

INSTITUT POLAIRE FRANÇAIS **IPEV**

PAUL EMILE VICTOR









EDITORIAL

EDITORIAL

A l'heure où paraît ce 20^{ème} rapport d'activité de l'IPEV depuis la création de l'Institut Polaire en 1992, beaucoup de chemin a été parcouru. Alors qu'une quarantaine de projets étaient soutenus au début de l'aventure, c'est aujourd'hui plus de 80 programmes qui sont mis en œuvre annuellement, dont 19 programmes observatoires. Tous ces projets font l'objet d'une évaluation rigoureuse par le Conseil des programmes Scientifiques et Technologiques, comité international et entièrement indépendant de l'IPEV, auquel participent des représentants des principaux instituts du CNRS impliqués.

Le savoir faire des équipes de l'IPEV ont permis aux chercheurs français de faire des avancées majeures qui les placent aujourd'hui aux premiers rangs de la recherche dans les régions polaires. Le succès récent du raid scientifique réalisé entre Concordia et Vostok en janvier 2012 et relaté dans les pages qui suivent en est un exemple particulièrement démonstratif.

D'une manière générale, une grande partie des projets soutenus par l'IPEV se rattachent à des sujets d'intérêt sociétal tels que les changements climatiques, le rôle de la chimie de l'atmosphère dans ces changements et leur impact sur les écosystèmes et la biodiversité. La reconstitution des climats passés, qu'elle soit basée sur des archives glaciaires ou sédimentaires, repose bien souvent sur la logistique de l'IPEV, que ce soit grâce au *Marion-Dufresne* ou au soutien des équipes de forages en Antarctique ou au Groenland.

Si l'activité demeure majoritaire dans l'hémisphère sud, elle n'a cessé de se développer au nord, en particulier grâce à la mutualisation de nos moyens et ceux de l'*Alfred Wegener Institute* au Spitsberg en 2003, créant ainsi la station franco-allemande AWIPEV. Les collaborations internationales sont d'ailleurs la marque reconnue de l'Institut polaire français, à travers la station franco-italienne Concordia, l'accord de collaborations logistiques et scientifiques signé récemment avec l'*Australian Antarctic Division* ou bien encore par les liens étroits de concertation logistique entretenus avec la NSF aux Etats-Unis.

Comme à l'accoutumé, ce rapport d'activité est l'occasion de braquer les projecteurs sur quelques uns des projets soutenus et mis en œuvre par l'IPEV, illustrant la diversité des communautés scientifiques françaises œuvrant dans les régions polaires.

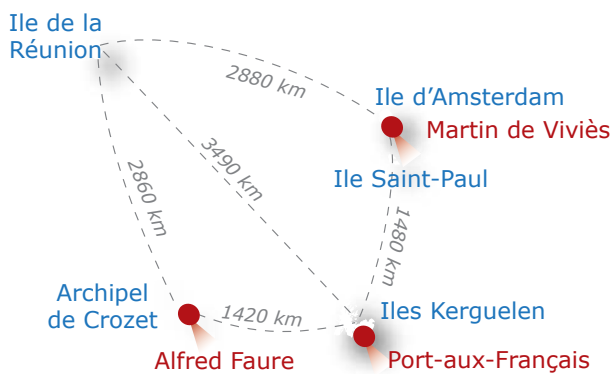
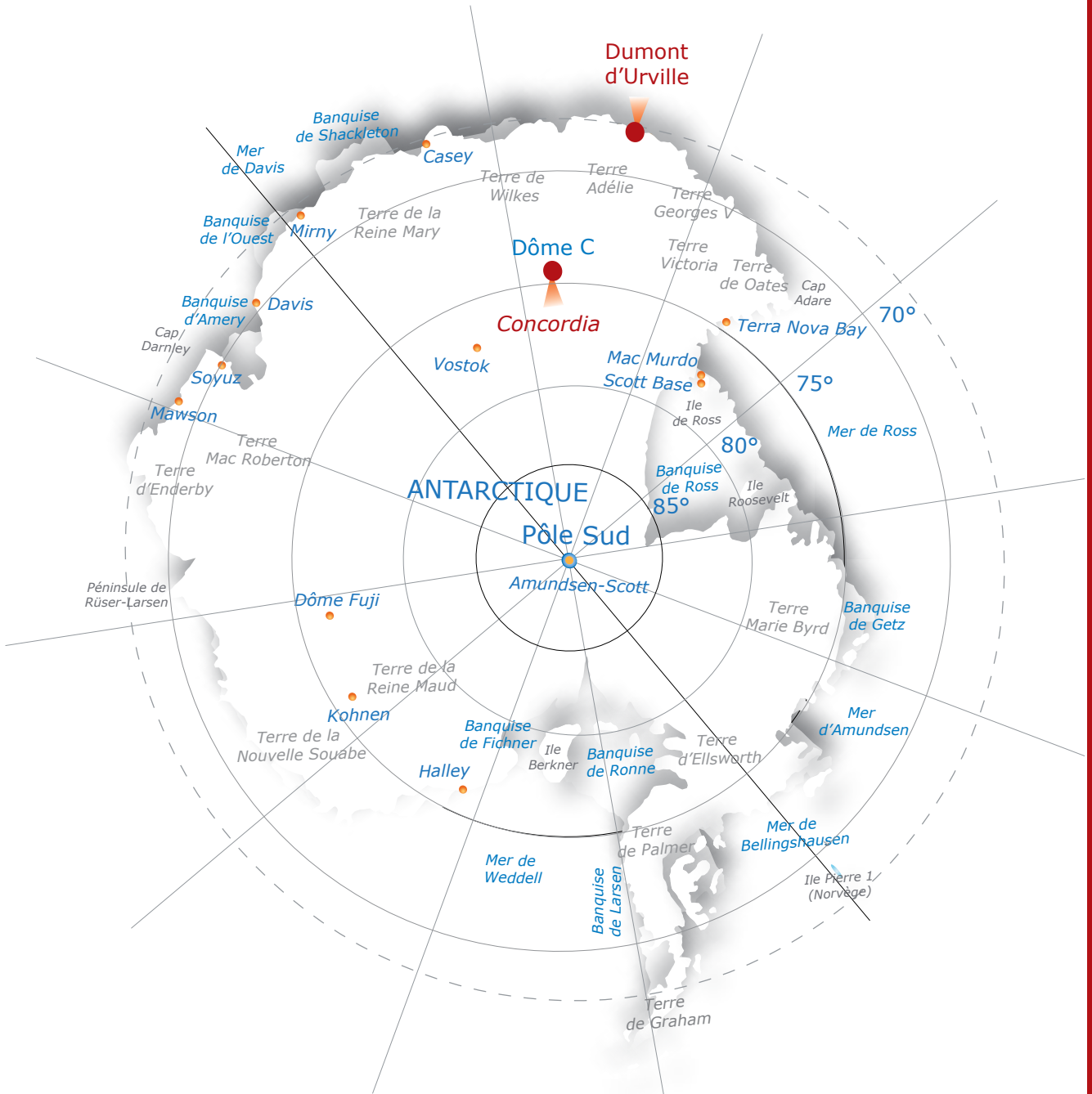
Yves Frenot
Directeur de l'IPEV



ARCTIQUE



ANTARCTIQUE



SUBANTARCTIQUE



SOMMAIRE

SOMMAIRE

EDITORIAL	p. 2
CARTES	p. 4
2011 : l'IPEV EN BREF	p. 8
LA SCIENCE	p. 16
LES CAMPAGNES OCEANOGRAPHIQUES	p. 38
LES CHIFFRES	p. 48
ANNEXES	p. 54





L'YPEV EN BREF

L'IPEV EN BREF



UN AN EN ANTARCTIQUE

LA LOGISTIQUE POLAIRE

Les rotations

Le déroulement de la campagne 2011-2012 a été mouvementé. En raison de l'effet cumulatif d'une glace de mer inhabituelle entre 64° et 66° de latitude sud et d'une panne de l'un des deux hélicoptères, la rotation R0 a duré 52 jours au lieu de 30. Par la suite, les conditions de glace ont continué à perturber la campagne jusqu'au retour R2.

La panne de l'hélicoptère a stoppé le transfert des passagers R0 entre le bateau et Dumont d'Urville dès le 05 novembre. Il a pu être achevé vers le 20/22 novembre grâce au Twin Otter de l'opérateur Australien AAD qui s'est posé sur une plaque de banquise jouxtant l'Astrolabe.



Le raid

Les trois raids logistiques ont eu lieu mais la campagne de transport s'est terminée avec 10 jours de retard sur les dates habituelles pénalisant les travaux de maintenance. Les difficultés sont venues de trois points :

- Ouverture d'une crevasse sous une charge de carburant au moment du pré-acheminement du raid 1 (heureusement sans conséquences sur l'environnement et le matériel)
- Remontée de l'isotherme « 0 degré » à 1700 m d'altitude fin décembre qui a rendu la neige collante
- Nécessité d'attendre la fin des transferts de la 2^{ème} rotation (R2) retardée avant le départ du raid 3.

Des difficultés propres au raid ont aussi été rencontrées : insuffisance de traîneaux fuel (3 en révision en Australie, 4 occupés par le raid science), impossibilité de transférer la machine n°12 en raison de la glace de mer persistante entre DDU et Cap Prud'homme et les problèmes induits par les températures élevées de la zone côtière à certaines époques

Le raid scientifique

Le raid scientifique entre Concordia et Vostok a pu être réalisé bien qu'une partie des pièces de rechanges de maintenance prévues soient restées bloquées à bord de l'Astrolabe. La station italienne Mario Zucchelli a fourni, dans ce contexte, des pièces de dameuse Kassbohrer.

- Le 06/12 : Départ de Dumont d'Urville
- Le 05/02 : Retour à Cap Prudhomme
- Total : 62 jours dont 37 jours de raid scientifique effectif.

Les voyages de l'Astrolabe, chaque année des situations particulières

La desserte maritime Antarctique n'est pas exempt de difficultés, comme illustrées par les événements de ces dernières années liées aux conditions très particulières de l'environnement de Terre Adélie. En effet, depuis 2005, des difficultés récurrentes sont rencontrées sur les 2 premières rotations mais elles sont de natures différentes :

2003-2004 : Une rotation annulée en raison de restrictions budgétaires mais R0/R1 normales

2004-2005 : Desserte maritime normale

2006-2007 : Une rotation de supprimée (réalisation d'une R2/3) en raison de l'incendie à bord au retour R0.

2007-2008 : R0 déportée fin novembre à la demande de la compagnie

2008-2009 : Avarie d'hélice, R0 presque normale, R1 retardée, R2 tronquée

2009-2010 : R0 normale, R1 cantonnée au large (50 km) en raison de la glace de mer; débarquement très partiel, R2 tronquée

2010-2011 : Avarie du navire et accident d'hélicoptère, R0 tronquée, R1 décalée, R2 tronquée

2011-2012 : R0 tronquée, glace de mer inhabituelle à R1, débarquement partiel à 3 km de DDU



Travaux Dumont d'Urville et logistique

Les travaux à la station se sont déroulés de manière satisfaisante malgré le démarrage tardif du à l'équipe bloquée à bord. Le grand chantier de cette année a été le montage de l'antenne satellite. Utilisant le satellite géostationnaire NSS9 dont la limite d'émission est la latitude 82, l'antenne VSAT a été installée et mise en service à DDU de position 66°40'-140°00'. Cet investissement a été dans sa plus grande partie financé par les TAAF.



Les autres travaux ont concerné la préparation de la seconde tranche du réaménagement du bâtiment 42, la finition du gros œuvre du bâtiment 75 et la mise en service de la conduite métallique Abri Côtier / Réserve de carburant Ile des Pétrés. Cette dernière doit ainsi éliminer totalement tout risque de pollutions aux hydrocarbures à terre durant les phases de ravitaillement par l'Astrolabe.

Concordia

La campagne d'été s'est déroulée du 14 novembre 2011 au 10 février 2012. Le taux de présence sur site a été en moyenne de 55 personnes avec un pic à 75.

Si à Dumont d'Urville, les travaux ont été décalés en raison des problèmes induits par la glace de mer, la campagne à Concordia a été perturbée par les difficultés de mise en œuvre des avions pour des raisons mécaniques ou météorologiques. L'un des deux avions intercontinentaux affrétés par le PNRA auprès de l'armée de l'air Néo Zélandaise, n'a pas été remplacé et seul 1 vol cargo au lieu de 3 a pu être effectué. En parallèle, l'affrètement par le PNRA d'un seul avion Twin Otter avec un seul équipage a fortement ralenti les vols intracontinentaux. Il en a résulté un décalage complet des livraisons de matériels qui a eu d'importantes conséquences sur la mise en œuvre des programmes scientifiques.

Les travaux de montage des nouveaux bâtiments et leur mise en service se sont poursuivis : laboratoires de glaciologie, d'astronomie et de physique, magasin produits chimiques, ateliers véhicules et de chaudronnerie. Le système canadien de traitement des eaux noires a été mis en service à mi-saison.

A noter que la station Concordia a reçu le 25 janvier 2012 une équipe d'inspection russo-américaine. Cette inspection, réalisée selon l'article VII du traité sur l'Antarctique, a permis aux inspecteurs d'apprécier la gestion franco-italienne exemplaire ainsi que les efforts faits par les 2 pays en matière de protection de l'environnement, en particulier avec le développement des systèmes de traitement des eaux usées.



UN AN EN ARCTIQUE

En Arctique, l'IPEV apporte aux programmes scientifiques un soutien logistique et/ou financier selon leur localisation. En 2011, ce sont 26 programmes qui ont été soutenus par l'IPEV, répartis sur tout le territoire arctique. Parmi ceux-ci, 6 se sont déroulés à Ny-Ålesund au Svalbard et ont pu bénéficier des capacités d'accueil, des moyens humains et logistiques de la station permanente franco-allemande AWIPEV. En tout, ce sont donc 35 programmes qui ont été mis en œuvre par la station AWIPEV (6 IPEV et 29 AWI).

La station de recherche franco-allemande AWIPEV

La station AWIPEV est intégrée au village scientifique international de Ny-Ålesund et son fonctionnement sur place est assuré par une équipe de 3 hivernants (dont un VIA employé par l'IPEV). Elle peut accueillir jusqu'à une vingtaine de personnes réparties entre le village et la base isolée Jean Corbel située à 5 km de là. La station offre des installations (laboratoires, ateliers, bureaux) et des moyens logistiques adaptés (bateaux, motoneiges, skis, vélos).



Bâtiment A avant rénovation

Les points forts de la logistique IPEV en 2011

- Dans la suite du chantier de réhabilitation de la station Corbel, l'objectif de cette mission était la rénovation du 4^{ème} bâtiment : le bâtiment A, lieu de vie : cuisine, salle de bain, toilette, vestiaire, bureau. Pour éviter de tout reconstruire, seule la façade sud et une partie de toit ont été démontés pour être reconstruit à neuf, dans la continuité architecturale des bâtiments B, C, et D déjà rénovés, en soignant particulièrement l'isolation. Le matériel pour ce chantier avait été acheminé en mai depuis

Ny-Ålesund sur traîneaux derrière les motoneiges. Une équipe de 4 personnes (3 charpentiers + 1 personnel IPEV) a travaillé sur le chantier pendant 5 semaines. A l'issue de la mission, le bâtiment dans son ensemble a été terminé. Reste à finir les cloisons intérieures, l'installation électrique, ainsi que toute la plomberie. La fin de chantier est prévue en 2012.



Bâtiment A après rénovation

- Bâtiment laboratoire et atelier de la station Corbel : Pose de 4 KW de panneaux solaires supplémentaires sur la façade sud du bâtiment afin de doubler la puissance électrique disponible sur la base. Ceci permettra l'installation d'équipements scientifiques gourmand en électricité sur le site.



Base Corbel Octobre 2011



Le soutien logistique aux programmes scientifiques au Spitzberg se répartit, selon les programmes, en termes de sécurité (prêt de matériel et entraînement à la protection contre les ours), de moyens terrestres (utilisation des motoneiges, installation de camps), de moyens nautiques (déposes sur les sites d'études, utilisation des bateaux) et de moyens humains (accompagnement sur le terrain et assistance logistique au quotidien).



Le GOUPIL

Un nouveau véhicule électrique est venu enrichir les moyens logistiques de l'AWIPEV : le goupil, ce véhicule est non polluant, non bruyant et extrêmement pratique à utiliser. Il est très demandé !

La mise en œuvre des programmes scientifiques en Arctique

Nombre de programmes scientifiques se déroulent loin de Ny-Ålesund et hors du Svalbard. Ils bénéficient de ce fait essentiellement d'un appui financier de l'IPEV, mais aussi parfois de la prise en charge du transport, du prêt de matériel (téléphones satellite, camping) et d'un appui humain.

Pour le projet SPITZ-P3, à Pyramiden au Svalbard, un appui important a été mis en œuvre pour le transport du matériel et l'organisation logistique du programme depuis Brest, mais aussi sur le terrain (accompagnement d'un logisticien).



Base Corbel Octobre 2011



UN AN DANS LES ILES SUBANTARCTIQUES

Les équipes logistiques de l'IPEV déployées dans les îles subantarctiques, Crozet, Kerguelen et Amsterdam, ont pour mission la mise en œuvre des programmes scientifiques, le ravitaillement et la maintenance des sites isolés sur chacun des districts, en particulier des refuges qui accueillent les scientifiques sur le terrain.

Les nouveautés en logistique

Nettoyage des bâtiments de la base à Kerguelen

Durant cette campagne, un gros effort a été porté sur le nettoyage et le rapatriement des déchets en métropole des anciens bâtiments occupés par l'IPEV sur la base de Port Aux Français. Cette démarche a été entreprise pour permettre la restitution et la destruction de vieux bâtiments qui étaient utilisés pour du stockage. Le chantier impliquait une réorganisation des bâtiments existant afin d'optimiser les espaces de stockage et notamment la restitution aux TAAF des bâtiments GR1 et B6.



Développement du photovoltaïque dans les refuges

L'IPEV a poursuivi sa politique de développement de panneaux solaires sur les sites isolés. Quatre nouvelles implantations ont été ainsi réalisées sur les refuges. Elles participent à limiter l'impact sur l'environnement des énergies fossiles. A terme, l'objectif est d'équiper les refuges les plus fréquemment utilisés par les programmes scientifiques.

Réhabilitation éco énergie du bâtiment vie de Kerguelen

Le bâtiment L2 à Kerguelen est dédié à la logistique et la coordination de l'IPEV. Faisant suite à des travaux réalisés par les TAAF, les équipes de l'institut ont installé une bibliothèque et un espace internet pour les scientifiques ainsi qu'une cuisine, un atelier et un espace coordination pour les programmes. D'autre part, le bâtiment L6 a été vidé afin de préparer sa future transformation en dortoir afin d'augmenter la capacité de logement. Les bâtiments

GR1 et B6 ont été restitués aux TAAF tandis que les bâtiments B5 et B17 ont été vidés. Ils seront aménagés pour la science mais aussi comme espaces de stockage et de logistique. Certaines des fillods, vieux bâtiments qui servaient de logement dans les années 70-80, ont été détruites.

Sites isolés

Pour permettre la bonne réalisation des activités scientifiques, les refuges en sites isolés ont été ravitaillés en vivres et en matériel pour les programmes scientifiques.

Comme chaque année, des travaux de maintenance et de rénovation tels que l'étanchéité, les peintures etc... ont été réalisés pour conserver en état ces refuges, outil de travail indispensable pour les scientifiques sur le terrain.



Crozet

- Réhabilitation et nettoyage du refuge de Baie Américaine
- Peinture extérieure et aménagement du magasin vivre du site de Pointe Basse
- Nettoyage des bâtiments dans le module Sucre pour l'aménager en magasin de vivres et réorganiser les bâtiments
- Travaux d'étanchéité du refuge de Lapérouse
- Pointe Suzanne, pérennisation du site, bardage intégral sur les refuges, site à durée limitée selon les besoins des programmes, installation photovoltaïque, reprise électrique et étanchéité



Les travaux réalisés sur le district d'Amsterdam se sont essentiellement déroulés sur le site de Pointe Bénédicte.

- Un chemin de câbles a été installé pour finaliser le déploiement de la fibre optique entre toutes les structures scientifiques
- Un bâtiment a été détruit et nettoyé pour positionner une nouvelle structure qui permettra d'étendre le panel d'instruments de mesure pour le suivi des éléments chimiques de l'atmosphère.

Kerguelen

Pour permettre la réalisation d'une mission longue du programme 394 à Cap Cotter, un chantier a permis d'installer un module de chirurgie. Le site est désormais autonome à long terme grâce aux systèmes photovoltaïques et de traitement des eaux de ruissellement qui ont été installés. De plus, la toiture et les peintures extérieures ont été intégralement refaites.



Réseau informatique : Amsterdam

A Amsterdam, un chemin de câbles a été installé pour finaliser le déploiement de la fibre optique entre toutes les structures scientifiques soutenues par l'IPEV ainsi que pour assurer une homogénéisation des réseaux de communication via VSAT sur tous les districts. Il y a désormais un pont wifi entre la Pointe Bénédicte et la base Martin de Vivies qui permet le travail en temps réel entre le site de prélèvement d'air et la station.

Par ailleurs, un pylône a été implanté pour mettre en place des capteurs nécessaires à un programme de suivi du mercure dans l'atmosphère permettant ainsi à la station d'être une base de référence comme en Terre Adélie et à Concordia.

Les chantiers et travaux avec la Curieuse

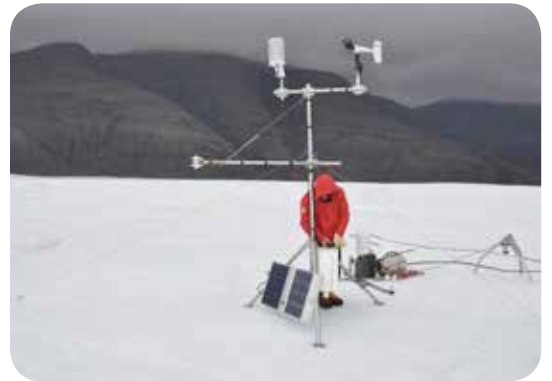
La présence sur zone du navire la Curieuse a permis de mener à bien plusieurs programmes scientifiques grâce à des prospections bien plus étendues sur l'ensemble du district de Kerguelen, en particulier les programmes : Ecobio, Salmevol, Maker, Glacioclim, Nivmer et Proteker. La mise en œuvre de ce dernier programme a également nécessité la remise en place de systèmes d'eau de mer à Biomar et de réseaux pour l'analyse du benthos.





LA SCIENCE TERRESTRE ET COTIERE

LA SCIENCE TERRESTRE ET COTIERE



Raid Scientifique en Antarctique 2011-2012

Dome C – Vostok – Point Barnola

O.Alemany, L.Arnaud, J. Chappellaz,
M. Fily, E. Lefebvre, E. Le Meur, G. Teste

Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement
(CNRS/Université de Grenoble)

Le raid scientifique Dôme C – Vostok – Point Barnola réalisé pendant l'été austral 2011-2012 est une première scientifique et logistique dans cette région de l'Antarctique encore inexplorée par moyens terrestres. Il a permis, au terme d'une collaboration étroite, d'atteindre en une seule opération une bonne partie des objectifs scientifiques de deux projets soutenus par l'ANR et l'IPEV et coordonnés respectivement par M. Fily (Vanish/Taste-Idea) et J. Chappellaz (Dôme A/Explore).

A traverse took place in Antarctica, for the first time, between Dome C and Vostok during the 2011-2012 austral summer. From this major scientific and logistic event in an unexplored part of the East Antarctic plateau a large number of measurements and snow samples are now available for scientific research. This project was made possible through two projects funded by the French ANR (National Research Agency) and IPEV and managed by M. Fily (Vanish/Taste-Idea) and J. Chappellaz (Dôme A/Explore).



Fig 1 : Tracé du Raid sur le plateau Antarctique



Fig 2 : station météo à S2



Fig 5b : Forage Explore au point Barnola



Camp du point Barnola



Tracteur du Raid



Maintenance du système de forage

Programme international TASTE-IDEA

Depuis 1990, le programme international *International trans-Antarctic scientific experiment* (ITASE) du *Scientific committee on Antarctic research* (SCAR) coordonne les raids scientifiques organisés par différents pays en Antarctique. Les objectifs majeurs d'ITASE sont de cartographier la variabilité spatio-temporelle des paramètres climatiques et environnementaux en Antarctique pour les derniers siècles. A cela, il faut ajouter la contribution à la détermination du bilan de masse de la calotte polaire, le déploiement de stations météorologiques et la validation des mesures satellite.



Fig 4 : Puits de prélèvement

Les efforts concertés conduits par chaque pays ont permis d'explorer de larges régions en Antarctique de l'Est et de l'Ouest. Ainsi, au cours des dernières années, la France en étroite collaboration avec l'Italie a participé à plusieurs grands raids en Antarctique de l'Est. Malgré ces efforts considérables en termes logistiques, technologiques et scientifiques, une immense région au cœur de l'Antarctique de l'Est reste entièrement inexplorée (Fig. 1). Dès lors, plusieurs pays ont montré leur intérêt pour réaliser un projet d'envergure de raids scientifiques en Antarctique à l'occasion de l'Année polaire internationale: le projet *Trans-Antarctic Scientific Traverse Experiment - Ice Divide in East Antarctica* (TASTE-IDEA).

Le projet *Vulnerability of the Antarctic ice sheet and its atmosphere* (VANISH) financé par l'ANR regroupe quatre laboratoires : le LGGE à Grenoble, le LEGOS à Toulouse, le LSCE à Saclay, le CEREGE à Aix-en-Provence. L'IPEV a fourni quant à lui les moyens logistiques. Ce projet est la composante française de TASTE-IDEA et forme la base scientifique du raid. Il s'agissait principalement de documenter la variabilité spatiale et temporelle des paramètres climatiques et environnementaux sur le plateau Antarctique.

Afin de contribuer à une meilleure connaissance du bilan de masse de l'Antarctique, l'accumulation de neige sur plusieurs échelles de temps a été mesurée en continu sur une grande partie du raid au moyen d'un radar dédié (*Snow radar*). Nous disposons ainsi d'environ 500 km de données radar sur une zone inexplorée à ce jour. Ces données ont commencé à être exploitées au LGGE. Sept carottages de 20 m environ permettront de dater les couches observées par le radar sur environ 300 ans. Une partie des échantillons a été prétraitée à Concordia, tout le reste a été rapatrié au LGGE où la datation par détection des horizons radioactifs (explosions nucléaires atmosphériques des années 60) et volcaniques (jusqu'en 1700 environ) a débuté.

Pour l'étude des variations récentes de température, une station météo (Fig. 2) a été installée à mi-chemin (point S2) ainsi qu'une grappe de 24 thermistances dans la neige jusqu'à une profondeur de 20 m. Les données sont transmises par satellite et le matériel fonctionne parfaitement à ce jour en totale autonomie. Par ailleurs, des prélèvements de neige ont été effectués tous les 20 km pour en étudier la composition isotopique.

Pour une meilleure interprétation des données satellite, les caractéristiques physiques de la neige en surface et jusqu'à 10 m de profondeur ont été mesurées (densité, taille des grains). Pour ce faire, des techniques nouvelles basées sur la réflectance dans l'infrarouge ont été utilisées dans des trous de forage. Notre collègue, M. Schneebeli de Davos, a contribué à ce programme le long du raid et surtout sur le site de forage point Barnola en utilisant un pénétrromètre Snowmicropen (Fig. 3). Une partie des mesures a été réalisée pendant le raid, une autre à Concordia et quelques carottes ont été rapatriées à Grenoble. Enfin, des mesures ont été effectuées en continu par un spectroradiomètre monté sur un véhicule.

Dans le domaine de la chimie, à l'interface neige-atmosphère, des mesures de mercure et d'ozone ont été effectuées à chaque station dans l'atmosphère et dans la neige et ce ne sont pas moins de 1000 échantillons qui ont été prélevés en surface ou dans des puits (Fig. 4) jusqu'à 3.3 m de profondeur pour l'étude de la microbiologie, des nitrates, de la chimie des isotopes de l'eau ou de l'isotope cosmogénique ^{10}Be traceur de l'activité solaire. Tous ces prélèvements sont complémentaires des programmes qui se sont déroulés simultanément à Concordia : Volsol sur le lien volcans-activité solaire-climat ou OPALE sur la capacité oxydante de l'atmosphère par exemple.

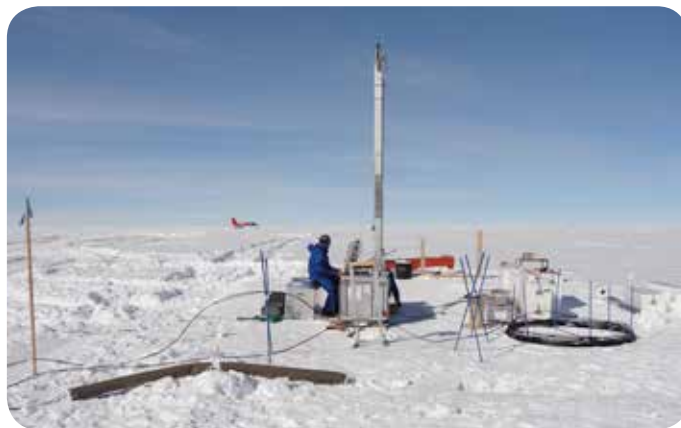


Fig 5a : Forage Explore au point Barnola

Programme international IPICS et projet DOME A - EXPLORE (Fig. 5a et 5b)

Depuis 2005, la communauté scientifique travaillant sur les carottes de glace s'est structurée via l'*International partnerships in ice core sciences* (IPICS), qui regroupe aujourd'hui 25 nations. Sa principale priorité scientifique pour la prochaine décennie consiste à localiser puis forer en Antarctique de la glace s'étant formée il y a au moins 1,5 millions d'années. Il s'agit d'obtenir des informations climatiques mais aussi sur la composition de l'atmosphère (gaz à effet de serre notamment) pour comprendre pourquoi le climat terrestre a changé de rythmicité il y a environ 1 million d'années, passant de cycles glaciaires-interglaciaires espacés d'environ 40.000 ans à des cycles espacés de 100.000 ans. La glace la plus vieille forée à ce jour (forage européen EPICA à Dôme C) atteint 800.000 ans et ne permet pas d'explorer cette énigme climatique

majeure, qui pourrait être liée à la quantité de CO₂ présente dans l'atmosphère. Le projet DOME A, financé par l'ANR (son pendant programmatique IPEV étant dénommé EXPLORE), contribue aux objectifs d'IPICS. Il regroupe deux laboratoires: le LGGE à Grenoble et le LSCE à Saclay. Sa mise en œuvre implique, outre les chercheurs français, un chercheur suisse (SLF, Davos).

Le projet EXPLORE visait à caractériser le potentiel du secteur situé entre Dôme C et Vostok où l'on attend un taux d'accumulation de neige remarquablement faible, condition nécessaire pour obtenir de la glace très ancienne en profondeur. Le forage de 110 m réalisé au Point Barnola, à 70km au Sud de Dôme C, permettra de caractériser ce taux d'accumulation ainsi que sa variabilité temporelle. Les données radar obtenues par avion grâce au soutien de l'université du Texas (USA) et de l'IPEV durant la campagne permettront d'évaluer également la continuité stratigraphique du site en profondeur, ainsi que la profondeur du socle rocheux et la présence ou non de fusion à la base du glacier. Par ailleurs, pour mieux comprendre les interactions entre climat et cycle du carbone, il importe de connaître avec précision la relation temporelle existant entre les changements climatiques naturels et ceux du CO₂ atmosphérique. Les prélèvements d'air dans le névé en profondeur ainsi que les mesures physiques sur la neige et le névé du forage de Point Barnola contribueront à cet objectif.

Une logistique dédiée

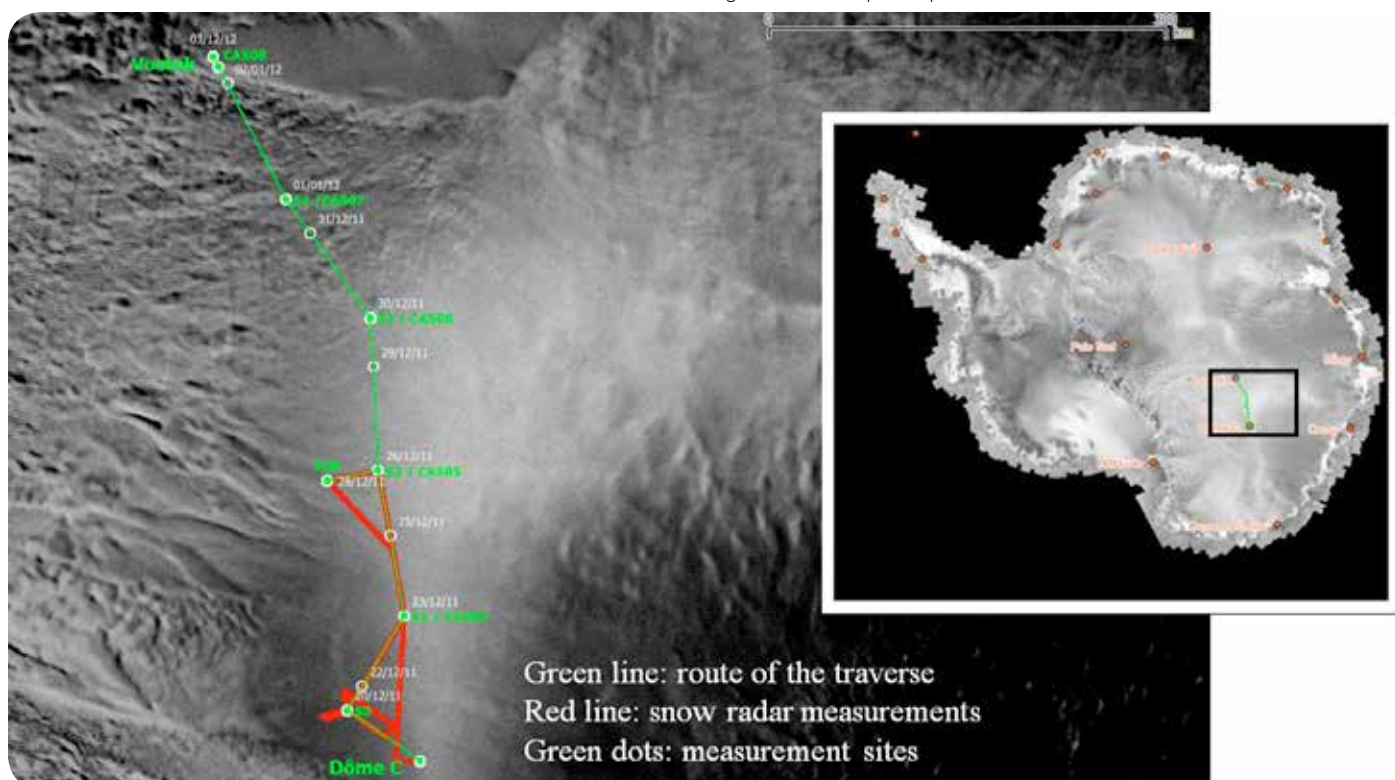
La route se situe entre Dôme C et Vostok. La distance parcourue aller-retour (Fig. 6) a été au total de 1236 kilomètres sur un terrain vierge à laquelle il faut rajouter le trajet Dôme C-Dumont d'Urville d'où sont partis les véhicules en début de saison (2200 km AR). L'altitude a varié de 3200 m à Dôme C à 3600 m à Vostok et les températures ont oscillé entre -30°C et -50°C. Au-delà du défi scientifique, s'est donc rajouté un défi technologique. Quatre véhicules de l'IPEV ont été utilisés le long du raid : trois tracteurs pour les charges les plus lourdes et un véhicule plus léger équipé d'une lame pour niveler la surface de neige si besoin de réutiliser la route dans le futur. Les charges comprenaient les caravanes de logement, les unités laboratoires pour les expériences, l'équipement scientifique (Fig. 7) et les échantillons de neige (carottes ou autres) et bien sûr le carburant car le raid s'est déplacé en autonomie totale. Deux vols avions entre Concordia et Vostok puis Point Barnola ont permis d'échanger une partie du personnel scientifique et de rapatrier une partie des carottes de névé.



Fig 3 : Snowmicropen au point Barnola



Fig 3 : Snowmicropen au point Barnola



Le raid est parti de la côte le 8 décembre puis de Concordia (Fig. 8) le 20 décembre 2011 pour un retour le 25 janvier 2012. La durée totale depuis Concordia a donc été de 32 jours qui se répartissent en 18 jours de route, 6 jours de travail scientifique lors de 5 stations, et 10 jours au Point Barnola. Les conditions les plus difficiles ont été rencontrées à proximité du Point Barnola : neige très friable dans laquelle les véhicules se sont enfoncés obligeant à réduire les charges en multipliant les trajets. L'équipe a été acheminée par voie maritime via Dumont d'Urville et par avion via la base italienne Mario Zucchelli. Cette équipe est composée de chercheurs et de techniciens qui ont tous une grande expérience et des expertises complémentaires.

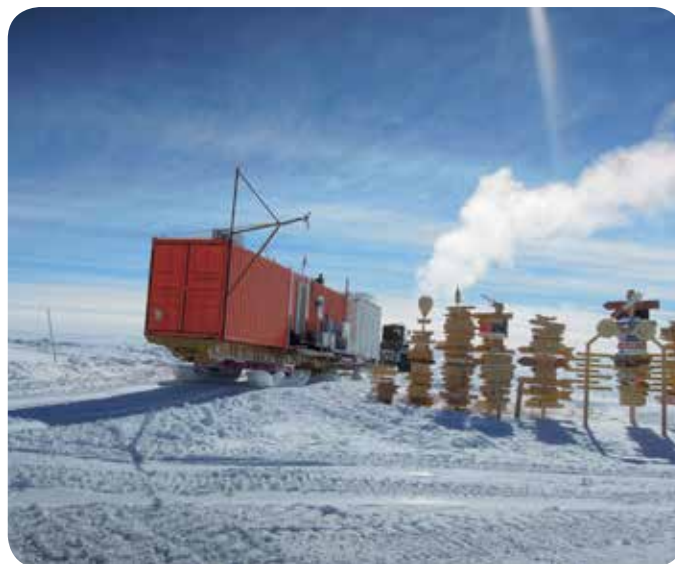


Fig 8 : Départ du Raid de Concordia

En conclusion, ce projet a permis de renouer avec les grands raids scientifiques organisés par la France en région polaire en se basant sur la grande expérience de l'IPEV en matière de convois terrestres, sur la base Concordia qui constitue un site idéal pour aller plus à l'intérieur du plateau de l'Antarctique de l'Est et sur l'excellence des laboratoires de recherche français dans le domaine du polaire. Gageons que le succès du raid Dome C-Vostok soit porteur de nouvelles initiatives dans les années qui viennent (Fig. 9).

Pour Vanish/Taste-IDEA :

- L. Arnaud (IR CNRS, responsable opérations scientifiques, physique de la neige),
- E. Le Meur (MC UJF, radar, carottages),
- E. Lefebvre (IE CNRS, instrumentation physique et météorologique),
- G. Teste (AI CNRS, prélèvements chimie, carottages).

De plus, un sismologue de Strasbourg (M. Bes-de-Bec) s'est joint à l'équipe avec la mission de démonter les 5 sismographes installés par avion sur ce trajet il y a 1 à 3 ans.

Pour Dome A/Explore :

- J. Chappellaz (DR CNRS, carottage, responsable scientifique),
- O. Alemany (IR CNRS, carottage profond)
- Martin Schneebeli (Suisse, micro-physique neige).

Pour la logistique : trois personnels de l'IPEV,

- Anthony Vende (responsable logistique du convoi),
- David Colin (mécaniciens engins),
- Alexandre Le Luc (mécaniciens engins).



Fig 9 : Arrivée du Raid à Vostok

Point Barnola

Un nouveau point sur les cartes du monde : Point Barnola
 75°42.553' S, 123°15.504'E,
 Altitude : 3236 m

A la recherche d'un site possible pour un forage permettant de recouvrir la glace la plus ancienne pour les recherches en paléoclimatologie, le site du forage exploratoire effectué en janvier 2012 a été dénommé «Point Barnola» en mémoire de notre collègue Jean-Marc Barnola, disparu prématurément en septembre 2009. Une stèle a été dédiée à notre collègue disparu et une demande officielle de reconnaissance de ce nom pour les futures cartes géographiques sera déposée par le LGGE et l'IPEV auprès de la commission nationale de toponymie de l'IGN.



Adaptation humaine à Verkhoïansk. Des corps gelés aux populations actuelles. Evolution des peuplements humains et des agents infectieux : le laboratoire arctique

Eric Crubézy⁽¹⁾, Christine Keyser⁽¹⁾, Catherine Thèves⁽¹⁾,
Patrice Gérard⁽¹⁾, Sylvie Duchesne⁽²⁾, Morgane Gibert⁽¹⁾,
Dariya Nikolaeva⁽³⁾, Christiane Petit⁽⁴⁾, Marie-Thérèse Marty⁽¹⁾,
Olga Menitchouk⁽⁵⁾, Jean-François Magnaval⁽¹⁾, Henry Dabernat⁽¹⁾,
Anatoly Alexeev⁽⁵⁾, Bertrand Ludes⁽¹⁾

(1) Laboratoire Anthropologie Moléculaire et Imagerie de Synthèse (AMIS),
UMR 5288 du CNRS/Université Paul Sabatier Toulouse III/Université de Strasbourg

(2) Institut National de Recherches Archéologiques Préventives

(3) Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines

(4) Mission Archéologique Française en Sibérie Orientale

(5) Université Fédérale du Nord-Est (Iakoutsk, république Sakha, Fédération de Russie)

Le peuplement de la Sibérie orientale de ces derniers siècles et la coévolution de l'homme et des maladies infectieuses sont étudiés via la confrontation de données archéologiques (tombes gelées), historiques, culturelles et biologiques. Un intérêt particulier est porté à l'ADN ancien, tant celui des sujets que des bactéries et virus qui peuvent être mis en évidence et leur code génétique séquencé. Malgré des épidémies terribles, les Yakoutes ont poursuivi leur expansion démographique ce qui implique leur fusion avec d'autres peuples et une remarquable adaptation autant culturelle que biologique. C'est l'histoire de la Sibérie qui est revue et les relations hommes-milieus qui sont étudiées sur le long terme à partir d'un cas exceptionnel.

The settlement of Eastern Siberia in recent centuries and the coevolution of humans and infectious diseases are studied by comparing archaeological (frozen graves), historic, cultural and biological data. A particular focus is ancient DNA from human subjects, and from bacteria and viruses which can be identified and have their genetic code sequenced. Despite devastating epidemics, the Yakut population has continued to expand, fusing with other populations and undergoing remarkable adaptations, cultural and biological. The history of Siberia is reviewed and the relationships between humans and their environments are explored in an exceptional long-term case study.



Introduction

L'Arctique a été peuplé à différents moments et dans divers lieux par des populations aussi différentes que des chasseurs-pêcheurs, des éleveurs de rennes, mais aussi par des éleveurs de vaches et de chevaux comme les lakoutes. Certainement partis de la région du lac Baïkal, après l'effondrement de l'empire de Gengis Khan, ils ont atteint l'océan glacial Arctique au 18e/19e siècle à la suite d'une expansion politique et démographique étonnante qui est, actuellement, en pleine découverte et reconsidération.

Par rapport à d'autres populations qui déposaient leurs morts sur le sol sous des tas de pierres ou qui les brûlaient ou encore qui les exposaient sur des plateformes, les lakoutes enterraient certains de leurs morts dans le pergélisol. Ils sont aujourd'hui redécouverts sous la bannière de l'Institut polaire français Paul-Emile Victor - programme HUMAD -, des Missions Archéologiques Françaises en Sibérie Orientale (MAFSO du Ministère des Affaires Étrangères) et de l'Université Fédérale du Nord-Est (Iakoutsk), par des chercheurs français et russes (archéologues, anthropologues, biologistes, médecins légistes, géographes, historiens, photographes, dessinateurs), unis au sein d'un même laboratoire international associé, le LIA France-Russie COSIE « Coévolution Hommes-Milieus en Sibérie Orientale ». Initialement, ces corps, souvent gelés, ont permis de redécouvrir la culture iakoute et son histoire.



Cavalier iakoute
Yakut horseman

En effet, grâce au froid, l'ADN est particulièrement bien conservé et les études ont notamment insisté sur la confrontation des données culturelles et génétiques de ces sujets. Les possibilités actuelles de reconnaissance du génome des bactéries et des virus anciens, jointes au fait que les lakoutes, comme bon nombre de populations autochtones, ont été durement touchés par des maladies épidémiques lors des premiers contacts avec les Européens, permettent d'envisager des questions intéressantes la co-évolution de l'homme et des maladies infectieuses. Ces études pourraient devenir un modèle permettant de suivre en parallèle l'homme et ses maladies et donc de « visualiser » l'effet de la sélection naturelle en termes d'évolution génomique dans notre espèce.

Problématique générale

L'histoire des peuplements humains est de mieux en mieux connue grâce à l'étude génétique des populations contemporaines et passées. Les études actuelles sont essentiellement basées sur celle des lignées maternelles et paternelles des populations contemporaines. Dans les années à venir, le séquençage total du génome va apporter des éléments sur la totalité des lignées ayant participé à notre génome et aucune partie de notre génome ne sera donc « laissée dans l'ombre ». La question qui se pose désormais est la façon dont ces peuplements se sont structurés. L'étude des lignées paternelles et maternelles dans les populations du passé démontre que certaines ont disparu au cours du temps alors que d'autres se sont multipliées. Par ailleurs, il apparaît que certaines populations du passé ont pu totalement disparaître alors que d'autres n'existent plus mais ont laissé des traces dans notre génome, preuve de croisements anciens. Il apparaît donc que l'étude des génomes contemporains à elle seule ne permet pas de fournir des éléments qualitatifs sur l'histoire des peuplements et que des facteurs sociaux, biologiques ou aléatoires ont pu modifier l'évolution des populations humaines même sur un temps très court.



Les différents spécialistes franco-iakoutes lors du dégagement d'une sépulture
French-Yakut specialists during the excavation of a burial

Parmi ces facteurs, la sélection naturelle liée aux maladies infectieuses et parasitaires attire de plus en plus l'attention. Dans le cas d'épidémies, elles peuvent en effet agir de façon drastique sur les populations, dans un laps de temps très court. Par ailleurs, dans de nombreux endroits à travers le monde, les données historiques suggèrent que les maladies infectieuses et parasitaires ont sérieusement contribué à l'évolution humaine en sélectionnant des sujets par rapport à d'autres qui sont décédés avec moins de descendance. Ceci semble avoir été particulièrement marqué lors des premiers contacts entre les Européens et des populations autochtones. Dans ce cas ces maladies auraient pu toucher de façon préférentielle des sujets génétiquement « moins préparés ». De façon concomitante c'est l'agent infectieux lui-même qui aurait pu évoluer vers des formes de virulence différentes. Notons que ceci n'est qu'une hypothèse et que d'autres mécanismes ont pu être intéressés. Par exemple, une maladie tuant au hasard un grand nombre de sujets dans une population a plus de chances de faire disparaître des variations génétiques peu représentées au sein de cette population que des variations très fréquentes. Dès lors, une fois l'épidémie passée, les variations fréquentes vont l'être encore plus et la variabilité aura sérieusement diminuée. La reconnaissance des mécanismes, tant humains que bactériens, viraux ou parasitaires, est devenue un enjeu, aussi pour la recherche fondamentale (compréhension de l'évolution de

l'homme, des peuplements humains, des vitesses d'évolution des pathogènes) qu'appliquée. En effet, à l'échelon individuel, c'est la reconnaissance de la susceptibilité des sujets à certaines maladies qui est en jeu (médecine prédictive), à l'échelle de la population locale c'est de l'épidémiologie prédictive, quant à l'évolution des agents pathogènes, elle conditionne, entre autres, l'émergence ou la réémergence des maladies.

Dès lors, sur le plan expérimental, il semble du plus haut intérêt d'étudier la co-évolution de l'homme et des maladies infectieuses et parasitaires sur le long terme en maîtrisant dans le même temps l'histoire descriptive du peuplement. Ceci implique de mener de front des études sur les populations passées et présentes d'une même région en étudiant simultanément les génomes humains et bactériens/viraux et parasitaires et en essayant de mettre en évidence dans un premier temps leur évolution. Ces données descriptives devraient pouvoir dans un second temps fournir des bases solides pour des phénomènes explicatifs plus globaux (mécanismes immunologiques, épigénétiques, etc.) qui représentent les défis de la biologie de demain. Notons que plusieurs années de recherche sur la tuberculose et le paludisme, par exemple, n'ont pas pour l'instant permis d'éclaircir ces mécanismes intimes. Toutefois, dans ces cas, la recherche n'a à sa disposition que les agents actuels et les sujets contemporains. Par ailleurs, pour ceux-ci, les génomes complets (et donc l'étude de la variabilité) restent rares même si dans les prochaines années ces données devraient rapidement être disponibles. Dès que les souches anciennes sont étudiées ou mises en évidence elles mettent en doute certains scénarios bâtis sur les souches contemporaines et elles démontrent que des réductions drastiques des populations humaines, voire de souches infectieuses, jusque-là insoupçonnées, ont pu intéresser les populations préhistoriques. La reconnaissance des épidémies dans les populations du passé et la façon dont elles ont évolué est donc un sujet prometteur capable de faire progresser cette problématique.

Les lakoutes : un Middle Ground

Les lakoutes, république Sakha (fédération de Russie), actuellement au nombre d'environ 500 000 sont des éleveurs de vaches et de chevaux qui parlent une langue d'origine turco-mongole alors que les peuples environnants (Evenk, Evènes notamment) sont des éleveurs de rennes qui parlent une langue d'origine sibérienne. Les Russes rentrèrent en contact avec eux en 1632 et décrivent trois zones de peuplement, la lakoutie centrale, la Viliouï et Verkhoïansk. Depuis 2002, la MAFSO a fouillé plus de 110 tombes gelées et en 2010, grâce à l'IPEV, ces missions ont pu être menées dans la région de Verkhoïansk, qui reste difficile d'accès même en été avec des écarts de température pouvant atteindre plus de 40°C dans la même journée (35°C à midi, - 8°C la nuit). Les tombes les plus anciennes sont du 15e siècle (sensiblement un siècle après l'arrivée des premiers lakoutes en lakoutie centrale), les plus récentes remontent au 19e siècle. Afin d'avoir un continuum et des références contemporaines nous poursuivons nos études génétiques et épidémiologiques sur les populations actuelles. Ces dernières se font au cours de missions (en hiver celles-là) dans des villages au mode de vie traditionnel et des populations sélectionnées (chasseurs par exemple).



En haut, la lakoutie dans son contexte eurasiatique. En bas, la lakoutie et les 3 zones connues de peuplements iakoutes qui ont fait l'objet de fouilles et prospections par l'équipe archéologique franco-iakoute (programme HUMAD-MAFSO)

Top: Yakutia in the Eurasian context. Bottom: Yakutia and the three recognised areas of Yakut settlement, which have been the focus of excavations and surveys by the French-Yakut archaeological team (HUMAN-MAFSO programme)



Tombe de Atyyr Meite. Le coffre en mélèze de cette sépulture se compose de demi-rondins. Le sujet est inhumé avec des offrandes (arc, carquois et flèches, hache, chaudron, vase en bois et restes de vêtements perlés)

The Atyyr Meite grave. The coffin is made of half logs of larch. The subject is buried with offerings (bow, quiver and arrows, axe, cauldron, remains of beaded garments)



Tombe de Atyyr Meite. Evocation des vêtements portés par le sujet
The Atyyr Meite grave. Evocation of the garments worn by the subject

Par rapport à des travaux antérieurs qui portent sur l'histoire de la Sibérie, nos études placent la population iakoute au centre de la problématique. Les populations d'origine européenne ne sont retrouvées qu'à partir de leurs produits d'importation. Toutefois, comme le montre le mobilier des tombes, si ces deux mondes restent identifiables, ils se fondent pourtant en partie l'un dans l'autre. L'image qui se dégage de notre approche n'est pas celle véhiculée par les chercheurs de l'ex-URSS, celle d'une population éprouvée par l'impôt en fourrures (le yassak) voulu par le tsar, mais plutôt celle d'une population engagée dans le commerce où les produits ne sont pas de simples rémunérations mais des produits de prestige. Leur valeur évoluait au cours du temps en fonction des circuits commerciaux et de l'intensité des échanges. Les produits d'origine européenne ou chinoise, dont la fonction devait être autant symbolique que pratique aux débuts n'en devinrent pas moins subversifs avec le temps puisqu'ils créaient de nouvelles valeurs et qu'ils changèrent celle des objets anciens. C'est très marqué pour les tissus qui se substituèrent progressivement

au cuir pour les vêtements d'été et de demi-saison. Dans d'autres domaines, la dépendance des lakoutes fut très relative puisqu'ils chassaient toujours à l'arc pour certains d'entre eux aux débuts du 20^e siècle. Il semble y avoir eu un compromis en perpétuelle évolution entre le modèle russe (yassak) ou les modèles russes (yassak et commerce) et le modèle iakoute qui reste malheureusement peu connu actuellement. Quelle conception du commerce avaient les lakoutes ? Comment évolua-t-elle au cours du temps ? Il est probable que commerce et diplomatie furent mêlés ce que suggère la présence des lakoutes et des Toungouses aux débuts du 18^e siècle dans la ville de Iakoutsk, tout comme la nomination par les Russes des chefs de clans comme responsables locaux. Comme a pu le souligner Richard White (1991) à propos de l'étude des relations entre les Indiens et les Européens dans la région des Grands Lacs d'Amérique du Nord, il semble que nous ayons eu dans cette partie de la Sibérie, un « Middle Ground » : un terrain d'entente où les populations se sont adaptées les unes aux autres.



Au premier plan, la rivière Sartang et ses bras morts, au second, le hameau de Targana et les zones défrichées qui l'entourent. En arrière plan, la taïga s'étend jusqu'aux Monts de Verkhoyansk
Foreground: the Sartang River and its dry tributaries; Midground: the hamlet of Targana and the surrounding cleared areas; Background: The taïga extends until the Verkhoyansk Range

Incroyable expansion et épidémies dévastatrices

Jusqu'en 2010, nos travaux avaient intéressé la lakoutie centrale et la région de la Viliouï. Nous avons pu montrer que si les lakoutes s'étaient implantés en lakoutie centrale c'était en raison du caractère très particulier de cette région en Sibérie orientale. C'est en effet une succession de petits lacs abrités entourés de prairies, très favorables à l'élevage et à un habitat de fermes dispersées. La Viliouï, plus marécageuse et avec des prairies de bords de rivière, certainement explorée anciennement, n'avait été véritablement occupée que lors de l'ouverture du comptoir de Nerchinsk (1689), situé au sud, sur la frontière entre la Russie et la Chine, il permit le développement du commerce privé, notamment celui des fourrures. Nos études archéologiques démontrèrent que les tombes de chefs de la Viliouï étaient semblables à celles de la lakoutie centrale et que ces chefs étaient de la même lignée paternelle que celle qui avait dominé cette première contrée où elle avait été repérée là aussi dans des tombes d'exception. Dès lors, il était tentant d'en déduire que les chefs de clan de lakoutie centrale avaient pris le pouvoir en Viliouï afin d'y développer la chasse et le piégeage à un moment où le commerce se développait. Dans ce contexte, la région de Verkhoïansk, plus de 1 000 km au nord, restait inconnue. Pour les historiens, les lakoutes y seraient arrivés tardivement, fuyant les Russes qui occupaient selon eux la lakoutie centrale. Nos travaux ont démontré qu'il n'en est vraisemblablement rien et que, comme en Viliouï, ce sont les chefs de clan de lakoutie centrale qui ont pris le pouvoir de la région après 1689. Toutefois, l'environnement est bien différent et il y eut une évolution culturelle des lakoutes avec des modifications des tipis d'été dont les couvertures en écorce de bouleau, utilisées dans les tombes, sont remplacées par les peaux de rennes ; le cheval perdit certainement de sa valeur symbolique car ses accessoires

sont moins présents dans les coffres funéraires et la chasse et le piégeage prirent certainement une grande importance dans la vie quotidienne. Si en lakoutie centrale nous avons pu montrer que les premiers arrivants étaient aussi bien masculins que féminins, nous avons pu aussi démontrer qu'ils s'étaient mêlés, essentiellement via les femmes, aux populations Toungouses environnantes. A Verkhoïansk, nos études fournissent des lignées maternelles non repérées jusqu'à présent qui pourraient être l'indice de métissages avec des populations locales de loukagkirs.

Ceci suggère que cette ethnie aurait pu être acculturée et absorbée par les lakoutes. Toutefois, à Verkhoïansk, le peuplement n'est pas largement dispersé comme en lakoutie centrale. Sur quelques rivières les lakoutes se sont implantés en défrichant des clairières, encore bien visibles dans le paysage, et surtout dans les lieux rappelant un tant soit peu la lakoutie centrale, notamment quand, en arrière de la rivière, il y avait quelques lacs. Dans deux endroits nous avons pu évaluer le développement de cette colonisation pionnière, avec une trouée modeste au 18e siècle puis une augmentation d'envergure au 19e avec des tentatives d'exploitations céréalières, disparues au 20e siècle. La forêt reprend ses droits aujourd'hui. La grande surprise est venue de la richesse des tombes qui comportent de très nombreux bijoux en argent, inconnus ailleurs. Il y a aussi des tissus rouges, les fameuses écarlatines, certainement d'origine anglaises et très recherchées, connues jusqu'à présent par les relations intéressant le commerce en Amérique du Nord à la même période. Nous en avons trouvé trois à Verkhoïansk pour une dizaine de tombes fouillées du début du 18e siècle, contre une en lakoutie centrale sur plus de quarante tombes de la même période. Il se pourrait que des circuits économiques différents aient existé, peut-être via l'océan Arctique, suivant des modalités qu'il conviendra d'explorer.



Aquarelle et photographie du sujet de la tombe de Eletcheï I, le deuxième manteau composé de tissu rouge (écarlatine) et de fourrure de zibeline est décoré de perles, cabochons et pendeloques

Watercolour and photograph of the subject found in the Eletcheï I grave. The second coat is made from red fabric (écarlatine) and sable fur, and is decorated with beads, studs and pendants

Les données archéologiques jointes à la lecture des paysages démontrent que les lakoutes, qui avaient quitté la région du lac Baïkal certainement aux alentours du 13e siècle et qui allaient vers le Nord, ont pu atteindre et s'implanter dans la région de Verkhoïansk dès le 17e/18e siècle. Ceci est très étonnant ! En effet, dans le monde entier, du 16e au 19e siècle, les populations autochtones diminuèrent de façon drastique, sous l'effet des maladies infectieuses et de la colonisation de leur territoire. Les lakoutes pourraient être une remarquable exception. Cela implique une expansion démographique que nous avons pu évaluer de 0,6 à 0,3% par an en moyenne, les faisant passer de quelques centaines au 13e siècle à plusieurs dizaines de milliers au 17e siècle. C'est une croissance d'importance, certainement en relation avec leur expansion dans un monde vierge. En revanche, ce taux est à moduler par années car il y a dû y avoir de terribles épidémies, relatées jusqu'à présent dans les récits de voyage. Nous avons pu mettre en évidence, dans les tissus de sujets provenant d'une sépulture multiple, la variole qui fait l'objet de nos investigations et qui était connue par les textes. En revanche, nous avons pu mettre en évidence, via l'ADN de bactéries retrouvé dans la pulpe dentaire (où elles étaient arrivées via le flux sanguin avant le décès) une épidémie d'oreillons qui n'avait pas laissé de traces. Nos investigations portent sur la tuberculose, inconnue dans les rapports et les textes, dont nous avons montré le terrible impact moins d'un siècle après l'arrivée des Européens et son déclin (relatif) dès le 19e siècle, preuve d'une terrible sélection naturelle de la population. Les épidémies désormais mises en évidence, les bactéries et virus en cours de séquençage, c'est dorénavant le génome humain qui deviendra l'objet de notre attention.

Conclusions

Malgré les épidémies qui ravagèrent la population, l'expansion iakoute vers le Nord suggère une acculturation des populations locales et leur absorption au sein de la nation iakoute. Par ailleurs, il semble bien y avoir eu une adaptation rapide tant biologique que culturelle à de nouveaux environnements. Parallèlement, les lakoutes semblent avoir imposé leur autorité sur les populations avoisinantes tout en maintenant un Middle Ground inventif avec les Russes. La question d'un Empire iakoute, guère soupçonné jusqu'à présent et parfois assimilé à l'expansion d'une lingua franca, est désormais posée.



Atteinte classique de la tuberculose vertébrale, qui a engendré une déformation de la colonne (mal de Pott)
Classical affects of vertebral tuberculosis, which led to the deformation of the vertebral column (Pott's disease)

Références bibliographiques

Crubézy E, Amory S, Keyser C, Bouakaze C, Bodner M, Gibert M, Röck A, Parson W, Alexeev A, Ludes B. 2010. Human evolution in Siberia: from frozen bodies to ancient DNA. *BMC Evol Biol.* 25;10:25.

Thèves C, Balaesque P, Evdokimova LE, Timofeev IV, Alekseev AN, Sevin A, Crubézy E, Gibert M. 2010. Population genetics of 17 Y-chromosomal STR loci in Yakutia. *Forensic Sci Int Genet.* 2010 Oct;4(5).

Bouakaze C, Keyser C, de Martino SJ, Sougakoff W, Veziris N, Dabernat H, Ludes B. 2010. Identification and genotyping of *Mycobacterium tuberculosis* complex species by use of a SNaPshot Minisequencing-based assay. *J Clin Microbiol.* May;48(5):1758-66.

Magnaval JF, Tolou H, Gibert M, Innokentiev V, Laborde M, Melnichuk O, Grandadam M, Crubézy E, Alekseev A. 2011. Seroepidemiology of nine zoonoses in Viljujsk, Republic of Sakha (Northeastern Siberia, Russian Federation). *Vector Borne Zoonotic Dis.* 2011;11:157-160.

Thèves C, Senescau A, Vanin S, Keyser C, Ricaut FX, Alekseev AN, Dabernat H, Ludes B, Fabre R, Crubézy E. 2011. Molecular identification of bacteria by total sequence screening: determining the cause of death in ancient human subjects. *PLoS One.* 2011;6(7):e21733.

Crubézy E, Alexeev A., dir. 2012. *Le monde des lakoutes anciens : expérience des études transdisciplinaires (données des expéditions sakha-françaises)*, Presses de l'Université Fédérale du Nord-Est, Iakoutsk, ouvrage en russe, 10 pages de résumé en anglais.



Des bouffées d'évolution... parmi la faune marine antarctique !

Guillaume Lecointre

UMR 7138 UPMC-MNHN-CNRS-IRD
« Systématique, Adaptation, Evolution »
Département Systématique et Evolution
Muséum National d'Histoire Naturelle

L'évolution en Antarctique n'est pas un long fleuve tranquille. Le projet « REVOLTA » (Radiations EVOLutiles en Terre Adélie) a pour ambition de connaître la faune benthique du plateau continental antarctique mais surtout ses modalités d'évolution passées. Il se trouve que le projet a abouti à la découverte de neuf « explosions évolutives » marines parmi les poissons téléostéens et les crustacés, ayant abouti à des « bouquets » d'espèces diversifiées sur le plan écologique, dominantes en termes de biomasse, apparentées entre elles et qu'on ne trouve que là. De telles « explosions » passaient pour être rares en milieu marin : ce n'est plus le cas. Le projet a également permis de trouver quelques groupes d'organismes dont l'évolution ne correspond pas à ce schéma. Au delà, c'est la connaissance systématique de la faune que le programme REVOLTA cherche à approfondir avec le soutien de l'IPEV; et de ce point de vue l'Antarctique est loin d'avoir livré tous ses secrets zoologiques !

Evolution in Antarctica is not « business as usual ». The project « REVOLTA » (Radiative EVOLution in Terre Adélie) aims to increase our systematic knowledge the benthic fauna of the continental shelf, and above all to infer its past evolutionary history. The project discovered nine marine « species flocks » among teleostean fishes and crustaceans, leading to ecologically diverse species that dominate their environment in terms of biomass, closely related to each other and only found in the Antarctic shelf. Such species flocks were previously considered as rare in the marine realm; and it is not true anymore. The project also pointed out some groups of organisms which evolution does not correspond to that scheme. Beyond those results, the systematic knowledge of the Antarctic fauna is supported by IPEV... And Antarctica did not yet deliver all its zoological secrets !



L'évolution n'est pas un long fleuve tranquille et régulier: Il arrive que les êtres vivants soient dans des conditions telles que leurs générations successives enregistrent des changements plus rapidement que d'habitude. Ainsi, lors d'extinctions locales dues à des changements brusques du milieu, des remplaçants peuvent déployer rapidement tout un éventail généalogique et écologique en très peu de temps. Les espèces qui résulteront de ce déploiement seront, le plus souvent, localisées en un lieu, très diversifiées écologiquement parlant, tout en étant très étroitement apparentées entre elles. De tels creusets sont appelés « species flocks », que l'on pourrait traduire par bouffées d'espèces, ou creuset d'espèces. Les exemples célèbres en milieu aquatique sont les poissons téléostéens cichlidés des grands lacs Est-africains, ou encore les chabots du lac Baïkal.

entre eux qu'ils ne le sont d'organismes laissés à l'extérieur du groupe. Deuxièmement, le groupe doit être endémique de la zone géographique considérée. Troisièmement, un « species flock » est supposé avoir produit des espèces, il faut donc un nombre relativement important d'espèces (quoique ce critère continu doit être manipulé avec précaution, par exemple en comparant avec les groupes proches hors de la zone d'intérêt). Quatrièmement, le succès écologique du groupe doit se traduire par une diversification écologique et morphologique. Cinquièmement, ce succès doit aussi se traduire en nombre d'individus, disons en biomasse relative. Les notothenioïdes souscrivent à tous ces critères : on ne les trouve que là, ils constituent 46% du nombre d'espèces de poissons du plateau continental, où ils représentent 90% de la biomasse des poissons, ils sont monophylétiques, ils réalisent une diversification remarquable en termes écologiques et morphologiques.



Remontée du chalut à perche à bord du Seatruck.
Uptake of the beam trawl on board of the Seatruck.



Saisie du « cul de chalut » grâce à la « cravate », à bord du Seatruck.
Catching the content of the trawl, on board of the Seatruck.

Le plateau continental, propice aux « bouffées d'espèces » ?

Mais surtout, Eastman et McCune ont émis l'idée que le plateau continental antarctique serait particulièrement propice à la génération de tels « flocks ». En effet, ce plateau continental est le plus isolé. D'abord géographiquement, par les distances. Le plateau continental antarctique est situé à plusieurs milliers de kilomètres des autres plateaux continentaux, excepté la zone de la péninsule relativement proche de l'extrémité Sud de l'Amérique du Sud. Ensuite physiquement. Il est froid et profond. Sa profondeur moyenne est de 500 mètres, surbaissement huit fois supérieur à la profondeur moyenne des autres plateaux continentaux, dû à la masse colossale de la glace d'eau douce qui pèse sur le continent tout entier. Les courants de surface sont circum-antarctiques et les courants profonds partent du Sud (du continent) vers le Nord. Le front polaire est une zone d'interface entre masses d'eaux aux qualités très différentes : les eaux antarctiques sont moins salées, plus denses, plus oxygénées et plus froides que les eaux tempérées environnantes. Si différentes que le front polaire agit comme une barrière pour les poissons pélagiques, qui sont radicalement différents de part et d'autre.

De plus, les glaciations passées ont vu l'avancée des glaciers sur le plateau continental, puis leur retrait durant les périodes interglaciaires plus clémentes, ce qui a probablement eu pour effet de fragmenter régulièrement les faunes du fond, dites aussi faunes benthiques.

Des bouffées d'évolution... de la faune marine ?

On pensait que de tels « species flocks » étaient rares en milieu marin. En effet, le milieu marin nous apparaît comme plus homogène, plus ouvert que les milieux terrestres, portant davantage à la dispersion des gamètes et des larves. Or, cette représentation pourrait être trompeuse. Le milieu marin possède, lui aussi, ses barrières et ses contraintes. Ainsi, la faune des poissons trouvés dans l'Océan Austral est endémique à 97% ! C'est-à-dire qu'on ne les trouve que là. Il y a une douzaine d'années, Joe Eastman, de l'Université de l'Ohio, et Andy McCune, de l'Université Cornell, ont émis l'idée que les notothenioïdes, groupe de 134 espèces de poissons téléostéens proches des perches, mais qu'on ne trouve qu'en antarctique, pourraient constituer un « species flock » géant à l'échelle du continent entier. Comment ont-ils pu proposer cela ? Ils ont pris cinq critères par lesquels on reconnaît un « species flock ». Premièrement, le groupe doit être monophylétique, c'est-à-dire que les membres du groupe doivent être plus apparentés



Baïlle contenant la moitié d'un cul de chalut. Tous ces animaux vont être triés.
Half the content of the trawl is in this box. All these animals are going to be sorted out.

REVOLTA et ANTFLOCKS

Le projet IPEV n°1124 « REVOLTA », dont le nom signifie « Radiations EVOLutives et Terre Adélie », et implique trois Unités Mixtes de Recherche françaises ainsi que des collaborateurs australiens, italiens et allemands, a pour ambition de vérifier ces hypothèses pour la faune benthique du plateau continental antarctique. Si le plateau continental est propice aux « species flocks », nous devrions en trouver d'autres parmi la faune du fond. En d'autres termes, ces « species flocks » sont-ils fréquents ? Pour les reconnaître, les cinq critères de Eastman & McCune sont-ils faciles d'utilisation et suffisants ? Pour répondre à ces questions, nous n'avons que l'embarras du choix. En effet, sur le plateau continental antarctique, la faune du fond est extrêmement riche d'espèces et nous avons longtemps sous-estimé cette biodiversité. Le plateau est moins riche en espèces pour les poissons téléostéens, les crustacés décapodes et les mollusques, mais il est aussi riche que d'autres plateaux pour les échinodermes et les annélides polychètes, et surtout plus riche en espèces qu'ailleurs pour les bryozoaires, les pycnogonides, les ascidies, les éponges, les crustacés amphipodes et isopodes.



Tous ces animaux se trouvent au fond, sur le plateau continental, près de la base Dumont d'Urville.

All these animals are found in the bottom of the shelf, near Dumont d'Urville station.

C'est un projet qui exige qu'on ait exploré la faune et qu'on sache précisément ce qu'on y trouve. C'est avant tout un projet de systématique, science des classifications. Tout d'abord parce qu'il faut reconnaître ce que l'on trouve, c'est-à-dire identifier les espèces. Ensuite parce qu'il faut les délimiter. Enfin parce qu'il faut produire leur phylogénie, c'est-à-dire établir l'arbre qui montre leurs degrés relatifs d'apparentement. Seul cet arbre peut nous indiquer si le groupe auquel on s'intéresse est monophylétique ou non. L'identification se fait grâce à la collecte pour les collections d'histoire naturelle. Le spécimen est pris en photo dès son prélèvement afin de conserver un témoignage de ses couleurs, puis il est fixé en éthanol... ce qui aura pour effet de lui faire perdre ses couleurs mais préservera son corps pour les analyses anatomiques ultérieures. On aura auparavant prélevé un peu de tissu à part pour les analyses génétiques ultérieures. Dans le cadre du projet de recherche financé par l'Agence Nationale pour la Recherche (projet « ANTFLOCKS »), incluant une trentaine de chercheurs partenaires de quatre UMRs et des chercheurs belges et allemands, les approches fines ont été réservées à quatre groupes dont nous avons les spécialistes sous la main – on ne pouvait pas disposer immédiatement du même degré de précision pour toute la faune ! Nous avons choisi les téléostéens, les crinoïdes (échinodermes), les oursins (échinodermes), les crustacés amphipodes et isopodes.



Banc de tri. Les animaux sont triés par formes, pris en photo, puis conservés en alcool, et enfin destinés aux collections nationales.

Sorting the catch. Animals are sorted out by form, photographed, conserved in alcohol and sent to the national collections.

Sur le terrain

Le travail de terrain consistera à prélever des échantillons de faune du fond à différentes profondeurs à l'aide de divers engins comme le chalut à perche (principalement), et pour les organismes nageant dans la colonne d'eau, le filet trémail vertical. Ce travail doit être effectué sur une gamme de profondeurs allant du très côtier jusqu'à 800 mètres de fond, profondeurs limites de nos capacités logistiques. Jusqu'à 150 mètres environ les engins sont largués à partir du Seatruck. Au delà, il faut envoyer les chaluts de l'Aurora Australis ou bien de l'Astrolabe. Le chalut est vidé dans des baïlles transportées sur un banc de tri. Les organismes y seront lavés à l'eau de mer, triés par formes, étiquetés, pris en photo, et mis en alcool. Ces opérations sont réalisées dans un conteneur de tri (à bord d'un bateau, ou la « criée » à Dumont d'Urville).



Cet étrange animal est une holothurie (groupe des échinodermes) pêchée par 732 mètres le 20 janvier 2012.
This weird animal is a holothurian (echinoderms), caught by 732 meters deep on January, 20th, 2012.

Au laboratoire

L'identification va passer par l'observation traditionnelle des spécimens, à la loupe binoculaire, y compris maintenus vivants en aquarium afin de repérer certains traits de comportement. Ainsi la base Dumont d'Urville réinstalle-t-elle ses aquariums dans un abri spécifique afin que les températures froides y soient mieux contrôlées. Mais aussi par le séquençage de son ADN, et tout particulièrement un morceau de l'ADN des mitochondries que l'on appelle le gène de la cytochrome oxydase I, gène choisi comme « code-barre » moléculaire pour ses modalités de variation chez les animaux. En effet, il varie beaucoup moins à l'intérieur des espèces qu'entre les espèces, ce qui en fait généralement un bon marqueur de celles-ci. La comparaison des hypothèses d'espèces fournies par la morphologie et celles fournies par le code-barre moléculaire permet généralement d'établir des espèces plus fiables et mieux argumentées. La phylogénie moléculaire, quant à elle, va utiliser la ressemblance entre espèces des séquences des molécules d'ADN issues de plusieurs gènes pour savoir qui est plus apparenté à qui, parmi ces espèces. La monophylie des groupes considérés sera ainsi testée. Les spécimens seront conservés dans les collections nationales au Muséum national d'Histoire Naturelle. Les groupes zoologiques qui ne sont pas étudiés dans le détail pour le moment voient leurs spécimens momentanément confiés à des experts étrangers, afin de maximiser la mobilisation internationale des compétences sur nos prélèvements et nos collections.



Crustacé isopode (groupe des cloportes) pêché par 732 mètres de fond. Sa famille correspond à un « species flock ».
Isopod crustacean caught by 732 meters deep. Its family corresponds to a species flock.

L'application des critères de Eastman et McCune a dû être mise en ordre. Les trois critères structuraux (endémisme, monophylie, richesse en espèces) ont été considérés en priorité. Les critères fonctionnels (diversification écologique et biomasse) ont été considérés en second. La raison en est simple. Les trois premiers

dépendent de l'extension géographique que l'on prend en compte, les deux suivants non. Ensuite, les deux suivants sont souvent plus difficiles à documenter. Il est apparu au cours de l'étude que le critère de vitesse de diversification, mesuré au cours des études de phylogénie moléculaire du groupe d'espèces considéré, est un aspect historique qui manque parmi les critères d'Eastman et MacCune, et qui peut parfois rendre au « species flocks » sa dimension d'événement. Cet événement peut être considéré comme déterminant à une phase de l'histoire de la faune antarctique, et ceci en dépit du fait que certaines parties des espèces ultimes peuvent être secondairement sorties, ensuite, de la zone d'endémisme initialement considérée. En d'autres termes, la vitesse de diversification initiale peut « rattraper » un « flock » là où son endémisme avait échoué.



Crustacé amphipode pêché par 732 mètres de fond.
Amphipod crustacean caught by 732 meters deep.

Neuf « species flocks » ont été identifiés, contredisant l'opinion selon laquelle ils seraient rares en milieu marin. Nous en avons identifié cinq chez les poissons notothenioïdes, trois chez les crustacés amphipodes et un chez les crustacés isopodes. Nous avons également trouvé des groupes qui ne correspondaient aucunement à des « species flocks », comme par exemple les poissons de la famille des liparidés, dont les nombreuses espèces habitant le plateau continental antarctique ne sont pas apparentées entre elles. Les crinoïdes étudiées ou les crustacés décapodes étudiés ne sont pas des « species flocks » parce que, bien qu'ils soient importants en termes de biomasse et qu'ils soient monophylétiques, le nombre d'espèces est finalement assez limité. D'autres groupes d'espèces encore, parmi les oursins, les mollusques gastéropodes, ou les pycnogonides, sont peut-être des « flocks » mais il manque encore des données sur leur écologie pour en être certains. Ainsi ces études ne servent pas seulement la systématique et l'étude de l'évolution, mais aussi pointe où nous devons faire des efforts dans la connaissance de l'écologie des espèces.



Téléostéen du genre Pogonophryne pêché par 732 mètres de fond. Sa famille correspond à un « species flock ».
Teleostean fish of the genus Pogonophryne caught by 732 meters deep. Its family corresponds to a species flock.

Vivre en colonie : se voir, se sentir et se parler

Francesco Bonadonna, Sylvia Campagna,
Aurélie Celerier, Steve Dobson,
Marianne Gabirot, Nana Hesler,
Ismael Keddar, Jérôme Mardon, Maria Strandh

Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive, CEFE

Les travaux de notre programme 354 ETHOTAAF portent essentiellement sur la communication animale. Par une approche pluridisciplinaire, intégrant comportement, génétique et chimie nous cherchons à déterminer comment les signaux visuels, olfactifs et acoustiques interviennent dans la vie sociale des manchots et des pétrels notamment pour choisir un partenaire sexuel, retrouver leur nid ou leur progéniture dans les conditions extrêmes du milieu antarctique. Nos résultats, totalement pionniers, révèlent toute la complexité des mécanismes mis en jeu et la richesse des informations transmises et nous engageant à mettre l'accent sur les interactions entre les différentes modalités sensorielles dans nos recherches ultérieures.

The research of the programme 354 ETHOTAAF is mainly focused on animal communication. Through a multidisciplinary approach, combining studies on behaviour, genetics, and chemical ecology, we try to disentangle how visual, acoustic and chemical signals play a role in the social life of seabirds (penguins and petrels). We try to understand for example how they can use honest signals of whatever nature to chose a good mate, to find home, to recognise their kin in the extreme sub-Antarctic environment. Our results, beyond original and innovative results in behavioural biology, show the complexity of the mechanisms behind social communication and strongly suggest looking at interaction among the different communication channels.



Introduction

Les oiseaux marins des TAAF représentent un patrimoine unique au monde. Différentes espèces regroupées en immenses colonies de milliers d'individus (Fig. 1a) se retrouvent et se côtoient chaque année pour se reproduire. La formation d'une colonie à un moment du cycle de vie est souvent un facteur crucial qui contribue au brassage génétique et présuppose la mise en place de modes de communication efficaces entre individus d'une même espèce, et éventuellement avec d'autres espèces, basés sur une combinaison plus ou moins variée de signaux classés d'après leur nature physique et leur mode de réception tels que :

- signaux visuels et de posture (ornementations colorées; parades nuptiales);
- signaux chimiques (olfactifs et gustatifs) ;
- signaux sonores (appels et chants).

Les recherches de notre programme 354 ETHOTAAF portent, en plus des problématiques d'orientation des oiseaux (non présentés ici), sur la de communication sociale des oiseaux sub-antarctiques. Une attention plus particulière est portée sur l'implication des différents signaux de communication dans le choix du partenaire et donc la sélection sexuelle. Nombres d'oiseaux marins présentent un système d'appariement monogame qui permet un fort investissement paternel et des soins communs bien organisés, indispensables au développement de la nichée. La fidélité du couple au fil des ans est également observée, favorisant, par l'acquisition d'expérience, un meilleur succès reproducteur.

En effet, au vu des contraintes écologiques inhérentes au milieu antarctique, seuls des soins parentaux élevés peuvent assurer la survie de la progéniture.

L'évolution de ces espèces dans un environnement contraignant favorise l'émergence de solutions phénotypiques singulières et inattendues. Par ailleurs, ces animaux, souvent peu farouches, se prêtent aisément à l'observation et à la manipulation permettant la mise en place, en milieu naturel, de tests comportementaux auparavant limités au laboratoire. Ainsi, notre programme a permis d'obtenir au fil des ans, des découvertes originales en Biologie du Comportement, dont certaines, notamment sur la communication olfactive des pétrels, ont stimulé la communauté scientifique à revoir ses à priori sur l'olfaction chez les oiseaux.



Figure 1 : a. Colonie de Manchots Royaux, *Aptenodytes patagonicus*, à Ratmanoff, Kerguelen : environ 200000 couples
Figure 1 : a. King penguins (*Aptenodytes patagonicus*) colony at Ratmanoff, Kerguelen: about 200000 breeding pairs

Signaux visuels chez le manchot royal

Les recherches du fondateur du programme ETHOTAAF, Pierre Jouventin portaient, entre autre, sur la communication acoustique des manchots royaux, et ont contribué au décodage de leur signature vocale¹.

A sa suite, notre programme a étendu ses recherches à la compréhension de l'évolution et du maintien de leurs ornements colorés (Fig. 1b). Ces ornements, exprimés par les deux sexes, en font une espèce dite « mutuellement ornementée ». Autrefois négligée, l'ornementation mutuelle présente l'opportunité d'élargir le paradigme Darwinien de la sélection sexuelle et suscite aujourd'hui un intérêt croissant en Ecologie Evolutive.

Historiquement, la majorité des travaux portant sur la sélection sexuelle se sont attachés à expliquer le dimorphisme sexuel -parfois extrême- observé au sein du règne animal. Il existe aujourd'hui un consensus général selon lequel la compétition pour l'accès au(x) partenaire(s) de reproduction favorise l'évolution et le maintien de caractère(s) sexuel(s) secondaire(s) chez le sexe subissant la plus forte compétition (généralement les mâles).

Dans ce contexte, l'expression d'ornements par les femelles a d'abord été considérée comme fortuite et résultant d'une corrélation génétique avec les ornements exprimés chez les mâles. Toutefois, un nombre croissant de résultats suggère que les ornements des femelles sont, à l'instar des mâles, des signaux sexuels.

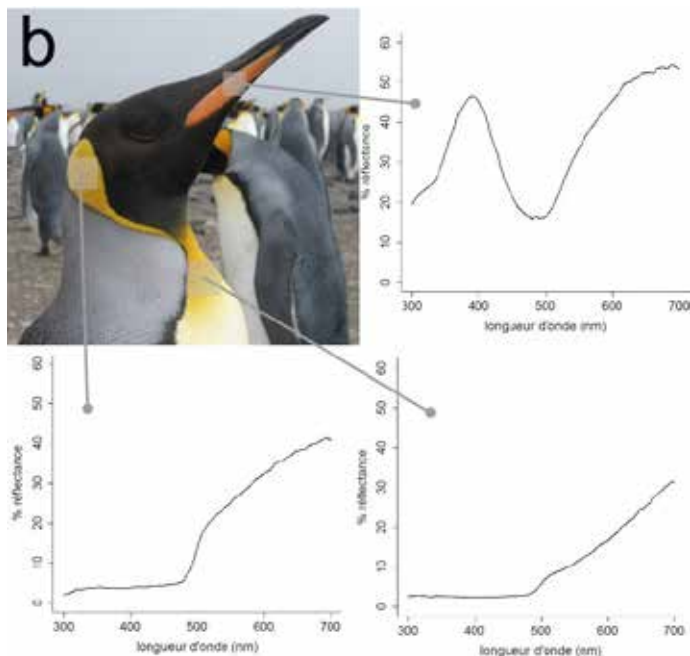


Figure 1 : b. Spectres de réflectance du bec, d'une des taches auriculaires, et du poitrail. Notez la nature bimodale du spectre du bec, avec un premier pic dans l'ultraviolet et un second dans le visible (orange).

Figure 1 : b. Beak, auricular patch, and breast reflectance spectra. Note the bimodal shape of the beak spectra, with a first peak in ultraviolet wavelengths and a second one in orange wavelengths.

¹ Aubin et al. 2000

Nos résultats prêtent aux taches auriculaires une fonction sociale chez les femelles, et une fonction à la fois sexuelle et sociale chez les mâles. En effet, les individus exprimant les taches auriculaires les plus développées (Fig. 2a) montrent des niveaux d'agressivité plus élevés pendant l'incubation ; de plus, les mâles dont la tache auriculaire est artificiellement réduite voient leur délai d'appariement allongé².



Figure 2 Mesure des caractéristiques des ornements chez le manchot royal
a. Mesure de la dimension de la tache auriculaire
b. Mesure spectrophotométrique du pic UV sur le bec
Figure 2. Measuring ornaments' features in king penguins
a. Measuring one auricular patch
b. Spectrophotometric measurement of beak's UV peak

L'ornement du bec (Fig. 2b) aurait, quant à lui, une fonction sexuelle chez les deux sexes; il signifierait la maturité sexuelle des jeunes individus et la condition corporelle des individus sexuellement matures³. Nos résultats portant sur les critères de choix lors du processus d'appariement suggèrent toutefois que les mâles sont plus sensibles à l'ornementation de leur future partenaire que ne le sont ces dernières : au début de la saison de reproduction, il existe une période de parade au cours de laquelle des couples temporaires se forment ; certains d'entre eux vont rester ensemble et se reproduire, tandis que d'autres vont se séparer et partir à la recherche d'un autre partenaire. Les femelles dont le pic ultraviolet se situe vers des longueurs d'ondes plus courtes ont une plus grande probabilité que leur partenaire initial devienne leur partenaire définitif (Fig. 3) et devraient en théorie pondre plus tôt pendant la saison.

² Références dans Nolan et al. 2010
³ Dobson et al. 2008

L'étude des ornements du manchot royal est également abordée sous un aspect chimique. Classiquement, les colorations du plumage allant du jaune au rouge résultent de la présence de caroténoïdes. Cependant, les résultats obtenus ont mis en lumière la présence de ptérides, une nouvelle classe de pigment qui n'avait encore jamais été observée dans des plumes⁴.

De ce point de vue, les manchots constituent une exception parmi les oiseaux et les raisons évolutives de cette particularité sont à élucider.

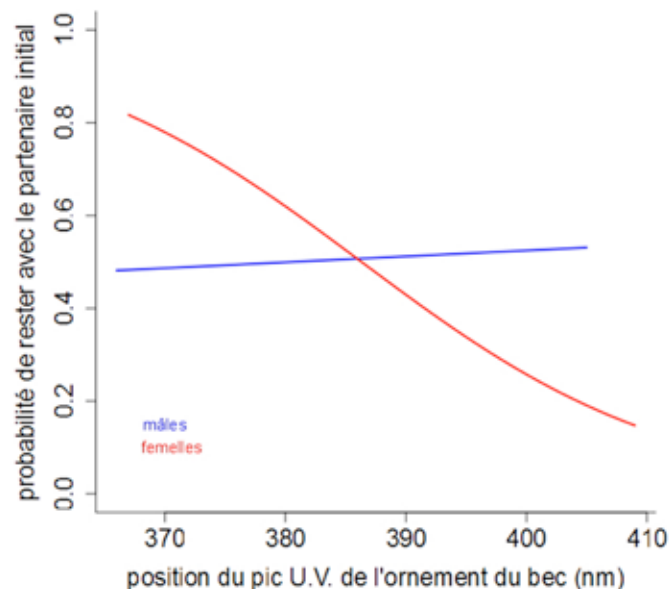


Figure 3. Probabilité qu'un individu garde son partenaire pendant la période de formation des couples. La position du pic ultraviolet n'a pas d'effet notable chez les mâles (courbe bleue); chez les femelles en revanche, la position du pic ultraviolet joue un rôle important dans la formation du couple (courbe rouge).
Figure 3. Probability that an individual keeps its partner during the pair formation process. The position of the ultraviolet peak has no significant effects in males (blue curve), but seems important in females (red curve).

Signaux olfactifs chez les pétrels

L'exemple des manchots ci-dessus illustre bien que les études sur la communication chez les oiseaux ont privilégié des modalités sensorielles évidentes telles que le chant ou les couleurs, négligeant le rôle de l'olfaction dans les comportements sociaux. En effet, les oiseaux ont longtemps été considérés, à tort, comme anosmiques (sans odorat). Cependant, la communication chimique est le canal le plus ancien, largement utilisée des insectes aux mammifères et constitue un mode de transfert d'informations fiable et honnête car difficilement falsifiable.

Certains oiseaux marins de l'ordre des procellariiformes (pétrels et albatros) possèdent un bulbe olfactif dont la taille relative par rapport aux hémisphères cérébraux est élevée et une glande uropygiale dont les sécrétions leur confèrent une odeur musquée caractéristique. En outre, ces oiseaux présentent un très faible dimorphisme et sont nocturnes et silencieux à leur retour à la colonie pour éviter les risques de prédation. Enfin, les procellariiformes sont, pour la plupart, philopatriques, monogames et fidèles. Ces modes de vie et caractéristiques écologiques ont favorisé l'évolution de la communication olfactive, faisant des pétrels un modèle biologique particulièrement pertinent pour l'étude de signaux chimiques chez les oiseaux.

⁴ McGraw et al. 2007

Stimulée par nos précédents travaux montrant que l'utilisation de l'olfaction est nécessaire aux pétrels pour le retour nocturne au terrier⁵, notre équipe a développé une approche pluridisciplinaire, combinant la chimie (chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse), l'éthologie (choix binaire en labyrinthe en Y) et la génétique (pyroséquençage des gènes du complexe majeur d'histocompatibilité, CMH).

De plus, pour contourner certaines contraintes techniques et méthodologiques inhérentes aux conditions de terrain, nous avons également développé une approche comportementale indirecte originale, basée sur l'exploitation des excellentes

capacités olfactives des souris et les utilisant comme « nez » pour discriminer entre différentes odeurs de pétrels et les comparer : l'olfactomètre biologique.

Cette approche pluridisciplinaire, a permis de progresser davantage dans la connaissance de l'implication des signaux odorants dans certains comportements sociaux. Ainsi, nos analyses chimiques, établissant le profil des molécules chimiques présentes dans les sécrétions de la glande uropygiale et répandues sur le plumage (Fig. 4), indiquent que les odeurs de ces oiseaux pourraient constituer une sorte de signature olfactive véhiculant des informations socio-écologiques cruciales telles que l'espèce, le genre ou l'identité.

5 Références dans Bonadonna 2009

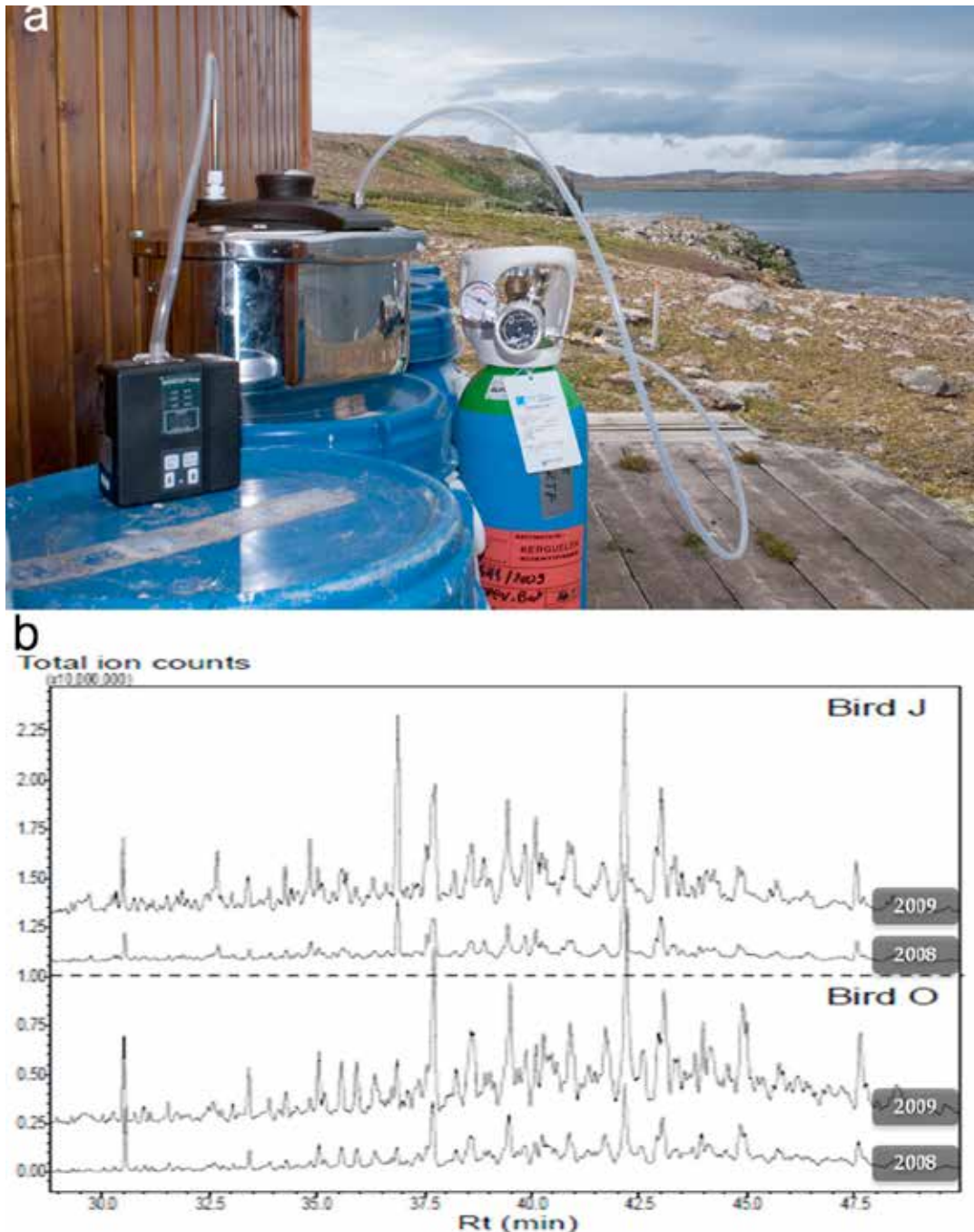


Figure 4.
a. Dispositif expérimental permettant d'échantillonner les composés volatiles chez les pétrels
b. Exemple de profil de signature olfactive pour deux individus (pétrel bleu) échantillonnés deux années consécutives: noter que le profil est similaire d'une année sur l'autre pour un même individu et différent entre les individus.

Figure 4.
a. Experimental chamber to sample organic volatiles compounds in petrels
b. Example of olfactory signature profile in two blue petrel individuals over two consecutive years: it is worth to note that the profile is similar over the two years for one bird, but different between the two individuals

En effet, les prions de la désolation (Fig. 5a) et les pétrels bleus (Fig. 5b), deux espèces sympatriques, portent un label chimique spécifique à chacune d'elles et ils sont capables d'identifier l'odeur de leur propre espèce et la préférer à celle d'une autre espèce. Ce résultat prend tout son sens lorsqu'on sait que ces deux espèces sont en compétition pour les mêmes nids et que la capacité à éviter le terrier de l'autre espèce est déterminante pour la réussite de la reproduction. Au sein d'une même espèce, nous avons montré que chaque individu porte un label odorant unique, plus similaire à lui-même d'une année sur l'autre qu'à celui d'un conspécifique. Grâce aux expériences en labyrinthe (Fig. 5c), nous avons mis en évidence que ce label permet de reconnaître et préférer l'odeur de leur partenaire sexuel (Fig. 5d), d'identifier leur propre odeur et de l'éviter, lui préférant l'odeur d'un conspécifique inconnu⁶.

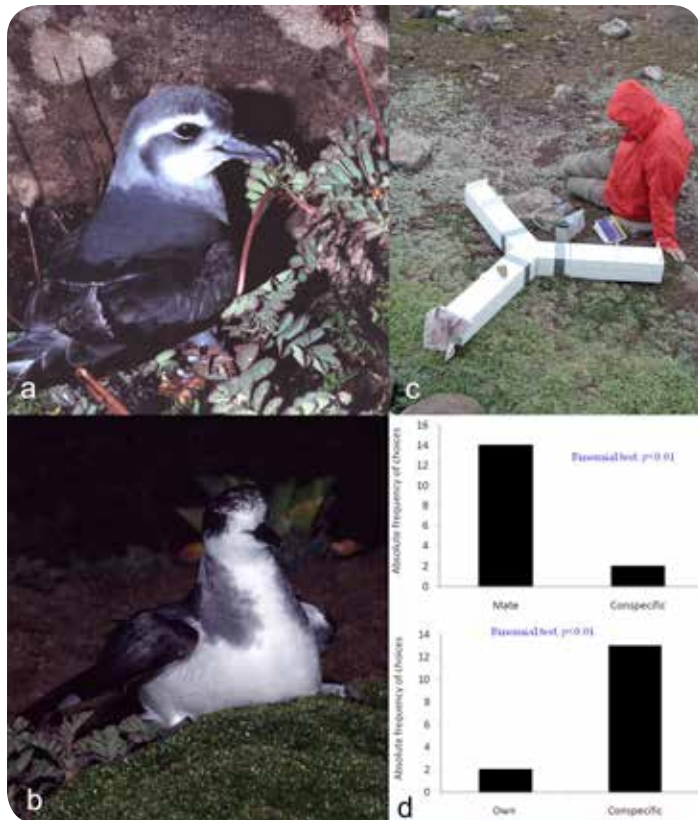


Figure 5.
a. Prion de la désolation, *Pachyptila desolata*
b. Pétrel bleu, *Halobaena caerulea*
c. Labyrinthe en Y permettant de proposer des choix binaires d'odeurs sur le terrain
d. Résultats obtenus dans le labyrinthe en Y : l'histogramme du haut montre que les oiseaux préfèrent l'odeur de leur partenaire (mate) à celle d'un inconnu (conspécific) ; l'histogramme du bas montre que les pétrels évitent leur propre odeur (own) au profit de celle d'un inconnu (conspécific)

Figure 5.
a. Antarctic prion, *Pachyptila desolata*
b. Blue petrel, *Halobaena caerulea*
c. Y-maze to test binary choice in the field. Results obtained with the y-maze: the histogram above shows that petrels prefer mate's to conspecific's odour; the histogram below shows that petrels avoid their own odour and prefer the conspecific's one

Si la reconnaissance de l'odeur du partenaire paraît pertinente, en revanche l'évitement de l'odeur personnelle paraît beaucoup plus inattendu. Une des hypothèses explicative de cette aversion serait qu'elle permettrait d'éviter la consanguinité. Pour tester cette hypothèse, nous avons cherché si ces oiseaux pourraient produire et reconnaître des signaux chimiques reflétant leur degré d'apparentement. Pour ce faire, nous avons utilisé l'olfactomètre biologique qui nous a permis de mettre en évidence l'existence d'un label chimique d'apparentement chez le pétrel bleu (Fig. 6). Il reste à déterminer si ce label est effectivement utilisé par ces pétrels. Des expériences de choix entre l'odeur d'un apparenté et l'odeur d'un

étranger réalisées chez l'Océanite tempête, *Hydrobatas pelagicus* (espèce méditerranéenne) ont fourni un premier élément de réponse : les oiseaux évitent l'odeur des individus qui leur sont apparentés, ce qui suggère que le label d'apparentement constitue bien un signal utilisé par le récepteur pour ne pas s'accoupler avec un membre de sa famille. Un choix optimal de partenaire sexuel est crucial pour les pétrels, car, à cause de leur monogamie, un mauvais choix pourrait avoir des conséquences dramatiques sur leur succès reproducteur et leur valeur sélective⁷.

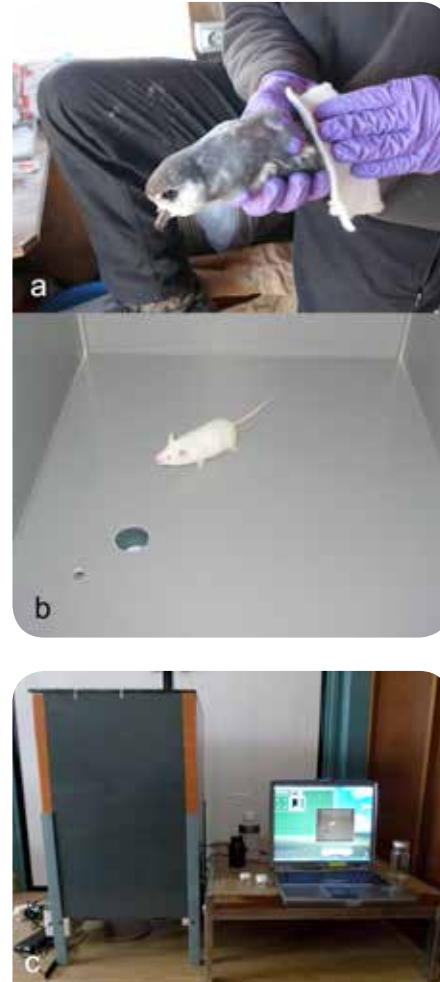


Figure 6.
a. Prélèvement d'odeur sur les pétrels au moyen de lingettes empruntées aux techniques de police scientifique
b, c. Olfactomètre biologique utilisant des souris comme « nez » pour discriminer entre odeurs de pétrels
d. Après habitude à l'odeur d'un poussin, les souris explorent davantage l'odeur d'un adulte non-apparenté (rouge) par rapport à celle d'un parent du poussin (vert), indiquant ainsi qu'elles considèrent l'odeur du parent plus similaire à celle du poussin

Figure 6.
a. Odour collection in petrels with swabs borrowed from forensic police procedures
b, c. Biological olfactometer using mice as "nose", to discriminate between petrels' odours
d. After habituation to a chick's odour, mice explore more a non-kin-related adult's odour (red) than the odour of a chick's parent (green), thus showing that they consider the parent's odour as similar to the chick

Ainsi l'odeur individuelle et les informations qu'elle contient, pourraient constituer un signal, permettant un choix optimal du partenaire sexuel sur la base de sa qualité et/ou compatibilité génétique. Le choix de partenaire basé sur les odeurs personnelles reflétant la qualité du complexe de gènes immunitaires du CMH est maintenant bien connu chez les souris et chez l'homme. Les analyses génétiques que nous avons réalisées sur les gènes du CMH ont montré que les pétrels bleus, comme les souris, s'accouplent avec des partenaires possédant un CMH de classe II le plus distant du leur. Il a été émis l'hypothèse que les indices olfactifs pourraient être influencés par la communauté microbienne et/ou par ses métabolites. Dans la mesure où le CMH de classe

Il est impliqué dans la reconnaissance et le contrôle des organismes pathogènes extracellulaires telles que les bactéries, on peut faire l'hypothèse d'une contribution de la flore bactérienne présente sur un individu à la constitution de son odeur personnelle reflétant son CMH. De plus, le profil odorant du pétrel bleu semble être généré au niveau des sécrétions de la glande uropygiales et se retrouve sur les plumes, légèrement modifié du fait de la dégradation des composés chimiques, probablement sous l'action de la flore bactérienne. Cela permettrait aux pétrels de choisir un partenaire avec un CMH le plus distant du leur, en choisissant une odeur bien différente de la leur. Il nous reste à comprendre si les gènes du CMH contrôlent réellement la constitution de la flore bactérienne et du profil olfactif des oiseaux et également si les odeurs choisies par les oiseaux appartiennent effectivement à un individu possédant le CMH idéal pour eux.

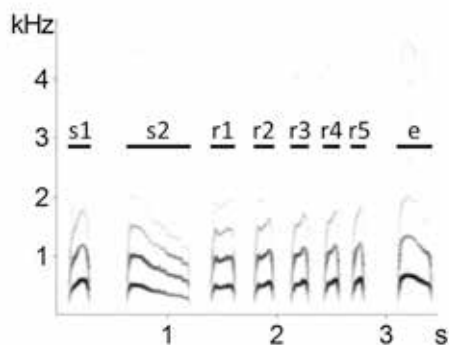


Figure 7
a. Enregistrement des chants de pétrels bleus (Kerguelen)
b. Spectrogramme du chant d'un mâle. Fréquence (kHz) en fonction du temps (secondes). Les syllabes sont indiquées par des barres représentatives de leur durée. Syllabes initiales « start element » (s1, s2) ; syllabes répétitives (r1-r5) ; syllabe finale « end element » (e).

Figure 7
a. Recording blue petrels calls (Kerguelen)
b. Spectrogram of a male call. Frequency (kHz) against time (seconds). The different elements are marked by bars showing their length. Calls start with two start element (s1, s2), followed by a number of repetitive elements (r1-r5) and a final end element (e).

Perspectives

L'odorat est donc impliqué dans la communication des pétrels mais un autre canal sensoriel pourrait également jouer un rôle primordial : le canal acoustique. En effet, une colonie de pétrels n'est jamais totalement silencieuse car les oiseaux non reproducteurs émettent des vocalisations dont on suppose qu'elles jouent un rôle important dans la formation des couples. Cependant, les connaissances à propos de cette communication sonore restent très limitées, probablement à cause de la difficulté à étudier des oiseaux nichant sous terre et ayant une activité à la colonie strictement nocturne. Nous avons donc initié cette année, un projet sur cette problématique acoustique. Nous avons analysé les caractéristiques acoustiques des chants de pétrels bleus males (Fig. 7) et ainsi mis en évidence que la structure générale des vocalisations est très similaire pour tous les oiseaux, mais qu'il existe toutefois des variations individuelles perceptibles. Ces résultats suggèrent que ces signaux acoustiques pourraient constituer une signature vocale participant à la reconnaissance individuelle. Nous évaluerons si les paramètres du chant sont corrélés à la condition corporelle pouvant ainsi constituer un signal honnête de la qualité individuelle et nous effectuerons des expériences de repasse afin de déterminer si les femelles sont capables de discriminer les chants entre les différents individus et si elles préfèrent les meilleurs.

L'ensemble de nos résultats suggèrent que les différentes modalités sensorielles se combinent pour apporter des informations personnelles, précises et complexes aux congénères. La redondance et la multimodalité des signaux paraît nécessaire particulièrement lorsqu'ils véhiculent des informations cruciales pour la survie et le succès reproducteur de l'individu. Ainsi, en période de parades, les manchots royaux allouent une part importante de temps aux chants. Ces signaux acoustiques pourraient intervenir en complément des signaux colorés dans le choix du partenaire. De même, chez les pétrels, lorsque le mâle trouve ou creuse un nid, il attire la femelle en chantant à l'intérieur. Une fois à proximité immédiate, les signaux olfactifs, informatifs de la qualité génétique pourraient affiner le choix initial et induire ou non l'accouplement. Dans la suite de nos travaux, nous chercherons donc à prendre en compte ces interactions et synergies entre différents canaux d'information.

Aubin, T., Jouventin, P. & Hildebrand, C. 2000. Penguins use the two-voice system to recognize each other. *Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences*, 267, 1081-1087.

Bonadonna, F. 2009. Olfaction in petrels: from homing to self-odor avoidance. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1170, 428-433.

Bonadonna, F. & Mardon, J. 2012. Besides Colours and Songs, Odour is the New Black of Avian Communication. In: *Chemical Signals in Vertebrates XII* (Ed. by East, M. L. & Dehnhard, M.): Springer.

Bonadonna, F. & Nevitt, G. A. 2004. Partner-specific odor recognition in an Antarctic seabird. *Science*, 306, 835.

Dobson, F. S., Nolan, P. M., Nicolaus, M., Bajzak, C., Coquel, A. S. & Jouventin, P. 2008. Comparison of color and body condition between early and late breeding king penguins. *Ethology*, 114, 925-933.

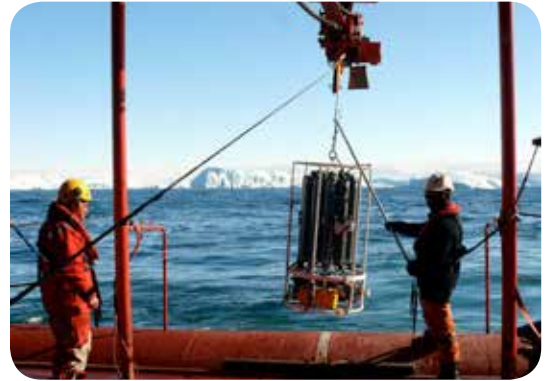
McGraw, K. J., Toomey, M. B., Nolan, P. M., Morehouse, N. I., Massaro, M. & Jouventin, P. 2007. A description of unique fluorescent yellow pigments in penguin feathers. *Pigment Cell Research*, 20, 301-304.

Nolan, P. M., Dobson, F. S., Nicolaus, M., Karels, T. J., McGraw, K. J. & Jouventin, P. 2010. Mutual Mate Choice for Colorful Traits in King Penguins. *Ethology*, 116, 635-644.



LES CAMPAGNES OCEANOGRAPHIQUES

LES CAMPAGNES OCEANOGRAPHIQUES



Campagne Océanographique aux Kerguelen : KEOPS2

Stéphane Blain⁽¹⁾ et Bernard Quéguiner⁽²⁾

(1) Laboratoire d'Océanographie Microbienne (LOMIC),
Université Pierre et Marie Curie, UMR CNRS 7621,

(2) Institut Méditerranéen d'Océanographie (MIO),
Université d'Aix-Marseille, UMR CNRS 7294 IUR IRD 235,

KEOPS2 est un projet international pluridisciplinaire qui a pour objectif d'étudier le fonctionnement de la pompe biologique de CO₂ dans l'Océan Austral. En particuliers, KEOPS2 vise à comprendre le rôle joué par le fer dans le contrôle de ce processus afin de mieux prédire la réponse de cet océan à d'éventuelles futures perturbations naturelles ou artificielles. La stratégie de KEOPS2 est centrée sur une campagne océanographique qui s'est déroulée sur le *Marion Dufresne* du 9 octobre au 29 novembre 2011. Plus de 50 scientifiques ont participé aux prélèvements et analyses réalisés dans les domaines de l'océanographie physique, chimique et biologique. La campagne a été fructueuse et l'exploitation des premières données est prometteuse.

KEOPS2 is an international and pluridisciplinary project that aims to study the functioning of the biological pump of CO₂ in the Southern Ocean. KEOPS2 focuses on the role of iron in controlling this process. The results will help to better predict the response of the Southern Ocean to possible future changes in iron supply due to natural variability or deliberated manipulation. The strategy of KEOPS2 is based on an oceanographic campaign that took place during the austral spring 2011 (9 Oct.- 29 Nov.). More than 50 scientists have collaborated to conduct sampling and measurements in the fields of physical, chemical and biological oceanography. The cruise was fruitful and the preliminary results are promising.



Le contexte.

L'océan Austral joue un rôle important dans le contrôle du climat de la planète. En effet, la circulation générale océanique tout autour du continent antarctique remonte des eaux profondes riches en sels nutritifs et en CO_2 . Une fois en surface, ces eaux sont transportées vers le nord. Lors de ce trajet, seulement une partie de la ressource nutritive et du CO_2 sont consommés par les organismes photosynthétiques, laissant ainsi une autre partie du CO_2 s'échapper dans l'atmosphère. Dans l'Océan Austral, la pompe biologique ne tourne donc pas à plein régime. La principale marque de cette inefficacité est la présence d'une énorme ressource en sels nutritifs inutilisée. Ce fait a été reconnu dès les premiers voyages océanographiques datant du début XX^{ème} siècle. Toutefois ce n'est que dans les années 90 que la cause a été clairement identifiée. Il s'agit d'une limitation en fer du phytoplancton. Du fait de son éloignement de tout continent, les apports en fer dans cet océan sont aujourd'hui insuffisants pour satisfaire la demande du phytoplancton. Celui-ci se trouve donc dans l'impossibilité de consommer la totalité des sels nutritifs présents. Potentiellement l'Océan Austral pourrait donc capturer plus de CO_2 . Dans le passé, notamment lors des périodes glaciaires, la situation a peut-être été différente. Des apports plus importants de fer auraient pu activer la pompe biologique et contribuer à la baisse du CO_2 atmosphérique pendant ces périodes. Actuellement, l'accroissement du CO_2 atmosphérique dû aux activités humaines pose sérieusement le problème du contrôle de cette concentration à un niveau raisonnable pour éviter des dérèglements climatiques majeurs. Dans ce contexte, des voix se sont élevées pour proposer de manipuler la pompe biologique marine de CO_2 par une fertilisation massive en fer de l'océan Austral. Cette proposition est cependant majoritairement rejetée par la communauté scientifique.

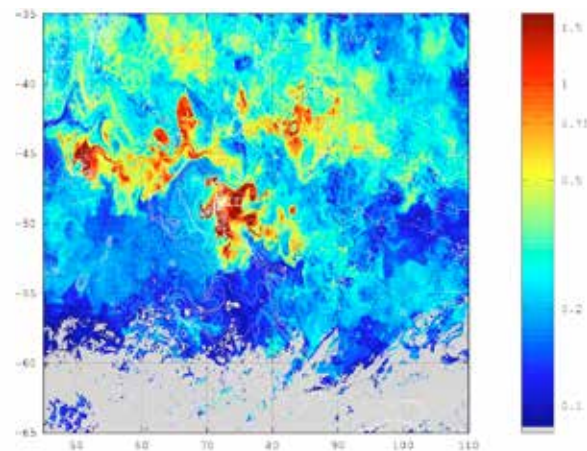
Comprendre comment le fer contrôle la pompe biologique de CO_2 dans l'Océan Austral est ainsi devenu un enjeu majeur pour pouvoir prédire la réponse de cet océan et de ses interactions avec le climat face à de futurs changements. Ces changements pourraient être d'origine naturelle, avec par exemple la modification des apports atmosphériques en fer dus au changement climatique, ou bien d'origine artificielle suite à des manipulations délibérées, telles que les propositions de géo-ingénierie climatiques mentionnées ci-dessus.

L'objectif principal du projet KEOPS est d'étudier et de comprendre le fonctionnement de la pompe biologique de CO_2 dans l'océan austral. Ce mécanisme transfère du carbone de l'atmosphère vers l'océan profond et les sédiments. Les organismes photosynthétiques mais aussi les bactéries et le zooplancton en sont les principaux acteurs. Si la limitation en fer de l'océan austral a largement été démontrée en particulier par des expériences de fertilisations artificielles, nos connaissances sur les conséquences d'une fertilisation en fer, qu'elle soit naturelle ou artificielle, sur le fonctionnement de la pompe biologique sont encore fragmentaires.

Le projet KEOPS vise à combler ce manque dans notre connaissance générale du fonctionnement de la pompe biologique océanique et de sa réponse à une fertilisation en fer. La stratégie choisie est celle de l'observation dans un environnement naturellement fertilisé en fer.

Les Îles Kerguelen : un laboratoire naturel privilégié.

Si dans sa très grande majorité l'océan Austral ressemble à un désert biologique en termes d'organismes photosynthétiques, il existe cependant quelques oasis où l'activité biologique est intense. C'est le cas notamment au voisinage des îles Kerguelen. Les images satellitaires montrent parfaitement des blooms de phytoplancton au-dessus du plateau et à l'est de l'archipel.



Distribution de la chlorophylle dans le secteur indien de l'Océan Austral. Les zones enrichies (en rouge) sont clairement visibles dans le sillage des îles Crozet (à droite), Kerguelen au centre et Amsterdam (à gauche). La couleur bleue correspond aux régions typiques de l'Océan Austral où la concentration en chlorophylle est faible. *Distribution of chlorophyll in the Indian part of the Southern Ocean. The regions with high concentrations of chlorophyll (in red) are clearly visible downstream the different islands, Crozet on the right, Kerguelen in the middle and Amsterdam on the left. Low chlorophyll regions, typical of the Southern Ocean, are in blue.*

Une campagne océanographique KEOPS I (Janvier-Février 2005), a démontré que ces blooms résultaient d'une fertilisation naturelle en fer¹. KEOPS I avait également permis de montrer que l'efficacité de la fertilisation naturelle pour stocker du carbone était très largement supérieure à celle obtenue lors de fertilisations artificielles.

Si le projet KEOPS I a été un réel succès, il a aussi suscité de nouvelles questions et interrogations. En particulier, l'étude de KEOPS I s'était concentrée sur le plateau dont la profondeur est limitée à 500 m. Le temps de stockage du carbone dans l'océan est d'autant plus long qu'il est stocké profondément. Un des objectifs de KEOPS2 est donc d'étudier ce stockage profond. Par ailleurs, la fertilisation modifie le fonctionnement de l'écosystème et notamment la diversité biologique. Depuis 2005, les techniques permettant d'étudier cette diversité ont considérablement progressé. KEOPS2 a ainsi pour objectif de fournir une nouvelle vision de l'impact d'une fertilisation sur la structure des communautés planctoniques.

Les objectifs plus détaillés de KEOPS2 sont :

- Quels sont les processus qui fournissent et maintiennent le fer biodisponible et sur quelles échelles de temps agissent-ils ?
- Quels est le degré de couplage et de découplage entre les cycles du carbone, fer, azote, phosphore et silicium dans la région fertilisée ?
- Peut-on caractériser les différentes voies qui conduisent à la reminéralisation ou à l'export de carbone ?
- Comment est affectée la biodiversité par la fertilisation ?
- Quels facteurs contrôlent la variabilité saisonnière et interannuelle du bloom ?

Pour atteindre ces objectifs, il a fallu définir une stratégie de campagne différente de celle de KEOPS I.

¹ Blain, S. et al. Effect of natural iron fertilisation on carbon sequestration in the Southern Ocean. *Nature* 446, 1070–1075 (2007)

La campagne océanographique KEOPS2 :

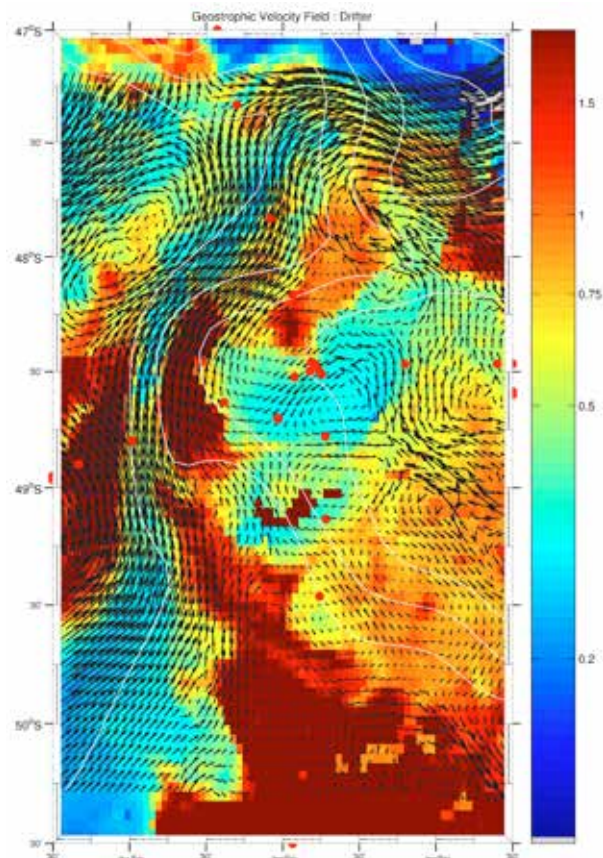
La campagne océanographique KEOPS2 (Kerguelen Ocean and Plateau compared Study) s'est déroulée sur la *Marion Dufresne* du 9 octobre au 29 Novembre 2011 dans le secteur indien de l'Océan austral au voisinage des îles Kerguelen. Le principal défi pour l'implémentation de la campagne KEOPS2 était de pouvoir positionner précisément les stations dans des sites contrastés du point de vue de l'activité biologique. Pour cela, les images satellites basées sur la couleur de l'eau sont extrêmement utiles. Elles présentent toutefois un défaut majeur : la couverture nuageuse empêche l'acquisition de ces images. La stratégie de KEOPS2 ne pouvait donc pas seulement être basée sur une donnée dont la disponibilité est aléatoire. Un second produit satellite a été spécialement élaboré pour la campagne (CLS, CNES). Il est basé sur l'altimétrie qui est insensible à la couverture nuageuse. L'altimétrie permet de visualiser les champs de courants. En faisant l'hypothèse que le bloom à l'est de Kerguelen est produit par l'entraînement de fer à partir du plateau, il a été possible de définir la zone potentiellement fertilisée en fer à partir des champs de courant et de la limite du plateau. Cette zone coïncide remarquablement avec la zone riche en chlorophylle. L'altimétrie pouvait donc être utilisée pour définir les régions riches en chlorophylle en l'absence d'image de couleur de l'eau.



Présentation pendant la campagne des trajectoires des flotteurs dérivants observées en temps réel. Ces informations permettaient d'optimiser la stratégie d'échantillonnage.

During the cruise trajectories of the surface drifters were presented and discussed in real-time. This information was used to optimize the sampling strategy.

La stratégie à la mer de KEOPS2 a ainsi été définie en temps quasi-réel durant les premiers jours de la campagne sur la base d'une réception quotidienne sur la *Marion Dufresne* de ces deux produits satellitaires (altimétrie et couleur de l'eau). Cette stratégie a ensuite été affinée en fonction des observations in situ réalisées pendant les premiers jours de la campagne – e.g. mesures des courants par les courantomètres ADCP, profils hydrologiques mesurant la salinité et la température, largages de 50 flotteurs dérivants. L'ensemble de ces mesures a été discuté puis intégré à bord pour produire des cartographies journalières de la dynamique de la zone en lien avec la distribution de la chlorophylle. Ceci a constitué le point d'appui majeur pour placer au mieux les stations d'échantillonnage.



Un exemple de carte produite pendant la campagne, montrant la superposition des champs de courant (flèches noires) et des champs de chlorophylle déduits des images satellite de couleur de l'eau.

An example of maps realized during the cruise. Currents (black arrows) overlaid surface chlorophyll concentrations derived from satellite images.

C'est dans ce cadre qu'a été mis en œuvre l'ensemble des opérations à la mer requises par l'approche pluridisciplinaire de KEOPS2. L'équipe KEOPS2 comptait 53 scientifiques. Au total 359 opérations ont été menées réparties sur 36 sites différents.



Mise à l'eau de la rosette et de ces capteurs dans une mer agitée.

Deployment of the sampling carousel in rough sea.

Ces opérations comprennent 120 profils CTD-rosette (mesures in situ et échantillonnage de la colonne d'eau), 30 profils de rosette propre (échantillonnage des métaux trace, e.g. le fer), 42 filets à zooplancton (Bongo), 27 filets à phytoplancton, 9 filets 'multinet', 16 profils de Turbomap (mesure de la turbulence), 15 déploiements de pompes in situ (collecte des particules), 7 carottages multitubes (collecte du sédiment superficiel), 12 déploiements de mouillages dérivants, 2 déploiements de mouillage fixes, équipés de courantomètres et de pièges à particule, qui seront récupérés début 2013.



Préparation d'un filet à plancton sur la plage arrière.
Preparation of the plankton net on the rear deck.

Une partie des échantillons a été directement analysée à bord. C'est le cas en particulier pour les concentrations en fer. En effet, le prélèvement et l'échantillonnage sont très sensibles aux risques de contamination. Pour cette raison, l'ensemble des opérations d'analyse et d'échantillonnage est réalisé dans un container laboratoire de type salle blanche (Illustration 6). La mesure des échantillons à bord permet de contrôler la qualité des données et de pallier aux éventuels problèmes de contaminations.



Vue de l'intérieur du container propre pour le prélèvement des échantillons destinés à l'analyse des concentrations en fer.
Inside of the trace metal clean container.

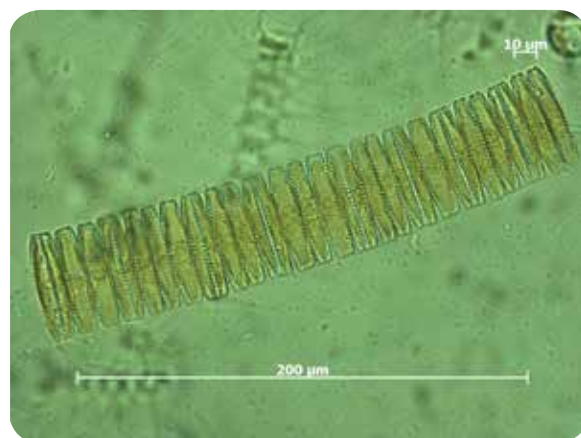
La pression partielle de CO_2 dans les eaux de surface était également mesurée en continu (collaboration avec le programme OISO²). Ce paramètre permet de calculer les flux d'échange de CO_2 entre l'océan et l'atmosphère. pCO_2 dépend fortement de l'activité biologique. La mesure du pCO_2 est donc un excellent indicateur des zones de forte activité (faible valeur de pCO_2). Cette mesure a donc été utilisée à plusieurs reprises pour positionner très précisément certaines stations.

Parmi les autres paramètres chimiques également analysés à bord figurent les sels nutritifs.

Du point de vue biologique, l'observation de microorganismes vivants apporte certaines informations inaccessibles lorsque les échantillons ont été fixés. Plusieurs microscopes ont ainsi été installés à bord pour visualiser notamment le phytoplancton prélevé à l'aide des filets.

La détermination des flux biogéochimiques (production primaire, production bactérienne, fixation d'azote, assimilation du fer ou du silicium) nécessite également de travailler sur du matériel vivant. Les échantillons prélevés sont cultivés en présence d'isotopes dans des incubateurs où la température et la lumière sont

contrôlées. Après incubation, les échantillons sont conditionnés pour une analyse à bord ou ultérieure au laboratoire.



Observation d'une longue chaîne de diatomées vivantes sous le microscope.
Microscopic observation of a long living chain of diatoms.

Un grand nombre de paramètres ne sont pas mesurés directement à bord, soit pour des raisons de place, soit pour des raisons techniques. Ces échantillons ont donc été conditionnés pour un retour dans les laboratoires où ils sont actuellement en cours d'analyse.

L'ensemble des premiers résultats a été discuté pendant la réunion post-campagne qui a rassemblé 60 scientifiques à Banyuls du 5 au 7 Septembre 2012. Parmi les participants figuraient les 8 étudiants réalisant une thèse à partir des données de KEOPS2. Les premiers résultats seront présentés à la communauté internationale pendant une conférence organisée par l'*American Society of Limnology and Oceanography* à la Nouvelle Orléans (USA), lors d'une session spéciale intitulée : *Iron, carbon cycling, and ecosystem dynamics in the Southern Ocean*.

Site web :

<http://www.obs-vlfr.fr/keops2>

Soutiens :

INSU/CNRS programme LEFE-CYBER, ANR Programme blanc, IPEV.

Partenaires :

INSU/CNRS, Universités (Paris 06, Brest, Bordeaux, Lille, Toulouse, Marseille 2), IPEV, The Antarctic Climate and Ecosystems Cooperative Research Centre (ACE CRC) Hobart (Australie), Université de Macquarie Sydney (Australie), Vrije Universitat Brussels (Belgique), Université de Concepcion (Chili), National Oceanographic Center Southampton (Royaume-Uni), Duke University (USA), Boston University (USA), Korean Research and Development Institut, Ansan (Corée du sud).

Laboratoires français impliqués :

Laboratoire océanographie microbienne LOMIC (Banyuls sur mer), Laboratoire d'océanographie physique et biogéochimique LOPB (Marseille), Laboratoire de microbiologie, géochimie et écologie marines LMGEM (Marseille), Laboratoire d'océanographie de Villefranche sur mer LOV (Villefranche sur mer), Laboratoire d'océanographie et géochimie LOG (Wimereux), Laboratoire des Sciences de l'environnement marin LEMAR (Brest), Laboratoire d'océanographie et du climat : expérimentation et approches numériques LOCEAN (Paris), Laboratoire d'études en géophysique et océanographie spatiales. LEGOS (Toulouse), Laboratoire environnement et paléoenvironnement océaniques EPOC (Bordeaux).

² OISO : Océan Indien Service d'Observation dirigé par Nicolas Metzler et Michel Brune

Activités océanographiques

Bilan des campagnes 2011-2012

Campagne MD 184/ERODER 4 **Du 4 au 12 janvier 2011** **Réunion - Réunion**

Le projet ERODER, Erosion et démantèlement de l'édifice volcanique de La Réunion, s'intéresse à l'étude des processus de démantèlement des édifices volcaniques, aux rôles respectifs des déstabilisations de flanc et de l'érosion ainsi qu'à la dynamique du transfert de matériaux sur les flancs de l'édifice volcanique jusqu'à la plaine abyssale. Il s'inscrit dans une approche terre-mer.

Cette campagne est consacrée à la réalisation de prélèvements d'échantillons par carottage (sédiments) et par dragage (formations rocheuses). Les cibles sont situées sur les flancs de l'édifice de La Réunion, sur la plaque océanique environnante et sur un ensemble de monts sous-marins situés à environ 120 milles nautiques à l'ouest-sud-ouest de La Réunion. Pendant ces opérations, l'acquisition de données de sondeur de sédiments 3,5 kHz et de gravimétrie a également été réalisée. Le magnétomètre a été mis en œuvre lors des transits longs. Le programme prévisionnel comprenait 10 carottages et 13 dragages.

Chef de projet :

- BABONNEAU Nathalie (Institut universitaire européen de la mer IUEM)
- BACHELERY Patrick (Université de La Réunion)

Chef de mission :

- BACHELERY Patrick (Université de La Réunion)



Traitement de la carotte



Arrivée de la drague DR7 après un prélèvement réalisé à la base du mont Lasso



Campagne MD 185/INDIEN SUD-I
Du 14 janvier au 11 février, puis du 17 au 20 février 2011
Réunion - Réunion

La campagne MD 185/INDIEN SUD-I contient les programmes suivants :

INDIEN SUD :

- Chef de mission : MAZAUD Alain (LSCE)¹
- Co-Chef : MICHEL Elisabeth (LSCE)

VT 114/OISO-19 :

- METZL Nicolas (LOCEAN)²

VT 115/OHA-SIS-BIO-3 :

- ROYER Jean-Yves (IUEM)

VT 116/EXTRAPLAC :

- ROEST Walter (IFREMER)³

VT / ARGO-Floats :

- THRESHER Ann (CSIRO)⁴



La Marion Dufresne mouillant à Crozet (île de la Possession)

¹ Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE)

² Laboratoire d'Océanographie et du Climat : Expérimentations et Approches Numériques (LOCEAN) - UMR7159 / IPSL

³ Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer

⁴ Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation

MD 185 / INDIEN SUD-I

L'objectif général du programme INDIEN SUD est de réaliser des carottages afin d'obtenir des enregistrements à haute résolution de l'évolution climatique et océanique passée, dans un large secteur de l'océan Indien Sud parcouru par le courant circum-Antarctique sur une période de temps couvrant les derniers cycles climatiques. Il s'agit de placer cette évolution dans un contexte général de l'évolution du climat et de la circulation marine globale. Les relations intra-hémisphériques (liens avec le climat Antarctique révélés par les carottages glaciologiques à Dôme C EPICA notamment), et inter-hémisphériques (Atlantique Nord et Groenland) seront donc examinées en détail. De tels jeux de données alimentent directement les modèles climatiques et permettent de mieux comprendre les mécanismes mis en jeu.

La répartition géographique des carottages au cours de la campagne doit permettre d'étudier les déplacements des fronts existants à différentes latitudes, à la faveur de bascules climatiques de grande et moyenne ampleur, ainsi que les variations de l'intensité de l'érosion et du transport de matériel par le principal courant marin influençant la zone, le courant circum-Antarctique.

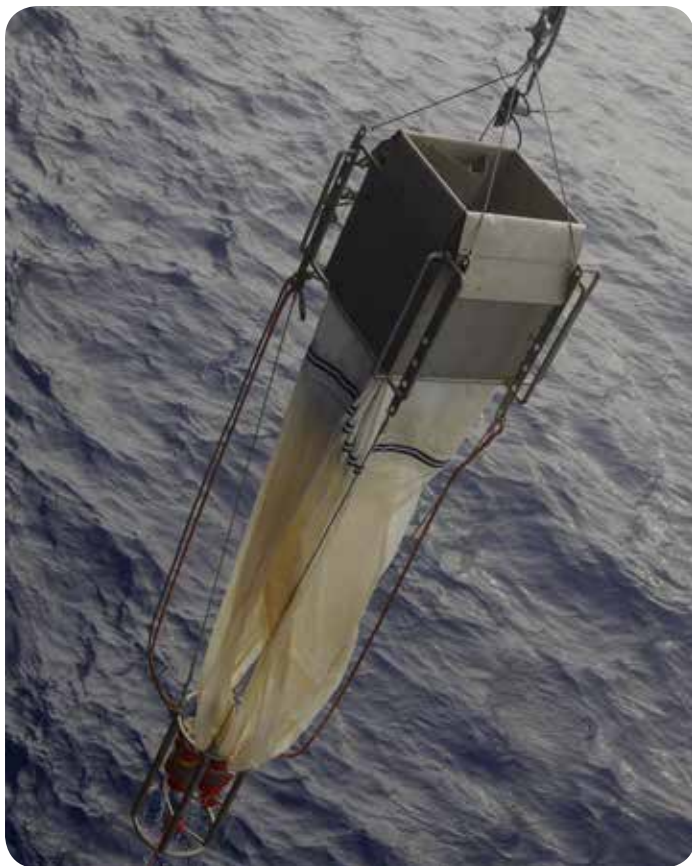
La zone d'étude est située à l'Est du plateau des Kerguelen, dans une langue de sédiments déposés principalement par le courant circum-Antarctique. Les carottages antérieurs effectués par le *Marion-Dufresne* ont révélé des taux de sédimentation relativement élevés (> 10 cm par 1000 ans) et des caractéristiques favorables aux études « multiproxies », combinant les méthodes permettant de retracer les températures/ salinités des masses d'eaux (signaux isotopiques du carbone et de l'oxygène, assemblages de foraminifères...).

D'autre part, ces carottes permettront d'évaluer le potentiel d'un nouveau traceur décrivant l'évolution passée de la distribution des eaux profondes et intermédiaires (mesures à bord des gaz rares dans les eaux interstitielles des sédiments).

Prélèvement au filet multinet dans l'Océan Indien Austral :

Collaboration :

- LSCE (E. Michel, F. Bassinot),
- Université Lyon I (F. Quillévéré),
- LOCEAN (N. Metzl, A. Lourantou et C. Pierre),
- CEREGE (T. de Garidel),
- SBR (C. de Vargas)



Le filet « multinet » instrumenté pour prélèvements de micro-organismes à différentes profondeurs

L'échantillonnage au multinet durant la campagne 2011 devait permettre de réaliser des mesures sur :

- le poids des tests et assemblages : pour les principales espèces de foraminifères planctoniques présentes, le poids des coquilles sera mesuré dans des gammes de tailles étroites afin d'évaluer d'éventuelles modifications de ces poids en fonction de la chimie des carbonates.
- la distribution géographique et bathymétrique des éco-génotypes de foraminifères planctoniques. En particulier, cet échantillonnage permettra de rendre compte d'une éventuelle stratification verticale des espèces cryptiques de foraminifères planctoniques.
- la variabilité morpho-génétique des morpho-espèces vis-à-vis de la géographie et de la bathymétrie
- le fractionnement isotopique propre aux espèces cryptiques de foraminifères planctoniques.

VT 114/OISO-19

Les campagnes OISO, Océan Indien service d'observation, labellisé Service d'observation/INSU en Juillet 1997 dans l'Observatoire de recherche en environnement CARAUS (CARbone AUStral) depuis 2003) ont pour objectif de mieux comprendre les variations saisonnière, inter-annuelle et décennale du cycle du carbone océanique dans l'océan Indien Sud, primordiales pour estimer les bilans contemporains de carbone à l'échelle planétaire et valider les modèles climatiques prédictifs.

Afin de compléter les observations internationales, le programme OISO vise à maintenir sur une longue durée l'observation des propriétés océaniques et atmosphériques dans l'océan Indien Sud.

L'instrumentation de mesure en continu de pCO_2 a été installée avec succès en juillet 1995 à bord du *Marion Dufresne* et réinstallée à 2 reprises en 1998 et 2001. En 1998, lors de la première campagne OISO, une nouvelle instrumentation automatisée pour la mesure en continu de *TA/Dissolved Inorganic Carbon* a également été mise en place. Le pompage en continu d'eau de surface alimente l'ensemble des cellules de mesures. L'acquisition des mesures et un pré-traitement des données sont effectués à bord.

Des prélèvements de surface sont effectués régulièrement pour la mesure des éléments nutritifs et pour la salinité (calibration des thermosalinomètres). 13 opérations de CTD (mesure de conductivité, température et profondeur associé à des prélèvements d'eau) ont été réalisées au cours de ce 19^{ème} volet du programme OISO.

Des prélèvements atmosphériques sont effectués suivant une stratégie d'échantillonnage d'un prélèvement par 1 ou 2 de latitude. Ces prélèvements d'air complètent les observations effectuées sur site dans les îles subantarctiques (ORE RAMCES, NOAA).

VT 115/OHA-SIS-BIO-3

Le projet OHA-SIS-BIO, Observatoire hydroacoustique de la sismicité et de la biodiversité, est un projet pluriannuel, d'une durée d'au moins 3 ans, de surveillance acoustique de l'activité sismique et volcanique et de l'activité de grands mammifères marins dans l'océan Indien. Cette surveillance est réalisée à l'aide d'un réseau de 9 hydrophones répartis sur 5 sites.

Le premier re-déploiement du réseau d'hydrophone a été, en partie, réalisé :

- les sites Nord de Crozet (N-CRO) et Ouest de Kerguelen (W-KER) ont été relevés et re-déployés en totalité (triplets),
- le site au Sud de La Réunion (MAD) a été relevé et re-déployé, lors des 3 jours de mer consécutifs au retour anticipé du navire au port,
- par contre, les 2 sites Sud Ouest et Nord Est d'Amsterdam (SW-AMS et NE-AMS) n'ont pas pu être visités.



Campagne MD 186/CONEGAS **Du 20 mai au 1er juin 2011**

La campagne MD 186/CONEGAS s'est déroulée sur le "cône de Rio Grande", dans le bassin de Pelotas, Brésil du Sud, du 20 mai au 1er juin 2011.

Les opérations ont consisté en :

- échantillonnage des dépôts sédimentaires avec le carottier Calypso (20, 30, et 40 m de long) et des Casq (9 et 12 m de long),
- profiling et échantillonnage de la colonne d'eau à l'aide de la CTD montée sur la rosette 24 bouteilles,
- mesure du gradient géothermique à l'aide de sondes montées sur un carottier à gravité (20 m de long),
- une étude géophysique à l'aide de l'écho-sondeur bathymétrique multifaisceaux et du sondeur de sédiment.

18 carottes Calypso ont été réalisées avec succès, ainsi que 4 Casq, 5 profils CTD, 7 mesures du gradient thermique. Tous les échantillons ont été traités et analysés à bord avec l'instrumentation amenée par le CEPAC.

Chef de projet et de mission :

- KETZER João Marcelo Medina (PUCRS/CEPAC)⁵ - Brésil

Campagne MD 187/PROERG leg 1 & 2 **Du 3 juin au 23 juillet 2011 -** **Rio Grande Do Sul (Brésil) - Rio de Janeiro (Brésil)**

La campagne MD 187/PROERG a été organisée à bord du *Marion Dufresne* par le CPRM, via un contrat d'affrètement avec la FEMAR⁶. Elle consistait en une étude de la ride de Rio Grande (Rio Grande rise) à environ 900 miles nautiques de Rio de Janeiro en Atlantique équatorial. La zone d'étude incluait 2 structures géomorphologiques majeures, la « Sao Paulo ridge » et la « Rio Grande rise ». L'objectif était la localisation et la cartographie des encroutements cobaltifères de ces deux structures.

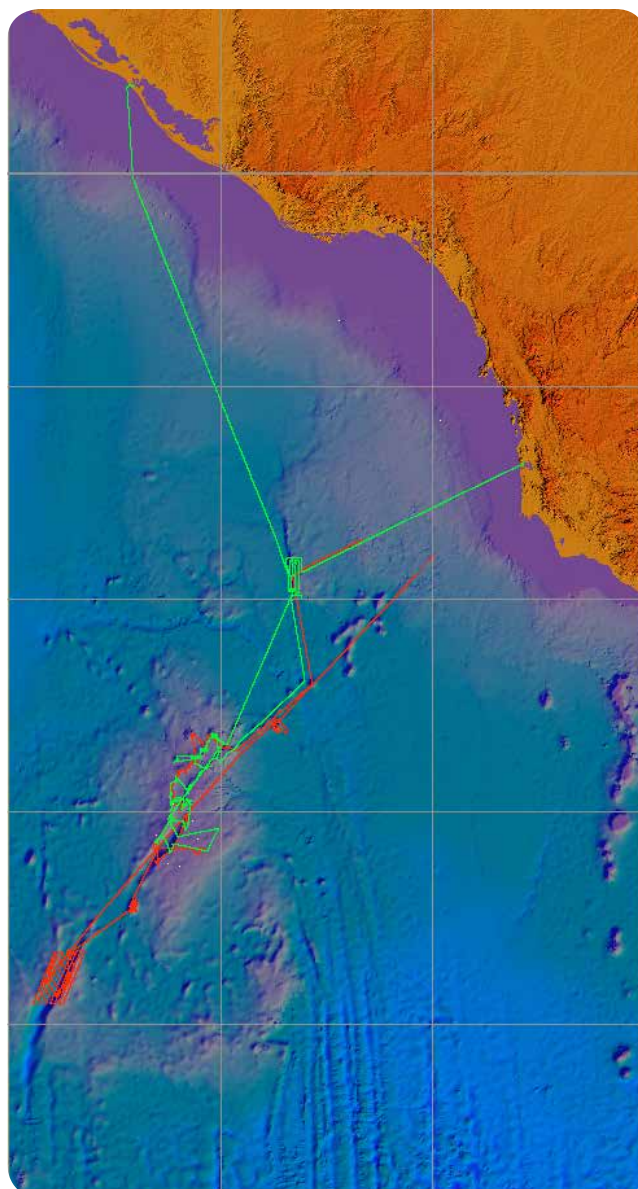
Un total de 113 dragues à roches, 27 profils CTD (mesures de conductivité, température et profondeur associé à des prélèvements d'eau), 2 box cores (carottiers boîte) et 4 carottages Calypso ont été effectués pendant les 2 legs de la campagne. L'acquisition de données géophysique s'est déroulée pendant le transit entre stations.

Chef de projet :

- GONÇALVES DE SOUZA Kaiser (CPRM)⁷

Chef de mission :

- GONÇALVES DE SOUZA Kaiser (CPRM) – leg 1
- PIRES FRAZAO Eugenio (CPRM) – leg 2



La figure ci-dessus montre la navigation du navire pendant la campagne MD187 / PROERG 1 & 2

Vert = navigation Leg 1, Rouge = navigation Leg 2

VT 118/NIVMER-12 **Du 2 décembre au 28 décembre 2011** **Réunion - Réunion**

Le thème de la campagne NIVMER était l'observation des variations du niveau de la mer qui concernait la variabilité interannuelle, décennale et séculaire.

Les opérations prévues se sont déroulées sur le site de Crozet par la maintenance de la station réinstallée lors de NIVMER 10. Des opérations de nivellement sont prévues mais pas d'opération de mouillage.

Chef de projet :

- TESTUT Laurent (LEGOS)

⁵ Pontifical Catholic University of Rio Grande do Sul (PUCRS). Carbon Storage Research Center (CEPAC)

⁶ Fundação de Estudos do Mar (FEMAR)

⁷ Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) // Geological Survey of Brazil



**LES CHIFFRES
DE L'IPEV**

**LES CHIFFRES
DE L'IPEV**

L'Institut polaire français Paul-Emile Victor

L'Institut polaire français Paul-Emile Victor (IPEV) est un groupement d'intérêt public (GIP) constitué par le Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche, le Ministère des affaires étrangères et européennes, le CNRS, l'Ifremer, le CEA, le CNES, Météo-France, les TAAF et les EPF.

L'IPEV est l'agence nationale de moyens et de compétences chargée de la mise en œuvre des programmes de recherche scientifique dans les régions polaires et subpolaires arctique et antarctique.

L'IPEV

- sélectionne, coordonne et soutient des programmes scientifiques et technologiques,
- participe à la concertation scientifique et logistique internationale sur les régions polaires en entretenant des rapports permanents avec ses homologues étrangers,
- met à disposition des infrastructures d'accueil pour les scientifiques, en Antarctique, dans les îles subantarctiques et au Svalbard : construction, gestion et entretien de bases ou bâtiments, acquisition et maintenance d'équipements scientifiques,
- organise les campagnes de terrain : recrutement du personnel scientifique et technique, affrètement de navires pour acheminer personnels et matériels sur les sites, organisation globale des missions de la métropole jusqu'au terrain,
- met en œuvre des campagnes océanographiques au moyen des navires qui lui sont confiés : l'*Astrolabe* et le *Marion Dufresne*.

www.institut-polaire.fr



Représentation dans les instances internationales

Yves Frenot :

Président du Comité pour la protection de l'Environnement Polaire, protocole de Madrid
Délégué français à la Réunion Consultative du Traité sur l'Antarctique (RCTA)
Délégué français au Council of Managers of National Antarctic Programs (COMNAP)

Patrice Godon :

Délégué français au Council of Managers of National Antarctic Programs (COMNAP)

Participation aux instances européennes ou internationales

Workshop du Scientific Committee on Antarctic Research (SCAR), Afrique du Sud (Juin 2011)
EBP Plenary meeting, Sofia (Septembre 2011)
Carex EPB, Dublin (Octobre 2011)

Conseil d'administration

Président : Eric Brun

Représentants des organismes membres du Groupement d'Intérêt Public

Ary Bruand	Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche
Véronique Brumeaux	Ministère des Affaires Étrangères
Jean-François Stephan	CNRS
Jean-Yves Perrot	IFREMER
Yves Caristan	CEA
Pascale Ulte-Guerard	CNES
Gérard Le Bars	Météo France
Christian Gaudin	TAAF
Jean-Claude Duplessy	EPF

Participants avec voix consultatives

Benoit Debosque	Commissaire du Gouvernement
Jean-Yves Parssegny	Contrôle général économique et financier
Marie-Pierre Campo	Ministère de l'Outre Mer
Stéphanie Belna	Ministère de l'Écologie et du Développement Durable
Aurélien Adam	Ministère du Budget
Antje Boetus	Personnalité extérieure



Atelier CCAMLR dans les locaux de l'IPEV

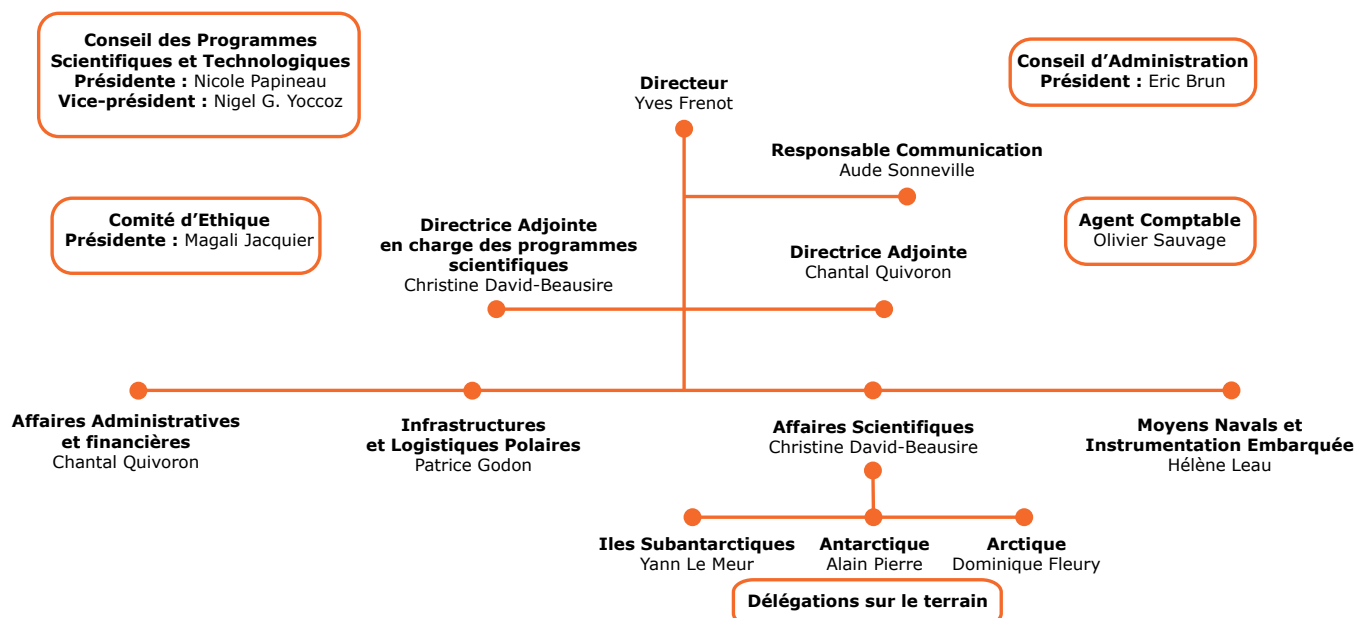
Co-organisé localement par l'Agence des Aires Marines Protégées et l'IPEV, un atelier CCAMLR (Convention pour la Conservation des Ressources Marines Vivantes de l'Antarctique) s'est tenu du 29 août au 2 septembre 2011 dans les locaux de l'IPEV. Ce groupe de travail s'est réuni afin de mener une réflexion sur la mise en place de zones d'Aires Marines Protégées dans le cadre du Traité sur l'Antarctique. Ce colloque comptait à peu près 50 participants provenant de 16 pays différents.

Le succès de cet atelier conforte la position française dans sa démarche d'établir de telles zones autour des îles Crozet et Kerguelen ainsi qu'en Antarctique de l'Est (face à la Terre Adélie). Des travaux sur ces projets sont actuellement en cours, sous la responsabilité du Ministère des Affaires Étrangères et Européennes et des TAAF, en associant des scientifiques dont les programmes sont soutenus de longue date par l'IPEV, afin d'apporter les éléments essentiels à la « biorégionalisation » de ces secteurs.

Composition du Conseil des Programmes Scientifiques et Technologiques

Franck Bassinot	Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, CEA, Gif-sur-Yvette
Jean-Pierre Brun	Université de Rennes 1, Géosciences, Rennes
Fabienne Casoli	Centre National d'Etudes Spatiales, Paris
Thierry Heulin	Institut de Biologie Environnementale et de Biotechnologie, CNRS, St Paul-lez-Durance
Marie-France Loutre	Université catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve (Belgique)
Roland Neuber	Alfred-Wegener-Institute für Polar - und Meeresforschung, Bremerhaven (Allemagne)
Karine Olu	Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer, Plouzané
Nicole Papineau	Institut Pierre Simon Laplace des sciences de l'environnement, Paris <i>Présidente</i>
Michel Pascal	Ecologie des Invasions Biologiques, INRA, Rennes <i>Président du Comité de l'Environnement polaire, Membre de droit</i>
Frédérique Rémy	Laboratoire d'Etudes en Géophysique et Océanographie Spatiales, CNRS, Toulouse
David Salas y Melia	Groupe d'Etude de l'Atmosphère Météorologique, Météo-France, Toulouse
Michael Stoddart	Institute for Marine and Antarctic Studies, Hobart (Australie)
Jean-Louis Tison	Laboratoire de Glaciologie, Département des Science de la Terre et de l'Environnement, Université libre de Bruxelles (Belgique)
Eric Villenave	Institut des Sciences Moléculaires, CNRS, Bordeaux
Rory P. Wilson	University of Environmental Sustainability, University of Swansea (Royaume-Uni)
Nigel G. Yoccoz	Institute of Biology, Tromsø (Norvège) <i>Vice-président</i>

Organigramme général 2011



LES CHIFFRES DE L'ANNEE

Budget global 2011

Etat prévisionnel des recettes et dépenses 2011

Budget prévisionnel 2010

27 966 866 € TTC Section fonctionnement

3 869 725,66 € TTC Section investissement

Réalisation budgétaire Section fonctionnement

27 211 009,29 € TTC Dépenses réalisées

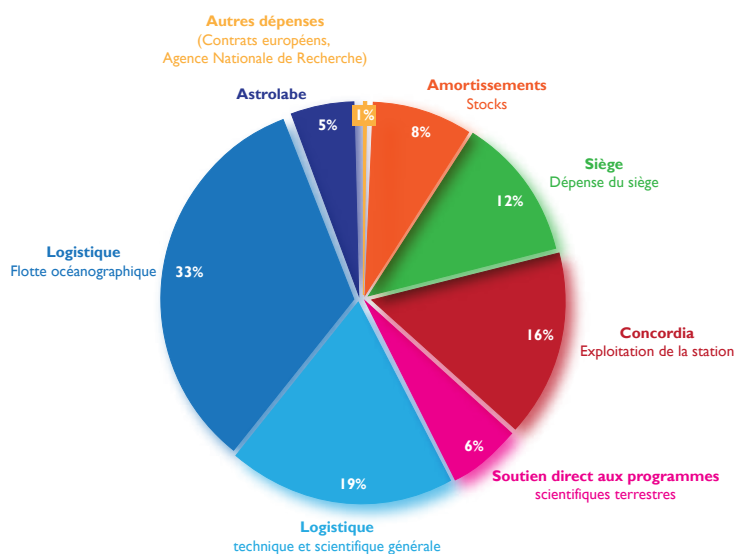
26 672 605,64 € TTC Recettes réalisées

Réalisation budgétaire Section investissement

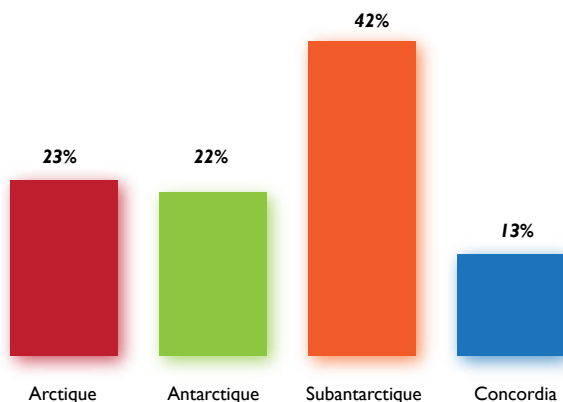
2 777 785,43 € TTC Dépenses réalisées

2 715 950 € TTC Recettes réalisées

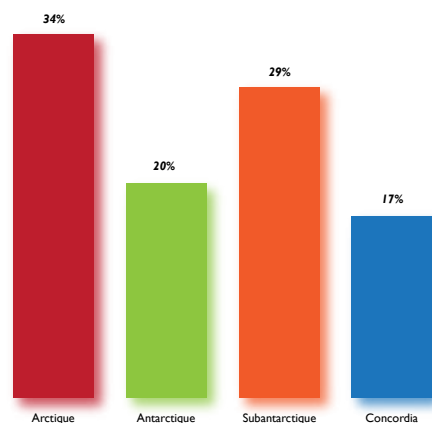
Ventilation des dépenses par secteur d'activités pour l'exercice 2011



Ventilation du soutien direct aux programmes scientifiques terrestres



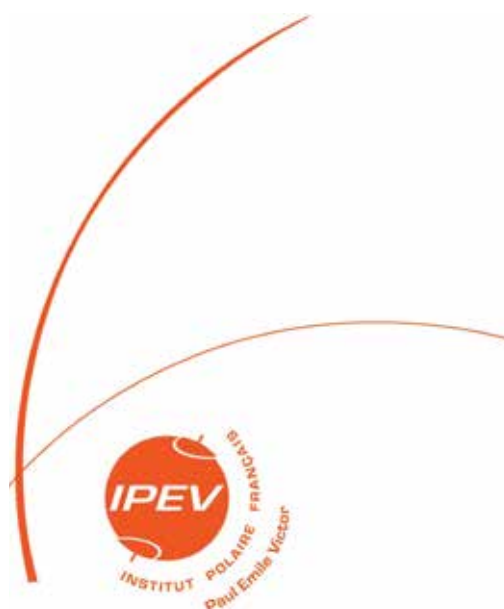
Dépenses 2011 avec salaires



Dépenses 2011 hors salaires

Récapitulatif des personnes ayant séjourné dans les bases en hiver 2011 et campagne d'été 2011-2012

ANTARCTIQUE	Nombre de personnes	Nombre de jours terrain
Personnel permanent (campagne d'été)	23	823
Personnel contractuel DDU (campagne d'été)	17	817
Personnel contractuel Concordia (campagne d'été)	38	1801
Personnel contractuel DDU (hivernant)	15	1959
Personnel contractuel Concordia (hivernant)	9	1201
Personnel scientifique DDU (campagne d'été)	75	1388
Personnel scientifique Concordia (campagne d'été)	46	1361
Personnel scientifique DDU (hivernant)	1	333
Personnel scientifique Concordia (hivernant)	7	1474
VCAT techniques DDU	15	2369
VCAT scientifiques DDU	26	3348
VI scientifiques Concordia	3	373
Autres (campagne d'été)	28	693
Autres DDU (hivernant)	21	2734
Autres Concordia (hivernant)	11	2153
Total Antarctique	335	22827
SUBANTARCTIQUE		
Personnel permanent du siège (campagne d'été)	8	279
Personnel contractuel (campagne d'été)	4	33
Personnel scientifique (campagne d'été)	75	2441
VCAT techniques	6	491
VCAT scientifiques	66	8808
Autres (campagne d'été)	2	84
Total Subantarctique	161	12136
ARCTIQUE		
<i>Norvège (Svalbard-AWIPEV)</i>		
Personnel permanent du siège (campagne d'été)	4	153
Personnel scientifique (campagne d'été)	48	914
Volontaire international	2	429
Personnel contractuel scientifique	3	110
Total Norvège	57	1606
Total Arctique	111	3303





ANNEXES

ANNEXES



ARCTIQUE SCIENCES DE L'HOMME

1024 - FESTIVETHNO : Fêter les esprits aujourd'hui en Sibérie septentrionale

Vaté Virginie

Groupe Sociétés, Religions, Laïcités, UMR 8582, CNRS/EPHE, Paris

lakoutie

Le programme pluriannuel Festivethno analyse les croyances et les rites pratiqués individuellement ou collectivement par les lakoutes et les autres peuples sibériens de la République Sakha (lakoutie) au nord-est de la Fédération de Russie. Il a pour but de collecter des informations écrites, orales et visuelles en contexte citadin et extra-citadin et étudie les processus de patrimonialisation de la nature et des rituels qui y sont liés en Sibérie septentrionale. Ce programme prévoit de lier géographie humaine et anthropologie. La recherche est réalisée par Emilie Maj et supervisée par Virginie Vaté.

The pluriannual programme Festivethno analyses the beliefs and rites individually or collectively practiced by the Yakuts and by the other Siberian peoples of the Sakha Republic (Yakutia) north-east of the Russian Federation. It aims to collect written, oral, and visual informations in urban and extra-urban contexts and explore the process of owning nature and the rituals associated with it in Northern Siberia. This program intends to link the approaches of human geography with the prospects of anthropology. The research is carried out by Emilie Maj and supervised by Virginie Vaté.

1038 - HUMAD-MAFSO : Adaptation humaine à Verkhoïansk. Des corps gelés aux populations actuelles.

Crubezy Eric

Laboratoire AMIS - FRE 2960, Toulouse
Sibérie Orientale

Le projet HUMAD-MAFSO porte sur l'histoire du peuplement ainsi que celle de l'adaptation humaine à l'une des zones les plus froides de la planète (monts de Verkhoïansk) où ont coexisté et/ou coexistent, populations autochtones de chasseurs/cueilleurs (Youkaghirs et leurs ancêtres), éleveurs de vaches et de chevaux

(lakoutes déjà présents en 1638), et populations d'origine russe. L'histoire du peuplement sera basée sur la comparaison entre populations anciennes et contemporaines en utilisant les mêmes marqueurs génétiques. L'adaptation sera étudiée sur les bases de la co-évolution homme/milieu en ciblant l'évolution des maladies infectieuses et parasitaires et celle du microbiote. Ces travaux se développeront à partir de la fouille et de l'étude de prélèvements provenant d'une part de tombes gelées, d'autre part de populations contemporaines bien définies. Pour ces dernières, l'accent sera mis sur des maladies émergentes déjà repérées par notre équipe.

The project HUMAD-MAFSO investigates the settlement history and human adaptations to one of the coldest areas of the world, the mountain region of Verkoyansk, where populations of autochthonous hunter-gathers (Youkaghirs and their ancestors), cow herders and horse breeders (Yakuts already present in 1638) and populations of Russian origin coexisted and/or coexist. The settlement history will be investigated by comparing both modern and ancient populations, by using the same genetic markers. Adaptations will be studied on the basis of the co-evolution between man and the environment, by focusing on the evolution of infectious diseases, parasites and microbes. This research will involve on one hand the excavation and sampling of frozen tombs, and on the other hand, the sampling of modern populations. For the latter, an emphasis will be made on the investigation of infectious diseases, already considered by our team.

1043 - NUNA : Perceptions et représentations (Inuit, Cris, Occidentaux) des paysages dans le projet de parc national Tursujuq

Joliet Fabienne Jeanne

Laboratoire Paysage, Angers
Nunavik

A l'heure du réchauffement climatique, des revendications et reconnaissances ethniques, du Plan Nord Québécois, le projet de création du Parc National Tursujuq est à l'étude. Le plus vaste du Nunavik (et du Québec), son périmètre de nature est l'expression de représentations paysagères divergentes, les habitants autochtones

(Inuit et Cris) d'une part, les visiteurs occidentaux d'autre part. Ce projet de recherche est focalisé sur l'étude de ces représentations paysagères plurielles, dans le but d'un accompagnement respectueux et inventif du projet de parc en cours.

The Tursujuq National Park Creation Project comes under study at a time when Global Warming, the North Quebec Plan and ethnic claims and recognition are of great concern. This park, the biggest in Nunavik –and even in Quebec – expresses through its perimeter of nature diverging landscape representations: on the one hand, the indigenous people (Inuit and Cree), on the other hand, Western visitors. The research project will focalise on the study of these plural landscape representations, in order to guarantee a respectful and creative accompaniment of the National Park Project.

1057 - NATAUTIAK : Traitement de la nature et traitement d'autrui en lakoutie

Ferret Carole

Laboratoire d'anthropologie sociale, Paris
Russie

Dans la lignée d'une thèse de doctorat décrivant la civilisation altaïque du cheval, il s'agira d'approfondir l'étude du rapport entre traitement de la nature et traitement d'autrui chez les lakoutes de Sibérie orientale. La mise en œuvre d'une anthropologie de l'action originale permettra éventuellement de révéler des correspondances formelles entre les techniques d'élevage du bétail et les méthodes d'éducation des enfants.

Following a doctoral thesis about the Altaistic horse civilization, the programme will go deeper in the study of the connection between treatment of nature and treatment of mankind among the Yakuts of Eastern Siberia. The application of an original anthropology of action may reveal a formal conformity between techniques of animal husbandry and methods of child rearing.



1086 - NANOUK : La valorisation de la faune sauvage au Nunavut : analyse des dynamiques touristiques et gestion intégrée des enjeux territoriaux dans le Nord Canadien
Duval-Massaloux Mélanie
Laboratoire Edytem UMR 5204, Le Bourget du Lac Cedex
Nunavut

Ce programme de recherche vise à analyser les enjeux touristiques liés à la faune sauvage dans le grand nord canadien. Il offrira de nouvelles clefs de lecture pour comprendre les jeux d'acteurs à l'œuvre sur ce territoire et permettra de travailler à la définition/ amélioration des espaces de gouvernance, en lien étroit avec les populations autochtones. Interrogeant des processus à la fois environnementaux, socio-économiques, identitaires et territoriaux, cette recherche permettra d'identifier puis de hiérarchiser les enjeux associés à la gestion des ressources fauniques. Ce faisant, cette recherche permettra de dégager de nouvelles pistes d'actions pour la gestion de la faune sauvage que ce soit en termes de préservation et/ ou de valorisation touristique.

This research program aims to analyse the touristic dynamics regarding wildlife in the canadian north. Thus, it will offer new ways of understanding the multiple stakeholders dynamics in this territory. Therefore it will allow for a better understanding and a more efficient governance of fragiles territories. In analysing environmental, socio-economic and cultural territorial processus this research will identify strategies of high relevance to sustainably harmonize wildlife management with tourism.

1135 - LEADERPOL : Transformation des rapports d'autorité et émergence de la figure du leader politique chez les Inuit du Nunavik au XXe siècle.
Cohen Yves
Centre de recherches historiques - EHESSCNRS, Paris
Arctique québécois

Ce programme de recherche vise à étudier la transformation des pratiques liées à l'autorité chez les Inuit du Canada au cours du XXe siècle (et plus particulièrement chez les Inuit du Nunavik, Arctique québécois) et à analyser l'apparition de la figure du leader politique. Il s'agit de comprendre le processus d'institutionnalisation de l'Arctique canadien, la professionnalisation progressive des leaders politiques et leur émergence, en tant qu'acteurs politiques, sur les scènes nationales et internationales.

This research program aims at examining the transformation of authority practices in the Canadian Inuit society during the 20 th century (in particular in Nunavik Inuit) and analyzing the emergence of the political leader. The question is to understand the institutionalization process of the Canadian Arctic, the way political leaders turned professional and their emergence as political agents on the national and international scenes.

1193 - TUKTU : Impact de l'extraction minière sur les écosystèmes, les troupeaux de caribou et les styles de vie Inuit à Qamani'tuaq au Nunavut : collaborations de recherche triangulaires pour des scénarios de changements alternatifs
Blangy Sylvie
UMR5175 CEFE (Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive) Campus CNRS, Montpellier cedex 5
North Canada, Nunavut, Baker Lake

Le projet a pour but d'étudier l'impact de l'exploitation minière sur les écosystèmes, les caribous et les styles de vie Inuit à Qamani'tuaq au Nunavut et de développer des scénarios alternatifs à «mines et emplois» versus «subsistance et pauvreté». Il répond aux préoccupations de la communauté qui s'interroge sur les impacts de l'ouverture de la mine d'uranium prévue pour 2015. Le projet utilise un modèle de recherche triangulaire regroupant les experts locaux issus de la communauté, les scientifiques et des représentants des entreprises minières qui développeront des projets interdisciplinaires. Il a pour objectif de renforcer les capacités de recherche qui ont été développées à travers des ateliers participatifs organisés dans le cadre de l'étude comparative sur les styles de vie caribou/rennes du projet ECOTRAD en collaboration avec les experts Saami du nord de la Suède. Ce projet va permettre de mettre en place un Observatoire Homme Milieu International (OHMI) initié et soutenu par l'INEE du CNRS et viendra rejoindre le réseau des 5 OHM déjà en place situés en France, au Portugal, en Guyane Française et au Sénégal.

The project aims at studying the impact of mining development on ecosystems, caribou herds and Inuit lifestyles in Qamani'tuaq, Nunavut and explores alternative scenarios to the «mining and jobs» versus «subsistence living and poverty» options. It is addressing the concerns raised by the community about the uranium mine to be opened in 2015. It is using a triangular research model, linking community-based experts, academics and mining representatives who will develop interdisciplinary projects. It aims at strengthening the research capacity built within the community through participatory workshops organized in the frame of the ECOTRAD caribou/reindeer comparative study conducted in collaboration with the Saami of Northern Sweden. This project will help design and implement the Arctic «Man and Environment Observatory» program initiated and supported by the the INEE institute of the French CNRS and will join a network of 5 existing OHM located in France, Portugal, Senegal, and French Guyana.

ARCTIQUE

SCIENCES DE L'UNIVERS

304 - Cryo-Sensors :

Impact du réchauffement climatique sur la cryosphère polaire arctique : bassin du glacier Loven Est, 79°N, Spitsberg

Griselin Madeleine

ThéMA UMR 6049 CNRS - Université de Franche-Comté, Besançon
Spitsberg

Le projet Cryo-Sensors poursuit le programme IPEV 304 par l'étude des bilans glaciaires, hydrologiques et hydrochimiques du glacier Loven Est (Spitsberg, 79°N) et s'intéresse à trois nouveaux points extrêmement réactifs aux variations climatiques, peu ou pas pris en compte dans les études glaciologiques : la dynamique du manteau neigeux, la dynamique du permafrost sur les pentes et au front du glacier, la dynamique des écoulements intra- et sous-glaciaires.

The Cryo-Sensors project follows up the IPEV 304 program, by surveying the hydrological and hydrochemical study of the East-Loven glacier (Spitsbergen, 79°N). It will focus on three new aspects which appear as significant markers of climatic changes, usually not or hardly considered in glaciological studies: snow cover dynamics, permafrost dynamics on slopes and in front of the glacier, and dynamics of englacial and subglacial water flows.

316 - IPCROCI-2 : Interactions Point Chaud – Rift Océanique – Cryosphère : l'Islande

Villemin Thierry

Université de Savoie Pole Montagne, Le Bourget du Lac
Islande

L'Islande est un exemple unique d'interaction complexe entre une zone volcanique en déformation active, un panache mantellique et des calottes glaciaires. Parmi ces calottes, le Vatnajökull représente le plus grand glacier d'Europe. Il est le résultat d'un équilibre fragile entre des processus constructeurs (fortes précipitations, altitude élevée...) et des processus destructeurs (fonte basale liée à l'activité volcanique, jökulhlaups et «surge» glaciaire...). C'est cet équilibre que nous souhaitons étudier plus en détail dans le cadre de ce projet, en se concentrant notamment sur

les questions suivantes :

1. Le soulèvement actuel observé autour du Vatnajökull est-il uniquement lié à la fonte actuelle de glace ?
2. La fonte rapide de la calotte glaciaire du Vatnajökull liée au changement climatique global peut-elle changer les processus volcanotectoniques du rift ?
3. Quelles rétroactions les changements dans l'activité volcanique sont-ils susceptibles d'entraîner ? Les méthodes employées seront la géodésie spatiale, la géologie structurale, la géomorphologie ainsi que la sédimentologie du quaternaire récent.

Nous chercherons à qualifier et quantifier les processus actuels. Les données recueillies sur le terrain serviront de base à des modèles géophysiques.

Iceland is a unique example for studying the interaction between a mantle plume, an active oceanic rift (Mid-Atlantic ridge) and icecaps, like Vatnajökull, the largest glacier in Europe. Vatnajökull is undergoing fast volume decrease, which is likely accelerated nowadays, due to global climatic change. Because of its particular location above the axis of the active rift, the Vatnajökull glacier is also subject to major magmatic events. Rapid uplift (> 1 cm/yr) is now observed all around the glacier and could be due to unloading related to accelerated ice melting. The main questions addressed in this research programme are :

1. *Is the present day uplift observed around Vatnajökull only due to the ice melting and unloading?*
2. *How far did the deep-seated phenomena (magmatism and volcanism) that affect the Earth's surface through volcanic eruptions and earthquakes influence the behavior of a major glacier such as the Vatnajökull? Do these changes significantly affect the conclusions that may be drawn from glacier variations in terms of climatic evolution?*
3. *Did, in turn, the evolution of the glacier exert some control on the tectonic and magmatic evolution underneath, in terms of fissure swarm behavior and dyke injection?*

What is the impact of disastrous phenomena, as deduced from the past history and inferred from modeling for the future?

439 - GRAAM : Bilan de carbone sur l'Atlantique nord, suivi en continu du CO₂, O₂, CH₄, H₂O et de la concentration isotopique de la vapeur d'eau atmosphérique à Ivittuut, Groenland

Delmotte Marc
Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE, CEA-CNRS-UVSQ), Gif sur Yvette
Groenland

L'objectif principal de ce programme est double. En premier lieu nous souhaitons mieux contraindre les bilans de carbone dans l'atlantique Nord et mieux comprendre les processus mis en jeu au niveau de l'océan. Pour ce faire nous disposons de deux instruments de suivi en continu de la composition atmosphérique, l'un dédié au CO₂ et l'autre à l'oxygène (rapport O₂/N₂). La mesure conjointe de ces deux gaz nous apporte une information supplémentaire et originale sur la composante océanique du cycle du carbone et est directement exploitable par le travail de modélisation associé. Dans le présent projet nous proposons d'étendre le suivi en continu de la composition atmosphérique au méthane et à la vapeur d'eau via l'installation d'un instrument de nouvelle génération. Dans le contexte actuel d'un fort réchauffement des zones arctiques, de fortes rétroactions pourraient se produire, principalement engendrées par la libération d'hydrates de méthane dans les océans et/ou de la fonte du pergélisol dans cette zone. Dans un deuxième temps, nous souhaitons profiter de l'opportunité de l'existence de la station et de l'émergence d'une toute nouvelle technique innovante pour établir la première station de suivi en continu de la composition isotopique de la vapeur d'eau au Groenland, en installant sur site un instrument de mesure en continu. La mise en place d'un tel observatoire ouvre de nouvelles perspectives scientifiques pour l'interprétation des enregistrements issus des forages polaires, mais aussi pour la validation du cycle de l'eau dans des modèles de circulation générale de l'atmosphère. Dans les deux cas, la localisation du site sur la côte sud du Groenland revêt un intérêt majeur ; cette zone sous influence océanique est particulièrement sensible aux effets du réchauffement climatique et se trouve à la confluence des masses d'air en provenance de l'Amérique du Nord et de l'Europe. Les



données issues de cette station seront exploitées conjointement avec plusieurs hiérarchies de modèles de transport atmosphérique et de modèles climatiques.

The main goal of this program is dual.

First, we aim to better constrain the carbon budget in the North Atlantic region and to better understand the ongoing processes particularly in the ocean. To do so, we have installed two continuous monitoring instruments, one dedicated to CO₂ and the other to O₂ (O₂/N₂ ratio). Using both measurements leads to complementary information on the oceanic component of the carbon cycle which can be used directly by modellers. Within the present project we propose to extend the continuous atmospheric monitoring to methane and H₂O via the installation of a new generation instrument. Within the present day context of a strong warming of the arctic region, strong feedbacks might occur, mainly driven by ocean methane hydrates release and/or permafrost thaw in the Arctic region.

Second, we would like to take advantage of the existence of the monitoring station and of the recent occurrence of brand new innovative technique to set up the first water vapour isotopic content continuous monitoring in Greenland, by installing on site a continuous monitoring instrument. Such a new monitoring station would opens new scientific perspectives for ice core isotopic record interpretation but also to validate the water cycle within atmospheric general circulation models.

In both case the localisation of Ivittuut station in the southern part of Greenland is of major interest because it is placed on the coast, in the middle of the North Atlantic Ocean, particularly sensitive to the greenhouse warming effects and at the confluence of air masses coming from North America and Europe. With the help of multiple atmospheric transport models and climate models, the data collected will be used for validation and interpretation.

458 - NEEM : Raids et forages au Groenland NEEM France **Masson-Delmotte Valérie** **Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (IPSL/CEA-CNRS) - Glaces et Continent, Climat et Isotopes Stables (GLACCIOS), Gif sur Yvette Groenland**

Ce projet représente la contribution française au projet de l'Année Polaire Internationale piloté par Dorthe Dahl Jensen (Université de Copenhague, Danemark) : «La calotte groenlandaise : stabilité, histoire et évolution» ainsi qu'au démarrage du projet de forage profond IPICS (International Partnership for Ice Core Science) NEEM, avec pour objectif d'obtenir enfin une archive de l'Eémien dans un nouveau forage profond au nord-ouest du Groenland : participation aux raids de surface, accès aux échantillons (neige de surface, carottes superficielles), contribution française à la logistique internationale pour le forage profond.

This project represents the French contribution to the International Polar Year project headed by Dorthe Dahl Jensen (Copenhagen University,

Denmark) : "The Greenland ice sheet – stability, history and evolution" and the build up of the deep drilling project IPICS (International Partnership for Ice Core Science) NEEM, with the target of recovery of Eemian ice from a new deep drilling in North West Greenland : participation to traverses, access to snow and ice samples (surface and shallow ice cores), French contribution to the international logistics for the deep drilling operation.

1005 - SPITZ P3 : Paléontologie, Paléo-environnement, Paléogéographie et géologie du Paléozoïque : les niveaux siliciclastiques terrigènes de type Vieux Grès Rouges s.l. au Spitzberg (archipel du Svalbard, Arctique), durant la période dévonienne et mississippienne **Nel André** **Systématique et Evolution Entomologie, MNHN, Paris Spitsberg**

Les relations entre la paléontologie et la géologie. Repérage et échantillonnage des niveaux fossilifère, collecte et identification des fossiles in situ. Détermination des associations fauniques et botaniques dans le Dévonien et le Mississipien, de la lithologie, avec la localisation des niveaux fossilifère : récolte et identification des faunes associées composées principalement de vertébrés (macro-et microrestes fossiles), des invertébrés marins et continentaux de la flore (palynologie et macro-restes) et des ichnofossiles. Certains restes paléobotaniques échantillonnés dans les niveaux des VGR en 2002-2003 (par Goujet, Roy, Pernegre, Clément & Dupret, CAST 401 Ipev) présentent des types d'atteintes d'insectes (broutage et autres dégâts). L'alternance de niveaux marins et continentaux à l'intérieur des grès peut-être expliquée par des mouvements tectoniques synsédimentaires comme des glissements gravitaires multi-échelles. Avec une cartographie détaillée en trois dimensions des plis, des failles et des autres éléments de géologie structurale, nous pourrions mieux comprendre le mécanisme d'évolution environnementale des successions fossiles de plantes endommagées par l'activité d'insectes et de paléovertébrés marins. La recherche de détachements de direction N-S parallèles à la Zone de Faille Woodfjordenet aux chevauchements le long de la Zone de faille Billefjorden. Le travail de terrain commencé en 2002 et 2003 sera complété par l'étude des niveaux dévoniens et mississippiens le long de la côte orientale de Dickson Land, dans les vallées Odindalen, Munindalen, Mimerdalen et Tordalen, près du camp de base établi à l'ouest de la ville russe désaffectée Pyramiden.

Palaeontology and geology connections. Sampling of the fossiliferous levels, collect and identification of the fossils in situ. Determination of the faunistic and floristic associations in the Devonian and the Mississippian, of the lithology, with the localisation of fossiliferous levels: collect and identification of the associated faunas mainly composed by vertebrates (macro- and microremains), marine and continental invertebrates, of flora (palynology and macro-remains) and ichnofossils.

Some palaeobotanic remains sampled inside the ORS levels in 2002-2003 (CAST 401 Ipev) present Insect damage types.

The alternation of marine and continental levels inside sandstone can be explained by synsedimentary tectonics movements like gravity slidings at multi-scale. With a detailed mapping of the three-dimensional folds, faults, and other geologic structural elements, we shall be able to understand the mechanism of palaeoenvironmental evolution of fossil successions of plants with Insect damages and marine palaeovertebrates. Research of the detachments N-S striking parallel to the Woodfjorden Fault Zone and thrusts along the Billefjorden Fault Zone. The field work begun in 2002 and 2003 will be completed by the study of the Devonian & Mississippian levels along the eastern coast of Dickson Land, in the valleys Odindalen, Munindalen, Mimerdalen, and Tordalen, near the base camp established to the west of Pyramiden town.

1015 - OPTIMISM :

Un instrument automatique pour l'observation des processus dynamiques et thermodynamiques régissant le bilan de masse de glace de mer.
Vivier Frédéric
Université Pierre et Marie Curie, Paris Océan arctique

L'Arctique est le théâtre des manifestations les plus spectaculaires du réchauffement climatique en cours. La glace pluriannuelle décline à un rythme accéléré, dépassant les prévisions les plus pessimistes des modèles de climat. Il y a un réel besoin de mieux documenter les processus d'échange de chaleur et d'eau douce aux interfaces océan-glace-atmosphère pour améliorer leur prise en compte dans les modèles. Ce projet propose de développer et déployer un système automatique, basé sur le flotteur prototype «Ice-T», permettant une mesure en temps réel de l'épaisseur de glace de mer et des flux aux interfaces. Les études cibleront une polynie côtière, zone cruciale de formation de glace et d'eau profonde, ainsi que la banquise pluriannuelle où les données de l'instrument seront en particulier précieuses dans la validation des mesures du satellite Cryosat-2 lancé fin 2009.

The most conspicuous manifestations of the ongoing climate warming are found in the Arctic, where the multiyear ice decline outpaces the most pessimistic climate model predictions. There is a real need to better document heat and fresh water exchange processes at the ocean-ice-atmosphere interfaces to improve their parameterization in models. This project proposes to develop and deploy an automated system, built upon the "Ice-T" buoy prototype, providing real-time measurement of sea-ice thickness and fluxes at the interfaces. Studies will focus on a coastal polynya, a critical region for ice and dense water formation, as well as on the multiyear ice pack, where the data will be particularly relevant for the validation of upcoming CryoSat-2 satellite measurements.

1022 - SLOPE-MARS :

Svalbard, Observation, Polar, Environment,
MARS Dynamique des versants polaires au
Svalbard et applications à la planète Mars
Mangold Nicolas
LPGN/CNRS, Université Nantes
Svalbard

Une étude des propriétés morphologiques et physiques des coulées de débris dans la région de Ny-Alesund sera effectuée pour comprendre l'impact des déglaciations sur leur formation et comparer à celles observées dans des conditions proches sur la planète Mars. L'analogie entre ces deux planètes permet de fournir des informations sur les propriétés de ces écoulements mixtes eau/glace/roches.

Geology of the planet Mars with multi-disciplinary approach:

Study of landforms related to liquid water (fluvial flows, debris flows) and water ice (glaciers, permafrost) and their paleoclimatic implications. Analysis of visible images, altimetry, and infrared data. Correlation between mineralogy detected by spectrometry and geological processes. Study of early Mars environment. Comparison of Martian landforms with terrestrial processes. Fieldwork in Iceland. Chronology of Mars surface using impact craters. Study of Martian landing sites.

1026 - POLARLIS 2 :

Polarisation de la raie rouge thermosphérique à Svalbard.
Lilensten Jean
Laboratoire de Planétologie de Grenoble
Svalbard

Nous avons réalisé la première observation de la polarisation de la raie rouge thermosphérique à Longyearbyen après une préparation de 5 ans, grâce à un instrument assemblé à Oslo par nos collègues de l'Université d'Oslo et l'Université UNIS à Svalbard. Cette découverte ouvre de nombreuses recherches en environnements spatiaux planétaires. Cependant, le site de Longyearbyen est pollué par la lumière de la ville, que ce soit au fond du fjord Advantalen où nous avons fait notre campagne de test en décembre 2006, ou à KHO où nous avons fait la seconde campagne en décembre 2007. Pour progresser, et notamment être capable d'utiliser la polarisation comme une observable de l'ionosphère il nous faut à présent un site totalement noir. La base polonaise de Hornsund offre cette opportunité, que n'offre malheureusement pas la base de Ny Alesund.

We performed the first observation of the polarization of the thermospheric red line in Longyearbyen after a preparation of 5 years, thanks to an instrument assembled in Oslo by our colleagues at the University of Oslo and the University UNIS at Svalbard. This discovery opens up many researches in planetary space environments. However, the site of Longyearbyen is polluted by the light of the city, both at the bottom of the fjord Advantalen where we did our test campaign in December 2006, and at KHO where we did in the second campaign in December 2007. To progress, especially to be able to use the polarization as an observable for the ionosphere, we now need a site completely black. The Polish base (Hornsund) offers this opportunity, which is unfortunately not the case in Ny Alesund.

1059 - SEISPITZII (Seistec - Spitzberg - 2011) : Lecture des variations climatiques hautes fréquences dans les archives sédimentaires holocène d'un fjord du Spitzberg : le Kongsfjorden.
Baltzer-Rousset Agnès
Laboratoire de Morphodynamique Continentale et Côtière, Caen
Spitzberg

Ce projet sur 3 ans vise à reconnaître l'enregistrement des variations climatiques haute fréquence dans les archives sédimentaires d'un fjord du Spitzberg : le Kongsfjorden. Ce fjord, situé à proximité de la base de Ny Alesund, constitue un laboratoire naturel parfait pour étudier l'impact du réchauffement climatique à très haute latitude sur la sédimentation. Une reconnaissance géophysique très haute résolution réalisée avec le Boomer Seistec (vision verticale) et le sonar Edgetech (vision horizontale), validée par différents carottages (dont un carottage long du Marion Dufresne) devrait permettre d'enregistrer les processus sédimentaires actuels et passés, et d'en donner une lecture fine. L'objectif final est de pouvoir suivre la réponse, à des changements climatiques brusques, du système emboîté (glacial, fluvial, littoral) en s'appuyant sur les données collectées par les différentes équipes scientifiques.

The aim of this 3 years program is to study the climatic variations during Holocene recorded into the sedimentary archives of a Spitzberg fjord : the Kongsfjorden. This fjord, situated nearby the NY Alesund scientific base at 79°N, constitutes a perfect natural laboratory to study the impact of the global warming on very high latitudes areas. A geophysical survey, using very high resolution seismic (boomer seistec-IKB) together with side scan sonar and calibrated by different core sampling

systems (including a Calypso core), should provide an accurate and continuous record of the climatic variations. This «marine» study should complete the actual studies conducted on land by different scientific teams and allow to assess deglaciation in a polar environment of a glacial, fluvial and offshore cascading system.

1071 AHIC : Composition isotopique de l'hélium Arctique, contribution au développement d'un nouveau traceur atmosphérique
Duprat Jean
Centre de Spectrométrie Nucléaire de Spectrométrie de Masse, Orsay
Svalbard

Ce projet propose de réaliser un profil de la composition isotopique de l'hélium atmosphérique des hautes latitudes de l'hémisphère nord. Ce projet s'inscrit dans un plus vaste programme dirigé par Pr. B. Marty (CRPG-Nancy) de recherche de fines variations de la composition isotopique de l'hélium atmosphérique sur l'ensemble du globe. Les variations isotopiques de ce gaz rare peuvent à l'avenir se révéler être un intéressant traceur de la géochimie atmosphérique.

The project is to perform an isotopic profile of atmospheric Helium at high Northern hemisphere latitudes. The project is part of a larger program led by Pr. B. Marty (CRPG Nancy, France) to search for small variations of the Helium isotopic composition on a world wide scale. The aim is to develop a potential new tracer for atmospheric geochemistry.

1073 BIPOL-SMR : Projet International de Radiométrie micro-onde de la neige aux deux pôles.
Picard Ghislain
Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement, Saint Martin d'Hères
Canada

La fonte des glaciers et calottes polaires constitue une cause substantielle de l'accélération de la montée du niveau de la mer. La connaissance de la dynamique des calottes et de la couverture de neige des 2 régions polaires – l'Antarctique et l'Arctique – est d'un intérêt international pour des raisons environnementales (climat), économiques et politiques (souveraineté territoriale). L'objectif principal de ce projet est d'acquies des mesures terrain originales sur la neige dans 3 environnements polaires différents de par leur régime climatique et le type de



neige, et représentatif de l'Antarctique (Dome C, station Concordia), de l'Arctique continental (calotte de Barnes) et de la toundra arctique (Nord du Québec, Canada). Ces données permettront de valider les modèles micro-ondes utilisés par les méthodes d'inversion qui visent à extraire des variables climatiques et glaciologiques à partir des données satellite micro-onde. L'originalité de ces campagnes est de collecter des mesures au sol de radiométrie micro-onde simultanément avec des mesures des propriétés de la neige (taille des grains, densité, température) au moyen d'instruments novateur récemment développés dans nos laboratoires. Enfin, les données satellites (SSM/I, AMSR, ...) seront exploitées pour étendre spatialement et temporellement cette étude.

Polar areas are very sensitive to climate change due to strong feedbacks induced by glacier melting, sea ice retreat or snow cover changes. Knowledge of snow dynamics of both polar regions – Antarctica and the Arctic – is thus of international interest for environmental (climate), economic, and political (territorial sovereignty) reasons. The main objective of this project is to collect unique snow measurements in three different environments (i.e. different climate types and snow regimes) representative of the terrestrial Antarctic and Arctic at Dome C station in Antarctica, Barnes Ice Cap and in the arctic tundra in Canada. The data will allow the validation of microwave models used in the retrieval of climate and glaciological variables from microwave satellite data. The originality of these campaigns is to collect ground-based microwave radiometer measurements coincidentally with a detailed snow characterization (grain size and structure, density, temperature) using advanced instruments developed in our laboratories. Satellite data (SSM/I, AMSR, ...) will be used to extend spatially and temporally the study.

1084 COF-ENRICHED : Contribution Française au projet : Collaboration européenne pour les recherches sur la chimie et la dynamique stratosphérique.

Huret Nathalie
LPC2E-OSUC, Orléans
Kiruna

Ce projet concerne l'étude des mécanismes chimiques et dynamiques régissant l'évolution la composition chimique de la stratosphère au printemps en région polaire arctique. Il s'appuie sur une campagne de mesure sous ballons stratosphériques et mesures sol au delà du cercle polaire à Kiruna (Suède) de Février à May 2011. L'analyse des mesures et leur interprétation s'effectuera à l'aide de modèles de chimie et de transport pour identifier et de comprendre les mécanismes physico-chimique s'y déroulant. La présente demande concerne une contribution de l'IPEV à la campagne de mesures sous ballons (missions de terrain et coordination de campagne) et le déploiement et la mise en œuvre de l'instrument de mesures au sol SPIRIT qui permettra la calibration/validation et des comparaisons avec les mesures sous ballon.

The aim of the project is to study chemical and dynamical processes which are responsible of chemical composition of the stratosphere and occurring during springtime in Arctic region. The objective is to follow the evolution and potential modifications of the coupled chemical-dynamical system in climate change context. The core of the project is based on a balloon campaign and ground measurements planned from February to May 2011 at Kiruna (Sweden). The data analysis will first be made by direct comparison of the different geophysical conditions to highlight the main characteristics of the system and its evolution as a function of time. The data set obtained will be enriched by satellite data which offers the global distribution of some species. Model simulations will be performed to establish the spatial and temporal link between the different measurements. A systematic comparison of measurements and

modelling results will allow to evaluate the ability of models to represent the evolution of the system. With the aid of sensitivity tests on chemical and dynamical processes within the model, it will be possible to perform detailed process studies and also to improve the model. The IPEV contribution asked concerns a support for balloon measurements (scientist travel and stay for campaign coordination) and the deployment of SPIRIT instrument which performs measurements at ground relevant for calibration/validation and comparison with balloon borne instrumentations.

1088 - RAFAEL : Forçage radiatif dû aux propriétés physiques et chimiques de la neige et des aérosols sur la calotte groenlandaise

Domine Florent
Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement, Saint Martin d'Hères
Groenland

Le forçage radiatif par les aérosols est une composante importante du bilan énergétique de la calotte groenlandaise. Les aérosols (en particulier le carbone suie) absorbent la lumière dans l'atmosphère et contribue à la diminution de l'albédo de la neige après dépôt à la surface. Les aérosols absorbent aussi la lumière réfléchiée par la neige, contribuant encore au forçage radiatif. L'objectif de ce projet est de mesurer les propriétés physiques de la neige et des aérosols pour quantifier l'impact des aérosols sur le bilan énergétique de la calotte.

Radiative forcing by aerosols is an important component of the energy budget of the Greenland ice sheet. Aerosols, (in particular black carbon), absorb light in the atmosphere and contribute to the decrease of snow albedo after deposition to the surface. Aerosols also absorb light reflected by snow, further contributing to radiative forcing. The objective of this project is to measure aerosol and snow physical properties to quantify the impact of aerosols on the energy balance of the ice sheet.



ARCTIQUE

SCIENCES DE LA VIE

330 - ORNITHO-ENDOCRINO : Hormones et effort parental chez les oiseaux marins arctiques Chastel Olivier Centre d'Etudes Biologiques de Chizé Svalbard

Le programme ORNITHO-ENDOCRINO se propose d'étudier les mécanismes hormonaux impliqués dans la phénologie de la reproduction (date de ponte) de la mouette tridactyle *Rissa tridactyla* au Spitzberg (Baie du Roi). Nous voulons tester l'influence du stress environnemental sur les fortes variations interannuelles de date de ponte observées chez cet oiseau au Spitzberg. L'accent sera mis sur la corticostérone, l'hormone de stress, en raison de son rôle de médiateur entre l'environnement, la physiologie de la reproduction (axe hypothalamo-gonadotrophysaire) et le comportement

*The ORNITHO-ENDOCRINO project is proposed to study the endocrine mechanisms involved in the phenology (timing of breeding) of an Arctic breeding seabird, the black-legged kittiwake *Rissa tridactyla* in Kongsfjorden, Svalbard. We want to test the influence of environmental stress on the strong inter-annual variations in laying date and reproductive success observed in this species in Svalbard. Specifically, we will focus on corticosterone, the stress hormone, because of its role in mediating interactions between environment, reproductive physiology (hypothalamic-pituitary-gonadal axis) and behaviour.*

333 - PARASITO ARCTIQUE : Dynamique des interactions hôte-parasite dans les systèmes spatialisés : dispersion et interactions locales chez les oiseaux marins arctiques. Boulinier Thierry Département «Biologie des Populations» Montpellier Svalbard, Océan Pacifique

Le but du programme est de travailler à une meilleure compréhension de la réponse des populations animales à la variabilité de leur environnement. Le modèle d'étude est un système d'interactions hôte-parasite à trois niveaux, impliquant les oiseaux de mer de l'arctique comme hôtes et la tique *Ixodes uriae*, vectrice de la bactérie *Borrelia burgdorferi* sensu lato, agent de la maladie de Lyme. Il s'agit d'étudier l'importance de la variation phénotypique

des réponses des hôtes (immunoécologie et comportement) et des processus de coévolution entre la tique vectrice et ses hôtes dans l'écologie et l'évolution de telles interactions. Outre des analyses de laboratoire, l'approche utilisée intègre des expérimentations sur le terrain à des suivis menés dans un contexte spatialisé.

*The aim of this research program is to examine the response of animal populations to environmental variability at different spatial scales. The study system is a host-parasite system at three levels, involving arctic seabirds as hosts, the tick *Ixodes uriae* as their ectoparasite and Lyme disease agent *Borrelia burgdorferi* as a microparasite. The role of the variability in host phenotypic responses (immunology and behaviour) and of the coevolution between the hosts and the vector tick for the ecology and evolution of such interactions at different scales will be studied. In addition to laboratory analyses, the approach combines field experiment to the analyses of data recorded in a spatialised context.*

388 - ADACLIM : Adaptations des oiseaux marins de l'Arctique aux contraintes environnementales dans le contexte des changements climatiques Grémillet David Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive, Montpellier Groenland

Les changements climatiques sont susceptibles d'affecter grandement le fonctionnement des écosystèmes marins de l'Arctique. Afin d'évaluer leur impact potentiel, nous étudierons les mergules nains (*Alle alle*). Ces oiseaux plongeurs de très petite taille (150g) sont les plus abondants (80 millions) de l'Atlantique nord et se nourrissent exclusivement de zooplancton. Ils représentent potentiellement de puissants indicateurs écologiques des réseaux trophiques régionaux. Dans le cadre de ce projet nous étudierons l'écophysiologie hivernale de différentes populations de mergules nains en Atlantique nord. Nous déterminerons leurs zones d'hivernage, leurs voies migratoires et nous estimerons l'impact des changements globaux sur leur survie hivernale.

*A clearer understanding of how Arctic marine ecosystems will react to global changes is essential. In order to detect and predict ecological responses to environmental change in these fragile marine systems we will study the little auk (*Alle alle*), an*

Arctic diving seabird that feeds on zooplankton. Little auks are among the smallest (150g), yet they are the most abundant (80 million) seabird species in the North Atlantic. They potentially feature powerful ecological indicators of regional food webs. In this project, we will investigate the inter-breeding ecophysiology of different little auk populations across the Arctic to define their wintering areas, their migration routes, and to assess the impact of ongoing global changes onto their winter mortality rates.

399 CHIMERPOL III : Dynamique de l'écosystème de la neige en zone Polaire Timothy Vogel Laboratoire Ampère, Environmental Microbial Genomics, Ecully Svalbard

Le programme pluriannuel CHIMERPOL III vise à comprendre les interactions entre les composantes microbiologiques et chimiques du manteau neigeux Arctique. Les relations et interconnexions de ces deux composantes seront examinées à travers des études de terrain et des expériences en laboratoire. Ce programme se focalisera aussi sur les effets du mercure sur les communautés microbiennes et leur participation au cycle du mercure polaire. Afin de déterminer la structure des communautés microbiologiques et leur évolution, divers environnements neigeux, tel que des sites côtiers, de la glace de mer et des glaciers, seront étudiés. En parallèle, une caractérisation détaillée de la chimie de ces environnements sera effectuée pour permettre la mise en évidence de nouveaux mécanismes de méthylation et de transfert du mercure vers d'autres écosystèmes lors de la fonte de la neige.

The multiannual CHIMERPOL III program consists of understanding the interactions between snow microorganisms and snowpack chemistry in the Arctic. How these components are connected and interrelated will be examined through both field and laboratory experiments. This program will also focus on the effects of mercury on microbial communities as well as the microbial participation in the mercury cycle in the Arctic. Different types of snow environments, such as coastal sites, sea-ice and glaciers, will be studied throughout the duration of the program to determine microorganism community structure and evolution. Detailed chemical characterization of these environments will also be undertaken to determine mechanisms of mercury methylation and the transfer of mercury towards ecosystems at snow melt.



450 - Communication Morse : La communication acoustique chez le morse atlantique.

Charrier Isabelle
Université Paris Sud, Orsay
Groenland

Le morse est un excellent modèle «mammifère» pour l'étude des systèmes de communication acoustique, notamment au niveau de la reconnaissance mère-jeune et du choix du partenaire sexuel. Notre but est multiple : décrire les signaux (aériens et sous-marins) échangés entre la mère et son jeune, décrypter expérimentalement la signature vocale individuelle mère-jeune et étudier le développement du chant du mâle.

Walrus is an excellent mammal model for the study of acoustic communication processes, especially in regard to mother-calf recognition and mate choice. Our goal is multiple : describe acoustic signals (in air and underwater) used between mother and calf, experimentally investigate the mother- young individual vocal signature and study the vocal development of song in males.

1036 INTERACTIONS : Impacts directs et indirects des différentes interactions parasite-prédateur-proie sur la dynamique cyclique d'une communauté de vertébrés terrestres arctiques soumise à des changements climatiques

Bollache Loïc
Laboratoire Biogéosciences UMR CNRS 5561, Dijon
Groenland

Les lemmings et leurs prédateurs sont les éléments les plus structurants des communautés de vertébrés terrestres arctiques : leurs densités et dynamiques sont (directement et indirectement) à la fois impactées et déterminantes pour les dynamiques de population des autres vertébrés. Aujourd'hui, les principales interactions prédateur-proie responsables de ces fortes dynamiques cycliques sont de plus en plus perturbées par les changements climatiques au Groenland.

Lemmings and their predators are deeply structuring the terrestrial vertebrate communities in the Arctic. Their local densities and dynamics are, directly and indirectly, both impacted by and impacting the population dynamics of most other vertebrate species. But today, the main predator-prey interaction leading to their high-amplitude cyclic population dynamics are increasingly disturbed by climate-driven changes in NE Greenland.

1039 KREVET : Réponses physiologique et métabolique du krill aux variations de température du milieu

Jean-Yves TOULLEC
UMR UPMC-CNRS 7144, Station Biologique, Roscoff
Svalbard, Antarctique, Astrolabe

Conséquences physiologiques d'une augmentation de la température potentiellement liée au réchauffement climatique global chez des Crustacés inféodés aux milieux polaires antarctique et arctique :

Matériel biologique :

- Antarctique : le krill, *Euphausia superba* et *Euphausia crystallorophias* ; la crevette *Chorismus antarcticus*.
- Arctique : *Meganyctiphanes norvegica* ; une espèce de crustacé benthique type crevette (à déterminer sur place)

Objectifs de recherche :

- Étude de l'induction des molécules de stress en fonction de la température
- Analyse différentielle des transcriptomes
- Adaptations métabolique et moléculaire au milieu froid

Studies of physiological consequences of a possible temperature increase linked to the global warming in Crustaceans from Antarctic and Arctic oceans.

Biological material :

- Antarctic: Krill: *Euphausia superba* and *Euphausia crystallorophias* ; the shrimp *Chorismus antarcticus*.
- Arctic: Krill: *Meganyctiphanes norvegica* ; a benthic decapod, a shrimp (to state)

Research projects :

- Induction study of stress molecules as a function of temperature
- Differential transcriptomic analyses
- Metabolic and molecular adaptations in cold medium

1090 PRE-APOLOBIS : Pré-projet pour un Observatoire Polaire Arctique au Spitsberg

Paulet Yves-Marie
Laboratoire des Sciences de l'Environnement Marin UMR6539, IUEM, Plouzané
Spitsberg

L'originalité et le caractère ambitieux de ce projet final résident en trois points fondamentaux :

1. Réaliser plusieurs études expérimentales en écologie marine et biogéochimie marine afin de permettre la mise en place d'un observatoire benthique côtier pérenne en milieu polaire.
2. L'approche retenue est transdisciplinaire et utilise la lumière comme axe fédérateur dans la partie recherche du projet
3. Nous utiliserons des structures bioconstruites pour étendre l'emprise temporelle de l'observatoire.

The originality and ambition of this final project reside in three fundamental points:

1. several studies in experimental marine ecology and biogeochemistry to allow the establishment of a sustainable coastal benthic observatory in polar region.
2. the approach is transdisciplinary and uses light as a central unifying in the research project
3. we use calcium carbonate structures to extend the hold time of the observatory.

1162 - SexCoMonArc : Conflits sexuels chez une espèce arctique monogame

Danchin Etienne
Evolution et diversité Biologique (EDB)
Toulouse III
Alaska

This project builds on «Programme 429» to develop new approaches on sexual conflicts in a monogamous panarctic seabird. It involves 7 mostly new subprojects. It will use methods developed before to study the role of sexually transmitted diseases on the evolution of mating systems in a wild population. It also tackles the question of sexual conflicts in contexts never clearly stated before (eg. brood reduction). It further studies proximate mechanisms of reproductive decision to complement our ultimate approaches. It finally keeps on studying topics initiated during the previous project, while bringing new dimensions (eg. the role of the MHC in mate choice, integrating the study of body odors as a phenotypic trait revealing genetic proximity). It involves new collaborations, some with leaders of other IPEV projects.



ANTARCTIQUE - SUBANTARCTIQUE

SCIENCES DE L'UNIVERS

133 - SISMOLOGIE/OBS :

Observatoires Sismologiques Globaux

Maggi Alessia

Ecole et Observatoire des Sciences de la Terre, Strasbourg

Terre Adélie, Crozet, Kerguelen, Amsterdam-Saint-Paul

L'objectif principal du programme est l'observation à très large bande et à grande dynamique des mouvements du sol aux hautes latitudes de l'hémisphère sud. Les données enregistrées dans ce but sont mises à disposition de la communauté scientifique internationale par différents moyens: www, ftp, CDs et depuis peu aussi en temps réel. La continuité, la qualité, la stabilité et l'homogénéité de ces observations sont de première importance pour leur utilité. Nous prévoyons de continuer la consolidation de notre parc matériel, et de mettre en oeuvre sur toutes les stations le transfert des données en temps réel vers Strasbourg et la communauté internationale.

The main purpose of the program is the observation of the ground displacement in the high latitudes of the southern hemisphere, at broadband frequencies and with large dynamic range. The data we record are distributed to the international scientific community through several means: www, ftp, CDs and more recently also in real-time. The continuity, quality, stability and homogeneity of those observations are of the utmost importance for their continued usefulness. We plan to continue the consolidation of our equipment, and to implement real time data transmission for all our stations to Strasbourg and the international community.

139 - GEOMAGNETISME :

Observatoires magnétiques permanents
Chambodut Aude

Ecole et Observatoire des Sciences de la Terre, Strasbourg

Terre Adélie, Crozet, Kerguelen, Amsterdam - Saint-Paul

Les observatoires magnétiques permanents d'Amsterdam, Crozet, Dumont d'Urville et Kerguelen répondent aux normes et standards Intermagnet (INTERNational Realtime MAGnetic observatory NETwork). Le champ magnétique de la Terre y est enregistré en continu avec des taux d'échantillonnage de 1s. Les mesures absolues des composantes du champ magnétique sont également effectuées régulièrement (tous

les deux jours) tout au long de l'année. Le traitement des données et leur diffusion auprès des centres mondiaux de données géophysiques (WDC pour le géomagnétisme - World Data Centers) à travers le réseau Intermagnet, sont effectuées en temps quasi-réel grâce au récent système d'acquisition intégrant des protocoles d'expéditions journalières. La continuité, la qualité, la stabilité et l'homogénéité de ces observations sont de première importance pour leur utilisation en continu par l'ensemble de la communauté scientifique. Ces observatoires sont localisés dans des lieux éloignés et isolés qui ne permettent pas d'utiliser pleinement les protocoles habituels des autres observatoires français (protocole du BCMT - Bureau Central du Magnétisme Terrestre - utilisant par exemple : connexion permanente à Internet, personnel permanent, ...) et ont conduit nécessairement à des adaptations logistiques et technologiques. Nous prévoyons de poursuivre la consolidation de notre parc matériel.

The permanent magnetic observatories of Amsterdam, Crozet, Dumont d'Urville and Kerguelen are fulfilling the Intermagnet (INTERNational Real-time MAGnetic observatory NETwork) standards. In these observatories, the Earth's magnetic field is continuously recorded with sampling rates of 1s. Absolute measurements of the magnetic field components are also performed regularly (every two days) along the year. The data processing and dissemination, to the world Data Centers (W.D.C. for Geomagnetism) across the Intermagnet network, are quasi realtime thanks to the recent acquisition system integrating daily shipment protocols. The continuity, quality, stability and homogeneity of those observations are of the utmost importance for their continued usefulness for the whole scientific community. The observatories are localized in remote places that do not allow to fully use usual French observatories protocols (BCMT protocol usually used: permanent internet connection, permanent observer, larger site and shelters, ...) and have led necessarily to logistical and technological adaptations. We plan to continue the consolidation of our equipment.

209 - NDACC-Antarctica : Suivi à long-terme de l'UTLS et de l'ozone stratosphérique, interactions stratosphère-climat : composante antarctique du réseau NDACC-France

Julien Jumelet

LATMOS - IPSL - UMR8190, Paris
Terre Adélie, Concordia, Kerguelen

Le programme 209 « NDACC-Antarctica » constitue la composante antarctique (et sub-antarctique) du Service d'Observation NDACC-France. Ce dernier représente la contribution française au réseau international NDACC (Network for Detection of Atmospheric Composition Changes). Ce réseau a pour vocation le suivi de la composition chimique de la haute troposphère-basse stratosphère (HTBS), afin de détecter les tendances et la variabilité, ainsi que les interactions climatiques. Ces travaux contribuent à alimenter les processus de décision dans le cadre du Protocole de Montréal. Les objectifs du programme 209 « NDACC Antarctica » se déclinent en deux axes :

1. La poursuite des activités de surveillance à long terme de la HTBS antarctique dans le cadre du Service d'Observation NDACC-France;
2. Des études de processus nécessaires à la compréhension des mécanismes en jeu. Pour la période 2011-2015, ces études porteront sur la microphysique des phases condensées présentes dans la HTBS et sur la dynamique des masses d'air polaires à des fins d'amélioration de la modélisation des interactions chimie-climat. Le programme se déploie sur trois sites : Dumont d'Urville (site principal), Kerguelen et Concordia.

Program 209 « NDACC-Antarctica » is the Antarctic (and sub-Antarctic) component of the NDACC-France Observing Service, which is the French contribution to the international NDACC (Network for Detection of Atmospheric Composition Changes). This network aims to the monitoring of Upper Troposphere-Low Stratosphere (UTLS) chemical composition, in order to detect trends and variability, as well as climatic interactions. NDACC contributes to feed decision processes in the frame of the Montréal Protocol. The objectives of the « NDACC Antarctica » 209 program are divided into two main axes:

1. Long-term monitoring of the Antarctic UTLS in the frame of the Observing Service NDACC-France;



2. Process studies required to understand the ongoing mechanisms. For the 2011-2015 period, this type of studies will concern the microphysics of condensed phases present in the UTLS and the polar air mass dynamics to improve global modelling of the ozone-climate interactions. The program is implemented on three sites: Dumont d'Urville (main site), Kerguelen and Concordia.

227 - RAYCO : Observation de la composante nucléonique du rayonnement cosmique

Klein Karl-Ludwig

Observatoire de Meudon LESIA, Meudon
Terre Adélie, Kerguelen

Observation de la composante nucléonique du rayonnement cosmique:

1. comme participation française au réseau international des moniteurs à neutrons,
2. pour étudier l'accélération de protons relativiste dans les éruptions solaires,
3. pour améliorer la compréhension de la propagation du rayonnement cosmique dans l'héliosphère,
4. pour fournir les données nécessaires et améliorer les modèles utiles au système Sievert (DGAC - Direction Générale de l'Aviation Civile).

Observation of the nucleonic cosmic ray component:

1. as the French contribution to the international network of neutron monitors,
2. to study relativistic proton acceleration in solar flares,
3. to improve the understanding of cosmic ray propagation in the heliosphere,
4. to provide the data for, and to improve the models used by the Sievert system (DGAC-French Civil Aircraft Authority).

312 - SUPERDARN KER : SuperDARN Kerguelen

Marchaudon Aurélie

Laboratoire de Physique et Chimie de l'Environnement et de l'Espace, Orléans
Kerguelen

Le programme SuperDARN (Super Dual Auroral Radar Network) de radars cohérents HF fournit des observations continues de la convection du plasma ionosphérique dans les régions de haute latitude : zones aurorales et calotte polaire. Le champ de vue du radar français de Kerguelen est conjugué magnétiquement avec celui du radar anglais d'Hankasalmi situé en Scandinavie, ainsi qu'avec les radars à diffusion incohérente EISCAT et ESR. En développant le réseau dans l'hémisphère Sud, les objectifs centrés sur le thème de la conjugaison magnétique entre hémisphères deviennent accessibles. En effet, la nature et les limites de la notion de conjugaison magnétique sont encore très mal connues. De plus, l'ensemble du réseau SuperDARN apporte des mesures complémentaires indispensables aux expériences in situ à bord des sondes spatiales, permettant une meilleure compréhension du système global vent solaire-magnétosphère-ionosphère et de son évolution temporelle.

The SuperDARN network of coherent High-Frequency (HF) radars is dedicated to global observations of the convection of the ionospheric plasma in the high-latitude regions: auroral zones and polar cap. The french SuperDARN Kerguelen radar is conjugate with the english Hankasalmi radar and with the incoherent scatter radars, ESR and EISCAT, all located in Scandinavia. This configuration greatly enhances the capabilities of the whole SuperDARN project on most of the scientific objectives, but more particularly on those centred on magnetic conjugacy between hemispheres. It will allow to understand the nature and the limits of magnetic conjugacy. Moreover, the SuperDARN network gives also complementary measurements to experiments onboard satellites, bringing a better understanding of the whole solar wind-magnetosphere-ionosphere system, particularly its evolution with time.

337 GRAVITE : Variation de gravité et mouvement vertical dans les régions polaires- Apport aux problèmes du rebond post-glaciaire et de la déglaciation actuelle

Hinderer Jacques

UMR 7516 Institut de Physique du Globe
Strasbourg
Terre Adélie

Le programme de recherche (2007-2010) consiste à effectuer des mesures de gravité absolue à l'aide des deux équipements nationaux en Arctique (Spitzberg, Islande) et en Antarctique. Les objectifs scientifiques sont de déterminer les variations temporelles à long terme de la gravité et d'apporter, en complément des mesures de positionnement précis, des contraintes nouvelles au problème des déglaciations ancienne et actuelle.

The research proposal (2007-2010) is devoted to perform absolute gravity measurements with the two national equipments in the Arctic (Spitzberg, Iceland) and Antarctica. The scientific objectives are to determine long term temporal changes in gravity and to bring, with the help of precise positioning observations, new constraints on the problem of past and present deglaciations.

355 - GLACIOLAC : Glaciologie et études du lac sous glaciaire de Vostok

Petit Jean Robert

Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement, Saint Martin d'Hères
Vostok

As a National priority programme, Russians plan to restart deep drilling operations at Vostok toward the subglacial lake. Upon their invitation, we will have opportunity i) to access new accretion ice samplesto investigate the lake content (part of ANR lake Vostok) ii) to collect surface snow around the station and along Russian traverses for geochemistry (part of the ANR Vanish) iii) to monitor (year round) the upper layer temperature needed for remote sensing observations and for snow metamorphosis studies.

411 - GLACIOCLIM-SAMBA : Les glaciers, un observatoire du climat, composante Antarctique (ORE/SO)

Favier Vincent

Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement, Saint Martin d'Hères
Terre Adélie, Dôme C

Il s'agit du volet Antarctique de l'ORE/SO GLACIOCLIM, destiné à détecter, surveiller et comprendre l'évolution du climat et du bilan de masse en milieu glaciaire. Le programme est construit sur la mise en place et la maintenance d'un réseau de mesure du bilan de masse de surface dans la région de Cap Prud'homme (CP, relevés en été et hiver), le long d'un transect de 150 km (1 relevé/an), et à Concordia (1 relevé/an minimum). Des instruments météorologiques sont également déployés à proximité de CP et des campagnes spéciales d'observation météorologiques et glaciologiques sont organisées.

This is the Antarctic component of the GLACIOCLIM ORE/SO, to detect, monitor and understand climate and mass balance variability and change in the glacial environment. The program maintains a surface mass balance network at Cap Prud'homme (CP, summer and winter surveys), along a 150 km transect (1 survey/yr), and at Concordia (1 survey/year or more). Meteorological instruments are also be deployed near CP and special meteorological and glaciological observing periods are organized.

414 - CESOA/ORE : Etude du cycle atmosphérique du soufre en relation avec le climat aux moyennes et hautes latitudes Sud

Legrand Michel

Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement, Saint Martin d'Hères
Terre Adélie, Crozet, Amsterdam - Saint-Paul

Le cycle atmosphérique du Soufre aux moyennes et hautes latitudes Sud : variabilité interannuelle des émissions marines de DMS (glace de mer, température de l'océan, chlorophylle de l'océan, variabilité climatique liée à l'ENSO) et réponse future au changement climatique global. Il inclue un suivi du DMS et des aérosols soufrés à DDU, Amsterdam et Crozet, l'étude du DMS dans l'eau de mer collectée lors des rotations de bateaux dans les districts ainsi qu'une étude ciblée sur les oxydants (H_2O_2 , HCHO et O_3) à DDU puis à Amsterdam.

The atmospheric Sulfur cycle at mid and high southern latitudes: interannual variability of marine DMS emissions (sea-ice, ocean temperature, oceanic DMS content, chlorophyll a, short-term climatic event such as ENSO) and future response to global climate change. That includes a year record study of DMS and sulfur aerosol at DDU, Amsterdam and Crozet, DMS in seawater collected during ship traverses between different stations as well as a study dedicated to atmospheric oxidants (H_2O_2 , HCHO and O_3) at DDU then at Amsterdam.

415 - AEROTRACE : Observatoire « Aérosols et Traceurs Atmosphériques » dans l'océan Austral
Sciare Jean
Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, Gif sur Yvette
Crozet, Amsterdam - Saint-Paul

Le rôle des aérosols troposphériques dans le système climatique de l'océan Austral constitue l'axe de recherche principal de ce programme pour les 4 prochaines années. Ce travail va bénéficier en tout premier lieu de nouveaux jeux de données « Aérosols » mis en place lors du précédent programme AEROTRACE (2002-2006). Ce travail sera complété par l'étude de certains processus comme

1. la quantification du rôle des sels de mer sur le forçage radiatif direct des aérosols au dessus de nos stations ou encore
2. l'étude de la composition chimique de la fraction CCN (Cloud Condensation Nucleus).

The role of tropospheric aerosols in the Austral Ocean climatic system will represent the main objective of this program for the next 4 years. This study will include first the results of new aerosol observations which have been setup during the previous AEROTRACE programme. This work will also be completed by process studies such as

1. the quantitative role of sea salt aerosols in the direct radiative forcing of aerosols above our stations,
2. the chemical determination of the CCN (Cloud Condensation Nucleus) fraction with a special attention to organic aerosols of marine origin.

416 - RAMCES-AMS/ORE : Suivi des gaz à effet de serre à l'île d'Amsterdam
Wastine Benoît
Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement - RAMCES, Gif sur Yvette
Amsterdam - Saint-Paul

L'objectif du programme observatoire RAMCES-AMS est le suivi à long terme des gaz à effet de serre CO_2 , CH_4 , N_2O , SF_6 à l'île Amsterdam. Pour une bonne caractérisation des masses d'air nous mesurons également en continu le Radon-222 et les paramètres météorologiques, et par prélèvements hebdomadaires le CO , H_2 et les isotopes stables du CO_2 . Nous proposons d'initier au cours du programme à 4 ans le suivi en continu du rapport O_2/N_2 , afin d'identifier la contribution océanique dans la variabilité interannuelle du CO_2 .

The objective of the RAMCES-AMS program is the long term monitoring of greenhouse gases (CO_2 , CH_4 , N_2O , SF_6). To properly characterize the air masses we are also performing continuous measurements of Radon-222 and meteorological parameters, and weekly air sample to analyze CO , H_2 and CO_2 isotopes. During the term of this 4 years project, we propose to initiate in-situ measurements of O_2/N_2 in order to characterize the oceanic contribution to the CO_2 interannual variability.

452 - ALBION : Adélie Land Bottom Water and Ice Ocean interactionS
Houssais Marie - Noëlle
Université Paris 6, Paris
Terre Adélie

Le projet ALBION, initié en 2006 dans le cadre de l'Année Polaire Internationale, vise à documenter la formation de l'eau de Fond de la Terre Adélie, la troisième source de l'eau Antarctique de Fond formée sur le plateau de l'Antarctique de l'Est au large de la Terre Adélie.

La répétition régulière chaque été d'un réseau de stations hydrographiques et de carottages sédimentaires, associée à la surveillance en continu de sites clés pour la formation et l'export des eaux denses, doit nous permettre de comprendre la formation et la circulation des eaux sur le plateau, et son impact sur la variabilité de l'export d'eau dense et des processus de sédimentation. ALBION fait partie d'une collaboration franco-australienne avec le CSIRO (Hobart).

The ALBION project, launched in 2006, aims at documenting the formation of the Adélie Land Bottom Water, the third source of Antarctic Bottom Water formed on the eastern Antarctic shelf off the George V Land / Adélie Land Coast. Regular summer hydrographic and sediment coring surveys together with continuous monitoring of the key formation and export areas should help understanding the general circulation on the shelf, its link to the sediment dynamics and its impact on the interannual variability of the dense water export. ALBION is part of a French-Australian collaboration between CSIRO (Hobart) and LOCEAN, bearing on data sharing and joint operations at sea.

454 TASTE-IDEA France : TASTE-IDEA France TransAntarctic Scientific Traverse Experiment - Ice Divide of East Antarctica
Fily Michel
Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement, Saint Martin d'Hères
Dôme C, Vostok

Le raid TASTE-IDEA devait initialement se faire avec la logistique italienne de l'ENEA. Cela n'a pu être possible pour des raisons totalement indépendantes de notre volonté. Nous proposons donc ici d'effectuer un raid entre Dome C et Vostok en utilisant les moyens logistiques de l'IPEV. Les objectifs scientifiques restent globalement les mêmes: accumulation de neige, paramètres climatiques et environnementaux dans la neige, chimie atmosphérique. Des mesures et échantillonnages seront faits en continu ou à chacun des 9 arrêts prévus le long de cette route de 1200 km, inexplorée à ce jour.

As it was impossible to realize the initially planned scientific traverse with Italian logistic, due to severe funding problems at ENEA, a new traverse between Dome C and Vostok is proposed using French IPEV vehicles. The scientific objectives are identical (snow accumulation, atmospheric chemistry, climate and environmental parameters in the snow). Continuous measurements (ie radar) and 2-day stops (20 m core, snow pits, air pumping) are planned at about 9 stations along the 1200 km unexplored route.

688 - NIVMER : NIVeau de la MER
Testut Laurent
Laboratoire d'Etudes en Géophysique et Océanographie Spatiales, Toulouse
Terre Adélie, Crozet, Kerguelen,
Amsterdam - Saint-Paul

Le programme NIVMER consiste en une opération de maintenance et de suivi des stations marégraphiques du Service d'Observation de niveau de la mer ROSAME - www.legos.obs-mip.fr/fr/observations/rosame/ - sur les quatre sites de Crozet, Kerguelen, St-Paul et Dumont d'Urville. Ce programme vient en accompagnement des programmes de recherche faisant usage des observations des variations du niveau de la mer, dans le secteur péri-antarctique de l'océan Indien : traitement et validation des mesures altimétriques satellitaires, surveillance des tsunamis, suivi du Courant Circumpolaire Antarctique et étude des variations séculaires du niveau de la mer. Ces quatre stations font partie du réseau de surveillance mondial de niveau de la mer GLOSS.



The NIVMER program of the ROSAME tide gauge network -<http://www.legos.obs-mip.fr/en/observations/rosame/>- is complementing several national research programmes using in situ sea level variation observations, in the peri-antarctic area of the Indian Ocean. These programmes are related to: tsunami warning system, satellite altimetry processing and validation, Antarctic Circumpolar Current monitoring and secular mean sea level trends. This tide gauges network is part of the GLOSS global network.

902 - GLACIOLOGIE : Etudes glaciologiques à Dôme Concordia
Ritz Catherine
Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement, Saint Martin d'Hères Concordia

La station permanente de Concordia et sa proximité avec le site de forage EPICA présente un grand intérêt pour les études glaciologiques. Les objectifs scientifiques de ce projet sont : une meilleure interprétation des enregistrements glaciaires avec en particulier la validation de la fonction de transfert air/neige/glace ; l'analyse de carottes devant être prélevées durant les traverses et carottages effectués dans le cadre des programmes IPEV : TASTE-IDEA et EXPLORE. La compréhension de la dynamique glaciaire locale et l'estimation du changement d'épaisseur actuel dans les régions centrales d'Antarctique à partir d'observations de surface (re-mesure du réseau de déformation existant), de modélisation, de télédétection et de mesures innovantes dans le trou de forage. Enfin, Dôme Concordia est un site idéal pour la validation des données satellitales sur le Plateau Antarctique.

The permanent station at Concordia near the EPICA site is considered of a great interest for glaciological studies. The scientific objectives of this project are: a better interpretation of ice cores with a focus on validation of the transfer functions atmosphere/snow/ice and the analysis at Concordia of ice cores that will be collected during 2010-2011 traverses and ice drilling under other IPEV programs ; the understanding of local ice flow dynamics and estimation of current thickness change in central part of Antarctica based on surface observation (re-survey of the existing strain network), modeling, remote sensing approaches and innovative measurements in the borehole. Furthermore Dome Concordia is an ideal site for validation of remote sensing measurements over the Antarctic plateau.

903 - CHIMIE : Chimie de la Basse Atmosphère Présente et Future en Antarctique Centrale: cycle du soufre (ORE CESOA)
Legrand Michel
Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement, Saint Martin d'Hères Concordia

Ce programme concerne la chimie de la basse atmosphère au centre de l'Antarctique afin de :

1. documenter l'atmosphère libre des hautes latitudes Sud (en complémentarité aux études menées dans la couche limite marine à DDU, programme 414),
 2. comprendre la représentativité spatiale des signaux chimiques de la glace au site de forage profond d'EPICA.
- Ce programme est naturellement couplé aux études de physique de l'atmosphère. Il se focalise sur les espèces soufrées (DMS, DMSO, SO₂ et aérosols) ainsi que sur les oxydants (O₃, H₂O₂ et HCHO).

His program concerns the chemistry of the lower atmosphere in central Antarctica in view to

1. document the free troposphere at very high southern latitudes (in complement to the studies carried out in the marine boundary layer at DDU),
2. evaluate the spatial representativeness of chemical signals stored in the ice at the EPICA deep drill site.

This projet is of course coupled with the study of physic of the atmosphere. It focuses on sulphur species (DMS, DMSO, SO₂ et aerosols) as well as on oxidants (O₃, H₂O₂ et HCHO).

905 - MAGNETISME/OBS : Long-term monitoring of polar stratosphere (NDACC and WMO networks)
Chambodut Aude
Ecole et Observatoire des Sciences de la Terre, Strasbourg Concordia

Le présent projet scientifique vise au maintien de l'observatoire magnétique permanent de Dôme C. L'observatoire (instruments, systèmes d'acquisition, de visualisation, de sauvegarde, de transmission en temps quasi-réel et observateur dédié aux mesures magnétiques absolues) permet l'obtention de mesures toutes les secondes et de mesures absolues des 3 composantes du champ magnétique de la Terre. L'entretien des installations, le traitement et la valorisation scientifique des données se fait en collaboration avec l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), Rome. L'observatoire suit déjà les recommandations INTERMAGNET (INTERNational Real-time MAGnetic observatory NETwork) et deviendra, dans un avenir proche, un IMO (INTERMAGNET Magnetic Observatory) à part entière. Les données recueillies seront diffusées aux WDC (World Data Centers) pour être facilement accessible à l'ensemble de la communauté scientifique.

The present scientific project aims at maintaining the permanent magnetic observatory of Dome C. The observatory (instruments, various systems as : acquisition, visualisation, back-up, quasi-realtime transmission and dedicated human observer) allows to perform measurements at one second sampling rate and absolute measurements of the three components of the Earth's magnetic field. The maintenance of facilities, processing and scientific valorization of the data is done in collaboration with Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), Rome. The observatory already follows INTERMAGNET's recommendations

(INTERNational Real-time MAGnetic observatory NETwork) and will become, in a near future, an IMO (INTERMAGNET Magnetic Observatory) in the fullest sense. The collected data will be disseminated to the WDCs (World Data Centers) in order to be easily accessible to the whole scientific community.

906 - SISMOLOGIE/OBS : Sismologie à Concordia
Lévêque Jean-Jacques
Ecole et Observatoire des Sciences de la Terre de Strasbourg Concordia

Le programme poursuit deux objectifs : l'établissement d'une station sismologique large-bande de type «observatoire» et le déploiement d'une antenne de sismomètres. Les deux aspects du projet doivent contribuer à l'étude de la structure de la Terre et des séismes. La station d'observatoire est destinée à compléter le réseau sismologique mondial dans une région où il existe de vastes lacunes. L'antenne de sismomètres a pour but l'observation de phases sismologiques faiblement énergétiques. Le site de Concordia présente un certain nombre de conditions favorables pour une telle antenne.

The program has two main goals: the set-up and operation of a broad-band station «observatorylike» and the deployment of a seismometer array. Both aspects of the project aim at contributing the study of both the Earth's structure and earthquakes. The observatory station is intended to supplement the worldwide seismological network in a region where its coverage remains very sparse. The goal of the seismometer array is to observe low-energy seismic waves. The Concordia site benefits from several favorable conditions for deploying such an array.

908 - ASTRO-CONCORDIA 2011 : Astro-Concordia 2011
Abe Lyu
Laboratoire H. FIZEAU, Université de Nice Concordia

Ce programme met l'accent sur la préparation de l'arrivée d'un futur complexe astronomique sur le site de la Station Concordia. Hormis les expériences actuellement en fonctionnement (par ex. ASTEP), plusieurs autres projets sont en préparation, dans lesquels notre laboratoire est, ou sera impliqué dans les années qui viennent. Certains de ces projets ont été identifiés dans le cadre des activités du réseau Européen ARENA, qui va rendre publique ses recommandations finales à la fin de cette année 2009. Dans le contexte d'un observatoire astronomique, les activités passées de «qualification de site» vont progressivement évoluer vers des activités nécessaires de «moniteurs de site» permanents. Dans cette période de transition de 4 ans, ces instruments vont continuer à fournir les données essentielles à l'étude des futurs grands instruments (idéalement des télescopes de la classe de 2 mètres). Les «moniteurs de site» commenceront également leur tâche d'accompagnement des instruments à vocation scientifique, tel ASTEP, PAIX et les autres projets à venir (IRAIT,..).

This program is focusing on preparing the establishment of a future astronomical facility at the Concordia Station. Apart from currently existing experiments (e.g. ASTEP), several other projects are in preparation in which our laboratory is already involved, or will be involved in the coming years. Some of these projects have been identified during the networking activity lead by the European ARENA network, which will deliver its final recommendations by the end of this year 2009. In the context of an astronomical observatory, the previous «site-testing» activity will turn into a mandatory «site-monitoring» permanent activity. During this 4 years transition period, these instrument will keep on providing necessary data and feedback for the study phase of these larger instruments (ultimately 2-meter class telescopes). Site-monitoring will come in support of already existing scientific instruments such as ASTEP, PAIX and other forthcoming experiments (IRAIT,...).

910 - HAMSTRAD : H₂O Antarctica Microwave Stratospheric and Tropospheric Radiometers
Ricaud Philippe
 Laboratoire d'Aérodologie, CNRS/Université de Toulouse
 Concordia

Le programme HAMSTRAD (H₂O Antarctica Microwave Stratospheric and Tropospheric Radiometers) se focalise sur l'évolution de la vapeur d'eau dans la stratosphère et la troposphère afin d'évaluer son impact sur l'évolution du climat. Les phénomènes de déshydratation/réhydratation, descente, érosion et séparation finale du vortex seront étudiés dans la stratosphère. Les changements de phase et le cycle diurne de la glace seront analysés dans la troposphère. Les mesures seront comparées au modèle global de chimie transport MOCAGE. Le projet participera aussi à la validation des instruments spatiaux mesurant H₂O troposphérique et stratosphérique. Enfin, HAMSTRAD aidera à valider les analyses aux hautes latitudes de l'hémisphère sud du Centre Européen ECMWF.

The HAMSTRAD (H₂O Antarctica Microwave Stratospheric and Tropospheric Radiometers) project is intended to focus on the long-term time evolution of water vapour both in the stratosphere and in the troposphere that can impact on the climate evolution. Stratospheric phenomena of dehydration/rehydration, descent, filamentation and vortex breakup will be studied. Phase change together with ice diurnal cycle will be investigated in the troposphere. These measurements will be compared

to the 3D Chemical Transport Model MOCAGE. The project will also participate to the validation of space-borne sensors measuring tropospheric and stratospheric H₂O. Finally, HAMSTRAD will help validating Southern Hemisphere high latitudes analyses from the European Centre ECMWF

915 BRAIN : Background A Radiation Instrument
Masi Silvia
 Dipartimento di Fisica, Università di Roma Concordia

The aim of our program is to observe the microwave polarisation of the sky from Dôme C with the main scientific objective to detect and characterise the B mode of the Cosmic Microwave Background polarisation.

This program requires the set up on site of a complex instrumentation which is as robust on the measurement side than on its system side. The installation of the prototype instrument will be carried out progressively until 2012 and the observation campaigns with the full size interferometer should run until 2015.

1003 - ArLiTA : Architecture de la lithosphère Est Antarctique - Terre Adélie
Bascou Jérôme
 Université Jean Monnet, Saint Etienne
 Terre Adélie

Le projet ArLiTA a pour objectif de caractériser l'architecture et les structures de déformation de la lithosphère néoarchéenne et paléoproterozoïque en Terre Adélie et George V Land (135 - 145°E). Il combine diverses approches : imagerie à partir de données sismologiques, cartographie systématique des structures par analyse tectonique, pétrophysique (ASM), caractérisation des matériaux et des paléofluides (pétrologie, géochimie) et thermomécanique (thermobarométrie).

The main goal of the ArLiTA project is to characterize the architecture and the deformation structures of the Neoproterozoic and the Paleoproterozoic lithosphere of the Terre Adélie and George Vth Land (East Antarctica: 135 to 145°E). The project integrates various complementary approaches: mapping from seismological data, systematic mapping of the structures by tectonic analysis, petrophysics (textural analyses, Anisotropy of Magnetic Susceptibility (AMS), seismic properties modeling...), characterization of materials and paleofluids (petrology, geochemistry) and thermomechanics (thermobarometry).

1006 TAYLOR-CO : Evaluation of the gas record preserved in Taylor Glacier for the reconstruction of the isotopic anomaly of carbon monoxide over the last 30 000 years

Chappellaz Jérôme
 Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement, Saint Martin d'Hères
 Concordia

Le projet TAYLOR-CO constitue l'un des éléments d'un projet plus vaste que Jérôme Chappellaz a soumis à l'ERC Advanced Grant 2010 au mois de février. Le projet est intitulé ICE&LASERS et vise à tirer un bénéfice maximum de notre collaboration récente avec le Laboratoire de Spectrométrie Physique dans la construction de nouveaux détecteurs optiques donnant accès à des signaux géochimiques pertinents dans la glace polaire.

The TAYLOR-CO project aims at evaluating the blue ice field of Taylor Glacier, Antarctica, as a potential sampling site for Δ¹⁷O of CO, a direct proxy of the past oxidative capacity of the atmosphere. This site provides a horizontal stratigraphic sequence covering the Holocene and the last deglaciation. We will assess on the field the quality of the CO mixing ratio record preserved in Taylor Glacier, piggy-backing on the field logistic of the ongoing ANT-NSF 0839031 project led by Pr. Jeffrey Severinghaus. If the CO record appears to be well preserved, this project may also provide the first ever CO record over the last deglaciation.

1010 - ICELIPIDS : Vers l'utilisation des lipides de la banquise pour la paléocéanographie

Masse Guillaume
 Laboratoire d'Océanographie et du Climat, Paris
 Terre Adélie

Ce projet propose l'utilisation de biomarqueurs (HBIs) synthétisés par certaines espèces de microalgues comme indicateurs de la banquise Antarctique. En effet, des études préliminaires ont montré que certains lipides synthétisés spécifiquement par les diatomées de glace sont conservés au sein des sédiments et peuvent être utilisés comme indicateur de la présence de la banquise dans le passé. Ce projet, permettant l'analyse des niveaux de concentration des HBIs au sein de la banquise, leur mise en relation avec les caractéristiques physiques du milieu et les abondances de glace déterminées à partir des données satellitaires permettra de calibrer



ce nouvel outil. A terme, l'analyse de séries sédimentaires permettra la reconstruction à très haute résolution des variations historiques de la banquise dans des zones clés de l'Antarctique permettant ainsi d'affiner les modèles de prédiction climatique.

The current project aims to investigate whether some well characterised organic chemicals from microalgae can be used as proxy indicators of current and past sea ice levels in the Antarctic area. This project will consist of performing a calibration of the proxies. Concentrations of selected biomarkers in sea ice and phytoplankton samples collected during an entire year will be correlated both with the environmental conditions and sea ice physical properties. The outcomes of this project will then enable reconstructions of past sea ice extents to be performed at unprecedented high resolution.

1011 - SUNITE DC : Evolution du sulfate et du nitrate de l'air et de la neige de Dôme C

Savarino Joël

Laboratoire de Glaciologie et de Géophysique de l'Environnement, Saint Martin d'Hères
Concordia

Le programme NITEDC était dédié à l'étude des effets post dépôts du nitrate en utilisant sa composition isotopique en O et N. Pour ce renouvellement, le but de SUNITE DC est de documenter et utiliser les anomalies isotopiques des oxy-anions (sulfate et nitrate) pour contraindre les sources, transformations et transports de ces composées vers les régions polaires où ils sont archivés sur des milliers d'années. Les compositions isotopiques résultent du mode de formation de la matière et portent de fait une information de qualité sur les mécanismes d'oxydation et sur l'identification et l'importance des sources des précurseurs. Cette information peut être reconstituée à partir des carottes de glace et doit permettre d'accéder à l'activité chimique passée de l'atmosphère en lien avec les changements climatiques. Nous proposons de continuer le travail entrepris durant NITEDC, c'est-à-dire le suivi de la composition isotopique du nitrate dans un contexte de reconstitution de la couche d'ozone et d'étendre l'étude au sulfate. Dans ce projet les trois compartiments, air, neige et glace seront étudiés sous des conditions climatiques et météorologiques différents. A notre connaissance, nous sommes le seul groupe à proposer la mesure des isotopes rares 17O et 33S en Antarctique. SUNITE DC profitera du support des ANR VOLSOL, OPALE et d'un réseau européen Marie Curie INTRAMIF. (Suivant les conseils du comité scientifique, le sulfate est maintenant intégré à ce programme, ceci met fin au programme 1012 volsol).

NITEDC program was dedicated to the study of the snow nitrate post depositional effects, using its N and O isotope composition. For this renewal project, the goal of SUNITE DC (following the committee advice, sulfate is integrated in this program) is to document and use the isotopic anomaly of oxy-anions (sulfate, nitrate) to constrain the sources, transformations and transports of these compounds to Polar Regions where they are archived for hundreds thousand of years. Isotopic compositions of molecules are the result of their manufactures and thus carry a wealth of information about the oxidative capacity of the atmosphere and the source apportionments of their precursors. The information can be recovered from proxy records such as ice cores and thus open a window on the past chemical activities of the atmosphere. We propose to continue the work undertaken during NITEDC, i.e. follow the isotopic composition of nitrate in the context of the ozone hole recovery and extend it to the study of sulfate. In this project the three compartments: air, snow and ice will be studied under different climatic and meteorological conditions. To the best of our knowledge, we are the only group using the rare stable isotopes (17O, 33S) in Antarctica. SUNITE DC is co sponsored by the ANR VOLSOL, OPALE and an european network INTRAMIF

1013 - CALVA : Calibration – validation de modèles météorologiques et climatiques et de restitutions satellitales, de la côte Antarctique jusqu'au Dôme C

Genthon Christophe

Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement, Saint Martin d'Hères
Terre Adélie, Concordia

Ce projet est conçu pour l'acquisition sur le terrain, en Terre Adélie et au Dôme C, de données permettant de mieux vérifier, valider ou améliorer sur l'Antarctique les modèles météorologiques et climatiques à l'échelle des processus et les méthodes d'exploitation des données satellitales dans le domaine de l'infrarouge thermique et des micro-ondes passives. Ce projet prend le relais du projet IPY-CONCORDIASI pour l'IR et la modélisation météorologique, et constitue le volet terrain de la partie «Incertitudes sur les processus de bilan de masse de surface» du projet européen FP7 ICE2SEA devant démarrer en 2010.

This project is designed to acquire field data in Adélie Land and at the Dome C to better verify, validate or improve meteorological and climate modelling at the process scale and satellite retrieval (thermal infra-red and passive microwaves) over the Antarctic region. This project takes over the IPY-CONCORDIASI project for the IR and meteorological modeling, and it is the field component of the «Surface mass balance uncertainties» workpackage of the FP7 European project ICE2SEA planned to start in 2010.

1028 - GMOstral : Réseau mondial d'observation du mercure : terres australes et antarctiques

Dommergue Aurélien

Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement, Saint Martin d'Hères
Amsterdam - Saint-Paul, Terre Adélie, Concordia

GMOstral découle d'une initiative lancée par le programme européen GMOS (Global Mercury Observation System) dont le but premier est de coordonner un réseau planétaire d'observations du mercure atmosphérique. Les données permettront de mettre en œuvre et valider les modèles atmosphériques régionaux et mondiaux dans l'optique de motiver et orienter les futures réglementation concernant ce polluant global. Dans ce cadre, nous proposons la mise en place de trois stations de mesures en régions sub-antarctique et antarctique afin de documenter et surveiller les variations atmosphériques du mercure dans les régions reculées de l'hémisphère sud, et de travailler sur la réactivité très mal connue, les cycles, les dépôts et la ré-émission en Antarctique.

The GMOstral is initiated by a European project GMOS (Global Mercury Observation System), which aims at developing a coordinated global observation system for the global pollutant, atmospheric mercury (Hg). This will then provide high quality data for the validation and application of regional and global scale atmospheric models, to give a firm basis for future policy development and implementation. In this context we propose to implement three Hg monitoring stations in sub-Antarctic and Antarctic sites in order to document and monitor the atmospheric Hg trends in remote places of the southern hemisphere and to study the almost unknown reactivity of Hg in those regions, in particular diurnal cycling, deposition, and reemission trends in Antarctica.

1040 - CAMISTIC : Caméra Millimétrique au Sol pour l'Antarctique

Durand Gilles

Département d'Astrophysique, de Physique, Gif sur Yvette
Concordia

Camistic est une caméra dont le but premier est de tester le site de Concordia en infrarouge lointain. Cette caméra, placée sur le télescope italien IRAIT est une étape nécessaire avant d'envisager des projets plus ambitieux de grands télescopes pour les observations au Dôme C des corps froids de l'univers. Le domaine d'astronomie accessible concerne la formation des étoiles et les étapes précoces de l'univers.

Camistic is a Sub-millimetre / Thz camera with goal of site testing at Concordia by measuring the transmission and stability of the atmosphere. This camera placed on the 0.8m telescope IRAIT will explore the Thz domain in preparation of submillimetre astronomy experiments with larger telescopes at dome C. Astronomy goals are the study of star formation and the early stages of the universe.

1048 - GLACIOCLIM-KESAACO : Les glaciers, un observatoire du climat, phase exploratoire pour une composante à Kerguelen

Favier Vincent

Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement, Saint Martin d'Hères Kerguelen

Ce projet de recherche exploratoire à Kerguelen, a pour but la mise en place et le développement d'un réseau de mesures glaciologiques selon les protocoles du Service d'Observation (SO) Glacioclim. Glacioclim est un observatoire français de recherche sur les glaciers, ayant pour objectif le suivi et l'analyse de la variabilité climatique et de son impact sur les bilans de masse dans les régions englacées du globe. Sur l'archipel de Kerguelen (49°S, 69°E, avec une surface englacée de 552 km² en 2001), l'existence d'études paléoclimatiques, océanographiques et météorologiques offre des informations de base importantes pour envisager l'analyse de la variabilité climatique locale. Néanmoins, malgré l'existence de courtes études glaciologiques sur le glacier Ampère de la calotte Cook, la connaissance de la relation glacier-climat reste limitée, et il est actuellement impossible de déterminer précisément les causes du recul dramatique des glaciers cours des 50 dernières années. Analyser le recul de cette calotte est devenu urgent. Afin d'analyser les processus physiques impliqués, ce projet vise au déploiement et au maintien d'un réseau de bilan de masse et de mesures météorologiques sur et en dehors des glaciers de la calotte Cook. Des mesures topographiques, hydrologiques sont aussi prévues afin de calculer le bilan de masse du glacier à l'aide de méthodes indépendantes. Enfin, nous approfondirons la description des paleostades glaciaires à l'aide d'une nouvelle méthode de datation des moraines par lichenométrie.

This proposal is the exploratory step for Kerguelen component of the Glacioclim Observatory. Glacioclim is a French observatory to globally detect, monitor and understand climate and mass balance variability in the glacial environment. In the Kerguelen archipelago (49°S, 69°E, with an ice covered area of 552km² in 2001), there have been few short term glaciological studies on Ampere Glacier (main glacier of Cook icecap). Paleoclimatic reconstructions over the holocene and long term data from oceanographic and meteorological observatories are also available to get information on the climatic variability during the last 50 years. However, even though these data are essential,

a study of the climate-glacier relationship is still necessary to describe the main factors that induced the current dramatic retreat of the Cook icecap. Studying Kerguelen ice caps has become urgent, but is also logistically feasible. The current project plans to deploy and maintain a surface mass balance network, and meteorological instruments on and around the glacier according to Glacioclim protocols. Topographic and hydrological measurements are also planned in order to get data for independant computation of the mass balance. Finally, we will go a step further in the description of the past glacier fluctuation history by dating moraines with a new lichenometric approach.

1050 CRACICE : CRACICE

Legresy Benoît

Laboratoire d'Etudes en Géophysique et Océanographie Spatiales, Toulouse Terre Adélie

Il s'agit de suivre l'évolution des glaciers Mertz Ninnis et Cook. Nous nous concentrons dans un premier temps sur le glacier Mertz pour suivre le vèlage de sa langue de glace. Le suivi se fera par dépôt de balises GPS le long de la langue de glace et autour de la crevasse principale qui menace de libérer un iceberg de 70 * 25 km.

*We intend to follow the evolution of the Mertz, Ninnis and Cook glaciers. We first concentrate on the Mertz glacier to follow its ice tongue calving. The survey will use GPS beacons setup along the ice tongue and around the main rift which might free a 70*25km iceberg.*

1052 EXPLORE : EXPLORation d'un site à très faible taux d'accumulation en Antarctique de l'Est

Chappellaz Jérôme

Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement, Saint Martin d'Hères Concordia

Le projet EXPLORE vise à réaliser un premier forage de profondeur intermédiaire, ainsi que des prélèvements d'air dans le névé, sur un site à proximité de Vostok, caractérisé par un très faible taux d'accumulation annuelle, que l'on rejoindra via Concordia à partir de Vostok. Conduit en collaboration franco-russe, ce projet permettra

1. de caractériser la densification de la neige et du névé dans les conditions climatiques extrêmes du site (mesures physiques à Concordia en 2011/2012),
2. d'aider à déterminer si ce secteur

antarctique peut constituer l'une des cibles pour obtenir en profondeur une glace plus vieille que celle d'EPICA/DomeC (priorité internationale IPICS).

The EXPLORE project aims at conducting a first intermediate drilling, as well as firm air sampling, at the location nearby Vostok station, and characterized by a very low annual accumulation rate, that we'll reach via Concordia from Vostok station. Handled under a french-russian collaboration, this project will allow us

1. to characterize the snow and firm densification process under the extreme climatic conditions of this site (physical measurements performed at Concordia in 2011/2012),
2. to help determining if this Antarctic sector could be one of the targets for obtaining in depth ice samples older than the EPICA/Dome C ones (IPICS international priority).

1053 - DACOTA : Dynamique des glaciers côtiers et rôle sur le bilan de masse global de l'Antarctique, zone atelier du glacier de l'Astrolabe

Le Meur Emmanuel

Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement, Saint Martin d'Hères Terre Adélie

Dans la continuation des 3 premières années de DACOTA le programme de recherche proposé vise à pérenniser et étoffer l'ensemble des mesures sur le glacier test de l'Astrolabe (Terre Adélie). Ce panel d'observations permet non seulement une bonne caractérisation de la dynamique de ce glacier (rôle majeur des glaciers côtiers sur le bilan de masse d'une grande partie de la calotte) mais s'avère aussi indispensable pour entreprendre et valider un ambitieux travail de modélisation numérique afin de prédire l'évolution future de ces glaciers et son impact sur le niveau des mers.

As an extension to the first 3 years of DACOTA, the proposed program aims at a perennial and extended survey of the test zone of Glacier de l'Astrolabe (Terre Adélie). Not only such a panel of observations allows for a better characterization of the glacier dynamics (the role of these outlet glaciers on the the overall mass balance of large parts of the ice sheet is crucial) but it also proves necessary for properly running and validating an ice flow model in order to produce realistic forecasts of the future of these glaciers and the consequences on sea level.



1061 - MAKER : Variabilité du courant circumpolaire Antarctique dans la région de Kerguelen
Park Young-Hyang
Département Milieux et Peuplements Aquatiques, LOCEAN - UMR 7159, Paris Kerguelen, La Curieuse

Le plateau de Kerguelen est le plus grand plateau sous-marin de l'océan Austral. Il constitue une barrière topographique majeure sur la route du Courant Circumpolaire Antarctique (CCA) qui circule vers l'Est. Dans le contexte du changement climatique, le suivi des variations de la position et de l'intensité du CCA et de la circulation verticale méridienne associée (Meridional Overturning Circulation, MOC) figure parmi les objectifs clefs de la communauté océanographique étudiant l'océan Austral. Localisée à proximité de la zone de forte activité tourbillonnaire située au nord du plateau et associée au puissant Front Subantarctique, et enserrée à l'est de l'archipel par une branche étroite et rapide du Front Polaire, la région à l'est des Iles Kerguelen est un site idéal pour mener un suivi systématique du CCA et des tourbillons associés. Les objectifs principaux du présent projet sont

1. de suivre la variabilité spatiale et temporelle de la structure verticale du Front Polaire et
2. d'estimer les diffusivités verticales et horizontales des tourbillons de la région, qui sont des paramètres essentiels pour déterminer la structure et la force de la circulation verticale méridienne de l'océan Austral (MOC).

Pour cela nous proposons non pas d'effectuer des CTD classiques en station le long des sections d'étude, mais d'utiliser des XCTD (CTD jetables) pour réaliser les profils verticaux, ce qui constitue une méthode économique, rapide et sûre pour conduire des opérations à partir d'un petit navire comme La Curieuse (les mesures étant réalisées en route et sans la mise à l'eau d'une CTD).

The Kerguelen Plateau is the largest near meridional submarine plateau in the Southern Ocean (SO) and constitutes a major topographic barrier for the eastward flowing Antarctic Circumpolar Current (ACC). Under the changing climate of the earth, identification and monitoring of the changes in location and intensity of the ACC and associated MOC (meridional overturning circulation) are among the key objectives of the SO oceanographic community. Located close to the high eddy activity associated with the powerful Subantarctic Front north of the plateau and hugged east of the islands by a swift and narrow branch of the Polar Front (PF), the area east of the Kerguelen Islands provides with an ideal place to conduct systematic observations of the ACC and associated eddies. The main objectives of the present project are thus to

1. monitor the time and space variability of the vertical structure of the PF and
2. estimate the vertical and horizontal eddy diffusivities of the area, which are climatologically critical parameters for determining the structure and strength of the SOMOC.

A cost-effective and safe on board operation is proposed using XCTD (expandable conductivity-temperature-depth) castings from the La Curieuse, a near-coast operating small boat at the Kerguelen Islands.

1066 - ASTEP : A la Recherche d'Exoplanètes en Transit depuis l'Antarctique
Guillot Tristan
Observatoire de la Côte d'Azur, Nice Concordia

ASTEP est un programme d'astronomie conçu pour observer en photométrie le ciel du Dôme C. Ses objectifs sont

1. de déterminer précisément la qualité photométrique du site de Concordia;
2. de découvrir et caractériser les exoplanètes en transit devant leur étoile;
3. de préparer des campagnes massives de caractérisation des super-Terres.

L'installation et les premières observations avec ASTEP 400 débiteront en 2010-2011. ASTEP permettra l'observation précise de cibles d'opportunité (exoplanètes en transit, microlentilles...etc.) dans l'hémisphère Sud durant les hivers antarctiques, jusque 2014. Il sera possible de combiner utilement ces observations avec celles d'autres instruments sur le site (par ex. IRAIT).

ASTEP is an astronomy programme designed to monitor photometrically the dome C sky. Its aims are

1. to assess precisely the photometric quality of the Concordia site
2. to discover and characterize exoplanets transiting in front of their stars and
3. to prepare future ambitious campaigns for the characterization of super-Earths. Installation and first observations with ASTEP 400 will start in 2010-2011.

ASTEP will allow precise photometric observations of target of opportunities (transiting exoplanets, microlenses...etc.) in the South hemisphere during antarctic winters until 2014. It will be possible to usefully combine the observations with those of other instruments on the site (e.g. IRAIT).

1073 BIPOL-SMR : Projet International de Radiométrie micro-onde de la neige aux deux pôles.
Picard Ghislain
Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement, Saint Martin d'Hères Concordia

La fonte des glaciers et calottes polaires constitue une cause substantielle de l'accélération de la montée du niveau de la mer. La connaissance de la dynamique des calottes et de la couverture de neige des 2 régions polaires – l'Antarctique et l'Arctique – est d'un intérêt international pour des raisons environnementales (climat), économiques et politiques (souveraineté territoriale). L'objectif principal de ce projet est d'acquérir des mesures terrains originales sur la neige dans 3 environnements polaires différents de par leur régime climatique et le type de neige,

et représentatif de l'Antarctique (Dôme C, station Concordia), de l'Arctique continental (calotte de Barnes) et de la toundra arctique (Nord du Québec, Canada). Ces données permettront de valider les modèles micro-ondes utilisés par les méthodes d'inversion qui visent à extraire des variables climatiques et glaciologiques à partir des données satellite micro-onde. L'originalité de ces campagnes est de collecter des mesures au sol de radiométrie micro-onde simultanément avec des mesures des propriétés de la neige (taille des grains, densité, température) au moyen d'instruments novateurs récemment développés dans nos laboratoires. Enfin, les données satellites (SSM/I, AMSR, ...) seront exploitées pour étendre spatialement et temporellement cette étude.

Polar areas are very sensitive to climate change due to strong feedbacks induced by glacier melting, sea ice retreat or snow cover changes. Knowledge of snow dynamics of both polar regions – Antarctica and the Arctic – is thus of international interest for environmental (climate), economic, and political (territorial sovereignty) reasons. The main objective of this project is to collect unique snow measurements in three different environments (i.e. different climate types and snow regimes) representative of the terrestrial Antarctic and Arctic at Dome C station in Antarctica, Barnes Ice Cap and in the arctic tundra in Canada. The data will allow the validation of microwave models used in the retrieval of climate and glaciological variables from microwave satellite data. The originality of these campaigns is to collect ground-based microwave radiometer measurements coincidentally with a detailed snow characterization (grain size and structure, density, temperature) using advanced instruments developed in our laboratories. Satellite data (SSM/I, AMSR, ...) will be used to extend spatially and temporally the study.

1076 SUBMERTZ : Exploration sous la partie flottante du glacier Mertz
Legresy Benoit
LEGOS, Toulouse
Astrolabe

Le projet SUBMERTZ entend la partie inconnue de l'océan sous la langue de glace du glacier Mertz. Cette langue de glace de 160 km de long et 30 de large a subi un vélage majeur de la moitié de sa longueur en février 2010. Cette langue de glace, le fjord dans lequel elle s'écoule et la dépression bathymétrique adélie participent à la formation de l'eau profonde Antarctique et aux échanges océan-glace. L'iceberg parti nous permet de visiter une grande surface inaccessible auparavant. Le sous-marin autonome AUTOSUB sera utilisé pour explorer la cavité sous la glace de la partie restante dans le fjord. Des mesures physiques de propriété des masses d'eau, bathymétrie des régions inconnues et l'analyse de carottages sédimentaires peu profonds sont les mesures que nous allons effectuer au cours de ce programme pour étudier la circulation océanique, les échanges océan-glace et le climat et l'environnement de cette région.

The SUBMERTZ project intend to investigate the uncovered ocean of the Mertz glacier floating tongue. This 160km long and 30km wide ice tongue experienced a major calving of half of its length in february 2010. This glacier ice tongue, the fjord inwhich it flows and the adelic bathymetric depression are to participate in the Antarctic bottom water production, the ocean ice interaction. The calved iceberg gone allows us to visit a large area that was unaccessible before. An automated submarine AUTOSUB will be used to investigate the sub ice cavity remaining in the fjord. Physical properties of water masses, bathymetry of the unknown areas and analysis of shallow sediment cores are the measurement we will undertake within this program to investigate the ocean circulation, ice-ocean exchange and climate and environment conditions in the area.



ANTARCTIQUE - SUBANTARCTIQUE

SCIENCES DE LA VIE

109 - ORNITHOECO : Oiseaux et mammifères marins sentinelles des changements globaux dans l'océan austral
Weimerskirch Henri
Centre d'Etudes Biologiques de Chizé
Terre Adélie, Crozet, Kerguelen,
Amsterdam - Saint-Paul

Le programme utilise les oiseaux et mammifères marins comme indicateurs des changements globaux qui affectent les écosystèmes de l'océan Austral. A travers un réseau de 4 observatoires allant de l'Antarctique au milieu subtropical les populations de 25 espèces de prédateurs supérieurs sont suivies depuis 50 ans. Les informations individuelles à long terme sont utilisées pour comprendre les processus par lesquels le climat affecte les écosystèmes marins et pour faire des prédictions sur les futurs effets des changements climatiques. Le programme intègre également l'effet des pêcheries afin de proposer des mesures de conservation.

The program uses seabirds and marine mammals as indicators of global changes in the marine ecosystems of the southern ocean. Through a network of 4 observatories the populations of 25 species of the marine top predators and their distribution at sea are monitored since 50 years. These individually based long term information are used to understand the processes through which climate affect marine ecosystems, and to make predictions on the future changes in these ecosystems, as well as to propose conservation measures to limit the impact of fisheries on some populations.

119 - ECONERGIE : Adaptations énergétiques aux contraintes nutritionnelles et environnementales chez le manchot royal
Robin Jean-Patrice
Département d'Ecologie, Physiologie et Ethologie, Strasbourg
Crozet

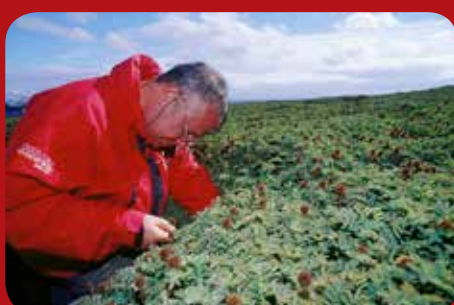
Le programme 2008-2011 a pour objectifs de comprendre les adaptations énergétiques mises en oeuvre à terre par le manchot royal pour faire face aux contraintes nutritionnelles et environnementales rencontrées au cours de son cycle annuel. Les travaux seront réalisés à la fois chez l'adulte en reproduction et chez le poussin au cours de ses différentes phases de croissance. Dans ce dernier cas, nous rechercherons également comment les adaptations énergétiques sont liées au développement musculaire et squelettique.

The 2008-2011 programme aims at understanding how while a shore the king penguin adapts energetically to the nutritional and environmental constraints it has to face through the annual cycle. Studies will be performed both on adults throughout breeding and on chicks throughout growth. In the latter, how energy adaptations are related to muscular and skeletal development will be moreover determined.

131 - ORNITHOTHERMO : Thermorégulation et Energétique en milieu polaire
Roussel Damien
Université Claude Bernard Lyon I,
Villeurbanne
Terre Adélie, Crozet

Les oiseaux marins des régions polaires et subantarctiques sont des modèles d'études exceptionnels des processus bioénergétiques essentiels à leur survie. Le décryptage par une approche de physiologie intégrative (de l'animal entier aux gènes) des processus énergétiques adaptatifs mis en jeu à chaque étape clé de leur vie (reproduction, éclosion, émancipation thermique) pourrait révéler des mécanismes ou des molécules, cibles potentielles pour la compréhension de pathologies métaboliques.

Because they have optimized the bioenergetic processes essential for their survival, marine birds from the polar and subantarctic regions are of outstanding interest. By an integrative physiological approach from the entire animal to gene expression, the deciphering of the adaptative energetic mechanisms developed by polar species at each critical steps of their living (reproduction, hatching, thermal emancipation) could improve our understanding and reveal potential targets for metabolic diseases



136 - ECOBIO : Changements climatiques, actions anthropiques et biodiversité des écosystèmes terrestres subantarctiques
Lebouvier Marc
Université de Rennes I Station Biologique, Paimpont
Crozet, Kerguelen, Amsterdam - Saint-Paul

Ce programme de recherche est centré sur l'étude de l'impact des changements climatiques et des activités humaines, plus particulièrement les invasions biologiques liées à l'homme, sur la biodiversité des écosystèmes terrestres des îles subantarctiques. Le programme de suivi à long terme que nous menons nous permet de détecter l'arrivée et ensuite la dispersion éventuelle de nouvelles espèces, ainsi que la manière dont la biologie des espèces natives (plantes et invertébrés) est altérée par les changements climatiques et les invasions biologiques. Notre approche multidisciplinaire (des communautés jusqu'à la molécule) permet une meilleure compréhension de la biologie des espèces natives et introduites ainsi que la façon dont elles interagissent avec leur environnement.

We will investigate the impact of climate change and human activities (mainly anthropogenically related biological invasions) on the biodiversity of the subantarctic insular terrestrial ecosystems. Longterm monitoring studies allow us to detect the arrival and possible dispersion of new introduced species, and to determine how native invertebrate and plant life cycles can be affected by both climate change and biological invasions. Our multidisciplinary approach (from ecosystems studies to genetics) should allow a better understanding of the biology of both native and introduced species and the way they are interacting with their environment.

137 - ECOPHY : Stratégie alimentaire et mécanismes d'adaptation comportementale et physiologique des manchots face à la variabilité climatique: leurs limites et son impact sur la dynamique des populations
Le Maho Yvon
Département Interactions Physique, Chimie et Vivant, Strasbourg
Terre Adélie, Crozet

Notre objectif est de connaître les limites de la capacité d'adaptation des manchots aux changements climatiques saisonniers et interannuels et à leurs conséquences sur l'abondance et la localisation des ressources marines dont ils dépendent. Pour cela, nous abordons l'étude sous l'angle de la dynamique des populations en suivant par identification automatique de nombreux individus dont l'histoire est parfaitement connue. A cette approche qui nous affranchit du biais des bagues et nous permet d'avoir des animaux témoins non perturbés, sont superposées deux études, à terre et en mer. Dans la colonie, nous chercherons à comprendre par quels mécanismes comportementaux et

physiologiques les manchots économisent leurs réserves corporelles pour assurer le succès de leur reproduction et par quels mécanismes est assurée leur survie lorsque ces réserves sont en voie d'épuisement. En mer, grâce au biologging, nous voulons déterminer les performances alimentaires des oiseaux en fonction de leur expérience et de leur qualité physique (immunocompétence et condition corporelle).

We want to determine the extent to which penguins are able to cope with seasonal and interannual climatic changes and their consequences on the localization and abundance of their marine resources. We thus investigate their population dynamics by automatically tracking many individuals whose history is known. To this approach, which therefore enable us to avoid the bias of flipper banding and as well have control birds which are undisturbed, will be superimposed two studies, ashore in the breeding colony and at sea. In the colony, we aim to understand those behavioural and physiological processes which enable the birds to minimize body fuel utilization while fasting in order to succeed in breeding but still ensure their survival once those fuels are depleted. At sea, with biologging, we want to determine the feeding performance of the birds in relation to their individual experience and fitness, i.e. immunocompetence and body condition.

279 - POPCHAT : Déterminants biotiques et abiotiques de la dynamique des populations de chats de la Grande Terre de l'archipel des Kerguelen
Pontier Dominique
Université Claude Bernard Lyon 1, Villeurbanne
Kerguelen

L'objectif est de comprendre les différents aspects de l'intégration du chat dans l'écosystème de la Grande Terre. Ceci comprend l'étude des facteurs biotiques (e.g. proies) et abiotiques (climat) fondamentaux qui conditionnent la dynamique des ses populations (densité-dépendance des paramètres démographiques, synchronie entre sites, variabilité du système d'appariement ...), les conséquences de cette variabilité sur la distribution spatiale et temporelle de la diversité génétique, mais aussi l'influence de la prédation du chat sur la dynamique des espèces d'oiseaux marins, en combinant des approches empiriques et théoriques.

The objective is to understand various aspects concerning the integration of cats into the ecosystem of Grande Terre. This includes the study of biotic (e.g. prey) and abiotic (e.g., climate) factors that influence cat population dynamics (e.g. density dependence of demographic parameters, synchronicity between sites, and variability in their reproductive system), their consequences on the spatial and temporal distribution of genetic diversity, and the consequences of cat predation for the dynamics of seabird species. We combine empirical and theoretical approaches.

354 - ETHOTAAF : Ecologie comportementale des oiseaux marins subantarctiques
Bonadonna Francesco
Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive - Groupe d'Ecologie Comportementale, Montpellier
Crozet, Kerguelen

Interactions between individuals and between organisms and environment pass through cues and clues that modify the behaviour of the receiver. Animals broadcast a wide range of information through calling, colour displays, postures, and odours. In the environment colours, odours, magnetic cues may indicate a source of food, or a direction during a displacement. Our project focalises on signals: a) Olfactory cues (function in individual recognition, mate choice, and orientation in petrels, and albatrosses; function in orientation in penguins). b) Visual cues (function in mate choice and orientation in penguins). c) Acoustic cues (function in mate choice in petrels and orientation in penguins).

394 - OISEAUX PLONGEURS : Stratégie énergétique des oiseaux plongeurs et variabilité physique et trophique de l'océan Austral
Bost Charles-André
Centre d'Etudes Biologiques de Chizé
Terre Adélie, Crozet, Kerguelen

Stratégies énergétiques en mer de prédateurs s'alimentant par plongée (manchots, cormorans, pétrels) et jouant un rôle majeur dans les réseaux trophiques de l'océan Austral. Etude écophysiologique dans les 3 dimensions de l'océan par suivi télémétrique, ceci selon les caractéristiques physiques et biotiques. Quantification énergétique des déplacements alimentaires (étude écophysiologique de la plongée). Etude du potentiel bio-indicateur des prédateurs plongeurs vis à vis des conséquences biologiques de la variabilité climatique.

The objectives is to study how some diving predators may be used to assess the effects of the climatic variability at short and long term, on the pelagic food webs of the Southern Indian Ocean. Based on the use of state of the art data loggers, the programme will be focused on the atsea ecology and energetic of key diving pulmonary predators (penguins, cormorans, diving petrels), studied in 3 localities (Crozet and Kerguelen: Polar Frontal Zone) and Adélie Land (Antarctic).

408 HOTVIR : Diversité virale et microbienne des sources hydrothermales des Terres Australes et Antarctiques Françaises

Le Romancer Marc

IUEM, UMR 6197, Laboratoire de Microbiologie des Environnements Extrêmes, Plouzané

Kerguelen

Ce programme a pour objectif d'étudier les communautés virales et microbiennes présentes dans les sources hydrothermales des Terres Australes et Antarctiques Françaises. Nous décrirons les communautés microbiennes et rechercherons de nouveaux virus. Les propriétés géochimiques des sources chaudes hébergeant ces communautés seront établies. Ceci permettra d'identifier de nouveaux microorganismes et leurs virus ; de contribuer à comprendre la variabilité géographique de la distribution des virus et procaryotes hyperthermophiles ; d'apporter des informations sur l'impact des virus sur l'adaptation et l'évolution des hôtes microbiens en conditions extrêmes. A long terme, nous exploiterons le réservoir de gènes viraux à la recherche de nouvelles structures protéiques et fonctions biologiques.

The primary goal of this project is to explore the exciting microbial world in remote volcanic and geothermal areas, the Kerguelen and Saint Paul Islands. The objective will be to determine the presence and ecological significance of thermophilic and hyperthermophilic viruses and microorganisms in extreme thermal environments such as hot springs. We plan to elucidate microbial communities and to characterize identified novel viruses, plasmids and microorganisms with respect to their genomic, phylogenetic, biochemical and biotechnological properties. A long term goal is to obtain additional hyperthermophilic viruses genomic and biochemical studies including the characterization of novel protein structures and functions.

1014 - CETA : Distribution des cétaqués en Terre Adélie

Charrassin Jean-Benoît

LOCEAN, UMR 7159, Département Milieux et Peuplements Aquatiques, Paris Astrolabe

This project aims at documenting background information on summer presence and relative abundance of cetaceans over the continental shelf off Terre Adélie, Eastern Antarctica. It will constitute one of the rare French contribution to the ongoing assessment of large whales of the

Southern Ocean conducted by the International Whaling Commission, as well as to the Regional Non-Lethal Whale Research Partnerships in the Southern Ocean recently proposed by Australia. Two observers will survey relative abundances of minke, fin, humpback, blue, right and killer whales from onboard R/V l'Astrolabe used as a platform of opportunity. Field work will be conducted during existing oceanographic surveys (ICO2TA, ALBION) conducted annually in January off Dumont D'Urville. Cetacean distribution will be related to the distribution of biotic (zooplankton) and abiotic (hydrographic parameters, sea ice condition and physiography) collected during the cruises. When possible, photo ID and biopsies samples of humpback and blue whales will be collected and compared to existing catalogues from the breeding grounds in order to assess the migratory connection between breeding grounds and feeding areas. After two years we will assess the outcome of the study to decide whether it is worth conducting whale research at this location on a longer term and possibly on a larger scale.

1037 HENERGES : Bénéfices énergétiques de l'agrégation des éléphants de mer austraux au cours de leur mue

Gilbert Caroline

IPHC, UMR 7178, CNRS-UdS, Vandoeuvre-Les-Nancy Kerguelen

Comme beaucoup d'autres oiseaux ou mammifères marins, les éléphants de mer austraux (*Mirounga leonina*) sont confrontés à des périodes contrastées en terme de balance énergétique. Ils alternent en effet des périodes de recherche alimentaire en mer, pendant lesquelles ils restaurent leurs réserves énergétiques, avec des périodes de jeûne à terre, sur la colonie où ils viennent se reproduire ou muer. Lors de la mue, une phase coûteuse en énergie, les éléphants de mer sont observés en groupes, les individus étant plus ou moins agrégés densément selon les conditions climatiques locales. Le comportement de thermorégulation sociale est une stratégie d'économie d'énergie largement utilisée dans le monde animal, par les oiseaux comme les mammifères confrontés à de fortes dépenses énergétiques. Cependant, ce comportement et les bénéfices associés n'ont encore jamais été étudiés chez les éléphants de mer. Ce projet repose ainsi sur l'étude du comportement de thermorégulation sociale, stratégie d'économie d'énergie utilisée par les éléphants de mer au cours de leur période de mue sur la colonie. Nous supposons que les adaptations comportementales et physiologiques liées aux agrégations plus ou moins denses des éléphants

de mer au cours de leur mue pourraient être influencées par leur condition corporelle ainsi que les contraintes climatiques. Les agrégations pourraient ainsi permettre aux individus de minimiser le temps passé à terre à jeûner, nécessaire au renouvellement de leur peau et fourrure lors de leur mue. Plus précisément, nos principaux objectifs sont de déterminer comment se comportent les éléphants de mer pendant la mue (regroupement, posture, sites d'échouage, déplacements, etc.) et de déterminer comment ils font face à ce stress énergétique (évolution de la composition corporelle, de la température corporelle, des flux de chaleur par photos à thermographie infrarouge, etc.) en fonction des conditions climatiques environnementales. Cette étude nous permettra ainsi de mieux comprendre comment et à quel point les organismes sont capables de s'adapter face à un environnement changeant dans le contexte des changements climatiques actuels.

*Southern elephant seals (*Mirounga leonina*) are faced with contrasting periods in terms of energy requirements. They alternate foraging periods at sea, where they feed to replenish their body fuels, and periods on land where they fast and complete their breeding cycle and moult. The moult is an energetically costly phase of their lifecycle during which Southern elephant seals aggregate or huddle more or less closely depending on local climate. Huddling is a powerful energy saving strategy widely used by mammals and birds facing high energetic demands. However, huddling behaviour and its energetics in Southern elephant seals have not yet been extensively studied. This project therefore focuses on this energy saving strategy used by Southern elephant seals during their moult on land. We hypothesize that behavioural and physiological adaptations linked to huddling during the moult, may be influenced by the organism's body condition and the environmental constraints while fasting. Huddling would thus allow individuals to minimise the time and energy required to complete the necessary replacement of skin and hair. Our main objectives are to determine how Southern elephant seals behave during the moulting period (huddling, posture, haul-out sites and changes of location), and how they cope with the energy demands of the moult (body composition, core, and skin temperature) according to weather conditions. Since the climate of the Antarctic and sub-Antarctic regions is changing, this study will help us to understand how and to what extent organisms are able to cope behaviourally and physiologically with critical periods in their lifecycle in relation to changes in environmental conditions.*



1039 - KREKET : Réponses physiologique et métabolique du krill aux variations de température du milieu
Toullec Jean-Yves
UMR UPMC-CNRS 7144, Station Biologique, Roscoff
Terre Adélie, Astrolabe

Conséquences physiologiques d'une augmentation de la température potentiellement liée au réchauffement climatique global chez des Crustacés inféodés au milieu polaire antarctique :
- Matériel biologique : le krill, *Euphausia superba* et/ou *Euphausia crystallorophias*. - Étude in vivo de l'induction des molécules de stress en fonction de la température. - Évolution moléculaire des protéines de stress de Crustacés en milieu Antarctique : - Protéines de choc thermique (Heat/Cold Shock Proteins (H/CSP)) - Peptides de la famille de la CHH (Crustacean Hyperglycemic Hormone).

Studies of physiological consequences of a possible temperature increase linked to the global warming in Crustaceans from Antarctic ocean. -Biological material: Krill Euphausia superba and / or Euphausia crystallorophias. -Research projects : -In vivo study of the induction of stress molecules as a function of the temperature ; -Molecular evolution of stress proteins in Antarctic medium : thermal shock proteins (Heat/Cold shock proteins, H/CSP), peptides from the CHH (Crustacean Hyperglycemic Hormone) family.

1041 - SALMEVOL : Ecologie évolutive de la colonisation des îles Kerguelen par les salmonidés
Labonne Jacques
Département EFPA (Ecologie des milieux Prairiaux, Forestiers et Aquatiques), Saint-Pée sur Nivelle
Kerguelen

Les conditions environnementales actuelles des îles Kerguelens se rapprochent fortement des paysages post-glaciaires que les salmonidés ont colonisé à la suite du Pleistocène. L'expérience à grande échelle générée par l'introduction réussie des salmonidés 60 ans auparavant constitue une formidable opportunité pour la recherche fondamentale en Ecologie Evolutive. En se basant sur une expertise multidisciplinaire (démographie, génétique, comportement) et les données et échantillons archivés depuis 1954, le projet SALMEVOL se propose de tester des hypothèses relatives à la compréhension des mécanismes impliqués dans l'adaptation à de nouvelles conditions et la colonisation de nouveaux habitats.

The SALMEVOL project focuses on the evolutionary ecology of salmonids, in the specific context of the successful colonization of the Kerguelen Is. The conditions prevailing in the islands mimic the typical post-glacial landscape that salmonids have naturally colonized following the Pleistocene glaciations. The grand-scale experiment created by the successful introduction of salmonids 60 years ago allowed us to test several hypotheses. Based on our

multidisciplinary expertise and the availability of archival data starting from 1954 and onward, it has become possible to understand how species may adapt to new conditions and how they are able to colonize new habitats.

1044 PROTEKER : Impact du changement global sur le benthos et les habitats marins des îles Kerguelen. Établissement d'une ligne de base pour le suivi écologique et génétique, la protection et la conservation
Féral Jean-Pierre
UMR 6540 - DIMAR, Marseille
Kerguelen, La Curieuse

Dans le contexte actuel de changements climatiques, des variations du niveau marin et de la biodiversité, en particulier benthique, (disparition d'espèces, changements d'aires de répartition, remplacements, espèces «exotiques» et envahissantes) affecteront les îles australes, particulièrement en milieu côtier. Les sites explorés au cours de campagnes hauturières ou en plongée autour de Kerguelen, ayant donné lieu à des récoltes et des travaux de recherche seront revisités au cours de nouvelles campagnes de la Curieuse. Les observations et le dépouillement de ces récoltes seront comparés avec ceux effectués depuis les années 70. Toutes les données, anciennes et nouvelles, seront saisies dans des bases existantes ou compatibles, associées à un SIG. Certaines espèces dont la structure génétique est connue seront choisies pour un suivi génétique et la détermination de zones sensibles. L'ensemble apportera les bases scientifiques à la détermination de zones à protéger (lieu, surface et distances optimum entre les zones) et à gérer.

In the current context of climate changes, variations of the sea level and of marine biodiversity [particularly benthic], (extinction, shifts, replacements, "exotic" and invading species) will affect the Southern Islands, particularly in coastal waters. Sites explored during past ocean cruises or by diving around Kerguelen, having given place to collections and research tasks, will be revisited during cruises of «La Curieuse». The observations and the examination of these new collections will be compared with those carried out since the Seventies. All the data, old and new, will be captured in existing or compatible databases associated with a GIS. Certain species of which the genetic structure is known will be selected for a genetic monitoring and the determination of sensitive areas. The whole will bring the scientific bases to the determination of zones to be protected (site, area and optimum distances between the protected zones) and managed.

1081 RENKER : Les rennes des îles Kerguelen: distribution, dynamique et impacts sur les écosystèmes
Loison Anne
Alpine Ecology Laboratory (LECA),
Le Bourget du Lac
Kerguelen

Notre projet a pour objectifs d'estimer l'impact des rennes introduits aux Kerguelen sur les écosystèmes afin d'évaluer différentes politiques de gestion. Nous 1) estimerons la distribution et l'utilisation de l'habitat des rennes aux îles Kerguelen en combinant des comptages de crottes et des comptages par hélicoptère, 2) mesurerons des indices démographiques simples tels que rapport faons/femelle et âge des individus trouvés morts pour comparer cette population à celle de Géorgie du Sud, également sans prédateurs, 3) évaluerons si ces indices peuvent être validés en suivant des individus marqués, 4) estimerons la diversité des plantes et leur biomasse et relier celles-ci à l'utilisation de l'habitat par les rennes et la présence d'autres herbivores and utilisant une approche utilisée dans les écosystèmes subarctiques-alpins, 5) mettrons en place des exclos dans différents habitats pour estimer la réponse à court terme de la végétation à l'abrutissement par le renne.

Our project aims to assess ecosystem effects of reindeer on Kerguelen in order to evaluate different management policies. We will 1) estimate the distribution and habitat use of reindeer on Ile Kerguelen using a combination of faeces counts and helicopter transects, 2) collect simple demographic indices such as calves/females ratio and age of carcasses to compare this predator-free population to e.g. South Georgia, 3) assess if these indices can be validated using marked individuals, 4) estimate plant composition and biomass and relate it to reindeer habitat use and presence of other herbivores using an approach developed in subarctic-alpine ecosystems, 5) establish exclosures in different habitats to assess short-term responses of vegetation to reindeer grazing.

1124 - REVOLTA : Radiations EVOLutives marines en Terre Adélie
Lecointre Guillaume
Muséum National d'Histoire Naturelle,
Paris
Terre Adélie

La zone de l'Antarctique Est située entre les glaciers du Mertz et de l'Astrolabe, récemment échantillonnée (CEAMARC), présente différents types de biotopes propices à la production de «species flocks». Les archipels constituent des milieux très fragmentés qui pourraient favoriser la spéciation rapide des groupes taxonomiques. Dans ce contexte, l'archipel de Pointe Géologie est choisi comme milieu modèle avec cinq groupes taxonomiques candidats susceptibles de générer des «micro species flocks» (notothenioïdes, crinoïdes, échinoïdes, isopodes, algues) qui seront étudiés à trois échelles taxonomiques et temporelles.

The East Antarctic area situated between the Mertz and Astralabe ice tongues, recently sampled (CEAMARC), displays a number of different biotopes likely to produce «species flocks». Especially, archipelagos form fragmented habitats that could favour rapid speciation of some taxonomic groups. Pointe Geologie is an archipelago and is chosen as model environment and five taxa that are thought to have produced «micro species flocks» (notothenioids, crinoids, echinoids, isopods, algae) will be studied at three taxonomic and temporal scales.



ANTARCTIQUE - SUBANTARCTIQUE

PSYCHOLOGIE DES HIVERNANTS

1046 Turnover TA : Etude des effets des interactions et des modalités de coopération sur l'adaptation individuelle, sociale et opératoire lors de la relève en Terre Adélie

Villemain Aude

Laboratoire de Psychologie Appliquée, EA 4298, REIMS Terre Adélie

Les difficultés d'adaptation psychologique se traduisent en hivernage par des difficultés relationnelles et opératoires (décalage entre les situations attendues par les hivernants et les situations réelles). Le programme vise à comprendre les phénomènes liés à la transmission et à la construction des connaissances au cours de la relève. Les résultats devraient permettre d'identifier les procédures utilisées au cours de la relève, pour favoriser cette transmission, et d'optimiser l'adaptation des hivernants (entraînement / soutien technique).

Psychological difficulties during wintering affect both interpersonal relationships and operative adaptation (i.e. discrepancy between expected situations and real situations). This study aims at investigating the regulation and knowledge transfer between two dyads of colleagues during the turnover. The results could allow to identify the processes used during the turnover in order to facilitate knowledge transfer, and to optimize the winterers' preparation (training and technical support) to wintering.

1062 ADAPT-EVE : Etude longitudinale des événements individuels et collectifs et de leur influence sur l'adaptation psychologique et professionnelle des hivernants polaires

Décamps Greg

Laboratoire de Psychologie Santé et Qualité de Vie EA4139, Bordeaux Terre Adélie

Les événements stressants survenant lors des missions polaires ont de nombreuses répercussions sur le groupe d'hivernage ainsi que sur les hivernants. Le but de l'étude est de déterminer la façon dont ces événements sont susceptibles de perturber l'adaptation psychologique et professionnelle des hivernants afin de déterminer les stratégies cognitives et comportementales les plus fonctionnelles pour y faire face.

Stressful events that may occur during polar expeditions generally have negative consequences and disturb the wintering crew and the polar winterers. The purpose of the study is, on the one hand, to determine the way these events should disturb the psychological adaptation and the professional involvement of the winterers and, on the other hand, to specify the efficacy of the cognitive and behavioral strategies used by the winterers to cope with.

1136 ICE-Q : Adaptation sociale, environnementale, occupationnelle et psychologique dans les situations isolées et confinées (ICEs): identification, analyse, élaboration et validation d'outils mesurant l'adaptation dans les situations ICEs

Nicolas Michel

Faculté des sciences du sport de Bourgogne, Dijon

Crozet, Kerguelen, Amsterdam - Saint-Paul, Terre Adélie

Le but de ce projet est d'étudier les variables sociales, occupationnelles, environnementales et psychologiques qui sont parmi les déterminants les plus importants dans l'adaptation aux environnements isolés et confinés.

L'évolution et les relations entre ces variables seront étudiées. De plus, dans une approche interdisciplinaire, nous proposons d'analyser les relations entre les données psychologiques et médicales disponibles afin d'évaluer la pertinence des mesures psychologiques.

Ce projet vise à construire des outils validés afin d'évaluer l'adaptation individuelle et collective dans les ICEs qui faciliteraient à la fois le recrutement et le suivi des équipes impliquées.

The aim of the present project is to study social, occupational, environmental and psychological variables which are among the most important determinant in adaptation to Isolated and Confined Environments, the so-called ICEs.

The evolution and the relationships between these variables will be investigated. Furthermore, in an interdisciplinary approach, we propose to analyze the relationships between psychological and medical data available in order to evaluate the relevance of the psychological measures.

This project aims to gather data in order to construct standardized tools that will help evaluating individual and collective adaptation in ICEs which would facilitate both recruitment and follow-up of the implicated crews.



ANTARCTIQUE - SUBANTARCTIQUE RECHERCHE & DEVELOPPEMENT

1007 HAMLET : Fiabilité de l'électronique à haute altitude et haute latitude

Wrobel Frédéric

MR5214 - équipe RADIAC, Montpellier
Concordia

Les rayons cosmiques bombardent notre atmosphère et sont à l'origine de dysfonctionnements dans les composants et systèmes électroniques. Ces dysfonctionnements sont critiques pour les applications qui concernent la sécurité des biens et personnes (électronique avionique, pacemaker, automobile, stockage des données ...). Dans ce contexte, la connaissance du milieu radiatif atmosphérique est capitale et peut s'entreprendre par la détection de ces particules ou par l'observation directe de leurs effets sur certains composants électroniques. Les zones de hautes altitudes et hautes latitudes sont particulièrement intéressantes car les flux de particules y sont singulièrement élevés.

Cosmic rays continuously reach the Earth atmosphere which lead to various dysfunctions in electronic components and systems. These dysfunctions are critical for applications dealing with security, transport or health... In this context, the knowledge of the atmospheric radiation environment is crucial. Data can be obtained either by detection of natural particles in the atmosphere or by directly observing their effects on electronic devices. Locations with high altitude and high latitude are particularly of interest since particule fluxes are harsh.





ANTARCTIQUE

PROGRAMMES DE RECHERCHE EN COLLABORATION AVEC L'ESA

A stay at Concordia has many similarities with a long-duration spaceflight and to future exploration missions, so ESA has a cooperative arrangement with IPEV and PNRA. ESA's Directorate of Human Spaceflight uses Concordia's special environment to prepare for future human missions to the Moon or Mars, and provides an excellent laboratory for fundamental research on many subjects.

ESA also supports IPEV and PNRA in medical monitoring, operational validation of life-support technologies and psychological training of crews by personnel from the European Astronaut Centre. Past and current investigations include adaptation and coping with stress and changes in the immune system, blood clotting and changes in the circadian rhythms of crewmembers.

Among the projects implemented in 2011, three are presented below:

COGNIPOLE

Impact of sleep and circadian rhythm disturbance on executive functions during Antarctic over-wintering

The present proposal aims at identifying variations in cognitive performance during the overwintering period. Differences might take the form of decrements, but also of strategic shifts in cognitive control, that could have an adaptative function. Performance will be assessed through a battery of cognitive task tapping on a range of functions from simple stimulus detection to attention and decision making. The assessment of sleep quality and circadian rhythmicity will allow to identify whether previously described disturbances are replicated here, and how these relate to the quality of cognitive performance. Psychophysiological measurement of CNS and ANS activity will provide insights to the mechanisms of these changes and the neural and cognitive subsystems involved.

Professor Fabio Ferlazzo



Reaction speed tests. These sort of tests will help determine how much the environment affects the quality of crewmembers sleep, and their ability to concentrate and react to a command or a piece of information.

The electrodes on the crewmember's head monitor their brain activity, to reveal changes in how rapidly the brain perceives a signal shown on the screen, and how rapidly it generates a response to it.

Wears a cap fitted with 32 electrodes capable of detecting brain activity . It allows researchers to observe how well crewmembers can pay attention to important information presented on a computer screen, and filter out irrelevant information. Comparison with the performance of people in a sea level, normal environment will show how the isolation, the hypobaric atmosphere and the reduced sunlight affects the crewmembers, much as it will be expected to affect humans in a vehicle en route to Mars and back.



ESCOM

The effect of exercise on sleep regulation, cognitive performance, mental health and mood

Sleep disruption is one of the main complaints on previous Antarctic expeditions, whether these are summer stays or overwintering. There is a strong correlation between sleep efficiency and active energy expenditure indicating that exercise could have positive effects on these parameters. Experimental evidence indicates that physical exercise has a positive effect on brain functioning including cerebral blood flow, cognition, neurogenesis, neurotransmitter release and mood. The impact of different conditions (confinement, exercise, etc.) on circadian gene expression and the link with physiology and psychology is largely unknown. The present proposal aims at investigating the link between sleep, circadian rhythms and exercise, as well as the effects of an active exercise intervention on mood and performance in an Antarctic mission. This project will give an insight on the following points:

- (1) Sleep-wake regulation is altered in both summer and winter periods, albeit through different mechanisms.
- (2) Exercise has a positive effect on sleep quality, and is a candidate countermeasure for circadian desynchronisation.
- (3) Exercise might counteract the potential disruption of cognitive performance and improve overall mood.
- (4) Altered sleep-wake regulation can be measured using gene expression analysis in blood. The effects of exercise on sleep regulation and cognitive performance will also be reflected at a molecular level.

Professor Romain Meeusen



It is hoped to show that regular cardiovascular exercise can help offset the detrimental effects of the isolation and the tough environment have on sleep, concentration and mood. Once every six weeks the crew did thinking tests before and after a period of exercise.

BEACON

Assessment of biomarkers for BEhavioral Adaptation and health during isolated stay in CONcordia.

This project aims to profile the health status and more specifically to probe the behavioral health and adaptation of healthy volunteers that are confined in the Antarctic station Concordia. It is known that environmental changes or stimuli result in acute and/or chronic stress experience and this induces a response of the neuroimmunoendocrine circuitry. This response can be translated into behavioral changes and adaptation and diseases if the individual cannot cope with the stress. An in-depth knowledge of the molecular mechanisms, physiological changes and clinical endpoints that (chronic) stress is inducing in a confined environment is of paramount importance for the successful outcome of long-term human space exploration.

This problem will be tackled within BEACON by a multidisciplinary collaboration between (neuro)toxicologists, immunologists, medical doctors and psychologists using the Concordia station as valuable test bed. The volunteers participating to BEACON will be scored for personality and temperament. During their stay in Concordia, the individuals will be evaluated for their cognitive functions because it is known that chronic stress may affect neuroperformance. Upon return from Concordia, the anxiety and posttraumatic stress will be scored. These evaluations will be done using questionnaires and tests that have been fully validated in clinical and epidemiological studies. At defined intervals during the stay in Concordia, samples will be taken to track physiological changes. Biomarkers for stress and immune responses will be measured in saliva and peripheral blood after return of the samples from Concordia. The samples will be analyzed for their cortisol, neurotrophin, and α -amylase content in saliva (biobehavioral markers) and cytokines in blood (immunological markers). In parallel, whole genome transcriptomics will be performed on saliva and peripheral blood samples. The latter approach should give more insight in the biochemical pathways and biological networks that may be changing as a consequence of stress.

Patrick De Boever



The isolation of the station, the physiological strain of the low atmospheric pressure of Concordia, and the lack of sunshine through the winter have profound effects on crewmembers sleep, and are very analogous to the similar conditions expected for human vehicles for travel to the moon and Mars.

Polysomnography monitors the crewmembers breathing, blood oxygen level, the heart's electrical activity and rate, and their brain activity during a night's sleep. Cortisol and melatonin samples taken through the day before and after, will help to understand how sleep is regulated and how to help improve it

RESPONSABLES DE PROGRAMMES

Abe Lyu

Université de Nice Sophia Antipolis -
Laboratoire H. Fizeau
lyu.abe@unice.fr

Bascou Jérôme

Université Jean Monnet
jerome.bascou@univ-st-etienne.fr

Blangy Sylvie

UMR5175 CEFE
sblangy@gmail.com

Bonadonna Francesco

Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive
francesco.bonadonna@cefe.cnrs.fr

Bollache Loïc

Laboratoire Biogéosciences UMR CNRS 5561
bollache@u-bourgogne.fr

Bost Charles-André

Centre d'Etudes Biologiques de Chizé
bost@cebc.cnrs.fr

Boulinier Thierry

Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive -
Dpt Biologie des
Populations
thierry.boulinier@cefe.cnrs.fr

Chambodut Aude

Ecole et Observatoire des Sciences de la Terre
aude@unistra.fr

Chappellaz Jérôme

Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de
l'Environnement
chappellaz@lgge.obs.ujf-grenoble.fr

Charrier Isabelle

CNRS- UMR 8195 CNRS
isabelle.charrier@u-psud.fr

Chastel Olivier

Centre d'Etudes Biologiques de Chizé
chastel@cebc.cnrs.fr

Cohen Yves

Centre de Recherches historiques
yvcohen@ehess.fr

Crosta Xavier

UMR 5805 EPOC - OASU, Université Bordeaux I
x.crosta@epoc.u-bordeaux1.fr

Danchin Etienne

Evolution et diversité Biologique
edanchin@cict.fr

Decamps Greg

Université Victor Segalen Bordeaux
2-Laboratoire de Psychologie
Santé et Qualité de Vie
greg.decamps@u-bordeaux2.fr

Delmotte Marc

Laboratoire des Sciences du Climat et de
l'Environnement - RAMCES - CEA Saclay
marc.delmotte@lsce.ipsl.fr

Domine Florent

Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de
l'Environnement
florent@lgge.obs.ujf-grenoble.fr

Dommergue Aurélien

Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de
l'Environnement
dommergue@lgge.obs.ujf-grenoble.fr

Duprat Jean

Centre de Spectrométrie Nucléaire de
Spectrométrie de Masse
Jean.Duprat@cnsnm.in2p3.fr

Favier Vincent

Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de
l'Environnement
favier@lgge.obs.ujf-grenoble.fr

Feral Jean-Pierre

UMR 6540 - DIMAR
jean-pierre.feral@univmed.fr

Ferret Carole

Laboratoire d'anthropologie sociale
caroleferret@wanadoo.fr

Fily Michel

Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de
l'Environnement
fily@lgge.obs.ujf-grenoble.fr

Genthon Christophe

Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de
l'Environnement
genthon@lgge.obs.ujf-grenoble.fr

Gilbert Caroline

IPHC, UMR 7178, CNRS-UdS
caroline.gilbert@scbiol.uhp-nancy.fr

Gremillet David

Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive -
Equipe Ecologie Spatiale des Populations
david.gremillet@cefe.cnrs.fr

Griselin Madeleine

UMR 6049 ThéMA, CNRS/ Université de
Franche-Comté
madeleine.griselin@univ-fcomte.fr

Guillot Tristan

Cassipée - Observatoire de la Côte d'Azur
tristan.guillot@oca.eu

Hinderer Jacques

Observatoire gravimétrique de Strasbourg
jhinderer@east.u-strasbg.fr

Houssais Marie-Noëlle

Laboratoire d'Océanographie et du Climat :
Expérimentations et Approches Numériques
mnh@ocean-ipsl.upmc.fr

Huret Nathalie

LPC2E-OSUC
nathalie.huret@cnrs-orleans.fr

Joliet Fabienne Jeanne

INHP - Agrocampus Centre d'Angers
fabienne.joliet@agrocampus-ouest.fr

Jumelet Julien

LATMOS - IPSL - UMR8190
Julien.Jumelet@latmos.ipsl.fr

Klein Karl-Ludwig

Laboratoire d'Etudes Spatiales et Instrumentales
pour l'Astrophysique
ludwig.klein@obspm.fr

Labonne Jacques

ECOBIOIP - Dpt EFPA - Pôle d'Hydrobiologie
- INRA
labonne@st-pee.inra.fr

Le Maho Yvon

Institut Pluridisciplinaire Hubert Curien - Dpt
Interactions Physique, Chimie et Vivant
yvon.lemaho@c-strasbourg.fr

Le Meur Emmanuel

Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de
l'Environnement
lemeur@lgge.obs.ujf-grenoble.fr

Le Romancer Marc

IUEM - UMR 6197 - Laboratoire de
Microbiologie des Environnements Extrêmes
marc.leromancer@univ-brest.fr

Lebouvier Marc

Station Biologique de Paimpont
marc.lebouvier@univ-rennes1.fr



Lecointre Guillaume

CNRS / UPMC / MNHN / IRD / ENS -
Systématique et Evolution
lecointr@mnhn.fr

Legrand Michel

Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de
l'Environnement
legrand@lgge.obs.ujf-grenoble.fr

Legresy Benoît

Laboratoire d'Etudes en Géophysique et
Océanographie Spatiales
benoit.legresy@cnes.fr

Lévêque Jean-Jacques

Ecole et Observatoire des Sciences de la Terre
leveque@sismo.u-strasbg.fr

Lilensten Jean

Laboratoire de Planétologie de Grenoble
jean.lilensten@obs.ujf-grenoble.fr

Maggi Alessia

Ecole et Observatoire des Sciences de la Terre
alessia.maggi@unistra.fr

Marchaudon Aurélie

Laboratoire d Physique et Chimie de
l'Environnement/CNRS
aurelie.marchaudon@cnrs-orleans.fr

Masi Sylvia

Dipartimento di Fisica, Universita di Roma
Silvia.Masi@roma1.infn.it

Masse Guillaume

Laboratoire d'Océanographie et du Climat :
Expérimentations et Approches Numériques
guillaume.masse@ocean-ipsl.upmc.fr

Masson-Delmotte Valérie

Laboratoire des Sciences du Climat et de
l'Environnement
valerie.masson@cea.fr

Nel André

Systématique et évolution, Entomologie
anel@mnhn.fr

Nicolas Michel

Faculté des sciences du sport de Bourgogne
michel.nicolas@u-bourgogne.fr

Park Young-Hyang

Département Milieux et Peuplements Aquatiques
yhpark@mnhn.fr

Paulet Yves-Marie

Laboratoire des Sciences de l'Environnement
Marin UMR6539
yves-marie.paulet@univ-brest.fr

Petit Jean-Robert

Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de
l'Environnement - Paleoclimat
petit@lgge.obs.ujf-grenoble.fr

Picard Ghislain

Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de
l'Environnement
ghislain.picard@lgge.obs.ujf-grenoble.fr

Pontier Dominique

Ecologie évolutive des Populations
dpontier@biomserv.univ-lyon1.fr

Ricaud Philippe

Laboratoire d'Aérodynamique, Ozone et Précurseurs
philippe.ricaud@aero.obs-mip.fr

Ritz Catherine

Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de
l'Environnement
Catherine.Ritz@lgge.obs.ujf-grenoble.fr

Roussel Damien

UMR 5023 CNRS - Univ Cl. Bernard Lyon 1
Damien.Roussel@univ-lyon1.fr

Savarino Joel

Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de
l'Environnement
jsavarino@lgge.obs.ujf-grenoble.fr

Sciare Jean

Laboratoire des Sciences du Climat et de
l'Environnement
jean.sciare@lsce.ipsl.fr

Testut Laurent

Laboratoire d'Etudes en Géophysique et
Océanographie Spatiales
Laurent.Testut@legos.obs-mip.fr

Toullec Jean-Yves

Génétique de l'Adaptation en Milieux Extrêmes
jean-yves.toullec@sb-roscoff.fr

Vate Virginie

CNRS / EPHE
virginie.vate@gsrl.cnrs.fr

Villemain Aude

Université de Reims
aude.villemain@univ-reims.fr

Villemin Thierry

Université de Savoie Pole Montagne -
Environnements, Dynamiques et Territoires de
Montagne
Thierry.Villemin@univ-savoie.fr

Vivier Frédéric

Université Pierre et Marie Curie
fvi@ocean-ipsl.upmc.fr

Vogel Timothy

UMR CNRS 5005
tvogel@ec-lyon.fr

Wastine Benoît

Laboratoire des Sciences du Climat et de
l'Environnement - RAMCES
benoit.wastine@lsce.ipsl.fr

Weimerskirch Henri

Centre d'Etudes Biologiques de Chizé
henriw@cebc.cnrs.fr

Wrobel Frédéric

UMR5214 - équipe RADIAC
frederic.wrobel@ies.univ-montp2.fr

Programmes ESA :

Patrick De Boever

Environmental Toxicology (TOX)
Flemish Institute for Technological Research
(VITO)
patrick.deboever@vito.be

Professor Fabio Ferlazzo

Rome University Sapienza
fabio.ferlazzo@uniroma1.it

Professor ROMAIN MEEUSEN

University Vrije Universiteit Brussel
Fac. Physical Education and Physiotherapy
rmeeusen@vub.ac.be



SIGLES

ANR	Agence Nationale de la Recherche
AWI	Alfred Wegener Institute
BAS	British Antarctic Survey
CEA	Commissariat à l'Énergie Atomique
CEBC	Centre d'Études Biologiques de Chizé
CEFE	Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive
CEP	Comité Environnement Polaire
CEREGE	Centre Européen de Recherche et d'Enseignement des Géosciences de l'Environnement
CETP	Centre d'études des Environnements Terrestres et Planétaires
CIO	Comité Intergouvernemental Océanographique (UNESCO)
CNES	Centre National d'Études Spatiales
CNRS	Centre National de la Recherche Scientifique
COMNAP	Council of Managers of National Antarctic Programmes
CPE	Comité pour la Protection de l'Environnement (RCTA)
CPST	Conseil des Programmes Scientifiques et Technologiques
CSNSM	Centre de Spectrométrie Nucléaire et de Spectrométrie de Masse
ECOBIO	Ecosystèmes, Biodiversité, Evolution
EPB	European Polar Board
EPF	Expéditions Polaires Françaises
EPRD	Etat Prévisionnel des Recettes et Dépenses
EPICA	European Programme for Ice-Coring in Antarctica
GIP	Groupement d'Intérêt Public
GPS	Global Positioning System
GRIP	Greenland Ice-core Project
IASC	International Arctic Science Committee
IFREMER	Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer
IMAGES	International MARine Global change Study
INSU	Institut National des Sciences de l'Univers
ISEM	Institut des Sciences de l'Évolution
IPGS	Institut de Physique du Globe de Strasbourg
IPHC	Institut Pluridisciplinaire Hubert Curien IPHC
IPSL	Institut Pierre Simon Laplace
IRD	Institut de Recherche pour le Développement
IUEM	Institut Universitaire Européen de la Mer
LATMOS	Laboratoire Atmosphères, Milieux, Observations Spatiales
LBCM	Laboratoire de Biochimie et Chimie Marines
LEGOS	Laboratoire d'Études en Géophysique et Océanographie Spatiales
LEMAR	Laboratoire des Sciences de l'Environnement Marin
LESIA	Laboratoire d'Études Spatiales et d'Instrumentation en Astrophysique
LGGE	Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement
LGRMP	Laboratoire Géodynamique des Rifts et des Marges Passives
LISA	Laboratoire Interuniversitaire des Systèmes Atmosphériques
LOCEAN	Laboratoire d'Océanographie et du Climat : Expérimentations et Approches Numériques
LPCE	Laboratoire de Physique et Chimie de l'Environnement
LPCM	Laboratoire de Physique et Chimie Marines
LSCE	Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement
MESR	Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche
MICIST	Mission de l'information et de la culture scientifiques et techniques du MESR
RCTA	Réunion Consultative du Traité sur l'Antarctique
SCALOP	Standing Committee on Antarctic Logistics and Operations
SCAR	Scientific Committee on Antarctic Research
SMF	Sondeur MultiFaisceaux
SUPERDARN	Super Dual Auroral Radar Network
TAAF	Terres Australes et Antarctiques Françaises
UBO	Université de Bretagne Occidentale

SIGLES



Direction de la publication : Yves Frenot

Département communication de l'Institut polaire français Paul-Emile Victor, IPEV

Création graphique : Jean-Paul Humblot

Coordination : Aude Sonneville

Rédacteurs : Yves Frenot, Patrice Godon, Dominique Fleury, Yann Le Meur, Hélène Leau, Aude Sonneville.

Impression : Calligraphy

ISSN : 1246-7375

ISBN : 978-2-910180-68-9

Institut polaire français Paul-Emile Victor, IPEV

Technopôle Brest-Iroise, BP 75

29280 Plouzané, France

Tél : 33 (0)2 98 05 65 00 - Fax : 33 (0)2 98 05 65 55

Courriel : communication-ipev@ipev.fr

Site web : www.institut-polaire.fr

Auteurs des photos



Erwan Amice



Claire Le Calvez



Dominique Fleury



Nicolas Le Viavant



Jean-Paul Humblot



Nicolas Le Viavant



Laëtitia Kernaléguen



Christophe Verdier



Goulven Largouët



Romuald Bellec



Serge Drapeau



Nicolas Le Viavant



Hélène Peltier



Yves Gladu



Dominique Fleury



Yann Le Meur



Alexandra Lavrillier



Gildas Lemonnier



Gildas Lemonnier



Pierre Sangiardi



Dominique Fleury



Christophe Verdier



Alexandra Lavrillier



Pierre Sangiardi



Olivier Sauvage



Michel Munoz



Christophe Brière



Romuald Bellec



Marie-France André



Jean-Paul Humblot



Franck Delbart



Claire Le Calvez



Goulven Largouët



Gildas Lemonnier



Alexandra Lavrillier



Jean-Paul Humblot



Nicolas Le Viavant



Alain Pierre



Goulven Largouët



Olivier Sauvage



Alexandra Lavrillier



Gildas Lemonnier



Gildas Lemonnier



Christophe Verdier



Franck Delbart



Romuald Bellec



Emilie Maj



Jean-Paul Humblot



Christophe Verdier



Katell Pierre



Franck Delbart



Romuald Bellec



Nicolas Le Viavant



Pierre Sangiardi



Franck Delbart



Michel Munoz



Franck Delbart



Claire Le Calvez



Muséum National d'Histoire Naturelle



Pierre Sangiardi



Franck Delbart



Michel Munoz



Franck Delbart



Nicolas Le Viavant



Nicolas Le Viavant



Yvon Balut



Laëtitia Kernaléguen



Claire Le Calvez



Goulven Largouët



Institut polaire français



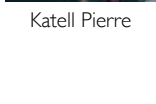
Muséum National d'Histoire Naturelle



Pierre Sangiardi



Laëtitia Kernaléguen



Katell Pierre



Romuald Bellec



Pierre Sangiardi



Pierre Sangiardi



Pierre Sangiardi



Pierre Sangiardi



Pierre Sangiardi



Pierre Sangiardi



Pierre Sangiardi



Annie Cathala



Pierre Sangiardi



Pierre Sangiardi



Pierre Sangiardi



Pierre Sangiardi



Olivier Sauvage



Xavier Morin



Pierre Sangiardi



Annie Cathala



Pierre Sangiardi



Françoise Amelineau



Jean-Paul Humblot



Gildas Lemonnier



Henri Pérau



Laëtitia Kernaléguen



Pierre Sangiardi



JeanPaul Humblot



Thierry Joyeux

Océanopolis



Claire Le Calvez



Goulven Largouët



Gildas Lemonnier



Henri Pérau



Franck Delbart



Emilie Maj



Eric Larmanou



Océania Production



Océania Production



Franck Delbart



Franck Delbart



Franck Delbart



Franck Delbart



Franck Delbart



Christian Morel



Océania Production



Océania Production



Alain Manouvrier



Annie Cathala



François Nauret



Jérôme Chappellaz



Vincent Lecomte



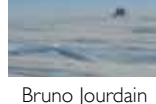
Henri Pérau



Vincent Favier



Sophie Mouge



Bruno Jourdain



Emmanuel Le Meur



Benoît Legresy



Jérôme Chappellaz



Philippe Thiriet



Hélène de Méringo



Franck Delbart



Franck Delbart



Camille Fresser



Maxime Aubert



Gildas Lemonnier



Claire Le Calvez



Océania Production



Christophe Verdier



Franck Delbart



Claire Le Calvez



Vat Cro 47



Franck Delbart



Gildas Lemonnier



Marianne Dufour



Yves Gladu



Gildas Lemonnier



Catherine Rannou



Goulven Largouët



Jean-Yves Vitoux



Anne-Mathilde Thierry



Olivier Sauvage



Jean-Yves Vitoux

