

12^{èmes} Journées Scientifiques de la Recherche en Milieux Polaires

25, 26 et 27 mai 2016

Salle de Conférence
Bibliothèque Universitaire

Université Claude Bernard-Lyon1
43, Boulevard du 11 Novembre 1918
69622, VILLEURBANNE CEDEX



LIVRE DES RÉSUMÉS

Les Journées Scientifiques du CNFRA sont organisées cette année par le LEHNA (Laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Naturels et Anthropisés, Université Claude Bernard Lyon1) en partenariat avec 4 laboratoires de la Région Rhône Alpes Auvergne fortement impliqués dans la recherche en milieux polaires :

- le **Laboratoire de Biométrie et Biologie Evolutive** (LBBE, UMR CNRS 5558) –
Université Claude Bernard-Lyon1, 69622 Villeurbanne Cedex,
- le **Centre de Recherche Astrophysique de Lyon** (CRAL, UMR 5574)
Observatoire de Lyon - Université Claude Bernard-Lyon1,
- le **Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement** (LGGE)
OSUG, Université Joseph Fourier, Saint Martin d'Hères,

et le **Laboratoire Antenne Transferts Lithosphériques** - UMR 6524 "Magmas et Volcans" - Faculté des Sciences et Techniques, St-Etienne.

Comité d'organisation

Damien Roussel et Yan Voituron	LEHNA- UMR CNRS 5023 Université Claude Bernard Lyon1
Benjamin Rey et François Debias	LBBE – UMR CNRS 5558 Université Claude Bernard Lyon1
Vincent Favier	LGGE –OSUG Université Joseph Fourier, Saint martin d'hères
Jérôme Bascou	UMR 6524 "Magmas et Volcans" - Faculté des Sciences et Techniques, St- Etienne.
Isabelle Vauglin	CRAL – UMR 5574 – Observatoire de Lyon
Jean Louis Grangé et Amaury Solignac	Webmasters CNFRA
Mireille Raccurt	Vice-Présidente du CNFRA

Comité scientifique

Damien Roussel et Yan Voituron	LEHNA- UMR CNRS 5023 Université Claude Bernard Lyon1
Benjamin Rey et François Debias	LBBE – UMR CNRS 5558 Université Claude Bernard Lyon1
Vincent Favier	LGGE –OSUG Université Joseph Fourier, Saint Martin d'Hères
Catherine Ritz	
Jean Baptiste Sallée	LOCEAN-IPSL Sorbonnes Université (UPMC), PARIS
Emmanuelle Sultan	LOCEAN-IPSL UMR 7159
Jérôme Bascou	UMR 6524 “Magmas et Volcans” - Faculté des Sciences et Techniques, St- Etienne.
Isabelle Vauglin	CRAL – UMR 5574 – Observatoire de Lyon
Mireille Raccurt	Vice-Présidente du CNFRA

Mot de Bienvenue

Le LEHNA est particulièrement heureux d'accueillir à Lyon la communauté de recherche en zones polaires et sub-polaires pour la 12^{ème} édition des journées scientifiques du CNFRA, organisée en concertation avec l'Institut Polaire Français Paul Emile Victor.

Nous remercions les laboratoires qui nous ont aidés dans le montage financier et l'organisation de ces Journées Scientifiques : le Laboratoire de Biométrie et Biologie Evolutive (LBBE), le Centre de Recherches Astrophysiques de Lyon (CRAL), le Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement (LGGE) et le laboratoire de Géologie de Saint Etienne (ATL). Tous ces laboratoires sont depuis longtemps fortement impliqués dans les Recherches en milieux polaires et montrent le dynamisme de notre Région dans les Terres Australes et Antarctiques Françaises (TAAF).

Nous nous réjouissons d'accueillir une petite centaine de participants issus de nombreuses disciplines (sciences physiques, sciences humaines, sciences de la terre, sciences de la vie) et je souhaite que ces journées soient une fois encore des moments d'échanges et de valorisation de toutes les sciences polaires.

Je souhaite également une pleine réussite à l'Atelier Thématique interdisciplinaire organisé cette année par Vincent Favier (LGGE) et Jean Baptiste Sallée (LOCEAN) pour répondre au besoin urgent de réflexion et d'études visant à améliorer la connaissance des changements climatiques en cours dans les régions polaires et leurs conséquences sur l'Environnement et la mise en danger des espèces (Recommandation du GIEC dans son dernier rapport, Assessment report, ARS, Church et al., 2013).

Cet atelier favorisera sans doute les discussions transversales pour une meilleure coordination des recherches dans ces régions à la fois victimes et actrices du changement global.

Nous remercions enfin vivement toutes les entités qui nous ont apportés leur précieux soutien financier (CNRS/ INEE, INSU, DR 07, BIOENVIS-IFR41, UJF/INP).

Pour le Comité d'organisation,

Christophe Douady

Directeur du LEHNA
(Laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Naturels et Anthropisés)
UMR CNRS 5023
Université Claude Bernard Lyon-1

PROGRAMME

Mercredi 25 mai 2016

Atelier Thématique Océan austral/ Changements climatiques

8 heures : *Accueil café, émargement*

8 heures 20 : Introduction, présentation de l'atelier.

8 heures 30 : **Session 1** Conférence invitée : "*Modifications de la circulation atmosphérique : causes et conséquences*" **Francis Codron**,

9 heures : Est-il possible de discerner une tendance séculaire dans les enregistrements climatiques des 30 dernières années en Antarctique ? Un point mêlant observations, données paléoclimatiques et modèles. **Anaïs Orsi**, V. Masson-Delmotte, X. Crosta, D. Swingedouw.

9 heures 10 : Atmospheric drying as the main driver of dramatic glacier wastage in the southern Indian Ocean. **Vincent Favier**, D. Verfaillie, E. Berthier, M. Menegoz, V. Jomelli, J. E. Kay, L. Ducret, Y. Malbêteau, D. Brunstein, H. Gallée, Y.H. Park, V. Rinterknecht.

9 heures 20 : Discussion

9 heures 30 : **Session 2** Conférence invitée : "*Modélisation aux interfaces : état de l'art et défis à venir*" **Nicolas Jourdain**.

10 heures : Construction de températures de surface et de glaces de mer futures non biaisées : quelles méthodes ? **Julien Beaumet**, G. Krinner, M. Déqué.

10 heures 10 : Un nouveau modèle pour la déformation et dérive de la banquise.
Véronique Dansereau, Jérôme Weiss, Pierre Saramito.

10 heures 20 : Discussion

10 heures 30 : **Session 3** Conférence invitée : "*Evolution récente de l'Océan austral : observation, modélisation et processus mis en jeux*" **Loïc Jullion**

11 heures : Circulation moyenne et activité tourbillonnaire sur le plateau Est-Antarctique au large de la Terre-Adélie. **Antoine Martin**, M.N.Houssais.

11 heures 10 : Low-frequency chaos generated by the Southern Ocean: potential impacts. **Thierry Penduff**, S. Leroux, G. Sérazin, S. Grégorio, L. Bessières, B. Barnier, J.M. Molines, L. Terray.

11 heures 20 : Discussion

12 heures : Pause déjeuner

13 heures : Session 4 Conférence invitée : "Ampleur des changements récents - apport des études paléoclimatiques" Elisabeth Michel

13 heures 30 : Variations du courant circum-antarctique (ACC) et de l'Océan austral dans le secteur Kerguelen lors de la dernière déglaciation et des derniers cycles climatiques. **Alain Mazaud**, E. Michel, X. Crosta, V. Bout-Roumazielle, S. Jaccard, A.S. Studer.

13 heures 50 : Retour sur la campagne de carottages lacustres de l'été 2014-2015 à Kerguelen. **Fabien Arnaud**, B. Fanget, E. Malet, J. Poulénard, E. Storen, A. Leloup, J. Bakke, P. Sabatier.

14 heures : Discussion

14 heures 10 : Session 5 Conférence invitée : "Flux de carbone dans les écosystèmes marins de l'Océan austral" Stéphane Blain

14 heures 40 : Relation entre facteurs abiotiques et production primaire autour de l'archipel de Crozet. **Ophélie Da Silva**, C. Lo Monaco, C. Cotté, F. D'Ovido, C. Mignard, P. Koubbi.

15 heures : Approche écosystémique de l'écosystème marin de Crozet. **Chloé Mignard**, P. Koubbi et les membres du projet CROMEBA

15 heures 10 : Discussion

15 heures 30 : Mise en place des groupes de réflexion avec un rapporteur par thème, définition de mots clés pour faire émerger les questions aux interfaces.

16 heures 30 : Pause café

17 heures – 18 heures 30 : Discussion générale, rédaction d'une feuille de route.

Jeudi 26 mai 2016

8 heures 30 : Emargement, présentation des Journées Scientifique

- 9 heures : Bilan de l'Atelier thématique. **Vincent Favier**
- 9 heures 30 : First evidence of glacier extent in Kerguelen region over the last 23 000 years constrained by ^{36}Cl moraine dating. **Vincent Jomeli**, F. Mokadem, I. Schimmelpfennig, V. Favier, E. Chapron, D. Swingedouw, D. Verfaillie, D. Brunstein, V. Rinterknecht, C. Legentil.
- 9 heures 45 : The ocean mixed layer under Southern Ocean sea-ice : seasonal cycle and forcing. **Violaine Pellichero**, J.B. Sallée, S. Schmidtko, F. Roquet, J.B. Charrassin.

10 heures : Pause café

- 10 heures 30 : Session spéciale « Les recherches à Concordia » présentée par **Catherine Ritz**
CALVA et APRES3 : Comment la calotte Antarctique se nourrit-elle ?
Christophe Genthon, C.C. Amory, H. Barral, V. Favier, C. Palerme, L. Piard, D. Six, E. Vignon, J.B. Madeleine, Le Consortium APRES3.
- 10 heures 45 : Sursaturation et précipitation à Dôme C : observations et comparaison aux modèles climatiques LMDz et MAR. **Jean Baptiste Madeleine**, C. Genthon, L. Piard, H. Gallée, G. Krinner, E. Vignon, C. Claud, C. Palerme.
- 11 heures : The observatory seismological program in the French Austral and Antarctic Territories. **Dimitri Zigone**, A. Maggi, M. Bes De Berc, J. Sayadi, J.Y. Thoré, A. Bernard, J.J. Lévêque, B. Gombert.
- 11 heures 15 : Cartographie du flux géothermique à Dôme C. **Olivier Passalacqua**, C. Ritz, F. Parrenin.
- 11 heures 30 : Recherche d'un site de forage pour obtenir de la glace très ancienne. Description d'un travail collaboratif modèle-données dans les environs de Concordia. **Catherine Ritz**, O. Passalacqua, F. Parrenin et le groupe de reconnaissance Dôme C.
- 11 heures 45 : Projet CHINSTRAP, Continuous High-altitude Investigation of Neutron Spectra for Terrestrial Radiation Antarctic Project. **Guillaume Hubert**
- 12 heures : L'astronomie à Concordia : passée et future. **Isabelle Vauglin et Eric Fossat**, M. Langlois, G. Moretto, L. Abe, E. Aristidi, K. Agabi, M. Carbillet.

12 heures 30 : Pause déjeuner

- 14 heures : Session Géosciences présentée par **Jérôme Bascou**
Établissement de la première chronologie Holocène des éruptions dans

- l'archipel des Kerguelen : Anouk Leloup Besson, P. Sabatier, B. Moine, J. Poulenard, E. Malet, B. Fanget, A.L. Develle, E. Storen, J. Bakke, F. Arnaud.
- 14 heures 15 : Holocene Southern Hemisphere Westerly belt changes : investigating the linkage to solar forcing based on a peat record from Îles Crozet. **Nathalie Van der Putten**, F. Adolphi, A. Mellström, J. Sjolte, R. Muscheler.
- 14 heures 30 : Étude multidisciplinaire d'un pluton océanique récent : le complexe syénitique du sud de Rallier du Baty, Kerguelen. **Damien Guillaume**, L. Ponthus, M. De Saint-Blanquat, M. Benoit, M. Le Romancer, N.J. Pearson, M. Gregoire, S.Y. O'Reilly.
- 14 heures 45 : Erosion des îles Kerguelen en réponse aux variations climatiques depuis le Miocène : apports de la thermochronologie moyenne et basse température (Ar/Ar et (U-Th)/He). **Floriane Ahadi**, G. Delpech, G. Gautheron, S. Nomade, R. Pinna-Jamme, L. Ponthus, D. Guillaume.
- 15 heures : TALISKER : Transferts fluviaux d'éléments chimiques depuis les sources thermales à terre jusqu'à l'océan côtier. **Valérie Chavagnac**, **D. Guillaume**, C. Jeandel, C. Boulart, J. Escartin, L. Ponthus, M. De Saint Blanquat, M. Leromancer.
- 15 heures 15 : Analyse quantitative de la déformation cassante en terre Adélie : résultats préliminaires. **Christian Sue**, J. Bascou.
- 15 heures 30 : Étude sismologique des structures crustales et lithosphériques du craton de Terre Adélie, Antarctique de l'Est. **Gaëlle Lamarque**, G. Barruol, F. Fontaine, J. Bascou, J.Y. Cottin, R.P. Ménot.

16 heures : Pause café

- 16 heures 30 : Modélisation Sociologique du patrimoine des Terres australes et antarctiques françaises. **Elisa Dupuis**
- 16 heures 45 : APECS France, un réseau de jeunes chercheurs et médiateurs des régions polaires. **Lydie Lescarmontier**, Gaëlle Lamarque, Sophie Shiavone, Veronique Dansereau et Céline Clément-Chastel.

17 heures : Assemblée Générale du CNFRA, ouverte à tous.

Vendredi 27 mai 2016

9 heures : Première mesure de l'angle de polarisation aurorale. **Julien Lilensten, Mathieu Barthelemy.**

9 heures 15 : Les raids - supports de l'activité scientifique continentale. **Patrice Godon.**

9 heures 30 : Renouvellement du navire logistique de desserte de la Terre Adélie : Missions et état d'avancement. **Pascal Morin, Patrice Godon**

9 heures 45 : MOBICYTE, un outil mobile de cytométrie de flux pour l'étude des écosystèmes polaires. Damien Rioult, Jean-Marc Porcher, Anne Bado-Nilles, Alain Geffard, **Stéphane Betoulle.**

10 heures : Pause café

10 heures 30 : Session Sciences de la vie présentée par **Damien Roussel**

Communauté microbienne du manteau neigeux couvrant la glace de mer d'un fjord arctique. **Lorrie Maccario, S. Carpentier, J. Deming, T.M. Vogel, C. Larose.**

10 heures 45 : Prédire l'actuel et anticiper les changements futurs en évaluant l'influence des hétérogénéités spatiale et temporelle sur la modélisation de la distribution d'espèces. Le cas d'étude des échinides du plateau des Kerguelen. **Charlène Guillaumot, Alexis Martin, Marc Eleaume, Thomas Saucède.**

11 heures : PROTEKER : un observatoire sous-marin côtier aux Îles Kerguelen. **Thomas Saucède, N. Ameziane, J.P. Féral, A. Chenuil, B. David, C. De Ridder, S. Fabri-Ruiz, J. Fournier, C. Marschal G. Marty, O. Mathieu, S. Motreuil, E. Poulin.**

11 heures 15 : La conservation marine dans l'océan Austral. **Philippe Koubbi**

11 heures 45 : Locating new emperor penguin colonies. **André Ancel, C. Gilbert, M. Beaulieu.**

12 heures : Les robots pour l'étude de la structure des colonies de manchots. **Yvon Le Maho, J. Courtecuisse, M. Brucker, T. Bressac, C. Cornec, E. Chevereau, P. Dufay, G. Lemonnier, N. Chatelain, P. Renaud, F. Crenner, C. Le Bohec**

12 heures 30 : Pause déjeuner

14 heures : Modifications de l'ADN mitochondrial, quelles conséquences ? Le cas d'Arctica islandica. **Cyril Déglétagne, C. Held, D. Abele.**

14 heures 15 : Telomere length as proxy of individual quality in the king penguin (*Aptenodytes patagonicus*). Quentin Schull, Vincent A. Viblanc F. Stephen Dobson, **Jean-Patrice Robin, Sandrine Zahn, Pierre Bize et François Criscuolo**

14 heures 30 : Expression des protéines de fission mitochondriales chez le manchot royal : Contribution potentielle à l'adaptation au milieu marin. **Mathieu Mortz, C. Romestaing, C. Duchamp.**

14 heures 45 : Energetic challenges in King penguins : View from mitochondria. **Damien Roussel.**

15 heures : Délibération du jury pour l'attribution du Prix Roland Schlich 2016

15 heures 30 : Pause café

Remise du prix Roland Schlich 2016 du CNFRA et clôture des Journées Scientifiques.

Résumés des conférences et communications

Mercredi 25 mai 2016

Atelier Thématique Océan austral/Changements climatiques

Conférence invitée : Francis Codron

Laboratoire d'Océanographie et du Climat (LOCEAN) – Université Pierre et Marie Curie – PARIS 6

Modifications de la circulation atmosphérique : causes et conséquences

La circulation des moyennes latitudes dans l'hémisphère sud est caractérisée par un jet d'ouest, auquel se superposent des perturbations transitoires. Ces perturbations sont "organisées" par le jet, qui pilote leur région de croissance et leur propagation. En retour, les perturbations transportent de la quantité de mouvement qui permet de compenser la friction en surface sur les vents d'ouest moyens.

Ce fort couplage entre jet et perturbations est essentiel pour déterminer les modes dominants de variabilité de cette circulation, ainsi que sa réponse à différents forçages externes. À toutes les échelles de temps, les changements de circulation sont dominés par des fluctuations en latitude du jet et des perturbations associées. Au dessus de l'océan Austral, cela se traduit par une intensification de la tension de vent d'ouest, qui va à son tour modifier la circulation océanique. En réponse à un forçage externe, l'amplitude des déplacements du jet semble très liée aux changements des gradients méridiens de température dans l'atmosphère.

En plus de ces variations à relative symétrie zonale, on peut avoir - particulièrement en hiver - des ondes se propageant depuis les tropiques. Elles entraînent des anomalies de circulation méridienne, qui peut créer de fortes signatures régionales en, par exemple, température ou couverture de glace.

Est il possible de discerner une tendance séculaire dans les enregistrements climatiques des 30 dernières années en Antarctique ? Un point mêlant observations, données paléoclimatiques et modèles.

ANAÏS ORSI *, VALÉRIE MASSON DELMOTTE*, XAVIER CROSTA** ET DIDIER SWINGEDOUW**

* Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (IPSL, CEA-CNRS-UVSQ, Université Paris-Saclay) ** EPOC, Université de Bordeaux

Abstract Notre compréhension des variations climatiques récentes en Antarctique est limitée par la faible durée et la faible empreinte spatiale des observations. Ici, nous présentons une synthèse des changements récents observés dans l'atmosphère, l'océan et la banquise, basée sur la compilation de données satellites et instrumentales, de données paléoclimatiques et de simulations de modèles de climat. La plupart des tendances mises en évidence depuis 36 ans ne sont pas anormales par rapport aux reconstructions paléoclimatiques couvrant les derniers siècles, et sont compatibles avec la variabilité interne produite par les modèles. Les tendances qui sortent de la variabilité naturelle incluent la phase positive persistante du mode annulaire austral, et le réchauffement de la péninsule et de l'Antarctique Ouest. Les modèles ne sont pas capable de reproduire toutes les observations, ce qui montre l'importance des études de processus pour mieux mettre en évidence les mécanismes à l'oeuvre.

Références

Jones et al., "Are recent trends in high-latitude Southern Hemisphere Climate unusual?", {Nature Climate Change}, in review (2016)

Atmospheric drying as the main driver of dramatic glacier wastage in the southern Indian Ocean

FAVIER V.**, VERFAILLIE D.**, BERTHIER E.**, MENEGOZ M.****, JOMELLI V.****, KAY J. E.*****, DUCRET L.**, MALBÉTEAU Y.**, BRUNSTEIN D.****, GALLÉE H.**, PARK Y.-H.*****, RINTERKNECHT V.****, *****
*Université Grenoble Alpes, LGGE, F-38041 Grenoble, France **CNRS, LGGE, F-38041 Grenoble, France ***LEGOS, Université de Toulouse, CNES, CNRS, IRD, UPS, F-31400 Toulouse CEDEX, France ****Institut Català de Ciències del Clima (IC3), 08005 Barcelona, Spain *****Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, CNRS Laboratoire de Géographie Physique, F-92195 Meudon, France *****Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences University of Colorado at Boulder 216 UCB Boulder, CO 80309, USA *****LOCEAN/DMPA, Muséum National d'Histoire Naturelle, F-75005 Paris, France *****University of St Andrews, DEES, St Andrews KY16 9AL, UK

Abstract The ongoing retreat of glaciers at southern sub-polar latitudes is particularly rapid and widespread. Akin to northern sub-polar latitudes this retreat is generally assumed to be linked to warming. However, no long-term and well-constrained glacier modeling has ever been performed to demonstrate this hypothesis. Here, we model the Cook Ice Cap mass balance on the Kerguelen Islands (Southern Indian Ocean, 49°S) since the 1850s. We show that glacier wastage during the 2000s in the Kerguelen was among the most dramatic on Earth. We attribute 77% of the increasingly negative mass balance since the 1960s to atmospheric drying associated with a poleward shift of the mid-latitude storm track. Our results show that the current generation of climate models incorrectly simulates the climate drivers behind this recent glacier wastage in the Kerguelen, implying that climate projections do not accurately inform future glacier wastage where atmospheric circulation changes are expected.

Conférence invitée : Nicolas Jourdain

Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement (LGGE)
Université Joseph Fourier - Grenoble

Interactions océan-glace sous les terminaisons glaciaires flottant sur l'Océan Austral.

NICOLAS C. JOURDAIN¹, PIERRE MATHIOT², ANOUK VLUG^{1,3}, GAËL DURAND¹, JULIEN LE SOMMER¹, PAUL SPENCE⁴

- 1- Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement, Grenoble, France.
- 2- Met Office, Exeter, Royaume Uni.
- 3- Wageningen University and Research Center, Pays Bas.
- 4- University of New South Wales, Sydney, Australie.

La plus grande incertitude sur l'évolution du niveau de la mer au long du 21^{ème} siècle vient de l'Antarctique où les projections climatiques prévoient une augmentation de la production d'icebergs dont l'effet ne sera que partiellement compensé par l'augmentation des chutes de neige. Les plus grands changements glaciaires auront vraisemblablement lieu au niveau des glaciers de Pine Island et de Thwaites qui se terminent par une plateforme glaciaire flottant sur l'Océan Austral. Ces glaciers sont probablement déjà engagés dans une instabilité dynamique déclenchée par une augmentation de la fonte sous leurs terminaisons flottantes. Ceci est le résultat d'un réchauffement de la Mer d'Amundsen, probablement lié à des changements de vent au dessus de l'Océan Austral.

Cette présentation fera le bilan des progrès récents en modélisation des interactions océan-glace sous les plateformes glaciaires de l'Océan Austral. L'effet des marées et des icebergs tabulaires sur la fonte sera quantifié. Enfin, les nouveaux développements proposés dans le projet ANR TROIS-AS (*Towards a Regional Ocean / Ice-Sheet / Atmosphere modeling System*) seront présentés.

Construction de températures de surface et de glaces de mer futures non biaisées : quelles méthodes ?

BEAUMET J.*, KRINNER G. *, DÉQUÉ M.**

* LGGE, Université Grenoble-Alpes ** CNRM, GMGEC, Météo-France

Abstract

Lors de la réalisation de simulations non couplées pour le climat futur, la communauté des modélisateurs se questionne rarement sur la validité des températures de surface de la mer (SST) et des concentrations en glace de mer (SIC) utilisées pour forcer leurs modèles. En effet, les données issues de modèles couplés océan-atmosphère montrent des biais déjà importants dans la modélisation de ces variables pour le climat présent. A partir d'observations pour le présent, de simulations historiques et de scénarios futurs fournis par les modèles couplés, des méthodes d'anomalies absolues, anomalies relatives, quantile-quantile... permettent de générer des SST et des concentrations en glace corrigées des biais présents dans les modèles couplés. Cette étude propose d'introduire ces méthodes et de présenter les résultats de leur évaluation après leur application sur la période couverte par les réanalyses ERA-Interim (1979-2014) et sur la fin du 21ème siècle via une approche de modèle parfait.

Introduction

Malgré leur influence capitale pour les échanges de chaleur et d'humidité entre l'océan et l'atmosphère et donc sur l'évolution des climats polaires, peu de recherches sont faites pour tester la validité des températures de surface (SST) et des concentrations en glace de mer (SIC) utilisées pour forcer les modèles non couplés lors de la réalisation de scénarios futurs. Or, les modèles couplés océans/atmosphère comportent des biais déjà importants pour le climat présent lorsque l'on compare leurs sorties aux observations de températures de surface et de glace de mer. De plus, la disparition de la banquise comporte des enjeux socio-économiques et environnementaux cruciaux, principalement en Arctique. Différentes méthodes, telles que les méthodes d'anomalies relatives ou absolues ou les méthodes quantile-quantile permettent, à partir des observations sur le climat présent et du signal de changement climatique entre le présent et un scénario futur fourni par un modèle couplé océan-atmosphère, de générer des champs de SST et de SIC en partie corrigés des biais initialement présents dans les données des modèles couplés.

Pour les températures de surface de la mer, nous introduisons et comparons une simple méthode d'anomalie absolue et une méthode quantile-quantile inspirée des travaux d'Ashfaq *et al.*, (2011). Pour la glace de mer, nous travaillons avec une méthode d'anomalie relative introduite par Krinner *et al.*, (2008), une méthode d'anomalie relative basée sur les quantiles inspirée à la fois des méthodes de Krinner *et al.*, (2008) et de Ashfaq *et al.*, (2011), et une méthode empirique proposée par le KNMI qui propose d'estimer les concentrations en glace de mer futures en se basant sur la relation entre les températures de surface de la mer et la concentration en glace. A partir d'observations sur le présent, des tables d'archives mensuelles sont créées séparément pour l'Arctique et l'Antarctique (Fig. 1) et les concentrations en glace de mer pour le climat futur sont ensuite obtenues à partir de ces archives et de données de SST futures fournies par un modèle couplé.

Observations et résultats

L'application de ces méthodes a été réalisée à l'aide des réanalyses ERA-Interim sur la

période 1979-2014 et des données de SST et de glace de mer du modèle CNRM-CM5 pour la même période ainsi que pour la fin du 21ème siècle (2079-2105) en utilisant les données du scénario RCP 8.5. La robustesse des méthodes a été testée via l'application de deux tests. Le premier utilise la première moitié de la série ERA-Interim (1979-1996) comme observations ou données d'apprentissage. Les différentes méthodes sont ensuite appliquées sur la seconde période (↵

1997-2014) et les résultats sont comparés aux observations sur cette même période. Le second test utilise l'approche « modèle parfait » pour lequel on considère que les données du modèle couplé pour le présent sont les observations. Après application des différentes méthodes en utilisant les données du modèle couplé issues de la simulation historique et du scénario RCP8.5, les résultats obtenus sont ensuite comparés aux données originales du modèle couplé pour cette même période.

Températures de surface de la mer :

L'application de deux test sur la méthode d'anomalie absolue a permis de tester la robustesse de la méthode, et a permis de reproduire des champs de SST identiques aux données originales que ce soit pour le présent (ERA-Interim) et pour le futur (CNRM-CM5, rcp 8.5). L'intérêt de présenter et discuter ces résultats est donc limité. Pour la méthode quantile-quantile, les résultats diffèrent quelque peu en raison d'un léger filtrage spatial appliqué à l'anomalie calculée par la méthode des quantiles afin de générer des champs de SST futurs physiquement consistants. Néanmoins, on peut observer que les valeurs de biais et erreurs quadratiques restent acceptables (Fig. 2) et se limitent aux zones qui présentent de forts gradients de SST ou de forts changements pour le climat futur (limites de la banquise ou courants marins).

Concentration en glace de mer :

La méthode semi-empirique utilisant les tables d'archivage créées à partir des observations permet, de manière générale, de reproduire avec précision les limite de la zone de banquise. Elle produit en revanche un champ de concentration en glace de mer qui paraît à première vue peu physique, avec une faible variabilité de la concentration de la glace de mer au sein de la zone de banquise (Fig. 3). Les biais et erreurs quadratiques engendrés par la méthode restent néanmoins acceptables et sont plus importants pour les régions aux marges de la zone de banquise (Fig. 4). Les méthodes d'anomalie relative ou quantile-quantile produisent des champs de glace de mer qui semblent à première vue plus physiquement consistants avec les observations (Fig. 5) et donnent des résultats semblables ou légèrement meilleurs en terme de biais et d'erreur quadratique pour la comparaison avec les données ERA-Interim pour le test sur le climat présent (Fig. 6). Pour la comparaison avec les données futures, ces méthodes semblent cependant éprouver des difficultés à reproduire des changements très importants dans certaines régions telles qu'en Mer de Weddel, Mer de Kara, ou dans l'Océan Arctique, au Nord des archipels de Svalbard et des Terres François-Joseph où les biais peuvent être conséquents (Fig . 7).

Discussion et conclusions

Les deux méthodes pour les températures de surface de la mer donnent des résultats très satisfaisants. La méthode quantile-quantile est censée être plus adaptée pour reproduire les caractéristiques d'un changement climatique qui affecterait de manière asymétrique les queues de distribution des valeurs de températures. Quelques tests supplémentaires sont nécessaires pour vérifier cette hypothèse. ↵

Les différentes méthodes pour la glace de mer donnent des résultats moins en accord avec les observations ou avec les données initiales des modèles. Elles possèdent chacune leurs

avantages et inconvénients. La méthode qui utilise les archives mensuelles créées à partir des observations possède l'avantage de recréer avec précision les limites de la zone de banquise mais engendre une distribution des concentrations peu en accord avec les observations au sein de cette zone de banquise. Les méthodes d'anomalie relative et quantile-quantile génèrent une distribution spatiale des concentrations en glace de mer plus en phase avec celle des observations, mais localement les biais peuvent être importants pour les régions qui subissent une forte diminution des concentrations en glace de mer dans un climat futur. Quelques recherches supplémentaires sont à mener afin de comprendre l'origine de ces biais et éventuellement affiner ces méthodes.

Références

Ashfaq, M., Skinner, C.B., and Diffenbaugh, N.S., 2011: Influence of SST biases on future climate change projection. *Climate Dynamics*. Doi:10.1007/s00382-010-0875-2

Krinner, G., Guicherd, B., Ox, K., Genthon, C., and Magand, O., 2008: Influence of oceanic boundary conditions in simulations of Antarctic climate and surface mass balance in the coming century. *Journal of Climate*, 21, 938-962.

Un nouveau modèle pour la déformation et dérive de la banquise

VERONIQUE DANSEREAU⁽¹⁾, JEROME WEISS⁽²⁾, PIERRE SARAMITO⁽³⁾

(1) Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement, CNRS UMR 5183, Université de Grenoble, Grenoble, France (2) Institut des Sciences de la Terre, CNRS UMR 5275, Université de Grenoble, Grenoble, France (3) Laboratoire Jean Kuntzmann, CNRS UMR 5224, Université de Grenoble, Grenoble, France

La fine couche de glace couvrant les océans polaires module très fortement les échanges entre l'océan et l'atmosphère. Une modélisation dynamique appropriée de cette banquise qui se fracture, se déforme et dérive sous l'effet du vent et des courants océaniques est essentielle pour : (1) prévoir avec fiabilité l'ouverture et l'état de routes maritimes, (2) évaluer les efforts mécaniques induits par les glaces sur les structures offshore et les navires, (3) prévoir l'évolution de son étendue estivale et hivernale en Arctique et en Antarctique, (4) estimer les conséquences climatiques et environnementales de cette évolution à court, moyen et long terme.

Les plate-formes de modélisation opérationnelles, basées sur une modélisation couplée océan-glace, ainsi que les modèles climatiques actuels utilisent le même schéma de modélisation mécanique des glaces de mer : la rhéologie visqueuse- plastique (VP) proposée à la fin des années 70. Or, de récentes analyses comparant les propriétés statistiques de la déformation de la banquise telle qu'estimée à partir des données satellitales et de bouées dérivantes en Arctique à celles des champs de déformation simulés par les modèles VP ont démontré que ce schéma rhéologique ne simule pas adéquatement le comportement dynamique des glaces. L'écart est d'autant plus important que les échelles temporelles et spatiales analysées sont fines, ce qui motive donc le développement de nouveaux cadres de modélisation mécanique de la banquise.

Dans cette optique, nous développons un cadre rhéologique alternatif, baptisé Maxwell-Élasto-Fragile (Maxwell-EB) dans le but de reproduire correctement la dérive et la déformation des glaces dans les modèles continus de la banquise, à l'échelle régionale et globale. Le modèle se base en partie sur un cadre de modélisation élasto-fragile utilisé pour les roches et la glace. Un processus de relaxation visqueuse est incorporé et permet la dissipation partielle des contraintes internes par le biais de déformations permanentes, possiblement grandes, le long de failles (ou "leads") lorsque la couverture de glace est fortement endommagée. Des simulations idéalisées ont permis de démontrer que la rhéologie Maxwell-EB reproduit les principales caractéristiques de la déformation de la banquise, c'est-à-dire sa localisation spatiale, son anisotropie et son intermittence, ainsi que les lois d'échelle qui en découlent. Ici, les résultats de simulations de l'écoulement de glace dans le détroit de Nares (Archipel Arctique Canadien) sont présentés et démontrent que le modèle simule également la formation de ponts (ou arches) de glace stables, tel qu'observé dans ce chenal, et reproduit la forte localisation des glaces les plus épaisses au sein de crêtes de compression.

Conférence invitée : Loïc Jullion

Evolution récente de l'Océan austral : observation, modélisation et processus mis en jeux.

Mediterranean Institute of Oceanography, Marseille, France.

La géométrie et la circulation de l'Océan Austral lui confèrent un rôle central dans la régulation climatique en contribuant à l'absorption d'environ 40% du carbone anthropique et 75% de l'excédent de chaleur par l'océan. D'une part, le Courant Antarctique Circumpolaire (ACC), connectant tous les bassins océaniques, et la circulation d'*overturning* (verticale), ventilant toutes les couches de l'océan, contrôlent la distribution et le transport de carbone, de chaleur, d'eau douce et de sels nutritifs. D'autre part, l'ACC agit comme une barrière au transport de chaleur depuis les basses latitudes vers le continent Antarctique modérant ainsi l'intensité de la fonte des plateformes glaciaires. La variabilité de cette circulation australe joue donc un rôle majeur dans la modulation des échanges air-mer de carbone et de chaleur ainsi que dans les variations du niveau de la mer.

Les recherches menées au cours de ces 20 dernières années ont considérablement modifié notre compréhension de l'Océan Austral notamment en soulignant 1) l'importance des processus à petite échelle (de la méso-échelle jusqu'aux échelles de la turbulence) et de la dynamique locale associée à la topographie dans le contrôle de l'ACC et de la circulation d'*overturning* ; 2) la présence d'une multitude de zones de formation d'eau modale, intermédiaire et de fond, toutes associées à des processus physiques différents et donc ayant des réponses différentes aux changements dans les forçages climatiques. Ces résultats soulignent le besoin de dépasser le cadre dynamique essentiellement 2D qui a longtemps prévalu et ayant permis de nombreuses avancées fondamentales dans notre compréhension de la circulation australe afin de mieux appréhender le rôle de ces processus locaux dans la structure thermohaline de l'océan austral, sa circulation et sa capacité à stocker et transporter le carbone, la chaleur, l'eau douce et les sels nutritifs.

Des observations (limitées) suggèrent que certains éléments de la circulation de l'Océan Austral sont en train de changer (réchauffement global des eaux circumpolaires incluant un réchauffement dramatique de certaines régions, changement dans la couverture de glace de mer, accélération de la fonte des plateformes glaciaires, baisse de la salinité des eaux côtières et des eaux de fond...) tandis que d'autres restent stables (intensité du courant circumpolaire). Mieux appréhender quels sont les processus à l'origine de ces changements (ou de l'absence de changement) est fondamental dans la perspective d'évaluer la capacité de l'Océan Austral à réguler les perturbations anthropiques. Dans cet exposé, nous passerons en revue les principaux changements observés dans la circulation de l'Océan Austral en se concentrant sur les processus gouvernant ces changements et les challenges inhérents à leur modélisation.

Circulation moyenne et activité tourbillonnaire sur le plateau Est-Antarctique au large de la Terre-Adélie

MARTIN A.*, HOUSSAIS M.-N.*

* Sorbonne Universités (UPMC, Université Paris 6)-CNRS-IRD-MNHN, Laboratoire LOCEAN-IPSL, 4, place Jussieu, F-75005 Paris, France

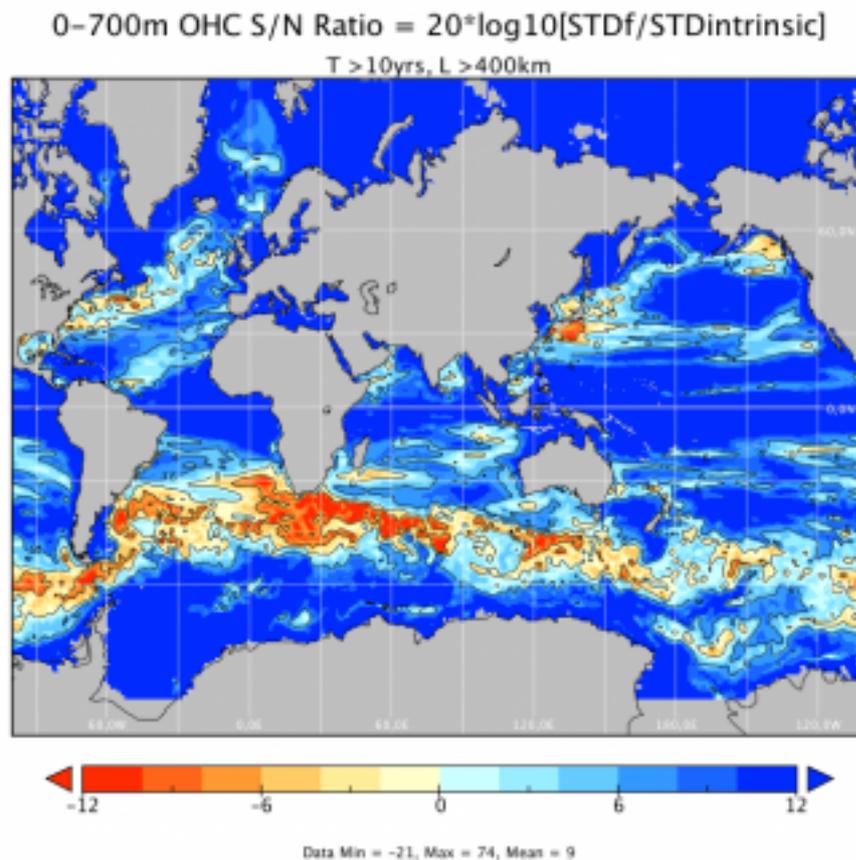
Abstract : Les polynies côtières au large de l'Antarctique de l'est sont à présent connues pour être une source importante d'eau Antarctique de Fond (AABW). Un schéma de la circulation moyenne pendant l'été sur le plateau Antarctique au large de la Terre-Adélie est présenté et remis dans un contexte saisonnier. Puis la variabilité du courant de la fréquence inertielle (13h) à l'échelle de temps saisonnière est décrite. A partir d'observations issues de mouillages (courant, température, salinité), un fort cycle saisonnier de l'intensité et de la structure du courant sur le plateau Adélie est mis en évidence. Au cours de la période froide et plus énergétique, dans le contexte de mélange vertical profond, pour la première fois sur le plateau Antarctique au large de la Terre-Adélie, des tourbillons cohérents de sous méso-échelle (SCV) sont observés. Les SCV sont connus pour être très efficaces dans le transport de traceurs loin de la région source et peuvent donc impacter la formation d'AABW.

Low-frequency chaos generated by the Southern Ocean : potential impacts.

PENDUFF T.*, LEROUX S.*, SÉRAZIN G.* **, GRÉGORIO S.*, BESSIÈRES L.**,
BARNIER B.*, MOLINES J.M.*, TERRAY L.**
* LGGE, Grenoble ** CERFACS, Toulouse

Abstract Unlike laminar ocean models, turbulent ocean models spontaneously generate a chaotic variability reaching multi-decadal/basin scales. How this low-frequency chaos impacts climate-relevant oceanic indices is an important unsettled question. In the framework of the OCCIPUT project, we have performed a 50-member ensemble of $1/4^\circ$ global ocean/sea-ice hindcasts: the members are driven over 1960-2015 by the same reanalyzed atmospheric forcing after a slight initial perturbation. The chaotic variability (ensemble spread) has a strong imprint on major oceanic indices (AMOC, heat content, SSH, etc), reaches basin-scales and multi-decadal scales, and often exceeds the variability that is directly driven by the atmosphere. These results raise important issues about the detection/attribution of climate change in the ocean, the imprint of the atmosphere on the ocean variability, and the potential impact of this low-frequency chaos on the atmosphere.

Observations et résultats



Ratio (in dB) of the atmospherically-forced variability over the chaotic variability of 0-700m oceanic heat content, at time scales longer than 10 years and space scales larger than 400 km. Negative values (yellow and red) correspond to a predominantly chaotic variability (-6 dB : chaotic equals twice the forced component).

This figure shows that along most of the Antarctic Circumpolar Current, the decadal variability of the upper ocean heat content is mostly due to oceanic chaos, with a secondary contribution of the atmospheric forcing.

Références

Penduff, T., B. Barnier, L. Terray, L. Bessières, G. Sérazin, S. Gregorio, J.-M. Brankart, M.-P. Moine, J.-M. Molines, and P. Brasseur, 2014 : Ensembles of eddy ocean simulations for climate. CLIVAR Exchanges, Special Issue on High Resolution Ocean Climate Modelling, 65, Vol 19 No.2, July 2014.

Conférence invitée : Elisabeth Michel

Océan Austral : apport des études paléoclimatiques depuis le dernier maximum glaciaire

ELISABETH MICHEL¹, GIUSEPPE SIANI², ALAIN MAZAUD¹, CLAIRE WAELBROECK¹, MARTINE PATERNE¹, STEPHANIE DUCHAMP-ALFONSE²...ET LA COMMUNAUTE PALEO

¹ LSCE, Gif/Yvette

² GEOPS, Orsay

Lors des cycles glaciaires- interglaciaires les changements climatiques sont accompagnés de modifications importantes du cycle du carbone avec un transfert du carbone atmosphérique vers l'océan. Les études paléoclimatiques concernant la circulation océanique se sont d'abord focalisées sur l'Atlantique Nord, zone de formation des eaux profondes, et ont également indiqué de grands changements de la circulation océanique.

L'océan austral étant le lieu privilégié des contacts entre l'atmosphère et l'océan profond, un effort particulier ces dix dernières années a permis d'obtenir des enregistrements sur l'évolution de cet océan au cours de la dernière transition glaciaire-interglaciaire, c'est à dire depuis 20 à 25 000 ans. Certaines zones restent encore très peu documentées. Les enregistrements obtenus concernent aussi bien la circulation océanique que la productivité biologique dans l'océan Austral. Ils proviennent des sédiments marins, avec les problèmes de chronologie que cela implique, ou bien des coraux profonds qui permettent d'accéder à des enregistrements ponctuels mais bien datés. Ces enregistrements indiquent des changements rapides et répétés de la circulation océanique, probablement pilotés par l'évolution des vents d'Ouest et des tendances à plus long terme. La productivité répond aux changements de circulation à court terme et indique également une tendance à plus long terme, probablement pilotée par l'enrichissement en fer des eaux de surface. Un aperçu des connaissances et des controverses de ces dernières années sera présenté en gardant à l'esprit les limitations des différents traceurs utilisés.

Variations du courant circum-antarctique (ACC) et de l'océan austral dans le secteur Kerguelen lors de la dernière déglaciation et des derniers cycles climatiques

MAZAUD A.* , MICHEL E.* , CROSTA X.** , BOUT-ROUMAZEILLE V.*** , JACCARD S.**** , STUDER A.S.*****

*LSCE-IPSL, CEA-CNRS-UVSQ, Avenue de la Terrasse, 91198 Gif-sur-Yvette Cedex, France. **EPOC, Université Bordeaux 1, Avenue des facultés, F-33405, Talence Cedex France. ***Geological Institute, ETHZ Sonneggstr. 5, CH-8092 Zurich, Switzerland ****Géosytèmes, Université Lille 1, 59655 Villeneuve d'Ascq France *****Princeton University, NJ 08544, USA.

Abstract L'objectif des campagnes océanographiques IndienSud à bord du Marion Dufresne dans le secteur des Kerguelen est de documenter la variabilité passée de l'océan austral dans ce secteur, en particulier celle du courant circum Antarctique (ACC), avec un focus sur la dernière déglaciation. Les comparaisons avec les enregistrements obtenus dans d'autres régions du globe permettent d'examiner les mécanismes climatiques mis en jeu, en particulier les relations de phase entre océan et atmosphère, aux échelles régionale et globale. Les variations passées de l'ACC sont examinées en utilisant les méthodes du magnétisme environnemental qui tracent les variations passées de la quantité et de la taille des grains magnétiques transportées par ce courant. Les isotopes de l'oxygène et les assemblages de foraminifères tracent les changements hydrologiques et de température. Une chronologie précise est en cours d'obtention, à partir de datations radiocarbone, complétées par des corrélations régionales

Retour sur la campagne de carottages lacustres de l'été 2014-2015 à Kerguelen

ARNAUD F.*, FANGET B.*, MALET E.*, POULENARD J.*, STØREN E.** , LELOUP A.*, BAKKE J.** , SABATIER P.*

* Environnements, Dynamiques et Territoires de la Montagne (EDYTEM), CNRS, Université Savoie Mont Blanc ** Department of Earth Science, University of Bergen and Bjerknes Centre of Climate Research

Abstract : La reconstitution de la variabilité holocène des westerlies austraux reste un défi scientifique que peu d'archives permettent de relever sur la bande de latitude autour de 50°S allant de la Géorgie du Sud à la Tasmanie. L'archipel de Kerguelen et sa kyrielle de lacs présentant des configurations sédimentologiques variées offre cette possibilité. Nous y avons donc mené en novembre-décembre 2014 une campagne intensive (programme IPEV 1094 "PALAS") afin de prélever des séquences sédimentaires holocènes susceptibles d'avoir enregistré : i) la décharge détritique des rivières, ii) les apports d'aérosols marins, iii) les fluctuations des glaciers, trois proxies potentiels de l'intensité des westerlies, par ailleurs indépendants les uns des autres. Dans cette présentation, nous reviendrons sur les hypothèses de travail du programme PALAS, présenterons les premiers résultats de l'étude des carottes sédimentaires et ouvrirons des pistes pour la poursuite de cette étude.

Introduction

Recent paleo-studies revealed climatic southern high latitude climate evolution patterns that are crucial to understand the global climate evolution^{1,2}. Among others the strength and north-south shifts of westerlies wind appeared to be a key parameter³. However, virtually no lands are located south of the 45th South parallel between Southern Georgia (60°W) and New Zealand (170°E) precluding the establishment of paleoclimate records of past westerlies dynamics. Located around 50°S and 70°E, lost in the middle of the sub-Antarctic Indian Ocean, Kerguelen archipelago is a major, geomorphologically complex, land-mass that is covered by hundreds lakes of various sizes. It hence offers a unique opportunity to reconstruct past climate and environment dynamics in a region where virtually nothing is known about it, except the remarkable recent reconstructions based on Lateglacial peatbog sequences⁴.

During the 2014-2015 austral summer, a French-Norwegian team led the very first extensive lake sediment coring survey on Kerguelen Archipelago under the umbrella of the PALAS program supported by the French Polar Institute (IPEV). Two main areas were investigated : i) the southwest of the mainland, so-called Golfe du Morbihan, where glaciers are supposed to have disappeared since the early Lateglacial and ii) the northernmost Kerguelen mainland peninsula so-called Loranchet, where cirque glaciers are still present. This double-target strategy aims at reconstructing various independent indirect records of precipitation (glacier advance, flood dynamics) and wind speed (marine spray chemical species, wind-borne terrigenous input) to tackle the Holocene climate variability.

Observations et résultats

Despite particularly harsh climate conditions and difficult logistics matters, we were able to core 6 lake sediment sites : 5 in Golfe du Morbihan and one in Loranchet peninsula. Among them two sequences taken in the 4km-long Lake Armor using a UWITEC re-entry piston coring system by 20 and 100m water-depth (6 and 7m-long, respectively). One sequence from the newly-named Lake Tiercelin (2m-long) was recovered using UWITEC gravity coring equipment operated from a portable rubber boat by 54m water-depth. Those three sequences cover the whole Holocene periods. The 3m-long sequence taken in Lake Guynemer, Loranchet peninsula, was taken using a homemade small platform and a Nesje piston corer by 50m water-depth and covers the last 5 ka cal. BP. Two additional lakes were cored in the vicinity of Lake Armor : Fougères and Poule from which short sequences were taken in order to study environmental changes since the arrival of humans in the 18th century and the subsequent introduction of exogenous plant and animal species. ↩

We present here preliminary results including the dating of sediment sequences as well as their chemical logging and sedimentological description. This already revealed the recurrence of Holocene volcanic eruptions as well as erosion patterns that are comparable among different records.

Discussion et conclusions

The recognition of tephra layers will further allow the synchronization of terrestrial records together and with marine records around Kerguelen Archipelago. Paleoclimate interpretations of acquired data as well as further measurements are still ongoing processes. However, one may already argue that we collected rare geological sequences of prime importance in the quest of understanding climate patterns affecting the southern high latitudes all along the Holocene.

Références

1. Lamy, F. et al. in *Integrated Analysis of Interglacial Climate Dynamics (INTERDYNAMIC)* (eds. Schulz, M. & Paul, A.) 75–81 (Springer International Publishing, 2015)
2. Rebolledo, L. et al. Late Holocene precipitation variability recorded in the sediments of Reloncaví Fjord (41°S, 72°W), Chile. *Quat. Res.* 84, 21–36 (2015).
3. Agosta, E., Compagnucci, R. & Ariztegui, D. Precipitation linked to Atlantic moisture transport: clues to interpret Patagonian palaeoclimate. *Clim. Res.* 62, 219–240 (2015).
4. Van der Putten, N. et al. The Last Termination in the South Indian Ocean: A unique terrestrial record from Kerguelen Islands (49°S) situated within the Southern Hemisphere westerly belt. *Quat. Sci. Rev.* 122, 142–157 (2015).

Conférence invitée : Stéphane Blain

Flux de carbone dans les écosystèmes marins de l'Océan Austral.

STEPHANE BLAIN

Laboratoire d'Océanographie Microbienne, UMR CNRS 7621, Banyuls sur Mer.

Les flux de carbone sont des processus clef intervenant à la fois dans un contexte climatique (pompe biologique de CO₂) et dans le contrôle de la structure des écosystèmes incluant les ressources marines et les grands prédateurs. Dans les deux cas, le phytoplancton y joue un rôle central puisqu'il est l'unique point d'entrée du carbone dans le système. Le phytoplancton est également particulièrement sensible aux conditions environnementales. Le changement climatique en cours, dont certains effets sont déjà mesurables dans l'Océan Austral, devrait donc significativement affecté les flux de carbone biologique dans cette océan avec de possibles importantes conséquences à la fois en termes de rétroaction climatique et de structure des écosystèmes. Cette présentation a pour objectif d'illustrer certains de ces aspects à partir de quelques exemples.

Relation entre facteurs abiotiques et production primaire autour de l'archipel de Crozet

DA SILVA O.* **, LO MONACO C.*, COTTÉ C.*, D'OVIDIO F.*, MIGNARD C.** ***, KOUUBI P.***

* LOCEAN, Sorbonne Universités (UPMC)-CNRS-IRD-MNHN, 4 place Jussieu, 75005 Paris, France ** Terres Australes et Antarctiques Françaises, Rue Gabriel Dejean, 97410 Saint-Pierre, île de la Réunion *** BOREA, MNHN-CNRS 7208-UPMC-IRD 207-UCN-UA, 43 rue Cuvier, 75005 Paris, France

Abstract : La région de Crozet, dans le secteur indien de l'océan austral, est située entre le front subantarctique (FSA) et le front polaire. L'océan austral est la plus grande zone High Nutrient Low Chlorophyll. Néanmoins, deux blooms phytoplanctoniques ont lieu chaque année au nord de l'archipel de Crozet, un principal en octobre et un secondaire en janvier. La production primaire est contrôlée par les facteurs abiotiques tels que la circulation de surface à l'origine d'un enrichissement en fer, dont la disponibilité limite la croissance phytoplanctonique. Cette étude a pour objectif de documenter la dynamique spatio-temporelle du phytoplancton en lien avec les caractéristiques physiques et biogéochimiques de la zone à partir des données in-situ et satellites disponibles. Elle s'inscrit dans le cadre du projet CROMEBA (Crozet Marine Ecosystem Based Approach) et vise, dans un but de conservation, à définir des régions basées sur les facteurs abiotiques qui contrôlent la production primaire.

Approche écosystémique de l'écosystème marin de Crozet

MIGNARD C.**, KOUBBI P.*, MEMBRES DU PROJET CROMEBA * **

* UMR BOREA ** RNN TAAF *** LOCEAN, CEBC

Abstract : Le projet CROMEBA s'intéresse aux écosystèmes marins des îles Crozet et consiste en la mise en place d'une approche écosystémique de l'environnement marin. Il s'agit de définir à plus fine échelle spatiale les zones remarquables en termes de biodiversité afin de proposer de nouvelles mesures de conservation. Ce projet est à la fois lié aux objectifs de la CCAMLR concernant l'établissement d'un réseau représentatif d'AMP dans l'Océan Austral, mais répond également à la volonté de la France d'étendre la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises dans les ZEE australes. Nos recherches sur Crozet ont pour principal objectif de donner des orientations scientifiques afin d'étendre l'actuelle réserve naturelle marine dont la gestion a été confiée aux TAAF. En effet, les objectifs finaux sont d'étendre le périmètre de la réserve marine des Terres Australes Françaises - actuellement de 15700km²- à 550000 km². Notre approche est basée sur l'éco-régionalisation de l'environnement.

Jeudi 26 mai 2016

First evidence of glacier extent in Kerguelen region over the last 23 000 years constrained by ^{36}Cl moraine dating.

JOMELLI V*, MOKADEM F.*, SCHIMMELPFENNIG I.**, FAVIER V.***, CHAPRON E.****, SWINGEDOUW D.*****, VERFAILLIE D.***, BRUNSTEIN D.*, RINTERKNECHT V.*, LEGENTIL C.*

*Université Paris 1 Pantheon-Sorbonne, UMR8591 CNRS Laboratoire de Géographie Physique, 92195 Meudon, France ** UM 34 CEREGE, 13545 Aix-en-Provence, France. ***Univ. Grenoble Alpes, LGGE, F-38041 Grenoble, France, CNRS,F-38041 Grenoble, France ****Laboratoire GEODE UMR 5602 CNRS-Université Toulouse Jean Jaurès 31058 Toulouse Cedex 9 ***** EPOC, Université Bordeaux 1, Allée Geoffroy Saint-Hilaire, Pessac 33615, France.

Abstract : Glaciers in subantarctic regions are currently retreating. In Kerguelen Islands the large Cook ice cap revealed a recent dramatic melting and need to be put into a long-term context. However data on the past extent are sparse in subantarctic regions. Here we present the first 13 cosmogenic ^{36}Cl surface exposure ages from four sites in Kerguelen Island. The ages from erratic and moraine boulders span from 23 to 0.3 ^{36}Cl kyr. Combined with bathymetric data we document the temporal and spatial changes of Cook ice cap. Ice has begun to retreat on the main island before 23 kyr until around the time of the Antarctic Cold Reversal period during which glaciers readvanced. Deglaciation continued during the Holocene with evidences of minor advances during the last millennium. Our results imply that the current retreat rate is the highest at least since the late glacial. We suspect precipitation changes were the main driver of CIC and suggest it was due to a southward shift of the storm track.

The ocean mixed layer under Southern Ocean sea-ice : seasonal cycle and forcing

PELLICHERO V. *, SALLÉE JB.*, SCHMIDTKO S.** , ROQUET F.***, CHARRASSIN JB.*

* Sorbonne Universités, UPMC Univ., Paris 06, LOCEAN-IPSL, Paris, France ** GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research, Kiel, Germany *** Department of Meteorology (MISU), Stockholm University, Sweden

Abstract : The mixed-layer at the surface of the ocean is the gateway for all exchanges between air and sea. A vast area of the Southern Ocean is however seasonally capped by sea-ice, which alters this gateway and the characteristic the ocean mixed-layer. However, the structure and characteristics of the mixed layer, as well as the processes responsible for its evolution, are poorly understood due to the lack of in-situ observations and measurements. In this study, we combine a range of distinct sources of observation to overcome this lack in our understanding of the Polar Regions. Working on Elephant Seal-derived data as well as ship-based observations and Argo float data, we describe the seasonal cycle of the characteristics and stability of the ocean mixed layer over the entire Southern Ocean, and specifically under sea-ice. We then investigate how the stratification at the base of the mixed-layer is seasonally eroded by a combination of ocean processes and ocean-ice-atmosphere processes.

SESSION : Quelles recherches à Concordia ? Catherine RITZ

CALVA et APRES3 : Comment la calotte Antarctique se nourrit elle ?

CHRISTOPHE GENTHON *, C. C. AMORY *, H. BARRAL *, V. FAVIER *, C. PALERME *, L. PIARD *, D. SIX *, E. VIGNON *, J.-B. MADELEINE **, LE CONSORTIUM APRES3 ***

* Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement, CNRS / UGA, Grenoble.

** Laboratoire de Météorologie Dynamique, CNRS / ENS / X / UP6, Paris. ***

apres3.osug.fr

Abstract : C'est l'équivalent en eau de 6 mm de niveau global des mers qui vient chaque année s'accumuler à la surface de la calotte Antarctique. La quantité nette est approximativement connue, mais dans le détail comment la calotte se nourrit elle ? Quels sont les processus atmosphériques déterminants ? Combien de neige tombe sur l'Antarctique, combien s'évapore, quel est le rôle de la neige soufflée ? Les caractéristiques particulières de l'atmosphère à l'interface avec la calotte de glace sont rares ou inexistantes ailleurs, et par conséquent méconnues ou mal traitées dans les modèles. La vérification des modèles climatiques prédisant l'évolution de la calotte, et sa contribution au futur niveau des mers, impose que ces processus soient documentés et quantifiés. Les programmes CALVA et APRES3 ont pour objectif de mieux cerner ces processus et contributions au bilan de masse de surface de la calotte.

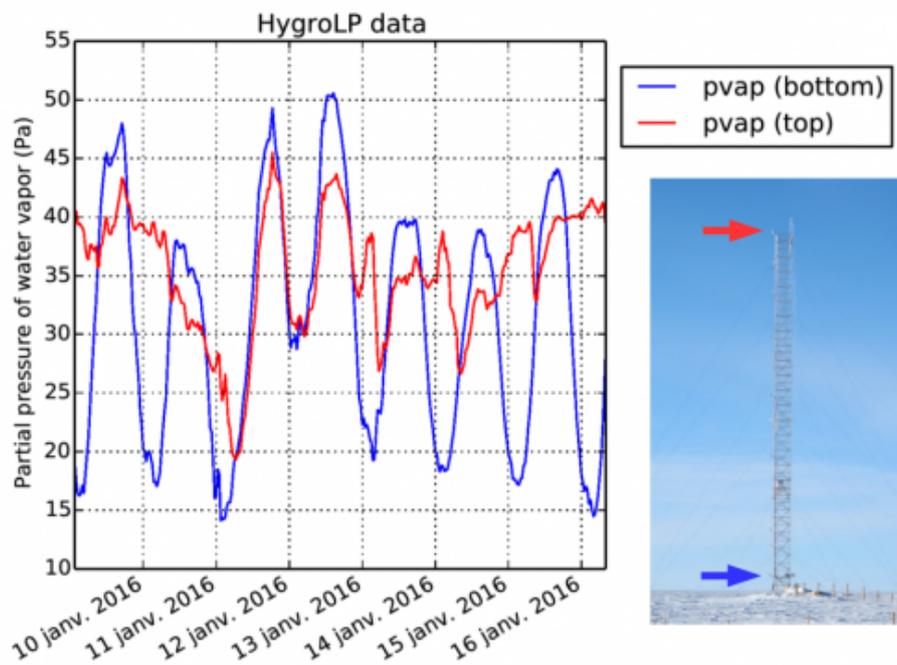
Sursaturation et précipitation à Dôme C : observations et comparaison au modèles climatiques LMDz et MAR

MADELEINE J.-B.*, GENTHON C.**, PIARD L.**, GALLÉE H.**, KRINNER G.**,
VIGNON E.**, CLAUD C.*, PALERME C.**

* Laboratoire de Météorologie Dynamique (Paris) ** Laboratoire de Glaciologie et de Géophysique de l'Environnement (Grenoble)

Abstract : Dans le cadre des programmes CALVA et APRES3, de nouvelles mesures ont été réalisées lors de la campagne d'été austral 2015-2016 à Dôme C. Des mesures d'humidité ont d'abord été réalisées à deux niveaux de la tour météorologique à 3 m et 40 m et permettent de documenter le gradient vertical d'humidité et de mieux comprendre le couplage avec la surface et la dynamique de la couche limite. Ces hygromètres quantifient aussi la sursaturation par rapport à la glace et améliorent notre compréhension de la microphysique à Dôme C. Un second instrument permettant de mesurer la précipitation (« TPS » pour Total Precipitation Sensor) a été installé et les premières mesures sont en cours d'analyse. L'ensemble de ces mesures sera présenté et mis en perspective à la lumière des autres instruments du programme CALVA ainsi que des résultats des modèles climatiques français LMDz et MAR. Ces modèles seront également comparés à la précipitation à l'échelle du continent observé par le radar CloudSat.

Observations et résultats



Exemple de mesure de la pression partielle en vapeur d'eau lors de la première semaine de fonctionnement simultané des deux hygromètres à sursaturation de Dôme C. Le signe du gradient vertical d'humidité présente un fort cycle diurne et nous renseigne sur les apports locaux ou synoptiques de vapeur d'eau et sur la dynamique de la couche limite.

The observatory seismological program in the French Austral and Antarctic Territories

ZIGONE D.*, MAGGI A.*, BES DE BERC M.*, SAYADI J.*, THORÉ J-Y.*, BERNARD A.*, LÉVÊQUE J-J.*, GOMBERT B.*

Institut de Physique du Globe de Strasbourg, Ecole et Observatoire des Sciences de la Terre, Université de Strasbourg, CNRS, Strasbourg, France.

Abstract : The main objective of the Antarctic seismological program is the continuous, high-resolution observation of ground motion, in the generally under-sampled high latitudes of the southern hemisphere. The program maintains and operates 5 seismic stations on all 4 districts serviced and supported by IPEV (Crozet, Kerguelen, St Paul and Amsterdam and Terre Adélie) and also at Concordia (serviced and supported jointly by IPEV and PNRA). The stations are equipped with three component very broadband seismometers (STS1, T240, STS2) and 24 or 26 bit digitizers (Q330HR). All stations send data in real time to the GEOSCOPE data center in Paris, which transmits them automatically to other data centers (IRIS and RESIF). Our data contribute equally to global and regional tomographic studies, to seismicity studies, and to studies of microseismic noise. Real-time data from our sub-Antarctic stations are used for tsunami warning alerts in the Indian Ocean, for which they are particularly valuable.

Introduction

The main objective of the sub-Antarctic and Antarctic seismological program is the continuous, broad-band, high-resolution observation of ground motion, especially in the generally under-sampled high latitudes of the southern hemisphere. The program maintains and operates 6 seismic stations on all 4 districts serviced and supported by IPEV (Crozet, Kerguelen, St Paul and Amsterdam and Terre Adélie) and also at Concordia (serviced and supported jointly by IPEV and PNRA, and regarding which we collaborate closely with our colleagues at INGV-Rome and INGV-Bologna).

Observations et résultats

The seismic stations are equipped with three component very broadband seismometers (STS1, T240 or STS2) and 24 or 26 bit digitizers (Q330HR). Seismometers are installed with warpless base plates, which decrease long period noise on horizontal components by up to 15dB. All stations send data in real time to the GEOSCOPE data center, which transmits them automatically to other data centers (IRIS and RESIF) and tsunami warning centers. ↩

The waveform data are technically validated in Strasbourg in order to check their continuity and integrity. Scientific data validation is also performed by analyzing seismic noise level of the continuous data and by comparing real and synthetic earthquake waveforms (body waves). After these validations, data are archived by the GEOSCOPE data center in Paris. They are made available to the international scientific community through different interfaces (see details on <http://geoscope.ipgp.fr>). Data are duplicated at the IRIS-DMC data center and a similar duplication at the French national data center RESIF will be operational in 2016.

Discussion et conclusions

The highly strategic location of our seismological observatories in the French Austral and Antarctic Territories (TAAF) and on the Antarctic plateau, i.e. in critically under-sampled regions of the southern hemisphere, is one of the intrinsic strengths of our observatory program. Our data contribute equally to global and regional tomographic studies, to seismicity studies, and to studies of microseismic noise. Real-time data from our sub-Antarctic stations are used for tsunami warning alerts in the Indian Ocean, for which they are particularly valuable. Our goals are to maintain or improve the quality of the data, to improve the robustness of the data recording and distribution procedures, and to increase their national and international utilization.

Cartographie du flux géothermique à Dôme C

PASSALACQUA O.*, RITZ C.**, PARRENIN F.**

*Univ. Grenoble Alpes, Laboratoire de glaciologie et géophysique de l'environnement, F-38401 Grenoble. **CNRS, Laboratoire de glaciologie et géophysique de l'environnement, F-38041 Grenoble.

Abstract : La recherche d'une archive glaciaire d'un million d'années en Antarctique est un des enjeux qui mobilise fortement la communauté des carottes de glace. L'archivage sur de telles périodes n'est possible qu'en l'absence de fusion basale, qui dépend principalement de deux facteurs : l'épaisseur de glace, et le flux géothermique. Ce dernier est très mal connu sur le plateau antarctique. Nous utilisons ici des données radar pour distinguer les zones où le socle est humide de celles où il est sec, dans la région de Dôme C, où plusieurs sites seraient propices à l'archivage. Puis, en modélisant la température de la glace sur 800 000 ans, on déduit par inversion la valeur du flux géothermique pour des zones présentant une corrélation entre épaisseur et réflectivité au socle. Sur la zone d'étude, les valeurs du flux géothermique vont de 51 à 60 mW/m², selon un gradient nord-sud. De telles valeurs sont suffisamment basses pour que la fusion basale soit nulle ou bien très faible.

**Recherche d'un site de forage pour obtenir de la glace très ancienne.
Description d'un travail collaboratif modèle-données dans les environs de
Concordia.**

RITZ C. *, PASSALACQUA O. *, PARRENIN F.* ET LE GROUPE DE
RECONNAISSANCE DOME C.

* LGGE Grenoble

Abstract : Obtenir un enregistrement du climat et des gaz à effet de serre sur 1.5 millions d'années est un objectif majeur de la communauté internationale travaillant sur les forages glaciaires (IPICS). Il y a un consensus sur le fait qu'un tel site pourrait se trouver sur le plateau Antarctique et que la région de Concordia fait partie des quelques candidats possibles. L'analyse des données existantes a permis de sélectionner une sous-région d'intérêt (appelée "Little Dome C") à environ 40 km de Concordia. Nous présentons ici les mesures de terrain qui ont été effectuées ou qui sont prévues pour les prochaines années dans le cadre d'un projet Européen récemment soumis (Beyond Epica Oldest Ice) : radar, température dans la glace, vitesses. Nous décrivons aussi la méthode que nous prévoyons d'utiliser pour intégrer ces mesures hétérogènes dans un cadre de modélisation de l'écoulement afin de définir un site optimal.

Etudes de l'environnement radiatif atmosphérique basées sur un réseau de spectromètres neutrons opérant au Pic-du-Midi de Bigorre et à Concordia

HUBERT G.*

* ONERA, Département Environnement Spatial

Abstract : La connaissance de l'environnement radiatif naturel (ERN) atmosphérique est un enjeu important pour la maîtrise des risques SEE (effets sur les électroniques), pour l'évaluation des doses reçues par les personnels navigants (effets biologiques), et peut apporter une contribution significative aux problématiques et enjeux posés par le space weather. Le projet CHINSTRAP, en phase opérationnelle depuis 2015, a pour objectif d'installer et d'exploiter un spectromètre neutron à CONCORDIA. L'objectif de cette présentation sera de discuter les premiers résultats obtenus depuis décembre 2015 (ERN, dosimétrie pour les personnels etc). Des analyses couplant les mesures multi sites (Pic du Midi, Pico dos Dias) et associant la modélisation des douches cosmiques seront présentées.

Introduction

L'ONERA mène une activité de recherche sur la caractérisation et l'étude de l'ERN atmosphérique depuis 2007. La première phase a consisté à développer un spectromètre neutron étendu aux hautes énergies (du milli au giga eV), exploité au Pic du Midi de Bigorre (Observatoire Midi Pyrénées) depuis Mai 2012. Ces mesures et analyses permettent d'une part d'étudier les variations saisonnières de l'ERN atmosphérique, et d'autre part d'étudier les décroissances Forbush consécutives aux éruptions solaires [1][2]. Un second spectromètre opère au Pico dos Dias (Brésil, IEAv) depuis Février 2015. ↩

Afin d'approfondir l'analyse de l'ERN et d'assimiler ces mesures dans un formalisme théorique, une plateforme nommée ATMORAD [1] a été développée en 2014. Cette plateforme est basée sur la modélisation d'une part des cosmiques primaires (modèle basé sur l'approximation du champ de force) et d'autre part des douches cosmiques dans l'atmosphère (GEANT4). Le couplage d'ATMORAD et du réseau de spectromètre neutron permet de proposer un modèle d'ERN atmosphérique global restituant les environnements neutron, proton et muon (assimilation de données). Ainsi, une première étude a démontré la faisabilité de déduire la modulation du potentiel solaire à partir de nos mesures en altitude [1].

Observations et résultats

Les deux premières stations ont des latitudes relativement moyennes (respectivement 22° et 42°), limitant considérablement le champ d'investigation, particulièrement en cas d'éruption solaire. Les environnements polaires sont très attrayants pour la mesure de l'ERN atmosphérique, et du fait de son altitude, le pôle sud constitue un site exceptionnel. ↩

L'objectif du projet CHINSTRAP (projet IPEV n° 1112), en phase opérationnelle depuis 2015, est donc d'installer et d'exploiter un troisième spectromètre neutron à la station Concordia en Antarctique (voir Figure1). Les caractéristiques uniques du site (haute altitude et proximité du pôle géomagnétique) permettent des mesures à long terme dédiées à l'étude de la dynamique de l'ERN atmosphérique complétant les mesures effectuées simultanément au Pic-du-Midi et au Pico-dos-Dias. ↩

Le spectromètre a été installé en décembre 2015. Les premières mesures et analyses

permettent déjà d'apporter des éléments quantitatifs sur la composition et la dynamique du champ neutronique. Le flux moyenné sur la période décembre 2016 - mai 2016 est de l'ordre de 0.16 neutron /cm²/s. La figure 2 montre la dynamique du flux de neutron entre janvier et avril 2016. Ces premiers résultats ont permis d'une part de quantifier les doses reçues par les personnels séjournant à Concordia, et d'autre part d'investiguer la sensibilité des technologies nanométriques en environnement polaire. ↵

Par ailleurs, les premières corrélations entre les mesures réalisées au Pic-du-Midi et celles réalisées à Concordia en période de faible activité solaire (cad pas d'évènement éruptif) ont été menées grâce à la modélisation des douches cosmiques (ATMORAD). Une conséquence directe de ce résultat est qu'il est possible par assimilation de données de proposer un modèle global spécifiant l'ERN atmosphérique et tenant compte du potentiel solaire.

Discussion et conclusions

Bien que nous ne bénéficions que de 4 mois de mesures à Concordia, les premières analyses enrichissent considérablement notre capacité d'étudier l'ERN atmosphérique. L'objectif à moyen/long terme sera très clairement d'étudier de manière simultanée et couplée l'impact des éruptions solaires sur la dynamique du spectre neutron dans les trois stations hautes altitudes. ↵

Les premiers résultats font l'objet de deux soumissions d'article [3][4] et d'une présentation au NSREC 2016 [5]



Figure 1 : Vue du spectromètre neutron installé à Concordia en décembre 2015

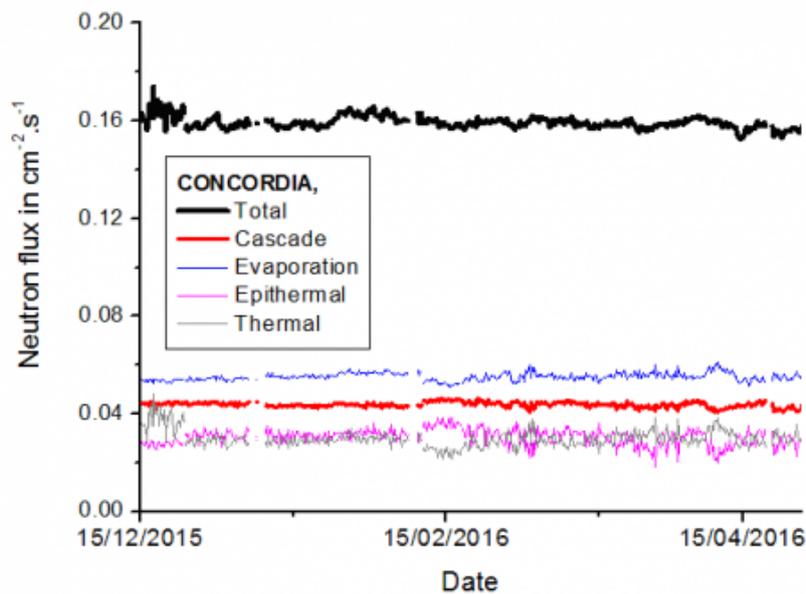


Figure 2 : dynamique du flux de neutron mesuré à Concordia entre janvier et avril 2016.

Références

- [1] G. Hubert and A. Cheminet, "Radiation Effects Investigations Based on Atmospheric Radiation Model (ATMORAD) Considering GEANT4 Simulations of Extensive Air Showers and Solar Modulation Potential", RADIATION RESEARCH 184, 83–94 (2015)
- [2] G. Hubert, C. Federico, M. Patzianotto and O. Gonzales, "Long and short-term Atmospheric Radiation analyses based on coupled Measurements at High Altitude remote Stations and extensive Air Shower modeling", ASTROPARTICLE PHYSICS (2015).
- [3] G. Hubert, "Seasonal variations of cosmic-ray-induced atmospheric neutron at high-altitude Mountain in medium geomagnetic latitude and Antarctica environment", submitted to IEEE Transaction Nuclear Science, 2016.
- [4] G. Hubert, "Secondary Cosmic Ray Neutron Analyses based on neutron spectrometers operated simultaneously at medium latitude and high altitude Antarctica station", en redaction, ASTROPARTICLE PHYSICS (2016)
- [5] G. Hubert, "Seasonal variations of cosmic-ray-induced atmospheric neutron at high-altitude Mountain in medium geomagnetic latitude and Antarctica environment", Nuclear and Space Radiation Effects Conference, Portland, July 2016.

L'astronomie à Concordia : passée et future

ISABELLE VAUGLIN* ET ERIC FOSSAT**, LANGLOIS M.*, MORETTO G.*, ABE L.**, ARISITIDI E.**, AGABI K.**, CARBILLET M.**,

* CRAL - UMR5574, Observatoire de Lyon, UCB Lyon1 ** Laboratoire Lagrange, Observatoire de Nice

Abstract : La base de Concordia au DômeC possède des qualités remarquables pour l'astronomie au sol. La présentation commencera par un exposé des recherches qui se sont déroulées à Concordia et ont abouti à la mise en évidence des qualités atmosphériques du site pour l'astronomie. Dans une deuxième partie, les programmes actuels et les projets de développements d'instrumentation astronomique seront présentés.

SESSION Géosciences – Jérôme Bascou

Établissement de la première chronologie Holocène des éruptions dans l'archipel des Kerguelen

LELOUP BESSON A.*, SABATIER P.*, MOINE B. **, POULENARD J.*, MALET E.*, FANGET B.*, DEVELLE A.L.* STOREN E.*** ****, BAKKE J.*** ****, ARNAUD F.*

* Université de Savoie, Laboratoire Environnement Dynamiques et Territoire de Montagne, CNRS, UMR 5204, Le Bourget du Lac, France ** Université de Lyon, Laboratoire Magmas et Volcans CNRS UMR 6524 “Magmas et Volcans”, Saint-Etienne, France *** Bjerknes Centre for Climate Research, Allégaten 55, N-5007 Bergen, Norway **** Department of Geography, University of Bergen, Fosswinckelsgt. 6, N-5020 Bergen, Norway

Abstract : Les lacs Armor et Tiercelin, situés dans l'archipel des Kerguelen (50°S - océan Indien), livrent des séquences sédimentaires de 7 et 2m respectivement. Cet archipel volcanique présente de nombreux lacs et dont les carottes sédimentaires extraites contiennent des niveaux de téphras trachytiques (ponces, échardes de verre, phénocristaux) témoignant de cette activité volcanique. Une étude multiproxies associant des analyses stratigraphiques, sédimentaires (spectrocolorimétrie, infrarouge perte au feu) et géochimiques (XRF, microsonde électronique et ablation laser-ICPMS) ont permis de caractériser ces téphras. Ces événements ont pu être corrélés entre les différents carottages avec l'utilisation d'âges radiocarbone. Trois éruptions majeures ont ainsi été mises en évidence ainsi que six éruptions mineures. Les éruption majeures ont été caractérisées par leurs concentration en Terres rares et en éléments en traces permettant de corrélés les dépôts retrouvés dans différents lacs.

Holocene Southern Hemisphere Westerly belt changes : investigating the linkage to solar forcing based on a peat record from Îles Crozet

VAN DER PUTTEN N.*, ADOLPHI F.*, MELLSTRÖM A.*, SJOLTE J.*, MUSCHELER R.*

- Department of Geology, Lund University, Sweden

Abstract : Here we present a palaeoclimatic record, based on multi-proxy analyses of a peat sequence from Îles Crozet (Indian Ocean). A shift to wetter and windier climate conditions occurred c. 2800 years BP (before present AD 1950), likely caused by a change in the Southern Hemisphere Westerly wind belt (SHW) and coinciding with one of the most prominent solar activity minima during the Holocene. Well-dated records are a prerequisite to investigate the connection of climatic change to external forcing factors such as solar activity changes. We successfully applied a high resolution ^{14}C wiggle-match dating (WMD) strategy in order to (i) reduce the age uncertainties and (ii) investigate potential Sun-climate interactions. The results strengthen the hypothesis of a solar induced SHW intensity change. Investigating the 20th century re-analysis data (based on the 11 year solar cycle) lends further support to this hypothesis suggesting an equator-ward shift of the SHW during low solar activity.

Introduction

The Southern Hemisphere Westerly wind belt (SHW) dominates the Southern Hemisphere mid to high latitude climate system, acting on large-scale precipitation and temperature patterns. However, proxy-based knowledge about changes in the strengthening and/or latitudinal shifts of the wind belt is still scarce and contradictory and the forcing mechanisms are not yet resolved. Evidence for the influence of changes in solar activity on the Earth's climate in general and the Northern and Southern Hemisphere westerlies in particular is growing steadily (e.g. Martin-Puertas et al., 2012 ; Varma et al., 2011).

Observations et résultats

Here we present a palaeoclimatic reconstruction, based on multi-proxy analyses of a peat sequence (Morne Rouge sequence) from Île de la Possession (Îles Crozet, Indian Ocean). A shift to wetter and windier climate conditions occurred around 2800 years BP (before present AD 1950), likely caused by a change in the SHW and coinciding with one of the most prominent solar activity minima during the Holocene (Van der Putten et al. 2008). However, well-dated records are a prerequisite to investigate the connection of climatic change to external forcing factors such as solar activity changes. We successfully applied a high resolution ^{14}C wiggle-match dating (WMD) strategy on the Morne Rouge record. With this method, a sequence of closely spaced ^{14}C dates are matched to the structure of the ^{14}C calibration curve during periods with pronounced atmospheric ^{14}C variations, in order to (i) reduce the age uncertainties and (ii) investigate potential Sun-climate interactions (e.g. Mellström et al., 2015). The results strengthen the hypothesis of a solar induced SHW intensity change.

Discussion et conclusions

Comparison of the Crozet record with the EPICA dome C ice core record reveals a similar timing of changes in deuterium excess, a proxy for climate conditions in the south Indian Ocean, the source area of the precipitation at Dome C (Stenni et al., 2001). This lends support to the hypothesis of a solar forced large-scale atmospheric circulation change after 2800 years

BP. Varma et al. (2011) hypothesize that low solar activity causes an equator-ward shift of the SHW. In the Northern Hemisphere, Martin-Puertas et al. (2012) found a likewise equator-ward shift of the westerlies at the same time. Investigating the 20th century re-analysis data lends support to the hypothesis that the changes at Îles Crozet 2800 years ago may be forced by changes in solar activity. The differences between solar minima and maxima (based on the 11 year solar cycle) indicate (i) a decrease in sea surface temperatures, (ii) an increase in westerly wind intensity and, (iii) an increase in precipitation during periods of low solar activity. In relation to the mean climatic conditions, this implies a shift of the mid-latitude synoptic centre to the north (equator-ward) during low solar activity.

Références

- Martin-Puertas, C., Matthes, K., Brauer, A., Muscheler, R., Hansen, F., Petrick, C., Aldahan, A., Possnert, G., van Geel, B., 2012. Regional atmospheric circulation shifts induced by a grand solar minimum. *Nature Geosci* 5, 397-401.
- Mellström, A., Van der Putten, N., Muscheler, R., De Jong, R., Björck, S., 2015. A shift towards wetter and windier conditions in southern Sweden around the prominent solar minimum 2750 cal a BP. *Journal of Quaternary Science* 30, 235-244.
- Stenni, B., Masson-Delmotte, V., Johnsen, S., Jouzel, J., Longinelli, A., Monnin, E., Röthlisberger, R., Selmo, E., 2001. An oceanic cold reversal during the last deglaciation. *Science* 293, 2074-2077.
- Van der Putten, N., Hébrard, J.-P., Verbruggen, C., Van de Vijver, B., Disnar, J.-R., Spassov, S., Keravis, D., de Beaulieu, J.-L., De Dapper, M., Hus, J., Thouveny, N., Frenot, Y., 2008. An integrated palaeoenvironmental investigation of a 6200 year old peat sequence from Île de la Possession, Îles Crozet, sub-Antarctica. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 270, 179-195.
- Varma, V., Prange, M., Lamy, F., Merkel, U., Schulz, M., 2011. Solar-forced shifts of the Southern Hemisphere Westerlies during the Holocene. *Climate of the Past* 7, 339-347.

Étude multidisciplinaire d'un pluton océanique récent : le complexe syénitique du sud de Rallier du Baty, Kerguelen.

GUILLAUME D. *, PONTUS L. **, DE SAINT-BLANQUAT M. **, BENOIT M. **, LE ROMANCER M. ***, PEARSON N.J. ****, GRÉGOIRE M. **, O'REILLY S.Y. ****

* LMV UMR6524 CNRS-UJM-UBP, Saint-Etienne ** GET UMR5563 CNRS-IRD-UPS, Toulouse *** LM2E CNRS-IRD-IFREMER-UBO, Plouzané **** GEMOC, Sydney, Australie

Abstract : Le complexe syénitique intrusif du sud de Rallier du Baty (Kerguelen) a été étudié dans le cadre du programme TALISKER-IPEV. Les observations de terrain et l'étude des fabriques mettent en évidence que le complexe plutonique a une forme de laccolithe et qu'il a été formé par des intrusions successives de pulses magmatiques, intrusions maintenant légèrement inclinées vers le sud. L'ensemble est constitué de roches allant des gabbros aux syénites quartziques en définissant une série magmatique alcaline sursaturée. Les analyses chimiques des roches révèlent que l'évolution du magma parent de cette série plutonique est principalement contrôlée par des processus de cristallisation fractionnée. Les datations U-Pb obtenues sur zircons séparés des différentes formations montrent une mise en place de l'ensemble du complexe en 6 Ma. Toutes ces caractéristiques nous amènent à proposer une mise en place rapide de l'ensemble plutonique intrusif sous la forme d'une succession de pulses magmatiques.

Erosion des îles Kerguelen en réponse aux variations climatiques depuis le Miocène : apports de la thermochronologie moyenne et basse température (Ar/Ar et (U-Th)/He)

AHADI F. *, DELPECH G. *, GAUTHERON G. *, NOMADE S. **, PINNA-JAMME R. *, PONTIUS L.***, GUILLAUME D.****

*GEOPS, Université Paris-Sud (Paris Saclay), 91405 Orsay, France ** LSCE-IPSL, CEA-CNRS, 91198 Gif-sur-Yvette, France *** GET, Université Paul Sabatier Toulouse 3, 31400 Toulouse, France **** LMV, Université Jean Monnet, 42000 St-Etienne, France

Abstract : L'évolution des reliefs terrestres est principalement gouvernée par des rétroactions entre tectonique, climat, isostasie et dans certains cas topographie dynamique. En raison des interactions entre ces processus, il est difficile d'identifier et de quantifier le rôle précis de chacun de ces acteurs. Dans cette étude, les roches plutoniques de la péninsule Rallier du Baty (archipel de Kerguelen ; 48-50°S, 68.5-70.5°E) ont été utilisées comme traceurs des processus d'exhumation afin d'identifier des périodes d'érosion sur l'archipel. Les résultats obtenus par thermochronologie moyenne et basse température (Ar/Ar et (U-Th)/He) montrent une mise en place à basse profondeur suivi d'un refroidissement rapide jusqu'à ~300°C et une érosion plus tardive entre 3 et 8 Ma après la mise en place. Les roches plutoniques de Rallier du Baty tracent deux signaux érosifs ; le premier autour de 5 Ma, le deuxième entre 2 et 1 Ma, qui coïncident avec des périodes de refroidissements climatiques importants.

TALISKER : Transferts fluviatiles d'éléments chimiques depuis les sources thermales à terre jusqu'à l'océan côtier

CHAVAGNAC V*, GUILLAUME D.**, JEANDEL C.***, BOULART C.****,
ESCARTIN J.*****, PONTUS L.* , DE SAINT BLANQUAT M.* , LE ROMANCER
M.*****

*: Géosciences Environnement Toulouse - GET ** : Laboratoire Magmas et Volcans - LMV
: Laboratoire d'Etudes en Géophysique et Océanographie Spatiales - LEGOS *:
Laboratoire Géochimie Métallogénie - IFREMER *****: Institut de Physique du Globe de
Paris - IPGP *****: Laboratoire de Microbiologie des Environnements Extrêmes - IUEM

Abstract : Chaque été austral, un grand bloom de diatomée prend place au dessus du plateau de Kerguelen via un apport de nutriments d'origine continentale. Cependant, ni les sources (lithogénique, basalte, source thermique, rivières,...), ni les flux ont été quantifiés. The projet TALISKER permet de combler cette lacune en utilisant la composition géochimique des sources potentielles sur l'ensemble du continuum terre-mer. L'activité volcanique moderne de Kerguelen est attestée par de nombreuses sources thermales et de fumerolles (Rallier du Baty et au Plateau Central). Elles sont produites par les interactions eau-roche au sein de la lithosphère, et présentent de forts enrichissements en éléments nutritifs tels que le Fe, Co. Les données géochimiques des eaux de ruissellement permettent de tracer le devenir des éléments dissous depuis la source thermique jusqu'au déversoir vers l'océan côtier. Des analyses complémentaires élémentaires et isotopiques (Sr, Nd, REE,...) seront aussi réalisées.

Analyse quantitative de la déformation cassante en terre Adélie : résultats préliminaires

SUE CHRISTIAN *, BASCOU JÉRÔME **

(*) UBFC UMR6249, Besançon (**) Université de Lyon, Université Jean Monnet, UMR CNRS IRD 6524, Laboratoire Magmas et Volcans, 42023 Saint Etienne, France.

Abstract : Nous présentons les premiers résultats de la campagne de terrain de janvier-février 2016 dédiée à l'analyse de la fracturation en Terre Adélie. Les formations de croûte moyenne à l'affleurement (gneiss et granite rose) présentent une déformation cassante tardive, relativement ténue, et superposée aux déformations ductiles datées à 1.7 Ga. Cette fracturation est associée principalement à une phase extensive tardive dans l'histoire tectonique du craton de Terre Adélie. Les observations ont été effectuées entre Rocher Janet et Port Martin, et se sont concentrées principalement dans l'archipel de Pointe Géologie dans le secteur de la base Dumont d'Urville.

Introduction

L'archipel de Pointe Géologie (PG) en Terre Adélie est constitué de gneiss variés, recoupés par des filons de granite anatectique. Ces différents gneiss se distinguent par la nature de leurs protolites, pélitiques ou grauwackeux, et par le degré de la fusion partielle (migmatisation) donnant des gneiss migmatitiques fortement foliés et rubanés et des anatexites. Cette anatexie est associée à un pic de métamorphisme, caractérisé par des assemblages minéralogiques à cordiérite, sillimanite, et grenat, qui indiquent des conditions d'une croûte moyenne particulièrement chaude (facies amphibolite) avec des températures et des pressions estimées respectivement à $750\pm 50^\circ\text{C}$ - 500 ± 100 MPa à PG (Monnier et al. 1996 ; Pelletier et al. 2005). Le secteur paléoprotérozoïque de Terre Adélie met à l'affleurement deux grands types de structures : des dômes et des zones de cisaillement verticales subméridiennes qui sont synchrones de l'évènement tectonométamorphique de Haute Température et qui se développent en contexte transpressif dextre (Gapais et al., 2008) auquel est également associé de grands mouvements magmatiques verticaux (Bascou et al., 2013). A l'est de Pointe Géologie et jusqu'à la zone du glacier Mertz (longitude 146°E) affleure un ensemble cratonique plus ancien qui représente une section de croûte moyenne et inférieure d'âge néo-archéen (environ 2.4 Ga). L'ensemble des blocs cratoniques paléoprotérozoïque et néo-archéen constituent le Craton de Terre Adélie (TAC, $135\text{-}146^\circ\text{E}$, Ménot et al, 2007). Les lithologies et les structures de déformation observées au TAC sont comparables à celles des bordures du craton archéen du Gawler (Australie du Sud-Est), ce qui souligne la continuité entre ces deux zones avant l'ouverture de l'océan austral.

Observations et résultats

La campagne de terrain conduite durant l'été austral 2016 a permis de constituer une base de donnée de fracturation comprenant plus de 500 mesures individuelles de structures cassantes. Elles concernent en premier lieu des systèmes de failles, souvent conjuguées, à pendages

relativement raides (60-70°), associés à une phase cassante extensive. Ces failles présentent relativement peu de tectoglyphes (stries, minéralisation... etc). Cependant, des marqueurs de déformation en extension, et des systèmes de micro-fractures de type riedle, associés à la géométrie des systèmes de failles ont permis de contraindre les sens du mouvement sur ces plans. Outre ces mesures de failles, la fracturation est marquée par un système assez complexe de diaclases et de filons. L'analyse quantitative et statistique des données de fracturation via les méthodes d'inversion du tenseur des contraintes (type dièdres droits ou inversion directe) permet de remonter au tenseur des contraintes calculé par site de mesures homogène. Cette déformation extensive froide (300°C ou moins) est tardive dans l'évolution tectonique du craton de Terre Adélie. Elle pourrait être associée à l'ouverture de l'océan Indien, et aux phases de rifting précoce entre l'Antarctique et l'Australie. En parallèle à l'approche structurale, un échantillonnage des niveaux granitiques a été effectué pour tester une approche thermochronologique basse température (traces de fission sur zircons et apatites, ZFT et AFT). Cette approche devrait permettre de mieux contraindre la chronologie du passage des roches de Terre Adélie au dessus de l'isotherme 300°, i.e. dans le domaine de déformation cassante, et d'aborder les problématiques d'exhumation/érosion associées à l'extension mise en évidence par l'analyse quantitative de la fracturation.

Références

- Bascou, J., Henry, B., Ménot, R.P., Funaki, M., Barruol, G., 2013. Contribution of AMS measurements in understanding the migmatitic terrains of Pointe Géologie, Terre Adélie (East-Antarctica). *Tectonophysics* 603, 123-135.
- Gapais, D., Pelletier, A., Ménot, R.P., Peucat, J.J., 2008. Paleoproterozoic tectonics in the Terre Adélie Craton (East Antarctica). *Precambrian Research* 162, 531-539.
- Ménot, R.P., Duclaux, G., Peucat, J.J., Rolland, Y., Guillot, S., Fanning, C.M., Bascou, J., Gapais, D., Pêcher, A., 2007. Geology of the Terre Adélie Craton (135-146° E). *Antarctica: A Keystone in a Changing World: USGS Open-file Report 2007-1047, Short Paper 048* (5 pp.).
- Monnier, O., Ménot, R.P., Peucat, J.J., Fanning, M., Giret, A., 1996. Actualisation des données géologiques sur Terre Adélie (Antarctique est): mise en évidence d'un collage tectonique au Protérozoïque. *C. R. Acad. Sci. Paris* 322, 55-62.
- Pelletier, A., Guiraud, M., Ménot, R.P., 2005. From partial melting to retrogression in the Pointe Géologie migmatitic complex: a history of heterogeneous distribution of fluids. *Lithos* 81, 153-166.

Cette étude a été réalisée grâce au soutien de l'IPEV (programme IPEV-ArLiTA), des Universités de Besançon et Saint-Etienne, et du CNRS (UMR 6249 et 6524).

Étude sismologique des structures crustales et lithosphériques du craton de Terre Adélie, Antarctique de l'Est.

LAMARQUE G.*, BARRUOL G.**, FONTAINE F.**, BASCOU J.*, COTTIN J.Y.*, MÉNOT R.P.*

* Université de Lyon, Université Jean Monnet, UMR CNRS IRD 6524, Laboratoire Magmas et Volcans, 42023 Saint Etienne, France. ** Laboratoire GéoSciences Réunion, Université de La Réunion, Institut de Physique du Globe de 9 Paris, Sorbonne Paris Cité, UMR CNRS 7154, Université Paris Diderot, 97744 Saint Denis, France.

Abstract : L'étude sismologique (fonctions récepteurs et anisotropie des ondes SKS) permet d'apporter de nouvelles données pour la cartographie des structures profondes de la zone de cisaillement du Mertz (MSZ), du craton de Terre Adélie (TAC) et du domaine paléozoïque situé sur le territoire George V Land. Les résultats des fonctions récepteurs indiquent que l'épaisseur de la croûte est d'environ 40 à 44 km sous le TAC, 36 km à l'aplomb de la MSZ et 28 km dans le domaine paléozoïque à l'Est. L'analyse de l'anisotropie des ondes SKS suggère que la structuration du manteau sous le craton est différente de celle sous le domaine paléozoïque. Ainsi, la MSZ constitue la frontière entre deux lithosphères ayant des épaisseurs crustales et une structuration du manteau différentes.

Introduction

La formation du craton de Terre Adélie (Terre Adélie craton : TAC, 135-146°E) est datée du Néoarchéen au Paléoproterozoïque (2.4 à 1.7 Ga). Il est limité à l'Est par la zone de cisaillement du Mertz (Mertz shear zone : MSZ, 146°E), qui le sépare d'un domaine Paléozoïque daté à 0.5 Ga. Le TAC présente une continuité avec le craton de Gawler, actuellement situé au Sud de l'Australie, datant d'avant l'ouverture de l'océan Austral. De même, la MSZ peut être corrélée à la zone de cisaillement de Kalinjala ou de Coorong au sud de l'Australie, qui séparent le craton de Gawler du domaine Paléozoïque à l'Est. ↵

A la faveur du programme IPEV-Arlita, un réseau temporaire de quatre stations sismologiques larges-bandes (équipement SisMob, INSU) a été déployé entre octobre 2009 et octobre 2011 afin d'imager les différentes unités tectoniques qui composent la lithosphère de Terre Adélie et de l'est de George V Land. Cette étude a eu pour but d'étudier : ↵

(1) la structure crustale et la profondeur de la discontinuité de Mohorovičić au dessous de chaque station sismologique, ainsi que les variations d'épaisseurs crustales entre les différents blocs tectoniques qui composent le craton de Terre Adélie et le domaine d'âge Paléozoïque situé à l'Est de la zone de cisaillement du Mertz ; ↵

(2) l'anisotropie sismique du manteau supérieur qui peut être corrélée à de grands épisodes de déformation, à savoir les orogénèses successives d'âge néoarchéen et paléoproterozoïque, le rifting de l'Océan Austral datant du Crétacé, ou le flux asthénosphérique actuel lié au déplacement des plaques tectoniques ; ↵

(3) la profondeur d'enracinement de la zone de cisaillement du Mertz ; ↵

(4) les connexions des structures profondes entre l'Australie et l'Antarctique qui ont été séparées au cours de l'ouverture de l'Océan Austral.

Observations et résultats

Une approche couplant l'étude des fonctions récepteurs et l'analyse de l'anisotropie des ondes SKS a été menée dans cette optique. L'étude des fonctions récepteurs permet d'estimer

la profondeur du Moho sous les stations. Les résultats ont montré que la croûte cratonique de Terre Adélie est épaisse de 40 à 44 km, et s'amincit à 36 km à l'aplomb de la zone de cisaillement du Mertz. La croûte paléozoïque à l'Est de la zone de cisaillement du Mertz est plus fine (environ 28 km). ↵

Par ailleurs, l'analyse de l'anisotropie des ondes SKS permet d'imager l'orientation des fabriques mantelliques (foliation, linéation). Au niveau du craton de Terre Adélie, la direction de polarisation des ondes rapides (Φ) est globalement E-O avec des différences de temps d'arrivée (δt) entre l'onde rapide et l'onde lente de l'ordre de 0,8 à 1,6 s. Ces résultats sont concordants avec ceux observés à la station permanente Dumont d'Urville du réseau GEOSCOPE (DRV : $\Phi = 95^\circ\text{N}$, $\delta t = 1.1$ s), qui se situe dans le domaine paléoprotérozoïque du craton de Terre Adélie. Au niveau de la zone de cisaillement du Mertz, le faible nombre de données de bonne qualité ne nous permet pas de conclure quand à l'enracinement de cette structure au sein du manteau. La station du domaine paléozoïque à l'Est enregistre une direction de polarisation de l'onde rapide $\text{N}60^\circ\text{E}$, ce qui est significativement différent des données collectées au sein du craton de Terre Adélie.

Discussion et conclusions

L'étude des fonctions récepteurs permet de conclure que la MSZ constitue une limite majeure entre deux blocs crustaux dont la différence d'épaisseur est de l'ordre de 12 km. De plus, les épaisseurs de croûte estimées au sein du craton de Terre Adélie, se sont révélées similaires à celles du craton de Gawler en Australie du Sud. Ces résultats constituent donc un argument supplémentaire pour la connexion entre ces deux cratons avant l'ouverture de l'Océan Austral. La croûte du domaine paléozoïque formée au cours de l'orogénèse de Ross semble quand à elle plus fine que celle de l'orogénèse de Delamerian en Australie du Sud. Ainsi, ces deux domaines auraient pu être formés au cours de deux épisodes orogéniques successifs mais très rapprochés dans le temps, ou bien au cours d'un même évènement présentant une variabilité structurale entre le nord et le sud. ↵

L'analyse de l'anisotropie des ondes SKS suggère que la structuration du manteau sous le craton est différente de celle sous le domaine paléozoïque et que la MSZ constitue la frontière entre ces deux lithosphères distinctes. De plus, la direction E-O des structures mantelliques au sein du TAC est, au premier ordre, parallèle à la direction de la marge continentale, ce qui laisse à penser que cette structuration pourrait être héritée de l'ouverture de l'Océan Austral, dernier évènement tectonique majeur de la région.

Modélisation sociologique du patrimoine des Terres australes et antarctiques françaises

DUPUIS E.

ED6 Histoire de l'art et archéologie

Abstract : Notre propos est de considérer les Terres australes et antarctiques françaises sous un prisme moins évident que celui des nombreuses et prospères sciences naturelles, auxquelles se consacre habituellement la majorité de ses citoyens. Dans le cadre de la thèse dont il s'agit ici de présenter les prémices, c'est de la sphère des sciences humaines dont il sera question et du sujet du patrimoine. L'humain étant présentement notre objet de science, il convient de s'attarder sur ce qui le caractérise et d'en proposer une définition anthropologique qui servira en tant que modèle, à poser les bases rationnelles de l'analyse ultérieure que nous ferons de la notion. Car, même si elle n'est étrangère à personne et même si la terminologie biologique de « patrimoine génétique » offre déjà un éclairage certain dans l'appréhension globale du système, néanmoins la notion de patrimoine ne peut être correctement traitée sans l'aide a priori d'une analyse de celle-ci en tant que processus humain.

APECS France, un réseau de jeunes chercheurs et médiateurs des régions polaires

LESCARMONTIER L.* , LAMARQUE G.** , SCHIAVONE S., DANSEREAU V.,
CLEMENT-CHASTEL C.

* Australian National University ** Université Jean Monnet

Abstract : APECS-France est une association qui regroupe une centaine de jeunes scientifiques et éducateurs des régions polaires, dont le fonctionnement repose sur une équipe de bénévoles, et qui se propose de : • Soutenir, accompagner et promouvoir les jeunes scientifiques polaires dans la Recherche. • Faire découvrir aux élèves de primaire, collège et lycée, ainsi qu'au grand public, les milieux polaires et les recherches scientifiques qui y sont menées. Depuis 2013, APECS-France a pu établir des partenariats et les actions se sont multipliées. Ce séminaire sera l'occasion de les présenter et de discuter des projets futurs...

Vendredi 27 mai 2016

Première mesure de l'angle de polarisation aurorale

LILENSTEN J., BARTHELEMY M.

IPAG - CNRS - UGA

Abstract : Le degré de polarisation linéaire (DoLP) de la raie rouge aurorale est de plus en plus explorée. Dans ce travail, nous mesurons pour la première fois de l'angle de polarisation linéaire (AoLP) et nous comparons les mesures à l'angle apparent du champ magnétique à l'endroit de l'émission de la raie rouge, au cours d'un hivernage à Ny Alesund (Svalbard). Nous montrons que l'AoLP est un traceur de la configuration du champ magnétique. Cela ouvre de nouvelles perspectives, à la fois dans le cadre de la météorologie de l'espace et dans le domaine de la planétologie. Cet hivernage a été financé par l'IPEV.

Les raids - supports de l'activité scientifique continentale

PATRICE GODON

IPEV CS 60075 29280 - PLOUZANE

Abstract : Les raids - supports de l'activité scientifique continentale Les raids terrestres, support de l'activité scientifique continentale, ont repris en 2011/12 avec l'expédition organisée vers la station Vostok. Considérant le programme Lockin de 2015/16 comme un raid en soi, c'est maintenant avec Asuma (LGGE / V Favier) le quatrième raid scientifique qui est en préparation depuis la reprise des raids scientifiques longue distance. L'organisation de ces raids est rendue possible à la fois par l'expérience globale des personnels IPEV dans l'organisation de telles expéditions mais aussi grâce à la route Dumont d'Urville / Concordia qui permet des préacheminements du carburant et qui évite ainsi de préparer des dépôts à l'avance. La communication se propose de présenter les moyens mis en œuvre et de donner un aperçu des possibilités offertes par l'IPEV aux laboratoires intéressés.

Renouvellement du navire logistique de desserte de la Terre Adélie : Missions et état d'avancement.

PASCAL MORIN et PATRICE GODON

Institut polaire Paul Emile Victor (IPEV), Technopôle Brest Iroise, 29280 Plouzané.

Le navire de desserte de la Terre Adélie Astrolabe sera remplacé pour la campagne 2017-2018 par un nouveau navire. Les caractéristiques de ce nouveau navire, ses conditions d'exploitation et ses missions seront présentées. Les possibilités d'utilisation de ce nouveau navire pour des mesures océanographiques lors des rotations entre Hobart et la Terre Adélie ainsi que pour des mesures en océanographie côtières seront également présentées. Un point sera également fait sur l'état d'avancement des travaux de construction du nouveau navire

MOBICYTE, un outil mobile de cytométrie de flux pour l'étude des écosystèmes polaires

RIOULT D., PORCHER J.M., BADO-NILLES A., GEFFARD A., BETOULLE S.

Université de Reims Champagne-Ardenne/INERIS, Plateau technique mobile de cytométrie environnementale, UMR INERIS 02 SEBIO, Campus Moulin de la Housse, BP 1039, 51687 REIMS cedex

Abstract : Communément utilisée en recherche bio-médicale dans le cadre de plateformes analytiques rattachées aux établissements de recherche, la technique de cytométrie de flux permet l'analyse fine, rapide et statistiquement adaptée, d'échantillons cellulaires ou particulaires en suspension dans un flux liquide. La cytométrie de flux est de plus en plus utilisée dans le domaine des sciences de l'environnement, sur des thématiques variées, impliquant divers types cellulaires tels que les bactéries, les virus, le phyto/zoo-plancton ou encore des cellules végétales ou animales provenant d'organismes métazoaires. Dans ce contexte, la cytométrie de flux requiert des adaptations techniques avec notamment le recours à des appareils utilisables sur le terrain permettant d'étudier les organismes au plus près de leurs interactions avec les variables écologiques et les stress environnementaux et donc de limiter l'altération de la qualité des échantillons. Pour répondre à ce besoin, l'Université de Reims Champagne-Ardenne et l'INERIS ont mis en place un plateau technique de cytométrie environnementale mobile, dédié à des applications multiples sur différents modèles cellulaires dans le domaine des sciences environnementales (Ecologie fonctionnelle, Ecophysiologie intégrative, Ecotoxicologie, Eco-épidémiologie, Microbiologie environnementale...).

Des exemples d'études de terrain en écologie et impliquant le plateau MOBICYTE, seront présentés ainsi qu'un panel des analyses possibles dans différents contextes bio-écologiques. Le système MOBICYTE est mobilisable dans des contextes environnementaux isolés comme les milieux polaires dans le cadre de projets de recherche ayant trait à l'étude des écosystèmes terrestres ou aquatiques, continentaux ou marins. La structuration de partenariats au sein des programmes de recherche de l'IPEV doit fournir, si nécessaire, une aide aux développements techniques requis en amont de campagnes de terrain et de façon complémentaire, doit permettre la mise à disposition de cytomètres de flux, avec ou sans appui technique à distance d'un ingénieur de recherche, dans le cadre des campagnes de terrain terrestres ou océanographiques.

MOBICYTE est ainsi susceptible de fournir de nouvelles opportunités aux chercheurs pour l'investigation des écosystèmes polaires et subpolaires.

Communauté microbienne du manteau neigeux couvrant la glace de mer d'un fjord arctique

LORRIE MACCARIO*, SHELLY CARPENTER**, JODY DEMING**, TIMOTHY M. VOGEL*, CATHERINE LAROSE*

* Groupe de Génomique Microbienne Environnementale - Laboratoire Ampère - Ecole Centrale de Lyon, Ecully, France. **School of Oceanography, University of Washington, Seattle, United States

Abstract : La glace de mer et sa couverture de neige sont essentielles pour les processus globaux, tels que la régulation du climat et les cycles biogéochimiques. Malgré un nombre croissant d'études portant sur les micro-organismes de la neige, leur rôle écologique reste peu connu et est rarement inclus dans les modèles prévisionnels du changement climatique en lien avec le recul de la glace de mer. Nous avons étudié la sélection d'une communauté microbienne spécifique de la neige dans le manteau neigeux accumulé après le dépôt. Pour cela une approche globale métagénomique basée sur la description des communautés présentes et leur potentiel fonctionnel à été utilisée pour des échantillons d'un gradient vertical d'un fjord gelé au Groenland: l'atmosphère, la neige, la glace de mer et l'eau de mer.

Prédire l'actuel et anticiper les changements futurs en évaluant l'influence des hétérogénéités spatiale et temporelle sur la modélisation de la distribution d'espèces. Le cas d'étude des échinides du plateau des Kerguelen.

CHARLÈNE GUILLAUMOT*, ALEXIS MARTIN**, MARC ELÉAUME**, THOMAS SAUCÈDE*

*UMR 6282 Biogéosciences, Univ. Bourgogne Franche-Comté, CNRS, 6 bd Gabriel F-21000 Dijon, France **Muséum national d'Histoire naturelle, Département Systématique et Évolution, UMR ISYEB 7205, 57 rue Cuvier, F-75231 Paris Cedex 05, France

Abstract La modélisation de distribution d'espèces regroupe des procédures largement employées en écologie et à des fins de conservation. Les jeux de données disponibles pour le domaine océanique sont souvent réduits et présentent de fortes hétérogénéités spatiales et temporelles qui influencent la performance des modèles. Notre objectif vise à tester la performance de modèles classiquement utilisés (MaxEnt, BRT) pour interpoler la distribution actuelle de quatre espèces d'échinides du plateau des Kerguelen aux niches écologiques contrastées. Des données de présence seule sont employées ; elles sont issues de la compilation des résultats de nombreuses campagnes de terrain (1872-2015) et présentent donc une forte hétérogénéité. Les changements potentiels futurs dans la distribution de ces espèces ont été évalués selon les scénarios prédictifs A1B (pour 2100 et 2200) du GIEC (4ème rapport, 2007) ; ils ont été comparés aux changements de distribution modélisés pour le siècle passé (1955-2012).

Introduction

Modéliser la distribution d'espèces et de communautés est aujourd'hui une technique largement employée en écologie, en biogéographie et à des fins de conservation. Les méthodes de modélisation disponibles permettent principalement : (i) d'estimer la niche écologique réalisée des espèces, (ii) d'interpoler à l'ensemble des aires de distribution les données de présence actuelles en fonction des données environnementales, (iii) d'évaluer les modifications de distribution potentielles associées aux changements environnementaux passés et futurs.

Pouvoir généraliser des données d'observations à des zones inexplorées tel que l'océan Austral présente un intérêt considérable pour estimer le degré de vulnérabilité des écosystèmes. Cependant, les jeux de données disponibles sont souvent réduits et issus de campagnes d'échantillonnage diverses. Ils présentent de fortes hétérogénéités spatiales (emprise géographique, stratégies et outils d'échantillonnage, objectifs scientifiques) et temporelles (variabilité des paramètres environnementaux, voire de la diversité taxonomique, au cours de la période d'échantillonnage). ↩

La qualité des modèles de distribution est fortement influencée par ces hétérogénéités, et le choix des procédures et des algorithmes de modélisation à employer est contraint par la qualité et la nature des données d'observation. Il est donc nécessaire d'évaluer l'influence de hétérogénéités spatiale et temporelle, et de faire le bon choix méthodologique pour s'assurer

d'une performance optimale des modèles pour le cas d'étude considéré.

Observations et résultats

Les objectifs du présent travail sont d'employer des procédures de modélisation aujourd'hui très utilisées (MaxEnt, BRT) pour tester les capacités des modèles à interpoler la distribution actuelle d'espèces et à anticiper les changements futurs dans le cas de données hétérogènes. Notre choix a porté sur l'analyse de la distribution des échinides (échinodermes) du plateau des Kerguelen pour lequel prévalent divers enjeux économique, écologique et de conservation. Les données d'occurrence d'espèces analysées remontent à l'expédition du Challenger de 1872 et s'étendent jusqu'aux plus récentes campagnes de terrain, telle que celle du programme IPEV 1044 PROTEKER de 2015. Quatre espèces d'échinides suffisamment connues pour avoir des distributions et des niches écologiques contrastées (taille des niches, caractéristiques biotiques, traits d'histoire de vie : incubation/dispersion, régimes alimentaires omnivore, sédimentivore, carnivore) ont été choisies. La distribution actuelle de ces quatre espèces a été modélisée à partir de données de présence seule. Les changements potentiels futurs dans la distribution de ces espèces ont été évalués sur la base des scénarios prédictifs A1B (pour 2100 et 2200) du GIEC (4ème rapport, 2007). Les résultats obtenus ont été comparés aux changements de distribution modélisés pour le siècle passé (1955-2012).

L'analyse de robustesse des modèles et de leur capacité de prédiction effectuée en amont a permis de souligner l'effet significatif de l'hétérogénéité spatiale des données sur la construction des modèles. Les contrastes de distribution observés doivent donc être interprétés avec la plus grande précaution, en s'assurant au préalable de l'homogénéité des jeux de données utilisés. Enfin, il peut être montré que les distributions potentielles futures ne semblent pas présenter de différences plus contrastées que celles observées au cours de la période 1955-2012, compte tenu des scénarios climatiques actuellement disponibles.

PROTEKER : un observatoire sous-marin côtier aux Îles Kerguelen

SAUCÈDE T*, AMÉZIANE N**, FÉRAL J-P***, CHENUIL A***, DAVID B*, DE RIDDER C****, FABRI-RUIZ S*, FOURNIER J**, MARSCHAL C***, MARTY G*****, MATHIEU O*, MOTREUIL S*, POULIN E*****

*UMR 6282 Biogéosciences, Univ. Bourgogne Franche-Comté, CNRS, 6 bd Gabriel, 21000 Dijon (thomas.saucede@u-bourgogne.fr) **UMR CNRS 7208 BOREA, Muséum national d'Histoire naturelle, Station Marine de Concarneau, BP 225, 29182 Concarneau Cedex (ameziane@mnhn.fr) ***UMR CNRS 7263 IMBE - Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie marine et continentale, Station Marine d'Endoume, Chemin de la Batterie des Lions, 13007 Marseille (jean-pierre.feral@imbe.fr) ****Laboratoire de Biologie Marine, Université Libre de Bruxelles, CP160/15, 50 av. Roosevelt, 1050 Bruxelles (cridder@ulb.ac.be) *****Réserve Naturelle Nationale des Terres australes françaises, rue Gabriel Dejean, Saint Pierre Cedex 97458 (gilles.marty@izi.re) *****LEM-Laboratorio de Ecologia Molecular, Instituto de Ecologia y Biodiversidad, Universidad de Chile, Casilla 653 Santiago, Chili (epoulin@uchile.cl)

Abstract : Les écosystèmes sous-marins côtiers des régions subantarctiques concentrent une importante biodiversité et sont confrontés à des changements environnementaux dont les effets sont encore mal cernés : évolution des températures, de la salinité, modification des courants marins, déplacements du front polaire, glissements saisonniers, migration d'espèces.... Fort de ce constat, le programme PROTEKER (<http://www.proteker.net>), 1044 de l'IPEV, mené en partenariat avec la Réserve des Taf a vu le jour en 2011 avec pour objectif principal la mise en place d'un observatoire sous-marin pour le suivi écologique et génétique de la biodiversité marine côtière des Îles Kerguelen et l'évaluation des effets des changements environnementaux actuels et attendus sur cette biodiversité. Il consiste en une approche pluridisciplinaire qui intègre l'étude de tous les niveaux de la biodiversité avec pour ambition de fournir des critères scientifiques aux politiques de conservation en région subantarctique.

Observations et résultats

La première phase du programme (2011-2014) a permis de réunir les anciennes données de biodiversité disponibles et de les compléter par de nouveaux prélèvements (plongées dans les 20 premiers mètres, chalutages à 50 et 100m) et de nouvelles observations (ROV) réalisés au cours de trois campagnes d'été. Des stations de référence ont également été sélectionnées et instrumentées (mise en place de thermo-enregistreurs et de placettes de colonisation) pour la mise en œuvre de la seconde phase du programme. Cette seconde phase du programme (2015-2018) a pour objectif le suivi de ces stations de référence (relève des instruments installés, observations et prélèvements associés aux placettes de colonisation, suivis photo et vidéo), la cartographie des habitats benthiques (ROV et prélèvements en plongée) et le renforcement des analyses génétiques, trophiques et écologiques de taxons indicateurs. La mise en œuvre des objectifs du programme nécessite de pouvoir disposer de moyens à la mer dédiés et adaptés, en particulier pour l'accès aux stations situées hors du Golfe du Morbihan et l'utilisation d'outils spécifiques (ROV, chaluts, plongée). Les résultats attendus doivent permettre de produire des modèles de distribution et de sensibilité de la biodiversité marine côtière face aux changements environnementaux attendus.

La conservation marine dans l'océan Austral

KOUBBI P.

Unité Biologie des organismes et écosystèmes aquatiques (BOREA, UMR 7208), Sorbonne Universités, Muséum national d'Histoire naturelle, Université Pierre et Marie Curie, Université de Caen Basse-Normandie, CNRS, IRD; CP26, 57 rue Cuvier 75005 Paris, France. courriel: philippe.koubbi@upmc.fr

Abstract : La CCAMLR est la commission pour la conservation de la faune et de la flore marines de l'Antarctique. Depuis une décennie, la question d'une protection renforcée sur l'espace marin est à l'étude par la création d'un réseau représentatif d'Aires Marines Protégées. La première AMP CCAMLR a été établie en 2009 au Sud des îles Orcades du Sud. Depuis 2012, deux propositions d'AMP sont en discussions, l'une en mer de Ross, l'autre dans l'Est Antarctique. Deux autres propositions sont en cours d'étude, l'une en mer de Weddell et l'autre en Péninsule Antarctique. Les enjeux écologiques et les menaces face aux changements climatiques ne semblent pas suffisants pour obtenir le consensus de tous les membres de la CCAMLR. Alors : Quels sont les atouts et les blocages de ces propositions ? Quels sont les compromis possibles ? Parallèlement à cette démarche en haute mer, les états possédant des ZEE autour des îles subantarctiques développent des AMP. Quelles sont pour vous les valeurs à protéger ?

Locating new emperor penguin colonies

ANCEL ANDRÉ* **, GILBERT CAROLINE***, BEAULIEU MICHAËL****

* Université de Strasbourg, Institut Pluridisciplinaire Hubert Curien, 23 rue Becquerel, 67087 Strasbourg Cedex 02, France ** Centre National de la Recherche Scientifique, UMR 7178, 23 rue Becquerel, 67087 Strasbourg Cedex 02, France *** Université Paris-Est, Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, UMR 7179 CNRS MNHN, 7 avenue du Général de Gaulle, F-94704 Maisons-Alfort, France **** Zoological Institute and Museum, University of Greifswald, Johann-Sebastian Bach Straße 11/12, 17489 Greifswald, Germany

Abstract : Knowledge about the abundance and distribution of the emperor penguin is far from complete despite recent information from satellites. When exploring the locations where emperor penguins breed, it is apparent that their distribution is circumpolar, but with a few gaps between known colonies. Our purpose is therefore to identify those remaining areas where emperor penguins might possibly breed. Based on mean separation distances between colonies and known foraging ranges, we suggest that there may yet be six undiscovered breeding locations. Productivity in these regions suggests that food resources are likely to sustain emperor penguin populations. Our analysis highlights a fundamental requirement, that in order to predict how species might respond to regional climate change, we must better understand their biogeography and the factors that lead to their occupation of particular sites.

Les robots pour l'étude de la structure des colonies de manchots

LE MAHO Y.^{1,2}, COURTECUISSÉ J.¹, BRUCKER M.¹, BRESSAC T.³, CORNEC C.^{1,2,4}, CHEVEREAU E.^{1,2,4}, DUFAY P.^{1,2,4}, LEMONNIER G.^{1,2}, CHATELAIN N.¹, RENAUD P.³, CRENNER F.¹ & LE BOHEC C.^{1,2}

¹IPHC, CNRS et Université de Strasbourg ²Centre Scientifique de Monaco ³Icube, CNRS et Université de Strasbourg, INSA et IRCAD. ⁴Institut Polaire Paul-Emile Victor, Plouzané.

Abstract : L'un des principaux objectifs scientifiques du programme 137 est de comprendre comment sont structurées et fonctionnent les colonies de manchots en fonction de l'âge et de l'expérience des individus, ainsi que des conditions environnementales en mer et à terre. Mais comment atteindre cet objectif sans perturber les manchots et, par conséquent, biaiser les résultats scientifiques ? L'identification par radiofréquence (RFID) évite l'impact des bagues sur le succès reproducteur et la survie. Son inconvénient majeur reste la nécessité d'approcher à très courte distance les manchots pour la lecture électronique. Comme nous l'avons également montré, l'utilisation de robots permet d'éviter la perturbation que provoque une approche humaine chez le manchot royal. Par contre, sans défense territoriale au cours de son cycle reproducteur, le manchot empereur ne se laisse pas approcher. Nous montrerons comment nous nous attachons à résoudre ce problème.

Introduction

Comment est structurée et fonctionne une colonie de manchots en fonction de l'âge et de l'expérience des individus qui la composent est encore inconnu pour l'essentiel. La principale raison est qu'il était jusqu'à présent impossible de les identifier et de les localiser sans les perturber et donc sans introduire un sérieux biais scientifique.

Observations et résultats

L'identification des manchots royaux dans leur colonie entrant dans sa phase opérationnelle, le principal défi est maintenant d'arriver à identifier les manchots empereurs tout au long de leur cycle reproducteur. Nous avons en effet montré (Le Maho et al. 2014) que, malgré leur absence de défense territoriale et leur grande méfiance, il est possible de les approcher pour une identification électronique en camouflant le robot avec un faux poussin. Mais ceci n'est envisageable qu'à l'époque des petits poussins et leur petite taille limite considérablement le matériel scientifique transportable et l'autonomie du robot. Nous avons donc décidé de concevoir et fabriquer un faux manchot empereur adulte.

Discussion et conclusions

Au cours de la communication, nous verrons comment les comportements différents du manchot royal et du manchot empereur conditionnent les travaux en cours. Nous aborderons également tous les défis techniques pluridisciplinaires liés au développement d'un premier prototype de faux manchot empereur adulte. Seront enfin présentés les résultats des premiers tests de ce prototype réalisés en Terre Adélie.

Références

Le Maho, Whittington, Hanuise, Pereira, Bureau, Brucker, Chatelain, Courtecuisse, Crenner, Friess, Grosbellet, Kernaleguen, Olivier, Sarau, Vetter, Viblan, Thierry, Tremblay, Groscolas, Le Bohec (2014). Rovers minimize human disturbance in research on wild animals. *Nature Methods*, 11(12), 1242-1244.

Modifications de l'ADN mitochondrial, quelles conséquences ? Le cas d'*Arctica islandica*

DÉGLETAGNE C.*, HELD C.*, ABELE D.*

* Functional Ecology, Helmholtz Centre for Polar and Marine Research, Alfred Wegener Institute, Bremerhaven, Germany

Abstract : L'intégrité de l'ADN mitochondrial (ADNmt) est cruciale pour maintenir l'homéostasie cellulaire ; la présence de mutations influence la fitness et la longévité. Normalement transmis maternellement, l'ADNmt est transmis par les 2 parents chez certains bivalves, selon un mécanisme appelé DUI. Le bivalve *Arctica islandica* utilise ce système particulier et a colonisé des environnements marins très contrastés. Nos analyses indiquent que les populations sont génétiquement homogènes mais révèlent aussi l'existence d'individus possédant des ADNmt divergents dans certaines populations. Nous avons caractérisé la présence de mutations spécifiques sur la totalité de l'ADNmt et démontré, pour la première fois, le remplacement de l'ADNmt dans les tissus somatiques de certains individus. Nous avons déterminé que cet ADNmt divergent est transcrit et engendre des modifications drastiques dans l'activité de la chaîne respiratoire mitochondriale, suggérant un bouleversement de l'homéostasie cellulaire.

Telomere length as proxy of individual quality in the king penguin (*Aptenodytes patagonicus*)

SCHULL Q.^{1,2}, VIBLANC V.A.^{1,2}, DOBSON S.³, ROBIN J.P.^{1,2}, ZAHN S.^{1,2}, BIZE P.⁴,
CRISCUOLO F.^{1,2}

1 Université de Strasbourg, IPHC, 23 rue Becquerel 67087 Strasbourg, France.

2 CNRS, UMR 7178, 67087 Strasbourg, France.

3 Department of Biological Sciences, Auburn University, 311 Funchess Hall, Auburn, AL
36849, USA

4 Institute of Biological and Environmental Sciences, University of Aberdeen, Scotland, UK.

Abstract: Telomeres are non-coding genetic repeats protecting the ends of chromosomes. Because long telomeres are often associated with higher survival, inter-individual variation in telomere length has been proposed as a proxy of fitness and individual quality. Sexual selection often leads to the pairing of high quality individuals, especially in species with mutual mate choice. Consequently, individuals with similar telomere length should be breeding together. We investigated assortative pairing by an association of relative telomere length (RTL) and links with breeding success in the king penguin, a species that display mutual mate choice. We followed 73 pairs over the breeding season in three years of contrasting environmental conditions, known to influence breeding success. We found strong evidence for assortative pairing by RTL. However, only females' RTL was negatively associated with laying date and positively to chick survival. These associations were only significant in 2009, when environmental conditions were neither particularly bad nor good compared to other years. These results support the use of telomere length as a proxy of individual quality.

Expression des protéines de fission mitochondriales chez le manchot royal : Contribution potentielle à l'adaptation au milieu marin.

MORTZ MATHIEU *, ROMESTAING CAROLINE *, DUCHAMP CLAUDE *

* Laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Naturels et Anthropisés - LEHNA – UMR CNRS 5023

Abstract : L'organisation en réseaux des mitochondries, modulée par des protéines de fusion ou de fission, contribue à l'adaptation cellulaire aux contraintes énergétiques. Nous avons étudié l'expression de la protéine DRP1, qui contribue à la fragmentation des réseaux mitochondriaux, chez les manchots royaux lors du passage en mer. Au niveau génique, l'analyse de séquences d'ADN d'oiseaux a permis d'identifier un gène présentant une forte similitude avec les séquences de mammifères, suggérant une forte conservation évolutive. Au niveau protéique, des anticorps anti-DRP1 de mammifères ont permis de détecter par western-blot, sur des homogénats musculaires de manchot royal, une protéine homologue dont l'abondance tend à baisser chez des manchots immatures adaptés au milieu marin. Ces résultats montrent pour la première fois l'expression de protéines de fission mitochondriale chez les manchots et suggèrent une réorganisation des réseaux mitochondriaux musculaires après adaptation au milieu marin.

Energetic challenges in king penguins: View from mitochondria

Damien ROUSSEL

LEHNA (Laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Naturels et Anthropisés) UMR CNRS 5023, Université Claude Bernard Lyon1, 43, Boulevard du 11 novembre 1918, 69622 VILLEURBANNE Cedex

Abstract: Deep-diver king penguin is an extraordinary model to study several bioenergetics trade-offs between expansive energy consuming processes (endurance, thermoregulation, protein synthesis) and limited environmental resources (oxygen during dives, nutriment while fasting during winter or molt). Yet, mitochondrial energy transduction represents the physiological link between environmental resources and energy allocated to animal performance. We have studied the efficiency and the energy production fluxes associated with mitochondrial oxidative metabolism in two situations where penguin's energetic homeostasis is challenge: in fasting winter king penguin chicks and in sea-acclimatized king penguin juveniles. Our data show that the cost of ATP production is an adjustable parameter that may underpin the life history of organisms, favoring either survival of chicks during their winter fast on shore or performance of juvenile during their diving activity at sea.