

Comité National Français pour les Recherches Antarctiques

PROGRAMME DE LA DEUXIEME JOURNÉE SCIENTIFIQUE DU COMITÉ NATIONAL FRANCAIS DES RECHERCHES ARCTIQUES ET ANTARCTIQUES (CNFRA)

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

Lundi 10 octobre 2005

CONFLITS D'USAGE EN ANTARCTIQUE : ENTRE ACTIVITÉS SCIENTIFIQUES ET ACTIVITÉS TOURISTIQUES

Anne CHOQUET

La distance et le froid extrême ont réservé l'Antarctique aux plus courageux voire aux plus imprudents des explorateurs. Les nouvelles technologies raccourcissent les distances. La région australe est alors accessible à un nombre croissant de personnes. Des croisières proposent d'observer des espèces animales propres aux régions polaires et de visiter stations scientifiques et sites historiques. A bord de certains navires, des hélicoptères permettent également de survoler le continent.

Non seulement, le nombre de touristes augmente mais la nature du tourisme évolue également. Les Etats se sont inquiétés de l'impact du développement du tourisme sur l'environnement en Antarctique. Ils ont pris conscience que l'expansion et la diversification de l'offre du tourisme en Antarctique posent de nouveaux défis pour les Etats. Un équilibre entre activité commerciale, activités scientifiques et gestion de l'environnement est à rechercher. Déjà les Etats ont pris des mesures contraignantes pour mettre en œuvre le Protocole de Madrid sur la protection de l'environnement (par exemple, pour la France, la loi de 2003 sur la protection de l'environnement et décret d'application du 30 avril 2005). De plus, l'Association internationale des tours-opérateurs de l'Antarctique (IAATO) a adopté des codes de conduite pour les tours-opérateurs et les visiteurs de l'Antarctique. Au sein de la réunion des Parties consultatives au Traité sur l'Antarctique, les Etats ont choisi d'aller plus loin et de développer des règles contraignantes communes aux Etats.

L'Antarctique est une réserve naturelle consacrée à la paix et à la science, les activités y sont menées de façon à accorder la priorité à la recherche scientifique. Si l'activité touristique en Antarctique n'est pas suffisamment réglementée à temps, elle continuera à se développer, entraînant de fait des atteintes irrémédiables à l'environnement. L'interdiction de l'activité touristique en Antarctique n'est pas la solution puisque la région ne doit pas devenir une bulle protégée. Le tourisme ne doit cependant pas être libre, puisque l'environnement subit ses effets. Il importe, en conséquence, de voir comment peut-on inciter les acteurs à définir progressivement une nouvelle forme de tourisme beaucoup plus responsable, un éco-tourisme

dans lequel le touriste n'est pas un simple observateur mais un touriste engagé dans un projet de protection de l'environnement afin que les scientifiques puissent continuer à bénéficier longtemps le laboratoire à ciel ouvert que leur offre l'Antarctique.

L'Antarctique est convoité de toute part en raison de son patrimoine naturel, culturel et historique. Ses différentes caractéristiques induisent des modalités d'usage concurrentes de l'espace. Elles sont sources de conflits entre les usagers de la région. L'Antarctique sert de support à des activités économiques qui engendrent des externalités négatives (par exemple, pollutions diverses, infrastructures permanentes ou semi-permanentes). L'existence d'une réglementation est alors justifiée. Il importe donc de voir comment concilier liberté d'accès à l'Antarctique et liberté de recherche scientifique.

CONFLICTS OF USE IN ANTARCTICA : BETWEEN SCIENTIFIC ACTIVITIES AND TOURIST ACTIVITIES

The distance and the extreme cold kept Antarctica for most courageous or most imprudent of the explorers. New technologies shorten the distances. The southern area is then accessible to an increasing number people. Some cruising propose to observe animals specific to the polar areas or to visit scientific stations and historic sites. On board certain ships, helicopters also make it possible to fly over the continent.

Not only, the number of tourists increases but the nature of tourism also evolves. The States worried about the impact of the development of tourism on Antarctic environment. They became aware that the expansion and the diversification of the offer of tourism in Antarctica pose new challenges for the States. A balance between commercial activities, scientific activities and management of the environment is to be sought. The States have already binding measures for the implementation of the Protocol on Environmental Protection to the Antarctic Treaty (Madrid, 1991): for example, for France, the law of 2003 on the environmental protection and decree of application of April 30, 2005. Moreover, the International association of Antarctica Tour Operators (IAATO) adopted codes of conduct for the tour operators and the visitors of Antarctica. Within the Antarctic Treaty Consultative Meeting, the States chose to go further and to develop binding rules common to the member States. Under the Madrid Protocol, Antarctica is designated as a natural reserve dedicated to peace and the environment, and environmental principles are laid down for planning and conducting all activities. Any activity relating to mineral resources, other than scientific research, is banned, and all activities must be assessed for their environmental impact before they can be undertaken. If the tourist activity in Antarctica is not sufficiently regulated in time, it will continue to develop, involving in fact of the irremediable impacts to the environment. The prohibition of the tourist activity in Antarctica is not the solution since the area should not become a protected bubble. Tourism should not however be free, since the environment undergoes its effects. It is, consequently, important to see how can the actors be incited to gradually define a new form of tourism much more responsible: an eco-tourism in which the tourist is not a simple observer but a tourist engaged in a project of environmental protection so that the scientists can continue to profit a long time the natural laboratory that Antarctica offers to them.

The Antarctic is coveted because of its natural, cultural and historical heritage. Its various characteristics induce concurrent methods of uses of space. They are sources of conflicts between the users of the area. The Antarctic is used as support with economic activities which generate negative externalities (ie, pollutions, permanent or semi-permanent infrastructures).

The existence of a regulation is then justified. It is thus important to see how to reconcile freedom of access to Antarctica and scientific freedom of research.

CARACTERISATION ET QUANTIFICATION DE LA DEFORMATION EN ISLANDE

O. DAUTEUIL (1), F. BERGERAT (2), T. VILLEMIN (3), J. ANGELIER (4), B. VAN VLIET LANOË (5)

(1) UMR-CNRS 6118 Géosciences Rennes, université de Rennes, 35042 Rennes cedex

(2) Laboratoire de Géodynamique des Chaînes Alpines, UMR 5025 CNRS-Université de Savoie

(2) FR 32 CNRS - CEPAGE - Case 117 - Université P. et M. Curie - 4 place Jussieu - 75252 Paris cedex 05

(3) Laboratoire de Géodynamique des Chaînes Alpines, UMR 5025 CNRS-Université de Savoie

(4) UMR 6526 CNRS-UPMC Géosciences AZUR - Villefranche-sur-Mer

(5) Laboratoire des Processus et Bilans des Domaines Sédimentaires, UMR 8110, CNRS-Université de Lille 1

De par son contexte géodynamique, l'Islande est un excellent atelier pour étudier les processus de déformation synchrone d'une activité magmatique importante. En effet, cette île volcanique est située à la fois au-dessus d'un point chaud, zone d'apport massif de matériel mantellique, et sur une dorsale océanique, zone de divergence de plaques. Cette conjonction provoque l'émersion de la dorsale atlantique, ce qui constitue un exemple unique à la surface de la Terre. De plus, cette île est située aux hautes latitudes et a subi drastiquement les effets de cycles climatiques depuis sa formation, il y a 57 Ma. L'alternance de périodes glaciaires et interglaciaires impose des conditions variables de l'érosion et de contrôles complexes entre climats, tectonique et magmatisme.

Nos travaux ont pour objectif de caractériser et de quantifier les processus de déformation depuis l'échelle locale (le mètre) à l'échelle de la lithosphère (la centaine de kilomètres) et de déterminer leur interaction avec des processus externes (climat et magmatisme). Il s'agit donc de qualifier l'ensemble de structures présentes, et déterminer leur géométrie afin de quantifier le champ de déformation tridimensionnel. Ce champ de déformation présente une variabilité spatiale et temporelle qui permet de proposer et de valider un modèle mécanique de déformation avec l'ensemble des paramètres influents.

L'extension de la lithosphère crée en surface des fissures et des failles normales. Les fissures accommodent à la fois un étirement du matériel et une remontée du magma vers la surface. Lorsque que les contraintes induites par les apports magmatiques sont élevées, les fissures sont disposées radialement au centre volcanique. Par contre, elles sont organisées en faisceaux parallèles et perpendiculaires à la direction générale d'étirement. Les failles normales présentent une géométrie inusuelle : en effet elles sont verticales en surface et inclinées de 60° à partir de 400-500 m de profondeur ce qui traduit un changement de mécanisme de fracturation vers 400-500 m. Ces structures sont rassemblées en faisceaux de quelques kilomètres de large, espacés de quelques dizaines de kilomètres, et longs de plusieurs centaines de kilomètres. La zone active intégrant l'ensemble de ces faisceaux atteint une largeur supérieure à 100 km, ce qui est considérable pour une zone en extension.

Ces faisceaux sont identifiables dans les formations anciennes sous la forme de rides de hyaloclastites quand les éruptions ont lieu sous la glace, ou sous forme de dykes bien visibles

dans les fjords. La répartition des dykes anciens et de fissures actuelles est très similaire indiquant des processus comparables depuis au moins 12 Ma.

La détermination de la direction des contraintes actuelles et anciennes par différentes méthodes (sismologie, réseaux géodésiques, faille striées, dykes...) montre une direction d'extension est-ouest à NW-SE. De nombreuses perturbations affectent ce champ global, notamment la présence de zones transformantes, au nord et au sud de l'île. Dans ces zones, les contraintes montrent une grande variabilité spatiale et une forte instabilité temporelle qui restent encore peu comprises.

Bien que le contexte géodynamique soit comparable à celui d'une dorsale océanique lente, ces travaux montrent une très forte perturbation des processus tectoniques par le point chaud qui entraîne un apport excessif de matériel pendant la déformation et réchauffe considérablement la lithosphère océanique.

APPROCHE DU SUIVI DU CYCLE ATMOSPHERIQUE DES METAUX DANS L'OCEAN AUSTRAL

R. LOSNO (1), C. GUIEU (2), F. DULAC (1-3), S. TRIQUET (1), J.L. COLIN (1), N. PERRON (4) et J. SCIARE (3).

(1) LISA, Universités Paris7-Paris12, Créteil.

(2) LOV, Villefranche sur mer.

(3) LSCE, Orme les merisiers.

(4) VCAT, Crozet.

Parmi tous les éléments chimiques, les métaux et plus particulièrement les métaux de transition, ont un impact sur les écosystèmes: Soit ils agissent comme micro-nutriments (fer, cobalt, manganèse, zinc, ...) soit comme poisons (mercure, cadmium, zinc) en général à plus forte concentration. Si on exclut les solutés majeurs de l'eau de mer, les continents sont la principale source des métaux transportés par l'atmosphère, que ce soit par l'érosion éolienne des sols ou par les activités anthropiques. L'hémisphère Sud ne compte qu'une faible proportion de sa surface occupée par des masses continentales susceptibles d'émettre de la matière dans l'atmosphère, ce qui limite considérablement les quantités de métaux disponibles sous forme de dépôt atmosphérique. Ces conditions pourraient exacerber le caractère limitant de ces dépôts dans le développement de la biosphère, en particulier océanique.

Au cours de la campagne d'été 2004-2005, nous avons d'une part entrepris la mise en place d'une station de collecte des métaux en suspension dans l'atmosphère par un personnel VCAT sur l'île de Crozet. Ces prélèvements se font dans le programme AEROTRACE (IPEV, responsable J. Sciare). D'autre part, en parallèle avec la campagne KEOPS (PROOF), nous avons assuré des collectes de métaux en suspension et de retombées atmosphériques sur l'île de Kerguelen de manière intensive pendant les mois de janvier et février 2005 dans le programme KEPHREN (IPEV, responsable F. Dulac). La difficulté majeure de ces opérations est d'obtenir un échantillonnage représentatif de la zone car une présence ou une activité humaine proche du point de mesure est susceptible de perturber gravement cette mesure. Nous présentons ici la méthode employée pour garantir un échantillonnage qui n'est pas contaminé localement, et les premiers résultats obtenus à Kerguelen sur les apports de poussières continentales à l'océan Austral.

L'ANOMALIE ISOTOPIQUE DE L'OXYGÈNE DANS LE NITRATE ATMOSPHÉRIQUE : UNE NOUVELLE APPROCHE DE LA CHIMIE TROPOSPHÉRIQUE ARCTIQUE

S. MORIN (1), J. SAVARINO (1), S. GONG (2) et J.W. BOTTENHEIM (2)

(1) *Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement, Grenoble*

(2) *Meteorological Service of Canada, Toronto ON, Canada*

Le fonctionnement chimique de l'atmosphère est régi par sa capacité oxydante (COA), en grande partie déterminée par la teneur en ozone. Des variations de la capacité oxydante (COA) influencent très significativement l'intensité des rétroactions climatiques, et leur connaissance est crucialement requise pour interpréter les données climatiques, car aucun indicateur chimique ou physique ne rend compte de façon satisfaisante des liens entre la chimie de l'atmosphère et les variations climatiques enregistrées dans les carottes glaciaires. L'ozone possède une composition isotopique anormale due au caractère indépendant de la masse de sa réaction de formation. Cette anomalie est quantifiée par la relation approchée : $\delta^{17}\text{O}(\text{‰}) = -0.52 \delta^{18}\text{O}(\text{‰})$. Au cours des réactions chimiques, cette anomalie isotopique est transmise aux molécules produites. Les précurseurs du nitrate atmosphérique tels que NO_2 étant fortement liés à l'ozone, l'oxygène du nitrate atmosphérique possède une anomalie isotopique.

Au moment du lever de soleil polaire, des épisodes de destruction totale de l'ozone et du mercure gazeux des basses couches de l'atmosphère Arctique se produisent et ont été observés des stations côtières depuis les années 1980. La destruction de l'ozone troposphérique semble être due à l'action de composés bromés actifs (BrO_x) émis par la surface de l'océan gelé. En outre ces événements sont l'occasion de tester la réaction du système atmosphérique à des fluctuations rapides et brusques de sa capacité oxydante. Pour ce faire, nous avons collecté du nitrate particulaire à l'aide d'un collecteur haut-volume, et mesuré en parallèle la teneur en ozone en surface. Une première campagne de collecte a eu lieu au printemps 2004 à Alert, Nunavut, en collaboration avec Environment Canada et a permis de mettre en évidence un lien statistique en teneur en ozone de surface et anomalie isotopique de l'oxygène dans le nitrate $\delta^{17}\text{O}(\text{NO}_3^-)$ à partir d'échantillons représentant chacun trois à quatre jours de collecte :

$\delta^{17}\text{O}(\text{NO}_3^-)(\text{‰}) = 0.15 \cdot [\text{O}_3](\text{nmol.mol}^{-1}) + 28.6$, avec $R^2 = 0.70$, pour $\delta^{17}\text{O}(\text{NO}_3^-)$ variant de 29 à 34 ‰.

Afin d'affiner la résolution temporelle et la représentativité spatiale de cette observation, une deuxième campagne internationale a été organisée au printemps 2005 à Barrow, AK, avec le soutien de l'IPEV, au cours de laquelle les échantillons ont été collectés avec un pas de temps journalier et plusieurs événements de disparition de l'ozone ont été observés. Afin de compléter ce jeu de données il est envisagé de réaliser une campagne similaire au printemps 2006 à Ny Ålesund, au cours de laquelle seront également collectés des échantillons de neige et une collaboration franco-italienne permettra de mieux contraindre les teneurs en précurseurs du nitrate (NO_x).

Ces campagnes trouvent logiquement leur place dans le cadre de la préparation et des objectifs du projet OASIS (Ocean-Atmosphere-Sea Ice-Snowpack) dont la réalisation est prévue pour l'Année Polaire Internationale en 2007-2008.

THE ISOTOPIC ANOMALY OF OXYGEN IN ATMOSPHERIC NITRATE AS A NEW INVESTIGATION TOOL FOR POLAR ATMOSPHERIC CHEMISTRY

The oxidizing power of the atmosphere (OPA) determines its chemical behavior, and is especially sensitive to the concentration of ozone. OPA fluctuations over glacial cycles significantly impact the magnitude of climatic feedbacks such as aerosol formation and UV absorption in the atmosphere. A record of these variations is crucially needed to interpret climatic data : to date, no chemical indicator satisfactorily reflects the links between atmospheric chemistry and the climatic changes characterized using ice core data. Ozone (O₃) features an anomalous isotopic composition due to a mass-independent formation process. The following formula quantifies the deviation to a mass-dependent, normal isotopic composition : $\delta^{17}O = (R_{sample}/R_{SNOW}) \cdot 1000 - 1000$ (reported in the ‰ scale : ‰(‰) = (R_{sample}/R_{SNOW}) · 1000 where R is the 17O/16O or 18O/16O ratio in the sample or the Standard Mean Ocean Water (SMOW) taken as a reference). This anomaly is transmitted through chemical reactions in the atmosphere to other oxygen bearing compounds. Nitrate (NO₃⁻) precursors, such as NO₂, are strongly linked to ozone chemistry, and therefore atmospheric nitrate oxygen is anomalously enriched in 17O.

It appears that the isotopic composition of nitrate could be an indicator for the OPA, since it may reflect the concentration of ozone in the atmosphere. Arctic coastal sites are places of choice to test this idea, because ozone surface concentrations vary greatly at polar sunrise, during the so-called ozone and mercury depletion events (ODEs-MDEs). Ozone depletion is due to catalytic cycles involving ocean-originating halide oxides and radicals such as BrO but the understanding of the processes governing the release of such compounds from the surface is still a subject of debate. We use these events to test the reactivity of the atmospheric chemical reactor to sudden changes of its ozone content, and see whether this has some consequences on the nitrate isotopic composition. Our strategy is to collect atmospheric particulate nitrate on paper filters using a high volume aerosol sampler and simultaneously to monitor the surface ozone mixing ratio.

A first campaign was organized in springtime 2004 at Alert, Nunavut, in plain collaboration with Environment Canada (MSC Toronto). A statistically significant link was observed between the mixing ratio of ozone at the surface, and the isotopic anomaly of oxygen in nitrate $\delta^{17}O(NO_3^-)$. Based on samples integrating three to four days of collection each, the following relationship has been established :

$\delta^{17}O(NO_3^-)(\text{‰}) = 0.15 \cdot [O_3](\text{nmol.mol}^{-1}) + 28.6$, with $R^2 = 0.70$ for $\delta^{17}O(NO_3^-)$ ranging between 29 and 34 ‰.

In order to spatialize this observation and enhance the temporal resolution of our measurements, we carried out a second internationally supported field study in springtime 2005 at Barrow, Alaska. During this campaign, co-sponsored by French Polar Institute (IPEV), American NSF and Environment Canada, aerosol samples were collected with a daily resolution and several ODEs were observed. To complement this dataset, we intend to

carry out a similar study in springtime 2006 at Ny Ålesund, Svalbard, during which snow samples will also be analyzed for nitrate isotopes, as a first step towards the establishment of the transfer function for $\delta^{18}O(NO_3^-)$ which is a strong prerequisite for any paleoclimatic use of this variable.

In addition, this new isotopic approach appears promising towards a better understanding of processes involving the Ocean-Atmosphere-Sea Ice-Snowpack System in the Arctic, and thus logically fits in the OASIS campaign goals, designed to be organized during the International Polar Year in 2007-2008.

**LES POPULATIONS LITTORALES ISLANDAISES FACE A LA POLITIQUE
NATIONALE DE GESTION DES PÊCHES : CONSÉQUENCES ÉCONOMIQUES,
POLITIQUES ET SOCIALES DES DIRECTIVES DE GESTIONS DES
RESSOURCES HALIEUTIQUES DEPUIS 1991**

Emilie **MARIAT**,

Laboratoire Techniques et culture/Anthropologie Maritime- CNRS-MNHM Paris

Nous avons étudié la situation de deux villages littoraux islandais de la région des Fjords du Nord-Ouest dont les activités de pêche demeurent la principale ressource économique. En 1983, le gouvernement islandais a instauré la politique des quotas de pêche; en 1991 des dérèglementations permettant une circulation aisée des quotas ont abouti à nombreuses ventes, locations et achats qui ont menacé l'équilibre des villages. A l'issue de transactions effrénées, nombre d'entre eux ont perdu leur « capital » de travail et connaissent une situation désormais précaire. Ces altérations sont visibles : les grosses embarcations fortement dotées en quotas ont disparu et cédé la place à une foule de petites embarcations gérées par des familles. Ces bouleversements ont une importance déterminante car la pêche à bord de petites embarcations est désormais bien moins traditionnelle qu'institutionnalisée par le Ministère des Pêche dans le cadre d'une politique provisoire de maintien d'activités en milieu périphérique. Les pratiques locales sont autant de réponses à des mesures gouvernementales changeantes et d'illustrations de stratégies et tactiques inédites mobilisées par des groupes ou des particuliers afin de pérenniser le secteur des pêches.

**ICELANDIC COASTAL VILLAGES FACE TO NATIONAL FISHERIES
MANAGEMENT :
ECONOMIC, POLITICAL AND SOCIAL CONSEQUENCES OF MARITIME
RESOURCES POLITICS SINCE 1991**

We have studied the situation of two coastal villages of the Icelandic Westfjords whose economy is still entirely dependant upon fishing and fish-processing. In 1983, the Icelandic government established a quota system management ; these quotas became in 1991 freely transferable in order to simplify various operations -selling, buying and leasing. This situation dramatically threatened villages since after this redistribution of fishing quota a lot of them had lost much of their « capital ». We can observe this situation today : many small boats family managed stand in for big ships with much quota that have been sold on by companies. This disruption is highly significant: fishing on board small boats isn't anymore a traditional way of living but has been institutionalized by the Fisheries Ministry in order to maintain some activity in peripheral areas. Local practices are as many answers to political decisions and illustrations of original strategies and tactics elaborated by groups or individuals whose purposes are to keep on living the fishing.

ADAPTATION DES ENDOTHERMES PLONGEURS AUX CONDITIONS ENVIRONNEMENTALES

David **GRÉMILLET**

Centre d'Ecologie et de Physiologie Energétiques

CNRS-UPR 9010

Strasbourg

Les oiseaux ont colonisé le milieu aquatique peu après leur apparition, au Crétacé. Ils sont aujourd'hui présents dans une grande variété de systèmes marins et dulcicoles et jouent un rôle important dans les échelons supérieurs des chaînes trophiques. L'endothermie, c'est-à-dire le maintien d'une température élevée, contraint les oiseaux à un mode de vie coûteux. En milieu aquatique cette situation est exacerbée par l'immense effet refroidissant de l'élément liquide. On part généralement du principe que les oiseaux plongeurs ont développé des caractéristiques morphologiques et physiologiques qui leur permettent de contrecarrer ces pertes de chaleur. On pense par exemple aux adaptations de ces spectaculaires 'machines à plonger' que sont les manchots.

Au travers d'une étude de l'écophysiologie des grands cormorans *Phalacrocorax carbo*, je montre cependant qu'une adaptation morphofonctionnelle ne conditionne pas nécessairement la réussite d'un prédateur endotherme en milieu aquatique. Le grand cormoran est un modèle particulièrement attirant de part les caractéristiques de son plumage (perméable) et sa répartition (mondiale). Je présente des données relatives à la morphologie, la physiologie de la plongée, l'énergétique et l'écologie alimentaire de cet étrange oiseau. Ces données me permettent de définir sa stratégie énergétique. Les résultats obtenus nous amènent à reconsidérer la façon dont les écosystèmes aquatiques ont pu être colonisés par les endothermes.

ACCUMULATION DE CARBONE ANTHROPIQUE DANS L'OCÉAN AUSTRAL : NOUVELLES ESTIMATIONS BASÉES SUR LES DONNÉES DES CAMPAGNES INDIGO 1, CIVA 2 ET OISO

Claire **LO MONACO**, Nicolas **METZL**, Christian **BRUNET** et Alain **POISSON**
*Laboratoire d'Océanographie et du Climat : Expérimentations et Approches Numériques,
Institut Pierre Simon Laplace (LOCEAN / IPSL), Université Pierre et Marie Curie, Paris.*

L'Océan Austral tient une place importante dans le système climatique mondial. Seul lien profond entre les trois océans, il constitue un maillon essentiel de la circulation globale (échange interbassins). L'Océan Austral est également le siège de processus de formation d'eaux modales, profondes et de fond ce qui en fait, dans son ensemble, un puits de CO₂ atmosphérique substantiel, et un acteur d'importance dans la séquestration et le transport du CO₂ anthropique. Les résultats de méthodes directes de calcul du carbone anthropique et les estimations déduites de la modélisation montrent que l'océan a accumulé du carbone anthropique aux moyennes latitudes Sud jusque vers 1500-2000m de profondeur. La pénétration du carbone anthropique aux hautes latitudes Sud est plus incertaine, les différentes méthodes de calcul, directes ou indirectes, présentant généralement les plus forts désaccords au sud de 50°S.

Il est primordial de réduire les incertitudes sur la pénétration de carbone anthropique dans l'Océan Austral pour évaluer les bilans contemporains de carbone et valider les modèles couplés océan-carbone. Des résultats récents déduits d'observations collectées en 1996 à bord du Marion Dufresne (campagne CIVA2) montrent que le carbone anthropique s'est aussi accumulé dans l'Eau Profonde Circumpolaire et dans l'Eau Antarctique de Fond, en accord avec la distribution d'autres traceurs transitoires comme les fréons (Lo Monaco et al., 2005a ; Lo Monaco et al., 2005b). L'océan subit aussi les conséquences du changement climatique à travers la variation des processus dynamiques et biogéochimiques qui contribuent à modifier le cycle du carbone. La variabilité décennale du carbone inorganique dissous (DIC) aux moyennes latitudes est très étroitement liée à l'accumulation de carbone anthropique dans les eaux de mode et aux mécanismes physiques et biologiques de l'Océan Austral. Des mesures de DIC et de paramètres biogéochimiques associés (alcalinité, oxygène...) collectées dans le secteur Indien Sud-Ouest en 1985 (campagne INDIGO1) et dans la fin des années 90 (campagnes OISO) montrent que les variations décennales de DIC observées dans les eaux de mode est inférieur à l'accroissement de carbone anthropique, ce qui suppose qu'une variabilité naturelle non négligeable se surimpose au signal anthropique.

Références :

Lo Monaco, C., C. Goyet, N. Metzl, A. Poisson and F. Touratier. Distribution and inventory of anthropogenic CO₂ in the Southern Ocean: Comparison of three data-based methods. *Journal of Geophysical Research*, 110, doi: 10.1029/2004JC002571, 2005a.

Lo Monaco, C., N. Metzl, A. Poisson, C. Brunet and B. Schauer. Anthropogenic CO₂ in the Southern Ocean : distribution and inventory at the Indian-Atlantic boundary (WOCE line I6). *Journal of Geophysical Research*, doi: 10.1029/2004JC002643, 2005b.

ACCUMULATION OF ANTHROPOGENIC CARBON IN THE SOUTHERN OCEAN

:

NEW ESTIMATIONS BASED ON DATA COLLECTED DURING INDIGO 1, CIVA 2 AND OISO CRUISES

The Southern Ocean plays an important role in the climate system, being a key region for the transport of deep waters between the Atlantic, Indian and Pacific basins. Because the Southern Ocean is also a region of mode, deep and bottom waters formation, it constitutes a substantial sink for atmospheric CO₂ and has a high capacity for the sequestration and transport of anthropogenic CO₂. Data-based methods for estimating anthropogenic CO₂, as well as model estimates, show that anthropogenic CO₂ has accumulated in the ocean down to 1500-2000m in the southern mid-latitudes. The penetration of anthropogenic CO₂ is entitled to larger uncertainties in the southern high latitudes where the highest disagreements are found among different data-based methods or models.

It is of primary importance to reduce uncertainties on anthropogenic CO₂ inventories in the Southern Ocean in order to evaluate the actual global carbon budget and to validate ocean-carbon coupled models. Recent results deduced from data collected in 1996 on board R/V Marion Dufresne (CIVA2 cruise) show that anthropogenic CO₂ has accumulated in Circumpolar Deep Water and Antarctic Bottom Water, in agreement with the distribution of other transient tracers such as CFCs (Lo Monaco et al., 2005a ; Lo Monaco et al., 2005b). The ocean is also affected by climate change through changes in ocean dynamics and biological processes that modify the carbon cycle. The decadal variability of dissolved inorganic carbon (DIC) at mid-latitudes is closely linked to the accumulation of anthropogenic carbon in mode waters and to physical and biological processes occurring in the Southern Ocean. Measurements of DIC and the associated parameters (alkalinity, oxygen...) collected in the south-western Indian sector in 1985 (INDIGO1 cruise) and at the end of the 1990s (OISO cruises) show that the decadal variability of DIC observed in mode waters is lower than the increase in anthropogenic carbon, suggesting that natural variability could partly counter-balance the invasion of anthropogenic CO₂.

References :

*Lo Monaco, C., C. Goyet, N. Metzl, A. Poisson and F. Touratier. Distribution and inventory of anthropogenic CO₂ in the Southern Ocean: Comparison of three data-based methods. *Journal of Geophysical Research*, 110, doi: 10.1029/2004JC002571, 2005a.*

*Lo Monaco, C., N. Metzl, A. Poisson, C. Brunet and B. Schauer. Anthropogenic CO₂ in the Southern Ocean : distribution and inventory at the Indian-Atlantic boundary (WOCE line I6). *Journal of Geophysical Research*, doi: 10.1029/2004JC002643, 2005b.*

GÉNÉTIQUE DES POPULATIONS DE MYTILUS (Molusca, Bivalvia, Mytilidae) DE L'ARCHIPEL DES KERGUELEN

Karine **GÉRARD**

DIMAR, Station Marine d'Endoume, Marseille

L'archipel des Kerguelen d'origine volcanique, a émergé il y a 40 millions d'années, dans l'Océan Austral entre l'Antarctique et la Réunion. Il se situe dans le courant circum-polaire, au niveau du front polaire et est battu par les grands frais d'ouest. A ces latitudes, les côtes très découpées de Kerguelen sont les seules à posséder des fjords, véritables refuges pour les larves planctoniques. Cet archipel constitue donc un bon modèle d'étude de la différenciation génétique dans le milieu marin, de moins en moins considéré comme continu et homogène.

La moule bleue de Kerguelen *Mytilus desolationis* Lamy, 1936 (Mollusca, Bivalvia, Mytilidae) est présente sur l'ensemble des côtes de l'archipel. Son origine se situe probablement dans l'Atlantique Nord. Au moins deux hypothèses tentent d'expliquer son arrivée à Kerguelen : une migration trans-équatoriale lors des glaciations au pléistocène ou une introduction par fooling sur les coques de bateaux.

Cette espèce émet des millions de larves planctoniques dans les courants susceptibles d'entretenir des flux de gènes entre populations. Pourtant à Kerguelen, une forte structuration génétique est observée entre les différents sites de récoltes de l'archipel et ce même sur de courtes distances. A l'échelle de l'archipel, apparaissent 4 zones géographiques dont les populations sont génétiquement différenciées. Cette structure peut être corrélée avec les principaux courants marins connus autour de l'archipel.

A l'intérieur de ces 4 zones, des stations même voisines peuvent montrer une différenciation génétique. La topographie et les courants locaux peuvent isoler des sites. Ceux-ci sont alors plus sensibles aux variations du milieu car ils ne peuvent pas être recolonisés facilement. La localisation des sites isolés permettra de dresser une carte de sensibilité des côtes de Kerguelen à protéger en priorité.

GENETIC POPULATION OF MYTILUS (Molusca, Bivalvia, Mytilidae) : OF THE ARCHIPELAGO OF KERGUELEN

The Archipelago of Kerguelen is of volcanic origin and has emerged 40 millions years ago in the Austral Ocean between Antarctica and the Reunion Island. It is submitted to the circumpolar current, at the level of the Polar front (about 50°S) and is always swept by the great west winds. At this latitude, the very carved coasts of Kerguelen are the only ones to possess fjords which act like refuges for planktonic larvae.

*The blue mussel of Kerguelen *Mytilus desolationis* Lamy 1936 (Mollusca, Bivalvia, Mytilidae) colonized all the coasts of the archipelago. The origin of the genus *Mytilus* is located in the North Pacific. At least two hypothesis try to explain the arrival at Kerguelen : a transequatorial migration during the pleistocene glaciations or an introduction by fooling on the ships.*

This species disperse thousands of planktonic larvae in the marin currents potentially maintaining gene flow between populations. But in Kerguelen a strong genetic differenciation

is observed among the sampling sites even across short distances. At the scale of the archipelago there are four geographic zones which populations are genetically differentiated. This structure can be correlated with the movement of water masses around Kerguelen.

Inside these four zones, some spatially very close populations display genetic differentiation. The topography and the coastal currents can isolate some sites which become more sensible to changes in the environment. The localisation of these isolated sites could be used to draw a map of the sensible coasts of Kerguelen, for protection purposes.

Carole **TAFFORIN**

ETHOSPACE

Groupe de Recherche et d'Etude en Ethologie Humaine et Spatiale

13 rue Alsace Lorraine - 31000 Toulouse

ETHOSPACE@wanadoo.fr

L'objectif des études éthologiques menées en milieu spatial, en milieu polaire et en milieu sous-marin est de révéler des stratégies d'adaptation comportementales à la fois individuelles et sociales propres à ces conditions extrêmes. Le modèle adaptatif présenté associe les modifications physiologiques et psychologiques qui sous-tendent les manifestations comportementales observées au cours du temps d'une mission orbitale ou d'une plongée en sous-marin de quelques jours à une mission polaire de plusieurs mois.

La méthode utilisée en éthologie humaine est basée sur la description quantitative du comportement moteur et spatial spontané des équipages dans des situations de la vie quotidienne, de tâches professionnelles ou de tests expérimentaux. La spécificité est d'exploiter le domaine de l'observable. Elle consiste d'une part en l'élaboration d'un répertoire descriptif en termes de verbes d'actions motrices et de positions spatiales et d'autre part, elle mesure ces événements comportementaux en termes quantitatifs d'occurrence (fréquence, durée) et d'enchaînement séquentiel (transition, interaction), ou en notations cartographiques (position, orientation, distance), replaçant chaque unité du répertoire dans son espace fonctionnel et son univers propre.

Les résultats montrent, en particulier, que les facteurs d'isolement et de confinement ont une incidence sur l'occupation de l'espace des membres d'équipage, sur les distances inter-individuelles selon la classification de Hall (espace intime, espace personnel, espace social, espace public), sur les orientations sociales, en prenant pour exemple les études menées à la base polaire Dumont d'Urville et à la base sub-polaire Port-aux-Français.

La discussion porte sur la corrélation des données comportementales obtenues des différents milieux étudiés, de leurs applications transversales et des perspectives pour la prochaine étude à la station Concordia.

ETHOLOGICAL STUDIES : SPACE, POLE & SEA

The aim of the ethological studies conducted in space, polar and submarine domains is to reveal both individual and social behavioural strategies of adaptation relevant to extreme conditions. An adaptive model is presented which combines the physiological and psychological modifications undertaking the behavioural manifestations observed over time during an orbital mission or a water submersion of some days or during a polar mission of several months.

The method used in human ethology is a quantitative description of the team's spontaneous motor and spatial behaviour in daily life activities, working tasks or experimental tests. Specifically, it explores the field of observable events. On one hand, it consists in building a descriptive list in terms of motor action verbs and of spatial positions. On the other hand, it measures the behavioural manifestations in quantitative terms of occurrence (frequency, duration), sequential patterns (transition, interaction) or cartographic pointing (position, orientation, distance) thus setting each action within its own functional and spatial frame.

In particular, the results show that the isolation and confinement factors have an incidence on the team-members' space occupancy, on the inter-individual distances according to Hall's classes (intimate space, personal space, social space, public space) and on the social orientations as it is emphasized in the studies made at the polar base Dumont d'Urville and at the sub-polar base Port-aux-Français.

The correlation of behavioural data obtained from the different studies environments, their transversal applications and the perspectives for the next study at the station Concordia are discussed.

LE LAC VOSTOK, ANTARCTIQUE : À LA DÉCOUVERTE D'UN ENVIRONNEMENT SOUS GLACIAIRE ET DE SON CONTENU BIOLOGIQUE

Jean Robert **PETIT** (1), Sergey **BULAT** (2) , Irina **ALEKHINA** (2)

(1) *LGGE, CNRS Grenoble France,*

(2) *Institut de Physique Moléculaires et des Radiations, RAS, Gatchina, Région de Leningrad, Russie*

Les lacs sous-glaciaires découverts en Antarctique sont des formations « glacio-géologiques » complexes, qui attirent la curiosité car ces milieux liquides isolés de notre environnement depuis bien longtemps, peuvent contenir des niches de vie sortant de l'ordinaire. Le lac sous glaciaire de Vostok est celui qui est le mieux documenté. C'est le plus grand (250 km par 50 km) , le plus profond (plus de 1200m) , sans doute le plus vieux, ce qui le rend attrayant pour l'exploration des milieux extrêmes ou les recherches en exobiologie. Le forage dans la glace de plus de 3600 m, à la station Russe de Vostok réalisé pour les études des climats passés, a pénétré de 85 mètres dans un massif de la glace collé sous le glacier et issu du gel de l'eau de ce fameux lac. Ces 85 mètres de glace d'accrétion ouvrent une fenêtre inattendue sur ce milieu inconnu.

D'après les mesures topographiques réalisées par satellite, la surface du glacier n'est pas horizontale et sur les 250 km du lac la différence de 50 m traduit une interface eau-glacier en profondeur inclinée avec plus 500 m entre nord et sud. La différence de pression est suffisante pour imposer des différences de température de l'équilibre eau-glace, conduisant à la fusion du glacier en partie profonde (nord du lac) et le regel de l'eau en partie haute du lac (sud, région de Vostok). Les eaux du lac se renouvellent ainsi tous les 80.000 ans environ.

En ce qui concerne les recherches du contenu biologique de la glace du lac Vostok, l'eau du lac Vostok apparaît comme un milieu très pauvre en biomasse et malgré les techniques puissantes d'amplification de l'ADN, il n'a pas été possible de mettre en évidence des signatures de microorganismes qui ne soient pas issus de la contamination directe (fluide de forage, ou manipulations). En fait le lac apparaît comme stérile ou stérilisé au cours du temps par l'air et l'oxygène libéré de la glace qui fond et qui s'y accumulerait.

Par contre, dans des échantillons de glace du lac qui contiennent des sédiments, on a trouvé quatre signatures qui ne sont pas dans la liste des contaminants, et qui correspondent à des bactéries thermophiles trouvées dans les sources chaudes comme le geyser de Yellowstone. Celles ci, autotrophes, utiliseraient en outre l'hydrogène pour leur métabolisme. En fait, des niches de vie subsisteraient en dehors de l'environnement du lac, localisées dans les sédiments ou dans les failles profondes du socle rocheux. Des microorganismes autotrophes mettraient à profit les produits minéraux issus de l'interaction entre eau et roche, celle ci activée une tectonique locale et une circulation hydrothermale.

LAKE VOSTOK, ANTARCTICA : EXPLOTRING A SUBGLACIAL ENVIRONMENT AND SEARCHING FOR ITS BIOLOGICAL CONTENT

The recently discovered subglacial lakes in Antarctica represent glacio-geological complex systems which have captured our curiosity since these liquid bodies, isolated from earth surface environment, since a long time, may content specific life forms. The Lake Vostok is the

largest and is the best documented. With 250 km par 50 km in size, it is very deep (up to 1200m depth) , likely the most ancient, making it attractive for exploration as an extreme environment and as a possible analogue for exobiology. The deep ice drilling by more than 3600 m at the Russian station of Vostok, initiated for climate studies, penetrated by 85 metres into an ice massif, underlying the glacier, and formed by the freezing of water. These 85 metres of accretion ice, is the best template o the lake composition, and they open an unique window over this unknown world .

Satellite measurements and altimetry mappings indicated a slight slope of the glacier surface making 50 m difference over the 250 km length. The water-glacier interface is tilted and there is a 500m difference between northern and southern area of the lake. The induced pressure difference in ice - water temperature equilibrium, lead the deep ice (northern area) to melt and upper levels of the lake (southern area under Vostok station) to refreeze, respectively. Lake water are therefore renewed and renewal time is about 80.000 years.

The recent studies on the biological content of the accretion ice suggest the Lake water is very poor in biomass, and in spite of the powerful molecular biology technique (PCR), most of the results could be linked to the forward contamination (drilling fluid, ice and laboratory treatments,...). In fact, the water body appears as a sterile body or has been sterilized with time, possibly because the progressive excess of oxygen accumulated from air bubble released of the ice melting.

On the other hand, from a series of accretion ice samples containing visible sediments scraped from a shallow bay upstream Vostok, DNA signatures have been found and are not listed among contaminant inventories. They correspond to signature of thermophilic bacteria, and among them a few have 100% homology with Yellowstone hot spring bacteria. This bacteria may be autotrophic using hydrogen for its metabolism. In fact we suggest that ecological niches may be present outside the lake water, possibly protected within sediments or in deep faults from bedrock. Autotrophic micro organisms might use mineral the products issued of the water-rock interaction, and activated by some local or distant tectonic and by a hydrothermal circulation.

Références:

Bulat , S., Alekhina, I.A, Blot, M., Petit, J.R. de Angelis , M., Wagenbach, D, Lipenkov , V.Y. Vasilyeva, L. Wloch, D., Raynaud D. Lukin , V.V. : DNA signature of thermophilic bacteria from the aged accretion ice of Lake Vostok : implications for searching life in extreme icy environments, *Int. J. of Astrobiology*, 3, 1, 1-12, (2004), DOI: 10.1017/s147355040400189.

Petit J.R., Blot, M, Bulat, S. : *La vie secrète du lac sous glaciaire de Vostok. Rapport d'activité IPEV*, 2003.

Petit J.R., Alekhina I, and Bulat S.A.: *Lake Vostok, Antarctica: exploring a subglacial environment and searching life in an extreme environment: in Lessons for Exobiology*, Gargaud, Barbier, Martin, Reisse Eds, Springer, 227-288, 2005.

Petit, J.R., M. Blot, and S. Bulat *Lac Vostok : A la découverte d'un environnement sous glaciaire et de son contenu biologique*, in *Environnement de la Terre primitive*, edited by M. Gargaud , J.P. Parisot, ed, pp. 273-316, Presses Universitaires de Bordeaux, Bordeaux, 2003.

LES REUNIONS DU SCAR ET DU COMNAP (Hobart, Juillet 2006)

Roland **SCHLICH**

Les prochaines réunions du SCAR (Open Science Conference et Delegates Meeting) et du COMNAP se tiendront toutes à Hobart en Tasmanie du 9 juillet au 15 juillet 2006. Pour tenir compte de l'éloignement et minimiser le coût des déplacements, les australiens ont proposé de regrouper l'ensemble de ces réunions sur un même site.

En 2004 les réunions du SCAR et du COMNAP avaient été organisées en Allemagne dans deux sites distincts à deux mois d'intervalle. La réunion scientifique du SCAR et la réunion du COMNAP se sont tenues à Brême du 25 au 31 juillet 2004 et la réunion des délégués nationaux à Bremerhaven du 4 au 8 octobre 2004.

La réunion scientifique (Open Science Conference) est programmée du 12 au 14 juillet 2006 avec pour thème « Antarctica in the Earth System ».

La 12ème symposium du comité permanent de logistique et d'opérations (SCALOP) du COMNAP « Going Forward Together, Efficiently and Safety » se tiendra le 13 juillet 2006.

Les groupes scientifiques du SCAR tiendront leurs réunions de travail du 9 au 11 juillet 2006.

Les réunions des groupes de travail et comités du XVIII COMNAP sont programmées du 9 au 14 juillet 2006.

La XXIX réunion SCAR des délégués nationaux se tiendra du 17 au 19 juillet 2006.

Une conférence publique portant sur les progrès et les connaissances dans le domaine des sciences antarctiques sera donnée le 15 juillet 2006.

L'exposition commerciale organisée par le COMNAP pour l'industrie polaire sera ouverte du 10 au 15 juillet 2006.