

**PREMIERE JOURNÉE SCIENTIFIQUE
DU COMITÉ NATIONAL FRANÇAIS DES RECHERCHES ARCTIQUES ET
ANTARCTIQUES (CNFRA)**

20 octobre 2004

**"Amphithéâtre de la Grande Galerie de l'Évolution"
Muséum National d'Histoire Naturelle
36 rue Geoffroy Saint Hilaire, Paris 5e**

I

Présentations orales
Oral communications

Yves **FRENOT**

Directeur Adjoint de l'IPEV - *IPEV Deputy-Director*

Yves.Frenot@ipev.fr

LE TRAITE SUR L'ANTARCTIQUE ET LE PROTOCOLE DE MADRID : UN CADRE POUR LES ACTIVITES FRANCAISES EN ANTARCTIQUE

L'exposé visait à préciser dans quel contexte international se situe la recherche française en Antarctique du point de vue du Traité sur l'Antarctique et du Protocole de Madrid sur la protection de l'environnement.

Nous avons rappelé le rôle important qu'a joué l'Année Géophysique Internationale de 1958 en créant un contexte favorable à l'élaboration d'un Traité qui a fait du continent antarctique une terre de paix et de science. Au 7 pays " possessionnés ", 5 autres nations se sont jointes pour signer le Traité sur l'Antarctique le 1er décembre 1959 à Washington, gelant les prétentions territoriales, interdisant les activités militaires, les stockages de déchets radioactifs, et favorisant les recherches scientifiques internationales. Aujourd'hui, 45 pays ont adhéré à ce Traité qui a été renouvelé en 1991 pour 50 ans.

D'autres instruments ont été associés au Traité sur l'Antarctique : Traité sur les phoques (Londres 1972), Convention sur la Conservation de la faune et de la flore de l'Antarctique (Canberra 1980), Protocole au Traité sur l'Antarctique relatif à la protection de l'environnement ou Protocole de Madrid (Madrid 1991).

Le Protocole de Madrid conditionne de manière très forte les activités au sud du 60ème parallèle et ses 5 annexes définissent très précisément les mesures à adopter pour limiter au maximum les impacts humains sur l'environnement antarctique :

L'annexe I impose de réaliser des études d'impacts dès lors que les activités envisagées risquent d'avoir des effets plus que mineurs ou transitoires sur l'environnement. Selon les cas, un simple régime de déclaration ou un régime d'autorisation est applicable.

L'annexe II porte sur la protection de la faune et de la flore de l'Antarctique, en interdisant notamment d'introduire ou de prélever des organismes sans avoir obtenu au préalable un permis.

L'annexe III concerne le traitement des déchets et fait obligation aux parties d'évacuer tous les déchets hors de la zone du Traité, à l'exception de quelques uns qui peuvent être traités sur place, selon des conditions particulières.

L'annexe IV vise à limiter les risques de pollution marine liés à la navigation dans les eaux antarctiques.

Enfin, l'annexe V permet de protéger de manière renforcée des zones d'intérêt écologique ou historique, en leur associant des plans de gestion rigoureux. La Terre Adélie dispose d'une zone protégée de ce type, Pointe Géologie.

La loi n° 2003-347 du 15 avril 2003 vise à traduire en droit français le Protocole de Madrid sur protection de l'environnement en Antarctique. Néanmoins, la France n'a pas attendu cette loi pour se conformer, dès son entrée en vigueur, à ce Protocole.

Des compléments d'information peuvent être consultés sur le site www.ipev.fr, à la rubrique " Les régions polaires "

THE ANTARCTIC TREATY SYSTEM AND THE MADRID PROTOCOL : A FRAMEWORK FOR THE FRENCH ACTIVITIES IN ANTARCTICA

The objectives of the talk were to provide the international framework of the French activities in Antarctica, taking into account the Antarctic Treaty System and the Madrid Protocol on the environmental protection.

The International Geophysical Year, in 1958, played an important role, creating favourable conditions to elaborate a Treaty which declares that Antarctica is a continent for peace and science. In addition to the 7 countries claiming territories in Antarctica, 5 other nations signed the Treaty at Washington on December 1st 1959. In consequences, claims are frozen, military activities, nuclear explosions or radioactive products deposits are forbidden, and international cooperation in scientific investigation is promoted. Now, 45 countries have signed the Antarctic Treaty which has been renewed for 50 years in 1991.

Several instruments are associated to the Antarctic Treaty: Convention on the Conservation of Antarctic Seals (London 1972), Convention on the Conservation of Antarctic Marine Living Resources (Canberra 1980), Protocol on Environmental Protection to the Antarctic Treaty (Madrid 1991).

The Madrid Protocol strongly conditions the activities south 60° and its 5 annexes specifically define the measures to be adopted to limit the human impacts on the environment in Antarctica.

&Mac183; Annex I: environmental impact assessment is needed for each activity. If the activity has less than a minor or transitory impact, only a declaration is required. In other cases, the activity must be authorized by national administration after an initial or a comprehensive environmental evaluation, submitted to national or international experts, respectively.

&Mac183; Annex II: conservation of the antarctic flora and fauna. Taking or harmful interference with the native flora or fauna is prohibited, except in accordance with a permit.

&Mac183; Annex III: waste disposal and waste management. The amount of wastes produced or disposed of in the Antarctic Treaty area must be reduced as far as practicable and waste storage, disposal and removal from the Antarctic Treaty area, as well as recycling and source reduction, are essential considerations in the planning and conduct of activities in the Antarctic Treaty area.

&Mac183; Annex IV: Prevention of marine pollution.

&Mac183; Annex V: Special protected areas are created according to their ecological or historical interest, and management plans are produced for each of them. In Terre Adélie, Archipel Pointe Géologie is one of these Antarctic Specially Protected Areas.

The law n° 2003-347 voted on April 15th, 2003 allows to entirely applying the Madrid Protocol with the French legal system. Nevertheless, the French activities in Antarctica have been in agreement with the Madrid Protocol rules for many years.

LES POISSONS ANTARCTIQUES : MODELISATION DES HABITATS PAR SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE

Philippe Koubbi, Laboratoire d'Ichtyo-écologie marine. Université du littoral Côte d'Opale.
Quai masset. Bassin Napoléon-BP 120-62327-Boulogne-sur-mer cedex.

La diversification des poissons antarctiques daterait de 20 à 15 MA suite à la séparation de l'Antarctique du super-continent austral " le Gondwana ". Ceci a engendré un refroidissement de cet océan de 15°C à -2°C aux pourtours du continent. Un groupe de poissons d'origine tempérée, les Notothenioidi, s'est alors adapté à ces nouvelles conditions en colonisant les habitats marins laissés vacants par les autres espèces. Il s'est suivi des modifications génétiques, morphologiques, biologiques, alimentaires et écologiques qui sont autant de facettes du programme ICOTA soutenu par l'IPEV: Ichtyologie côtière en Terre Adélie. Ce programme est coordonné par l'Université du Littoral Côte d'Opale et le Muséum national d'histoire naturelle.

Deux types de travaux sont menés : l'un à mésoéchelle à bord du N/O "l'Astrolabe" de la zone côtière de Terre Adélie jusqu'au glacier du Mertz à l'Est (figure 1), l'autre au niveau de l'archipel de Pointe Géologie.

Etude à mésoéchelle

Le glacier du Mertz est l'un des plus grands dans cette zone de l'Antarctique. A l'Ouest de celui-ci se trouve la dépression bathymétrique adélie où, en hiver, on observe un polynya (zone libre de glace de mer). Le plateau continental, peu étudié jusqu'à présent, est divisé en de larges baies.

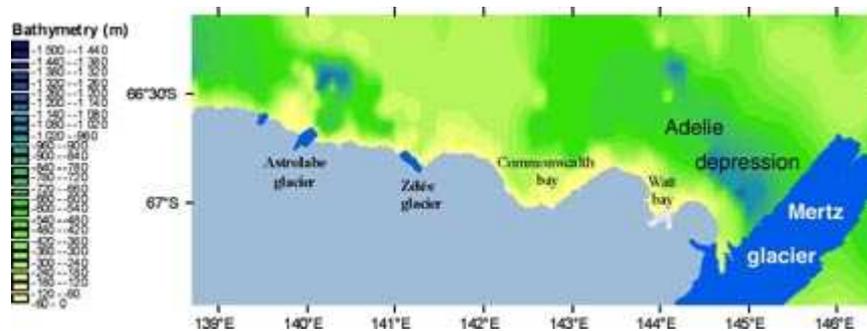


Figure 1: zone d'étude et bathymétrie issue des bases de données NOAA. Le trait de côte provient de la base ADD (Antarctic Digital Database) du SCAR.

L'environnement des larves de poissons est apprécié par des mesures physico- chimiques et biologiques en liaison avec divers laboratoires partenaires (France, Belgique et Australie) et grâce à un soutien de la Zone Atelier Antarctique du CNRS. Les larves de *Pleuragramma antarcticum* dominent très largement les échantillons. Cette espèce est très abondante entre la baie de Commonwealth et le glacier de l'Astrolabe (figure 2) et semble être associée à des températures plus chaudes. Ces larves représentent un très bon modèle d'étude car leur développement dépasse une année ce qui permet d'aborder l'étude de la survie et du jeûne de ces phases hautement sensibles à leur environnement.

ANTARCTIC FISH : HABITAT MODELLING BY GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS.

Philippe Koubbi, Laboratoire d'Ichtyo-écologie Marine. Université du Littoral Côte d'Opale. Quai Masset. Bassin Napoléon - BP 120 – 62327 – Boulogne –sur-mer cedex.

Speciation of Antarctic fish occurred approximately 20 to 15 Mya after the separation of Antarctica from “Gondwana”. This separation induced cooling of seawater surrounding the continent from 15°C to –2°C.

A temperate fish group, the Notothenioids, became adapted to these new extreme conditions and colonised all marine habitats left by previous species unable to adapt to the new conditions. Genetic, morphological, biological, nutritional and ecological adaptations to this new environment were observed; and form the different parts of the ICOTA programme (Coastal Ichthyology in Adélie Land) funded by IPEV. The Université du Littoral Côte d'Opale and the Muséum national d'histoire naturelle are managing this project.

Two kinds of studies are done under the ICOTA programme: a mesoscale study onboard the R/V " l'Astrolabe " along the coastal zone from Terre Adélie to the Mertz Glacier (figure 1), and another one in the neighbourhood of Pointe Géologie archipelago.

Mesoscale study

The Mertz Glacier is the biggest of its kind in this part of Antarctica. West of it, there is a deep depression where in winter a polynya is observed (an area without sea-ice). The shelf, poorly studied until now, is divided into large bays.

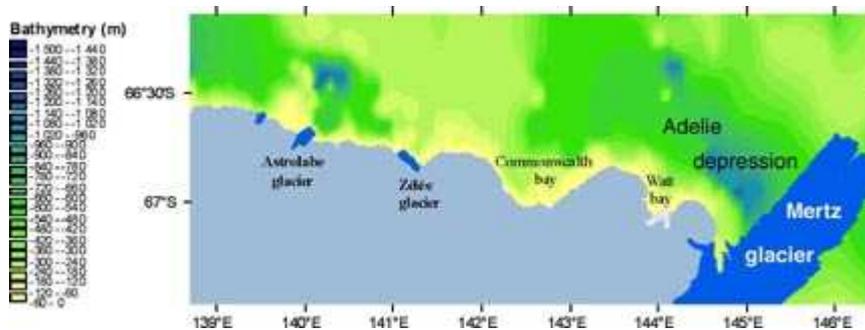


Figure 1: Study area and bathymetry (NOAA). Coastlines are from the AAD (Antarctic Digital Database) of SCAR.

Physical, chemical and biological parameters are used to characterise the fish larvae environment by a French, Belgian and Australian scientific partnership, funded by " Zone Atelier Antarctique of CNRS ". Pleuragramma antarcticum larvae are the most dominant, being highly abundant between Commonwealth Bay and the Astrolabe Glacier (figure 2). Larvae seemed to be associated with warm temperatures. This study is important to understand survival conditions (starvation, environmental fluctuations) during this critical phase of fish development. Moreover, these larvae have a particularly long developmental period of one year, and are more likely to be affected by these parameters.

Valérie **MASSON-DELMOTTE**

Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (UMR 1572 CEA-CNRS), Gif-sur-Yvette, France

Email : valerie.masson@cea.fr

Jean-Robert **PETIT**

Laboratoire de Glaciologie et de Géophysique de l'Environnement (UMR CNRS – Université Joseph Fourier), Saint-Martin-d'Hères, France

Email : petit@lgge.obs.ujf-grenoble.fr

NOUVELLES RECONSTRUCTIONS CLIMATIQUES ISSUES DES FORAGES POLAIRES PROFONDS AU GROENLAND ET EN ANTARCTIQUE

Depuis les années 1960, les forages dans les calottes polaires permettent d'accéder aux archives climatiques accumulées depuis des millénaires. La composition isotopique de la glace (teneur en deutérium et en oxygène 18) permet de reconstruire quantitativement les variations passées de température, les bulles d'air préservent des échantillons de l'atmosphère, les poussières et aérosols témoignent de l'activité des sources (déserts, volcans, océans) et de l'intensité de la circulation atmosphérique.

Au cours du trajet des masses de vapeur d'eau vers les pôles, le refroidissement progressif entraîne une succession de précipitations qui appauvrit les nuages en isotopes lourds, conduisant à une relation entre teneur isotopique et température du nuage, qui est appelé le " thermomètre isotopique " [1]. Entre isotopes de l'eau, l'excès en deutérium de la glace que l'on calcule ($\delta = dD - 8d18O$) dépend de la température à l'évaporation et il permet d'évaluer les changements d'origine des précipitations antarctiques. Par ailleurs, les bulles d'air offrent une archive de la composition de l'atmosphère tels les gaz à effet de serre, et les impuretés celle de la variation des sources continentale, volcanique, aérosols marins...

Le forage profond de Vostok, en Antarctique de l'Est, fruit d'une collaboration (Russie, USA, France) a permis d'accéder pour la première fois à des enregistrements couvrant 400 000 ans d'histoire de notre climat [2]. Les quatre cycles climatiques de la température reconstruite sont aussi présents dans les gaz à effet de serre suggérant leur lien naturel mais aussi l'importance de leur rôle amplificateur dans les variations glaciaires–inter glaciaires. Par ailleurs, le premier profil à long terme d'excès en deutérium met en évidence l'impact de l'obliquité de la terre sur le cycle de l'eau atmosphérique[Vimeux, 1999 #551].

L'enregistrement de la température de Dome Fuji, extrait récemment dans le secteur Atlantique de l'Antarctique de l'Est [3] montre une grande similarité avec Vostok, confirmant la représentativité spatiale des résultats. De nouvelles méthodes basées sur la propriété de diffusion des gaz dans la partie poreuse du névé permettent de déduire indépendamment des changements de température au cours d'évènements rapides[4]. La température ou l'accumulation modulent les processus de diffusion gravitationnelle et thermique des gaz produisant un fractionnement que l'on mesure dans les isotopes d'argon et d'azote ($d40Ar$ ou $d15N$) des bulles d'air. Ces indicateurs permettent ainsi d'évaluer directement les déphasages entre changements de température locale et la concentrations atmosphériques (globales) de

gaz à effet de serre [5]. Ainsi à Vostok, au cours d'une déglaciation rapide d'il y a 240 000 ans, le réchauffement de l'Antarctique précède de 800 ans l'augmentation des teneurs atmosphériques en CO₂.

Actuellement le projet européen EPICA (European Project for Ice Coring in Antarctica) réalise deux nouveaux forages profonds, l'un au site " continental " de Dome C en Antarctique de l'Est, l'autre à Kohnen Station, dans le secteur " Atlantique " de Dronning Maud Land. Au Dome C, la séquence de 3200m couvre plus de 800 000 ans [6]. L'alternance des variations isotopiques de la glace et celles des concentrations poussières continentales permettent d'identifier la succession des périodes glaciaires et interglaciaires. Le savoir-faire de la datation de Vostok par modélisation du comportement des couches de glaces a pu être transféré à Dome C en s'aidant de corrélation stratigraphiques [7]. L'enregistrement climatique met en évidence une rupture du rythme des cycles climatiques vers 400.000 BP environ. Les périodes chaudes plus anciennes semblent moins marquées que les derniers interglaciaires. Les analyses des concentrations en gaz à effet de serre anciennes sont en cours et un défi de prévision de ces niveaux anciens a été lancé aux modélisateurs du cycle du carbone. Le forage de Dome C documente en détail la période interglaciaire d'il y a 400 000 ans, particulièrement longue (durée d'environ 28 000 ans) et dans un contexte orbital assez similaire à celui des prochaines millénaires. Ce résultat suggère que la période chaude actuelle, prévalant depuis environ 10 000 ans, devrait être inhabituellement longue.

Au Groenland, le forage profond de NorthGRIP, situé à 300 km vers le nord-ouest du sommet de la calotte, a été lancé par le Danemark avec la collaboration de 10 pays dont la France, dans l'optique d'obtenir un enregistrement non perturbé de la dernière période chaude, l'Eemien. Suite à un flux géothermique local particulièrement élevé, cet objectif n'a été atteint que partiellement, et le fond du forage daté à environ 125 000 ans [8]. En revanche, le forage permet d'avoir un enregistrement à haute résolution de la dernière entrée en glaciation et de mieux comprendre la mise en place de la variabilité climatique rapide. Si les résultats issus des forages de GRIP et GISP2 au sommet de la calotte sont confirmés pour les derniers 105 000 ans, les résultats de NorthGRIP montrent une plus grande amplitude des variations de $\delta^{18}O$, probablement liée à une plus grande " continentalité " du Groenland en période glaciaire, et permettent d'identifier le premier événement rapide, l'événement de Dansgaard-Oeschger 25, se produisant après quelques millénaires de refroidissement commun du Groenland et de l'Antarctique. L'analyse de l'air piégé dans les bulles permet également de quantifier l'amplitude des variations rapides de température, 10 à 16°C en période glaciaire [9].

Les projets de forages profonds sont fédérés dans le cadre d'IPICS (International Partnership for Ice Core Science) et portent sur l'obtention d'un réseau de forages couvrant l'Holocène sur la périphérie de la calotte antarctique (projet franco-italien de forage à Talos Dome, projet anglais-français de forage à Berkner Island), un nouveau forage polaire profond en Antarctique de l'Est couvrant environ un million d'années, et un nouveau forage polaire profond au nord-ouest du Groenland pour obtenir un enregistrement complet de la dernière période interglaciaire. La quantification des changements climatiques à partir des glaces polaires sera également améliorée par une meilleure connaissance des variations actuelles spatiales dans les régions encore inexplorées, ce qui sera l'un des objectifs des traverses prévues lors de l'Année Polaire Internationale de 2007-2008.

NEW CLIMATIC RECONSTRUCTIONS FROM DEEP POLAR ICE CORES IN GREENLAND AND ANTARCTICA

Since the 1960s, deep polar ice cores have enabled to retrieve the climate archives included in ice sheets. The isotopic composition of the water itself (content of deuterium or oxygen 18) enables quantitative reconstructions of past temperature changes, the air bubbles preserve past atmospheric samples, dust and aerosols record past activity of their sources (deserts, volcanoes, oceans) and past atmospheric circulation intensity.

Along the trajectory of atmospheric water vapor masses towards the poles, their progressive cooling induces a succession of precipitation which preferentially remove the heavy isotopes from the clouds, and results in a relationship between the ice isotopic ratio and temperature, the “isotopic thermometer” [1]. The ice deuterium excess ($d = dD - 8d18O$) brings additional information on the evaporation temperature, and therefore on the origin of polar precipitation. Moreover, the air bubbles offer an archive of greenhouse gases and the impurities of the variations of continental, volcanic, marine aerosol sources...

The deep drilling conducted at Vostok, East Antarctica resulted from a fruitful collaboration (Russia, USA, France) and enabled for the first time to obtain records covering 400 000 years of climate history [2]. The four climatic cycles reconstructed in Antarctic temperature are also present in the greenhouse gas records, suggesting their natural link and the importance of their amplifying role in glacial interglacial variations. In addition, the first long term deuterium excess profiles evidences the impact of the Earth's obliquity on the atmospheric water cycle [Vimeux, 1999 #551].

The temperature record of Dome Fuji, recently drilled in the Atlantic sector of East Antarctica [3] exhibits a large similarity with Vostok, confirming the spatial representativity of the results. New methods based on the gas diffusion properties in the porous firn offer an alternative paleothermometry method adapted for rapid events [4]. Changes in temperature or accumulation modulate the gravitational and thermal diffusion processes of the gas inducing a fractionation recorded in air bubbles argon and nitrogen isotopic composition ($d40Ar$ ou $d15N$). These indicators enable to evaluate directly the phase lag between changes in local temperature and changes in atmospheric greenhouse concentrations [5]. At Vostok, during a rapid deglaciation 240 000 years ago, the Antarctic warming starts 800 years before the increase in atmospheric CO₂.

The current European project EPICA (European Project for Ice Coring in Antarctica) is achieving two new deep drillings, one in the inland site of Dome C, East Antarctica, and the second one at Kohnen Station, in the Atlantic sector of Dronning Maud Land. At Dome C, the 3200 m deep ice core covers more than 800 000 years [6]. The succession of ice isotopic composition fluctuations and of continental dust concentrations provide evidences for the succession of glacial and interglacial periods. The knowledge of Vostok dating based on the modelling of the ice sheet behaviour can be transferred to Dome C with the support of stratigraphic correlations [7]. The climate record points out to a dramatic change in the rhythm of climatic cycles about 400 000 years ago, with warm intervals less marked in the oldest periods. The ancient greenhouse gas concentrations are being measured and a forecasting challenge has been launched in the carbon cycle modelling community. The Dome C ice core documents in detail the interglacial period occurring about 400 000 years ago,

particularly long (about 28 000 years) in an orbital context very similar to the calculations for the next millennia. This result suggests that the current warm period prevailing since about 10 000 years should be unusually long lasting.

In Greenland, the deep drilling operations conducted at NorthGRIP, about 300 km to the northwest of Summit, was launched by Denmark with the support of 10 countries including France, with the goal to recover an undisturbed record of the previous warm period, the Eemian. Because of a particularly large local geothermal heat flow, this goal has been only partly reached and the oldest part of the core dated to about 125 000 years[8]. However, this ice core offers a high resolution record of the glacial inception and the onset of rapid climate variability. If the results of GRIP and GISP2 are fully confirmed for the last 105 000 years, the NorthGRIP $\delta^{18}O$ show a larger amplitude of glacial fluctuations, possibly linked with a larger continentality of Greenland during glacial periods, and the identification of the first rapid event (Dansgaard-Oeschger event 25) occurring a few millennia after the common cooling of Greenland and Antarctica. The analysis of the air trapped in ice bubbles also enables to quantify independently the amplitude of rapid temperature changes, 10 to 16°C in Greenland during the last glacial period [9].

The deep polar drilling projects are coordinated in the international framework of IPICS (International Partnership for Ice Core Science) with the objectives of an array of Holocene-long ice cores around Antarctica (French-Italian project at Talos Dome, French-British project at Berkner Island), a new deep drilling site in East Antarctica covering about a million years, and a new deep drilling site in north west Greenland which should provide a full record of the last interglacial period. The quantification of the climate changes from polar ice cores will be also improved from a better knowledge of modern spatial changes in unexplored regions, one of the goals of the traverses planned for the International Polar Year of 2007 and 2008.

Bibliographie / References

- [1] J. Jouzel, F. Vimeux, N. Caillon, G. Delaygue, G. Hoffmann, V. Masson-Delmotte, and F. Parrenin, "Magnitude of the Isotope/Temperature scaling for interpretation of central Antarctic ice cores," *J.Geophys.Res.*, vol. 108, pp. 1029-1046, 2003.
- [2] J. R. Petit, J. Jouzel, D. Raynaud, N. I. Barkov, J. M. Barnola, I. Basile, M. Bender, J. Chappellaz, J. Davis, G. Delaygue, M. Delmotte, V. M. Kotyakov, M. Legrand, V. Y. Lipenkov, C. Lorius, L. Pépin, C. Ritz, E. Saltzman, and M. Stievenard, "Climate and Atmospheric History of the Past 420000 years from the Vostok Ice Core, Antarctica," *Nature*, vol. 399, pp. 429-436, 1999.
- [3] O. Watanabe, J. Jouzel., S. Johnsen, F. Parrenin, H. Shoji, and N. Yoshida, "Homogeneous climate variability across East Antarctica over the past three glacial cycles.," *Nature*, vol. 422, pp. 509-512, 2003.
- [4] J. Severinghaus, T. Sowers, E. J. Brook, R. B. Alley, and M. L. Bender, "Timing of abrupt climate changes at the end of the Younger Dryas interval from thermally fractionated gases in polar ice," *Nature*, vol. 391, pp. 141--196, 1998.
- [5] N. Caillon, J. P. Severinghaus, J. Jouzel, J. M. Barnola, J. Kang, and V. Y. Lipenkov,

“Timing of atmospheric CO₂ and Antarctic temperature changes across termination III,” Science, vol. 299, pp. 1728-1731, 2003.

[6] EPICA-community-members, *“Eight glacial cycles from an Antarctic ice core,” Nature, vol. 429, pp. 623-628, 2004.*

[7] B. Delmonte, J. R. Petit, K. K. Andersen, I. Basile-Doelsch, V. Maggi, and V. Y. Lipenkov, *“Opposite regional atmospheric circulation over east Antarctica during the last climatic transition evidenced by dust size distribution changes,” Climate Dynamics, vol. 23, 2004.*

[8] NorthGRIP-community-members, *“High resolution climate record of the northern hemisphere reaching into last interglacial period,” Nature, vol. 431, pp. 147-151, 2004.*

[9] A. Landais, J. M. Barnola, V. Masson-Delmotte, J. Jouzel, J. Chappellaz, N. Caillon, C. Hubert, M. Leuenberger, and S. Johnsen, *“A continuous record of temperature evolution over a whole sequence of Dansgaard-Oeschger during Marine Isotopic Stage 4 (76 to 62 kyr BP),” GRL, vol. 31, pp. 22211-1, 2004.*

Marc **LEBOUVIER** (1) et Jean-Louis **CHAPUIS** (2)

UMR 6553 CNRS – Université de Rennes 1

(1) Station Biologique, 35380 Paimpont (marc.lebouvier@univ-rennes1.fr)

(2) Muséum National d'Histoire Naturelle, UMS 2699, CP n°51, 75005 Paris

(chapolis@mnhn.fr)

CHANGEMENTS CLIMATIQUES, ACTIONS ANTHROPIQUES ET BIODIVERSITE DANS LES ECOSYSTEMES SUBANTARCTIQUES

Situées dans le sud de l'océan indien, les îles Crozet et Kerguelen présentent un climat océanique froid caractérisé par des vents violents, des précipitations importantes (750 à 3000 mm par an selon les îles et l'exposition) et des températures basses (moyennes mensuelles comprises entre 2 °C et 8 °C). En relation avec ces conditions contraignantes et l'isolement extrême de ces îles, la biodiversité des écosystèmes terrestres est faible. Le nombre d'espèces autochtones est réduit : une vingtaine de plantes à fleurs, une quarantaine d'insectes, et aucun mammifère terrestre. Par contre, les peuplements en oiseaux marins sont parmi les plus riches au monde, 35 espèces nidifiant dans l'archipel de Crozet et 33 à Kerguelen.

La biodiversité de ces îles est soumise aujourd'hui à deux menaces importantes :

i)- les introductions d'espèces

Volontaires ou fortuites, les introductions de plantes, d'invertébrés et de mammifères, sont étroitement liées à la fréquentation humaine, plus intense depuis l'installation des bases permanentes au milieu du XXème siècle. A Crozet et Kerguelen on dénombre actuellement une soixantaine de plantes introduites dont certaines entrent en compétition avec les espèces autochtones. Parmi les insectes, un coléoptère prédateur introduit depuis les îles Falklands, *Oopterus soledadinus*, menace certains insectes de l'archipel de Kerguelen, notamment la mouche aptère, *Anatalanta aptera*, par ailleurs en interaction avec une mouche bleue introduite (*Calliphora vicina*). Parmi les mammifères, un herbivore et un carnivore, le lapin et le chat, ont transformé les communautés végétales et animales par élimination des espèces les plus sensibles, en particulier le chou de Kerguelen (*Pringlea antiscorbutica*) et les petites espèces de pétrels et prions à nidification hypogée. Un programme de restauration de petites îles par éradication du lapin et contrôle du chat a été initié en 1992 dans l'archipel de Kerguelen afin d'étudier la résilience des communautés.

ii)- le changement climatique

A Kerguelen on enregistre une augmentation des températures moyennes de 1.3 °C depuis les années 1960 et, depuis le début des années 1990, une diminution des précipitations entraînant des sécheresses estivales de plus en plus marquées. Il en résulte un retrait général des glaciers et, dans l'est de l'archipel, une diminution significative du recouvrement des plantes autochtones au profit des introduites, dont le pissenlit (*Taraxacum officinale*).

La conjonction de ces deux perturbations - introductions d'espèces et changement climatique - se traduit par une régression de la biodiversité en espèces autochtones et une banalisation des communautés végétales et animales. Nos travaux, menés à différentes échelles, depuis les adaptations physiologiques des individus jusqu'à la structure et la dynamique des

communautés, sont intégrés dans des programmes nationaux (Zone Atelier du CNRS) et internationaux (programme RiSCC du SCAR) de recherche sur les changements globaux de l'environnement en zone polaire et subpolaire.

CLIMATE CHANGE, HUMAN ACTIVITIES AND BIODIVERSITY IN SUBANTARCTIC ISLANDS

Crozet and Kerguelen islands lie in the south Indian Ocean. Their cold oceanic climate is characterized by strong winds, heavy rainfall (from 750 to 3000 mm, depending on location) and low temperatures (monthly means between 2 °C and 8 °C).

Due to these harsh climatic conditions and to the extreme remoteness of these islands, the biodiversity in terrestrial ecosystems is very low. Indigenous species are very few: about twenty vascular plant species, forty insect species and no terrestrial mammal. On the other hand, the seabird communities are rich (35 species at Crozet, 33 at Kerguelen).

The biodiversity of these islands is currently under threat from two major factors:

i)- introduction of alien species

*Voluntary or accidental introductions of plants, invertebrates and mammals are related to human activity, more particularly to the increase in the human visitations since the establishment of permanent stations in the middle of the twentieth century. About sixty alien vascular plant species are present at Crozet and Kerguelen and some of them compete with indigenous plants. At Kerguelen, the beetle *Ooapterus soledadinus*, a predator introduced from Falkland islands, has a great impact on indigenous insects, mainly the flightless fly *Anatalanta aptera* which is also in interaction with the alien blowfly *Calliphora vicina*. Alien herbivorous (rabbit) and carnivorous (cat) mammals have induced significant changes in indigenous plant and animal communities, and some sensitive species (the Kerguelen cabbage *Pringlea antiscorbutica*, burrowing petrels) have locally disappeared. The removal of rabbits and the control of cats on small islands at Kerguelen were planned for 1992 to study the resilience of the communities.*

ii)- climate change

*At Kerguelen the mean annual temperature has increased by 1.3°C between the mid 1960s and the present time, and a decrease in mean annual rainfall was also observed over the past ten years. These climatic changes have accelerated the retreat of most of the glacier snouts. In the eastern part of the archipelago, in connection with marked drought in summer, a decrease in the cover of indigenous plants species is observed whereas expansion of some alien species (eg *Taraxacum officinale*) is favoured.*

Introduction of alien plants and animals in conjunction with the present climate change are responsible for a decline in indigenous species abundance and expansion of some generalist alien species. This can lead to a biotic homogenisation.

Our researches are integrated in national (Zone Atelier CNRS) and international (RiSCC, SCAR) programs on global change in polar and subpolar ecosystems.

*Michel LEGRAND, Susanne PREUNKERT, Bruno JOURDAIN**
Christophe GENTHON, Emmanuel COSME
LGGE/CNRS, 54 rue Molière, BP 96, 38402 Saint Martin d'Hères Cedex - France
legrand@lgge.obs.ujf-grenoble.fr

** Now at LCE/Université de Provence*

SUIVI DE LA COMPOSITION CHIMIQUE DE LA BASSE ATMOSPHERE EN REGION COTIERE DE L'ANTARCTIQUE (DUMONT D'URVILLE)

Depuis 1991, la composition chimique de la basse atmosphère est étudiée par le LGGE sur la base côtière antarctique de Dumont d'Urville (responsable M. Legrand). Le principal objectif de ces études est de documenter les régions australes, très peu de mesures étant effectuées au sud du 40ème parallèle alors que les émissions biogéniques de l'océan austral y sont potentiellement importantes, et ce loin des principales zones d'émissions anthropiques. Ces données permettront d'une part de contraindre les modèles climatiques (sensibilité des hautes latitudes à un changement climatique), d'autre part d'aider à l'interprétation des signaux climatiques enregistrés dans les carottes de glace de l'Antarctique. Enfin, des études de processus permettent d'affiner les connaissances des mécanismes d'oxydation atmosphérique spécifiques à ces régions.

Pour cela, des mesures d'aérosols et de gaz sont quotidiennement effectuées sur le site. Trois exemples illustrent ces travaux :

- Les composés soufrés : d'origine essentiellement biogénique en Antarctique (phytoplancton), leur étude est primordiale car ils conduisent à la formation de l'aérosol sulfaté dont l'impact sur le bilan radiatif (et donc sur le climat) est reconnu. Nos études ont mis en évidence et caractérisé l'origine géographique des composés soufrés en région côtière antarctique, l'influence du volcanisme suite aux éruptions du Cerro Hudson et du Pinatubo en 1991, mais aussi révélé une réaction chimique conduisant à la formation d'acide méthane sulfonique dans l'aérosol, non connue jusqu'alors. En parallèle à ces activités de terrain, un effort de modélisation est réalisé par l'équipe de C. Genthon pour intégrer les composés soufrés à un modèle climatique (LMDz). Les premiers résultats de ce volet montrent un accord très prometteur avec les mesures.
- L'ammonium : son origine dans l'atmosphère antarctique était très mal connue. Les mesures de la carotte de glace de Vostok montrant une corrélation avec les éléments marins, nous avons étudié ce composé dans l'aérosol de Dumont d'Urville. Cependant, les très importantes colonies de manchots adélie sur ce site entraînent une forte contamination en ammonium rendant impossible la discussion d'une éventuelle source marine à partir de ces données. Le travail mené en collaboration avec les collègues allemands de la base de Neumayer, non contaminée par l'avifaune, a permis de montrer que l'océan polaire émet peu d'ammoniac et que l'ammonium retrouvé en Antarctique provient essentiellement des latitudes plus basses.
- Le nitrate : toujours en collaboration avec les collègues allemands, il a été établi que le nitrate collecté dans l'aérosol antarctique a une origine essentiellement stratosphérique

: échanges de masses d'air entre haute et basse atmosphère et sédimentation des nuages stratosphériques polaires. Ces résultats ouvrent la perspective de pouvoir reconstituer, à partir des enregistrements glaciochimiques, l'histoire du vortex polaire.

Au vu de ces résultats, il apparaît nécessaire de développer de nouvelles mesures (oxydants atmosphériques, DMS dans l'eau de mer), d'étendre les recherches en zone centrale Antarctique (Dôme C) et de poursuivre l'effort de modélisation.

ATMOSPHERIC CHEMISTRY AT COASTAL ANTARCTICA (DUMONT D'URVILLE)

Since 1991, the chemical composition of low atmosphere is studied by the LGGE at the coastal Antarctic station Dumont d'Urville (coordinator M. Legrand). The main objective of the study is to document the high southern latitudes, since very few measurements are conducted south of 40°S whereas biogenic emissions from austral ocean are important in these unpolluted areas. Our data will constitute new constraints to climatic models (supposed high sensitivity of polar regions to a global warming), and be very useful to interpret the climatic data recorded in Antarctic ice cores. Finally, case studies bring new insight on specific polar atmospheric oxidation processes.

Particulate and gaseous compounds are therefore collected daily at the site. Three examples are given below:

- Sulphur compounds: their origin is essentially biogenic in Antarctica (oceanic phytoplankton) and they are oxidised in the atmosphere into sulphate aerosol which has an important radiative (hence climatic) impact. Our studies allowed us to understand the geographical origin of these compounds in coastal Antarctica, discuss the influence of the 1991 Cerro Hudson and Pintubo eruptions impact on the sulphate budget, and also identify a new chemical pathway leading to the formation of methanesulfonic acid in aerosol. By the same time, modelling effort is conducted by the team of C. Genthon to study the sulphur compounds within a climatic model (LMDz). First results show a promising good agreement with field measurements.*
- Ammonium: the origin of ammonium in the Antarctic atmosphere was poorly known. Glaciological data from the Vostok ice core suggested a link with sea salts elements. But at Dumont d'Urville, large rookeries of Adelie penguins led to an important ammonium contamination in the aerosol, therefore no discussion was possible regarding a possible oceanic source. In collaboration with the German team of Neumayer Station, we showed that the polar Ocean is a limited source of ammonia meaning that Antarctic ammonium has a lower latitude origin.*
- Nitrate: again with the German colleagues, the stratospheric origin of nitrate found in the Antarctic aerosol was demonstrated: high and low atmosphere air mass exchanges, sedimentation of polar stratospheric clouds. These results offer the opportunity to reconstruct the history of the polar vortex with the glaciological records.*

From our results, it appears important to develop new measurements in coastal Antarctica (atmospheric oxidants, seawater DMS), to extend the study to inland Antarctica (Dôme C Station) and to pursue the modelling effort.

J.-B. CHARASSIN (1), F. BAILLEUL (2), F. ROQUET (1), C-A. BOST (2), Y.-H. PARK (1), C. GUINET (2)

(1) Département Milieux et Peuplements Marins Museum National d'Histoire Naturelle, 43, rue Cuvier, 75231 Paris Cedex 05, France

(2) CEBC-CNRS, 79 360 Villiers en Bois, France.

LES ELEPHANTS DE MER PREDATEURS ET "OCEANOGRAPHES" DE L'OCEAN AUSTRAL

Afin d'étudier le comportement de pêche des éléphants de mer en fonction des conditions océanographiques et d'essayer de mieux comprendre les dynamiques très contrastées de leurs principales populations dans l'océan austral, un projet de recherche international associant des chercheurs britanniques, australiens et français a été initié début 2004. Pour cela, des éléphants de mer ont été équipés d'une nouvelle génération de balises Argos développées par le Sea Mammal Research Unit, balises embarquant également des capteurs de pression, température, et salinité. Les éléphants de mer deviennent alors des auxiliaires précieux pour l'océanographie opérationnelle et permettent d'étudier avec des résolutions spatiales et temporelles jamais atteintes l'hydrologie de l'océan austral, océan qui demeure encore mal connu.

Les migrations de l'éléphant de mer sont sensibles aux conditions océanographiques

En mer, les éléphants de mer plongent continuellement et profondément pour se déplacer, se reposer et pêcher. Ils effectuent quotidiennement 60 à 80 plongées, de 20 à 30 minutes et passent 90% de leur temps sous l'eau, plongeant généralement entre 400 et 800 m, mais pouvant atteindre 1800 m.

L'un des objectifs de cette étude est de quantifier l'influence des variations dans les conditions océanographiques sur la distribution et le succès de pêche de ce prédateur. Les zones des pêches les plus favorables sont identifiées en combinant plusieurs approches: évolution de la vitesse de déplacement, la différenciation des comportements de plongées et l'évolution de la densité de ces prédateur à partir de leur comportement de plongée et qui nous renseigne sur leur succès de pêche.

L'océan Austral, cet inconnu

L'océan Austral est probablement l'océan le moins accessible et le moins connu de la planète.

Or cet océan joue un rôle fondamental dans les échanges thermiques entre l'océan et l'atmosphère et peu de données océanographiques sont disponibles. 10 éléphants de mer ont été équipés à Kerguelen, permettant l'obtention en 2004 de 3090 profils CTD et 803 profils TD (total : 3893; Profondeur Max : 1500 m, Moy 590 ± 205 m) hautes résolutions (fig. 1) ces données validées, corrigées sont transmises et archivées dans la base de données CORIOLIS

Le nombre de profils et la distribution spatiale des profils obtenus par les éléphants de mer (en couleur) sont présentés dans la fig. 2. Au sud de 60° , le volume des données éléphants de mer obtenus sur une période 7 mois est de 2260 contre 182 initialement répertoriés dans CORIOLIS.

Ainsi l'obtention de données océanographiques via des prédateurs marins s'avère très prometteuse pour l'étude des phénomènes climatique et océanique de grande échelle.

Programme réalisé avec le soutien financier et logistique du Cnes (programme Tosca), de l'Institut Polaire et du groupe Mission Mercator/Coriolis ets est effectué dans le cadre de collaborations nationales et internationales avec le Sea Mammal Research Unit, GB (M. Biuw, M. Fedak), et Antarctic Wildlife Research Unit, Australie (M. Hindell).

ELEPHANT SEAL PREDATORS AND OCEANOGRAPHER OF THE SOUTHERN OCEAN

To investigate the foraging behaviour of elephant seal in relation to oceanographic features and for a better understanding of the differences in the demographic trajectories of the main southern elephant seal population an international research project, associating, Australian, British and French scientist was initiated in 2004. Elephant seals were fitted with a new generation of argos transmitters incorporating, pressure, temperature, salinity sensors, developed by the Sea Mammal Research Unit. The elephant seal become valuable auxiliaries for operational oceanography, and enables scientists to study the hydrology of the southern ocean, still largely unknown.

The migratory patterns of southern elephant seal respond to oceanographic conditions At sea, elephant seals dive deeply and continuously, to travel, rest and forage. 60 to 80 20 to 30-minute dives are performed daily and elephant seal spend about 90 % of their time underwater at depth ranging between 400 to 800 meters, with dives reaching up to 1800 m. One of the study objective was to quantify the influence of oceanographic conditions on the spatial distribution and the foraging success of elephant seal. The most favourable foraging areas can be characterized by the combination of several approaches : change in travelling speed, diving behaviour or body density affecting the diving behaviour.

The unknown southern ocean

The southern ocean is probably the least accessible and charted ocean on the planet. However this ocean plays a key role in heat exchange between the atmosphere and very few oceanographic data are available for this sector. 10 elephant seals from Kerguelen were equipped in 2004 and 3090 CTD and 803 TD high resolution casts (Fig 1) were obtained (total : 3893; Max depth 1500 m, mean 590 ± 205 m,. The data were validated, corrected and sent to the Coriolis data base.

The number of casts obtained by the elephant seals and their spatial distribution are indicated in color in fig. 2. South to 60° S, the number of CTD casts collected by seals over a 7-month period was 2260 against 182 originally archived in the Coriolis data base. Thus the use of marine predators to acquire oceanographic data to try and understand the consequence of global warming has proven to be a very promising method for studying large scale climate and ocean phenomena.

This program was conducted with the financial and logistical support of Cnes (Tosca), l'Institut Polaire and the groupe Mission Mercator/Coriolis and is part of a national and international (Sea Mammal Research Unit, GB : M. Biuw, M. Fedak and Antarctic Wildlife Research Unit, Australie : M. Hindell) collaborative network.

CONCORDIA : LE MEILLEUR SITE AU MONDE POUR L'ASTRONOMIE DU 21ème SIECLE

Eric Fossat, Eric Aristidi, Karim Agabi, Jean Vernin, Farrokh Vakili
LUAN, UMR 6525, Université de Nice Sophia Antipolis

L'idée d'effectuer des observations astronomiques sur le plateau Antarctique a été lancée dans les années 70 par Martin Pomerantz. Chercheur américain responsable des opérations de rayons cosmiques à la station Amundsen-Scott du Pôle Sud, avec sa sensibilité de presque astronome, Martin avait évidemment remarqué l'incroyable pureté du ciel sur ce haut plateau. C'est avec lui qu'en 1979, la première observation solaire faite par Gérard Grec et Eric Fossat était couronnée de succès et donnait naissance à ce qui allait s'appeler l'Héliosismologie.

20 ans plus tard exactement, le démarrage de la construction de la station franco-italienne Concordia était l'occasion de démarrer une campagne de 5 ans de qualification des propriétés astronomiques de ce site unique au monde. Unique car au Pôle sud, si la pureté du ciel ne fait aucun doute, la qualité de la turbulence de l'air s'est avérée très décevante, en raison de la présence de vents catabatiques sur 300 mètres d'épaisseur. Le Dôme C, en tant que dôme, échappe à ces vents et peut alors bénéficier non seulement du ciel le plus pur qui soit, mais aussi d'une atmosphère la plus calme qui soit. Ajoutez le froid et la sécheresse, et vous avez réuni tous les ingrédients nécessaires à la fabrication d'un bon site pour astronomes.

Ce programme, Concordiastro, symbolisé par les plate-formes en bois qui accueillent les télescopes, a débuté en novembre 2000 et se poursuit chaque saison d'été depuis, avec un prolongement prévu au cours de l'hivernage qui s'annonce en 2005. Au moyen de mesures in-situ par sondages ballons et de mesures optiques sur une étoile (en plein soleil d'été !), il a d'ores et déjà démontré que les qualités du site sont dans le haut de la fourchette des prévisions. Sur tous les paramètres intéressants, c'est au moins un facteur 2 de mieux qu'ailleurs. Il ne semble pas exagéré de présenter le Dôme C comme un intermédiaire entre espace et bon site au sol. Même s'il faut encore attendre des confirmations concernant l'hiver, de très grandes aventures astronomiques commencent à y être envisagées. Qui dit meilleur site du monde se doit de penser aux meilleurs projets avec les meilleurs instruments du monde. Les deux directions de recherche qui sont prioritairement envisagées à terme concernent d'une part l'observation directe des exo-terres, dans la démarche plus générale de la quête de vie extra-terrestre, et d'autre part la mesure de la polarisation du " fond cosmologique ", ce rayonnement dans lequel baigne tout l'univers, qui date de 300 000 ans après le Big Bang, et qui contient de l'information sur la physique de cette époque si lointaine. Ces deux types d'observation ne sont pas réalisables ailleurs sur terre, seule l'atmosphère de l'Antarctique ouvrant les fenêtres spectrales infra-rouge et sub-millimétriques correspondantes. Un très grand interféromètre kilométrique, ressemblant dans le domaine de l'infra-rouge aux grands réseaux de radio-télescopes, permettrait l'observation d'exo-terres. Un tel projet, KEOPS, est à l'étude à Nice et la communauté française et même internationale qui y croit grandit très rapidement.

CONCORDIA : THE BEST ASTRONOMICAL SITE IN THE WORLD FOR 21s CENTURY

*Eric Fossat, Eric Aristidi, Karim Agabi, Jean Vernin, Farrokh Vakili
LUAN, UMR 6525, Université de Nice Sophia Antipolis*

The original idea of astronomical observations in Antarctica was proposed by M.A. Pomerantz. As a researcher responsible in Antarctica for the cosmic rays programmes, Martin was well aware of the fantastic astronomical potential of the blue sky that he could see above the South Pole year after year. When Gerard Grec and Eric Fossat made the first successful astronomical campaign there, it was organised by Martin Pomerantz. Their 5-day continuous data set of solar oscillation has since then been regarded as the birthdate of Helioseismology.

Precisely 20 years later, on the beginning of the construction of the italo-french Concordia station, a complete multi-year programme of astronomical site testing was proposed to IPEV. Concordia was to be regarded as a unique in the world site for astronomers. The South Pole itself, indeed and despite its fantastic blue sky, had proved quite disappointing regarding its turbulence, due to a 300-m thick layer of catabating wind. As a Dome, the Concordia site is free from this kind of wind, and consequently can be expected to provide much better image stability at the focus of telescopes. If you add the very cold and very dry air, you have all ingredients required for a good astronomical site

This site testing programme, Concordiastro, is symbolised by its wooden platforms on which telescopes are pointed on a bright star (in full sunshine on the glacier!) each summer, with a continuation planned for the first winterover in 2005. Started in November, 2000, it is now (end of 2004) operating its 5th campaign. Both in situ measurements by means of radiosoundings (meteorological balloons) and optical measurements at telescope focus have already proved that the site qualities are in the higher part of the range of expectations. On each one of interesting parameter, it is at least a factor 2 better than anywhere else. To-day, it seems reasonable to present the place as an intermediate solution between Space and good ground based astronomical observatories. Some winter confirmations are still required but already, Astronomers have started to think of very ambitious projects made possible by the unique atmospheric properties of this cold and stable atmosphere. On the best place of the world, one must think of the best scientific programmes of the world. Two main research directions are foreseen for a medium range future. They are on one hand the direct observation of an exo-Earth (in the general frame of the quest for extrat-errestrial life), and on the other hand the polarization of the cosmological background, this now cold radiation coming from very ancient ages, when the Uiverse was only 300000 years old, and when the physics was, who knows? Such two observations are impossible anywhere else on Earth. Only the Concordia atmosphere opens spectral windows, in the infrared and submm ranges, that make them possible. A very large, kilometric, infrared interferometer looking like the giant arrays of radiotelescopes, is under study at Nice. Its name is KEOPS and this project would optimally exploit all the atmospheric unique parameters of the site. The french and international communities that have been convinced are now growing very quickly.

Sylvie **BEYRIES**
UMR 6130-CEPAM
beyries@cepam.cnrs.fr

ADAPTATION BIOLOGIQUE ET CULTURELLE : LE SYSTEME RENNE

L'âge du Renne

En contexte préhistorique, le degré de mobilité des groupes humains témoigne directement des modes d'exploitation des territoires. La définition du degré de mobilité permet donc, selon toute vraisemblance d'appréhender l'extraordinaire adaptation des hommes aux évolutions climatiques majeures qu'a connu la Terre au cours du Quaternaire.

La reconstitution des formes de la mobilité est fondée sur la caractérisation fonctionnelle des sites, sur la possibilité de différencier leurs statuts respectifs et leur place dans les stratégies de subsistance, de les lier ainsi les uns aux autres pour reconstituer un modèle d'organisation économique et sociale.

À la fin du Paléolithique, pendant plusieurs millénaires, alors que des conditions climatiques assez drastiques règnent en Europe occidentale, la chasse du Renne se trouve souvent au cœur de l'économie de subsistance.

La traque de cet animal a été systématiquement posée comme le fondement de l'organisation logistique des chasseurs. Les autres activités de collecte des denrées végétales et carnées, telles que la pêche et la cueillette, n'étant considérées que comme complémentaires et éventuellement saisonnières. Le degré de mobilité des groupes serait alors étroitement lié aux comportements et notamment aux migrations des rennes eux-mêmes.

Pour autant, les systèmes techniques relevant de ce mode économique, en apparence standardisée, présentent une palette de modalités que l'on peut mettre en relation avec le contexte environnemental. Dans une certaine mesure, cette diversité des systèmes techniques peut-être révélatrice de complexité sociale.

Compte tenu des imprécisions chronologiques propres à ces périodes, il est souvent difficile de distinguer ce qui procède des stratégies d'adaptation à des conditions écologiques particulières (changements climatiques ou particularités géographiques) de ce qui procède de choix culturels.

Les économies du renne, aujourd'hui

L'immense territoire de la Sibérie permet encore d'observer les comportements d'Hommes et d'animaux évoluant dans des biotopes comparables à ceux des périodes préhistoriques considérées ci-dessus. Qu'il s'agisse des domaines techniques, sociaux ou symboliques, l'ensemble des traditions des communautés indigènes (Tchoukhtes, Koriaks, Evenks, ...) est fondé sur l'omniprésence du renne.

Pourtant, des différences majeures de logistique et d'organisation peuvent être perçues : elles sont liées pour partie aux spécificités culturelles affichées par les différents groupes mais aussi aux importantes variations des conditions écologiques rencontrées dans cette zone. En effet, entre 63° et 70° de latitude nord, les variations climatiques sont considérables et les formations végétales présentent des formes très variées, dans leur structure comme dans leur composition (de la toundra à la taïga), reproduisant peu ou prou la diversité des biotopes fréquentés par les paléolithiques lors des épisodes froids du Quaternaire.

Chacune des biozones présente sa propre spécificité, en termes de contrastes saisonniers et de ressources potentielles, et plus particulièrement de ressources végétales. Nous remarquons que cette spécificité est primordiale en terme de stratégie de subsistances, puisqu'elle se décline différemment dans le temps et dans l'espace selon que l'on se trouve dans un écosystème ou dans un autre.

De même, les systèmes techniques et symboliques pourront présenter des complexités différentes. Le monde sibérien permet de mesurer les différents paramètres qui influent sur les systèmes fondés sur l'exploitation du renne ; l'objectif du projet est d'élaborer un modèle actualiste interdisciplinaire, susceptible d'être en partie transférée pour la compréhension des systèmes préhistoriques présentant le même tropisme vers cet animal.

Cette analyse ethno-archéologique systémique a pour but d'isoler des faits et des catégories perceptibles à travers les données fournies par l'archéologie : diètes, structures évidentes et latentes, cultures matérielles, représentations symboliques.

Chercheurs participant au projet : UMR 6130 - CEPAM - (S. Beyries, I. Théry), UMR 7041 - ARSCAN - (A. Bridault, F. David, C. Karlin), UMR 5608 - UTAH - (S. Costamagno), UPR 2174 - (C. Malet, J. Robert-Lamblin), UNIVERSITE de YAKOUTSK (Russie) - (S. Evseeva), UMR - Institut des sciences de l'évolution - (D. Drucker), INSERM - (F. Bellisle, G. Slama), EPHE - CENTRE d'ÉTUDES MONGOLES ET SIBERIENNES - R. Hamayon - (A. Lavrillier, P. Plattet, V. Vaté) MUSEE d'ETHNOGRAPHIE DES PEUPLES DE RUSSIE (St Petersburg) - (V. Gorbatcheva, Y. Tchesnokov, V. D'ianchenko)

Programme financé par le Ministère de la REcherche dans le cadre d'une ACI-TTT

BIOLOGICAL AND CULTURAL ADAPTATIONS : THE REINDEER SYSTEM

The age of the Reindeer

In a prehistoric context the degree of human group mobility is a direct reflection of different resource exploitation strategies within a given territory. Defining the degree of mobility allows one, therefore, to plausibly appreciate the extraordinary adaptation faculties of mankind to the major climatic changes that the earth has been subjected to during the Quaternary era.

The reconstruction of forms of mobility is founded on the functional characterization and description of sites, on the possibility of distinguishing their respective importance and status, and on an assessment of their role in subsistence strategies. Sites can thus be linked to one another in order to put forward a model of social and economic organization.

At the end of the Palaeolithic, when Western Europe was subjected for several millennia to quite drastic economic conditions, the hunting of reindeer was often at the heart of the subsistence economy.

It has been systematically argued that the hunting of this animal was at the basis of the logistical organization of hunters. Other subsistence strategies, such as the gathering of plant and animal foodstuffs (like fishing and foraging of wild grasses and vegetables), were considered to be only complementary and eventually seasonal activities. Group mobility was hence closely related to the behavioural patterns of reindeers and, more specifically, to their migrations and movements.

The various technical systems that derive from this economic strategy, even if apparently standardized, nevertheless present a whole range of different specific and slight variations that can be related to the environmental context. To a certain extent, this diversity of technical

systems could be an image of social complexity. Given the chronological lack of precision for these periods, it is often difficult to distinguish between what results from strategies of adaptation to specific ecological conditions (climatic change or geographical particularities), and the consequences of cultural choice and preference.

Reindeer economies of the present day

The vast territories of Siberia are an ideal setting for the observation of the behaviour of humans and animals living in a biosphere comparable to that of the abovementioned prehistoric periods. The different traditions and lifestyles of indigenous communities (Tchoukti, Koriaks, Evenks,...), be they related to the economic, social or symbolic spheres, are all founded on the ever-present reindeer.

Major differences in logistics and organization can be perceived: they are in part linked to cultural particularities of the various human groups, but also to substantial variations in ecological conditions within this zone. Between 63 ° and 70 ° north, climatic variations are truly considerable and plant formations show extremely varied forms, both in structure and in composition (from the permafrost of the Toundra to the coniferous forests of the Taiga). This variability accurately reflects the biodiversity of the environments inhabited by Palaeolithic bands during the cold spells of the Quaternary era.

Each of the biological zones presents unique and special characteristics in terms of seasonal contrast and potential resources (particularly plant resources). This specificity is paramount to subsistence strategy, since it develops differently in time and space according to whether one finds oneself in an ecosystem or another. Similarly, technical and symbolic systems can show different degrees of complexity.

The different parameters influencing systems founded on the exploitation of reindeer can be assessed and studied in the Siberian region. The aim of the project is to establish a model based on present-day observations and on multidisciplinary research, whose inner dynamics can be reapplied and reused in order to understand prehistoric systems similarly related to this animal.

Researchers taking part in the project: UMR 6130 - CEPAM - (S. Beyries, I. Théry), UMR 7041 - ARSCAN - (A. Bridault, F. David, C. Karlin), UMR 5608 - UTAH - (S. Costamagno), UPR 2174 - (C. Malet, J. Robert-Lamblin), UNIVERSITE de YAKOUTSK (Russie) - (S. Evseeva), UMR - Institut des sciences de l'évolution - (D. Drucker), INSERM - (F. Bellisle, G. Slama), EPHE - CENTRE d'ÉTUDES MONGOLES ET SIBERIENNES - R. Hamayon - (A. Lavrillier, P. Plattet, V. Vaté) MUSEE d'ETHNOGRAPHIE DES PEUPLES DE RUSSIE (St Petersburg) - (V. Gorbatcheva, Y. Tchesnokov, V. D 'ianchenko)

Program financed by the Ministry for Research ACI-TTT

Michel GAUTHIER-CLERC

Centre d'Ecologie et Physiologie Energétiques, CNRS, Strasbourg

REPONSES ECOPHYSIOLOGIQUES DES MANCHOTS AUX CONTRAINTES ENVIRONNEMENTALES

Les animaux répondent à la variabilité des contraintes de l'environnement par des réponses fonctionnelles : c'est-à-dire des réponses comportementales (par exemple la migration, la recherche alimentaire, le sommeil) et/ou des réponses physiologiques (ajustements métaboliques, sécrétion hormonale ou réponse immunitaire). La particularité du XXIème siècle est cependant que les changements des contraintes vont être extrêmement rapides à l'échelle des générations.

Chez certaines espèces à grande longévité, comme les manchots, certaines modifications se feront à l'échelle d'une vie. Une question majeure est donc de savoir si ces animaux auront la capacité de répondre assez rapidement à cette variation de leur environnement physique. La capacité de réponse à un changement rapide de l'environnement est liée aux limites physiologiques et comportementales de leurs adaptations. En conséquence l'approche écophysiologique, dont l'objet est de comprendre comment les animaux "fonctionnent" dans leur milieu naturel, prend une place de choix dans la prédiction des impacts de l'action humaine sur les organismes vivants. Si les recherches dans les conditions contrôlées du laboratoire sont nécessaires, certaines adaptations à des conditions naturelles ne peuvent se révéler que dans des conditions environnementales non reproductibles au laboratoire. Par cette approche dans le milieu naturel, il a été possible de mettre en évidence chez le Manchot royal la capacité de jeûner pendant plusieurs semaines tout en conservant de la nourriture dans l'estomac. Les objectifs d'étude chez cette espèce sont d'identifier les contraintes environnementales, à la fois à terre et en mer (conditions corporelles et effort de reproduction, parasitisme par les tiques, prédation...), de comprendre les réponses physiologiques et comportementales à ces contraintes, et de mettre en place des observatoires biologiques à long terme, en particulier dans la perspective des changements globaux. Un premier observatoire a été établi à Crozet en 1998 grâce à un système d'identification automatique. Il est fondé sur le marquage individuel d'environ 900 adultes par des étiquettes électroniques (des transpondeurs de 0.8 g implantés sous la peau).

Chaque année, environ 300 poussins supplémentaires sont munis de transpondeurs. Ce système permet d'étudier les principaux traits d'histoire de vie des manchots (survie par classe d'âge, fécondité, succès reproducteur, âge à la reproduction, proportion d'oiseaux inactifs, date de ponte, durée d'élevage du poussin, effort parental..) et de les relier avec les contraintes environnementales, en particulier les événements océaniques. Les perspectives, notamment dans le cadre de l'année polaire internationale, sont de répondre au manque d'observatoires et de bases de données biologiques à long terme en mettant en place des systèmes similaires sur d'autres sites et d'autres espèces de manchots, en particulier en Antarctique.

THE ECO-PHYSIOLOGICAL RESPONSES OF PENGUINS TO ENVIRONMENTAL PRESSURE

Animals respond to environmental changes either behaviourally, e.g. by migrating, foraging or sleeping or physiologically, e.g. through changes in metabolic rate, secretion of hormones or antibodies. But a new challenge for the 21st century is that the environmental changes will be extremely quick with respect to the generation time of organisms. For long-lived animals like penguins, some changes will occur within their lifespan. A major question is therefore, to know whether or not they will be able to adjust quickly enough to be able to cope with the variations in their physical environment. The eco-physiological approach, whose objective is to understand “how animals work in their natural environment” is therefore the key to anticipate the impact of human activities on animals. Clearly, while research under controlled conditions in the laboratory still remains necessary, studies in the field are essential to investigate adaptations to conditions that could not be mimicked in the laboratory. Combining field work and chemical analysis in the laboratory is for example the way we have discovered that king penguins are able to conserve food at 38°C for three weeks in their stomach, while they are fasting. This conservation enables the male, who is incubating the egg, to feed the chick after hatching, when the female is delayed in its return from sea.

Our objectives in king penguins are to identify all the environmental pressures they face and to understand how birds respond behaviourally and physiologically to them. This includes pressures faced ashore and at sea, as for example: lower availability in marine resources, parasitism by ticks, predation, and floods in the colony. With respect to global change, this means that we had to establish a long-term biological observatory. Such an observatory has been installed in 1998 on Possession Island in the Crozet Archipelago. It enables the individual automatic identification of about 900 adult birds. Each year about 300 chicks are implanted subcutaneously with an electronic tag, weighing 0.8 g. The identification of birds with underground antennas on their usual passageways avoids any disturbance to their environment as well as the bias due to the drag effect of flipper bands at sea.

This set up enables us to study the main life history traits of king penguins, that is: their survival per age class, fecundity, breeding success, age at first breeding, proportion of non-active birds, laying date, time required to raise the chick, and parental effort. A major goal is to relate these traits to inter-annual climatic changes, particularly at sea. In the context of the International Polar Year, we plan to extend such biological observatories to other penguin species, especially in Antarctica.

Groupe **GEOLETA** (R.-P. **MENOT** (1), G. **DUCLAUX** (1), D. **GAPAIS** (2), M.-C. **GERBE** (1) ; S. **GUILLOT** (3), M. **GUIRAUD** (4), J.-J. **PEUCAT** (2), A. **PECHER** (5), Y. **ROLLAND** (6))

(1) UMR CNRS 6524 – Université Jean Monnet, Saint Etienne

(2) UMR CNRS 6118 – Université de Rennes 1

(3) UMR CNRS 5570 – Université Lyon 1 et ENS Lyon

(4) FRE CNRS 2456 – Muséum NHN Paris

(5) UMR CNRS 5025 – Université Joseph Fourier, Grenoble 1

(6) UMR CNRS 6526 – Université Nice – Sophia Antipolis

RECHERCHES GEOLOGIQUES EN TERRE ADELIE - PROGRAMMES GEOLETA

Ce programme, initié et piloté par l'Université de Saint Etienne, associe actuellement 6 UMR CNRS et 2 partenaires australiens (ANU Canberra, M. Fanning et Univ. Sydney, P. Rey). Ces collaborations permettent de couvrir l'ensemble des compétences requises pour l'exploration et l'étude du Craton de Terre Adélie (TAC) sous ses aspects pétrologiques, géochimiques, géochronologiques et structuraux. Une telle étude systématique s'imposait car les données antérieures étaient soit anciennes (Expéditions australiennes de D. Mawson, 1911-14) ou très ponctuelles (Expéditions Polaires Françaises, 1950 et 1960).

Les principaux résultats acquis grâce à 8 missions de terrain et 3 thèses dont 1 en cours permettent d'affirmer le caractère original du Craton de Terre Adélie au sein du bouclier Est Antarctique :

- Il est constitué de deux ensembles géologiques structurés lors de 2 épisodes orogéniques majeurs (2.4 Ga et 1.7 Ga) (Fig. 1) et son évolution se distingue ainsi de celles décrites ailleurs dans l'Est Antarctique par l'importance de l'évènement paléoprotérozoïque (1.7 Ga) et l'absence de réactivation par l'orogène de Ross (0.5 Ga). Le socle de Terre Adélie est cratonisé très tôt (avant 1.5 Ga) et constitue donc un fragment relique du supercontinent Rodinia.
- L'épisode tardi-archéen (2.4 Ga) représente un stade d'accrétion crustale important avec un magmatisme basique (basaltes et dolérites) et intermédiaire (granodiorites) issu d'un manteau appauvri ($\epsilon_{\text{Nd}} = -0.7$) et un encaissant métasédimentaire (métapélites et marbres) stabilisés dans les conditions de la croûte profonde et moyenne
- L'épisode paléoprotérozoïque (1.7 Ga) est marqué par le développement de bassins volcanosédimentaires à remplissages pélitique et grauwackeux qui ne dérivent que partiellement du démantèlement du socle tardi-archéen voisin. Le pic métamorphique s'accompagne d'une anatexie crustale importante, d'un polyphasage tectonique et de la mise en place de magmas basiques, témoins d'une fusion mantellique. La déformation syn-migmatite est principalement associée à un contexte transpressif

- Ces ensembles remarquablement bien préservés permettent de décrire précisément les mécanismes de déformation spécifiques aux lithosphères chaudes qui, à la charnière Archéen – Paléoproterozoïque, caractérisent la transition de la dynamique lithosphérique archaïque vers la tectonique des plaques moderne (Fig. 2).
- Sur la base d'arguments lithologiques, géochronologiques et structuraux, les corrélations avec le craton du Gawler (Sud Australie) sont clairement établies (Fig.1).

Les perspectives portent sur un élargissement des recherches par la cartographie géophysique de la bande côtière (« voir à travers la glace »), l'étude systématique des blocs morainiques, et l'exploration vers l'Ouest (Windmill Isl.) et l'Est (Oates Land) des affleurements côtiers. Parallèlement, des expérimentations analogiques et des modélisations numériques sont conduites pour expliquer les styles tectoniques observés et les structures thermiques déterminées lors des événements à 2.4 et 1.7 Ga.

GEOLOGICAL INVESTIGATIONS IN TERRE ADELIE, GEOLETA PROGRAM

This program, initiated and supervised by the University of Saint Etienne, France, involves 6 CNRS research departments, together with 2 Australian partners (ANU Canberra, M. Fanning and Univ. Sydney, P. Rey). These various partnerships cover most of the scientific skills required to explore and to study the Terre Adélie Craton (TAC) on its petrological, geochemical, geochronological and structural aspects. Such a systematic study was important as the available data were either old (AAE by D. Mawson, 1911-14) or very incomplete (French Polar Exped., 1950 & 1960). 8 field expeditions and 3 PhD theses have been devoted to the GEOLETA program and the major results point out the very specific characters of the Terre Adélie region with respect to the East Antarctic shield geology.

- *The TAC is made of two types of geological units that built up during to main events at 2.4 and 1.7 Ga (Fig. 1). Its geodynamic evolution, characterized by intense orogenic processes at 1.7 Ga and the lack of Ross imprint (0.5Ga), strongly differs from that commonly described in East Antarctica. The Terre Adélie region was cratonized very early (before 1.5 Ga) and therefore represents a well preserved fragment of the Rodinia supercontinent.*
- *The Neoarchean event (2.4 Ga) is marked by a huge stage of crustal accretion with mafic and intermediate magmas of partly depleted mantle origin ($\epsilon^{Nd} = -0.7$) intruding metasediments (pelites and carbonates) in lower to middle crust conditions.*
- *The Paleoproterozoic event (1.7 Ga) is marked by the development of large sedimentary basins filled by pelites and graywackes partly derived from the Neoarchean basement. The metamorphic peak is coeval with pervasive anatexis, polyphased tectonics and intrusion of mantle derived mafic magmas. The syn-migmatitic deformations were associated with transpression.*
- *The Neoarchean and the Paleoproterozoic units allow us to describe very precisely the particular deformation processes affecting the hot and buoyant lithosphere during the Archean – Paleoproterozoic transition. This may lead to a better understanding of the evolution from archaic to modern (plate tectonics) tectonic processes (Fig. 2)*

- *Based on lithological, radiometric and structural arguments, tentative correlation may be established with the Gawler craton (South Australia).*

In the future, the aim of the program will be extended to the geophysical exploration and mapping along the shore line (“see through the ice cap”), the systematic study of the moraine boulders, and the description of outcrops to the West (Windmill Isl.) and to the East (Oates Land). In the same time, numerical as well as analogical modelling will be performed in order to explain the deformations and the thermal structure observed in the lithosphere during the 2.4 and 1.7 Ga orogenic events.

Fig. 1 : Carte géologique simplifiée du Craton de Terre Adélie et corrélations avec le Craton du Gawler (Australie du Sud) (d’après Fanning et al., 1999, modifié)

Geological sketch map of the Terre Adélie Craton and possible correlations with the Gawler Craton (South Australia) (after Fanning et al., 1999, modified)

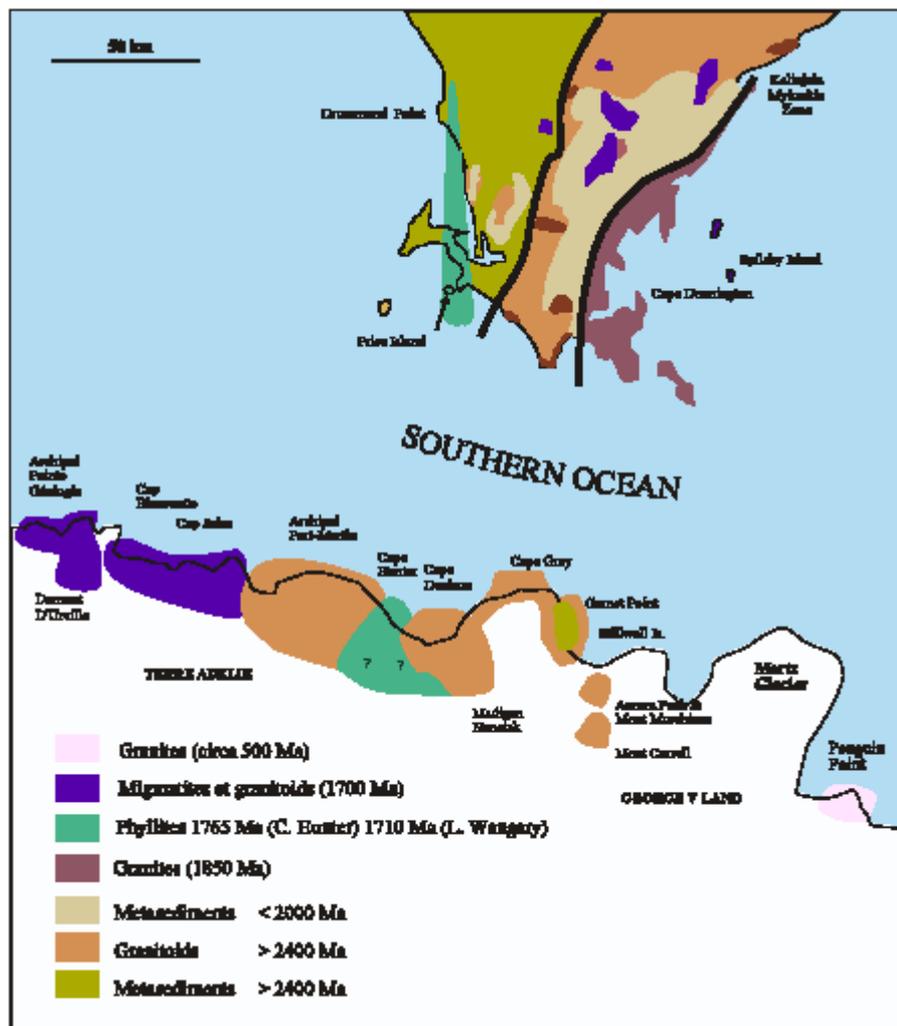
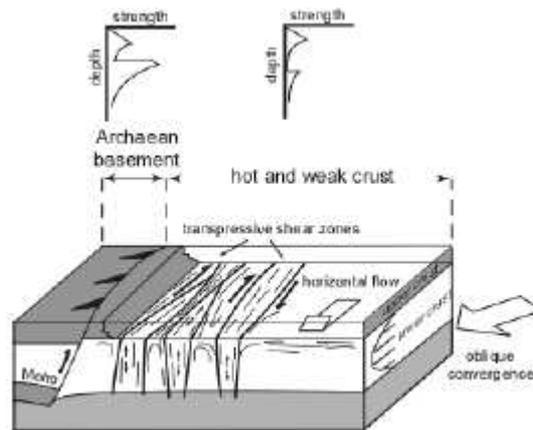


Fig. 2 : Schéma illustrant le comportement d’une lithosphère paléoprotérozoïque, chaude, légère et faiblement rigide, lors de la convergence contre un craton archéen plus rigide. Les déformations associent transpression et fluage gravitaire de la croûte. Le fluage horizontal et/ou l’extrusion latérale parallèle à la chaîne plissée peuvent résulter d’une convergence

oblique et/ou de conditions aux limites particulières permettant l'expulsion latérale (d'après Gapais et al., soumis, modifiée)

Sketch illustrating a possible framework for the behaviour of a weak, hot and buoyant Paleoproterozoic lithosphere during convergence toward an Archean craton. Deformations combine transpression and gravity-driven crustal flow. The component of horizontal flow and/or lateral extrusion parallel to the deformation belt can result from oblique convergence and/or from particular boundary conditions allowing for lateral escape (modified after Gapais et al., submitted).



II

Présentation de posters *Posters presentation*

Gaëlle **EMBS** (1), Françoise **HENNION** (1), Marc **LEBOUVIER** (1), Yves **FRENOT** (2),
Philippe **VERNON** (1)

(1) *Impact des Changements Climatiques, UMR 6553 Ecobio, CNRS - Université de Rennes
1, Campus de Beaulieu, 35042 Rennes cedex, France*

(2) *Institut polaire français Paul-Émile Victor, Technopôle Brest-Iroise, BP 75, 29280
Plouzané, France*

CARACTERISATION PHYSIOLOGIQUE ET BIOCHIMIQUE DE LA CRUCIFERE SUBANTARCTIQUE

***Pringlea antiscorbutica R.Br. ET DE SON HOTE, LE DIPTERE *Calycopteryx moseleyi*
Eaton***

L'étude de gradients altitudinaux permet d'étudier in natura les réponses physiologiques et morphologiques des organismes vivants en séparant l'effet de la température de celui de la saisonnalité.

L'étude morphométrique du Diptère *Calycopteryx moseleyi* le long d'un tel gradient montre qu'il n'y a pas de dimorphisme sexuel chez cette espèce et que les conditions optimales de développement sont réunies à l'altitude intermédiaire de 100m, qui soustrait les insectes au stress salin du littoral et au stress thermique des altitudes plus élevées. La morphologie de *C. moseleyi* est soumise à l'influence croisée des contraintes thermiques, salines et trophiques.

La variabilité physiologique et biochimique de la Crucifère *Pringlea antiscorbutica*, la plante hôte de *C. moseleyi*, et de l'insecte sont étudiées le long du même gradient par la détermination des teneurs en amines. La polyamine la plus abondante chez le Diptère est la spermidine, et cette étude montre un dimorphisme sexuel dans la composition en amines de l'insecte. Les teneurs en amines restent élevées tout au long du gradient et les réponses aux deux stress, stress salin pour les basses altitudes du gradient et stress thermique froid pour les altitudes élevées, ne sont pas caractérisées par des amines particulières chez l'insecte. En revanche, les teneurs particulières en amines mesurées à 400m d'altitude chez les mâles de l'insecte comme chez le Chou de Kerguelen suggèrent que la composition et les teneurs en amines de ces organismes dans un site à un moment donné ne s'apparentent pas uniquement à une réponse de l'organisme aux stress mais font intervenir une interaction étroite entre réponse à l'environnement de l'organisme et ses processus de développement.

Mots clés : polyamines, *Calycopteryx moseleyi*, gradient altitudinal, *Pringlea antiscorbutica*, polyamines, stress thermique, stress salin.

PHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE KERGUELEN CABBAGE Pringlea antiscorbutica AND HIS HOST DIPTERA Calycopteryx moseleyi

Altitudinal gradients allow in natura study of physiological and morphological responses of living organisms by separating temperature per se from the seasonal effect.

Morphological measurements of the Diptera Calycopteryx moseleyi along such a gradient show no size differences between males and females. The best developmental conditions are achieved at mid-altitude (100m above sea level), where insects are kept away from the salt stress induced by coastal conditions and cold stress at high altitude. Thus, environmental stresses are likely to act on morphological features of C. moseleyi.

Furthermore, the physiological and biochemical variability of C. moseleyi and its host plant, the crucifer Pringlea antiscorbutica or Kerguelen cabbage, have been assessed through the measurement of polyamine and amine levels along the same altitudinal gradient. As usually found in Diptera, spermidine is the predominant polyamine in C. moseleyi. Differences are observed in amine compositions of males and females. Besides, amine levels are high all along the gradient and specific amine responses to salt stress or to cold stress have not been found in the insect. Special amine composition of both the Kerguelen cabbage and the male insects at 400m a.s.l. suggest that amine composition and contents in these organisms at a particular time and within a site must result not only from this organism response to environmental stress but also involve a close interaction with developmental processes.

Key words: polyamines, altitudinal gradient, Calycopteryx moseleyi, cold stress, Pringlea antiscorbutica, polyamines, salt stress.

ROSNET, E.(1), DECAMPS, G.(1) & BACHELARD, C. (2)

(1) Laboratoire de Psychologie Appliquée "Stress et Société", EA 3793, Université de Reims, 57 rue Taittinger, 51096 Reims Cedex

(2) Service Médical IPEV - TAAF, Paris, 1 avenue Chantemesse, 75116 Paris

PRESENTATION D'UN OUTIL SIMPLE DE DETECTION DES DIFFICULTES POTENTIELLES D'ADAPTATION EN HIVERNAGE : LE DERA

Introduction et Méthode

L'origine de cette recherche est un projet accepté par le Scientific Committee for Antarctic Research (SCAR) en vue d'élaborer un instrument international d'évaluation de l'adaptation psychologique en hivernage.

Une première grille de 58 items représentant les réactions de stress a été constituée à partir des théories de l'adaptation en hivernage (Gunderson, 1966 ; Rivolier, 1989 ; Cazes et al., 1989). Cette grille était remplie tous les 15 jours par le médecin d'hivernage pour chaque hivernant en présence (1) ou absence (0) pour chaque item. Après un pré-test réalisé en 1998 à Dumont d'Urville, la grille définitive a été testée sur 16 missions (Antarctique et sub-Antarctique) représentant 236 hivernants entre 1999 à 2002.

Résultats

Le traitement par analyse factorielle propose un modèle en 5 facteurs expliquant 45% de la variance. Ces 5 facteurs sont considérés comme les principaux comportements adaptatifs des hivernants (Decamps et Rosnet, sous presse) et sont ainsi dénommés : Hostilité, Réaction défensive, Réaction anxio-dépressive, Hyperinvestissement professionnel et Négligence.

Le Diagramme d'Evaluation des Réactions Adaptatives (DERA) a ensuite été constitué afin de fournir un instrument simple et facile à utiliser par les médecins. Son objectif est de détecter les difficultés adaptatives le plus tôt possible, avant que celles-ci ne deviennent trop importantes. Le DERA regroupe 5 dimensions qui correspondent aux 5 facteurs issus de l'analyse factorielle de la grille initiale. Chaque dimension regroupe seulement 5 items qui ont été choisis pour des raisons statistiques et cliniques. Chaque item est coté sur une échelle en 4 points (0 : absence ; 1 : occasionnellement ; 2 : fréquent ; 3 : très fréquent), donnant ainsi un score de 0 à 15 pour chaque dimension. Comme pour la grille initiale, le relevé est effectué tous les 15 jours.

Le DERA est en test cette année dans les districts avec pour objectifs de confirmer sa simplicité d'emploi, d'effectuer une validation confirmatoire de la structure factorielle, de valider les versions utilisées par les autres pays et de mener à bien des comparaisons interculturelles.

Cazes, G., Rivolier, J., Taylor, A.J.W. & McCormick, I.A. (1989). The quantitative and qualitative use of adaptability questionnaire (ADQ). Arctic Medical Research, 48, 185-194.
Decamps, G. & Rosnet, E. (sous presse). A longitudinal assessment of psychological

adaptation during a winter over in Antarctica. Environment and Behavior.
Gunderson, E.K.E. (1966). *Adaptation to extreme environment : prediction of performance.*
US Navy Medical Neuropsychiatric Research Unit, rep. 66-17, 47 p.
Rivolier, J. (1989). *L'homme stressé.* Paris, P.U.F.

A SIMPLE TOOL ALLOWING EARLY DETECTION OF ADAPTATION DIFFICULTIES DURING WINTER-OVER : THE ARAD

Introduction and Method

This research comes from a project accepted by the Scientific Committee for Antarctic Research (SCAR) in order to define an international assessment tool of the psychological adaptation during winter-over.

A first 58 items' grid has been defined reflecting stress' reactions from the winter-over's adaptation theories (Gunderson, 1966 ; Rivolier, 1989 ; Cazes et al., 1989). This grid is used every two weeks by the medical doctor for each winterer, quoting presence (1) or absence (0) of each item. After a pre-test in Dumont d'Urville's station, the final version of the grid has been used on 16 missions, including 236 winterers between 1999 and 2002.

Results

Factorial analysis of the data proposes a 5 factors' model (explaining 45% of variance). These 5 factors are considered to be the main adaptive reactions of winterers (Decamps and Rosnet, under press) and are the following : Hostility, Defensive reaction, Anxio-depressive reaction, professional Over-investment and Carelessness.

The Adaptive Reactions Assessment Diagram (ARAD) has been built in order to give a simple and easy-to-use tool for the medical doctors. Its aim is to detect the adaptive difficulties as soon as possible and before they become too important. The ARAD includes 5 dimensions based on the 5 factors issued from the factorial analysis. Each dimension is constituted by only 5 items chosen for statistical and clinical reasons. Each item is rated on a 4-points scale (0 : not present ; 1 : occasionally ; 2 : frequent ; 3 : very frequent). Thus, a score from 0 to 15 is obtained for each dimension. Like the first grid, the assessment is done for each winterer every two weeks.

The ARAD is tested this year in the Antarctic and sub-Antarctic stations in order to confirm its easy-to-use's properties, to make some confirmatory factorial analysis, to validate foreign versions and to allow intercultural comparisons.

Cazes, G., Rivolier, J., Taylor, A.J.W. & McCormick, I.A. (1989). The quantitative and qualitative use of adaptability questionnaire (ADQ). Arctic Medical Research, 48, 185-194.
Decamps, G. & Rosnet, E. (under press). A longitudinal assessment of psychological adaptation during a winter over in Antarctica. Environment and Behavior.
Gunderson, E.K.E. (1966). Adaptation to extreme environment : prediction of performance.
US Navy Medical Neuropsychiatric Research Unit, rep. 66-17, 47 p.
Rivolier, J. (1989). L'homme stressé. Paris, P.U.F.

**ADAPTATION DE LA BIOENERGETIQUE MITOCHONDRIALE LORS DU
PASSAGE EN MER
DES JUVENILES DE MANCHOT ROYAL (*Aptenodytes patagonicus*)**

Benjamin Rey, Darren Talbot*, Nicolas Hanuise, Jean-Louis Rouanet, Brigitte Sibille, Martin Brand* et Claude Duchamp
Lab Physiologie Intégrative, Cellulaire et Moléculaire, UMR 5123 CNRS-UCB Lyon1, Fac Sciences 69622 Villeurbanne Cédex ; * Medical Research Council Dunn Human Nutrition Unit, Hills Road, Cambridge, CB2 2XY, UK

Au cours d'immersions répétées en eau froide, les manchots royaux juvéniles développent une puissante thermogénèse adaptative, essentielle au maintien de leur homéothermie en milieu marin. Les mécanismes biochimiques de cette adaptation métabolique demeurent énigmatiques chez les oiseaux qui ne possèdent pas le tissu adipeux brun responsable de la thermogénèse adaptative des mammifères.

Afin de rechercher les mécanismes biochimiques de cette adaptation, l'expression d'une protéine découplante (uncoupling protéine, UCP) a été recherchée dans le muscle squelettique et les caractéristiques fonctionnelles des mitochondries musculaires ont été étudiées in vitro chez des poussins en fin de mue adaptés ou non au milieu marin. L'hypothèse testée était que les mitochondries des oiseaux adaptés au milieu marin présenteraient un découplage des oxydations phosphorylantes générant de la chaleur en liaison avec une augmentation modulable de la perméabilité de la membrane interne aux protons du fait de l'activité de certaines protéines mitochondriales.

Dans les mitochondries d'oiseaux n'ayant jamais été acclimatés en eau froide, l'ion superoxyde, un activateur des UCPs de mammifères, ne modifiait pas la perméabilité membranaire aux protons indiquant l'absence d'UCP fonctionnelle. Les mitochondries de manchots artificiellement (par 10 immersions dans l'eau à 8°C sur 3 semaines) ou naturellement adaptés à l'eau froide présentaient cette UCP fonctionnelle comme en témoignent 1) la forte augmentation de leur perméabilité aux protons en présence d'ion superoxyde, et 2) l'inhibition de cette activation par le GDP (guanosine di phosphate), un inhibiteur spécifique des UCPs. Ces observations étaient corrélées à une sur-expression des ARN messagers codant pour l'UCP aviaire détectés par RT-PCR.

La perméabilité aux protons des mitochondries des oiseaux adaptés aux immersions était également réduite par le carboxyatractylate, un inhibiteur de la translocase des composés adényliques (ANT) indiquant un rôle fonctionnel de cette protéine dans ces mécanismes. L'effet inhibiteur du carboxyatractylate était plus faible chez les oiseaux témoins n'étant jamais passés à l'eau. Ces observations étaient corrélées avec l'abondance de l'ANT détectée par western blot, qui était fortement accrue par l'immersion.

Ces résultats suggèrent que la thermogénèse adaptative, mise en place chez les manchots lors du passage à la vie aquatique, est le résultat de deux mécanismes induisant un découplage des réactions d'oxydation et de phosphorylation mitochondriales par une augmentation de la perméabilité membranaire aux protons par l'action conjuguée de l'UCP aviaire et de l'ANT.

***ADAPTATION OF MITOCHONDRIAL BIOENERGETICS DURING THE PASSAGE
FROM SHORE TO MARINE LIFE IN KING PINGUIN JUVENILES (*Aptenodytes
patagonicus*)***

Benjamin Rey, Darren Talbot, Nicolas Hanuise, Jean-Louis Rouanet, Brigitte Sibille, Martin Brand* and Claude Duchamp*

*Lab Physiologie Intégrative, Cellulaire et Moléculaire, UMR 5123 CNRS-UCB Lyon1, Fac Sciences 69622 Villeurbanne Cédex ; * Medical Research Council Dunn Human Nutrition Unit, Hills Road, Cambridge, CB2 2XY, UK*

After repeated immersions in cold water, king penguin juveniles develop a powerful adaptive thermogenesis essential to the maintenance of homeothermy during marine life in cold subantarctic sea. Biochemical mechanisms of such metabolic adaptation are still unknown in birds which lack the thermogenic brown adipose tissue of mammals.

In order to characterize the biochemical basis of penguin marine adaptation, the expression of an uncoupling protein (UCP) was investigated in skeletal muscle and the functional characteristics of isolated muscle mitochondria were studied in vitro. Experiments were performed in molted juveniles which were either sea-adapted (naturally or artificially) or non adapted (controls). We have tested the hypothesis that mitochondria from sea-adapted juveniles would have a lower coupling of oxidative phosphorylation likely to generate heat in relation to a regulated increase in proton conductance of mitochondrial inner membrane due to the expression of specific proteins.

In mitochondria from never-immersed birds (controls), addition of superoxyde, a known activator of mammalian UCPs, did not modify mitochondrial proton conductance indicating the absence of any functional UCP. By contrast, mitochondria from artificially (10 immersions in cold water 8°C over 3 weeks) or naturally adapted juveniles exhibited a functional UCP as shown by 1) the large increase in mitochondrial proton conductance with superoxyde and 2) the inhibition of the superoxyde effect by GDP (guanosine di phosphate), a specific inhibitor of UCPs. These observations were correlated with an up-regulation of the messenger RNA encoding an avian UCP as detected by RT-PCR.

Mitochondrial proton conductance of cold water-adapted juveniles was also reduced by carboxyatractylate, an inhibitor of adenine nucleotide translocator (ANT) indicating the functional implication of this protein. The inhibitory effect of carboxyatractylate was smaller in never-immersed control birds. These observations were correlated with a higher abundance of the ANT protein as detected by western blots in mitochondria from immersed birds.

These results suggest that the adaptive thermogenesis developed by penguins during the passage from shore to marine life depends on two mechanisms inducing an uncoupling of mitochondrial oxidative phosphorylation and based on an increased membrane proton conductance involving both avian UCP and ANT.

J.J. SCHOTT, T. MAURIN, A.L. BOUILLON

Ecole et Observatoire des Sciences de la Terre

5 rue Descartes F-67084 Strasbourg France

e-mail: JeanJacques.Schott@eost.u-strasbg.fr

OBSERVATOIRE MAGNETIQUE DE DUMONT D'URVILLE ET RECHERCHE DU POLE MAGNETIQUE SUD

Bien que les pôles magnétiques ou pôles d'inclinaison (définis, à la surface de la terre, comme les lieux où le champ est vertical) ne jouent pas un rôle fondamental dans les théories actuelles sur le champ magnétique terrestre, ils restent, dans l'imagination populaire, des zones un peu mystérieuses où les voyageurs risquent de s'égarer. Il est bien connu que la plupart des expéditions polaires des 19^{ème} et 20^{ème} siècles se sont fixées, parmi leurs missions, celle de la détermination du pôle magnétique. Il faut remarquer, qu'en réalité, le pointage précis d'un pôle magnétique ne peut être obtenu uniquement par des mesures. En raison de l'influence du champ externe, la localisation d'un pôle ne peut résulter en définitive que d'un calcul qui s'appuie sur des approximations de la distribution spatiale du champ.

Grâce à la disponibilité de modèles globaux du champ magnétique terrestre de plus en plus précis et couvrant un intervalle de temps de plus en plus grand, il est possible de calculer une position des pôles magnétiques par la résolution de l'équation $H(q,j) = 0$, où H est la composante horizontale du champ, q la colatitude géocentrique et j la longitude. La figure 1 montre la position des pôles en fonction du temps, déduite des modèles IGRF dans l'intervalle 1900-2000. Pour la clarté de la présentation, le pôle magnétique nord a été projeté sur l'hémisphère sud. On remarque que les pôles ne sont pas diamétralement opposés et ne décrivent pas la même trajectoire. Ceci est simplement le reflet du caractère non dipolaire du champ magnétique et de la variation séculaire.

L'étude présente a été motivée par la proximité du pôle magnétique sud de l'observatoire de Dumont d'Urville. Nous avons analysé la précision de la détermination du pôle lorsqu'on n'utilise que les composantes horizontales de DRV. Une méthode d'estimation de la position du pôle fondée sur la mesure des composantes horizontales a été proposée par Barton en 1987 et appliquée par cet auteur à la détermination du pôle en 1986 et 2000. La détermination comprend le calcul de la distance du site de mesure au pôle d'une part, et celui de l'azimut du pôle d'autre part. Elle implique le calcul de paramètres estimés à partir de modèles globaux du champ magnétique (définis par un jeu de coefficients appelés coefficients de Gauss) et, par conséquent, la détermination dépend du modèle global employé. Nous avons analysé en détail la sensibilité de la latitude et longitude du pôle calculé au jeu de coefficients de Gauss. Cette analyse montre en particulier l'influence du champ lithosphérique et pose en définitive la question de la définition même du pôle, selon que l'on s'intéresse au champ principal créé par le noyau liquide, ou au champ interne dans son ensemble ou même au champ interne et externe. On peut calculer des positions de pôles à diverses échelles de temps, en fonction de l'échelle de temps des composantes utilisées. La figure 2 montre à la fois la variation séculaire, à l'échelle de quelques années, et la variation horaire. Elle confirme l'influence considérable du champ externe sur les déplacements du pôle : en période agitée, ses déplacements erratiques couvrent une surface de 10 000 km², qui se superposent à la dérive

lente et régulière due à la variation séculaire.

A la fin des années 60, le pôle magnétique était pratiquement à Dumont d'Urville. Depuis, il s'éloigne du continent et se trouve actuellement à environ 200 km au NNW de DRV.

DUMONT D'URVILLE OBSERVATORY AND SOUTH MAGNETIC POLE TRACKING

Although they do not play a prominent role in modern theories on the Earth magnetic field, the magnetic dip poles (defined as areas on the earth's surface where the magnetic field is vertical) remain somewhat mysterious in the popular imagination, as areas where the traveller could get lost. It is well known that most of the first explorations of the polar regions included the search for the magnetic pole. It must be stressed that, due to the external field influence, the very location of the dip pole cannot be determined by measurements, but has to be calculated by some approximative method.

With the availability of global Earths' magnetic field models with increasing accuracy and time span, it is possible to compute the location of the dip poles by the resolution of the non-linear equation $H(q,j) = 0$, where H is the horizontal component of the field, q the geocentric colatitude and j the geocentric longitude. This method allows to compute both dip poles at once. Fig.1 shows the location of the dip poles as a function of time, using the IGRF models from 1900 to 2000. For the sake of clarity, the North pole has been mapped onto the Southern hemisphere. It is obvious that the two dip poles are not opposite to each other and that their drifts are not the same. This is merely a consequence of the non-dipolar behavior of the field.

This study has been motivated by the proximity of the magnetic observatory of Dumont d'Urville to the South Magnetic Pole. The main question dealt with is to estimate the accuracy of the SMP location using only the horizontal components of DRV. A method of estimating the dip pole location using measurements of the horizontal components has been proposed by Barton (1987) and applied by this author to SMP localizations in 1986 and 2000. The estimation comprises the calculation of the distance from the measurement site to the pole on one hand, and the calculation of the azimuth on the other hand. The computation of the parameters involved relies upon the use of a global magnetic field model (defined by a set of coefficients called Gauss coefficients) and, hence, the estimation is sensitive to the global model used. A detailed examination has been made of the sensitivity of the latitude, longitude of the estimated pole with respect to the Gauss coefficients of the model. This is particularly useful for checking the influence of high degree coefficients accounting mainly for the lithospheric contribution. In addition, it raises the question of the very definition of the dip pole, depending on whether only the main field (produced by the outer core) is involved or the internal field as a whole or even the internal and external field.

Pole estimations may be computed at various time scales, depending on the time scale of the components. Fig. 2 shows the secular drift together with the hourly wandering. As expected, the contribution of the external fields to the SMP wandering may be very large. This wandering, which may cover a surface of 10,000 km² under disturbed conditions is superimposed upon the slow shift due to secular variation. In 1970, the SMP was very close to DRV. Since then, it moves on shore and is nowadays at about 200 km NNW from DRV.



Fig.1. Déplacement des pôles magnétiques sud (cercles rouges) et nord (cercles noirs) entre 1900 et 2000 (pôles calculés à partir des modèles globaux IGRF). Les pôles nord ont été projetés sur l'hémisphère sud pour faciliter la comparaison.

Fig.1. Drift of the southern (red circles) and northern (black circles) magnetic dip poles between 1900 and 2000 (pole estimation based upon global models IGRF). The north poles are mapped onto the southern hemisphere for easy comparison.

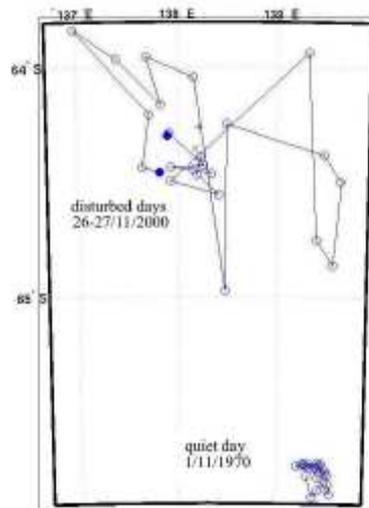


Fig.2. Déplacements du pôle magnétique sud déduit des composantes horizontales de Dumont d'Urville. On remarque l'effet de la variation séculaire entre 1970 et 2000 et l'influence du champ externe sur le déplacement instantané.

Fig.2. South magnetic pole wandering, as computed with the horizontal components of Dumont d'Urville. Note the drift between 1970 and 2000 due to the secular variation and the influence of the external field on the instantaneous location.

J.J. SCHOTT, D. Di MAURO, A. PERES, L. CAFARELLA, L. MAGNO, A. ZIRIZOTTI, A. MELONI

Ecole et Observatoire des Sciences de la Terre
5 rue Descartes F-67084 Strasbourg France
e-mail: JeanJacques.Schott@eost.u-strasbg.fr

D. Di MAURO, L., CAFARELLA, L. MAGNO, A. ZIRIZOTTI, A. MELONI
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Rome, Italy.

A. PERES

Ecole et Observatoire des Sciences de la Terre, Strasbourg, France.

OUVERTURE D'UN NOUVEL OBSERVATOIRE MAGNETIQUE A DOME C

L'ouverture d'un nouvel observatoire magnétique est l'un des projets s'inscrivant dans le cadre de la création d'une base scientifique à Dôme C, Antarctique (lat. 75° 06'S, long. 123° 21'E, altitude 3200m). Cette ouverture se justifie pour plusieurs raisons: pour l'instant, tous les observatoires magnétiques de l'Antarctique, qui fournissent des valeurs du champ en vraie grandeur, sont situés le long de la côte et soumis à l'influence de la conductivité électrique de l'océan ainsi qu'à celle du champ produit par le socle rocheux, qui peut être très intense. Dôme C sera, pour le moment, le seul observatoire épargné par ces effets. Les observatoires de hautes latitudes sont très utiles pour la modélisation, globale ou régionale, du champ à partir de données satellitaires car, aux latitudes élevées, seules les données d'intensité peuvent être exploitées, à cause de la forte influence du champ externe, ce qui représente une perte d'information importante. Par ailleurs, le réseau d'observatoires constitué par Terra Nova Bay (TNB), Scott Base (SBA), Dumont d'Urville (DRV), Casey (CSY) et Vostok (VOS) produira des données précieuses pour l'étude de l'ionosphère aurorale et polaire ainsi que pour l'étude des asymétries entre les deux hémisphères.

Conformément aux recommandations du réseau Intermagnet, un variomètre triaxial a été installé pour l'enregistrement continu de trois composantes, complété par l'enregistrement continu de l'intensité du champ. Les capteurs et l'acquisition sont installés dans des espaces régulés en température. Ces enregistrements des variations du champ sont complétés par des mesures absolues manuelles, destinées à contrôler l'étalonnage du variomètre et à calculer les composantes en vraie grandeur.

Les données de trois campagnes préliminaires, effectuées au cours des étés austraux de 1999-2000, 2001-2002 et 2003-2004 ont été traitées. On a combiné les variations avec les mesures absolues pour obtenir des séries du champ en vraie grandeur, utilisables aussi bien dans des études sur le champ interne que sur le champ externe. La figure 1 montre un exemple de variations comparatives pour l'ensemble des observatoires mentionnés sur la figure, au cours d'un orage magnétique ayant débuté le 22 janvier 2004 à 1h36 TU. La comparaison avec le modèle global IGRF montre, comme on s'y attend, qu'il n'y a pas de champ crustal à Dôme C. Les petites déviations observées dans les trois observatoires (SBA, DRV et Dôme C) fournissant des données en vraie grandeur sont attribuées au caractère régional de la variation séculaire. Ces affirmations sont illustrées par la figure 2. A SBA et DRV, un champ crustal de 3751nT et 2820nT respectivement a dû être soustrait pour un bon accord moyen avec le

modèle global. Aucune correction n'est requise à Dôme C.

Les données recueillies au cours des campagnes préliminaires montrent l'intérêt du site pour l'enregistrement du champ magnétique. L'observatoire de Dôme C sera, sur la calotte polaire, loin de l'influence du bord de mer et du champ crustal, le premier observatoire à produire des enregistrements du champ en vraie grandeur, conformes aux standards modernes de précision. De ce fait, ces données seront exploitables aussi bien pour les études sur le champ interne (à l'échelle globale ou régionale) que pour les études sur la complexité des phénomènes qui se produisent dans l'ionosphère aurorale et polaire.

TOWARDS THE OPENING OF A MAGNETIC OBSERVATORY AT DOME C (Antarctica)

The opening of a new magnetic observatory is one of the activities aimed at with the creation of a scientific base at DomeC, Antarctica (lat. 75° 06'S, long. 123° 21'E, elev. 3200m). There are many reasons supporting this objective: all Antarctic magnetic observatories providing absolute values are located along the shore and are therefore subject to coast effects and crustal field contamination. DomeC will be so far the sole observatory free from these effects. On one hand, high latitude absolute observatories are very useful to global or regional modeling based upon satellite data, because, at high latitudes, only total field measurements can be used due to strong external field influence. On the other hand, the availability of magnetic data from the well distributed observatories of Terra Nova Bay (TNB), Scott Base (SBA), Dumont d'Urville (DRV), Casey (CSY) and Vostok (VOS) will provide strong support to auroral and polar cap ionosphere studies as well as asymmetry analyses between Northern and Southern hemispheres.

According to Intermagnet recommendations, a triaxial variometer has been installed for continuous three-component field recording, complemented with continuous field intensity measurements. Sensors and acquisition device are installed in thermally regulated rooms. In addition, according to standard practices, absolute measurements are performed manually in order to calibrate the variometer and compute absolute values of the field components.

The data of three preliminary campaigns carried out during the southern summer of 1999-2000, 2001-2002 and 2003-2004 has been processed. Variations and absolute measurements have been combined to provide absolute field variations, suitable for internal as well as external magnetic field studies. Figure 1 displays an example of field variation during a magnetic storm beginning at 1h36 TU. Comparison with global model predictions shows that, as expected, there is no crustal field contamination at DomeC. Slight deviations from the IGRF model of a few tens of nanoteslas may be observed at the three observatories providing absolute values (SBA, DRV and DomeC) which account for short wavelength secular variation. These statements are illustrated by figure 2. In SBA and DRV, a crustal field of 375nT and 2820nT respectively have been removed before comparison with the global model. No correction is required at DomeC.

The results gathered during the preliminary campaigns demonstrate the suitability of the site for Earth magnetic field record. DomeC observatory is, on the ice cap, far away from the coast, the first one providing absolute records of the magnetic field, according to modern standards. These records will be valuable for internal sources studies (on a global and

regional scale) as well as for understanding the complexity of the polar cap phenomena.

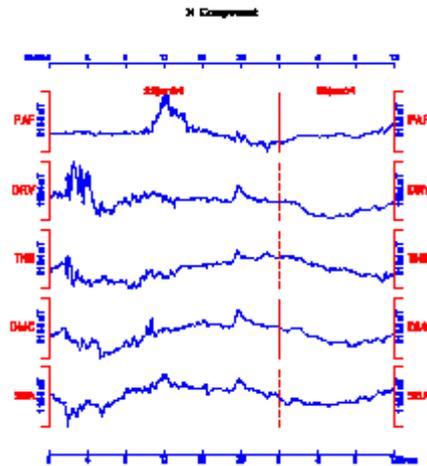


Fig. 1. Variation du champ (composante horizontale suivant le Nord géographique) au cours d'un orage magnétique débutant le 22 janvier 2004 à 1h36TU. PAF: Kerguelen Islands; DRV: Dumont d'Urville; TNB: Terra Nova Bay; DMC: DomeC; SBA: Scott Base.

Field variation (horizontal geographic North component) during a magnetic storm beginning January 22 at 1h36TU.

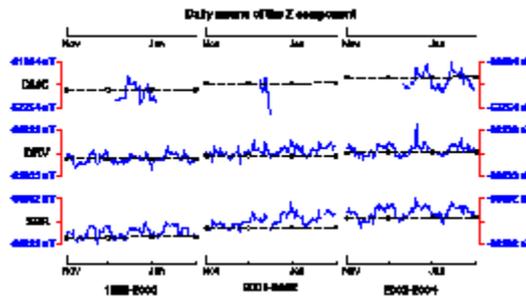


Fig.2. Moyenne journalière de la composante verticale et comparaison avec le modèle global IGRF (cercles noirs et pointillés). Pour les noms des stations, voir fig. 1.

Daily mean of the vertical component and comparison with the IGRF global model (black circles and dashed lines). Observatory labels as in fig. 1