieux dans une zone pratiquement inexplorée et encore peu affectée par le réchauffement climatique puis de modéliser les habitats des organismes marins. La zone explorée se situe entre le glacier Mertz et la Terre Adélie (Archipel de Pointe Géologie) entre 200 m et 2400 m de profondeur. Le matériel récolté, pris en charge par les chargés de collections d'ichtyologie et benthos du MNHN fin mai 2008, et a été re-trié, re-conditionné sur place, puis distribué à des spécialistes français et étrangers. En 2008-2009, les onze scientifiques français embarqués à bord ainsi que leurs correspondants à terre ont contribué à la médiatisation de cette campagne en participant à des conférences de presse, colloques, fêtes de la science, émissions de radio et télévisées, articles dans la presse, etc. Leur investissement a été également important dans le domaine de l'éducation (prise en charge de 15 classes de la région parisienne et diffusion des informations relatives à la campagne grâce à un site web : <http://mersaustrales.mnhn.fr/>). Le dépouillement des données de cette campagne concerne non seulement des milliers d'échantillons scientifiques, mais aussi des photographies et des films sous-marins réalisés avec des équipements placés sur l'ouverture des chaluts à perche. Les premiers résultats obtenus ont été exposés aux récents colloques du du CAML et du SCAR. Outre une importante contribution au programme Barcode of Life, ils font apparaître des espèces nouvelles, de très nombreuses nouvelles signalisations pour cette zone (par exemple, 65 espèces de poissons téléostéens contre 21 seulement signalées avant la campagne). Ils permettent également de mieux appréhender les modes de recolonisation des zones impactées par le passage des icebergs et la structure des habitats dans les zones-refuge. Nous présentons ici des images commentées sur la stratégie d'échantillonnage, le déroulement des opérations à bord, les photos et vidéos sous-marines et le système de tri et de re-distribution des échantillons adopté en concertation entre les équipes australienne et française, avec une première synthèse des résultats obtenus.

## Des échinodermes océanographes

M. Eléaume<sup>1</sup>, R. Beaman<sup>2</sup>, M. Riddle<sup>3</sup>, S. Rintoul<sup>4</sup>, L. Hemery<sup>1</sup>, N. Améziane<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Muséum National d'Histoire Naturelle, 43 rue Cuvier, 75005 Paris, France ([eleaume@mnhn.fr](mailto:eleaume@mnhn.fr))

<sup>2</sup>School of Earth and Environmental Sciences, James Cook University, PO Box 6811, Cairns, Queensland 4870, Australia.

<sup>3</sup>Australian Antarctic Division, Channel Highway, Kingston, Tasmania 7050, Australia.

<sup>4</sup>CSIRO Wealth from Oceans National Research Flagship and Antarctic Climate and Ecosystem Cooperative Research Centre, Centre for Australian Weather and Climate Research – a partnership between CSIRO and the Bureau of Meteorology, Hobart, Tasmania 7000, Australia.

**Résumé** La biodiversité du plateau continental Antarctique est de mieux en mieux connue. Du gène à la communauté, nos savoirs ont beaucoup progressé en l'espace de quelques années, notamment grâce aux campagnes mises en œuvre lors de l'Année Polaire Internationale. Lors de la campagne CEAMARC, un effort collaboratif tout particulier a permis de réaliser, sur les mêmes stations plusieurs opérations telles qu'une CTD, un prélèvement de substrat, un transect d'images et un prélèvement benthique. Les images révèlent un monde riche et divers où dominent les suspensivores. Parmi ceux-ci, les comatules présentent un intérêt tout particulier : elles orientent leur bras dans la colonne d'eau de manière à positionner les ambulacres et la bouche en aval du courant. Cette caractéristique pourrait en faire des indicateurs privilégiés de la direction du courant près du fond. Vérifier cette hypothèse est d'une importance considérable, à la fois pour les biologistes soucieux de comprendre la dynamique des populations qu'ils étudient, et pour les océanographes qui pourraient enfin contraindre leurs modèles de courants géostrophiques.

Nous testons cette hypothèse en utilisant les images récoltées lors de la campagne CEAMARC. Après avoir noté la direction du courant donnée par chaque comatule observée, nous avons testé la directionnalité des courants inférés pour chaque transect. Nous avons interpolé les données inférées en utilisant la méthode du Natural Neighbor Interpolation. L'analyse du champ de courant de fond ainsi prédit nous a permis de mettre en évidence un gyre horaire sur le Banc Adélie et un gyre anti-horaire dans le Bassin George V.

## **Protéger et exploiter la « poule aux œufs d'or » : les politiques islandaises de gestion des ressources marines en temps de crise**

A. Geistdoerfer<sup>1</sup>, E. Mariat-Roy<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Homme, Nature et Société, MNHN, Paris, 75005, France ([aliette@mnhn.fr](mailto:aliette@mnhn.fr))

<sup>2</sup>EHESS/MNHN, Paris, 75005, France ([emilie.mariat@ehess.fr](mailto:emilie.mariat@ehess.fr))

### **Résumé**

La pêche demeure la « poule aux œufs d'or » de l'économie islandaise dont elle représentait près de 50% des recettes à l'exportation en 2007. Depuis les années 1990, les politiques gouvernementales n'ont eu de cesse de développer d'autres secteurs d'activités liés à l'exploitation des énergies hydrauliques et géothermiques qui ont rapporté au pays des recettes substantielles, notamment la production d'aluminium à moindre coût par des entreprises à capitaux étrangers, afin de trouver des alternatives à la pêche et de ne plus dépendre exclusivement d'un secteur d'activité. Mais c'était sans compter, non seulement, la baisse des cours de l'aluminium et la faillite du système bancaires en octobre 2008. La crise financière qui affecte l'Islande depuis l'automne 2008 a mené le nouveau gouvernement à déployer de nouvelles stratégies centrées sur le secteur des pêches, dont la bonne marche est devenue un enjeu crucial. Dans ce contexte inédit, une mise à jour et une analyse des modalités d'administration des ressources maritimes s'imposent en même temps qu'un examen comparé des pratiques de pêche.

### **Introduction**

A la fin du mois d'octobre 2008, lors de la déclaration officielle de situation de crise prononcée après l'annonce de la faillite des trois principales banques du pays (représentant 85% du système bancaire), l'ex-Premier Ministre Geir Haarde, au cours de son allocution d'urgence, avait annoncé, à la fin de son discours : « ...puis de toute façon, il y aura toujours le poisson ». Dans ce contexte de crise économique majeure, le « poisson » a « refait surface » et les Islandais comptent plus encore sur leurs ressources marines.

Dans un premier temps, nous dresserons un tableau de la situation de crise que traverse le pays. Dans un deuxième temps, et c'est ce que nous effectuerons lors de notre prochaine recherche en Islande, nous identifierons et analyserons à la fois les modalités gouvernementales d'administration des ressources marines et les réponses des professionnels aux derniers réajustements du Ministère de l'Agriculture, de la Pêche et de l'Industrie. Dans un tel contexte, les tâches conjointes d'exploitation, de gestion et de protection des ressources seront plus ardues que jamais.

### **Observations et résultats**

#### *1- Un tableau de la crise en quelques données statistiques*

A la fin de l'année 2008, les actifs des banques islandaises représentaient 880% du PIB. Les banques, privatisées en 2003 s'était développées de façon surdimensionnée. Aujourd'hui, l'Islande a contracté des dettes de plusieurs milliards d'euros car, les banques, pour financer leur expansion, ont emprunté largement sur les marchés financiers étrangers. Elle reçoit l'aide du FMI. Les chiffres du chômage ont nettement augmenté : le taux de chômage était de 2,5% au premier trimestre 2008, de 7,1% au premier trimestre 2009. Des experts annoncent un taux de chômage record de 10% en 2010. Un exode des populations immigrées –notamment d'origine polonaise- a eu lieu dès le lendemain de l'annonce de la crise financière. Des Islandais ont également émigrés, vers les autres pays scandinaves, parmi lesquels la Norvège principalement. Près de 9,3% de la population aurait émigrée, d'après les données les plus pessimistes.

## 2- La pêche, une valeur sûre ; le poisson, une valeur refuge

Année	Taux Autorisé de Capture de cabillaud en tonnes
1999-2000	250.000
2001-2002	190.000
2003-2004	209.000
2005-2006	198.000
2006-2007	193.000
2007-2008	130.000
2008-2009	160.000
2009-2010	150.000

<https://www.fisheries.is/management/total-allowable-catch/>

Au cours de notre prochaine mission, nous établirons un inventaire des mesures d'urgence déployées dans le secteur des pêches dans le contexte de la crise financière.

Dès l'été 2009, le gouvernement a aboli les quotas de pêche sur les embarcations de plus faible tonnage de la flottille. Il a manifesté une volonté de disperser et de distribuer les ressources de pêche qui soit un pendant des formes de concentration actuelles du secteur des pêche dans lequel quelques entreprises détiennent une importante part du TAC sur les espèces les plus convoitées.

Des effets d'annonces consécutifs à la crise et des rumeurs annonçaient un « retour » massif à la pêche des Islandais : nous tenterons d'en évaluer l'ampleur et, éventuellement, de le localiser. Si une des Islandais se remettent à la pêche, nous les identifierons et mettrons en évidence dans quelle mesure, de quelle manière et sur la base de quelles ressources, économiques et sociales, ils opèrent cette reconversion.

Au terme de cette enquête nous mettrons en évidence les effets réels de la crise sur les pratiques de pêche en mettant l'accent, d'une part, sur les pratiques de pêche –les engins encouragés- les procédés de transformation choisis et d'autre part sur les débats suscités par les mesures gouvernementales d'urgence, telle que celle de lever les quotas de pêche pour les embarcations de plus faible tonnage de la flottille de pêche.

### Discussion et conclusion

La pêche refait surface et semble avoir plus que jamais le vent en poupe car elle apparaît comme une valeur sûre et solide. Cet état des lieux nous permettra de répondre à questions d'actualité :

D'une part la question d'une articulation entre exploitation et protection des ressources marines. Dans quelle mesure, dans un tel contexte, les impératifs de relance d'une économie reposant essentiellement sur l'exploitation des ressources marines et ceux de protection des principaux stocks exploités pourront être conciliés ?

D'autre part, la question d'un « réinvestissement » dans la pêche, activité qui suscite un engouement d'une nouvelle nature et qui est aujourd'hui conçue comme un héritage culturel. **La pêche jouie d'une popularité particulière et le poisson, longtemps dénigré, semble retrouver ses lettres de noblesse.** La « fête du poisson », célébré dans le nord du pays, a drainé des milliers d'Islandais, constituant un record historique de fréquentation.

Le poisson « c'est notre identité nationale, (...) nos eaux, constituent quelque chose de crucial qui relève de notre identité », avait même confié le nouveau Ministre de l'Agriculture, de la Pêche et de l'Industrie en juillet 2009. Un investissement, un attachement particulier alimenté par le contexte d'insécurité lié à la crise. Cet attachement à la pêche est d'autant plus aiguisé dans un contexte de discussion sur une éventuelle adhésion à l'UE, votée cet été par le Parlement.

### Références

*Étude économique de l'Islande*, 2009, Synthèse de l'OCDE, sept.2009, 11p.

<http://www.oecd-org/eco/etude/Islande>

[http:// www.mbl.is/mogginn/](http://www.mbl.is/mogginn/)

## La fonte du plus gros glacier français : la calotte Cook (îles Kerguelen)

E. Berthier<sup>1</sup>, R. Lebris<sup>2</sup>, L. Mabileau<sup>1</sup>, L. Testut<sup>1</sup>, F. Rémy<sup>1</sup>

<sup>1</sup>LEGOS UMR5566(CNRS/IRD/UPS/CNES), Toulouse, France([Etienne.berthier@legos.obs-mip.fr](mailto:Etienne.berthier@legos.obs-mip.fr))

<sup>2</sup>Department of Geography, University of Zurich, Switzerland

### Résumé

Situées à plus de 12 000 kilomètres des Alpes, les îles Kerguelen abritent le plus gros glacier français : la calotte Cook (environ 500 km<sup>2</sup> en 1963). En combinant des informations historiques avec des données satellitaires récentes, nous avons pu observer la diminution rapide et accélérée des glaces. Depuis 40 ans, la calotte Cook s'est amincie de près d'1,5 mètre par an, sa surface a diminué de 20% et ce recul est deux fois plus rapide depuis 1991.

### Introduction

L'archipel des Kerguelen se situe dans l'océan indien austral et de nombreux glaciers recouvrent les zones les plus élevées de ces îles. Les premières études effectuées ont montré un recul d'abord lent du glacier Ampère (l'un des glaciers de la calotte Cook) entre 1800 et 1965 et beaucoup plus rapide ensuite. Depuis 1974, le suivi *in situ* de la calotte Cook n'est plus assuré. Cependant, des observations effectuées depuis l'espace entre 1991 et 2006, ont permis de recueillir des données dans cette zone difficile d'accès.

### Observations et résultats

Les travaux ont commencé par un inventaire complet des glaciers des îles Kerguelen à partir d'une carte de l'Institut Géographique National (IGN) publiée en 1967. A cette époque, ces glaciers couvraient plus de 700 km<sup>2</sup> dont 500 km<sup>2</sup> pour la seule calotte Cook. Puis, grâce aux images des satellites Spot et Landsat, nous avons pu actualiser cet inventaire pour les années 1991, 2001 et 2003 et quantifié le retrait glaciaire. La calotte Cook ne couvrait plus que 448 km<sup>2</sup> en 1991, 403 km<sup>2</sup> en 2003. Elle a donc perdu 20% de sa surface en 40 ans et son recul est deux fois plus rapide depuis 1991. Par ailleurs, nous avons estimé les pertes de volume (ou bilan de masse) de la calotte Cook depuis 40 ans. Ce bilan de masse caractérise fidèlement la réponse du glacier aux variations climatiques (température, précipitation) et permet de comparer les réponses glaciaires dans différentes régions du globe. Ainsi, l'amincissement de la calotte Cook atteint 300 à 400 mètres au niveau des langues glaciaires à basse altitude tandis que les variations d'épaisseur semblent plus faibles dans les régions hautes. En moyenne pour toute la calotte et depuis 1963, les pertes d'épaisseur atteignent environ 1,5 mètre par an, une valeur très élevée quand on la compare à d'autres glaciers du globe. En 40 ans, la calotte a ainsi perdu près de 22% de son volume. Cet amincissement semble, lui aussi, s'accélérer pour la période récente.

### Discussion et conclusion

Les glaciers des îles Kerguelen reculaient déjà dans les années 1960 et leur déclin depuis 40 ans ne peut être attribué uniquement au réchauffement récent lié, entre autres, à l'activité humaine. Une partie de ce recul s'explique en effet par la réponse retardée de ces glaciers au réchauffement naturel qui a suivi le Petit Age de Glace (période froide qui s'est achevée entre 1850 et 1900). En revanche, l'accélération récente des pertes glaciaires est sans doute liée aux températures élevées et aux faibles précipitations depuis le début des années 1980.

### Références

- Frenot, Y., J.-C. Gloaguen, G. Picot, J. Bougère, and D. Benjamin (1993), Azorella selago Hook. used to estimate glacier fluctuations and climatic history in the Kerguelen Islands over the last two centuries, *Oecologia*, 95, 140–144.
- Institut Géographique National (1967), Carte de reconnaissance, 1:200,000, Vincennes, France.
- Vallon, M. (1977a), Bilan de masse et fluctuations récentes du glacier Ampère (Iles Kerguelen, TAAF), *Z. Gletscherkd. Glazialgeol.*, 13, 55–85.
- Vallon, M. (1977b), Topographie sous glaciaire du glacier Ampère (Iles Kerguelen, TAAF), *Z. Gletscherkd. Glazialgeol.*, 13, 37–55.

## Analyse de la Halocline Arctique à partir de données observationnelles de 1997 à 2009 : premiers résultats.

P. Bourgain<sup>1</sup>, J.C. Gascard<sup>2</sup>

<sup>1</sup>LOCEAN/IPSL, Université Pierre et Marie Curie, MNHN, Paris, 75005, France ([Pascaline.Bourgain@locean-ipsl.upmc.fr](mailto:Pascaline.Bourgain@locean-ipsl.upmc.fr))

<sup>2</sup>LOCEAN/IPSL, Université Pierre et Marie Curie, MNHN, Paris, 75005, France ([Jean-Claude.Gascard@locean-ipsl.upmc.fr](mailto:Jean-Claude.Gascard@locean-ipsl.upmc.fr))

**Résumé** Depuis 1970, la banquise Arctique a perdu près de 40% de sa concentration estivale. Le rôle de l'océan sur le bilan de masse de la glace reste mal compris et nécessite davantage de travaux de recherches. Des données de 1997 à 2009, issues de campagnes en mer ou provenant de bouées dérivantes, sont utilisées pour créer un algorithme de détermination de la halocline. Ceci permet d'observer qu'il existe une très grande variabilité spatiale dans le bassin Arctique et que la stratification de la halocline semble avoir augmenté du côté Canadien et diminué du côté Eurasien par rapport à la climatologie. Ces résultats sont surprenants compte tenu de l'évolution du contenu thermique de la couche de mélange. En effet, celui-ci a particulièrement augmenté dans le sud du bassin Canadien alors qu'il a diminué du côté Eurasien, toujours en comparaison avec la climatologie.

### Introduction

La halocline (in greek, halos = « sel » and klinein = « inclinaison ») est une couche de la colonne d'eau Arctique, située entre 50 et 200 mètres, où la salinité augmente fortement. Puisqu'à basse température, c'est la salinité qui domine la densité, la halocline introduit un fort gradient de densité. Elle isole les couches supérieures (la couche de mélange et la glace de mer) des couches inférieures (l'eau chaude d'origine Atlantique). C'est pourquoi, l'étude des variations spatiotemporelles de la halocline et de son impact potentiel sur le bilan de masse de la glace est absolument nécessaire à une meilleure compréhension des événements récents.

A travers un jeu de données recueillies de 1997 à 2009 au cours de diverses campagnes d'observations, nous nous attachons ici à définir dans un premier temps l'objet halocline. Dans un second temps, nous nous intéressons à son évolution spatio-temporelle ainsi qu'au contenu thermique de la colonne d'eau.

### Observations et résultats

#### *La détection de la halocline*

Les advections océaniques auxquelles est soumis l'océan Arctique influencent son bilan de chaleur et d'eau douce. Ceci affecte en retour la stratification de la colonne d'eau et donc la halocline. Par exemple, les eaux qui entrent dans l'océan Arctique par le détroit de Bering sont chaudes et relativement douces. Elles affaiblissent la stratification de la halocline en son milieu. Ainsi, la halocline montre une grande variabilité spatiale dans tout le bassin Arctique. Dans le but de l'étudier, il est important de savoir tout d'abord d'où proviennent les masses d'eau présentes. Des index quantifiant l'influence de l'eau Atlantique ou de l'eau estivale Pacifique ont été créés dans ce sens. Ils permettent de mieux délimiter la halocline dans la colonne d'eau. Son sommet correspond à la base de la couche de mélange, sa base est fixée à l'aide d'un algorithme basé sur la variation du gradient de sel.

#### *Evolution spatio-temporelle de la halocline*

La halocline montre une très grande variabilité spatiale. Du côté Canadien, l'amplitude en salinité entre ses extrémités hautes et basses est bien plus grande que du côté Eurasien, bien que la salinité à la base de la halocline reste inférieure à celle du bassin Eurasien. De plus, la halocline est aussi plus épaisse et plus profonde du côté Canadien. On remarque également un affaiblissement du gradient de sel en son milieu, caractéristique de la présence d'eaux Pacifiques.

La climatologie « Polar Hydrographic Climatology » (PHC) est utilisée afin d'analyser l'évolution de la halocline sur de plus longues échelles de temps. En soustrayant le paramètre observé au paramètre climatologique, on obtient une anomalie climatologique. La stratification de la halocline, ici prise comme la moyenne de la fréquence de Brunt-Vaisala entre les extrémités de la halocline, est calculée en moyenne saisonnière pour le côté Eurasien et pour le côté Canadien. L'anomalie climatologique (figure 1) révèle que du côté Canadien, la stratification de la halocline s'est renforcée (l'anomalie est positive) tandis que du côté Eurasien, elle a globalement diminué (l'anomalie est négative ou nulle). De plus amples travaux sont en cours pour tenter de l'expliquer.

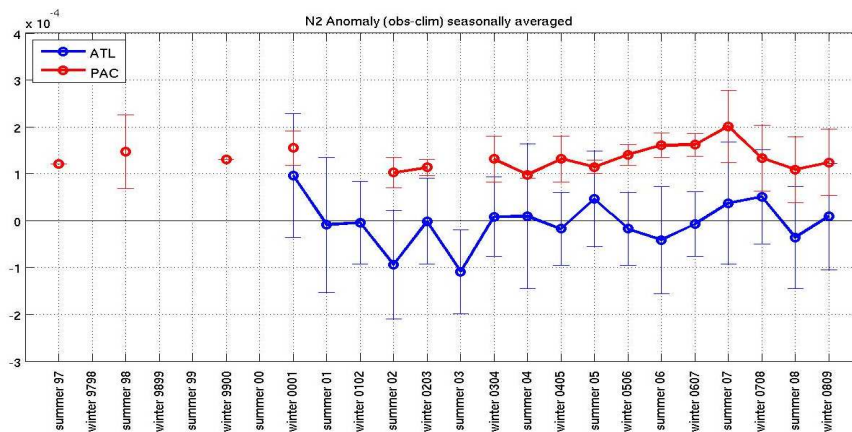
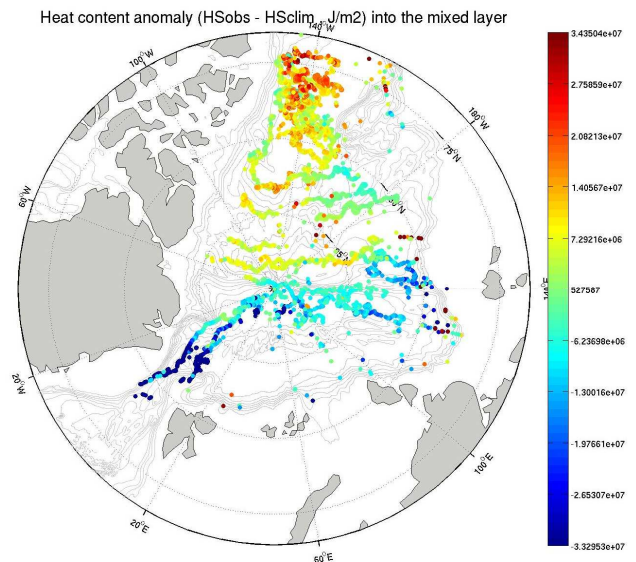


Figure 1 : Evolution de l'anomalie climatologique de la stratification de la halocline (en  $s^{-2}$ ), moyennée saisonnièrement, pour les bassins Eurasiens (bleu) et Canadiens (rouge).

### Le contenu thermique

Le contenu thermique a été calculé dans la halocline, et dans les couches supérieures (la couche de mélange) et les couches inférieures (depuis la base de la halocline jusqu'à une profondeur de 700db). C'est l'anomalie climatologique de contenu thermique qui est utilisée ici (figure 2). Le contenu thermique de la couche de mélange a augmenté dans tout le bassin Canadien et tout particulièrement au Sud. Au contraire, du côté Eurasien, la tendance s'inverse. La couche de mélange a perdu de son contenu thermique en comparaison avec la climatologie.

Figure 2 : Carte de l'anomalie climatologique de contenu thermique dans la couche de mélange, en  $J/m^2$ .



### Discussion et conclusion

Les résultats montrent que la stratification de la halocline a évolué au cours du temps. Elle a augmenté du côté Canadien et diminué du côté Eurasien. Parallèlement, le contenu thermique de la couche de mélange a augmenté du côté Canadien et diminué du côté Eurasien. Ces résultats dépendent de la validité de la climatologie PHC. Il est possible que la faible résolution verticale en surface de la PHC introduise des incertitudes dans les résultats. Cependant, ils semblent être en bon accord avec les résultats de J.M. Toole dans le bassin Canadien (communication personnelle).

De plus amples recherches sont nécessaires pour établir si ces observations sont liées, dans l'objectif de mieux comprendre le rôle de l'océan sur le bilan de masse de la glace.

### Références

Rudels, B., Anderson, L.G., Jones, E.P., Formation and evolution of the surface mixed layer and halocline of the Arctic Ocean, JGR, Vol 101, NO C4, pages 8807-8821, April 15, 1996.  
 Shimada, K., Itoh, M., Nishino, S., McLaughlin, F., Carmack, E. and A. Proshutinsky, (2005), Halocline Structure in the Canada Basin of the Arctic Ocean, GRL, Vol 32, L03605, doi: 10.1029/2004GL021358.



## Relations de parentés et phylogéographie au sein d'une famille de téléostéens : les Liparidae

A.-C. Lautredou<sup>1</sup>, C. Bonillo<sup>1</sup>, G. Duhamel<sup>2</sup>, S. Iglesias<sup>2</sup>, C. Cruaud<sup>3</sup>, C. Ozouf<sup>1</sup>, G. Lecointre<sup>1</sup>, A. Dettai<sup>1</sup>

<sup>1</sup>DSE-UMR7138 Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, 75005, France (adettai@mnhn.fr, ozouf@mnhn.fr, bonillo@mnhn.fr, lecointr@mnhn.fr)

<sup>2</sup>DMPA-UMR5178 Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, 75005, France (duhamel@mnhn.fr, iglesias@mnhn.fr)

<sup>3</sup>Genoscope. Centre National de Séquençage. Evry 91057, France (www.genoscope.fr)

**Résumé** La famille des Liparidae regroupe 355 espèces et 29 genres de téléostéens marins benthiques peu mobiles dont la distribution géographique est cosmopolite mais principalement anti-tropicale. On trouve en effet les maxima de diversité dans les océans froids arctique et antarctique. Il n'existe actuellement qu'une seule phylogénie moléculaire publiée sur cette famille (Knudsen et coll., 2007) qui se base sur des données de séquences mitochondriales 16S et Cytochrome b et ne comprend que des espèces arctiques. Dans ce travail, une phylogénie multi-marqueurs incluant pour la première fois des marqueurs nucléaires et des spécimens provenant des deux hémisphères a été établie. Les résultats préliminaires sont surprenants : les espèces de l'hémisphère nord et de l'hémisphère sud sont en mélange dans les arbres phylogénétiques. Ceci amène donc de nouvelles questions sur le mode de vie et de dispersion des Liparidae ou encore sur la véritable délimitation de leur aire de répartition.

### Références

Knudsen, S.W., P.R. Moller and P. Gravlund, (2007), Phylogeny of Snailfishes (Teleostei: Liparidae) Based on Molecular and Morphological Data, *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 44:, 649–666.

## Particularités cytologiques et Physiologiques du système immunitaire des Channichthyidés (Poissons des glaces)

S. Chilmonczyk<sup>1</sup> et C.Ozouf-Costaz<sup>2</sup>

<sup>1</sup> INRA, Unité de Virologie et Immunologie Moléculaires, 78352 Jouy-en-Josas ([stefan.chilmonczyk@jouy.inra.fr](mailto:stefan.chilmonczyk@jouy.inra.fr))

<sup>2</sup> CNRS UMR7138 MNHN Département Systématique et Evolution, 57 rue Cuvier C.P. 26, 75005 PARIS ([ozouf@mnhn.fr](mailto:ozouf@mnhn.fr))

**Resumé** Parmi les poissons qui vivent dans les eaux très froides de l'Océan Antarctique, les Notothénioïdes présentent des caractères d'adaptation remarquables, parmi lesquelles la présence de glycoprotéines antigél. La famille des Channichthyidés illustre cette adaptation par un degré de sophistication physiologique extrême : ce sont les seuls vertébrés sans hémoglobine (poissons à sang blanc). La campagne CEAMARC aura permis compléter nos observations sur le système immunitaire des Channichthyidés des Iles Kerguelen (*Channichthys rhinocerotus*) et de la Terre Adélie (*Chionodraco hamatus*) par des données sur 5 autres espèces présentes sur le plateau continental Antarctique.

Nous avons ainsi mis en évidence diverses particularités anatomo-cytologiques spécifiques de ces poissons qui possèdent :

1- une sous population leucocytaire caractérisée par la présence de cristaux protéiques (amorphes) intra cytoplasmiques ;

2- au niveau du rein antérieur un « organe » dont l'équivalent est inconnu chez les autres poissons et qui pourrait être un équivalent de la glande surrénale.

Ces spécificités cytologiques des Channichthyidés ne sont pas observées chez les autres Notothenioïdes, et notamment chez leur groupe-frère, les Bathydraconidés.

Au plan physiologique nous avons mis en évidence des réactions sanguines surprenantes : quand le sang est prélevé sans anti-coagulant on constate la coagulation du volume total du sang, sans la formation d'une phase liquide sérique. L'utilisation de produits anti-coagulants conduit à des phénomènes paradoxaux intrigants. Ces réactions inattendues, se rapprochent de phénomènes de coagulation observés expérimentalement en condition de culture *ex-vivo* de leucocytes prélevés, soit dans le rein antérieur (organe hématopoïétique des Poissons), soit dans le sang. L'aspect innovant des phénomènes de coagulation que nous avons observés pourrait trouver des applications dans le domaine médical et industriel. Le travail en cours vise à préciser la nature et le rôle des inclusions cristallines intraleucocytaires et cherchons à définir au niveau moléculaire (séquençage) la protéine spécifique des phénomènes de coagulation sanguine et de gélification *ex vivo* du milieu de culture des leucocytes.

## **Influence de la sévérité des conditions climatiques sur l'adaptation psychologique des hivernants des Terres Australes et Antarctiques Françaises**

G. Décamps<sup>1</sup>, M. Luquet<sup>1</sup>, P. Lacroix<sup>1</sup>, B. Quintard<sup>1</sup> et C. Bachelard<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de Psychologie Santé et Qualité de vie EA4139, Université Victor Segalen Bordeaux 2

<sup>2</sup> Service Médical TAAF, Institut polaire français Paul-Emile Victor

### **Introduction**

L'étude de l'adaptation des hivernants polaires a pu montrer que les conditions climatiques auxquelles ils sont confrontés étaient susceptibles de perturber leur adaptation physique et psychologique (Taylor, 1987 ; Palinkas & Houseal 2000 ; Décamps & Rosnet, 2005). En effet, ces conditions ont généralement pour conséquence l'apparition d'une symptomatologie spécifique que Rivoilier (1992) a pu décrire en proposant l'appellation de Syndrome mental d'hivernage, mais peuvent également avoir des répercussions sur la personnalité des hivernants (Wood & al, 1999) ainsi que sur leurs réactions et stratégies de coping (Palinkas, 1992 ; Décamps & al, 2004).

Il existe en revanche peu d'études ayant permis d'opérationnaliser la sévérité des conditions climatiques et d'en étudier l'impact sur les hivernants. Palinkas & Browner (1995) ont pu montrer que l'intensité des répercussions négatives, évaluées chez les hivernants en termes de manifestations de stress, était inversement proportionnelle à la sévérité des conditions climatiques auxquelles ils sont confrontés. Ces résultats n'ont cependant pas fait l'objet d'études confirmatoires. En effet, il est généralement difficile d'étudier l'impact des conditions environnementales des stations polaires tout en contrôlant l'impact d'autres variables telles que la taille du groupe et sa nationalité. De plus, la diversité des méthodes d'évaluation de l'adaptation psychologique en milieu polaire limite la pertinence des méta-analyses envisageables sur un tel sujet.

### **Objectifs**

En référence à ces constats scientifiques, l'objectif de cette étude est de tester l'impact de la sévérité des conditions environnementales des hivernants polaires de trois stations des Terres Australes et Antarctiques Françaises : Amsterdam, Crozet et Terre Adélie. Ces trois stations, comparables du point de vue de la taille du groupe d'hivernage et de la nationalité des hivernants présentent des caractéristiques climatiques spécifiques permettant de considérer le climat de la station Amsterdam comme océanique, celui de Crozet comme subantarctique, et celui de Terre Adélie comme antarctique. Afin de ne pas limiter les évaluations à un critère global d'adaptation, l'étude des conséquences de ces conditions climatiques prendra en compte deux spécificités : la première proposera de tenir compte de la diversité des réactions des hivernants en mesurant leurs réactions adaptatives ; la seconde intégrera l'aspect diachronique des réactions des hivernants en utilisant une méthode longitudinale au cours de l'hivernage.

### **Méthode**

Afin de mesurer l'intensité des différentes réactions adaptatives des hivernants, la grille d'observations des manifestations de stress (Décamps, 2003) est utilisée par le médecin d'hivernage pendant les quatre grande périodes de l'hivernage : la campagne d'été (Période A), le début d'hivernage (période B), le milieu d'hivernage (Période C) et la fin d'hivernage (Période D). Les cinq réactions évaluées chez les hivernants avec cette grille d'observation correspondent à celles identifiées par Décamps & al (2004) : l'Hostilité, la Réaction défensive, la Réaction anxio-dépressive, l'Hyper investissement professionnel et la Négligence. Chacune de ces réactions adaptatives est évaluée lors de chaque période pour chacun des hivernants. Les analyses statistiques viseront à comparer l'intensité moyenne des cinq réactions des hivernants de chaque station, que ce soit pour l'ensemble de la mission, ou pour chacune des quatre périodes.

### **Résultats**

L'étude des difficultés d'adaptation sur la durée totale de la mission montre qu'aucune différence n'est observée entre les hivernants des trois stations. En revanche, les comparaisons effectuées pour chacune des quatre périodes d'hivernage permettent d'observer des différences significatives : les hivernants de la station Amsterdam, qui est celle pour laquelle les conditions environnementales sont les moins sévères, ont des réactions significativement différentes de celles des hivernants de Crozet et Terre Adélie : plus précisément, les résultats montrent que, quelle que soit la réaction concernée, les hivernants de la station Amsterdam ont des réactions moins intenses lors des périodes A et D, alors qu'elles sont plus intenses lors des périodes B et C. Aucune différence n'est observée entre les hivernants des stations de Crozet et Terre Adélie.

## Discussion

Ces résultats viennent infirmer ceux de Palinkas évoquant l'hypothèse d'une relation négative entre l'intensité des conditions climatiques et des difficultés d'adaptation. La relation qui les unit semble donc plus complexe. L'absence de différence entre les réactions des hivernants de Crozet et de Terre Adélie montre par ailleurs l'absence d'impact de la régularité des rotations de bateaux (plus fréquents à Crozet). Ces résultats seront principalement discutés en vue de l'amélioration de la détection des difficultés d'adaptation des hivernants lors des missions.

## Références

- Décamps, G. & Rosnet, E. (2005). A longitudinal assessment of psychological adaptation during a winter-over in Antarctica , *Environment & Behavior* , 37(3), 418-435
- Décamps, G., Rosnet, E. & Bachelard, C. (2004). Psychological reactions to stress during a winter-over in Antarctica; definition of the "Winter-Over Adaptive Troubles". *Communication orale lors du XXVIIIème Congress of the Scientific Committee for Antarctic Research*, Breme, 25-30 juillet.
- Palinkas, L. & Houseal, M. (2000). Stages of change in mood and behavior during a winter in Antarctica. *Environment and Behavior*, 32-1, 128-141
- Palinkas, L.A. (1992). Going to extremes : The cultural context of stress, illness and coping in Antarctica. *Social Science and Medicine*, 35 (5), 651-664.
- Palinkas, L.A., & Browner, D. (1995). Effects of prolonged isolation in extreme environments on stress, coping and depression. *Journal of applied social psychology*. 25(7), 557-576.
- Rivolier, J. (1992). *Facteurs humains et situations extrêmes*. Paris, Masson.
- Taylor, A.J.W. (1987). *Antarctic Psychology*. Wellington, Science Information Publishing Center, DSIR.
- Wood, J., Lugg, D., Hysong, S. & Harm, D. (1999). Psychological changes in hundred-day remote Antarctic field groups. *Environment and Behavior*, 31 (3), 299-337

## Les pucerons introduits sont-ils dommageables aux plantes natives des îles subantarctiques ?

M. Hüllé

<sup>1</sup>INRA UMR BiO3P, BP 35327, 35653 Le Rheu cedex ([maurice.hulle@rennes.inra.fr](mailto:maurice.hulle@rennes.inra.fr))

### Introduction

Depuis que l'homme fréquente les îles sub-antarctiques, celles-ci ont subi de nombreuses introductions de plantes et d'invertébrés qui ont considérablement modifié leur paysage et le fonctionnement de leurs écosystèmes. A l'origine, les invertébrés étaient pour beaucoup des décomposeurs de la matière organique végétale et animale. Ces équilibres natifs ont été modifiés par l'introduction d'espèces prédatrices et également d'espèces phytophages, comme les pucerons. Ces derniers comptent parmi les principaux ravageurs des plantes en milieu tempéré car ils se nourrissent de leur sève, ce qui peut considérablement les affaiblir lors de fortes pullulations, mais aussi parce qu'ils sont vecteurs de nombreux virus phytopathogènes. Dans le cadre du programme IPEV Ecobio et de l'ANR EVINCE, nous cherchons à évaluer l'impact de ces insectes sur les écosystèmes sub-antarctiques. Nous présentons ici les premiers travaux réalisés à Kerguelen.

### Observations et résultats

#### *Les espèces en présence*

Cinq espèces de pucerons ont été introduites à Kerguelen (Hüllé et al, 2003a) ce qui, compte tenu de la température moyenne et de la surface de cet archipel, situe Kerguelen à un niveau intermédiaire au sein des îles péri-antarctiques (Hüllé et al 2003b). Les cinq espèces sont cosmopolites. Deux (*Macrosiphum euphorbiae* et *Myzus persicae*) restent cantonnées dans les serres de la base de Port-aux-Français ou dans leur environnement immédiat. Elles sont polyphages sur les différentes dicotylédones cultivées sur base. Trois autres espèces ont colonisé le milieu extérieur, mais à des degrés divers. *Myzus ornatus* reste très localisée et se développe principalement sur *Senecio vulgaris*, Composée elle-même introduite. *Rhopalosiphum padi* important ravageur des Graminées, a colonisé aussi bien des espèces introduites comme *Poa annua* que natives comme *Poa cookii*. Cette espèce peut être localement très abondante mais reste cantonnée à quelques stations éventuellement éloignées de la base. Enfin une espèce, *Myzus ascalonicus*, peut être qualifiée d'invasive dans le sens où elle a été inventoriée partout où elle a été recherchée à l'exception pour l'instant de la Péninsule Rallier du Baty. Cette espèce colonise des plantes appartenant à plusieurs familles botaniques qu'elles soient natives comme *Pringlea antiscorbutica* (Brassicée), *Leptinella plumosa* (Asteracée) ou *Acaena magellanica* (Rosacée) qu'introduites comme *Taraxacum officinale* et *Senecio vulgaris* (Asteracée) ou *Cerastium fontanum* (Caryophyllacée).

#### *L'impact des pucerons sur les plantes natives*

La fitness (capacité à se multiplier) de l'espèce la plus abondante, *M. ascalonicus*, a été comparée entre des plantes natives (*Leptinella plumosa*, *Acaena magellanica* and *Pringlea antiscorbutica*) et introduites (*Cerastium fontanum*, *Taraxacum officinale* and *Senecio vulgaris*) en conditions contrôlées (16L:8D à 2 températures, 12 et 16°C). 10 répétitions de 10 pucerons de poids connu ont été installées sur les six plantes et pour les deux conditions expérimentales. On a laissé ensuite les colonies se multiplier pendant 23 jours à 16°C et 43 jours à 12°C, périodes à l'issue desquelles tous les pucerons ont été dénombrés et pesés. Les résultats (seules les moyennes globales sont présentées dans la table 1) montrent clairement un plus grand développement des colonies de puceron sur les 3 plantes natives et particulièrement sur *P. antiscorbutica* que sur les introduites. Les poids ont été multipliés par 4 en moyenne et les effectifs par 6 sur ces dernières alors qu'ils ont été multipliés respectivement par 22 et 33 sur les natives.

Table 1. Multiplication d'une colonie initiale de 10 pucerons sur 3 plantes natives de Kerguelen et 3 plantes introduites : valeurs moyennes (10 répétitions, 2 conditions de température) du poids final des colonies et de leur effectif

		Pucerons : poids initial de 10 individus (mg)	poids final (mg)	Nombre final d'individus
Plantes introduites	<i>Cerastium fontanum</i>	2,64	11,43	37
	<i>Taraxacum officinale</i>	2,66	8,61	44
	<i>Seneco vulgaris</i>	2,54	11,57	90
Plantes natives	<i>Leptinella plumosa</i>	2,74	36,72	249
	<i>Acaena magellanic</i>	2,38	49,05	301
	<i>Pringlea antiscorbutica</i>	2,45	77,99	445

## Discussion et conclusion

Ces résultats préliminaires semblent indiquer qu'en conditions contrôlées, l'espèce polyphage *M. ascalonicus* a une préférence plus forte pour les plantes natives que pour les plantes introduites et présente donc un risque potentiel de dégât plus important pour les premières. Plusieurs hypothèses peuvent expliquer ce résultat. Une première explication pourrait impliquer la phénologie et la physiologie des plantes qui peuvent ne pas présenter la même qualité nutritive selon les périodes de l'année, hors pour l'expérimentation les plantes utilisées ont été toutes prélevées dans la nature à la même date et donc pas au même stade phénologique. Une deuxième hypothèse pourrait impliquer les mécanismes de défense des plantes contre les insectes phytophages. En effet, les plantes introduites ont été confrontées, au cours de leur histoire évolutive, à la prédation par les insectes contrairement aux plantes natives qui ne le sont que depuis quelques années, voire quelques décennies au maximum. Les plantes natives pourraient ainsi ne pas avoir développé de mécanismes de défenses contre les insectes phytophages contrairement aux plantes introduites. Une telle hypothèse a déjà été démontrée lors d'introduction d'herbivores en milieu insulaire (Vourc'h et al, 2001).

Outre le test de ces deux hypothèses, l'impact direct des pucerons dans la nature devra aussi être évalué au cours des prochaines années.

## Remerciements.

Ce travail a bénéficié du soutien de l'IPEV (programme Ecobio 136) et de l'ANR EVINCE.

## Références

- Hullé M., D. Pannetier, J.C. Simon, P. Vernon and Frenot Y., (2003a). Aphids (Hemiptera: Aphididae) of subantarctic Îles Crozet and Kerguelen: species diversity, host range and spatial distribution. *Antarctic Science* 15, 2, 203-209.
- Hullé M., D. Maurice, L. Courmont, C. Chaillon, P.E. Chaillon, P. Saccone, C. Hebert, M. Gracia, J. Buffin, J.C. Simon and Frenot Y., (2003b). Aphids from kerguelen and crozet islands. In : *Antarctic Biology in a Global Context*. Huiskes, A.H.L., Gieskes W.W.C., Rozema J., Schorno R.M.L., van der Vies S.M., Wolf W.J. (Eds), Backhuys Publishers, Leiden, the Netherlands, p 308-312
- Vourc'h G., J.-L. Martin, P. Duncan, J. Escarré and Clausen T.P. (2001). Defensive adaptations of *Thuja plicata* to ungulate browsing: a comparative study between mainland and island populations. *Oecologia*, 126: 84-93.

## **Étude du rayonnement cosmique solaire et galactique avec des moniteurs à neutrons – les stations français des Iles Kerguelen et de Terre Adélie**

K.-L. Klein, N. Fuller, S. Masson

Observatoire de Paris, LESIA-CNRS UMR 8109, 92195 [ludwig.klein@obspm.fr](mailto:ludwig.klein@obspm.fr))

**Résumé** La Terre est en permanence bombardée par des protons, ions et électrons de très haute énergie provenant de différentes régions dans l'Univers – le rayonnement cosmique. Ces particules peuvent être mesurées depuis le sol de la Terre, par des compteurs qui répondent aux particules secondaires générées par l'interaction des rayons cosmiques avec l'atmosphère de la Terre, notamment aux neutrons. Les moniteurs à neutrons sont de ce fait, après plusieurs décennies d'opération, toujours l'instrument de choix pour des mesures sensibles, et un complément essentiel aux mesures des particules de plus basse énergie depuis les sondes spatiales. Les deux moniteurs français des Iles Kerguelen et de Terre Adélie sont un élément important du réseau mondial des moniteurs. Nous illustrerons l'utilité de ces instruments dans le cadre de la recherche sur les événements solaires à particules et pour la surveillance des doses d'irradiation par le rayonnement cosmique des équipages de l'aviation civile.

## La circulation océanique dans la région du plateau de Kerguelen

F. Roquet<sup>1,\*</sup>, Y.-H. Park<sup>1</sup>, J.-B. Charrassin<sup>1</sup>, F. Vivier<sup>2</sup>, G. Madec<sup>2</sup>

<sup>1</sup> LOCEAN/MNHN, Muséum National d'Histoire Naturelle, USM402, 43 rue Cuvier, 75005 Paris, France

<sup>2</sup> LOCEAN/IPSL, Université Pierre et Marie Curie, Paris, 75005, France

\* contact : [roquet@mnhn.fr](mailto:roquet@mnhn.fr)

**Résumé** Du fait de sa grande extension méridienne, le plateau de Kerguelen constitue un obstacle majeur à l'écoulement du Courant Circumpolaire Antarctique (CCA), dans le secteur indien de l'océan austral. Le CCA est au cœur d'importants efforts de recherche car c'est un des courants les plus puissants au monde, et qu'il joue un rôle majeur dans le système climatique, en favorisant les échanges et transformations de masses d'eau entre les grands bassins océaniques (Atlantique, Indien et Pacifique). La présence du plateau de Kerguelen en travers du CCA pose alors au moins deux questions. Tout d'abord, comment les masses d'eau négocient-elles le passage du plateau de Kerguelen ? L'analyse des observations a récemment permis de définir un schéma détaillé de la circulation dans cette région, montrant que le CCA se divise en trois branches, correspondant aux trois passages profonds situés au nord, au milieu et au sud du plateau. La seconde question est alors de déterminer quel est l'impact du plateau de Kerguelen sur la structure et l'intensité du CCA. L'analyse d'un modèle réaliste de la circulation autour du plateau de Kerguelen permet alors de montrer comment les effets combinés du vent et de la topographie détermine la structure du CCA dans la zone, au travers de la balance dite de Sverdrup topographique.



## Le développement du tissu adipeux blanc: une nécessité pour les espèces polaires antarctiques

C. Déglétagne<sup>1</sup>, B. Rey<sup>2</sup>, F. Baudimont<sup>1</sup>, C. Duchamp<sup>1</sup>, A. Geloën<sup>3</sup> et M. Raccurt<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Université de Lyon, Lyon, F-69003 France; Université Lyon1, Lyon, F-69003, France; CNRS UMR 5123, Physiologie Intégrative Cellulaire et Moléculaire, Villeurbanne F-69622, France.

<sup>2</sup> Université de Lyon, Lyon, F-69003 France; Université Lyon1, Lyon, F-69003, France; CNRS UMR 5558, Laboratoire de Biométrie et Biologie Evolutive, Villeurbanne F-69622, France.

<sup>3</sup> Université de Lyon, Lyon, F-69003 France; Université Lyon1, Lyon, F-69003, France; INSERM U870, INRA, U1235, INSA-Lyon, RMND, Hospices Civils de Lyon, Lyon, France.

### Résumé

Les conditions climatiques extrêmes des régions polaires ne laissent que peu de temps aux espèces endémiques pour se reproduire. Même si les ressources alimentaires sont abondantes, le nourrissage des nouveaux nés est soumis à la mobilisation et à la capacité de transport des parents. Face à ces contraintes de froid, d'apport énergétique réduit, un nombre limité d'espèces a développé un système d'adaptations sophistiquées pour coloniser ces régions peu accueillantes pour les endothermes, parmi lesquelles le manchot Adélie (*Pygoscelis adeliae*).

Pendant l'été antarctique, le poussin de manchot Adélie n'a que 2 mois pour assurer sa croissance et acquérir son autonomie thermique et nutritionnelle lors de son départ en mer, étape clé de son développement. Pendant cette période, il est non seulement soumis à des froids qui peuvent être intenses surtout lorsque sa taille ne lui permet plus de profiter de la protection de la poche incubatrice du parent, mais aussi à un apport nutritionnel aléatoire selon la vigilance des parents et le nombre de poussins élevés. Dans ces conditions défavorables, il doit pourtant collecter assez d'énergie pour assurer sa croissance et pour maintenir son homéothermie. Pour le jeune poussin la mise en place rapide d'un tissu adipeux blanc fonctionnel à la fois isolant thermique et réserve énergétique est un atout majeur pour supporter le choc thermique du passage en mer et assurer la survie du poussin en cas d'éloignement des ressources alimentaires.

Quasiment absent à l'éclosion, le tissu adipeux blanc se développe rapidement avec une masse pondérale multipliée par 40 en 1 mois. Pendant les 15 premiers jours, le poussin profite de la protection thermique parentale, le coût énergétique de la thermorégulation est alors réduit et un pic de prolifération adipocytaire est observé qui s'accompagne sur le plan moléculaire d'une augmentation de l'expression des gènes codant pour GATA3, les récepteurs de l'hormone thyroïdienne et de l'hormone de croissance. Le stade 15 jours est un stade crucial dans le développement du poussin, il correspond à une surexpression de gènes qui attestent de la croissance et de la fonctionnalité des adipocytes (IGF1, PPAR $\gamma$ , LPL...). Cette maturation peut faciliter le processus d'émancipation thermique se produisant à ce stade.

La connaissance de cette chronologie moléculaire peut permettre de mieux comprendre les processus de régulation de développement adipocytaire et par la suite le contrôle de la plasticité de ce tissu. Cette plasticité est cruciale tout au long de la vie du manchot qui alterne des périodes de nutrition abondante et des périodes de jeûne alimentaire pendant lesquelles la masse du tissu adipeux subit des variations considérables. L'intérêt du manchot comme modèle est fondamental car il constitue un cas extrême d'accumulation et de mobilisation du tissu adipeux blanc dont les propriétés sont essentielles à la survie de l'espèce.

À l'avenir, il serait particulièrement intéressant d'observer les variations des caractéristiques du tissu adipeux blanc durant ces périodes critiques, et de les comparer à celles du tissu adipeux blanc de manchot Royal, espèce soumise à des contraintes environnementales moins rudes et dont la croissance est plus longue (12-13 mois).

**Remerciements** : Ces recherches ont reçu le soutien logistique et financier de l'Institut Paul Emile Victor (IPEV, programme 131)

## Evaluation de la perte d'ozone polaire à partir des mesures SAOZ

A. Pazmino, F. Goutail, J. Kuttippurath, J.P. Pommereau

Université Versailles St-Quentin; CNRS/INSU, LATMOS-IPSL, Réduit de Verrières, Route des Gâtines – BP 3, 97371 - Verrières le Buisson, France ([Andrea.Pazmino@latmos.ipsl.fr](mailto:Andrea.Pazmino@latmos.ipsl.fr))

**Résumé** Les mesures de la colonne totale d'ozone obtenues à partir des spectromètres SAOZ ont été considérées pour évaluer la perte chimique d'ozone pendant les hivers polaires. Depuis l'hiver arctique 1993/94, la perte d'ozone polaire est évaluée dans l'hémisphère nord. La réduction cumulée d'ozone dans le vortex Arctique a varié entre 5% et 32% pendant ces hivers. Or, les plus grandes réductions sont observées durant les hivers les plus froids favorisant la formation de nuages stratosphériques polaires (PSC). Dans l'hémisphère sud, le calcul de la perte d'ozone est fourni chaque année depuis 2006. Les premiers résultats montrent une perte d'ozone supérieur à 50% en Antarctique. La variation interannuelle de la perte d'ozone est plus importante en Arctique qu'en Antarctique.

### Introduction

Les processus conduisant à une destruction massive et saisonnière d'ozone dans les régions polaires sont relativement bien compris. Il importe maintenant de bien quantifier cette destruction d'une année sur l'autre afin de détecter l'effet de la diminution des composés halogénés dans la stratosphère. L'effet du contenu élevé de ces constituants dans la stratosphère polaire est différent en Arctique et en Antarctique compte tenu des conditions météorologiques différentes dans ces deux régions en hiver. Pendant l'hiver antarctique, la stratosphère est caractérisée par des conditions météorologiques très froides et stables. L'activation élevée des composés chlorés qui se traduit par une augmentation très importante du rapport de mélange des composés chlorés très réactifs (Cl, ClO, Cl<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) induite par les très basses températures dans le vortex polaire conduit à une destruction complète de l'ozone dans la basse stratosphère à la fin du mois de septembre. En Arctique par contre, du fait des conditions de températures plus élevées en hiver, la perte chimique est beaucoup plus variable d'une année sur l'autre, ce qui rend difficile la détection du signal lié à la diminution des composés halogénés.

Dans ce travail, l'instrument SAOZ qui mesure la colonne intégrée d'ozone est présenté dans la section 1. Les évaluations annuelles de la destruction de l'ozone en Arctique et les résultats préliminaires de la perte d'ozone en Antarctique sont montrées dans la section 2. Les conclusions sont présentées dans la section 3.

### Le réseau SAOZ

Le réseau international SAOZ (Système d'Analyse par Observation Zénithale, Pommereau et Goutail, 1988) est constitué de 18 instruments répartis dans le monde. Le SAOZ a été développé au ancien Service d'Aéronomie (maintenant LATMOS) à la fin des années 1980 à la suite de la découverte du trou d'ozone en Antarctique. Le premier SAOZ a été mis en place à Dumont d'Urville en Antarctique afin de mesurer l'ozone stratosphérique aux hautes latitudes au cours de l'hiver polaire. En effet les techniques classiques de mesure de l'ozone dans l'ultra-violet sont inopérantes dans des conditions d'angle zénithal supérieur à 80°. Le SAOZ, qui mesure l'absorption par l'atmosphère de la lumière solaire diffusée au zénith entre 300 nm et 600 nm par la technique DOAS (Differential Optical Absorption Spectroscopy), permet la mesure de l'ozone dans de telles conditions. En plus du contenu intégré d'ozone, le SAOZ mesure la colonne de NO<sub>2</sub> durant les crépuscules du matin et du soir. Comme le SAOZ avait été conçu pour réaliser des mesures dans les régions polaires parfois difficiles d'accès, le système est complètement automatisé, sa maintenance est simple et il effectue la gestion, l'acquisition, l'analyse des spectres puis restitue les résultats en temps réel.

### Perte d'ozone dans les régions polaires

#### *Méthode*

La destruction d'ozone polaire est évaluée toutes les années depuis 1993 en Arctique et 2006 en Antarctique à partir d'une méthode originale développée au ancien Service d'Aéronomie. La perte d'ozone est obtenue à partir de la comparaison entre la colonne intégrée d'ozone de SAOZ particulièrement et la colonne du traceur d'ozone passif (non affecté par les processus chimiques) du modèle de chimie-transport REPROBUS (REactive Processes Ruling the Ozone Budget in the Stratosphere, Lefèvre et al., 1994) aux différentes stations SAOZ des régions polaires. Cette comparaison est seulement considérée quand la station est à l'intérieur du vortex polaire (barrière dynamique ou le trou d'ozone est contenu). La méthode permet de déterminer la période de destruction de l'ozone et l'amplitude de la perte cumulée.

Le traceur passif du modèle de chimie-transport SLIMCAT (Chipperfield, 1999) est aussi utilisé afin d'évaluer la perte d'ozone dans les régions polaires. Car notre méthode dépend du traceur passif, en utilisant deux différents calculs nous pouvons contre-vérifier l'analyse.

Afin de déterminer si les masses d'air au-dessus d'une station sont à l'intérieur ou en dehors du vortex polaire, on utilise la méthode de Nash *et al.* (1996). Cette méthode détermine la bordure du vortex polaire à partir des champs de vorticité potentielle (PV). Les auteurs définissent la frontière du vortex comme la position où le gradient de PV est maximum. Les données météorologiques utilisées pour le calcul de la PV proviennent des analyses du centre européen (ECMWF- European Centre for Median Range Weather Forecasts).

### Arctique

Depuis l'hiver polaire 1993/94, la perte chimique est évaluée en Arctique à partir des mesures d'ozone obtenues à 7 stations SAOZ existantes toutes le long du cercle polaire. De cette façon, nous pouvons assurer l'échantillonnage du vortex polaire avec la présence d'au moins une station.

La figure 1 montre réduction cumulée de la colonne d'ozone à l'intérieur du obtenu par le SAOZ et le modèle météorologique REPROBUS en Arctique. On observe que l'amplitude de la perte d'ozone est très sensible à l'histoire températures stratosphériques pendant l'hiver et est donc très variable d'un hiver à un autre. En général, les plus fortes pertes d'ozone se produisent pendant les hivers les plus froids tandis que très peu ou pas de destruction ne peut être observées pendant les plus chaudes. Depuis 1993, des hivers chauds ont montré une perte d'ozone entre 5 et 13 % (ex. 1998/1999 ; 2005/06). Les hivers froids, la perte peut atteindre des valeurs de 30% (ex. 1994/1995 ; 1995/96). Une perte totale moyenne de 20-24% est constaté au cours des hivers froids comme 2007/08 commençant généralement en milieu ou fin Janvier, sauf pendant l'hiver 2002/03, quand il a commencé très tôt dans la saison, à la fin de Décembre quand le soleil était bas sur l'horizon.

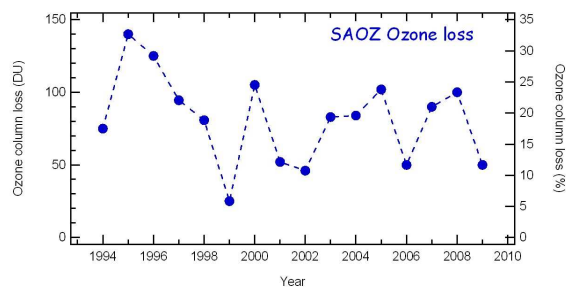


Figure 1: Variation interannuelle de la perte cumulée d'ozone à la fin de chaque hiver arctique depuis 1993.

### Antarctique

En Antarctique nous comptons avec 10 stations pour évaluer la perte d'ozone interannuelle depuis 2006. Ces stations sont situées entre 65°S et 90°S, certaines caractérisées pour une situation principalement en bord de vortex et des autres plutôt à l'intérieur du vortex.

La figure 2 montre la perte d'ozone calculée aux différentes stations au cours de l'hiver 2008 à partir des mesures au sol (à gauche). Sa valeur moyenne est représentée par la courbe rouge dans les panneaux de droit. Également, les valeurs moyennes obtenues avec les mesures satellitaires d'OMI et avec les simulations du modèle REPROBUS sont montrées. La perte d'ozone a atteint 60% à la fin du mois de septembre et début du mois d'octobre. Cela correspond à une perte d'ozone de 250 UA. Une importante perte d'ozone persiste durant octobre et peut être en novembre selon l'année. Une perte de l'ozone d'environ 30% est également observée à la station des moyennes latitudes de Rio Gallegos (51,6° S). Les stations de Rio Gallegos et Kerguelen (49,4° S) ne sont pas utilisées pour l'évaluation de la perte d'ozone en Antarctique.

En général, les analyses de perte d'ozone à partir des mesures au sol sont en bonne accord avec ceux d'OMI à la fin août-septembre et à la fin novembre. OMI mesure légèrement plus faible la perte d'ozone (à moins de 1%) que les mesures au sol, sauf en août. La perte d'ozone cumulée maximale d'OMI chaque année est plus ou moins la même que celle obtenue avec les mesures au sol. Les différences entre OMI et les mesures au sol sont toujours de 1-2% (10-20 DU) et sont bien dans les barres d'erreur des deux mesures (1-3% ou de 20 DU pour les mesures au sol et de 2-5% pour OMI).

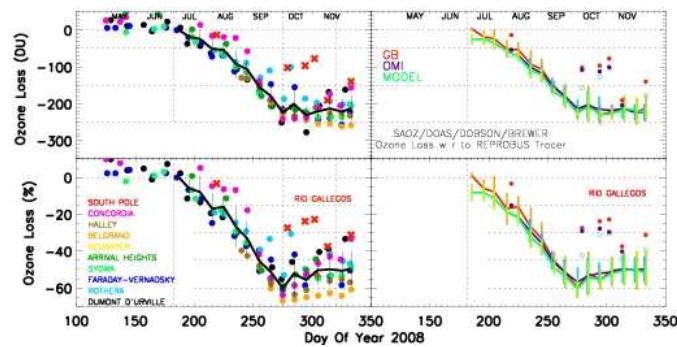


Figure 2: Perte d'ozone à partir des mesures sol à différentes stations antarctiques (à droite). Moyenne de la perte d'ozone au-dessus des stations à partir des mesures au sol (courbe rouge), des mesures satellitaires OMI (courbe violette) et du modèle REPROBUS (courbe verte) (à gauche).

## Conclusion

L'évaluation interannuelle de la perte d'ozone polaire nécessite de disposer de mesures fiables dans les deux régions de latitude. Si cette évaluation est relativement aisée à partir des données satellitaires (SCIAMACHY, OMI, GOME-2) en Antarctique du fait de la saison tardive (fin de l'hiver - début du printemps) à laquelle se forme le trou d'ozone, cette évaluation est beaucoup plus difficile en Arctique, région dans laquelle la destruction d'ozone se produit plus tôt en hiver, période au cours de laquelle la hauteur zénithale du soleil ne permet pas de mesures fiables par les instruments satellitaires. À cet égard, le réseau SAOZ présente l'avantage unique de fournir des mesures d'ozone pendant l'hiver arctique. Les mesures d'ozone avec les SAOZ dans les régions polaires sont les seules dans le visible et par conséquent à soleil bas en hiver lorsque tous les instruments UV au sol et en orbite sont aveugles.

La perte chimique d'ozone en Arctique est très faible par rapport à l'Antarctique, même dans des hivers froids. Elle atteint des valeurs de 32% quand en Antarctique la perte d'ozone est toujours supérieur à 50% et peut attendre des valeurs de 60% dans certains hivers. La perte d'ozone en Antarctique peut donc être considérée comme saturée. Cette saturation devrait entraîner un retard dans la détection du rétablissement de l'ozone.

La variation interannuelle de la perte d'ozone est plus importante en Arctique qu'en Antarctique. D'un part le mélange des masses d'air riches et pauvres en ozone est plus significatif dans l'hémisphère nord dû à la forte activité des ondes planétaires. D'une autre part, les températures plus basses dans l'hémisphère sud favorisent la formation des nuages stratosphériques polaires qui transforment la majeure partie du chlore inorganique stratosphérique en chlore actif susceptible de détruire l'ozone par des cycles catalytiques très rapides dès la réapparition du soleil au-dessus du pôle.

**Remerciements.** Les auteurs souhaitent remercier les scientifiques et les opérateurs des stations ; F. Lefèvre pour les simulations de REPROBUS, à M. Chipperfield et W. Feng pour ceux de SLIMCAT. Nous remercions également à l'IPEV pour son soutien dans le fonctionnement des stations françaises de Dumont d'Urville et Kerguelen et la station franco-italienne de Concordia, ainsi que l'ANR/IPY, les Services d'Observations NDACC-France/INSU/OVSQ et le projet EC SCOUT.

## Références

- Chipperfield, M. P., (1999), Multiannual simulations with a Three-Dimensional Chemical Transport Model, *J. Geophys. Res.*, 104, 1781-1805.  
 Lefèvre, F., G.P., Brasseur, I., Folkens, A.K. Smith, and P., Simon, (1994), Chemistry of the 1991/1992 stratospheric winter: three dimensional model simulation, *J. Geophys. Res.*, 99, 8183-8195.  
 Nash, E. R., P. A. Newman., J. E., Rosenfield, and M. R., Schoeberl, (1996), An objective determination of the polar vortex using Ertel's potential vorticity, *J. Geophys. Res.*, 101, 9471-9478.  
 Pommereau, J. P. and F. Goutail, (1988), Stratospheric O<sub>3</sub> and NO<sub>2</sub> Observations at the Southern Polar Circle in Summer and Fall 1988, *Geophys. Res. Lett.*, 15, 891-894.

## La campagne CEAMARC: le barcode comme outil à plusieurs niveaux.

A. Dettai<sup>1</sup>, A.C. Lautredou<sup>1</sup>, C. Bonillo<sup>1</sup>, E. Goimbault<sup>1</sup>, C. Cruaud<sup>3</sup>, G. Denys<sup>1</sup>, G. Duhamel<sup>2</sup>, R. Causse<sup>2</sup>, P. Pruvost<sup>1</sup>, F. Busson<sup>2</sup>, M. Hautecoeur<sup>2</sup>, O. Rey<sup>1</sup>, S. Tercerie<sup>1</sup>, P. Koubbi<sup>4</sup>, M. Moteki<sup>5</sup>, S. Iglesias<sup>2</sup>, G. Lecointre<sup>1</sup>, C. Ozouf<sup>1</sup>

<sup>1</sup>DSE-UMR7138 Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, 75005, France (adettai@mnhn.fr, pruvost@mnhn.fr, tercerie@mnhn.fr, ozouf@mnhn.fr, bonillo@mnhn.fr, lecointr@mnhn.fr)

<sup>2</sup>DMPA-UMR5178 Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, 75005, France (duhamel@mnhn.fr, causse@mnhn.fr, iglesias@mnhn.fr)

<sup>3</sup>Genoscope. Centre National de Séquençage. Evry 91057, France (www.genoscope.fr)

<sup>4</sup>CNRS-UMR 7093 Laboratoire d'Océanographie de Villefranche, Université de Paris VI, Villefranche-Sur-Mer, 06230, France (philippe.koubbi@obs-vlfr.fr)

<sup>5</sup>Faculty of Marine Science, Tokyo University of Marine Science and Technology, Tokyo, Japan (masato@kaiyodai.ac.jp)

**Résumé** Les campagnes CAML-CEAMARC ont permis de collecter des spécimens de téléostéens à des profondeurs encore jamais prospectées au large de la Terre Adélie. Ainsi sept cents spécimens (comprenant des espèces très rares) ont été séquencés pour le gène mitochondrial cytochrome oxydase I (COI). En complétant l'utilisation du COI avec plusieurs autres marqueurs, il a été possible de tester la congruence des résultats entre les différents gènes et d'explorer l'efficacité du marqueur COI à retrouver les limites entre les espèces.

La séquence partielle du gène COI donne des identifications fiables pour la plupart des familles de téléostéens antarctiques étudiées, seuls quelques groupes d'espèces n'ont pu être différenciés en utilisant uniquement ce gène (comme les espèces du genre *Trematomus*). Enfin, une confrontation des données morphologiques et moléculaires de nos spécimens a permis d'ajouter de nombreux spécimens et séquences bien identifiés dans la base de données BOL.

## **2 - Présentations sur posters**

## Variabilité interannuelle des propriétés du system CO<sub>2</sub> dans l'océan austral (sud de l'Australie)

H. E. Laika<sup>1</sup>, C. Goyet<sup>1</sup>, F. Vouve<sup>1</sup>, A. Poisson<sup>2</sup> et F. Touratier<sup>1</sup>

<sup>1</sup> IMAGES, Université de Perpignan Via Domitia, Perpignan – France (cgoyet@univ-perp.fr)

<sup>2</sup> LOCEAN/IPSL, Université Pierre et Marie Curie, Paris, France

**Résumé:** Le programme MINERVE a été mis en place pour réaliser des séries temporelles de mesures dans l'océan Indien sud, au sud de l'Australie. Ce programme a pour but de quantifier et comprendre les variations temporelles des propriétés de l'océan dans cette région. Dans la région sub-antarctique (SAR,  $48.5 \pm 6.0^\circ\text{S}$ ), le flux de CO<sub>2</sub> moyen a augmenté de  $-6.8 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$  en octobre 2005 à  $-9.9 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$  en février 2006. Dans la zone de l'océan ouvert (POOZ,  $57.5 \pm 3.0^\circ\text{S}$ ), on observe une pression partielle de CO<sub>2</sub> (pCO<sub>2</sub>) plus faible en été qu'au printemps (340 and 398  $\mu\text{atm}$ , respectivement). Le flux moyen de CO<sub>2</sub> montre une grande variation temporelle de  $-0.2 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$  en octobre 2005 à  $-8.2 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$  en février 2006. La grande variation temporelle observée est associée avec une augmentation de la biomasse phytoplanctonique. Dans la zone continentale antarctique ( $66.0 \pm 1.0^\circ\text{S}$ ), le flux moyen de CO<sub>2</sub> diminue de  $+14.9 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$  en octobre 2005 à  $-8.4 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$  en février 2006. En hiver et au printemps, le mélange d'eau profonde ainsi que la glace de mer saisonnière augmentent fortement la pCO<sub>2</sub> de l'eau de mer, au dessus du niveau de pCO<sub>2</sub> atmosphérique. A l'opposé, pendant l'été, l'effet de la croissance du phytoplancton diminue la pCO<sub>2</sub> de l'eau de mer. De plus, ce jeu de données nous permet de proposer des paramétrisations pour l'alcalinité totale (A<sub>T</sub>) et le carbone inorganique dissous total (C<sub>T</sub>) en fonction de la température et de la salinité.

## Augmentation des capacités d'oxydation de lipides lors du passage en mer du manchot royal

L. Teulier<sup>1</sup>, J.-L. Rouanet<sup>1</sup>, J. Tornos<sup>1</sup>, M. Raccurt<sup>1</sup>, D. Roussel<sup>1</sup>, C. Duchamp<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de Physiologie Intégrative Cellulaire et Moléculaire, Centre National de la Recherche Scientifique, UMR 5123, Université Claude Bernard Lyon 1, Villeurbanne, France

**Résumé** Les régions polaires ont été colonisées par des espèces animales qui ont su s'adapter à des conditions climatiques froides et hostiles à la vie. Les manchots, en particulier, rencontrent des contraintes particulièrement éprouvantes (vie marine en eau froide, jeûne prolongé à terre) nécessitant une gestion très étroite des processus énergétiques essentiels à la vie (croissance, mue, reproduction) et à leur survie (thermorégulation). Le premier passage en mer du juvénile de manchot royal est un moment clé de la vie de cette espèce animale, qui induit plusieurs nouvelles contraintes énergétiques, telles que l'exercice de la nage, l'hypoxie de la plongée, et surtout une déperdition calorifique dramatiquement augmentée (20 fois) par le passage au milieu marin. Pour survivre, le manchot royal développe des adaptations biochimiques importantes pour augmenter ses capacités métaboliques et thermogènes. L'augmentation rapide des concentrations circulantes d'acides gras non estérifiés (AGNE) lors de l'immersion suggère que les lipides deviennent des substrats énergétiques essentiels (Talbot et al, 2004).

Le but de notre étude était de confirmer cette hypothèse en étudiant *in vivo* la capacité d'oxydation des lipides chez des juvéniles de manchots royaux (*Aptenodytes patagonicus*) adaptés ou non au milieu marin. Pour cela nous avons mesuré l'effet calorigène d'une perfusion de lipides chez des manchots royaux juvéniles jamais allés en mer (groupe Témoin, NI pour *Never Immersed*) ou déjà allés en mer (NA, pour *Naturally Adapted*). Le métabolisme énergétique *in vivo* a été mesuré par calorimétrie indirecte, calculant par analyse des gaz (O<sub>2</sub> consommé et CO<sub>2</sub> rejeté) le métabolisme en watts/kg de chaque animal. Le métabolisme a été mesuré à thermoneutralité au repos et suite à une perfusion d'une suspension de triglycérides (Intralipides 20%) ou du solvant de cette suspension. Des prélèvements sanguins ont été pratiqués séquentiellement pour obtenir les variations cinétiques représentant l'utilisation des AGNE au cours du temps.

Les résultats obtenus au cours de cette étude ont montré une augmentation du métabolisme *in vivo* des 2 groupes de manchots pendant la perfusion de lipides (+ 9% et +12% pour les NI et NA respectivement). Cependant le métabolisme « post-perfusion » différait entre les 2 groupes, les manchots NA conservant un niveau de métabolisme élevé après la fin de la perfusion (+9.8% après 45 min et +4% après 2h30).

En conclusion, les manchots naturellement adaptés sont capables d'une capacité accrue à utiliser les substrats lipidiques comme l'atteste l'augmentation de leur production de chaleur sur le long terme. Cette étude démontre par un test fonctionnel l'augmentation des capacités d'oxydation des lipides lors du passage en mer suggérant le rôle essentiel des substrats lipidiques dans l'efficacité des mécanismes thermogènes mis en place dans cette phase cruciale de la biologie des manchots.

**Remerciements** : Ces recherches ont reçu le soutien logistique et financier de l'institut Paul Emile Victor (IPEV programme 131).



## **GBIF – Global Biodiversity Information Facility - Système Mondial d'Informations sur la Biodiversité**

A.-S. Archambeau

**Résumé** Le GBIF est un programme scientifique international fondé à l'initiative de l'OCDE en 2001. Il a comme objectif principal la diffusion libre et universelle, via internet, d'informations relatives à la biodiversité. Pour ce faire, des bases de données de collections ou d'observations hétérogènes sont connectées dans un format standardisé au serveur du GBIF. A ce jour, plus de 177 millions d'enregistrements provenant de collections ou d'observations dans la nature sont disponibles via le portail de données du GBIF (<http://data.gbif.org>). Une partie de ces données concerne les zones australes et antarctiques (données provenant du SCAR, de Fishbase, su MNHN...). Ce poster présentera le programme GBIF et le portail de données du GBIF.

Le point nodal français du GBIF est une équipe destinée à soutenir et assister les connections de données françaises au GBIF international. Elle peut être contactée à l'adresse suivante: [gbif@gbif.fr](mailto:gbif@gbif.fr), ou au numéro suivant: 01 40 79 80 65.

## Etude de la formation et de l'évolution des nuages stratosphériques polaires en Antarctique au moyen des données lidar et de la méthode MATCH dans le cadre de l'Année Polaire Internationale

N. Montoux<sup>1</sup>, C. David<sup>1</sup>, A. Klekociuk<sup>2</sup>, J.-P. Vernier<sup>1</sup>, M. Pitts<sup>3</sup>, L. Di Liberto<sup>4</sup>, M. Snels<sup>4</sup>

<sup>1</sup>LATMOS/IPSL, Université Pierre et Marie Curie, Paris, France ([Nadège.Montoux@latmos.ipsl.fr](mailto:Nadège.Montoux@latmos.ipsl.fr); [Christine.David@latmos.ipsl.fr](mailto:Christine.David@latmos.ipsl.fr); [Jean-Paul.Vernier@latmos.ipsl.fr](mailto:Jean-Paul.Vernier@latmos.ipsl.fr))

<sup>2</sup>Australian Antarctic Division, Kingston, Tasmanie, Australie ([Andrew.Klekociuk@aad.gov.au](mailto:Andrew.Klekociuk@aad.gov.au))

<sup>3</sup>NASA Langley Research Center, Hampton, Virginie, Etats-Unis ([michael.c.pitts@nasa.gov](mailto:michael.c.pitts@nasa.gov))

<sup>4</sup>Institute of Atmospheric Sciences and Climate, Rome, Italie ([luca.diliberto@artov.isac.cnr.it](mailto:luca.diliberto@artov.isac.cnr.it); [m.snels@isac.cnr.it](mailto:m.snels@isac.cnr.it))

**Résumé** La méthode "MATCH" est appliquée pour la première fois aux données lidar pour l'étude des nuages stratosphériques polaires. Un calcul de trajectoires permet d'identifier quand une même masse d'air est observée par plusieurs stations lidar à différentes dates. L'évolution des propriétés optiques du nuage présent dans cette masse d'air déduite des mesures lidar peut alors être mise en relation avec l'évolution thermodynamique de la masse d'air le long des trajectoires. Cette méthode est décrite en détails et appliquée à une masse d'air observée début août 2006 par les trois stations lidar impliquées dans le projet et par le lidar embarqué CALIOP. Ce cas d'étude permet de tester l'influence des types de trajectoires réalisées sur la prévision du type de nuage formé. Une modélisation par un modèle microphysique est envisagée pour comprendre l'évolution des paramètres optiques le long des trajectoires.

### Introduction

Il est maintenant bien connu que la présence des composés chlorés et bromés émis par l'homme dans l'atmosphère est à l'origine de la destruction d'ozone observée en Antarctique. Même si depuis la signature du protocole de Montréal en 1987, l'émission de ces composés dans l'atmosphère a diminué permettant la réduction progressive du trou d'ozone en Antarctique, l'augmentation des gaz à effet de serre depuis les années 1950 pourrait différer la résorption du trou d'ozone attendue. En effet, la présence des nuages stratosphériques polaires (PSC), sièges de l'activation du chlore responsable lui-même de la destruction de l'ozone, semble lier aux conditions thermodynamiques (principalement à la température) de la masse d'air dans laquelle ils se forment. Le but de cette étude est alors de comprendre les types de PSC formés et leurs évolutions en fonction des conditions thermodynamiques environnantes. Cette étude fait partie intégrante du projet ORACLE-O3 ("Ozone layer and UV Radiation in a changing CLimate Evaluated during IPY") dans le cadre de l'Année Polaire Internationale. Elle repose sur l'exploitation de la méthode "MATCH" développée initialement pour les sondes ozone dans le but de quantifier la destruction hivernale d'ozone au-dessus de l'Arctique. Cette méthode est appliquée pour la première fois aux observations lidar de PSC effectuées durant les hivers australs 2006, 2007 et 2008. Elle permet de suivre l'évolution de leurs propriétés optiques au sein d'une même masse d'air le long de trajectoires lagrangiennes. Trois stations lidar sont impliquées dans le projet : Davis (68,6°S & 78,0°E), Dumont D'Urville (66,7°S & 140,0°E) et McMurdo (77,9°S & 166,5°E) ainsi que le lidar CALIOP à bord du satellite CALIPSO. Dans le paragraphe suivant, la méthode employée et un premier cas d'étude vont être décrits.

### Observations et résultats

#### *Description de la méthode*

Des mesures lidar ont été réalisées à chacune des trois stations durant les trois hivers chaque fois que les conditions météorologiques le permettaient. Ensuite pour chaque nuit d'observation, des trajectoires avant de 10 jours ont été réalisées tous les kilomètres en altitude. Lorsqu'une trajectoire issue d'une station passe à moins de 200 km d'une autre station durant sa période d'observation, on peut considérer qu'il y a un match entre les deux stations. Celui-ci est valide si l'évolution du tourbillon potentiel le long de la trajectoire est inférieure à 40 % pour supprimer les trajectoires qui traverseraient la barrière du vortex polaire. Lorsqu'un match est validé, les mesures des stations lidar donnent l'état initial et final des propriétés optiques du PSC qui sont complétées entre par les mesures de CALIOP. Durant les trois hivers, beaucoup de matchs à 2 stations ont été détectés mais très peu impliquant les trois stations. Dans le paragraphe suivant, un cas impliquant les trois stations a été étudié en détails.

#### *Validation sur un cas d'étude*

Durant la nuit du 1<sup>er</sup> au 2 août 2007, une masse d'air a été observée à Davis puis à McMurdo le 3 août et enfin à Dumont D'Urville le 8 août vers 17-18 km d'après les différentes trajectoires réalisées avec différents modèles, données d'entrée, résolutions horizontales et grilles (Figure 1). L'impact des différences en localisation, température et pression entre les différentes trajectoires est étudié. Les différences en température peuvent impacter

sur le type de PSC prédit. En effet, selon la température, des PSC de type 1 (petites particules d'acide nitrique) ou des PSC de type 2 (grosses particules de glace) peuvent se former. Parmi les PSC de type 1, deux sous-catégories peuvent être distinguées, les types 1a solides et les types 1b liquides. Dans le cas étudié ici, les types de PSC escomptés au vu des températures sont comparés à ceux réellement observés par les lidars (sols et CALIOP) dont le type est déduit à l'aide des mesures de rapport de diffusion et de dépolarisation. Comme on pouvait s'y attendre, une forte corrélation est observée entre les paramètres optiques mesurés par les lidars et les températures données par les trajectoires.

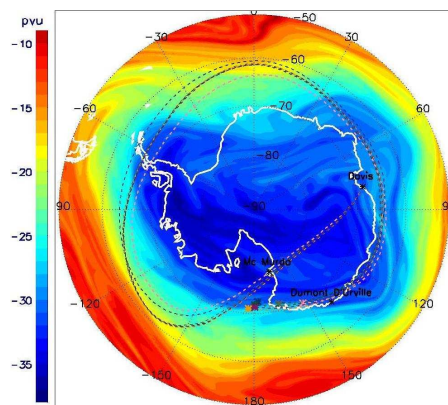


Figure 1 : Différentes trajectoires réalisées entre le 2 et le 9 août 2007 au départ de Davis et superposées au champ de tourbillon potentiel MIMOSA à 430 K du 9 août 2007 à 0:00 UTC.

## Discussion et conclusion

Les trois campagnes de mesures lidar ont été un succès permettant d'obtenir assez de mesures pour permettre d'appliquer pour la première fois la méthode match aux données lidar et à l'étude des PSC. La méthodologie pour déterminer les cas de match a été développée ainsi que la méthode pour sélectionner les intersections entre les traces du satellite CALIPSO et les trajectoires. A travers un cas d'étude, l'impact du choix du modèle de trajectoire et du choix des données d'entrée a été étudié. Proche des seuils de formation des différents types de PSC, les différences en température observées entre les différentes trajectoires peuvent avoir un fort impact sur le type de PSC prédit. Il est donc nécessaire de déterminer avec précision ces seuils qui dépendent notamment du contenu en vapeur d'eau et en acide nitrique de la masse d'air. La prochaine étape consistera à modéliser la formation et l'évolution des PSC avec le modèle microphysique du Danish Meteorological Institute. Ce modèle permet de simuler les propriétés optiques des PSC et de les comparer directement aux mesures lidar. Il permet également d'accéder aux distributions en taille des particules.

## Références

- David, C., S. Bekki, N. Berdunov, M. Marchand and G. Mégie (2005), Classification and scales of Antarctic polar stratospheric clouds using wavelet decomposition, *J. Atmos. Solar Terrest. Phys.* 67, pp. 293-300.
- Innis, J. L. and A. R. Klekociuk (2006), Planetary wave and gravity wave influence on the occurrence of polar stratospheric clouds over Davis Station, Antarctica, seen in lidar and radiosonde observations, *J. Geophys. Res.*, 111, D22102, doi:10.1029/2006JD007629.
- Pitts M.C., L.W. Thomason, L.R. Poole and D.M. Winkler (2007), Characterization of Polar Stratospheric Clouds with spaceborne lidar: CALIPSO and the 2006 Antarctic season, *Atmos. Chem. Phys.*, 7, 5207-5228.
- Von der Gathen, P., M. Rex, N. R. P. Harris, D. Lucic, B. J. Knudsen, G. O. Braathen, H. de Backer, R. Fabian, H. Fast, M. Gil, E. Kyrö, I. S. Mikkelsen, M. Rummukainen, J. Stähelin and C. Varotsos (1995), Observational evidence for chemical ozone depletion over the Arctic in winter 1991-92, *Nature*, 375, 131-134.