



Comité National Français
des Recherches Arctiques
et Antarctiques

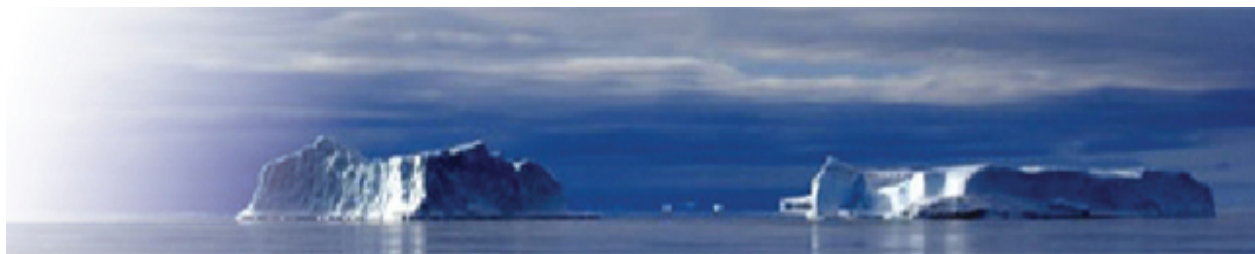
**13^{èmes} JOURNÉES
SCIENTIFIQUES
de la Recherche en
milieux polaires**

11 et 12 mai 2017
**Maison des
Océans**
195 rue Saint Jacques
- PARIS

LIVRE DES RÉSUMÉS



MUSÉUM
NATIONAL
D'HISTOIRE
NATURELLE



13^{èmes} Journées Scientifiques du CNFRA

Maison des Océans – 195 Rue Saint Jacques – 75005 PARIS

11 et 12 mai 2017

Programme

Jeudi 11 mai

08h30 - 09h30 Accueil / café/ inscription

09H30 - 09h45 Ouverture des 13^{èmes} Journées Scientifiques, Mireille Raccurt, Présidente du CNFRA

Session 1 - Modérateur Yan Ropert-Coudert

09h45 - 10h00 Prey, climate and population density shape the dynamics of an apex Antarctic predator. **Pacoreau Nathan**, Authier M., Delord K., Barbraud C.

10h00 - 10h15 Cause de la flexibilité du fonctionnement mitochondriale lors du jeûne alimentaire chez le poussin du manchot royal. **Toullec Gaëlle**, Bourguignon A., Rameau A., Romestaing C., Monternier P-A., Roussel D.

10h15 - 10h30 Ecologie de la circulation d'agents infectieux dans les colonies de vertébrés en zones polaires: état des lieux, travaux en cours et perspectives. **Boulinier Thierry**

10h30 - 10h45 Sexual and social selection, individual quality in the king penguin. Schull Q., Viblanc V.A., Dobson F.S., Stier A., Criscuolo F., **Robin Jean-Patrice**, Bize P.

10h45 - 11h00 Contamination par les microplastiques en mer du Groenland : état des lieux et prise sélective par un oiseau marin planctonivore. **Amélineau Françoise**, Bonnet D., Heitz O., Mortreux V., Harding A.M., Karnovsky N., Walkusz W., Fort J., Grémillet D.

11h00 - 11h15 Implantation sous-cutanée d'enregistreurs de fréquence cardiaque chez l'éléphant de mer austral (*Mirounga leonina*) lors de la mue : aspects méthodologiques. **Bonnet Batshéva**, Chaise L., Toscani C., Krellenstein A., Paterson W., Delalande L., Ancel A., Gilbert C.

11h15 - 11h30 Quand les éléphants de mer nous aident à mieux observer et comprendre le fonctionnement de l'océan austral. **Guinet Christophe**, Charrassin J.-B.

11h30 - 11h45 Utilisation de l'habitat et déplacements à terre chez l'éléphant de mer austral (*Mirounga leonina*) au cours de la mue. **Toscani C.**, Chaise L., Bonnet B., Krellenstein A., Paterson W., Delalande L., Ancel A., Gilbert C.

11h45 - 12h00 Des drones en Antarctique, des règles juridiques à revisiter ? **Choquet Anne**

12h00 - 12h15 De là-haut on voit mieux ! Télé-observation dans la Zone Atelier Antarctique et Subantarctique. **Lebouvier Marc**, Barbraud C., Chapuis J.-L., Delord K., Fourcy D., Guinet G., Ropert-Coudert Y.

Pause déjeuner (libre)

Session 2 - Modérateur Maurice Hullé

14h00 - 14h15 Présentation de APECS-France. **Clément-Chastel Céline**, Gesta M., Shiovone S., Dansereau V., Lescamontier L.

14h15 - 14h30 Les amibes à thèques, éléments clefs des études des biotopes sous contraintes de changements climatiques de la zone périanarctique. **Armynot du Châtelet Eric**, Bout-Roumazielles V., Quijada M.

14h30 - 14h45 Salmonidés aux Îles Kerguelen : Des nouvelles de l'invasion... **Gaudin Philippe**, Labonne J.

14h45 - 15h00 Amélioration des modèles de distribution d'espèce à large échelle. **Fabri-Ruiz Salomé**, Danis B., Saucède T.

15h00 - 15h15 Brachiopodes des milieux Subantarctiques et Antarctiques - Diversité, morphométrie, microstructure. **Gaspard Danièle**

15h15 - 15h30 Des recherches ichtyologiques avec le Programme Antarctique des États-Unis (USAP). **Desvignes Thomas**, Le François N., Amores A., Detrich H.W., Postlethwait J.H.

15h30 - 15h45 Trucs et Astuces du SCAR : Co-construction d'un guide des ressources du SCAR. **Sultan Emmanuelle**

15h45 - 16h15 Pause Café

Session 3 - Modérateur Yvon le Maho

16h15 - 16h30 Diversification chromosomique et spéciation chez les Téléostéens Antarctiques Nototheniidae : un mécanisme de survie pour faire face aux changements environnementaux ? **Auvinet Juliette**, Graça P., Belkady L., Petit L., Ozouf-Costaz C., Dettai A., Higuier D.

16h30 - 16h45 Plasticité trophique et résilience chez les oursins des Iles Kerguelen. **Saucède Thierry**, Cabessut M., de Ridder C., Dubois P., Fabri-Ruiz S., Fournier J., Gonthier-Maurin M., Marschal C., Marty G., Mateos A., Mathieu O., Michel L., Motreuil S., Féral J.-P.

16h45 - 17h00 Projecting species energetic performance in a spatially-explicit context: Trait Distribution Modelling of a key antarctic species. **Guillaumot Charlene**, AGÜERA A., ELÉAUME M., DANIS B.

17h00 - 17h15 Récifs artificiels dans l'Océan Austral, un nouvel outil pour l'étude de la faune fixée de petite taille. **Dettai Agnès**, Fournier J., Ameziane N., Amice E., Chauvaud L., da Forno E., Domenjoz O., Freschet E., Jane P., Krygelmans A., Michel L.N., Schaad A., Thébault J., Schiaparelli S., Eléaume M., Gallut C.

17h15 - 17h30 Communicating Polar Science to Young Students: Lessons Learned from an ongoing ERASMUS+ Exchange Project between France and Greenland. **Thierry Anne-Mathilde**, Jacquot S., Pestel R., Broberg T. N., Lerat D., Sirugue D., Bourgain P.

17h30 - 17h45 Capitalisation de l'expérience sur le raid : Etat des lieux des recherches ergo-technologiques. **Villemain A.***, Godon, P.

18h00 Assemblée Générale Extraordinaire

18h30 Assemblée Générale

Vendredi 12 mai

Session 4 - Modérateur Mireille Raccurt

08h30 - 08h45 Nouvelles perspectives de recherches dans l'étude du stress durant les missions en environnements isolés et confinés, extrêmes et inhabituels. **Poupon Charlotte**, Trousselard M.

08h45 - 09h00 Competition between Arctic and red foxes at the expanding front of the red fox in the Canadian Arctic **Thierry Anne-Mathilde**, Bêty J., Berteaux D.

09h00 - 09h15 Use of supplementary feeding dispensers by Arctic foxes in central Norway: evidence from PIT-tag detections. **De Lacoste Nathalie**, Thierry A.-M.*, Ulvund K.*, Landa A

09h15 - 09h30 Quantarctica, une collection de données géospatiales sur l'Antarctique. **Ritz Catherine**. Mastuoka K.Roth G.

09h30 - 09h45 Etude de la dynamique de la calotte polaire Est-Antarctique : apport des mesures sismologiques. **Lombardi Denis.**, Benoît L., Camelbeeck T., Martin O., Meynard C., Rapagnani G., Thom C.

09h45 - 10h00 Autour des mers australes. **Sultan Emmanuelle**

10h00 - 11h00 Conférence invitée: Embarquez en Antarctique. Kremer A., Iuliani E. Faury M., Fontaine L., Sonnevile A., Gallut C., Eléaume M., **Lecointre Guillaume**

11h00 - 11h30 Pause Café

11h30 - 13h30 Evènement extérieur aux 13^{èmes} journées scientifiques. Remise des prix aux lauréats du concours « Graines de Reporters scientifiques » organisé par TARA expéditions Fondation.

Pause déjeuner (libre)

Session 5 - Modérateur Emmanuelle Sultan

13h45 - 14h00 Précipitations en Arctique : Intercomparaisons observations-réanalyses **Edel Léo**, Claud C., Genthon C.

14h00 - 14h15 Multi-instrumental observations of solid precipitation at Dumont D'Urville, Antarctica. **Duran-Alarcon Claudio**, Berne A., BOUDEVILLAIN B., GENTHON C., GRAZIOLI J.

14h15 - 14h30 How to give accurate SMB forcing to ice dynamic model for the 21st century projections? **Favier Vincent**; Krinner, G., Amory, C., Beaumet, J., Gallée, H., Agosta, C.

14h30 - 14h45 Etudes de l'environnement radiatif atmosphérique basées sur la spectrométrie des neutrons au Pic-du-Midi de Bigorre et à la station Concordia. **Hubert Guillaume.**

14h45 - 15h00 Exploiter les performances astronomiques de Concordia. **Vauglin Isabelle**, Mekarnia D., Guillot T., Abe L., Moretto G., Langlois M.

15h00 - 15h30 Pause Café

15h30 - 15h45 Remise du prix Roland Schlich par Yvon Le Maho

15h45 - 16h00 Clôture des 13^{èmes} Journées Scientifiques du CNFRA par Mireille Raccurt

15h45 Atelier APECS. **Clément-Chastel Céline**, Gesta M., Shiavone S., Dansereau V., Lescamontier L.

Résumés

Jeudi 11 mai, Session 1

Prey, climate and population density shape the dynamics of an apex Antarctic predator

PACOUREAU NATHAN *, MATTHIEU AUTHIER**, KARINE DELORD****, CHRISTOPHE BARBRAUD*

* Centre d'Études Biologiques de Chizé, UMR-CNRS 7372, 79360 Villiers-en-Bois, France

** Observatoire PELAGIS, UMS-CNRS 3462, Université de la Rochelle, allée 4 de l'Océan, 17000 La Rochelle, France

Résumé *Few empirical studies investigated simultaneously the effects of density-dependent and independent factors on marine top predator population dynamics and lacking are studies on the direct influence of prey abundance. Our aim was to unravel these mechanisms in the population dynamics of an apex predator seabird, the south polar skua, using long term climatic and population time series of the predator and its preys in Terre Adélie, Antarctica. Influences of these factors with lag-effects were tested on the breeding population dynamic with a Bayesian multi-model inference approach. The results, density-dependence, direct effect of sea-ice and temperature with lags and direct effect of preys, will be presented and the causal mechanisms involved discussed. Our results provide significant insights on the forcing of population dynamics of an apex predator by density-dependence, local climate conditions and by and direct and indirect effects of prey abundance.*

Cause de la flexibilité du fonctionnement mitochondriale lors du jeûne alimentaire chez le poussin du manchot royal

TOULLEC G., BOURGUIGON A., RAMEAU A., ROMESTAING C.*, MONTERNIER P-A., ROUSSEL D.*

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

Résumé *Le métabolisme mitochondrial est le lien physiologique principal entre les réserves énergétiques et les performances individuelles. Nous nous sommes intéressés à la flexibilité du fonctionnement mitochondrial dans le muscle squelettique au cours du jeûne alimentaire chez le poussin. Nos résultats montrent une diminution nette des capacités respiratoires et de la quantité de mitochondries par unité de masse musculaire qui s'accroît au cours du jeûne. Cet hypométabolisme mitochondrial est partiellement compensé par une augmentation de l'efficacité de la mitochondrie. Afin de déterminer les causes de ces changements nous avons mesuré l'activité des complexes enzymatiques de la chaîne respiratoire. Seule l'activité de la cytochrome-c oxydase était significativement diminuée. Ce résultat suggère que le changement d'activité de cet enzyme clé de la chaîne respiratoire pourrait être responsable de l'hypométabolisme et de l'augmentation d'efficacité de la mitochondrie.*

Introduction

Au cours de sa première année terrestre, le poussin de manchot royal (*Aptenodytes patagonicus*) est soumis à un enjeu métabolique crucial : garder assez d'énergie pour résister au froid et aux prédateurs malgré des nourrissages parentaux très distants temporellement. Le métabolisme mitochondrial étant le lien physiologique principal entre les réserves énergétiques et les capacités/performances individuelles, nous nous sommes intéressés à la flexibilité du fonctionnement mitochondrial dans le muscle squelettique (ici le pectoral) au cours de l'acclimatation au jeûne alimentaire.

Observations et résultats

Bien qu'une diminution nette des capacités oxydatives, de la quantité de protéines mitochondriales par gramme de muscle et de l'activité enzymatique des complexes mitochondriaux ait été observée au cours de l'acclimatation au jeûne, on constate une augmentation de l'efficacité mitochondriale (ratio ATP/O). En effet, cette efficacité semble augmenter d'environ 15% des poussins nourris vers des poussins en phase II et de 45% des poussins de phase II vers des poussins de phase III.

Afin de déterminer les causes de ce changement d'efficacité mitochondriale nous nous sommes intéressés aux modifications de l'activité des complexes de la chaîne respiratoire. A l'exception de la cytochrome-c oxydase, dont l'activité diminue, aucun des autres complexes enzymatiques n'étaient affectés par le jeûne.

Discussion et conclusions

Cette augmentation d'efficacité permettrait au poussin en phase III de jeûne de maintenir des fonctions vitales telles que la thermorégulation et la locomotion malgré une baisse générale du métabolisme/catabolisme musculaire.

En conclusion, il reste maintenant à déterminer si un changement de perméabilité membranaire (composition protéique et/ou lipidique) pourrait aussi être la cause de cette amélioration d'efficacité mitochondriale.

Ecologie de la circulation d'agents infectieux dans les colonies de vertébrés en zones polaires: état des lieux, travaux en cours et perspectives

BOULINIER THIERRY

CEFE CNRS - Université Montpellier, responsable des programmes IPEV ECOPATH 1151 et PARASITO-ARCTIQUE 333.

Résumé *L'exploration de comment les espèces interagissent dans un contexte spatialisé est crucial pour comprendre comment elles répondent aux changements environnementaux. Parce que les systèmes hôte-parasite en zones polaires sont relativement simples en termes de nombres d'espèces impliquées (communautés de quelques hôtes et parasites fortement structurées dans l'espace) et parce que certains des effets des changements globaux sont particulièrement forts en zones polaires, les systèmes hôtes-parasites de ces zones constituent des modèles uniques pour étudier comment des processus écologiques et évolutifs particuliers peuvent affecter les réponses des communautés animales à différentes échelles spatiales. En utilisant les oiseaux marins et leurs parasites comme systèmes d'étude, nous illustrons comment des résultats de nature fondamentale et appliquée ont pu être obtenus sur des processus tels que le rôle de la dispersion des individus dans la dynamique des métapopulations et l'écologie évolutive du transfert maternel d'anticorps. Les résultats montrent que l'écologie de vecteurs d'agents infectieux tel que les tiques est crucial à considérer pour comprendre certaines dynamiques, et que l'étude de la dynamique du système immunitaire des albatros est importante à considérer pour comprendre et éventuellement gérer le cas des épizooties de choléra aviaire sur l'île d'Amsterdam. Dans ce contexte, un résumé des travaux en cours et des perspectives des programmes IPEV ECOPATH (1151) et PARASITO-ARCTIQUE (333) sera présenté.*

Sexual selection, social selection and individual quality in the king penguin (*Aptenodytes patagonicus*)

Quentin Schull¹, Vincent A. Viblanc¹, F. Stephen Dobson², Antoine Stier³, François Criscuolo¹, Jean-Patrice Robin¹ et Pierre Bize⁴

¹ Université de Strasbourg, CNRS, IPHC UMR 7178, F-67000 Strasbourg, France

² Department of Biological Sciences, Auburn University, 311 Funchess Hall, Auburn, AL 36849, USA

³ Institute of Biodiversity, Animal Health and Comparative Medicine, University of Glasgow, Glasgow, Scotland, UK.

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

Résumé *The production and maintenance of extravagant ornaments is widely suggested to evolve by conspecific preference providing information on individual intrinsic quality in sexual contexts (sexual selection) or on individual social quality in non-reproductive contexts (social selection). Under those respective frameworks, several hypotheses have been proposed and empirical support has been provided for most. The king penguin (*Aptenodytes patagonicus*) is an outstanding model allowing to investigate several of those hypotheses simultaneously. The king penguin is a monomorphic bird species, for which both males and females display similar colorful ornaments, both on the plumage and the beak. Plumage ornament coloration is produced by i) endogenous pigments, whereas beak ornament coloration is produced by both ii) exogenous pigments and iii) structural cellular features. In this work we have identified the costs associated with the production and maintenance of those ornamental features highlighting their honest character in signaling the quality of their bearer. We will present results showing that those ornaments are partly condition-dependent, and reliable traits that may be used to assess the quality of a potential sexual partner in both sexes, implying that their evolution and maintenance is partly determined by mutual mate choice and sexual selection. On the other hand, some traits remained condition-independent in their production, suggesting that the cost associated with their expression was deferred over time and the evolution of those ornaments likely shaped by non-sexual social selection.*

Contamination par les microplastiques en mer du Groenland : état des lieux et prise sélective par un oiseau marin planctonivore

FRANÇOISE AMÉLINEAU*, DELPHINE BONNET**, OLIVIER HEITZ**, VALENTINE MORTREUX**, ANN MA HARDING***, NINA KARNOVSKY****, WOJCIECH WALKUSZ°, JÉRÔME FORT°, DAVID GRÉMILLET*

*CEFE, CNRS, Montpellier, France

**Université de Montpellier, France

***Alaska Pacific University, Anchorage, USA

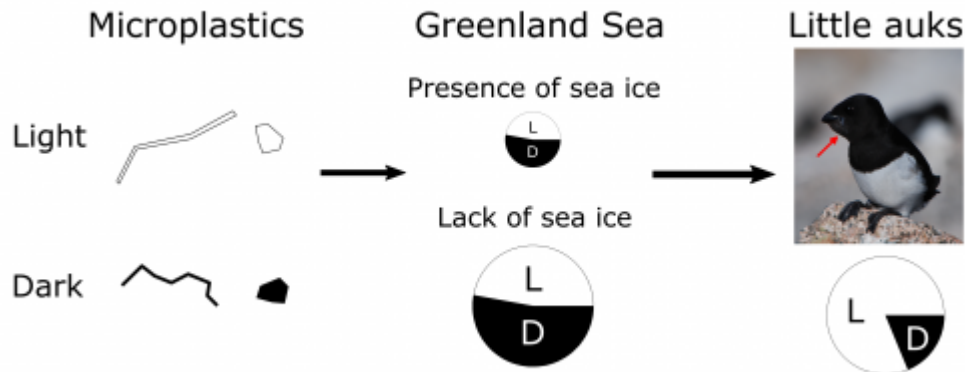
****Pomona College, Claremont, USA

°Institute of Oceanology, Polish Academy of Science, Sopot, Pologne

°° LIENSs, CNRS, La Rochelle, France

Résumé Microplastics (MPs) are reported in every ocean. Despite Arctic remoteness from major sources of plastics, recent studies suggest that Arctic sea-ice is a sink for MPs. Nonetheless, existing data for this area are scarce. Our aims were to quantify MPs in little auk (*Alle alle*) foraging area and in their diet, and to identify if there is a selective intake that could give clues on MP detection and intake process. Little auks feed on zooplankton while diving to 5-40m. We conducted our study in the Greenland Sea for two years with contrasting sea-ice concentrations (SIC): 2005 (high SIC) and 2014 (low SIC). Surprisingly, MP abundances were comparable to those of other oceans. All birds had eaten MP filaments, with 9.9 pieces per chick meal. Importantly, little auks took more often light colored MPs, rather than darker ones, strongly suggesting an active uptake with birds mistaking MPs for their prey. These results stress that Arctic marine species are highly vulnerable to MP pollution.

Observations et résultats



Références

Amélineau, F., Bonnet, D., Heitz, O., Mortreux, V., Harding, A.M.A., Karnovsky, N., Walkusz, W., Fort, J. & Grémillet, D. (2016) Microplastic pollution in the Greenland Sea: Background levels and selective contamination of planktivorous diving seabirds. *Environmental Pollution*, 219, 1131–1139.

Implantation sous-cutanée d'enregistreurs de fréquence cardiaque chez l'éléphant de mer austral (*Mirounga leonina*) lors de la mue : aspects méthodologiques.

BONNET B.*, CHAISE L.**, TOSCANI C.**, KRELLENSTEIN A.**, PATERSON W.***, DELALANDE L.*, ANCEL A.****, GILBERT C.*

* Ecole Nationale Vétérinaire Paris Est, UMR 7179, CNRS/MNHN, 7 avenue du Général de Gaulle, 94704 Maisons-Alfort cedex, France.

** UMR 7179, CNRS/MNHN, 1 avenue du petit château, 91800 Brunoy, France.

*** Sea Mammal Research Unit, Scottish Oceans Institute, University of St Andrews, St Andrews, Fife KY16 8LB, UK.

**** Université de Strasbourg, CNRS, IPHC UMR 7178, F-67000 Strasbourg, France.

Résumé Les éléphants de mer austraux (*Mirounga leonina*) présentent une mue drastique chaque année qui consiste à renouveler leurs poils et la couche cornée de leur épiderme. Ceci se traduit par une perte d'isolation thermique et leur impose un retour à terre d'environ un mois. Du fait de ce séjour à terre, la phase de mue est synonyme de jeûne. Des études comportementales et physiologiques s'intéressant à cette période de contraintes énergétiques importantes, visent à élucider les stratégies d'épargne énergétique existant chez cette espèce. Pour estimer la dépense énergétique chez des individus en milieu naturel, l'analyse de la fréquence cardiaque est une des techniques utilisables. Chez certaines espèces, cela se fait par la pose d'enregistreurs de fréquence cardiaque sous-cutanés. Afin de valider cette méthode chez l'éléphant de mer austral, 8 individus ont été implantés. Nous revenons ici sur la technique chirurgicale employée, le suivi quotidien post-opératoire et les premiers résultats.

Quand les éléphants de mer nous aident à mieux observer et comprendre le fonctionnement de l'océan austral

CHRISTOPHE GUINET*, JEAN-BENOIT CHARRASSIN**

* CEBC, UMR 7372 CNRS-ULR, 79360 Villiers en Bois

**LOCEAN, UMR 7159 CNRS / IRD / Université Pierre et Marie Curie/MNHN. Institut Pierre Simon Laplace. Boîte 100 - 4, place Jussieu 75252 PARIS Cedex 05.

Résumé *L'océan Austral, compte tenu de son éloignement, des conditions météorologiques difficiles et de son étendue demeure l'un des domaines marins les moins bien connus de notre planète. Les observations par satellite constituent un moyen d'investigation précieux mais qui demande à être complété par l'obtention de mesures in-situ. Dans ce contexte les phoques austraux (éléphants de mer, phoques de Weddell) constituent un moyen privilégié pour compléter ces mesures satellites et contribuer à l'observation des Océans Polaires. Les données éléphants de mer, librement accessibles via le portail MEOP (www.meop.net) constituent la principale source d'observations océanographiques de l'océan austral. Ces données interviennent dans la validation in-situ des mesures satellites et prolongent en profondeur leurs observations limitées à la surface et apportent des informations précieuses sur la distribution des champs biologiques : phytoplancton et proies.*

Utilisation de l'habitat et déplacements à terre chez l'éléphant de mer austral (*Mirounga leonina*) au cours de la mue.

TOSCANI C. *, CHAISE L. *, BONNET B. *, KRELLENSTEIN A. *, PATERSON W. **, DELALANDE L. *, ANCEL A. ***, GILBERT C. * ****

* UMR 7179 CNRS/MNHN, 1 avenue du petit château, 91800 Brunoy, France.

** Sea mammal Research Unit, Scottish Oceans Institute, University of St Andrews, St Andrews, Fife KY168LB, UK.

*** Université de Strasbourg, CNRS, IPHC UMR 7178, F-67000 Strasbourg, France.

**** Ecole Nationale Vétérinaire Paris est, bât. BCG - Ethologie, 7 avenue du Général de Gaulle, 94704 Maisons-Alfort, France.

Résumé *Les éléphants de mer austraux (*Mirounga leonina*) alternent des périodes de prédation en mer et de jeûne à terre lors de la reproduction et de la mue. Le jeûne, combiné à la mue drastique (renouvellement du pelage et de la couche cornée de l'épiderme) que subissent ces animaux implique un coût énergétique important. Ce coût nécessite le développement de stratégies adaptatives, telles que l'agrégation, pour limiter les pertes énergétiques. D'autre part, les facteurs environnementaux peuvent aussi avoir un fort impact sur les dépenses d'énergie des individus. L'utilisation de l'habitat et la formation d'agréations en fonction des conditions climatiques sont donc primordiales. Des suivis individuels (pose de VHF et de GPS) et populationnels (transects sur 3 habitats : herbe, souille et plage) en lien avec des données météorologiques nous ont permis de mieux appréhender les stratégies comportementales des éléphants de mer austraux au cours de la mue.*

Des drones en Antarctique, des règles juridiques à revisiter ?

CHOQUET A.

Brest Business School

Résumé *En Antarctique comme ailleurs, les drones connaissent un engouement réel. Chercheurs et touristes sont séduits par les activités qu'ils permettent. Pourtant les risques sont réels tant pour la sécurité humaine que pour la protection de l'environnement. Des règles existent bien pour encadrer la gestion des activités humaines en Antarctique. Mais sont-elles adaptées à l'emploi de drones par les scientifiques et les touristes?*

Introduction

La palette des activités humaines en Antarctique s'étoffe sans cesse et s'enrichit notamment grâce à l'innovation technologique. Qu'ils soient qualifiés de véhicules aériens sans pilote ou plus souvent encore d'UAV de l'anglais Unmanned Aerial Vehicle, les drones connaissent ainsi en Antarctique comme ailleurs un engouement réel, d'autant que non seulement ils se diversifient par leurs formes et leurs fonctions mais également qu'ils deviennent de plus en plus agiles et autonomes.

Observations et résultats

Les drones ont séduit ainsi les chercheurs. Ces derniers les emploient dans des programmes scientifiques afin de contribuer, par exemple, à l'observation d'animaux et à la collecte de données. Ils permettent également d'accéder à de nouveaux sites et ainsi offrir une alternative économique à des survols en hélicoptères ou à des expéditions sur le terrain.

Les drones ont également séduit les touristes en Antarctique. Ils y voient un moyen idéal pour prendre des photos et vidéos uniques des paysages qu'ils traversent, d'autant plus le poids et le prix des drones deviennent de plus en plus attractifs.

Mais l'intérêt de l'utilisation de drones en Antarctique ne doit pas faire oublier les risques qu'elle entraîne. Les porteurs de projets sont conscients qu'ils devront faire face à des conditions extrêmes en Antarctique (notamment vent et température) et devront les prendre en compte tout au long de leur projet du choix de l'engin employé à l'activité engagée. Il ne faut pas négliger les risques environnementaux et opérationnels qu'entraîne l'emploi de drones en Antarctique, et notamment le risque d'interférence avec les travaux scientifiques.

L'avancement de la technologie et les principes de précaution et de prévention conduisent à un renforcement permanent des exigences réglementaires. En matière de protection de l'environnement et de sécurité humaine, les exigences juridiques, tant nationales qu'internationales, sont de plus en plus nombreuses et contraignantes. La réglementation doit être intégrée dès la phase de conception d'un projet afin de mettre en conformité un projet qui présente des risques pour les personnes et /ou l'environnement. Le développement de nouvelles activités humaines s'accompagne automatiquement de réflexions juridiques et nécessite souvent de nouvelles réglementations. Nous ne sommes pas ici face à un vide juridique ou à des lacunes réglementaires car il existe des règles relatives activités humaines en Antarctique. Les principales ont été établies alors que l'emploi de drones n'était pas envisagé. Les Etats n'ont pas été habitués à anticiper les nouvelles activités humaines. Pourtant l'absence de règle peut conduire à un sentiment de liberté que les risques pour la sécurité humaine et l'environnement ne peuvent permettre.

Discussion et conclusions

Un corpus réglementaire existe bien pour les activités humaines en Antarctique et notamment l'emploi de d'engins aériens mais est-il suffisamment adapté aux spécificités des drones ? Il importe d'étudier les règles en vigueur afin

d'envisager les évolutions réglementaires nécessaires pour gérer les drones employés à des fins scientifiques et à des fins touristiques en Antarctique. Il faut néanmoins éviter les complexités juridiques avec des règles qui s'entrecroisent entraînant un risque de flou réglementaire. Il ne s'agit, en effet, pas de simplifier mais de construire les règles de demain.

Références

- CHOQUET A.(2016), Des drones à des fins touristiques en Antarctique ? de l'intérêt d'un moratoire avant un cadre réglementaire spécifique, Revue générale de droit international public, numéro 2016/4
- HIGASHINO S., FUNAKI M., et al. (2013), Development and operational Experiences of UAVs for scientific Research in Antarctic, in NONAMI, K., KARTIDJO, M., et al. (eds.) Autonomous Control Systems and Vehicles, Intelligent Unmanned Systems, ed. Springer, p.160
- MIRK D., HLAVACS H. (2014), « Using Drones for Virtual Tourism », International Conference on Intelligent Technologies for Interactive Entertainment, Springer International Publishing, p. 144-147

De là-haut on voit mieux ! Télé-observation dans la Zone Atelier Antarctique et Subantarctique.

Marc Lebouvier¹, Christophe Barbraud², Jean-Louis Chapuis³, Karine Delord², Damien Fourcy⁴, Christophe Guinet², Yan Ropert-Coudert²

LTSER Zone Atelier Antarctique et Subantarctique, INEE, CNRS

¹ UMR 6553, CNRS Université de Rennes 1, Station Biologique, F-35380 Paimpont

² UMR 7372, CNRS Université de La Rochelle, Centre d'Etudes Biologiques de Chizé, F-79360 Villiers-en-Bois

³ UMR 7204, MNHN CNRS Université de Paris 6, 61 rue Buffon, F-75231 Paris Cedex 05

⁴ UMR ESE, INRA, Campus de Beaulieu, F-35042 Rennes Cedex

Résumé *Différentes techniques d'acquisition d'images (satellites, drones, cerfs-volants) sont utilisées au sein de la Zone Atelier Antarctique et Subantarctique pour réaliser des observations à plusieurs échelles spatio-temporelles pour aborder des thématiques variées : dynamique de la végétation, délimitation de colonies et dénombrements de vertébrés marins... Ces techniques de télé-observation permettent à la fois de limiter l'impact des observateurs sur l'environnement, point important puisque nos sites d'étude se situent dans des réserves naturelles (Réserve Naturelle Nationale des Terres Australes Françaises, Antarctique), et d'acquérir des données sur des secteurs difficilement accessibles pour des raisons logistiques ou réglementaires. Nous présenterons quelques illustrations de ces recherches et nous évoquerons les difficultés techniques rencontrées (en particulier en relation avec les vents fréquents et puissants) et certains aspects réglementaires.*

Les actions d'APECS-France

Céline Clément-Chastel, Lydie Lescarmontier, Mathieu Gesta, Sophie Schiavone, Véronique Dansereau *

*Bureau 2017 d'APECS-France

APECS-France est le Comité national français de l'**Association of Polar Early Career Scientists** (APECS). C'est une association à but non lucratif créée en 2013 et composée de jeunes chercheurs en thèse, post-doctorat, d'ingénieurs, de maître de conférences ou de médiateurs scientifiques venant de toutes disciplines et de laboratoires français très variés. Le point commun de toutes ces personnes bénévoles : la passion des régions polaires ! Les objectifs sont de soutenir et promouvoir les jeunes scientifiques et d'assurer, en France, la diffusion des sciences polaires vers le grand public et les scolaires. Claude Lorius et Jean Jouzel en sont les parrains. Toutes les activités et projets éducatifs développés par APECS-France se basent sur les recherches de ses membres.

Une collaboration fructueuse avec le CNFRA s'est mise en place depuis un an.

De plus, l'association est fière d'avoir été mandatée pour développer le dispositif éducatif « **Ondes et Flocons** » associé à l'**ANR APRES3** dont le but est de mieux prédire l'évolution des précipitations en Antarctique. Avec « Ondes et Flocons », les élèves deviennent des apprentis chercheurs et suivent les missions de chercheurs du LGGE de Grenoble.

APECS-France continue ses actions toujours à la recherche de volontaires !

La **Semaine Polaire Française** propose deux fois par an à des milliers d'élèves de suivre des visio-conférences et des ateliers pédagogiques sur des sujets très variés ce qui a valu à l'association l'obtention d'une mention spéciale « climat » au Prix Terre de femmes 2016 de la Fondation Yves Rocher. Les prochaines SPF seront couplées à des événements physiques dans des lieux prestigieux !

Tous les 1er décembre, APECS-France suit l'initiative d'Our Spaces, fondation britannique pour la bonne gouvernance des espaces internationaux, en organisant le **Jour de l'Antarctique**. Le but : connecter des élèves français avec la base polaire de Dumont-D'Urville en Terre Adélie afin de les éveiller à l'importance de la coopération internationale pour la gestion de ce continent réservé à la paix et à la science (Traité sur l'Antarctique du 1er décembre 1959).

En partenariat avec le CRI (Centre de Recherche Interdisciplinaire), dans le cadre des **Savanturiers des Glaces**, 10 à 15 classes par an bénéficient du parrainage de chercheurs d'APECS-France. Le but est d'adopter une démarche d'investigation en mettant les élèves en situation de recherche pendant une année scolaire. Ils construisent un questionnement scientifique pertinent avec l'appui de l'enseignant et du chercheur « mentor ». Ils partagent ensuite leurs résultats au « Congrès des jeunes chercheurs » généralement à Paris.

C'est dans le cadre de ce même partenariat et forts de leur trois années d'expériences avec les Savanturiers que des chercheurs d'APECS-France ont été sollicités pour contribuer à l'élaboration et au suivi du **MOOC Education par la recherche : la climatologie à l'école** et à la formation d'enseignants aux méthodes scientifiques.

L'Atelier APECS-France

Dans le cadre du partenariat avec le CNFRA, APECS-France a proposé l'organisation d'un atelier visant à permettre l'échange entre jeunes et « anciens », entre disciplines et entre labos ! Ceux qui le veulent y présenteront leur sujet de thèse en 5 minutes avec un format original. Un retour critique (mais bon enfant !) sera proposé par des mentors intéressés et par des médiateurs professionnels.

Les amibes à thèques, éléments clefs des études des biotopes sous contraintes de changements climatiques de la zone périantarctique

ARMYNOT DU CHÂTELET E.*, BOUT-ROUMAZEILLES V.*, QUIJADA M.*

* Univ. Lille, CNRS, Univ. Littoral Cote d'Opale, UMR 8187, LOG, Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences, 59 000 Lille, France

Résumé *Les amibes à thèques sont des protistes. Chaque espèce présente une morphologie très variée du squelette, qui permet de les différencier. Mixotrophes, elles ont colonisé tous les environnements aquatiques d'eaux douces de la planète, les tourbières, les rivières, les lacs, les sols et les eaux saumâtres. Les amibes à thèques ont été étudiées assez largement en Antarctique et des îles subantarctiques. Ces études révèlent la présence d'espèces cosmopolites avec quelques rares d'une distribution plus restreinte. La diversité diminue avec une augmentation de la latitude. Les proportions des différentes espèces dépendent du degré hygrométrique, du pH, de la température et de facteurs biogéographiques. En connectant les amibes à thèques à la nature du substrat sur lequel elles se développent, il est possible de proposer un modèle conceptuel de biotope dans les conditions environnementales particulières de la zone péri-antarctique sous contraintes des changements climatiques.*

Salmonidés aux Îles kerguelen : Des nouvelles de l'invasion...

GAUDIN PHILIPPE *, LABONNE JACQUES *

* UMR ECOBIOP, Aquapôle INRA, 64310 Saint Pée-sur-Nivelle

Résumé *Huit espèces de salmonidés ont été introduites aux Îles Kerguelen des années 50 au début des années 90. La truite commune (Salmo trutta) est la seule espèce qui ait réussi à coloniser la quasi-totalité des bassins versants de la moitié Est de l'île, grâce à sa forme anadrome. Parmi les autres espèces, 3 ont échoué, les autres se maintiennent sur les sites d'introduction ou, comme le saumon Coho (Oncorhynchus kisutch), pourraient débiter une phase de colonisation. Bien que considérée maintenant comme inopportune, l'expérience initiée par ces introductions est d'un intérêt majeur, dans un contexte de réchauffement et de recul très rapide des glaciers dans cette région subantarctique. Les bases de données et d'échantillons recueillies depuis 1954 nous permettent d'explorer quelques-unes des grandes questions portant sur le succès des invasions biologiques, l'évolution et l'adaptation des espèces et leurs relations avec les changements rapides de leur environnement.*

Amélioration des modèles de distribution d'espèce à large échelle

FABRI-RUIZ S.*, DANIS B.**, SAUCÈDE T.*

*UMR 6282 Biogéosciences, Univ. Bourgogne Franche-Comté, CNRS, 6 bd Gabriel F-21000 Dijon, France

**Marine Biology Lab, CP160/15 Université Libre de Bruxelles, 50 avenue FD Roosevelt B-1050 Brussels, Belgium

Résumé *L'océan Austral est l'une des régions de la planète ayant présenté les changements environnementaux les plus rapides au cours des 30 dernières années. Dans ce contexte, identifier les facteurs qui déterminent la distribution des espèces est fondamental pour les enjeux de conservation. De nombreux travaux ont souligné la nécessité d'améliorer la qualité de l'échantillonnage dans les études macroécologiques et biogéographiques, idée soutenue par le Census of Antarctic Marine Life (CAML). De nombreuses missions océanographiques ont été menées sous l'égide de ce programme mais notre connaissance de la biodiversité reste lacunaire dans les zones peu explorées. L'objectif de notre travail est de produire des modèles de distribution d'espèce robustes. Différentes procédures de modélisation ainsi que l'effet de l'addition chronologique de nouvelles données sur la performance des modèles ont été testés en comparant les périodes avant et après les missions du CAML.*

Brachiopodes des milieux Subantactiques et Antarctiques - Diversité, morphométrie, microstructure

GASPARD D.*

* Muséum national d'Histoire naturelle, Paris. Centre de Recherches sur la Paléobiodiversité et les Paléoenvironnements (CR2P, UMR 7207), Sorbonne Universités, UMR CNRS-MNHN-UPMC,

Résumé *Les missions du Marion Dufresne et de l'Austral (Poker 2) ont permis de se faire une idée de la biodiversité en ce qui concerne les brachiopodes des Îles Crozet et des Kerguelen (Platidia, souvent fixés sur des exemplaires d'Aerothyris kerguelensis, espèce la plus répandue). La mission CEAMARC, au large de la Terre Adélie, a permis d'échantillonner plusieurs espèces de Craniiformes et de Rhynchonelliformes. Des observations ont été faites de façon plus élaborée sur l'espèce Aerothyris kerguelensis. Cette espèce a été observée du point de vue de la morphologie externe, des caractéristiques internes, des analyses micro et nanostructurales (SEM, AFM), complétées par des cartographies d'éléments et des analyses à la microsonde (Gaspard & Nouet, 2016 ; Gaspard et al., soumis 2007). Dans ces biomatériaux, la calcite étant intimement associée aux matrices organiques, des analyses ont été réalisées pour tenter d'identifier des séquences de protéines de ces matrices (Immel et al., 2015).*

Introduction

De nombreuses missions du Marion Dufresne (MD 03, 08, 30) aux Îles Crozet et de l'Austral (Poker 2) sur le plateau des Kerguelen a permis de se faire une idée de la diversité des brachiopodes en présence. Ces invertébrés marins sont des organismes benthiques, ils vivent fixés par le biais de leur pédoncule sur des substrats de types divers. La plupart des coquilles récoltées sont surtout des rhynchonelliformes (coquilles dont les deux valves sont articulées) : ce sont des représentants de Terebratulida (Terebratulidina et Terebratellidina), récupérées entre 95 et 365 m de profondeur pour la plupart (exceptionnellement 500 m). L'étude est basée particulièrement sur la mission MD 30/BIOMASS aux Îles Crozet (Arnaud, 1982) à partir de 80 stations ayant fourni *Aerothyris kerguelensis* (Davidson) comme espèce la plus fréquente, espèce portant parfois fixées sur elle de petites coquilles de *Platidia marionensis* Cooper, et sur la mission Poker 2, aux Kerguelen (9 stations : 119-316 m). Par ailleurs, la mission CEAMARC au large de la Terre Adélie a permis d'échantillonner plusieurs espèces recouvrant 2 des 3 sous-embranchements des Brachiopodes : quelques rares fragments de valves de Craniiformes (coquilles à valves inarticulées vivant fixées par cémentation : cf. *Crania lecontei*), et des Rhynchonelliformes dont certains peuvent atteindre 5 cm de long : *Liothyrella blochmanni*, *Xenobrochus australis*, *Macandrevia* sp., *Magallania fragilis*, *M. joubini*... . Ces espèces sont comparées avec celles présentées dans le travail de Foster (1974).

Observations et résultats

Des observations faites de façon très complémentaires, chez *Aerothyris kerguelensis*, tant du point de vue de la morphologie externe, (analyse bivariée, morphométrie, des caractères internes (ceux du brachidium par expl.), de la microstructure de la coquille (étude par microscopie électronique à balayage : MEB) jusqu'au niveau nanostructural (étude par microscopie à force atomique : AFM), complétées par la cartographie de certains éléments (Mg, S ; SEM-EDS) et une analyse à la microsonde (quantification des concentrations de chaque élément dans l'épaisseur de la coquille ; WDS) ont permis certaines constatations qu'on peut en partie appliquer à d'autres espèces. La coquille de l'espèce *A. kerguelensis* se modifie au cours de l'ontogenèse, de plate et large proportionnellement, à l'état juvénile et prémature, elle devient brutalement plus gibbeuse à une certaine taille.

L'architecture hiérarchique de la coquille est estimée jusqu'au niveau nanométrique (Gaspard & Nouet, 2016). Une estimation de la croissance, et par conséquent de l'âge du spécimen, est approchée par l'observation de sections médianes au MEB et par les stries d'accroissement au sein des empreintes musculaires (adducteurs par expl.).

Des ajustements de courbes sur ces sections longitudinales, basées sur un précédent travail (Aldridge & Gaspard, 2011), sensés représenter des rythmes annuels de croissance, permettent de positionner sur chaque valve des minima et des maxima. Ces points permettent de fournir une approximation de l'âge qui se confirme avec les pics de concentration d'éléments (Mg, S) considérés lors des cartographies et de l'analyse à la microsonde de plusieurs transects, dans l'épaisseur de la coquille (Gaspard et al., soumis 2017).

Les coquilles sont des biomatériaux (matériaux composites comprenant de la calcite et des matrices organiques étroitement associées au cours du processus de biominéralisation). Des analyses biochimiques des matrices organiques et une tentative d'analyses de séquences protéiniques ont été effectuées (Immel et al., 2015).

Discussion et conclusions

Faute de pouvoir régulièrement observer les spécimens en place, les observations complémentaires (non limitatives) réalisées sur *A. kerguelensis* ont permis d'estimer l'âge des coquilles adultes observées. Les mêmes démarches sont susceptibles de s'appliquer au reste du matériel récolté pour la mission MD 30 avec des réserves concernant la morphométrie. Il en est de même pour les spécimens échantillonnés lors de la mission CEAMARC possédant des coquilles plus fines et plus fragiles.

Les brachiopodes étant des invertébrés marins benthiques, leurs coquilles sont des archives appréciables pour analyser l'environnement et, dans ce but, des analyses isotopiques sont prévues (en collaboration).

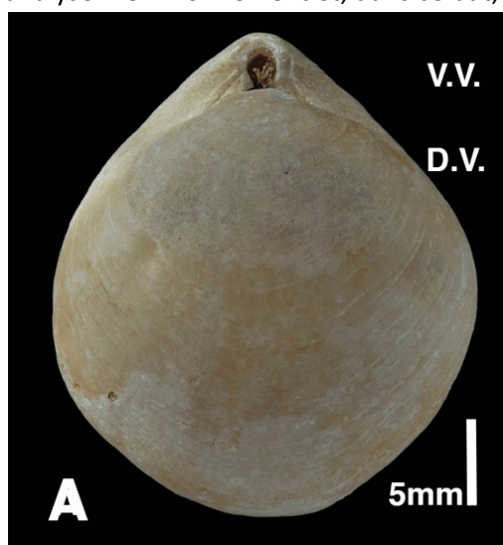


Figure 1-A *Aerothyris kerguelensis* (Davidson). Une coquille adulte vue par la valve dorsale.

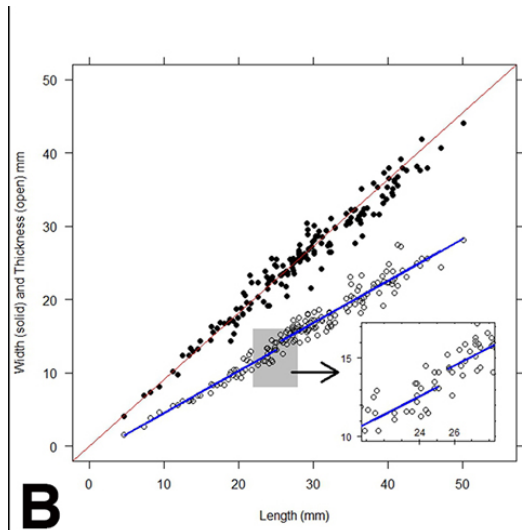


Figure 1-B *Aerothyris kerguelensis* (Davidson). Analyse bivariable (largeur/longueur : points noirs ; épaisseur/longueur : cercles) effectuée sur les coquilles de 4 stations de la mission MD 30.

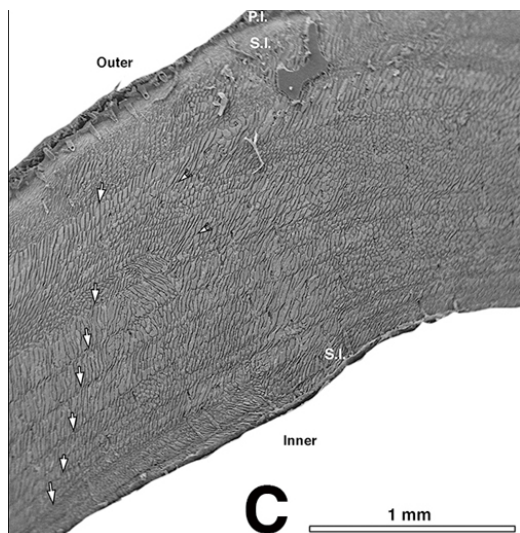


Figure 1-C *Aerothyris kerguelensis* (Davidson). Vue en microscopie électronique à balayage (MEB) d'une section longitudinale médiane de valve ventrale (pédonculaire) pr.p., révélant des rythmes majeurs d'accroissement (têtes de flèches).

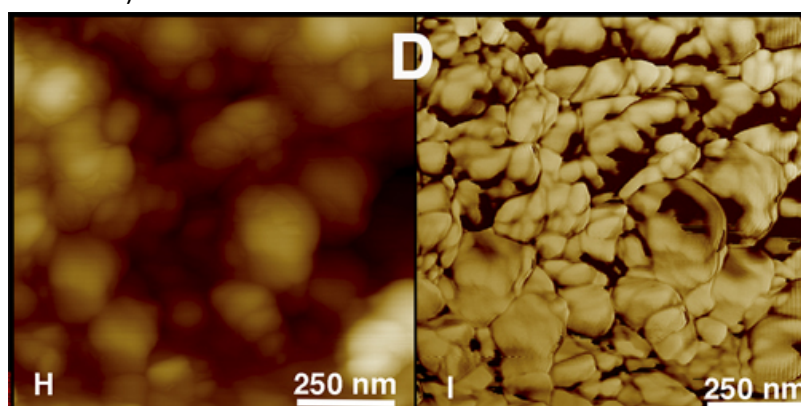


Figure 1-D *Aerothyris kerguelensis* (Davidson). Vues au microscope à force atomique (AFM) d'une section révélant des nanoparticules de calcite s'agglomérant pour former les éléments de la couche secondaire fibreuse.

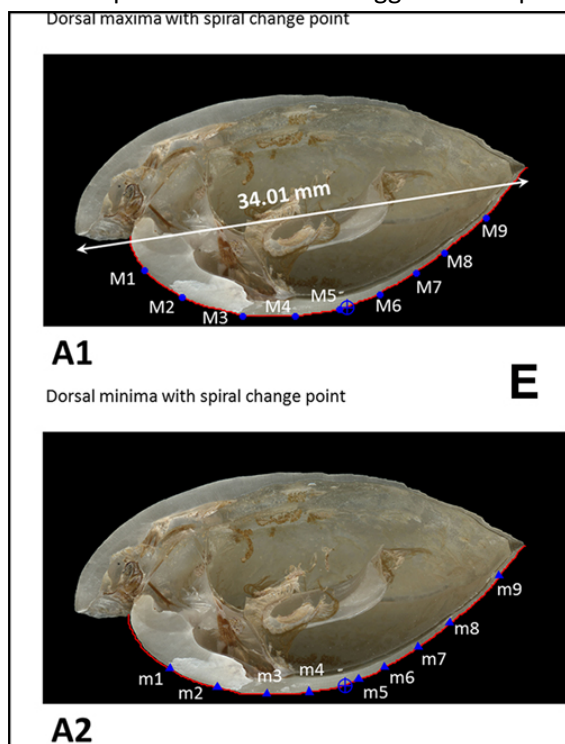


Figure 1-E *Aerothyris kerguelensis* (Davidson). Maxima et minima reportés sur la coupe longitudinale médiane de la valve dorsale de la coquille illustrée en A (après courbe d'ajustement à la section et localisation du point de déviation : cercle).

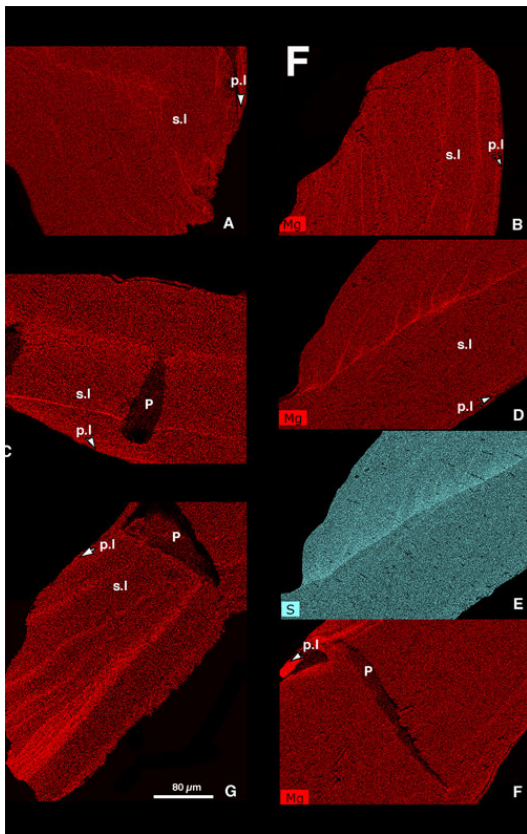


Figure 1-F *Aerothyris kerguelensis* (Davidson). Cartographie des éléments Mg (en rouge) et S (en vert) le long d'une section longitudinale médiane (de la région postérieure à la région antérieure de la coquille illustrée en A) ; les zones plus claires correspondent aux fortes concentrations et reflètent le rythme d'accroissement.

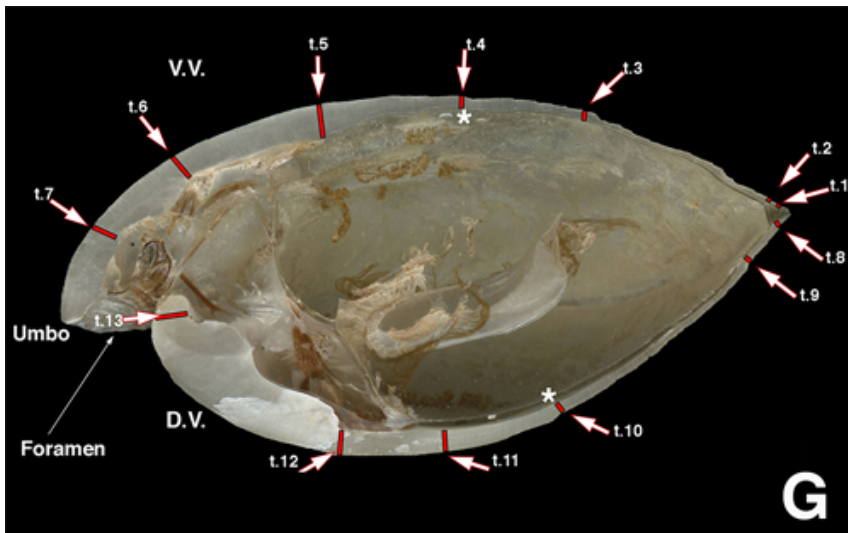


Figure 1-G *Aerothyris kerguelensis* (Davidson). Section longitudinale médiane marquée des 13 trajectoires d'analyse à la microsonde des éléments composant la coquille (Ca, Mg, S, Mn, ...).

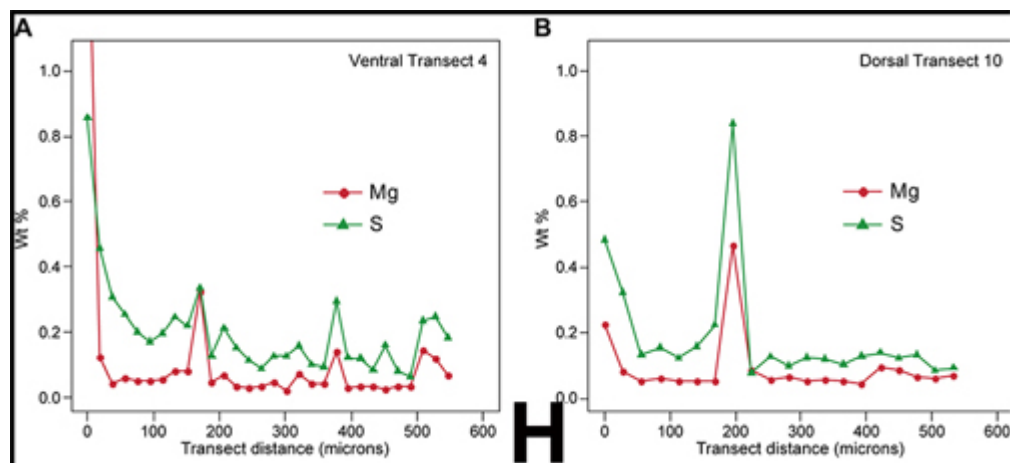


Figure 1-H *Aerothyris kerguelensis* (Davidson). Courbes des concentrations d'éléments (Mg et S) pour les trajectoires 4 et 10 après analyses à la microsonde (cf. localisation en G.).

Références

- Aldridge, A.E., & Gaspard, D., 2011 – Brachiopod life histories from spiral deviations in shell shape and microstructural signature – preliminary report. *Memoir of the Association of the Australasian Palaeontologists* 41 : 257-268.
- Arnaud, P., 1982 – Les rapports des campagnes à la mer MD30/BIOMASS aux îles Crozet à bord du « Marion Dufresne », 29 Janvier- 13 Mars 1982. Les publications de la Mission de Recherche des Terres Australes et Antarctiques Françaises, n° 82-01.
- Foster, M.W., 1974 – Recent Antarctic and Subantarctic brachiopods – Antarctic Research Series. American Geophysical Union 21 : 1-189.
- Gaspard, D., Nouet, J., 2016 – Hierarchical architecture of the inner layers of selected extant rhynchonelliform brachiopods. *Journal of Structural Biology* 196 : 197-205.
- Immel, F., Gaspard, D., Marie, A., Guichard, N., Cusack, M., Marin, F., 2015- Shell Proteome of rhynchonelliform brachiopod. *Journal of Structural Biology* 190 : 360-366.

Des recherches ichthyologiques avec le Programme Antarctique des États-Unis (USAP)

DESVIGNES T.*, LE FRANCOIS N.**, AMORES A.*, DETRICH HW***, POSTLETHWAIT JH.*

* Institute of Neuroscience, University of Oregon, Eugene, OR, 97401, USA

** Division des collections vivantes et de la recherche, Biodôme de Montréal, Montréal, QC, Canada H1V 1B3

*** Department of Marine and Environmental Sciences, Marine Science Center, Northeastern University, Nahant, MA 01908 USA

Résumé *Le United States Antarctic Program (USAP) finance plusieurs projets de recherche en ichthyologie à McMurdo Station et à Palmer Station. Les travaux de notre groupe se déroulent principalement autour de la Péninsule Antarctique et de la base Palmer sur un secteur allant de l'île de l'Eléphant à l'île Adélaïde, et grâce aux supports logistiques du navire Laurence M Gould. Nos axes principaux de recherche s'articulent autour des notothenioïdes: leur morphologie et leur développement embryonnaire et larvaire, leur génétique et diversité, ainsi que leur capacité d'adaptation aux prévisions du changement climatique pour l'océan Austral. Les secteurs d'étude des programmes antarctiques français aux îles subantarctiques et en Est Antarctique et américains en Péninsule Antarctique et en mer de Ross apparaissent ainsi complémentaires et, à de nombreux égards, les programmes de recherches français et américains pourraient tirer bénéfices de nouvelles collaborations entre équipes de recherche.*

Trucs et Astuces du SCAR : Co construction d'un guide des ressources du SCAR,

Facilitation : Sultan Emmanuelle*

Co auteurs : liste à incrémenter au fil de l'eau

* MNHN, Service des Stations Marines, Centre de Recherche et d'Enseignement sur les Systèmes Côtiers, 38 rue du Port Blanc, 35800 Dinard

Résumé *Le Scientific Committee for Antarctic Research dont le CNFRA est la déclinaison nationale a une structuration particulière. Au-delà, cette institution soutient un certain nombre d'initiatives de différents types. Après une brève description, les différents outils de soutiens seront exposés. Ils seront complétés avec les membres présents au 13^{ème} Journées Scientifiques afin de co-construire une première cartographie de ces outils sous forme interactive.*

Diversification chromosomique et spéciation chez les Téléostéens Antarctiques *Nototheniidae* : un mécanisme de survie pour faire face aux changements environnementaux ?

AUVINET J. *, GRAÇA P. *, BELKADY L. ****, PETIT L. **, OZOUF-COSTAZ C. *, DETTAÏ A. ***, HIGUET D. *

* Sorbonne Universités, UPMC Univ Paris 06, Univ Antilles, Univ Nice Sophia Antipolis, CNRS, Evolution Paris Seine - Institut de Biologie Paris Seine (EPS - IBPS), 75005 Paris, France

** Sorbonne Universités, UPMC Univ Paris 06, CNRS, INSERM, Biologie du développement Paris-Seine - Institut de Biologie Paris-Seine (BDPS - IBPS), 75005 Paris, France

*** Sorbonne Universités, UMR 7205 ISYEB, Institut de Systématique, Evolution Biodiversité, Museum national d'Histoire naturelle, MNHN, CNRS, UPMC, EPHE, Département Systématique et Evolution, 43, rue Cuvier 75231 Paris Cedex 05, France

**** Institut Curie, CNRS, UMR3664, Paris, 75005, France

Résumé *Au cours des vingt derniers Ma, les successions de glaciations/déglaciations ont conduit à de nombreux changements de l'Océan Austral. Les Nototheniidae se sont alors adaptés et diversifiés en plusieurs radiations. Celle des Trematomus compte 13 espèces dont la diversité chromosomique implique tous types de réarrangements en lien avec la spéciation. Les transposons sont impliqués dans la plasticité des génomes. Ils peuvent être moteurs dans la diversification des lignées, impliqués dans les remaniements chromosomiques via des recombinaisons ectopiques. Les éléments Gypsy, Copia et DIRS1 ont été trouvés en nombre dans ces génomes.*

Les DIRS1, s'accumulent dans les régions centromériques/péricentromériques. Ces points chauds d'insertion pourraient favoriser des mécanismes de recombinaisons menant à ces fissions, fusions, inversions. Ces diversifications chromosomiques liées à des phénomènes d'adaptation et de spéciation sont des éléments clés à la compréhension de l'évolution des génomes.

Introduction

Au cours des vingt derniers millions d'années, les successions répétées de périodes glaciaires et interglaciaires ont conduit à de nombreux et profonds changements de l'Océan Austral au niveau du plateau continental Antarctique et des plateaux péri-insulaires (modifications de la calotte glaciaire, fragmentation des habitats). C'est dans ce contexte que les Téléostéens appartenant à la famille des Nototheniidae se sont adaptés à cet environnement si atypique, au travers d'innovations évolutives biochimiques et physiologiques (acquisition de protéines antigèle ; pour certains, perte d'hémoglobine etc). Ils connaissent également une diversification très importante qui s'organise en plusieurs séries de radiations évolutives (incluant celle des Trematominae). Aujourd'hui, les Nototheniidae constituent un groupe majeur de l'ichtyofaune (Eastman et McCune, 2000) du plateau continental de l'Antarctique, auquel ils sont inféodés. Parmi les Trematominae, le genre *Trematomus* compte 13 espèces dont la diversité chromosomique est la plus importante avec un nombre diploïde de chromosomes variant entre 22 et 58 et impliquant tous types de réarrangements (Morescalchi, 1992) en probable lien avec la spéciation. Cependant, les raisons d'une telle diversité sont encore à résoudre.

Il a été démontré que les éléments transposables (ETs) sont impliqués dans la structuration et la plasticité des génomes au cours de l'évolution (Volff et al., 2005 ; Biémont et Viera, 2006). Ils peuvent être impliqués dans des processus de remaniements chromosomiques par l'intermédiaire de recombinaisons ectopiques (Bonnivard et Higuët, 2009 ; Ladevèze et al., 2012), ce qui leur confère un rôle potentiel en tant que moteur dans la diversification des lignées.

Observations et résultats

Après identification des trois super-familles de rétrotransposons : deux super-familles de rétrotransposons à LTR : Gypsy, Copia et une super-famille de rétrotransposon à Tyrosine Recombinase : DIRS1 dans les génomes de nombreux Nototheniidae (clonage et séquençage NGS par shotgun de PCR), nous avons évalué leur distribution, structuration (diversité, identité de séquences) ainsi que leur abondance relative (nombre de copies) dans ces génomes. Quatre familles de DIRS1, neuf familles de Gypsy et deux familles de Copia ont été identifiées à ce jour, toutes caractérisées par une conservation inter-spécifique et intra-famille (pourcentages d'identité supérieur à 90%). D'autres familles sont en cours d'exploration. Des dizaines, voire des centaines de copies ont été détectées pour chaque famille. Ces éléments ont également été localisés sur les chromosomes de différents *Trematomus* ainsi que d'autres Nototheniidae par Hybridation *In Situ* en Fluorescence (FISH). Certains d'entre eux, en particulier les DIRS1, s'accumulent dans les régions hétérochromatiques et plus précisément, dans les régions centromériques et péri-centromériques.

Discussion et conclusions

Ces points chauds d'insertion pourraient favoriser des mécanismes de recombinaisons localisés menant à des événements de fission, inversions ou encore de fusion centrique ou en tandem. La mobilisation des éléments peut également fortement favoriser l'altération des génomes (régulation et modification de l'expression génique par exemple), générant ainsi de la variabilité génétique sur laquelle différentes forces évolutives peuvent agir. De plus, de par leurs régulations épigénétiques, les ETs peuvent être mobilisés lors de changements, notamment de type thermiques (« epigenetic breakdown »). Les vagues de transpositions résultantes pourraient être concordantes avec les radiations (Rebollo et al., 2010), et par conséquent particulièrement intéressantes à étudier dans le cadre de la diversification des *Trematomus*. Ces diversifications chromosomiques liées à des phénomènes d'adaptation et de spéciation en relation avec la phylogénie des espèces sont des éléments clés à la compréhension de l'évolution des génomes, notamment chez un groupe d'espèces non-modèle et en milieu naturel.

Références

- Eastman JT and McCune AR, 2000. Fishes on the Antarctic continental shelf: evolution of a marine species flock? *Journal of Fish Biology*. 57:84–102.
- Morescalchi A, Pisano E, Stanyon R, Morescalchi MA, 1992. Cytotaxonomy of antarctic teleosts of the Pagothenia/Trematomus complex (Nototheniidae, Perciformes). *Polar Biology*.12:553–558.
- Volff J-N, 2005. Genome evolution and biodiversity in teleost fish. *Heredity*. 94:280–94.
- Biémont C, Vieira C. Genetics: junk DNA as an evolutionary force. *Nature*. 2006; 443:521–524.
- Bonnivard E, Higuët D, 2009. Fluidity of eukaryotic genomes. *CR Biologies*. 332:234–40.
- Ladevèze V, Chaminade N, Lemeunier F, Periquet G, Aulard S. General survey of hAT transposon superfamily with highlight on hobo element in *Drosophila*. *Genetica*. 2012; 140:375–92.
- Rebollo R, Horard B, Hubert B, Vieira C, 2010. Jumping genes and epigenetics: Towards new species. *Gene*. 454:1–7.

Plasticité trophique et résilience chez les oursins des Iles Kerguelen

SAUCÈDE T.*, CABESSUT M.*, DE RIDDER C.***, DUBOIS P.***, FABRI-RUIZ S.*, FOURNIER J.***, GONTHIER-MAURIN M.**, MARSCHAL C.****, MARTY G.*****, MATEOS A.*, MATHIEU O.*, MICHEL L.*****, MOTREUIL S.* & FÉRAL J.-P.****

* Biogéosciences - Univ. Bourgogne-Franche-Comté

** Laboratoire de Biologie Marine - Université Libre de Bruxelles

*** BOREA - Muséum national d'Histoire naturelle

**** IMBE - Station Marine d'Endoume

***** Réserve naturelle nationale des Terres australes françaises

***** Laboratoire d'Océanologie - Université de Liège

Résumé Le programme PROTEKER (IPEV 1044) a pour objectif le suivi écologique de la biodiversité marine côtière des Iles Kerguelen face aux effets des changements environnementaux. Il envisage une approche pluridisciplinaire : océanographie, cartographie benthique, génétique et éco-physiologie. En particulier, les interactions trophiques régissant la structure des réseaux alimentaires ont été étudiées pour comprendre comment des modifications environnementales futures sont susceptibles d'influencer la structure et le fonctionnement des écosystèmes. Les espèces d'oursins *C. nutrix*, *S. diadema* et *A. cordatus* ont été plus particulièrement ciblées pour cerner leur flexibilité trophique et documenter leur sensibilité face aux modifications environnementales (analyses isotopiques, génétiques, anatomiques). D'autre part, des expériences physiologiques ont été réalisées en aquarium pour déterminer la capacité des oursins à réguler leur pH face à l'acidification des océans liée au changement global.

Projecting species energetic performance in a spatially-explicit context: Trait Distribution Modelling of a key antarctic species

GUILLAUMOT C.*, AGÜERA A.*, ELÉAUME M.***, DANIS B.*

*Laboratoire de Biologie Marine CP160/15, Université Libre de Bruxelles, F. D. Roosevelt, 50, 1050 Bruxelles, Belgique

**Muséum national d'Histoire naturelle, Département Systématique et Évolution, UMR ISYEB 7205, 57 rue Cuvier, F-75231 Paris Cedex 05, France

Résumé *In the Southern Ocean, the dearth of knowledge hampers our understanding of how global changes may impact marine benthic communities. Dynamic approaches, such as the Dynamic Energy Budget (DEB) theory provide a promising framework, establishing links between species functional traits and environmental parameters (e.g. temperature and food availability) by describing how organisms use energy throughout their entire life cycle. In this study, we will present the modelled distribution of the abundant opportunistic-feeder seastar *Odontaster validus*, in present and future environmental contexts. Results will be compared to spatial projections of the DEB models outputs (fecundity, metabolic rates,...) in the same area. By connecting niche and trait distribution models, it is hoped to provide first insights on the species vulnerability in the context of changing environments, filling in some knowledge gaps valuable for conservation and management purposes.*

Récifs artificiels dans l'Océan Austral, un nouvel outil pour l'étude de la faune fixée de petite taille

Agnes Dettai¹, Jérôme Fournier², Nadia Ameziane³, Erwan Amice⁴, Laurent Chauvaud⁴, Eduardo da Forno⁵, Olivier Domenjoz⁶, Elsa Freschet⁷, Philip Jane⁵, Anouchka Krygelmans⁸, Loïc N. Michel⁹, Antoine Schaad⁶, Julien Thébault⁴, Stefano Schiaparelli¹⁰, Marc Eléaume¹, et Cyril Gallut¹¹

¹ Institut de Systématique, Évolution, Biodiversité (ISYEB, UMR 7205) — Sorbonne Universités, MNHN, CNRS, UPMC, EPHE. Muséum national d'Histoire naturelle, 57 rue Cuvier, 75231 Paris cedex 05, France

² Biologie des Organismes et Écosystèmes Aquatiques (BOREA, UMR 7208) — Sorbonne Universités, MNHN, CNRS, UPMC, IRD, UCN, UA. CNRS, Station de biologie marine, quai de la croix 29900 Concarneau, France

³ Institut de Systématique, Évolution, Biodiversité (ISYEB, UMR 7205) — Sorbonne Universités, MNHN, CNRS, UPMC, EPHE. Muséum national d'Histoire naturelle, Station de biologie marine, quai de la croix 29900 Concarneau, France

⁴ Laboratoire des sciences de l'Environnement MARin (LEMAR, UMR 6539) — CNRS, UBO, IRD, Ifremer. Institut Universitaire Européen de la Mer, Place Nicolas Copernic, 29280 Plouzané, France

⁵ Aquarium de Paris – Cinéaqua. Avenue Albert de Mun 5, 75016 Paris, France

⁶ Sub, travaux immergés construction métallique Case Postale 2843 CH -1211 Genève 2

⁷ Volontaire service civique, Institut polaire français Paul Émile Victor

⁸ Direction des Collections - Invertébrés marins. Muséum national d'Histoire naturelle, 57 rue Cuvier, 75231 Paris cedex 05, France

⁹ Laboratory of Oceanology, University of Liège B6C, Allée du 6 Août 15, Quartier Agora, Sart-Tilman, 4000 Liège, Belgium

¹⁰ DISTAV, Università di Genova. C.so Europa 26, I-16132, Genova, Italy

¹¹ Institut de Systématique, Évolution, Biodiversité (ISYEB, UMR 7205) — Sorbonne Universités, MNHN, CNRS, UPMC, EPHE. UPMC Univ. Paris 06, Station de biologie marine, quai de la croix 29900 Concarneau, France

E-mail: agnes.dettai@mnhn.fr

Résumé Les ARMS (*Autonomous Reef Monitoring Structures*) sont des structures artificielles standardisées de plus employées dans les mers tropicales peu profondes pour étudier la petite faune fixée, peu accessible à d'autres approches (Knowlton et al. 2010, Plaisance et al. 2011, Knowlton et al. 2015). Ces structures de PVC formées de plusieurs niveaux offrent une succession de couches ouvertes et fermées à la circulation de l'eau qui offrent des supports de colonisation pour les petites et très petites faune et flore. Les ARMS sont fixés au fond et laissés un an dans les environnements chauds avant d'être récupérés et analysés par des approches classiques de systématique et par identification moléculaire.

Nous présentons ici les premiers résultats pour des ARMS dans l'Océan Austral, près de la station DDU (programme REVOLTA II, IPEV). Les ARMS ont été submergés en 2014 par des plongeurs, et laissés en place deux ans (jusqu'en janvier 2016) ou trois ans (janvier 2017).

Après démontage, les plaques ont été photographiées, et des spécimens échantillonnés un à un mais également en mélange pour du metabarcoding. Trois marqueurs moléculaires ont été employés pour l'identification (les COI et 16S mitochondriaux, et le 18S nucléaire) avec des amorces multiples et aussi universelles que possible pour chacun pour maximiser l'amplification et l'identification de nombreux groupes taxinomiques.

Les ARMS colonisés pendant deux ans ne portaient que peu de diversité, peut être à cause des conditions de glace inhabituelles; les plaques restées en place trois ans sont plus riches. L'analyse préliminaire des séquences des trois marqueurs moléculaires donne des résultats généralement congruents, cependant tous les groupes ne sont pas retrouvés avec tous. Les Bryozoaires et vers tubicoles dominent les séquences, mais les séquences ne sont pas identiques à celles présente dans les bases de données (Barcode of Life database and GenBank), appartenant probablement à d'autres espèces.

Les ARMS ont également été inclus dans un projet à destination de scolaires. Ces structures représentent un outil intéressant pour l'étude de petits organismes fixés et sessiles dans les zones peu profondes de l'Océan Austral, en particulier si elles sont déployées dans un réseau par une collaboration de projets de recherche pour couvrir une variété d'échelles spatiales. Ils nous procurent une information précise sur la colonisation de nouveaux substrats et la croissance, et un outil simple mais puissant pour le suivi de cet environnement changeant.

References

- Knowlton N., Brainard R. E., Fisher R., Moews M., Plaisance L., and M.J. Caley. 2010. Coral Reef Biodiversity. In Life in the World's Oceans: Diversity, Distribution, and Abundance (Ed. A. D. McIntyre): 65-77 Blackwell Publishing Ltd. doi:10.1002/9781444325508.ch4
- Leray, M. and N. Knowlton, 2015. DNA barcoding and metabarcoding of standardized samples reveal patterns of marine benthic diversity, Proceedings of the National Academy of Sciences, 112(7): 2076– 2081.
- Plaisance L., Brainard R. E., Caley M. J. and N. Knowlton, 2011. Using DNA Barcoding and Standardized Sampling to Compare Geographic and Habitat Differentiation of Crustaceans: A Hawaiian Islands Example. Diversity 4: 581-591. doi:10.3390/d3040581

Communicating Polar Science to Young Students : Lessons Learned from an ongoing ERASMUS+ Exchange Project between France and Greenland

THIERRY A.-M.*, JACQUOT S.**, PESTEL R.**, BROBERG T. N.***, LERAT D.****, SIRUGUE D.****, BOURGAIN P.*****

*Norwegian Institute for Nature Research, Trondheim, Norway

**Collèges François Pompon 21210 Saulieu, France et Collège François de la Grange, 21430 Liernais, France

*** Atuarfik Jørgen Brønlund, 3952 Ilulissat, Greenland

**** Société d'Histoire Naturelle d'Autun, France

***** AVUNGA, France

Résumé *Students from two schools in rural France (Morvan) and one school in Greenland (Ilulissat) participate in an ERASMUS+ exchange project entitled “Wildlife of Tomorrow” (Faune de Demain) from 2016 to 2018. The project aims to improve student skills and prevent school dropout, in promoting learning through research and immersing students in a different culture. Throughout the project, the students participate in a scientific study of the red fox and the arctic fox, collecting and analysing data in France and in Greenland. The project is led by French teachers, with support from different local, regional, and international partners. We will discuss objectives, first results, and lessons learned from this project.*

Capitalisation de l'expérience sur le raid : Etat des lieux des recherches ergo-technologiques

VILLEMAIN A.*, GODON, P.**

* Laboratoire du CRTD (Centre de Recherche sur le Travail et le Développement), Equipe Ergonomie, CNAM, Paris
Université d'Orléans, CIAMS, Univ. Paris-sud, Paris-Saclay

** IPEV

Résumé *Cette communication expose les travaux de recherche menés au sein du raid polaire. Ces études s'inscrivent dans une collaboration avec l'IPEV depuis 2012 et visent à comprendre les aspects sécuritaires mis en place sur le raid. L'expérience développée depuis plus de 20 ans doit être capitalisée afin d'assurer la relève des raideurs et le changement de responsabilité au sein de l'IPEV. Depuis 5 ans, les recherches se sont multipliées afin de comprendre comment la résilience se développe dans le raid, notamment à travers l'étude de la fiabilité organisationnelle du raid, de la gestion des imprévus pensés et impensés, de l'évolution des risques et de la conception des dispositifs sécuritaires, de la gestion des matériels en conditions opérationnels pendant le raid.*

Nouvelles perspectives de recherches dans l'étude du stress durant les missions en environnements isolés et confinés, extrêmes et inhabituels

Charlotte Poupon*, Marion Trousselard**

* Université d'Artois (EA 2468) Institut de recherche biomédicale des Armées

** Département des Neurosciences et Contraintes Opérationnelles, Institut de Recherche Biomédicale des Armées

Résumé Depuis les travaux de Rivolier, le stress au décours des hivernages est une réalité reconnue et partagée – dans de certaines mesures – avec d'autres environnements isolés et confinés (ICE) ou extrêmes et inhabituels (EUE) que sont les sous-marins nucléaires ou les vols spatiaux de longues durée, tous deux considérés comme terrains analogues.

Le programme ERISI - pour Evolution du Rapport des Individus à leur Spatialité Immédiate, accepté l'an dernier par l'IPEV sous le numéro 1170 et reconduit pour l'an prochain - propose de nouvelles perspectives d'études dans ce champs de recherche afin, toujours, de contribuer au maintien du bien-être des individus partie prenantes aux missions en ICE/EUE dans la perspective d'un maintien de la performance tant individuelle que du groupe.

La première partie de notre exposé s'attachera à une présentation du protocole de recherche en cours à DDU/KER/AMS/CRO (2016-2017) avec le recueil quantitatif et qualitatif du ressenti des hivernants quant aux différentes strates de leur environnement.

Tandis que la seconde partie présentera les contours de l'étude déployée lors du prochain hivernage (2017-2018) qui s'attachera notamment à des mesures avant/après de la perception sensorielle des individus. Perception sensorielle étant assumée comme centrale dans l'ancrage des individus à leur environnement.

Competition between Arctic and red foxes at the expanding front of the red fox in the Canadian Arctic

THIERRY A.-M.* **, BÉTY J.*, BERTEAUX D.*

*Université du Québec à Rimouski, Canada

**Norwegian Institute for Nature Research, Trondheim, Norway

Résumé *The expansion of boreal species into the Arctic can have severe consequences on Arctic ecosystems. The northward and upward expansion of the red fox can have negative impacts on Arctic fox populations (a key predator of the tundra) due to strong intra-guild competition and a large overlap of ecological niches. In order to better understand habitat selection and population dynamics of red and Arctic foxes at the northern limit of the red fox range, we have been analysing Arctic fox and red fox trapping, breeding and observational data collected since 1993 on Bylot Island, Nunavut, Canada. We will present the results of our first analyses, showing segregation between the two species.*

Use of supplementary feeding dispensers by Arctic foxes in central Norway : evidence from PIT-tag detections.

DE LACOSTE N., THIERRY A.-M.*, ULVUND K.*, LANDA A.*

Norsk institutt for naturforskning (NINA) - Trondheim (Norvège)

Résumé *The Arctic fox is currently threatened in Scandinavia. There, the species reproduces almost exclusively in the increase and peak phase of lemming cycle, but rodent cycles have been proven to be recently altered. Large-scale supplementary feeding has been implemented in several regions of the Scandinavia alpine tundra to support the reestablishment of threatened Arctic fox populations. A prerequisite to supplementary feeding as a conservation action is that it is meant as a transitory measure. Understanding how individual animals use the supplied food and whether this use is constant over space and time is required to carefully plan the discontinuation of supplementary feeding. The objectives of this study were to identify and characterize Arctic foxes (sex, reproductive status, age) using the feeding sites and investigate temporal and spatial patterns in the use of the feeding dispensers. We analyzed the detections of PIT-tagged individuals at feeding sites equipped with PIT-tag reader.*

Quantartica, une collection de données géospatiales sur l'Antarctique

Catherine Ritz¹, Mastuoka Kenichi², Roth Georges²

1 IGE, Grenoble, France

2 Norwegian Polar Institute, Norvège

Résumé *L'utilisation ou la représentation de données sous forme de cartes intervient dans la plupart des travaux de recherche sur l'Antarctique. Pour faciliter cette tâche des outils numériques spécifiques ont été développés. Ce sont les systèmes d'information Géographique (SIG, GIS en anglais). Cependant, ces logiciels sont d'un abord compliqué et surtout l'étape d'importation des données est difficile en raison de la multiplicité de formats numériques et de type de projection géographique. Le projet Quantartica (développé par nos collègues du Norwegian Polar Institute en Norvège) facilite justement cette étape en fournissant un très grand nombre de données concernant l'Antarctique, déjà importées dans le logiciel QGIS (open source fonctionnant sous les systèmes, Windows, Mac, Linux). Actuellement les données couvrent les domaines de la topographie (altitudes), de la géophysique, de la glaciologie et de l'imagerie satellitaire mais la future version inclura des données d'océanographie, de biologie et climatique. Cette présentation a pour objectif de montrer les utilisations possibles de Quantartica: Profiter de l'ensemble des données géoréférencées qui sont d'accès public et sont ainsi rassemblées, présenter ses résultats et les mettre en relation avec d'autre données et enfin faire mieux connaître ses propres travaux.*

Etude de la dynamique de la calotte polaire Est-Antarctique : apport des mesures sismologiques

LOMBARDI D. * ***, BENOIT L. **, CAMELBEECK T. ***, MARTIN O. ****, MEYNARD C. ****, RAPAGNANI G. ***, THOM C. ****

* Institut de Physique du Globe de Paris

** Université de Lausanne

*** Observatoire Royal de Belgique

**** Institut National de l'Information Géographique et Forestière

Résumé Dans un contexte de réchauffement climatique affectant durement les régions polaires l'objectif de notre recherche est d'étudier la dynamique actuelle de la calotte Est-Antarctique à travers l'analyse des mécanismes contrôlant les interactions entre le flux de glace provenant de l'intérieur du continent, la plateforme de glace située à sa marge et l'océan. Pour atteindre ces objectifs, nous avons profité de l'établissement de la base belge de recherche « Princess Elisabeth » dans la région du Dronning Maud pour réaliser en 2014 et 2015 deux types d'expériences consistant aux déploiements temporaires des capteurs sismiques et GPS à la limite du plateau antarctique et à la 'grounding line'. Après une introduction sur la base « Princess Elisabeth », je présenterai les deux types d'expériences et décrirai ensuite nos résultats, notamment la relation entre l'occurrence d'évènements sismiques, l'accélération localisée du flux de glace et l'influence du forçage de la marée océanique.

Autour Des Mers Australes

Around The Southern Seas

Emmanuelle Sultan

MNHN, Service des Stations Marines, Centre de Recherche et d'Enseignement sur les Systèmes Côtiers, 38 rue du Port Blanc, 35800 Dinard

Résumé *Le projet ADMA : Autour des Mers Australs se propose d'utiliser le caractère charismatique de l'Antarctique pour étudier le dialogue science-société sur les changements globaux et les enjeux sociétaux associés. Il s'appuiera sur 3 volets afin de permettre : autonomisation et engagement des différents publics vis-à-vis des sciences en croisant l'approche de recherche, celles de l'enseignement et de la diffusion des connaissances et l'approche artistique. Les méthodes issues de la Recherche Action Participation et celles de collecte et d'archivage issues de l'archéologie contemporaine mettant en jeu un patrimoine en construction. D'autre part, une co-conception de réalisations chorégraphiques afin d'évaluer l'impact de la kinesthésie dans les apprentissages et d'évaluer la compréhension de concepts scientifiques au travers d'une expression artistique sera initiée. Le projet ADMA s'attachera à produire des outils d'évaluation de l'impact d'action pédagogique et de diffusion.*

Conférence invitée : Embarquez en Antarctique !

KREMER A.*, IULIANI E.*, FAURY M.*, FONTAINE L.**, SONNEVILLE A.***, GALLUT C.****, ELÉAUME M.**** & LECOINTRE G.****

* Maison pour la science en Alsace au service des professeurs, 12, rue de l'université, 67000 Strasbourg, France

** Maison pour la science en Bretagne, Université de Rennes 1, Campus de Beaulieu - Bât. 2A - 3e étage, 263 avenue du Général Leclerc, CS 74205, 35042 Rennes CEDEX, France.

*** Institut polaire français Paul Emile Victor (IPEV), Technopôle Brest-Iroise CS 60 075, 29280 Plouzané –France.

**** Institut de Systématique, Évolution, Biodiversité (ISYEB, UMR 7205) — Sorbonne Universités, MNHN, CNRS, UPMC, EPHE. Muséum national d'Histoire naturelle, CP 50, 57 rue Cuvier, 75005, Paris, France

Résumé *Les maisons pour la science sont des lieux de co-construction de pédagogies innovantes entre enseignants et chercheurs. La Maison pour la Science en Alsace a porté avec le Muséum national d'Histoire naturelle auprès de l'IPEV un projet de formation permanente d'enseignants à partir du terrain à Dumont d'Urville. La Maison pour la Science en Bretagne s'étant jointe au projet, ce sont 45 enseignants des deux régions, dont les projets pédagogiques interdisciplinaires ont été sélectionnés 18 mois avant le départ, qui ont été formés au bénéfice de 900 élèves. Une formatrice est partie sur le terrain, épaulée d'un chercheur, pour le suivi de six programmes antarctiques. Plus de 60 documents ont été créés au bénéfice des enseignants, couvrant tous les aspects de la recherche de terrain, de l'épistémologie à la technique et aux relations sociales. Le projet a montré qu'il n'y a pas de terrain de recherche sans infrastructure ni l'apport et la considération mutuels entre les métiers.*

Précipitations en Arctique : Inter-comparaisons observations-ré-analyses

EDEL L. *, CLAUD C. *, GENTHON C. **

* Laboratoire de Météorologie Dynamique, École Polytechnique, Palaiseau, France

** Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement, Grenoble, France

Résumé Depuis les dernières décennies, l'Arctique se réchauffe en moyenne deux fois plus que le reste du globe. Ce réchauffement engendre des modifications significatives du cycle hydrologique Arctique. De par sa large étendue et son environnement hostile, l'Arctique présente des observations au sol faibles et dispersées. L'utilisation de la télédétection dans le domaine des micro-ondes est favorable aux études climatiques de précipitation. Une climatologie de chutes de neige a récemment été obtenue en Antarctique avec les données Cloudsat (Palermo, 2014). Un travail similaire a été réalisé en Arctique entre 2007 et 2010. Une intercomparaison des produits de précipitations en Arctique a été réalisée en considérant des reanalyses (ERA-I, ASR), des observations de pluviomètres (GPCC), de satellites (Cloudsat) et des combinaisons modèles/observations (GPCP, CMAP, MSWEP). On en présentera les principaux résultats en s'intéressant aux variations annuelle, saisonnière et mensuelle.

Multi-instrumental observations of solid precipitation at Dumont D'Urville, Antarctica

DURAN-ALARCON C.*, BERNE A.**, BOUDEVILLAIN B.*, GENTHON C.*, GRAZIOLI J. ** ***

* Institut des Géosciences de l'Environnement (IGE) - Université Grenoble Alpes, France

** Laboratoire de Télédétection Environnementale (LTE) - École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse

*** MétéoSuisse

Résumé *Antarctic precipitation is key in the ice sheet mass balance as the main input source, but in-situ measurements are scarce and affected by turbulences and blowing snow driven by katabatic winds. Within the framework of the APRES3 project, multi-instrumental measurements of precipitation have been carried out since the austral summer 2015/16 at Dumont D'Urville. On the first campaign a Micro Rain Radar (MRR) at 100 m of vertical resolution was synergistically used with a polarimetric weather radar (MXPoI) and a weighing gauge, complemented by a multi-angular snowflake camera (MASC), disdrometers and a weather station to provide the first accumulated precipitation time series in Adélie Land. Currently, a second MRR and a depolarization lidar at 15 and 4 m of vertical resolution respectively were deployed, establishing a unique observation system that will allow a better understanding of the precipitation microphysics. In this contribution, a preliminary analysis of the data is presented.*

How to give accurate SMB forcing to ice dynamic model for the 21st century projections?

Favier, V.⁽¹⁾; Krinner, G.⁽¹⁾; Amory, C.⁽²⁾; Beaumet, J.⁽¹⁾; Gallée, H.⁽¹⁾; Agosta, C.⁽²⁾

⁽¹⁾ IGE, CNRS/IRD/University Grenoble Alpes, Grenoble, France

⁽²⁾ Department of Geography, University of Liege, Liege, Belgium

Résumé Significant changes in atmospheric circulation occurred around Antarctica, due to the exceptional positive trend in the Southern Annular Mode and to the climate variability observed in the tropical pacific at the end of the 20th century. Even though climate over the East Antarctic Ice-Sheet (EAIS) remained quite stable, a warming and precipitation increase was observed over the West Antarctic Ice-Sheet (WAIS) and over the West Antarctic Peninsula (AP) during the 20th century. Nevertheless, the high regional climate variability still overwhelm climate changes associated to drivers of global temperature changes, as reflected by recent cooling of the Antarctic Peninsula. Climate and SMB models still fail to accurately reproduce these temporal SMB trends at a regional scale, mainly because complex processes are still insufficiently considered, such as: 1) atmospheric circulation changes related to complex ocean/ice/atmosphere interactions, 2) specific polar atmospheric features (cloud microphysics, wind scouring and impact on stable surface boundary layers), 3) surface firn physics involved in surface drag variations, or in firn air depletion and albedo feedbacks. As a consequence, reducing the uncertainty in projection of the future SMB of Antarctica will depend on our capability to remove biases in the future sea surface conditions and atmospheric general circulations proposed by the Atmosphere-Ocean General Circulation Models (AOGCM) and in considering specific Antarctic surface / atmosphere interactions.

Here, we account for this diagnosis and propose an approach based on 1) bias corrections of future sea surface conditions coming from AOGCM scenarios from CMIP5/CMIP6 models. These corrections are then used as boundary forcings for a modeling with a stretched grid atmospheric GCM (LMDZ4), whose systematic errors in atmospheric circulation are corrected using statistics of nudged simulations. These outputs are then used to force the regional atmospheric model (MAR) to assess future regional scale SMB variations in Antarctica. Here, the MAR is adapted to account for interactions between drifting snow and surface drag over sastrugi fields by introducing a specific formulation for the roughness length. This formulation accounts for the relationship existing between snow-surface temperature and microrelief erodibility caused by the sintering of surface crystals. This adaptation is necessary to reproduce the seasonal variations in drifting snow frequency and horizontal snow mass transport as evidenced from observations.

Etudes de l'environnement radiatif atmosphérique basées sur la spectrométrie des neutrons au Pic-du-Midi de Bigorre et à la station Concordia

HUBERT G.*

*ONERA, the French Aerospace Lab., Département Physique, Instrumentation, Environnement, Espace

Résumé *La connaissance de l'environnement radiatif naturel (ERN) atmosphérique et de sa dynamique est un enjeu important pour la maîtrise des risques SEE (effets sur les électroniques embarquées), 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 a pour objectif d'installer et d'exploiter un spectromètre neutron dans la station Concordia, venant compléter deux autres instruments déjà opérationnels au Pic du Midi de Bigorre et au Pico dos Dias. Ces instruments constituent un premier réseau mondial de spectrométrie des neutrons orienté pour la surveillance des rayons cosmiques et de leurs effets.*

Introduction

Les pôles sont des zones d'intérêt majeur puisque le champ magnétique terrestre y est faible ou nul (corne polaire), par ailleurs l'altitude de Concordia en fait un site exceptionnel pour mener ces recherches. Depuis Décembre 2015, un premier réseau permet de mesurer de manière continue et simultanée les spectres de neutrons au Pic du Midi de Bigorre, au Pico dos Dias (Brésil) et à la station Concordia. Ces trois stations en altitudes ont des altitudes, latitudes et rigidités complémentaires couvrant les latitudes médianes, l'anomalie sud atlantique et les régions polaires. Ces mesures et analyses permettent d'une part d'étudier les variations saisonnières de l'ERN atmosphérique, les contributions albedo émise par les sols et d'autre part d'étudier l'impact des éruptions solaires. Ces mesures s'accompagnent d'une analyse basée sur un formalisme physique et mathématique (modélisation des rayons cosmiques primaires et des douches atmosphériques) nommé ATMORAD. 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). L'objectif de cette présentation sera de présenter les résultats issus de la première année de mesures, sur l'étude de l'ERN et ses apports sur les thématiques de la dosimétrie et les SEE. Ces résultats démontreront la contribution déterminante de CHINSTRAP.

Observations et résultats

Les premières analyses des dynamiques des taux de comptages et des spectres déduits par déconvolution ont confirmées le grand intérêt d'exploiter un spectromètre neutron à Concordia. Des analyses croisées ont été réalisées avec les autres mesures de spectres, particulièrement avec le Pic-du-Midi.

Dans le cadre de collaborations nationales et internationales, pour lesquelles l'étude des rayons cosmiques se décline sous des angles très différents de celui retenu par la spectrométrie neutrons, il a été possible de mener des comparaisons indirectes. Pour y parvenir, il est nécessaire de considérer les paramètres physiques accessibles à chaque approche, comme la modulation du potentiel solaire qui traduit la quantité de rayons cosmiques pénétrant la haute atmosphère lors d'une période solaire calme. Ainsi, des travaux publiés en 2016 présentent les modulations du potentiel solaire dans le temps de 2006 à 2016 extraits des données de la collaboration Auger, le neutron moniteur opéré dans la station de Kerguelen et les spectromètres neutrons exploités au Pic-du-Midi et à Concordia. En introduisant le formalisme théorique et numérique proposé par ATMORAD, c'est-à-dire l'approximation du champ de force pour modéliser les rayons cosmiques primaires et la modélisation des douches atmosphériques, nous avons pu démontrer la faisabilité de déduire le spectre neutron du Pic-du-Midi de celui mesuré à Concordia. Cette méthode implique de modéliser assez précisément l'environnement structurel, géologique et hydrologique du

lieu de mesure, ce qui a été assez simple dans le cas de Concordia puisqu'au premier ordre l'environnement n'est constitué que de glace. Finalement, cette méthodologie permet d'extrapoler les fluences spectrale secondaire pour les neutrons, les protons et les muons en fonction de la modulation du potentiel solaire et de l'emplacement géomagnétique. La figure 1 présente la dynamique du potentiel solaire déduite des mesures opérées au Pic-du-Midi et dans la station Concordia entre décembre 2015 et avril 2016. Le temps d'intégration est considéré égal à 6 heures (a) et à 1 semaine (b). Les ordres de grandeur sont cohérents, démontrant la possibilité de lier des mesures simultanées. Il est possible de conclure qu'en période solaire calme, les mesures peuvent être quantitativement corrélées en utilisant ATMORAD et la mesure du spectre neutron. Cette conclusion est erronée dans le cas des événements solaires, en particulier lors d'un événement sévère GLE (Ground Level Enhancement).

Discussion et conclusions

La première année de mesures opérée dans le cadre de CHINSTRAP a conduit à trois publications dans les journaux [1][2][3] et a une soumission à l'ICRC [4]. La corrélation obtenue entre les mesures au Pic-du-Midi et à Concordia en introduisant la modélisation physique des cosmiques et des douches atmosphérique démontrent la possibilité de déduire les champs radiatifs pour une position quelconque et par extension pour une route avionique. En terme applicatif, on peut cibler l'apport potentiel pour l'évaluation des risques sur les systèmes électroniques embarqués et les risque biologiques. Une perspective 2017 consistera à embarquer un spectromètre neutron dans un avion, dans le cadre d'une collaboration avec l'IEAv (Brésil), et à valider cette approche de manière opérationnelle. Les éruptions solaires sont un point important dans la mesure où nos modèles existants ne sont pas valides. C'est pourquoi un modèle de GLE tenant compte de l'anisotropie et de la dynamique des spectres secondaires a été proposé en 2017, et validé en utilisant les événements les plus significatifs mesuré par les moniteurs neutrons lors d'éruptions solaires (pôles sud et nord, latitudes médianes) [5]. Une perspective importante de CHINSTRAP sera d'enregistrer un ou plusieurs événements de type GLE, et par leurs analyses de contribuer à une amélioration et à une validation de ce modèle.

La première année de mesure a également permis de calculer l'équivalent de dose ambiante totale et le débit de dose caractérisant Concordia [6]. Ainsi, les analyses portant sur les mesures de décembre 2015 à 2016 (travailleurs hivernants) indiquent un débit de dose moyen et un équivalent de dose ambiante à Concordia d'environ $0,47 \mu\text{Sv} / \text{h}$ et $4,1 \text{ mSv}$. À titre de comparaison, ce niveau de dose annuel équivaut à une quarantaine de vols transatlantiques typiques pendant une période solaire calme.

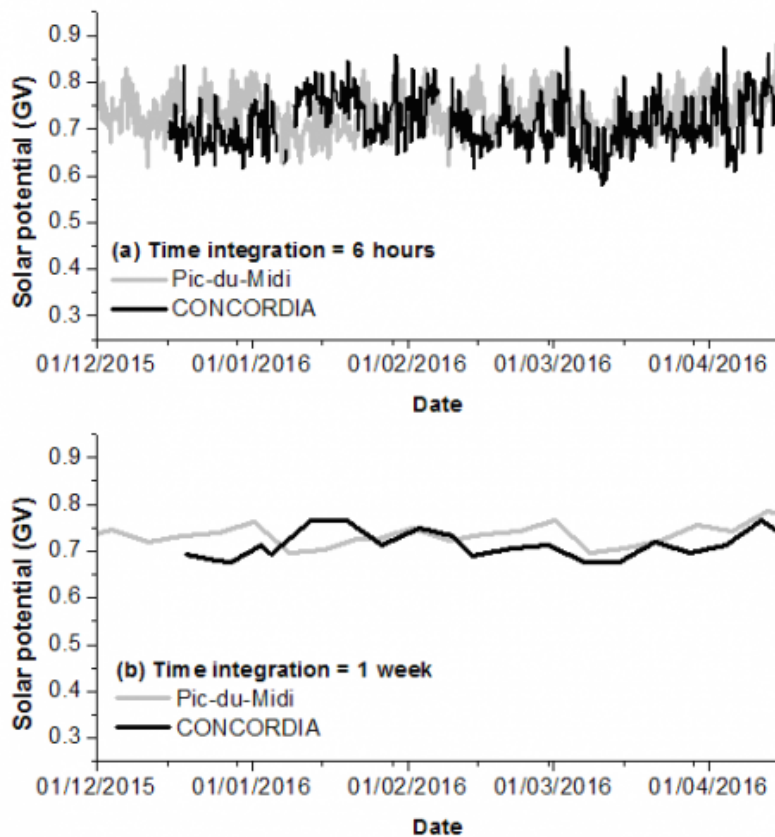


Fig. 1. Dynamique du potentiel solaire déduit des mesures obtenues au Pic-du-Midi et à Concordia durant la période décembre 2015 – avril 2016.

Références

- [1] G. Hubert, "Analyses of Cosmic Ray induced-Neutron based on spectrometers operated simultaneously at mid-latitude and Antarctica high-altitude stations during quiet solar activity", *Astroparticle Physics*, vol. 83, October 2016, pages 30-39.
- [2] G. Hubert et al., "Modeling of ground albedo neutrons to investigate seasonal cosmic-ray-induced neutron variations measured at high-altitude stations, submitted to *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 2016.
- [3] G. Hubert, "Ground Albedo Neutron impacts to Seasonal Variations of Cosmic-Ray-induced Neutron in medium Geomagnetic Latitude and Antarctica: Impacts on Soft Error Rate", *IEEE Transaction on Nuclear Science*, December 2016.
- [4] G. Hubert, "First year of simultaneously measurements of the energy spectrum of Cosmic-Ray induced neutrons on the Pic-du-Midi Observatory and the Concordia Station in Antarctica" submitted to ICRC 2017.
- [5] G. Hubert et al., "Atmospheric cosmic ray variation and ambient dose equivalent assessments considering Ground Level Enhancement thanks to coupled anisotropic solar cosmic ray and extensive air shower modeling", submitted to *Radiation Research*, 2016.
- [6] G. Hubert, "Evaluation of Antarctica human Dose due to Cosmic Ray Exposure based on neutron spectrometer operated in the Concordia station", submitted to the XIIth Biology Symposium of the Scientific Committee of Antarctic Research (SCAR), Leuven, 2017.

Exploiter les performances astronomiques de Concordia

I. Vauglin*, D. Mekarnia**, T. Guillot**, L. Abe**, G. Moretto*, M. Langlois*

* : CRAL - UMR5574, Observatoire de Lyon, UCB Lyon1

** : Laboratoire Lagrange, Observatoire de la Côte d'Azur

Résumé: *Il a été prouvé depuis longtemps que le ciel autour de la base de Concordia au Dôme C possède des qualités remarquables pour l'astronomie au sol. Nous présenterons les performances et résultats des instruments installés sur le site: le télescope ASTEP sur la détection d'exoplanètes par la méthode des transits, le photomètre PAIX sur les oscillations stellaires. Nous rappellerons les projets de développement instrumentaux toujours à venir.*