

# INSTITUT POLAIRE FRANÇAIS **IPEV**

PAUL-EMILE VICTOR

Rapport d'activité 2012  
Campagnes d'été 2012 - 2013



VOYAGE AU CŒUR DES POLES  
2 ans  
INSTITUT POLAIRE FRANÇAIS





# EDITORIAL



En fêtant ses 20 ans d'existence en 2012, l'IPEV a pu montrer à un vaste public sa capacité à mener à bien ses missions, malgré les inévitables difficultés inhérentes aux conditions de travail dans les régions parmi les plus hostiles de la planète. Cela est rendu possible grâce à la compétence de tous les personnels de l'institut, qu'ils soient agents du siège, logisticiens de terrain ou océanographes. L'esprit d'équipe qui les anime s'est particulièrement illustré lors des événements anniversaires organisés à Brest en juillet 2012 et qui sont largement décrits dans le présent rapport d'activités.

Au-delà de ces événements festifs, l'Institut a été confronté cette année, avec notre partenaire les TAAF, à l'avarie du *Marion-Dufresne* survenue à Crozet en novembre 2012 et qui a interrompu le service de ce navire jusqu'au début de février 2013, affectant à la fois la desserte des îles subantarctiques et les campagnes océanographiques. Les conditions de glaces de mer en Antarctique ont également perturbé, pour la deuxième année consécutive, les missions logistiques et scientifiques de l'*Astrolabe*.

Malgré cela, plusieurs projets ou résultats scientifiques majeurs ont trouvé échos dans les médias, mettant en avant le savoir faire de l'Institut polaire français. A titre d'exemple, la découverte de deux nouvelles colonies de manchots empereurs au large du glacier Mertz par André Ancel et Yvon Le Maho lors du premier voyage de l'*Astrolabe*, grâce au soutien logistique de l'*Astrolabe* et de l'hélicoptère embarqué, multiplie par 3 le nombre de ces animaux connus dans cette région et projette de nouvelles hypothèses sur l'effondrement des effectifs de la colonie de Pointe Géologie dans les années 1970 et, par voie de conséquence, sur l'état de conservation de cette espèce dans le secteur de Terre Adélie.

L'Institut a également pu assurer la continuité de tous les systèmes d'observation subantarctiques et antarctiques. 19 projets au total sont soutenus par l'IPEV et mis en œuvre tout au long de l'année par des hivernants financés par l'Institut. Pratiquement tous contribuent à des SOERE mis en place par l'Alliance Allenvi, à laquelle participe l'IPEV en tant que membre associé, démontrant ainsi l'importance du suivi des régions polaires pour la compréhension globale du fonctionnement de notre planète. Les différents articles présentés dans ce rapport d'activité illustrent également à leur manière, tant dans le domaine de la géophysique, de la chimie de l'atmosphère, de l'écologie et écophysiologie animale ou de l'océanographie, l'ampleur des changements climatiques dans les régions polaires, arctiques, subantarctiques ou antarctiques, et leurs conséquences sur le fonctionnement de ces écosystèmes sensibles.

Yves Frenot  
Directeur de l'IPEV

## ARCTIQUE





# SOMMARE



LES 20 ans DE L'IPEV	p. 8
2011: l'IPEV EN BREF	p. 12
LA SCIENCE	p. 20
LES CAMPAGNES OCEANOGRAPHIQUES	p. 46
LES CHIFFRES	p. 54
ANNEXES	p. 60

# LES 20 ans DE L'IDEE





# LES 20 ANS DE L'INSTITUT POLAIRE FRANCAIS ETE 2012



**Voyage au cœur des pôles, une exposition sur 1200 m<sup>2</sup> reconstituant les bases polaires de l'IPEV et installée sur le port de Brest durant les fêtes maritimes, les Tonnerres de Brest.**

## Le projet: Voyage au cœur des pôles

**A** l'occasion de ses 20 ans, l'Institut polaire français a offert aux visiteurs des Tonnerres de Brest 2012 un **Voyage au cœur des pôles**. A travers la présentation de ses moyens maritimes et la reconstitution de ses bases, l'IPEV a proposé une découverte de l'histoire de la logistique polaire, une promenade dans les lieux de vie de ces contrées extrêmes et des rencontres avec les professionnels qui chaque année permettent aux scientifiques de travailler en Antarctique, Arctique et dans les îles subantarctiques.

Située au port de commerce de Brest, le voyage s'est déroulé sur un espace de 1200 m<sup>2</sup>. L'échange avec les équipes de l'institut durant les 6 jours de fête a permis aux visiteurs de vivre le quotidien de la logistique polaire.



## L'organisation par thème et histoire

Le lieu était organisé autour des moyens maritimes de l'Institut, situés sous un chapiteau en forme d'igloo qui représentait aussi la porte d'entrée du voyage. C'est autour de cet espace que s'est organisé les reconstitutions des lieux d'actions de l'IPEV :

Au milieu du dôme, l'Institut et son histoire étaient présentées, des repères historiques racontaient l'évolution de la logistique polaire depuis son origine. Au centre de toutes les bases reconstituées, ce cœur symbolisait le centre névralgique de l'institut, son siège à Brest avec son personnel qui assure l'ensemble des tâches indispensables au bon déroulement des missions sur le terrain.



Le dôme s'ouvrait sur un container "Marion Dufresne", un autre "Astrolabe" et sur un kayak de bois, chacun amenant les visiteurs vers la reconstitution des bases des Iles subantarctiques, Antarctique et Arctique.

A travers ce voyage et le temps d'un été, ces 20 ans ont donné l'occasion à l'IPEV de poser ses valises polaires pour raconter son histoire et celle de tous ceux qui construisent l'Histoire de la logistique polaire française pour un public curieux et avide de connaissances sur ces territoires inconnus qui font rêver.





### Les chiffres du "Voyage au cœur des pôles"

- 10 000 visiteurs sur le voyage au cœur des pôles de l'IPEV et le village des sciences
- 223 animateurs présents sur les 6 jours pour 54 heures d'animation au total, environ 17 personnes par ½ journée
- 25 volontaires
- 15 000 suppléments Télégramme distribués
- 733 votes du grand public au concours photo

### Les chiffres des Tonnerres de Brest

40 000 visiteurs

#### A terre

8.5 km de quais  
 90 hectares de surface totale  
 25 000 m<sup>2</sup> de barnums  
 5000 bénévoles  
 4000 repas servis par jour

#### En mer

9000 marins  
 950 bateaux présents  
 126 bateaux de plus de 20 m dont 17 grandes unités  
 60 000 embarquements grand public



# PREPARE BREF





# UN AN EN ANTARCTIQUE : LA LOGISTIQUE POLAIRE

La période d'été de la campagne Antarctique 2012-2013 a commencé le 23 octobre 2012 avec le départ de *l'Astrolabe* d'Hobart. En raison d'une situation des glaces favorables, les programmes scientifiques prévus avant la dépose de la campagne d'été à Dumont d'Urville ont été tentés. Le navire est arrivé dans la région du glacier Mertz le 1<sup>er</sup> novembre. Les programmes d'ornithologie et de géologie ont été réalisés pendant la journée. Une nouvelle colonie de manchots empereurs, dont la présence avait déjà été signalée auparavant, a été observée ainsi qu'une seconde de taille plus importante située à une vingtaine de kilomètres.

Par la suite, le navire est arrivé à cinq kilomètres de la station le 7 novembre. Le retour a commencé le 11 novembre après une dernière opération de géologie. La rotation s'est terminée le 22 novembre à Hobart.

Les difficultés de la campagne ont commencé avec la rotation R1. Si le navire est arrivé à la station en phase avec le calendrier, il a mis en revanche 18 jours pour retourner sur Hobart. Ce qui a eu pour conséquence l'annulation de la campagne océanographique. En effet, à l'instar de l'année précédente mais décalé dans la saison, les glaces dérivantes en provenance de l'est se sont resserrées, tant en raison du vent que des courants, dans toute la bande du 65<sup>ème</sup> parallèle sud.

Le navire est arrivé à Hobart le 7 janvier et reparti le 10. A l'aller R2, il a dû repasser le pack et a touché la station le 23 janvier soit 12 jours et demi après son départ. L'escale a été très courte, 2 jours, puis *l'Astrolabe* est reparti le 23 à une heure du matin après l'arrivée de l'avion amenant des personnels de Concordia. Par décision de la direction de l'IPEV, des passagers supplémentaires ont été rapatriés afin de ramener à 52 le nombre de personnels sous responsabilité Ipev sur le terrain.

Malgré ces difficultés à R1 et R2, les deux rotations de fin de saison (R3 et R4) ont été réalisées conformément au calendrier. Pour sécuriser R4 et le transfert des passagers rentrant à bord, un second hélicoptère avait été affrété en Australie au cas où le navire aurait été stoppé par le pack.



*L'Astrolabe à Dumont d'Urville*

## **Dumont d'Urville**

### **Travaux principaux :**

- finition des travaux du bâtiment 75 et mise en service, déménagement du gymnase,
- couverture du bâtiment 33 de 1966, ex-hall fusées et actuellement magasin mobilier,
- préparation du shelter appareillage de l'éolienne Ropatec
- préparation d'un shelter embarqué pour le programme Revolta
- finition des communs du dortoir hiver
- extension du parc de stockage de carburant diesel sur la plate forme du Lion
- début de l'installation de la suite humide au shelter Secasi.

### **Conséquence de la situation de la glace de mer sur les travaux scientifiques.**

Les programmes terrestres à partir du chaland se sont déroulés normalement. En revanche, la campagne océanographique prévue à bord de *l'Astrolabe* en janvier n'a pas pu être mise en œuvre en raison du retard pris dans le calendrier du navire.





La dameuse du raid scientifique

### **Le raid Dumont d'Urville / Concordia**

Les deux premiers convois se sont bien déroulés. Le troisième est parti très en retard en raison de l'attente de l'arrivée du navire et il a terminé la saison de raid le 15 février soit avec 10 jours de retard par rapport aux dates habituelles.

### **Concordia**

La campagne d'été a commencé sans problème. Le premier vol a eu lieu le 8 novembre. En revanche, une première indisponibilité du Twin Otter a perturbé les vols avec la station dans la seconde quinzaine de décembre. Une seconde indisponibilité a perturbé les vols de fin de saison clôturant la fin de la saison d'été. Cette campagne s'est tenue du 14 novembre au 10 février 2013. Le taux de présence moyen a été de 55 personnes avec un pic à 72 personnes entre le 16 et le 23 janvier.

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.

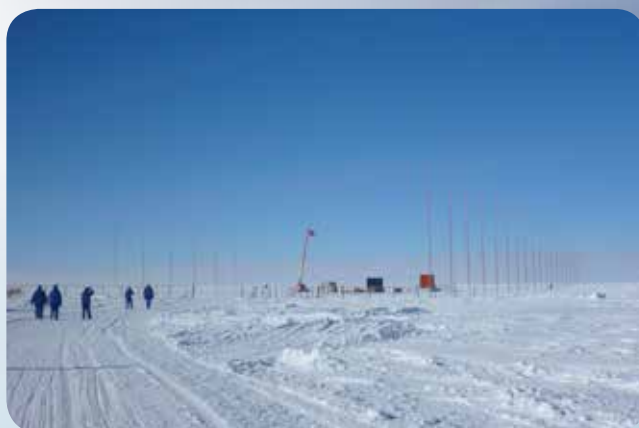
Le régime de neutre du réseau électrique a été changé et les zones ont été isolées les unes des autres à l'aide de transformateurs. L'antenne Vsat a été mise en service continu. Enfin les antennes du projet Superdarn ont été montées.



Le bâtiment 33



Passage de câble



Le site de SuperDarn à Dôme C



# UN AN EN ARCTIQUE

**E**n Arctique, l'IPEV apporte aux programmes scientifiques un soutien logistique et/ou financier selon leur localisation. En 2012, 22 programmes ont été soutenus par l'IPEV, répartis sur tout le territoire arctique. Parmi ceux-ci, 9 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 38 programmes qui ont été mis en œuvre par la station AWIPEV, 9 IPEV et 29 AWI, dont 1 projet commun. En effet, l'étude de l'impact climatique sur le krill a été l'objet d'une étroite collaboration franco-allemande entre les programmes KREVET 1039 et KRILL.

Les programmes conduits sur la base AWIPEV sont disponibles sur [www.awipev.eu](http://www.awipev.eu)

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. La station offre des installations (laboratoires, ateliers, bureaux) et des moyens logistiques adaptés (bateaux, motoneiges, skis, vélos).

## Les activités logistiques.

En ce qui concerne les activités logistiques, un nouveau tracteur a été mis en service afin de faciliter le déplacement de charges lourdes. Il permet aussi une mise à l'eau aisée des bateaux à l'aide d'une remorque. Ce nouvel équipement permet beaucoup plus de souplesse et de réactivité à l'équipe logistique en place.



La base Corbel

## Poursuite de la rénovation de la base Corbel

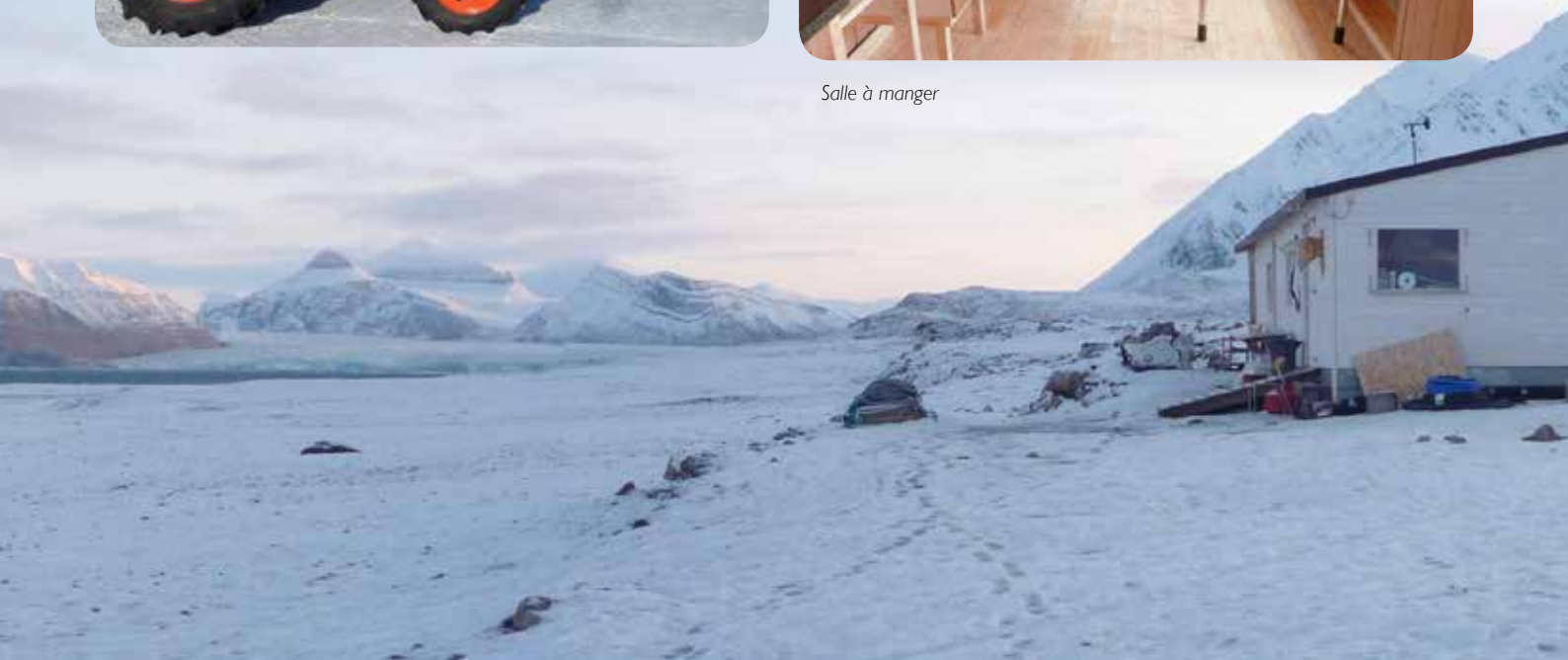
A l'issue de la mission de l'année précédente, la structure extérieure du bâtiment vie a été terminée. Cette année, les cloisons intérieures, l'installation électrique ainsi que toute la plomberie ont été réalisées. Le bâtiment est maintenant complètement opérationnel.



Bâtiment vie



Salle à manger



Dans le bâtiment laboratoire, un espace bureau a été aménagé et une salle a été réservée aux acquisitions scientifiques.



Bâtiment laboratoire



Bureaux

Dans le bâtiment énergie, la poursuite de la refonte du système de production d'énergie a été réalisée avec une connexion des panneaux solaires du bâtiment laboratoire, une meilleure gestion de l'éolienne et un système de gestion de l'énergie plus performant.

Désormais la base Corbel est reliée au reste du monde par une connexion réseau. Le wifi n'étant pas autorisé sur la base de Ny-Ålesund, un pont laser entre le village et Corbel a été installé. L'accès à internet par haut débit est maintenant disponible.



Pont réseau Ny-Ålesund



Pont réseau Corbel

### Observatoire sous-marin

Kongsfjorden Underwater Monitoring Station est fonctionnelle depuis juin 2012. Cet observatoire sous-marin, unique en Arctique et consultable en ligne, permet déjà par exemple de déterminer les paramètres physiques et biogéochimiques des eaux de surface ou d'observer les espèces marines grâce à une caméra stéréoscopique. L'effet de la nuit polaire sur la faune et la flore sous-marine ou encore l'acidification des océans sont parmi les sujets étudiés. Les programmes scientifiques à venir sont aussi invités à compléter ce nouvel outil de recherche par de nouveaux instruments.



Observatoire sous-marin, opérationnel toute l'année



Salle de bain

# UN AN DANS LES ILES SUBANTARCTIQUES



Le Léon Thevenin et le Marion Dufresne devant la base Alfred Faure

## Avarie du Marion Dufresne aux abords de l'archipel de Crozet, 14 novembre 2012.

Le matin du 14 novembre 2012, le *Marion Dufresne*, alors en mission logistique de ravitaillement des îles subantarctiques par les Taaf, a heurté un haut-fond au large de l'archipel de Crozet, occasionnant une voie d'eau à l'avant bâbord du navire. Le bâtiment a rejoint rapidement la Baie du Marin, en face de la base Alfred Faure (Ile de la Possession).

Le navire a subi des dégâts sérieux mais sa flottabilité et sa stabilité étaient bonnes. Suite à l'impact, un certain nombre de compartiments des double fonds ont été envahis à bâbord, cependant le navire a conservé sa capacité à naviguer.

En plus des 48 membres d'équipage, 97 passagers étaient présents à bord du *Marion Dufresne* pour la 3<sup>ème</sup> rotation de l'année, dite "OP3". Parmi eux, 56 étaient des personnels relevant de l'IPEV et 41 des TAAF. Bien que les passagers étaient en parfaite sécurité à bord du navire, le choix a été fait, en concertation avec les TAAF, la CMA-CGM, le Cross et la cellule de crise mise en place par la CMA-CGM, de les débarquer et de les accueillir sur la base Alfred Faure. Sur place, une organisation exceptionnelle a été déployée pour porter la capacité d'hébergement de la base de 50 personnes à plus de 150 pendant environ une semaine. Les vivres frais qui devaient être livrés tout au long de la rotation dans les différentes bases ont été acheminés dans leur intégralité sur Alfred Faure pour alimenter cette surpopulation temporaire.

Sous 48 heures, un navire câblé de France Télécom, le *Léon Thévenin*, a été dépêché du Cap pour être sur zone le 22 novembre emmenant à son bord une équipe d'une société hollandaise de travaux sous-marins pour évaluer les dégâts et de l'état du navire. *Léon Thévenin* a pris en charge la plus grande partie des passagers et les a transportés au Cap en Afrique du Sud, d'où ils ont ensuite rejoint soit Paris, soit l'île de la Réunion. Le *Marion Dufresne* a transité sous escorte du Coral Sea Fos, ayant appareillé le 16 novembre de Maurice, vers le port de Durban où une cale sèche avait été réservée début décembre pour entreprendre dans les meilleurs délais les travaux de remise en état.

Le *Marion Dufresne* est sorti de cale sèche le 31 janvier 2013, après réparation, pour arriver à la Réunion le 05 février 2013. Cette avarie a donc rendu le navire indisponible durant 83 jours dont 35 jours sur le temps de l'IPEV. La reprise d'activité du *Marion Dufresne* s'est effectuée lors d'une mission océanographique dans l'océan Austral : MD 193 / LOGIPEV (du 7 février au 13 mars) mixant des programmes océanographiques et quelques opérations de programmes terrestres, ainsi que le débarquement et embarquement de personnel à Kerguelen et à Amsterdam.

Sur le plan des équipements scientifiques du navire, l'accident a provoqué, directement ou indirectement, des dégâts limités sur les antennes du sondeur multifaisceaux et du sondeur de sédiments, et plus sévères sur l'électronique de ces systèmes. Ils ont été rendus partiellement fonctionnels, grâce à l'intervention de l'équipe océanographique de l'IPEV de février à avril.

Au final, l'IPEV a pu limiter les impacts sur la mise en œuvre des programmes océanographique lors du premier trimestre 2013. En effet, parmi les projets classés CNFH, tous les programmes ont été conduits à l'exception du programme OISO qui n'a été réalisé qu'à 50%, de la campagne d'essais technologiques qui a été annulée et des programmes MYCTO et NIVMER qui ont été reprogrammés ultérieurement.

En revanche, cette avarie a conduit l'IPEV à annuler toutes les campagnes terrestres qui étaient prévues entre novembre 2012 et janvier 2013 sur les îles subantarctiques. Certains programmes, notamment ceux en charge des collectes de données sur le long terme, n'ont cependant pas été interrompus puisque les VSC sortant d'hivernage étaient encore sur place pour assurer la continuité des observations et que leurs successeurs ont pu être acheminés, depuis Crozet, par *La Curieuse* et *l'Osiris*, spécialement affrétés pour cela par les TAAF.



Les passagers du Marion Dufresne sur la base Alfred Faure à Crozet

**M**algré l'accident du *Marion Dufresne*, la grande majorité des programmes a pu se dérouler. L'absence d'hélicoptère a été la principale raison de l'annulation de quelques programmes, ce qui n'a tout de même pas empêché la mise en œuvre d'une partie de l'activité scientifique et logistique.



*Logistique des refuges scientifiques*

Ainsi les refuges de Ratmanoff, Morne, Pointe Charlotte, Mayes, Studer, Pointe Suzanne, Cap Noir, Cap Cotter, Cataractes, Sourcils Noirs, Korrigan à Kerguelen et Entrecasteaux à Amsterdam ont été entretenus, voire rénovés pour certains d'entre eux. A Biomar, les locaux scientifiques ont été réhabilités afin d'améliorer le confort et les chambres thermostatées ont été remises en état de fonctionnement. Biomar est désormais pleinement opérationnel.



*Le laboratoire ornitho*

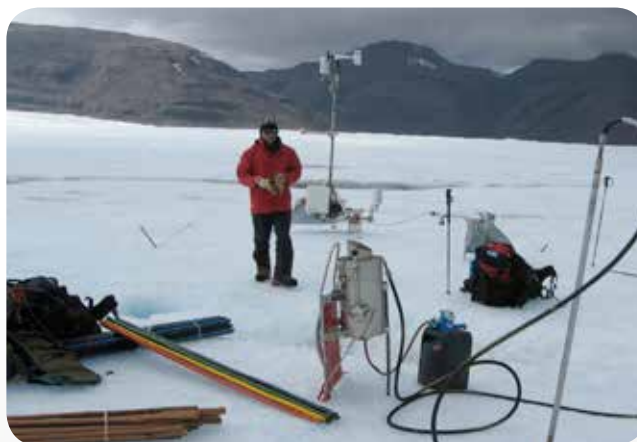
La finalisation de la rénovation de la cabane de Mayes, site historique du programme 109 Ornitho, a été le gros chantier de cette année. Le bardage du refuge vie a été changé, une gouttière et une cuve de récupération de l'eau de pluie ont été installées ainsi qu'un nouvel éclairage 100% écologique à partir de capteurs solaires.



*Le refuge de l'île Mayes après restauration*



*Le refuge d'Entrecasteaux*



*Scientifique sur le glacier Ampère*

Parmi les programmes qui n'ont pas eu à souffrir de leur annulation suite à l'avarie du *Marion Dufresne*, le programme Glacioclim-Kesaaco a pu être mis en œuvre en février: des glaciologues ont été déposés sur la plaine du glacier Ampère par fort vent pour 8 jours de manipulations, leur mission a été une réussite.

A Amsterdam, dans le cadre des observations mondiales de mercure, un pluviomètre Gmostral a été installé à Pointe Bénédicte.



*Le pluviomètre Gmostral*

# L'ASCÉSENCE

TERRESTRE ET COTIÈRE





# Les observatoires magnétiques : du noyau terrestre jusqu'aux interactions avec le Soleil

Marcellin Fotzé <sup>(1)</sup>, Aude Chambodut <sup>(1)</sup>, Jean-Jacques Schott <sup>(1)</sup>, Michel Menvielle <sup>(2)</sup>, Armelle Bernard <sup>(1)</sup>, Sylvain Morvan <sup>(1)</sup> et Jean-Marc Brendlé <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Institut de Physique du Globe de Strasbourg; UMR 7516 ; UMS830 ; Université de Strasbourg/EOST, CNRS ; 5 rue René Descartes F-67084 Strasbourg Cedex, France.

<sup>(2)</sup> Université de Versailles St-Quentin; LATMOS-IPSL, CNRS-INSU UMR 8190, Guyancourt, France.

---

---

## Résumé :

Les observatoires magnétiques permanents d'Amsterdam, Concordia, Crozet, Dumont d'Urville et Kerguelen produisent des données conformes aux standards du réseau planétaire INTERMAGNET. Les variations du champ magnétique de la Terre y sont enregistrées en continu à une cadence d'échantillonnage de 1s. Les mesures absolues de ses composantes sont par ailleurs effectuées journalièrement 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 de transmissions journalières. La continuité, la qualité, la stabilité et l'homogénéité de ces observations sont de première importance pour leur utilisation en continue par l'ensemble de la communauté scientifique.

## Abstract :

The permanent magnetic observatories of Amsterdam, Concordia, Crozet, Dumont d'Urville and Kerguelen are fulfilling the standards recommended by the planetary network INTERMAGNET. In these observatories, the variations of the Earth's magnetic field are continuously recorded with sampling intervals of 1s. In addition, absolute measurements of the magnetic field components are also performed daily along the year. The data processing and dissemination to the world Data Centers (W.D.C. for Geomagnetism) across the INTERMAGNET network, are quasi real-time thanks to the recent acquisition system integrating daily transmission protocols. The continuity, quality, stability and homogeneity of those observations are of the utmost importance for their continued usefulness for the whole scientific community.

---

---

## Introduction

L'IPEV soutient activement le fonctionnement de cinq observatoires magnétiques, dans les îles subantarctiques (districts de Crozet, Kerguelen, Amsterdam) et en Antarctique (en Terre Adélie et au Dôme C), à travers ses Programmes 139 et 905. Ces observatoires, dont les premiers datent de l'année géophysique internationale de 1957, ont été gérés par plusieurs générations de chercheurs et ingénieurs du Service des Observatoires Magnétiques de l'Ecole et Observatoire des Sciences de la Terre de Strasbourg (EOST), sans oublier les hivernants annuels qui sont chargés des mesures et de la maintenance (Volontaires au Service Civique dans les Terres Australes et hivernant-électronicien sur la base de Dôme C / Concordia).

Les observatoires ont, dès leur création, rejoint le réseau français des observatoires magnétiques au travers de l'organisation qu'est le Bureau Central du Magnétisme Terrestre (BCMT). Au niveau international, ils répondent à une charte de qualité et à des standards précis établis par le réseau INTERMAGNET (INTERNational Real-time MAGnetic observatory NETWORK). Leurs données sont transmises en temps quasi-réel à toute la communauté scientifique internationale via des sites web dédiés du BCMT<sup>1</sup> et d'INTERMAGNET<sup>2</sup> mais également à travers les centres de données mondiaux en Géomagnétisme (les World Data Centers for Geomagnetism,<sup>3</sup>).

## Les observatoires magnétiques

Chaque Observatoire Magnétique est composé de deux abris :

- un abri dit «Variomètre» où des instruments mesurent en continue les variations des 3 composantes du champ magnétique terrestre ainsi que son intensité
- un abri dit «Mesures Absolues» où l'observateur se rend tous les jours pour faire des mesures manuelles ponctuelles des vraies grandeurs du champ magnétique.

L'organisation des chaînes instrumentales est identique dans tous nos observatoires et demeure quasiment la même pour tous les observatoires magnétiques de par le monde. La nécessité de disposer de deux types de mesures est dictée par le fait que, encore de nos jours, aucun instrument suffisamment stable et précis n'existe pour mesurer en continue les 3 composantes du vecteur champ magnétique en vraies grandeurs (Figure 1). Ainsi, les variations continues du champ sont mesurées autour d'une ligne de base quelque peu arbitraire, fixée par les contraintes technologiques, et ensuite «étalonnées» par des mesures manuelles ponctuelles.

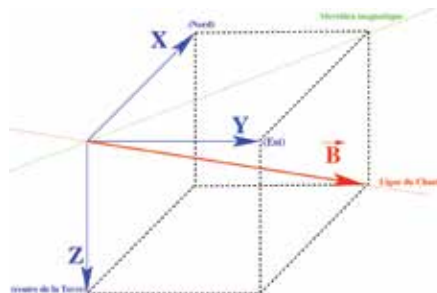


Figure 1 : Le vecteur champ magnétique B et ses trois composantes : composante X dirigée vers le Nord géographique, Y vers l'Est et Z vers le centre de la Terre, mesurées en un observatoire magnétique.

---

1 - <http://www.bcmt.fr/>

2 - <http://www.intermagnet.org>

3 - WDC for Geomagnetism Edinburgh : <http://www.wdc.bgs.ac.uk/>

Soulignons les difficultés liées à l'exploitation de ces observatoires :

- à part l'observatoire de Dôme C, tous sont implantés sur un sous-bassement rocheux extrêmement magnétique, créant un champ local très hétérogène et variant au cours de l'année, en raison de l'influence de la température de surface sur l'aimantation des roches. Ce champ local est estimé par les modèles globaux actuels et se traduit par l'existence d'un "biais" d'observatoire qui atteint plus de 2800 nT à Dumont d'Urville (Langlais et Manda, 2000). Son effet variable au cours de l'année et le fait que l'enregistrement des variations du champ et les mesures absolues ne sont pas effectués au même point, nécessite des mesures absolues fréquentes (journalières actuellement), ce qui n'est généralement pas le cas pour les observatoires situés dans des zones magnétiquement homogènes.
- leur fonctionnement est assuré par des hivernants qui changent tous les ans. Ceux-ci sont généralement issus de formations éloignées des sciences de la terre, certes appropriées pour la maintenance des dispositifs électroniques et informatiques, mais qui nécessitent par ailleurs une initiation solide aux techniques de mesures manuelles et à l'utilisation des logiciels de traitement. C'est au prix de cette indispensable formation de 6 semaines que la qualité des données, reconnue par la communauté scientifique, peut être garantie année après année.
- rappelons enfin les conditions extrêmes dans lesquelles fonctionne l'observatoire de Dôme C, soumis à des températures qui varient entre -30 et -80 degrés Celsius. Même si ces conditions sévères, mettent à mal le matériel et gênent l'hivernant lors de la nuit polaire pour les mesures manuelles du champ, elles intéressent les concepteurs d'instruments spatiaux qui trouvent là un environnement proche de celui dans lequel les capteurs évolueront ensuite à bord des satellites ou à bord de stations sol dans le cadre de programmes d'exploration martienne (collaboration avec DTU Space, Copenhague, Danemark, Programme IPEV n° 907 : Netlander).

La position des observatoires présentés ici et dont l'activité est activement soutenue par l'IPEV, dans l'Océan Indien ou en Antarctique, est stratégique à deux titres au moins :

1. ils comblent une grande lacune géographique dans le réseau mondial, et jouent de ce fait un rôle éminent tant dans la modélisation du champ d'origine interne – et principalement de sa variation séculaire – que dans celle du champ d'origine externe.
2. leur répartition en termes de latitude magnétique est remarquable (Figure 2) :
  - Amsterdam (AMS) et Crozet (CZT) sont dans la zone sub-aurorales,
  - Kerguelen (PAF) est le plus souvent situé en zone sub-aurorale, mais il appartient parfois à la zone aurorale (lors d'évènements magnétiques intenses l'ovale auroral a tendance à s'étendre et à se déplacer vers les plus basses latitudes)
  - Dumont d'Urville (DRV) est toujours dans la zone aurorale.
  - Dôme C / Concordia (DMC) est dans la calotte polaire, à l'intérieur de la zone aurorale.

Les manifestations du champ externe (orages magnétiques, sous-orages, pulsations) varient donc de manière importante d'un observatoire à l'autre.

Ajoutons à ceci que Dumont d'Urville est l'observatoire le plus proche du pôle magnétique sud (actuellement au large de Dumont d'Urville, à quelques centaines de kilomètres) et que Dôme C / Concordia est très proche du pôle géomagnétique sud.

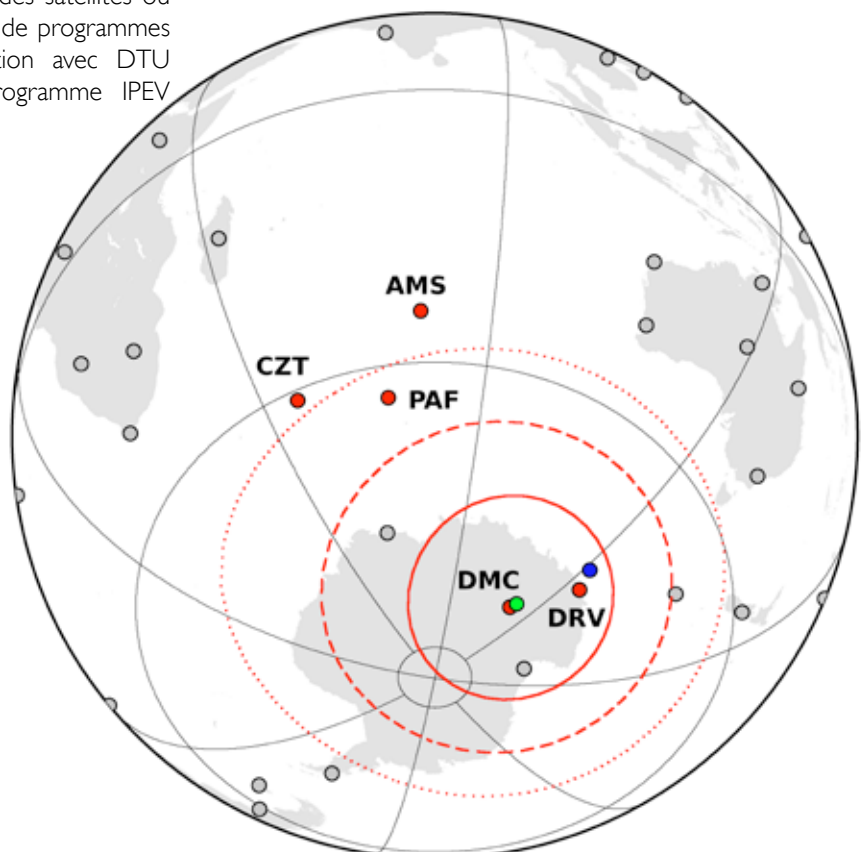


Figure 2 : Positions des observatoires magnétiques de l'EOST (cercles rouges) par rapport aux autres observatoires (cercles gris) du réseau INTERMAGNET. Les latitudes géomagnétiques 75° (en trait rouge), 65° (en tirets rouges) et 55° sont indiquées ainsi que les pôles Sud géomagnétique (cercle vert) et magnétique (cercle bleu).

**Les pôles magnétiques** sont les positions à la surface de la Terre où le champ magnétique est vertical (vertical vers le bas dans l'hémisphère Nord et vertical vers le haut dans l'hémisphère Sud).

Cette position peut évoluer dans un périmètre de plus de 200 km lors d'une journée particulièrement agitée (lors d'un orage magnétique la magnétosphère est comprimée en conséquence les lignes de champ bougent faisant varier la position des pôles magnétiques à la surface de la Terre).

Les pôles magnétiques ne sont pas nécessairement alignés sur un axe passant par le centre de la Terre.

**Les pôles géomagnétiques** sont une modélisation simplifiée de la position des pôles magnétiques.

Le champ magnétique de la Terre est modélisé en première approximation comme un simple dipôle centré (comme une barre aimantée), incliné par rapport à l'axe de rotation de la Terre.

Les pôles géomagnétiques sont donc alignés sur un axe passant par le centre de la Terre.

**Les pôles magnétiques et géomagnétiques** sont différents les uns des autres et varient tous en fonction du temps puisque le champ magnétique interne de la Terre varie, c'est la variation séculaire.

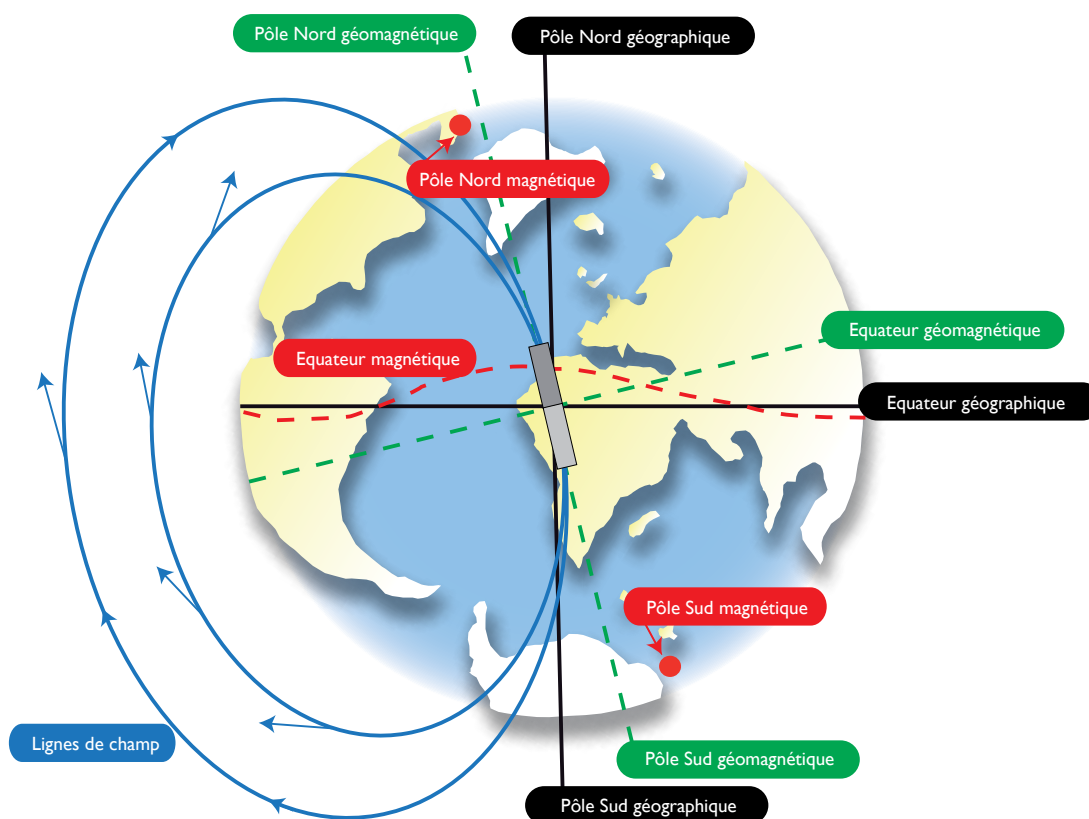
Les pôles magnétiques sont les positions vraies (moyennes) où le champ magnétique est naturellement vertical, tandis que les pôles géomagnétiques résultent d'une modélisation simplificatrice (dipôle).

## L'utilisation des données magnétiques

Les mesures magnétiques des observatoires sont utilisées sous bien des aspects dans les études de Géophysique, pour la description des interactions Terre-Soleil et même en Astrophysique. En effet, le champ magnétique mesuré dans les observatoires est la somme de champs magnétiques provenant de plusieurs sources :

- le champ principal ou nucléaire résulte par effet dynamo des mouvements du fluide conducteur (Fer et Nickel principalement) dans le noyau externe liquide. Il présente une variation temporelle que l'on nomme variation séculaire.
- le champ crustal produit par les roches aimantées de la croûte terrestre.
- les champs externes, ionosphérique et magnétosphérique, dus aux interactions du champ magnétique interplanétaire (entraîné par les particules ionisées du vent solaire) avec le champ magnétique de la Terre. Ces champs présentent des variations temporelles multiples principalement régies par l'activité du soleil et la rotation des corps dans le système solaire (rotation de la Terre par rapport au soleil, rotation du soleil sur lui-même, ...).

Les observations magnétiques à la surface de la Terre peuvent cependant apparaître comme éloignées des problématiques scientifiques actuelles surtout à l'heure des missions satellitaires. Il n'en est rien en réalité : les stations de surface sont les plus proches des sources magnétiques interne à la Terre ; elles sont également les seules à être pérennes et à fournir des séries de données longues et homogènes propres à décrire l'activité magnétique externe sur une durée plus longue qu'un cycle solaire (durée > 11 ans) ; enfin, elles se situent en dehors de toutes les sources, ce qui n'est pas le cas des satellites qui évoluent dans l'ionosphère et la basse magnétosphère, ce qui crée de grandes difficultés pour séparer les effets des différentes sources et ne peut être réalisé, avec une précision acceptable, qu'avec le concours des données terrestres.



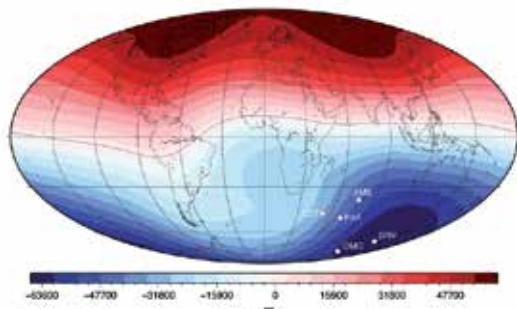


Figure 3 : Composante verticale Z du champ magnétique terrestre en 2012 exprimé en nanoteslas.

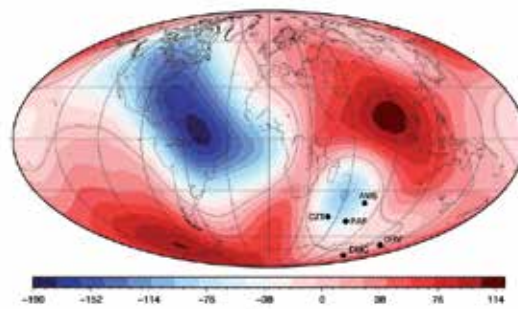


Figure 4 : Composante verticale  $dZ/dt$  de la variation temporelle du champ magnétique terrestre en 2012, appelée "Variation Séculaire".

### Les modèles de champ magnétique principal : Une fenêtre sur le noyau

Afin de pouvoir disposer de bases communes de description du champ magnétique interne et de sa variation temporelle, des modèles mathématiques sont développés.

Ces modèles, connus sous le nom de IGRF (International Geomagnetic Reference Field) sont une description mathématique standard du champ magnétique principal de la Terre et de sa variation séculaire (Chambodut et al., 2010; Finlay et al., 2010). Fruit d'une collaboration internationale entre les modélisateurs du champ magnétique et les instituts impliqués dans la collecte et la diffusion des données magnétiques satellitaires et d'observatoires, l'IGRF est utilisé non seulement dans le domaine académique mais également dans les domaines appliqués et industriels notamment : pour la navigation et le positionnement (identification des pistes d'atterrissage en fonction de la déclinaison magnétique, premier étape du positionnement pas GPS,...) ou encore pour l'exploration minière et de sub-surface (aide au forage, datations, archéologie,...).

Bien entendu de nombreux modèles de champ magnétique sont développés au sein de la communauté internationale en géomagnétisme en fonction des objectifs propres à chaque modélisateur. Les divers modèles ainsi proposés reposent sur des ensembles de données spécifiques, couvrent des époques définies, et présentent plus ou moins de complexité dans leur construction et dans leur description du champ magnétique. Certains modèles sont non seulement, comme pour l'IGRF, des modèles de champ interne, mais décrivent également le champ magnétique crustal et les champs magnétosphériques et ionosphériques.

Pour tous ces développements, les données acquises dans les observatoires des subantarctiques et en Antarctiques se révèlent de précieuses mesures en raison de leur situation géographique et de leur éventail de latitudes magnétiques. L'observatoire de Dôme C, en particulier, est dans une zone polaire très mal couverte par les satellites.

Les Figures 3 et 4 présentent la composante verticale du champ magnétique et de sa variation séculaire calculée à partir d'un modèle de champ pour 2012. Il apparaît clairement que les points représentant les observatoires magnétiques de AMS, CZT et PAF, se situent dans une zone très active mais très peu échantillonnée du Sud de l'Océan Indien, en bordure d'une zone de dépression du champ connue sous le nom d'anomalie de l'Atlantique Sud due à une forte contribution du champ non dipolaire. L'observatoire de Dumont d'Urville est quand à lui particulièrement bien situé pour l'étude du déplacement du pôle de surface (minimum de la composante Z, Figure 3).

### Les indices géomagnétiques : des indicateurs sur les relations soleil-terre

Pour la description des interactions Soleil-Terre et la caractérisation des champs magnétiques externes, des indices géomagnétiques sont calculés à partir des données d'observatoires. Véritables indicateurs des humeurs du Soleil, ces indices synthétisent la réponse des enveloppes externes de la Terre, l'ionosphère et la magnétosphère, aux fluctuations du vent solaire. Ils sont pour la plupart planétaires. Des indices sectoriels ont été récemment proposés (Chambodut et al., 2013) pour tenir compte de l'influence du temps local. Ils traduisent les effets de phénomènes complexes de couplages et de transferts d'énergie, qui excitent d'intenses courants électriques parcourant aussi bien la magnétosphère que son enveloppe externe, la magnétopause.

Le Service International des Indices Géomagnétiques<sup>4</sup> est chargé d'assurer le calcul et la diffusion des indices géomagnétiques (Menvielle et al., 2011).

Les observations faites à Crozet, Kerguelen et Amsterdam entrent dans le calcul de l'indice planétaire  $a_m$  dont le réseau mondial est constitué par 24 observatoires dont 9 seulement dans l'hémisphère sud (Figure 5). Depuis 1989 les données recueillies à Amsterdam sont utilisées pour le calcul des "Mid-Latitude Geomagnetic Indices" ASY et SYM, élaborés par le centre mondial WDC-C2 à Kyoto. Celles de Dumont d'Urville sont intégrées depuis 1998 dans le calcul d'un indice d'activité approprié aux zones de hautes latitudes magnétiques.

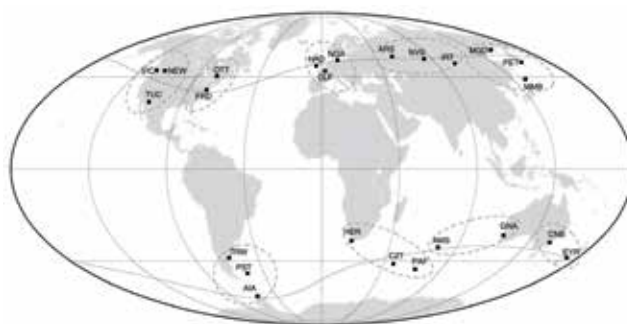


Figure 5 : Distribution des observatoires magnétiques appartenant au réseau  $a_m$ .

4 - ISGI pour International Service of Geomagnetic Indices, <http://isgi.cetp.ipsl.fr/>

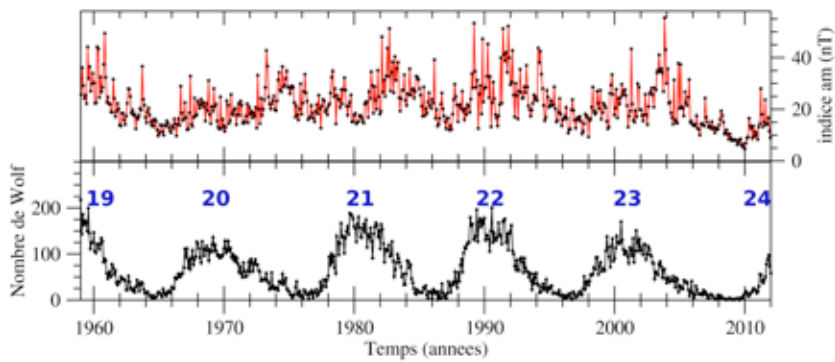
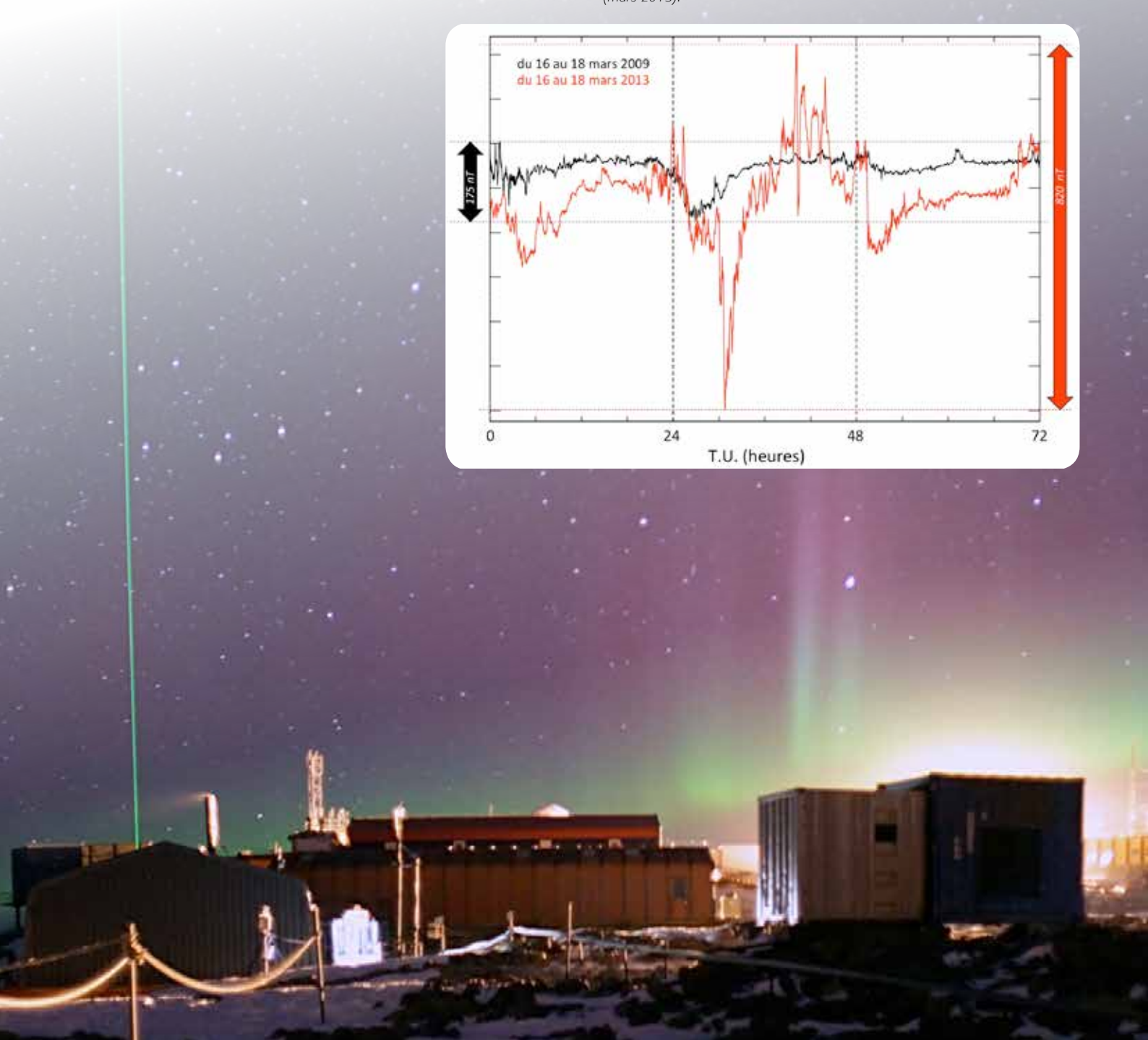
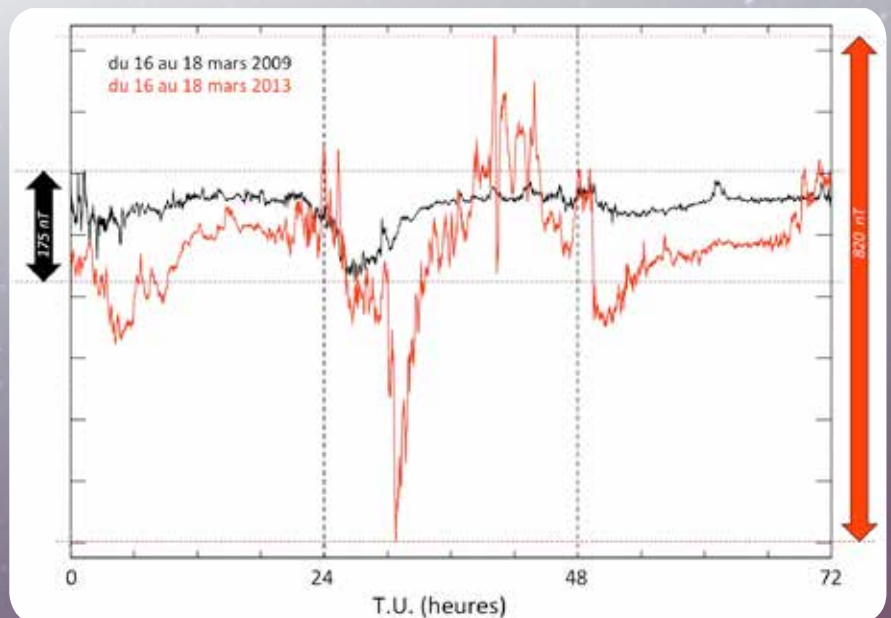


Figure 6 : Comparaison entre les moyennes mensuelles de l'indice géomagnétique planétaire am disponible depuis 1959 et du nombre de Wolf

L'activité magnétique solaire était très faible en 2009-2010 (période de minimum à la fin du cycle solaire 23, Figure 6). Depuis 2 ans, le cycle solaire "regagne" en vigueur; le soleil entre à nouveau dans une phase active et émet des particules ionisées dans toutes les directions de l'espace, provoquant sur Terre des orages magnétiques intenses (Figure 7).

Ces particules s'écoulent autour de la magnétosphère, mais parviennent à franchir la barrière de la magnétopause lorsque la direction du champ magnétique interplanétaire leur facilite le passage, pour nous offrir le spectacle des aurores polaires qui révèlent la précipitation des particules d'origine solaire dans la haute atmosphère terrestre (Figure 8 - Photo fond de page).

Figure 7 : Composante X du champ magnétique à l'observatoire de Dumont d'Urville pendant une période calme (mars 2009) et une période perturbée (mars 2013).



## Conclusion

Avec la multiplication des projets satellitaires et des programmes de météorologie de l'espace, l'intérêt des observatoires au sol ne faiblit pas. Leur utilité aussi bien scientifique qu'industrielle est d'autant plus grande qu'ils sont en mesure de fournir rapidement des données à la fois de haute résolution et de cadence d'échantillonnage élevée, objectifs qui sont au cœur des préoccupations actuelles des programmes IPEV 139 et 905.

*Figure 8 : Aurore polaire observée à Dumont d'Urville le 17 mars 2013. La ligne verte verticale est le faisceau du Lidar (Crédits Photo : Cyril Lugan, hivernant de la TA63).*

## Références :

- Chambodut, A., A. Marchaudon, M. Menvielle, F. El-Lemdani Mazouz, and C. Lathuillère (2013) The K-derived MLT sectorial geomagnetic indices. soumis.
- Chambodut, A., Langlais B., Menvielle M., Thébault, E., Chulliat E., Hulot G. (2010) - Candidate models for the IGRF 11th generation making use of extrapolated observatory data, Earth, Planets and Space, 62, doi:10.5047/eps.2010.06.006.
- Finlay, C.C., Maus, S., Beggan, C. D., Bondar, T. N., Chambodut, A., Chernova, T. A., Chulliat, A., Golovkov, V. P., Hamilton, B., Hamoudi, M., Holme, R., Hulot, G., Kuang, W., Langlais, B., Lesur, V., Lowes, F. J., Lühr, H., Macmillan, S., Manda, M., McLean, S., Manoj, C., Menvielle, M., Michaelis, I., Olsen, N., Rauberg, J., Rother, M., Sabaka, T. J., Tangborn, A., Toffner-Clausen, L., Thébault, E., Thomson, A. W. P., Wardinski, I., Wei, Z. and Zvereva, T. I. - International Association of Geomagnetism and Aeronomy, Working Group V-MOD (2010), International Geomagnetic Reference Field: the eleventh generation. Geophysical Journal International, 183: 1216—1230, doi:10.1111/j.1365-246X.2010.04804.x.
- Langlais, B., and Manda, M. (2000). An IGRF candidate main geomagnetic field model for epoch 2000 and a secular variation model for 2000-2005. Earth, planets and space, 52(12), 1137-1148.
- Menvielle, M., Tlyemori, A. Marchaudon, and M. Nose (2011), Geomagnetic indices, in Geomagnetic Observations and Models, M. Manda, M. Korte (eds.), IAGA Special Sopron Book Series 5, doi:10.1007/978-90-481-9858-08, Springer.

# Se nourrir dans les profondeurs de l'océan austral : PROGRAMME "OISEAUX PLONGEURS"

Charles-André Bost<sup>(1)</sup>, Yves Handrich<sup>(2)</sup>, Annette Scheffer<sup>(1)</sup>, Cécile Bon<sup>(1)</sup>,  
Elodie Camprasse<sup>(1)</sup>, et Jean-Baptiste Thiebot<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Centre d'Etudes Biologiques de Chizé

<sup>(2)</sup> Institut Pluridisciplinaire Hubert Curien (IPHC)

---

---

## Résumé :

L'objectif du programme IPEV "Oiseaux Plongeurs" est d'étudier les stratégies énergétiques d'oiseaux marins s'alimentant par plongée (principalement les manchots et les cormorans) qui jouent un rôle majeur dans les chaînes alimentaires de l'océan Austral. Une approche pluridisciplinaire basée sur le "bio-logging" est menée :

1. sur le plan de l'écologie en mer de ces prédateurs, avec l'étude des déplacements alimentaires dans les 3 dimensions et des habitats marins prioritaires pour les colonies;
2. de l'écophysiologie de la plongée à grande profondeur et du bilan énergétique en mer;
3. sur le potentiel bio-indicateur des prédateurs plongeurs vis-à-vis de la disponibilité des ressources et des conséquences de la variabilité climatique sur des chaînes alimentaires "clés".

## Abstract :

*The objectives of the IPEV project 394 (Diving birds) are to study the foraging strategies and energetics of the main diving birds of the Southern Ocean (especially penguins) that play a major role in food webs through a pluri-disciplinary study involving ecologists, physiologists and oceanographers and using bio-logging developments. We want to determine :*

1. *their foraging strategies: key at-sea habitats and environmental variables driving their movements at-sea,*
  2. *their at-sea energetics, from the individuals to the population. The applied issues concerns the determination of important at-sea birds areas and the use of penguins as indicators of the impact of climatic variability, at short and long term, on some poorly known food webs of the Southern Indian ocean.*
- 
- 

## Contexte : Les changements climatiques dans l'océan austral et leurs conséquences sur les prédateurs et leurs ressources

Évaluer l'impact de la variabilité climatique à court et moyen terme sur les écosystèmes de l'océan austral est l'une des grandes priorités scientifiques de la recherche polaire. En effet, cet océan Austral abrite des ressources marines qui figurent parmi les plus importantes de la planète telles que le krill mais aussi les poissons lanternes et les calmars. Des populations considérables de prédateurs marins (mammifères et oiseaux marins notamment) dépendent complètement de ces ressources. De par la quantité de proies qu'ils consomment, ces prédateurs jouent un rôle déterminant dans la dynamique des chaînes alimentaires. Ainsi, pour les seules îles Crozet, la population aviaire (évaluée à 25 millions de couples d'oiseaux) consommerait près de trois millions de tonnes de proies par an.

Dépendant strictement de l'abondance et de la localisation des ressources marines, les oiseaux marins présentent aussi l'intérêt d'être des bio-indicateurs potentiels de l'impact des changements climatiques sur les écosystèmes. En effet, ils intègrent les modifications intervenant dans les composantes physiques et biologiques de l'océan Austral en raison de leur situation en fin de chaîne alimentaire et de leur stricte dépendance du milieu océanique. Or, malgré les enjeux, les conséquences du réchauffement global sur les populations de prédateurs et les chaînes alimentaires restent méconnues.

Les manchots sont un des groupes clés des chaînes alimentaires de l'Austral. Leurs populations considérables et leurs besoins alimentaires expliquent qu'ils représentent plus de 80 % de la biomasse aviaire consommante. Champions de la plongée en apnée chez les oiseaux, ils peuvent atteindre des profondeurs supérieures à 400 m chez le manchot royal et 500 m chez le manchot empereur avec une durée sous l'eau atteignant 18 min. Plongeant de manière ininterrompue au cours de leurs voyages en

mer, ils échantillonnent ainsi en continu la troisième dimension de l'espace marin. Faciles à capturer et à étudier au niveau de leurs colonies pour la plupart d'entre eux, ce sont donc des modèles de choix pour les recherches scientifiques aussi bien sur le plan fondamental qu'appliqué.

Pour mieux comprendre leur rôle dans les écosystèmes et leur potentiel bio-indicateur, il est nécessaire de connaître en détail leur stratégie alimentaire, c'est-à-dire leurs zones d'alimentation, le type de proies, les modes de déplacements en mer et de recherche des proies, le succès de pêche selon les conditions océanographiques. Les recherches doivent se baser sur une approche énergétique pour évaluer la place des manchots dans l'écosystème en tant que consommateurs et quantifier le coût et le bénéfice de la recherche alimentaire. Comprendre aussi comment ces animaux surpassent leurs limites physiologiques pour accéder à des ressources profondes inexploitées par la plupart des autres prédateurs marins à respiration aérienne est un enjeu aussi bien en termes de recherche fondamentale que d'un point de vue de la connaissance des flux énergétiques dans l'océan austral.



*Photo 1 : lâché d'un manchot royal équipé d'un enregistreur d'activité à son départ en mer (Baie du marin, Crozet)*

Dans ce contexte, le programme 394 OISEAUX PLONGEURS à trois objectifs principaux :

- Comprendre comment ces prédateurs plongeurs parviennent à s'alimenter dans les 3 dimensions de l'espace océanique.
- Déterminer les coûts et bénéfices des séjours en mer des prédateurs plongeurs sur le plan de la balance énergétique.
- Evaluer l'impact de la variabilité climatique à court et à long terme sur leur alimentation en mer.

Ces recherches pluridisciplinaires reposent sur une triple approche concernant l'écologie comportementale, la physiologie et l'océanographie. Sur le terrain, elles utilisent le bio-logging en équipant des manchots de balises Argos ou d'enregistreurs électroniques miniaturisés et performants (photo 1, photo 2) : GPS, enregistreurs d'activité multi-canaux (plongées, accélération, capture de proies, électrocardiogramme) ou de données physiques : température de l'eau. Ces appareils ont des mémoires considérables et enregistrent les paramètres parfois à haute fréquence. Certains prototypes sont conçus et fabriqués au laboratoire du DEPE-Strasbourg ou proviennent de collaborations en place avec des équipes internationales.



Photo 2 : Manchot royal équipé d'un data logger avant son départ en mer. L'appareil miniaturisé mesure son électro-cardiogramme (250Hz) et son activité de nage grâce à un accéléromètre tri-axial (50Hz). Le signal cardiaque est mesuré en continu, en mer comme à terre, grâce à 2 micro électrodes insinuées sous la peau depuis le logger jusqu'en haut du dos, l'une sous le niveau du coeur, l'autre au dessus.

## Résultats

Nos travaux ont obtenus des résultats originaux sur l'utilisation du milieu océanique par les manchots. Ainsi ces prédateurs ne se déplacent pas au hasard dans l'océan et nous avons mis en évidence l'existence de "stratégies" énergétiques et comportementales complexes leur permettant de poursuivre leurs proies en plongée avec succès à différents niveaux d'échelle, depuis la plongée jusqu'à l'échelle de tout le trajet, tout en minimisant la dépense énergétique dans un milieu très hostile pour un endotherme. Enfin, nous avons pu aussi fournir une première évaluation des conséquences du réchauffement sur des populations de manchots exposées.

## Développements méthodologiques

Comment mesurer l'activité alimentaire en termes de timing et de quantités ingérées ? Pour se nourrir, les manchots traquent en profondeur des poissons lanternes, se rassemblant en bancs à grande profondeur le jour, et peuvent en capturer plus de 10 par plongée en sélectionnant des espèces de petite taille (1-10g) très énergétiques. Réussir à mesurer leur succès alimentaire est au cœur de notre problématique et doit s'envisager à la fois du point de vue comportemental et énergétique :

- quand et où a lieu une activité alimentaire avec une précision temporelle permettant de détecter chaque évènement de capture ;
- quelle est la taille des proies ingérées et indirectement l'apport énergétique correspondant ?

Nous avons pu mettre au point une technique sophistiquée basée sur la mesure de l'ouverture du bec grâce à un couple capteur magnétique-aimant fixé sur les deux mandibules selon l'effet Hall (Wilson 2002). Cette technique a été couplée à la mesure simultanée de la température à l'entrée de l'œsophage. L'avantage du capteur magnétique est de permettre de distinguer de façon claire les tentatives de capture des échecs, la fréquence d'échantillonnage élevée (25Hz) permettant aussi de détecter les mouvements de déglutition. Pour estimer la taille des proies, nous avons faits des premiers essais prometteurs en captivité avec une microsonde de température glissée dans l'œsophage du manchot, équipée de deux capteurs de température distants de 2 cm échantillonnés en 25Hz (Figure 1).

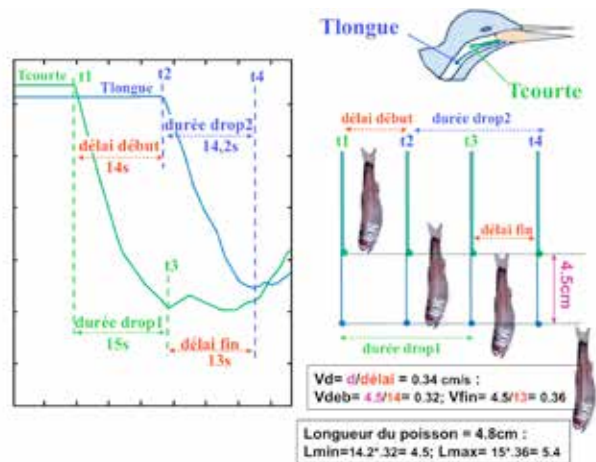


Figure 1 : La technique de la double sonde œsophagienne permet non seulement de détecter le moment des ingestions, mais aussi la taille des proies. Le délai de chute ('délai début') ou de remontée ('délai fin') de température entre les deux sondes varie inversement avec la vitesse de descente du poisson ( $V_d$ ). Connaissant la distance ( $d$ ) séparant les têtes de sonde, on déduit de ces délais la vitesse de descente. On peut ensuite utiliser cette mesure de vitesse pour mesurer la longueur du poisson à partir de la durée de son passage sur chaque sonde, représentée par la durée de la chute de température inhérente à la différence de température entre les proies et le manchot.

## Optimisation à l'échelle de la plongée

S'alimentant par plongée et devant partir parfois loin en mer, les manchots sont soumis à une double contrainte. Tout d'abord, ils doivent impérativement remonter régulièrement à la surface pour respirer. Ne volant pas, ils sont très dépendants de la prévisibilité des ressources à différents niveaux d'échelles spatiales.

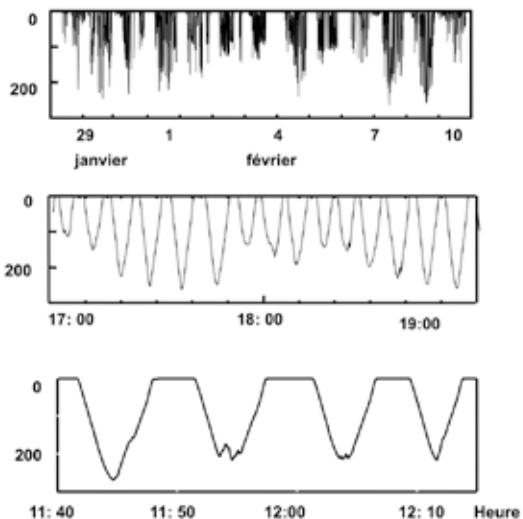


Figure 2: profils de plongée d'un manchot royal parti 10 jours en mer à différentes échelles temporelle.

A l'échelle de la plongée, les manchots royaux plongent intensément le jour dès les premières lueurs, en alternant plongées de déplacements en sub-surface par des séquences de plongées profondes (Figure 2). Lorsque leur succès de pêche est élevé durant le début de la plongée en cours ou durant la plongée précédente, les manchots augmentent en plongée leur vitesse verticale et leur angle de plongée, ce qui diminue leur temps de transit entre la surface et la bonne profondeur (Figure 3). Après une plongée fructueuse, les manchots restent aussi moins longtemps en surface, ce qui leur permet de relocaliser rapidement le banc en profondeur avant qu'il n'éclate. Ces prédateurs ajustent clairement leur comportement de plongée en réponse au taux de rencontre des proies. Ces résultats suggèrent fortement une réelle anticipation comportementale pour maximiser le succès de pêche. Ils sont en accord avec les modèles théoriques qui prédisent que des prédateurs plongeurs pulmonés ont avantage à passer le plus de temps possible aux profondeurs de prospections efficaces et minimiser les temps de transit entre la surface et la profondeur du "patch" de proies.

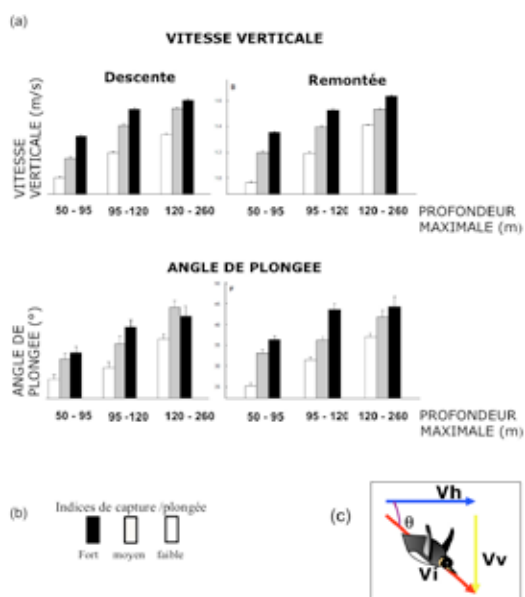


Figure 3: Ajustements comportementaux en plongée chez le manchot royal selon le succès de pêche au début de la plongée et durant la plongée précédente. Aussi bien en descente qu'en remontée, les manchots ajustent leur angle leur vitesse verticale de nage selon le succès de pêche, évalué par des indices appropriés (suivi par biologging des plongées).

### Optimisation: épargne énergétique en plongée

La dépense énergétique en plongée peut se décliner selon trois composantes que l'animal doit minimiser pour prolonger son autonomie en apnée : le coût de la locomotion (dont la capture des proies), de la thermorégulation et celui de la digestion. La solution originale adoptée par les manchots royaux est de ne pas additionner ces coûts mais les différer dans le temps. La fréquence cardiaque est un index indirect de la dépense énergétique, mais il donne la tendance du phénomène : à l'échelle des 24h passées en haute mer, c'est finalement pendant la phase d'inactivité nocturne (ils dorment en surface) que la dépense énergétique est la plus élevée (à l'exception de la première heure, Figure 4). Ce phénomène apparemment paradoxal est la conséquence d'une adaptation remarquable et d'un compromis ! Pour minimiser le coût de la locomotion et de la thermorégulation, les manchots royaux diminuent les températures de certains tissus profonds pendant toute la journée de plongées, dont les pectoraux pourtant en pleine activité, mais aussi les régions périphériques cutanées. On remarque néanmoins que la plaque incubatrice, zone ventrale dépourvue de plume, met plus de temps que les autres parties de la peau à se refroidir en début de journée : c'est la phase de refroidissement active (fréquence cardiaque minimale), la plaque bien irriguée servant de radiateur inverse. Il y aura inmanquablement un coût à payer pendant la phase de réchauffement d'une heure observée en fin de journée (fréquence cardiaque maximale), mais sur la durée de la journée, le bilan est une économie d'énergie qui a surtout permis une autonomie suffisante pour aller en profondeur, là où sont les proies. Le phénomène le plus étonnant est que ce réchauffement de fin de journée concerne aussi la périphérie, les températures cutanées étant ensuite maintenues aux alentours de 37°C toute la nuit, dans une eau pourtant à 5-7°C. Les pertes thermiques sont telles que malgré l'arrêt complet de l'activité, la fréquence cardiaque mesurée est supérieure à celle observée en journée (Figure 4). Notre hypothèse actuelle est que le manchot, qui a pu digérer les proies ingérées (l'estomac restent chaud) pendant la journée est incapable de transférer les lipides qui se sont accumulés dans le sang vers le tissu adipeux sous-cutané, alors trop froid et non irrigué. Revasculariser la peau pendant la nuit est donc la façon de déplacer dans le temps une partie des coûts de la digestion et de permettre la transformation des proies en lipides de réserve.

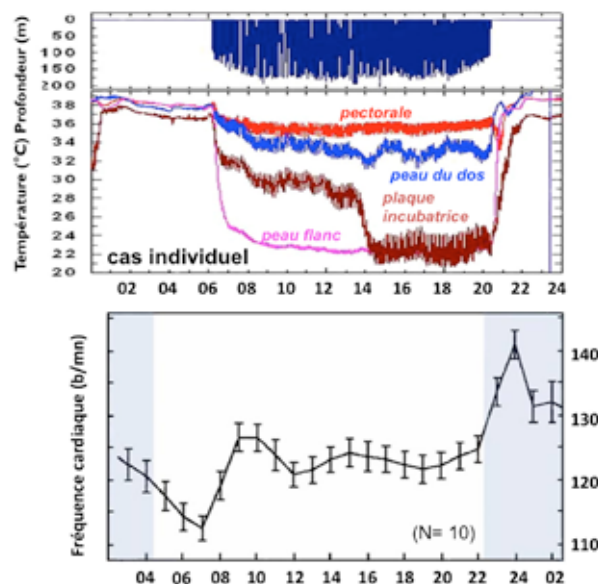


Figure 4: ajustements de la fréquence cardiaque et des températures corporelles chez le manchot royal en mer, au cours de la journée et de la nuit. L'épargne énergétique est fortement dépendante de la thermorégulation observée.

## Optimisation à l'échelle du voyage

A chacun de leur voyage alimentaire, les manchots royaux quittent leur colonie et partent à grande distance pour s'alimenter (plus de 400 km), essentiellement vers une zone océanographique précise, le front polaire. Ce front correspond à la limite d'influence des eaux antarctiques (Figure 5a) et est dominé par une forte circulation océanique et une activité tourbillonnaire importante. Sur le plan trophique, cette zone présente une disponibilité des ressources pélagiques plus élevée par rapport à la zone océanique environnante. Nous avons pu démontrer que les manchots en transit vers le front polaire se déplacent préférentiellement dans le sens des courants locaux dominants (Figure 5c). En suivant le courant local dominant, l'oiseau est assuré d'aboutir en limite d'un tourbillon favorable pour la concentration des proies, dans un environnement océanique très hétérogène. Aux abords du front, le manchot ralentit ses déplacements horizontaux au niveau des forts gradients de température où il plonge activement (Figure 5b). En phase retour (2 à 3 jours), il s'oriente directement vers sa colonie, sans tenir compte des courants locaux.

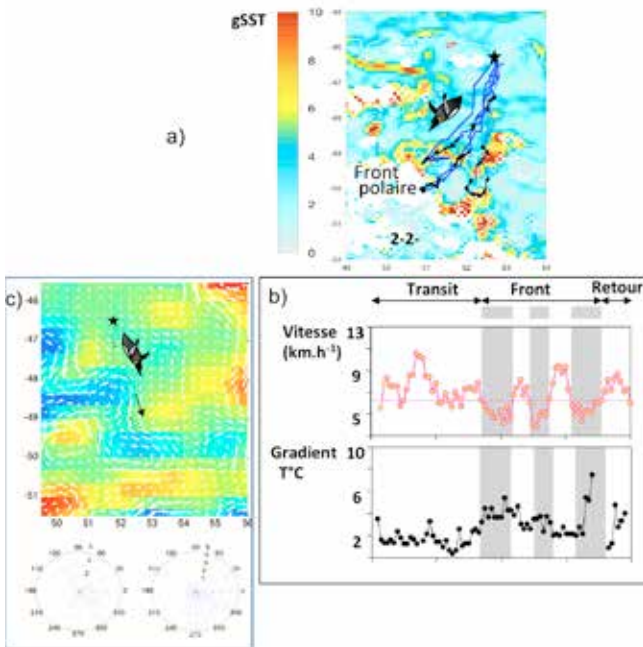


Figure 5 :

a) mouvements en mer de 3 manchots royaux suivis par balises Argos. Les oiseaux ciblent les méandres de la zone du front polaire où les gradients de température sont les plus élevés et où les proies se concentrent ; b) changements de vitesse de nage d'un manchot royal au cours de ses déplacements vers le Front polaire. Le manchot ralentit dans les secteurs où les gradients de baisse de température sont élevés ; c) angles de navigation d'un manchot royal en route vers le front et directions moyennes des principaux courants (échelle : semaine).

Reflétant la disponibilité des ressources, le suivi télémétrique en mer de ces prédateurs présente aussi un autre intérêt, celui de les utiliser comme indicateurs de la disponibilité de leurs proies. Les informations sont obtenues à partir de l'analyse des données comportementales issues des capteurs équipant le même animal (capteur d'ingestions ou enregistreur des accélérations et profils de plongée). Nous avons pu ainsi développer un modèle prédictif simple du succès de pêche des manchots royaux tout au long de leurs trajets vers le front polaire, qui nous renseigne sur la disponibilité des poissons lanternes (Figure 6).

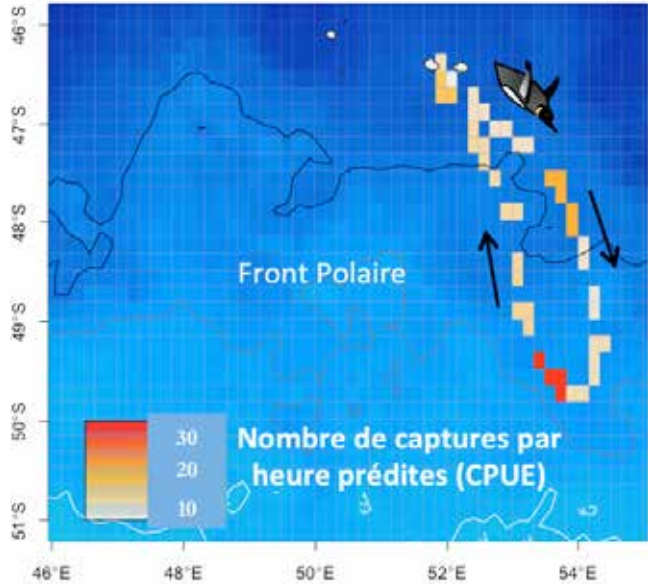
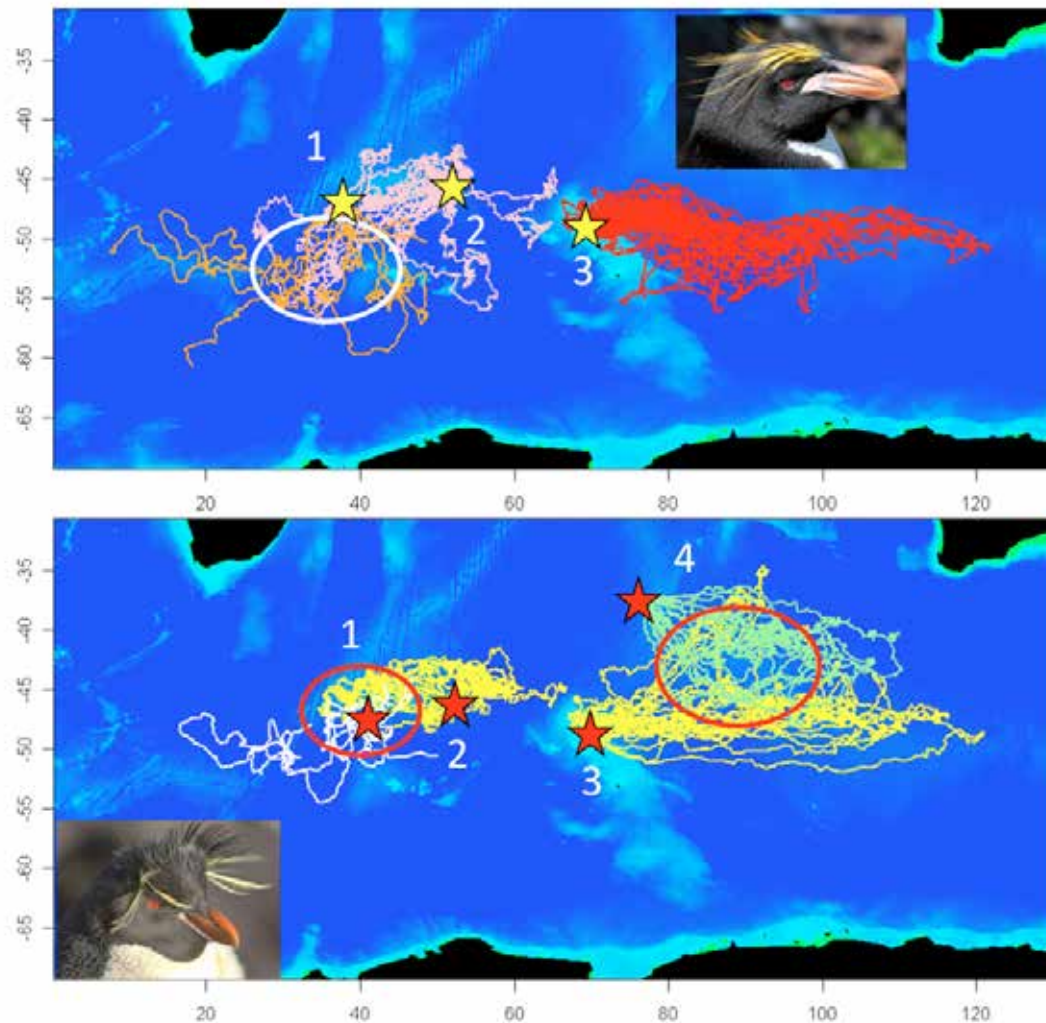


Figure 6 : nombre de captures par heures en mer prédites au cours du trajet vers le front polaire chez un manchot royal suivi par biologging. Les proies sont essentiellement des poissons lanternes (myctophidés).

## Optimisation selon les saisons : étude à l'échelle des communautés d'oiseaux plongeurs

Jusqu'à très récemment, nos connaissances sur la distribution hivernale des prédateurs plongeurs étaient quasi inexistantes en raison de la difficulté de mener un suivi non dérangeant pour l'animal à cette période de rareté des ressources. Nous avons abordé cette question sur la communauté des manchots à aigrettes (gorfous) de l'océan indien utilisant de minuscules géolocalisateurs (6g). Ces appareils mesurent l'intensité lumineuse minute par minute et sur plusieurs mois, voire des années. Une fois l'oiseau recapturé, l'analyse des niveaux de luminosité enregistrés permet de déduire pour chaque jour l'heure de lever et du coucher du soleil (permettant de calculer la latitude) et l'heure du midi solaire (permettant de calculer la longitude). Nos résultats ont montré que toutes les populations étudiées réalisent des migrations à très grande échelle dès l'automne, parfois à plus de 3000 km, durant près de 6 mois où les gorfous ne reviennent pas à terre. Nous avons observé différents patrons de migration étonnamment distincts selon les localités: ainsi les gorfous de Kerguelen migrent vers l'Est, ceux de Crozet vers l'Ouest et ceux d'Amsterdam vers le Sud-Est (Figure 7). En conséquence, leurs distributions ne se recoupent pas, ce qui évite la compétition alimentaire. Cependant, pour une localité donnée, des espèces très proches vont migrer différemment : ainsi les gorfous macaroni de Kerguelen hivernent plus au sud que les gorfous sauteurs du même archipel. La principale hypothèse retenue est la suivante : les changements des paléo-environnements au cours des derniers millions d'années auraient entraîné des ajustements dans les directions de migration, selon la période de colonisation des îles par les gorfous : les différentes localités ont été colonisées entre 40 et 2 millions d'années, Kerguelen vraisemblablement le premier. Les populations auraient adapté leurs trajectoires aux fluctuations des grands courants avoisinants, tels le courant antarctique circumpolaire et le courant des aiguilles, et les directions les plus avantageuses auraient été sélectionnées.



### Variations interannuelles

Quel est l'impact des variations climatiques sur le comportement alimentaire et les populations de manchots et à plus long terme, quel sera l'impact du changement climatique sur les chaînes alimentaires de l'austral ? Depuis 1992, nous menons une étude à long terme pour évaluer les réponses adaptatives des plongeurs aux fluctuations du climat. Cette étude a été initiée à Crozet puis à Kerguelen, deux écosystèmes marins très différents. Chaque été austral, des manchots royaux reproducteurs sont équipés à leur départ en mer de balises et capteurs d'activité; de façon quasi ininterrompue depuis 20 ans. Les trajectoires des manchots et leur activité de pêche sont comparées aux caractéristiques des températures des masses d'eau et à la structure hydrologique. Nous avons pu montrer une relation étroite entre les fluctuations du front polaire et la distribution des manchots royaux (Figure 8a). Nous avons pu aussi modéliser les relations entre les paramètres océanographiques et la distribution des manchots qui sélectionnent les eaux froides de la zone polaire frontale. La température de surface est le principal facteur orientant les trajectoires de ces prédateurs. Sur le long terme, nous avons pu montrer que les manchots répondent aux fluctuations du climat et au réchauffement des masses d'eau. Nous avons pu développer un premier modèle de la distribution spatiale des manchots selon les conditions de température au cours du siècle à venir; en nous basant sur les projections de l'IPCC appliquées à un modèle de circulation générale. Selon ce modèle prédictif, un réchauffement de 2°C de l'austral entraînerait un éloignement du front polaire vers le sud de 42 km tous les 10 ans, ce qui doublerait la distance à atteindre par les manchots pour se nourrir au front polaire pour les populations de manchots au nord de l'océan Austral (Crozet) (Figure 8b).

Figure 7 : trajets hivernaux des gorfous macaronis (haut) et sauteurs (bas) du Sud de l'océan indien suivi par géolocalisation sur 6 mois ( avril-mai ; octobre-novembre). Les chevauchements dans les zones d'hivernage des différentes populations sont très limités et les populations bien séparées dans l'espace malgré la relative proximité de certaines localités.

1 : Marion ; 2 : Crozet ; 3 : Kerguelen ; 4 : Amsterdam.

### Perspectives

Sur le plan fondamental, il reste beaucoup à faire pour comprendre les adaptations physiologiques en plongée permettant de minimiser la dépense énergétique. Cela nécessitera une étude intégrée de l'activité cardiaque, de la thermoregulation et des interactions entre thermorégulation et assimilation des repas en mer. Nous voulons aussi mieux connaître comment les prédateurs plongeurs sont si efficaces pour capturer leurs proies dans un environnement hétérogène et inhospitalier pour un endotherme devant plonger en eaux froides et cherchant ses proies dans la pénombre des grandes profondeurs. Pour déterminer comment la prévisibilité et la densité des proies affectent leurs comportements, des campagnes océanographiques en temps réel restent indispensables.

Sur le plan appliqué, la détermination des aires marines d'importance pour les manchots des Taaf et de l'océan austral sera un enjeu important. En effet, nos connaissances sur la distribution en mer de ces prédateurs restent encore partielles et limitées à quelques colonies. Une approche globale de la distribution à l'échelle des sites de reproduction les plus représentatifs des îles subantarctiques et de la Terre Adélie reste dans nos priorités. Sur le long terme, déterminer les conséquences des changements climatiques sur le comportement et l'énergétique de ces prédateurs est aussi un enjeu majeur sur le plan écophysologique.

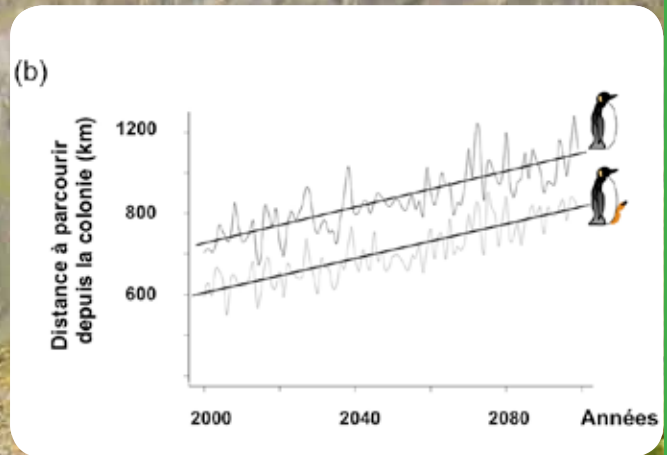
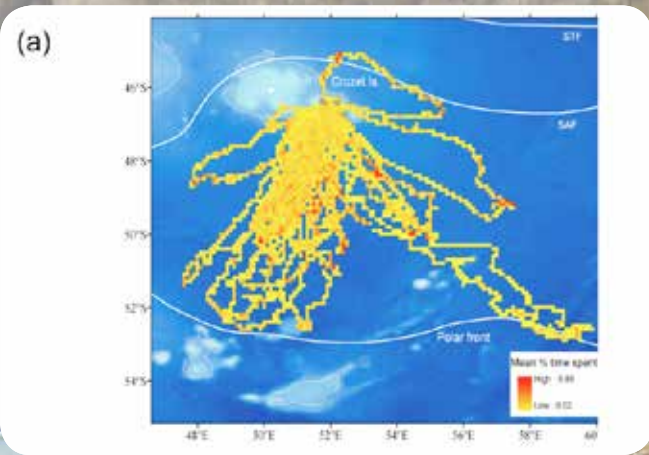


Figure 8 :

(a) : Trajets des manchots royaux de la région de Crozet (1998-2008) et distribution des fronts (STF : front sub-tropical ; SAF : front sub-antarctique; PF : Front Polaire). Quelque soit les années, les manchots privilégient l'utilisation de la zone du front polaire, limite de l'influence des eaux antarctiques ;

(b) : changement prédit dans le rayon maximum de prospection des manchots royaux selon le stade reproducteur (période 2000-2100)

#### Bibliographie :

- Bost, C.A., Cotté, C., Bailleul, F., Cherel, Y., Charrassin, J.B., Guinet, C., Ainley, D.G., Weimerskirch, H. (2009). Importance of Southern Ocean fronts for seabird and marine mammals. Journal of Marine Systems. Special Issue on Processes at Oceanic Fronts of the Journal of Marine Systems (JMS-SIOF) 79: 363-376.
- Bost, C.A., Thiebot, J.B., Pinaud, D., Cherel, Y., Trathan, P.N. (2009). Where do penguins go during the interbreeding period? Using geolocation to track their winter dispersion. Biology Letters 5: 473-476.
- Froget, G., Butler, P.J., Woakes, A.J., Fahlman, A., Kuntz, G., Le Maho Y., Handrich, Y. (2004). Heart rate and energetics of free-ranging king penguins (*Aptenodytes patagonicus*). J. of Exp. Biology 207: 3917-3926.
- Handrich, Y., Bevan, R., Charrassin, J.-B., Butler, P.J., Pütz, K., Lage, J., Woakes, A. & Y. Le Maho (1997). Hypothermia in foraging king penguin. Nature 388: 64-67.
- Hanuise, N., Bost, C.A., W. Huin, A. Auber, Halsey, L.G., Handrich, Y. (2010). - Measuring feeding activity in a deep diving bird: comparing wiggles, oesophageal temperatures and beak-opening angles as foraging proxies. Journal of Experimental Biology 213:38874-3880.
- Péron, C., Weimerskirch, H., Bost, C.A. (2012). Predicting king penguins (*Aptenodytes patagonicus*) foraging distribution over the next century. Proceedings Royal Society B 279, 2515-2523.
- Schmidt, A., Alard, F., Handrich, Y. (2006). Change in body temperatures in king penguins at sea: the result of fine adjustments in peripheral heat loss? American Journal of Physiology 291: R608-R618.
- Thiebot, Cherel, Trathan, Bost C.A. (2012). Coexistence of oceanic predators on wintering areas explained by population-scale foraging segregation in space or time. Ecology 93 (1): 122-130.

# Climate impact of short-lived pollutants : Field studies regarding the interactions between aerosols and clouds and the deposition of black carbon to the snow in the Arctic

Hans-Werner Jacobi, Marco Zanatta, Patrick Ginot, Paolo Laj, Jean-Luc Jaffrezo <sup>(1)</sup>,  
Olivier Jourdan, Gwennolé Guyot, Regis Dupuy, Christophe Gourbeyre Guy Febvre, Alfons Schwarzenboeck <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement (LGGE), CNRS / Université Joseph Fourier – Grenoble 1, 54 rue Molière, 38402 Saint Martin d'Hères

<sup>(2)</sup> Laboratoire de Météorologie Physique (LaMP), UMR 6016, CNRS/ Université Blaise Pascal, Clermont II, 24 avenue des Landais, 63177 Aubière Cedex

---

---

## Résumé :

Les polluants à courte durée de vie comme l'ozone et des aérosols qui exercent un effet de réchauffement sur le climat mondial jouent un rôle important dans l'augmentation récente des températures dans l'Arctique. Les aérosols absorbants comme le carbone suie (black carbon, BC) contribuent de deux manières différentes au réchauffement : par une plus grande absorption du rayonnement solaire dans l'atmosphère, ainsi que par une fonte de neige plus précoce après incorporation dans le manteau neigeux. Étant donné que les processus qui contrôlent le comportement et le devenir de ces espèces dans l'atmosphère arctique, ainsi que l'impact des aérosols sur la formation et les propriétés des nuages ne sont pas bien connus, nous avons effectué des observations des propriétés physiques et optiques des nuages et des concentrations de BC dans l'atmosphère et la neige au printemps 2012 à Ny-Ålesund. Ces observations contribueront à mieux quantifier les propriétés optiques du BC atmosphérique présent à Ny-Ålesund, la déposition de BC dans la neige et le comportement du BC dans la neige accumulée. Elles ont été effectuées dans le cadre du projet CLIMSLIP (Climate Impact des polluants de Short-lived et de méthane dans l'Arctique), soutenu par l'ANR.

## Abstract :

Short-lived pollutants like ozone and aerosols, which exert a warming effect on global climate, play an important role in the recent increase in temperatures in the Arctic. Absorbing aerosols like black carbon (BC) contribute in two different ways to warming: By a larger absorption of solar radiation in the atmosphere as well as by an earlier melting of snow after incorporation in the snowpack. Since processes controlling the behavior and fate of these species in the Arctic atmosphere as well as their impact on the formation and properties of clouds are not well known, we performed observations of physical and optical properties of clouds and concentrations of BC in the atmosphere and in the snow in spring 2012 at Ny-Ålesund. These observations will help to better quantify the optical properties of atmospheric BC present at Ny-Ålesund, the deposition of BC to the snow, and the behavior of BC in the snow pack. They were collected as part of the project CLIMSLIP (Climate Impact of Short-lived Pollutants and Methane in the Arctic) supported by the ANR.

Within the currently warming world, the largest increase of temperature occurs in the Arctic accompanied by a fast melting of Arctic glaciers and ice sheets (Lemke et al., 2007). Approximately half of the observed temperature increase in the Arctic can be attributed to the rise of long-lived greenhouse gases like carbon dioxide in the atmosphere (Quinn et al., 2008). Short-lived pollutants such as aerosols containing black carbon (BC), as well as methane, and ozone are also contributing although the exact role is uncertain. The effect of aerosols including BC can be three fold: absorption of radiation in the atmosphere and in the snow after deposition and by changing the properties of clouds. Examination of the roles of these short-lived pollutants in the Arctic and their impacts on the regional climate is one of the major objective of the new project Climate impact of short-lived pollutants and methane in the Arctic (CLIMSLIP) supported by the Agence National de Recherche (ANR) and coordinated by Kathy Law and Gerard Ancellet (both Laboratoire Atmosphères, Milieux, Observations Spatiales (LATMOS/IPSL).

The overall project involves further partners from Laboratoire des Sciences du Climat et l'Environnement (LSCE) and Laboratoire de Météorologie Dynamique (LMD). The entire project includes several field measurements in the Arctic, data collection and analysis as well as regional and global modeling.

One of the CLIMSLIP field studies was performed at the German-French Station AWIPEV in Ny-Ålesund on the Spitzbergen archipelago at 79° N. The experiments involved atmospheric measurements as well as snow sampling for further chemical analysis (Figure 1). Microphysical properties of clouds and the concentrations of BC in the atmosphere were studied during spring 2012. The instruments were installed at the Zeppelin Station maintained by the Norwegian Polar Institute (NPI) at an altitude of around 480 m and at the Corbel station located 5 km from the main village (Figure 2) to avoid the impact of local pollution since BC is also produced during combustion due to local power generation.



Figure 1 : Map around Ny-Ålesund with locations for atmospheric (Zeppelin and Corbel Station) and snow sampling.

Figure 2 : Corbel Station located 5 km south-east of the village of Ny-Ålesund. The blue areas around the station indicate exposed ice surfaces without any snow.



### Cloud properties

Instruments (Polar Nephelometer, FSSP-100, CPI and Nevzorov Probe) usually dedicated to airborne cloud measurements were installed at Mount Zeppelin station (Ny-Ålesund, Svalbard) from March to May 2012 (Figure 3). This combination of instruments allowed for the simultaneous characterization of the microphysical and optical properties of mixed phase boundary layer clouds, ice precipitations, and blowing snow episodes. These measurements were processed and merged to the observations of aerosol physical properties performed routinely at the station. These observations constitute a high quality dataset to investigate how changes in arctic aerosols properties influence the cloud microphysical characteristics. First results suggest that arctic mixed phase clouds are ubiquitous during this period but that the thermodynamic phase is highly dependent of the spatial scale of study. Precipitations are characterized by pristine ice crystals (mainly stellars and sideplanes) with a typical size of 500  $\mu\text{m}$ , whereas blowing snow exhibit irregular shapes with smaller sizes around 200  $\mu\text{m}$ . These microphysical patterns can be clearly demonstrated using the measured single scattering properties (Figure 4). Our aerosol-mixed phase cloud interaction study showed two different cases. When the air mass sampled at the station was characterized by "aged" aerosols (concentration of 100-150  $\text{cm}^{-3}$  and small fraction of aerosols with size lower than 100 nm), the activation fraction was close to 100 % with an activation diameter ranging from

100 to 200 nm. Lower activation fractions and diameters (50 % and 50-100 nm) were obtained when the air mass was characterized by "fresher" aerosols (concentration around 200  $\text{cm}^{-3}$ ) with a larger fraction of small aerosols.



Figure 3 : Instruments for the characterization of cloud properties installed on the terrace at the Zeppelin Station at an altitude of ~480 m.

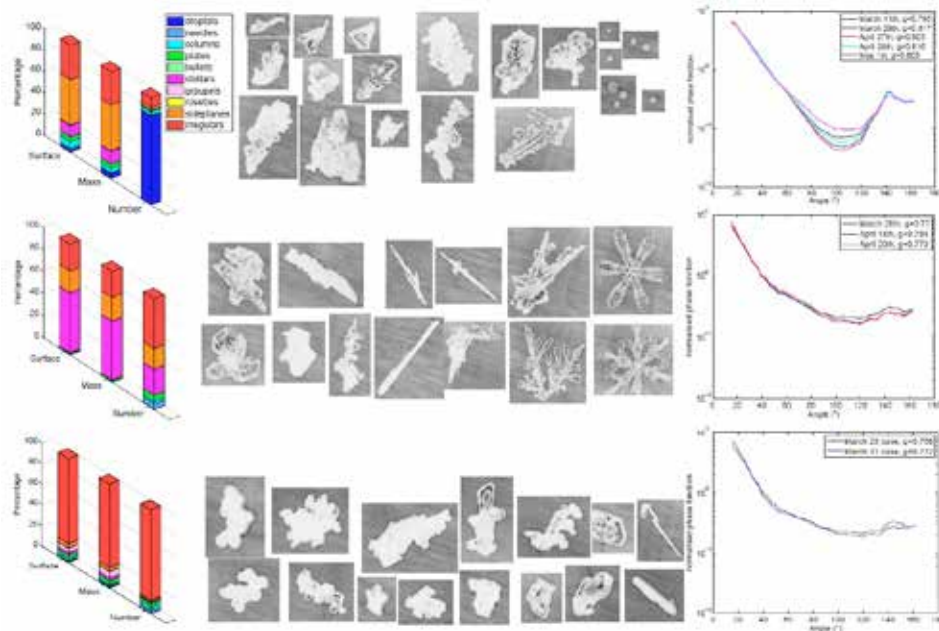
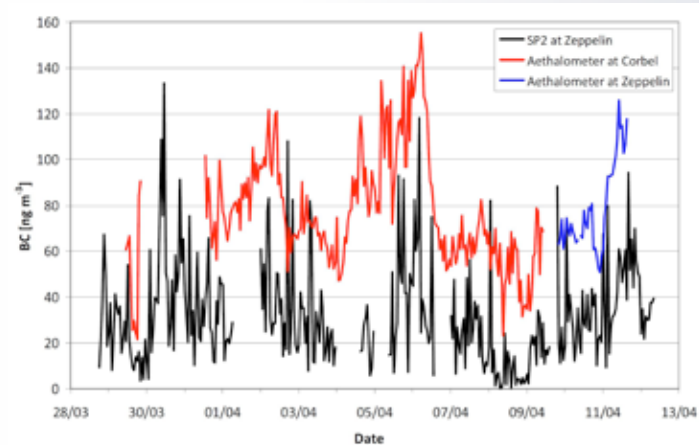


Figure 4 : Particle habit and single scattering properties of mixed phase clouds (top panel), ice precipitation and blowing snow episodes (bottom panel). The histograms of cloud particle habits (weighted by concentration, area and mass) derived from the CPI measurements are displayed on the left panels. Typical images of ice crystals observed by the CPI are also shown. Corresponding average phase functions measured by the Polar Nephelometer are displayed on the right panels.

## Black carbon in the atmosphere

Atmospheric BC concentrations were observed using a Single Particle Soot Photometer (SP2) at Zeppelin Station and an aethalometer at Corbel Station. The SP2 uses a laser-based technique to detect the incandescence of single BC particles with a higher temporal resolution on the order of seconds (Schwarz et al., 2010). The SP2 instrument delivers not only information on the total BC concentrations, but determines also the radius of the BC particles and the presence of a coating by volatile compounds. In contrast, the aethalometer measures every five minutes the increasing optical absorption of a filter, through which ambient air is permanently sucked and which darkens due to a continuous collection of atmospheric particles. An aethalometer has been operated at Zeppelin station since more than 14 years (Eleftheriadis et al., 2009) and was running in parallel to our instruments. A comparison between the BC concentrations detected with the different instrument types indicates that the overall time series agree quite well while the values of the SP2 instrument were constantly below the aethalometer data (Figure 5). This difference may be explained by the fact that the aethalometer detects all absorbing aerosols, while the SP2 instrument is sensitive only to BC particles. Concentrations differences between Zeppelin and Corbel Station will be used to determine the removal of atmospheric BC by clouds and precipitating snow and the dry deposition of BC to the snow.



## Snow sampling and analysis

To examine the impact of the BC on the optical properties of the snow, more than 300 snow samples were collected at different locations and altitudes in and around Ny-Ålesund (Figure 1). They were returned to Grenoble to study processes like wet and dry deposition of BC and other tracers. The sampled snow included fresh snow and surface snow at Ny-Ålesund, Corbel Station, and on the Austre Lovenbreen glacier. The winter season 2011/2012 in Ny-Ålesund was characterized by very peculiar meteorological and snow conditions. A warm period in late January and early February with record-high precipitation of rain at low altitudes led to a complete melting of the seasonal snowpack, which subsequently refroze to form a 10 to 20 cm thick ice layer on the ground (Figure 2). In contrast, at higher altitudes the seasonal snow pack remained intact exhibiting thick layers due to the high precipitation. Three snow pits with depths between 2.8 and 1.8 m were dug on the Kongsvegen (Figure 6) as well as the Austre Lovenbreen glaciers with the logistical and active support of the personnel from the AWIPEV station. All 300 snow samples returned to Grenoble were analyzed for major and minor ionic components. Due to the marine conditions, the chemical composition is characterized by large inputs of sea salt. (Figure 7) shows profiles of major anions determined in the snow pit sampled on the Kongsvegen glacier that will be used to characterize different sources for the impurities as well as post-depositional processes in the snowpack. The SP2 instrument for the atmospheric measurements at Zeppelin station will also be used for the determination of BC in the collected snow samples. In this way, the observed concentrations in the atmosphere and in the snow will be directly comparable. The different snow types collected will be analyzed to determine the fate of the BC in the snow after deposition.

Figure 5 : Time series of atmospheric BC detected with the SP2 instrument at Zeppelin Station (black) and with the aethalometer at Corbel Station (red) and at Zeppelin Station (blue).

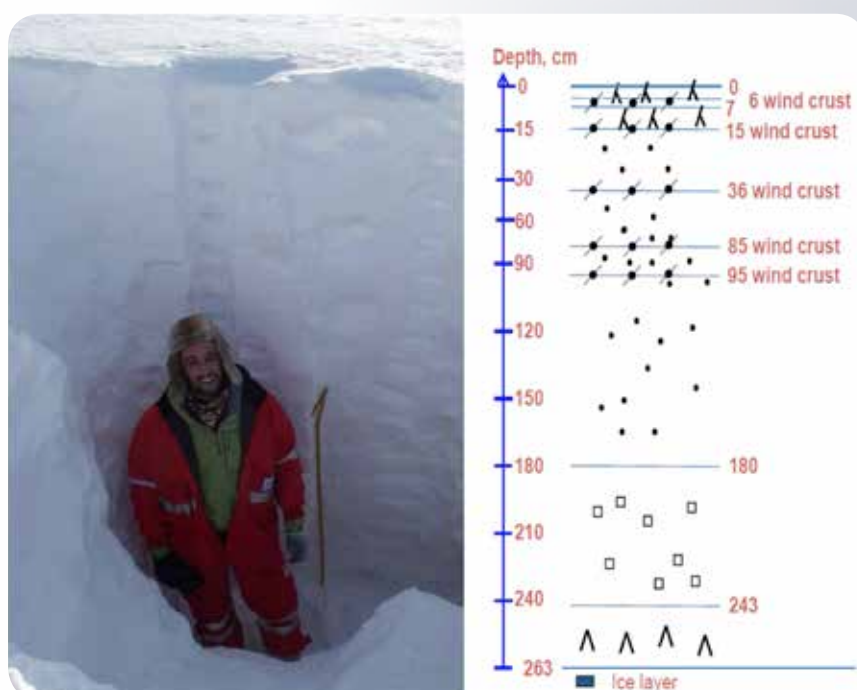


Figure 6 : M. Zanatta (LGGE) at the bottom of the snow pit dug on the Kongsvegen glacier at 670 m altitude with a schematic representation of the different snow layers and types on the right.

The results of the experiments will be exploited to better characterize the behavior of BC and other aerosols in the atmosphere and in the snow, and their impact on the properties of the clouds in the Arctic. The analysis will be performed in collaboration with partners from Germany, Norway, Sweden, and Italy. The observed snow profiles will deliver important input for detailed snowpack modeling to simulate optical properties of the Arctic snow and how its properties change in the presence of BC. The results will further be used in regional climate models to better quantify the impact of the short-lived pollutants on the regional climate in the Arctic and to estimate expected changes due to these pollutants.

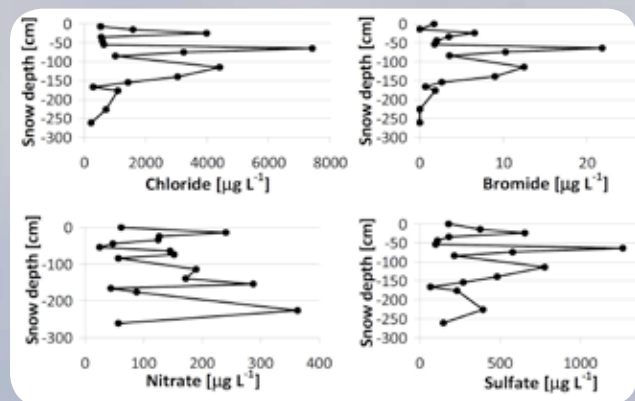


Figure 7: Chemical profiles of major and minor anions in the snow pit from the Kongsvegen glacier.

#### References :

- Eleftheriadis, K., Vratolis, S., and Nyeki, S.: Aerosol black carbon in the European Arctic: Measurements at Zeppelin station, Ny-Alesund, Svalbard from 1998-2007, - *Geophys.Res.Lett.* 36, L02809, doi: 10.1029/2008GL035741, 2009.
- Lemke, P., J. Ren, R.B. Alley, I. Allison, J. Carrasco, G. Flato, Y. Fujii, G. Kaser, P. Mote, R.H. Thomas, and T. Zhang, Observations: Changes in Snow, Ice and Frozen Ground. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007.
- Quinn, P.K., T.S. Bates, E. Baum, N. Doubleday, A.M. Fiore, M. Flanner, A. Fridlind, T.J. Garrett, D. Koch, S. Menon, D. Shindell, A. Stohl, and S.G. Warren, Short-lived pollutants in the Arctic: their climate impact and possible mitigation strategies, *Atmos.Chem.Phys.* 8, 1723-1735, 2008.
- Schwarz, J.P., J.R. Spackman, R.S. Gao, A.E. Perring, E. Cross, T.B. Onasch, A. Ahern, W. Wrobel, P. Davidovits, J. Olfert, M.K. Dubey, C. Mazzoleni, and D.W. Fahey, The detection efficiency of the Single Particle Soot Photometer, *Aerosol Sci. Technol.* 44, 612-628, 2010.



# Le radar SuperDARN de Kerguelen et son apport dans les relations Soleil-Terre et la Météorologie de l'Espace

Aurélie Marchaudon, Pierre-Louis Blelly, Frédéric Pitout, Loïc Nogues <sup>(1)</sup>,  
Christian Hanuise, Stéphane Chevrier, Patrice Ferreau, Xavier Vallières <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Institut de Recherche en Astrophysique et Planétologie, UMR5277, CNRS et Université Paul Sabatier, Toulouse

<sup>(2)</sup> Laboratoire de Physique et Chimie de l'Environnement et de l'Espace, UMR 6115, CNRS et Université d'Orléans, Orléans

## Résumé :

Le programme SuperDARN (Super Dual Auroral Radar Network) de radars cohérents Haute Fréquence (HF) fournit des observations continues de la convection du plasma ionosphérique dans les régions de hautes latitudes : zones aurorales et calotte polaire. Le réseau SuperDARN se développe actuellement dans l'hémisphère Sud, comme c'est le cas avec le radar de Kerguelen et à moyennes latitudes et apporte ainsi des mesures complémentaires indispensables aux expériences in situ à bord des sondes spatiales et aux modèles numériques, permettant une meilleure compréhension du système global vent solaire-magnétosphère-ionosphère et de son évolution temporelle.

## Abstract :

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. With its extension in the southern hemisphere via the Kerguelen radar and at mid-latitudes, the SuperDARN network gives complementary measurements to experiments onboard satellites as well as to numerical simulations, bringing a better understanding of the whole solar wind-magnetosphere-ionosphere system, particularly its evolution with time.

## Introduction

Outre son rayonnement électromagnétique dont la partie UV/X est responsable de l'ionisation de la haute atmosphère terrestre, appelée ionosphère, le soleil émet également en permanence un flux particulaire constitué essentiellement d'électrons et de protons, appelé plasma du vent solaire. Ce dernier entraîne avec lui les lignes de champ magnétique du soleil dans l'espace interplanétaire qui constitue alors le Champ magnétique interplanétaire (CMI). En amont de la Terre, le vent solaire est ralenti au travers d'un choc et dévié tout autour de l'obstacle créé par le champ magnétique terrestre, appelée magnétosphère. Cette interaction conduit à une reconfiguration de la structure magnétique avec notamment une interpénétration des champs appelée reconnexion magnétique. Le résultat est que les lignes de champ terrestre sont confinées à l'intérieur de la magnétosphère, comprimées du côté jour et étirées en une longue queue du côté nuit par l'écoulement du vent solaire (Figure 1a).

La dynamique de l'environnement spatial terrestre est principalement due à l'intensité de son couplage avec le milieu interplanétaire. Le plasma du vent solaire est globalement dévié autour de la magnétosphère terrestre mais peut cependant y pénétrer en traversant certaines régions clés, comme les cornets polaires. Le processus de reconnexion magnétique entre les champs magnétiques terrestre et interplanétaire permet également un couplage efficace entre les deux régions. Ainsi si le champ magnétique interplanétaire est dirigé vers le Sud (lignes de champ à gauche de la Figure 1a), il est alors antiparallèle au champ magnétique terrestre sur la face avant de la magnétosphère. La reconnexion magnétique entre les deux champs est alors possible sur la magnétopause, couche frontière de la magnétosphère, et résulte en "l'ouverture" de lignes de champ magnétique terrestre sur le milieu interplanétaire et en l'entrée de matière et de quantité

de mouvement dans l'environnement terrestre. A l'intérieur de la magnétosphère, le plasma provenant du vent solaire est fortement structuré par le champ magnétique, il diffuse le long des lignes de champ et coexiste avec celui provenant de l'ionosphère. Il subit

également un transport perpendiculaire aux lignes de champ vers le côté nuit, causé en partie par l'entraînement des lignes de champ ouvertes par l'écoulement du vent solaire. Un champ électrique de convection est alors généré, perpendiculaire à cette vitesse d'entraînement et au champ magnétique. Les lignes de champ ouvertes vont s'accumuler dans la queue magnétosphérique côté nuit et de la reconnexion peut aussi se produire entre les lignes de champ étirées et de polarité opposée de la queue. Cette reconnexion entraîne une accélération vers la Terre du plasma stocké au centre de la queue et les lignes de champ nouvellement "fermées" de la queue vont être transportées côté jour de part et d'autre de la Terre.

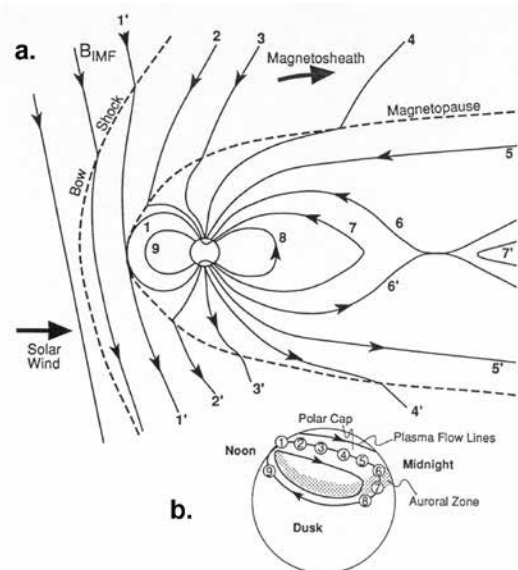


Figure 1 : Evolution de la topologie des lignes de champ interplanétaire et terrestre et convection du plasma engendrée par la reconnexion magnétique dans le cas d'un CMI Sud, à l'intérieur

a) de la magnétosphère dans le plan méridien ;

b) de l'ionosphère polaire. Le Soleil est situé à gauche de la figure.

Figure 1 : Topological evolution of interplanetary and terrestrial magnetic field lines and plasma convection generated in the  
a) magnetosphere  
b) the ionosphere.

La Figure 1b présente au niveau de l'ionosphère le cycle de convection subit par le plasma à l'intérieur du système magnétosphère-ionosphère. Il se décompose en deux cellules de convection, en première approximation symétrique, par rapport à l'axe Terre-Soleil (Figure 2b). Le transfert de plasma engendré par la reconnexion côté jour et côté nuit, le champ électrique de convection et les systèmes de courants associés constituent l'électrodynamique de la magnétosphère externe et de l'ionosphère conjuguée. Les précipitations de particules associées vont atteindre l'atmosphère terrestre, où elles vont être absorbées en produisant des espèces qui vont en retour affecter la chimie de l'atmosphère. Ces particules peuvent également exciter les molécules neutres de l'atmosphère, qui en se désexcitant, vont émettre de la lumière produisant les fameuses aurores polaires. Cette chaîne de processus est bien comprise qualitativement, mais la modélisation quantitative de ces différents couplages reste difficile et est une source de recherche active.

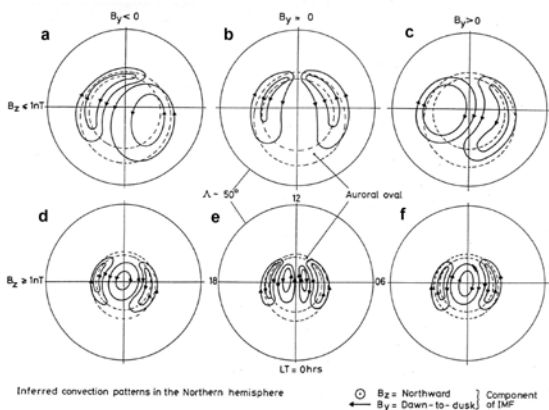


Figure 2 : Schémas de la calotte polaire Nord représentant la convection ionosphérique en fonction des composantes  $B_y$  et  $B_z$  du CMI. Le Soleil est vers le haut et le pôle Nord magnétique est au centre de chaque schéma.

Figure 2 : Sketches of the Northern polar cap representing the ionospheric convection patterns for different interplanetary magnetic field configurations.

Ainsi, la dynamique du plasma magnétosphérique est très variable et dépend fortement de la localisation de la reconnexion entre les champs terrestre et interplanétaire sur la magnétopause, qui dépend elle-même de la direction du champ magnétique interplanétaire. La Figure 2 présente la projection dans l'ionosphère des cellules de convection pour différentes directions du champ interplanétaire. Dans le cas d'une composante Nord-Sud ( $B_z$ ) négative (ligne du haut, Figure 2), la composante Est-Ouest ( $B_y$ ) du champ interplanétaire induit une asymétrie entre les deux cellules avec une déformation des cellules et l'apparition d'un écoulement azimutal du plasma entrant dans la calotte polaire, côté Est quand  $B_y$  est négative et côté Ouest quand  $B_y$  est positive dans l'hémisphère Nord. La situation est inversée dans l'hémisphère Sud. Dans le cas d'une composante Nord-Sud ( $B_z$ ) positive, la reconnexion sur la magnétopause aura lieu en arrière des cornets polaires, formant des cellules de convection de petite taille bien à l'intérieur de la calotte polaire (Figure 2e). Là encore, la composante  $B_y$  va modifier le nombre et la forme de ces cellules de convection (Figure 2d et 2f). La convection va se modifier en quelques minutes et passer d'une configuration à une autre pour répondre aux variations de la direction du champ interplanétaire. Les radars SuperDARN ont été construits pour suivre avec la meilleure résolution temporelle et spatiale cette dynamique du couplage vent solaire-magnétosphère-ionosphère.

## Le réseau SuperDARN

SuperDARN est un consortium scientifique international de radars cohérents HF qui couvrent une grande partie des zones aurorales et polaires des deux hémisphères (Figure 3). Les radars SuperDARN ont pour objectif la mesure de la vitesse du plasma ionosphérique le long de leur ligne de visée. Depuis quelques années, le réseau s'étend également à moyennes latitudes afin de mieux y suivre l'activité ionosphérique lors des orages magnétiques produits par des tempêtes solaires. Le réseau est aujourd'hui composé de 33 radars opérés par plus de 10 pays.

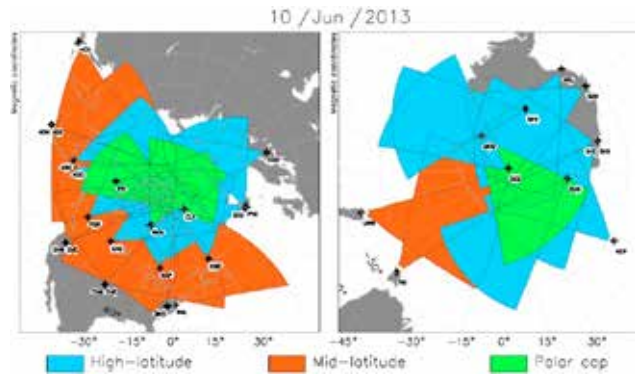


Figure 3 : Les champs de vue des radars SuperDARN, a) dans l'hémisphère Nord b) dans l'hémisphère Sud. Le champ de vue du radar des Iles Kerguelen est noté Ker dans l'hémisphère Sud.

Figure 3 : Fields-of-view of the SuperDARN radar in the Northern Hemisphere and in the Southern hemisphere.

Le principe de mesure d'un radar cohérent est basé sur la rétrodiffusion (ou réflexion) des ondes électromagnétiques sur des irrégularités de densité électronique contenues dans l'ionosphère et produites par des précipitations de particules depuis la magnétosphère. La condition de rétrodiffusion est atteinte lorsque les irrégularités ont une échelle de taille équivalente à la moitié de la longueur d'onde du signal émis et lorsque la direction de l'onde émise est perpendiculaire à la direction du champ magnétique. L'onde électromagnétique émise depuis le radar subit une déviation lorsqu'elle arrive dans la partie ionisée de l'atmosphère, appelée réfraction. Cette réfraction permet d'obtenir la condition d'orthogonalité entre l'onde émise et la direction du champ magnétique terrestre. Si des irrégularités de densité du plasma ionosphérique sont présentes le long du champ magnétique, elles permettent la réflexion de l'onde qui est alors rétrodiffusée jusqu'au radar (Figure 4).

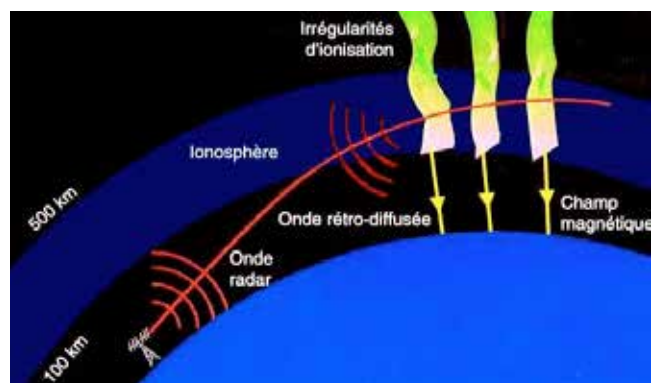


Figure 4 : Principe de rétrodiffusion de l'onde électromagnétique pour un radar SuperDARN.

Figure 4 : Principle of electromagnetic wave backscatter for a SuperDARN radar.

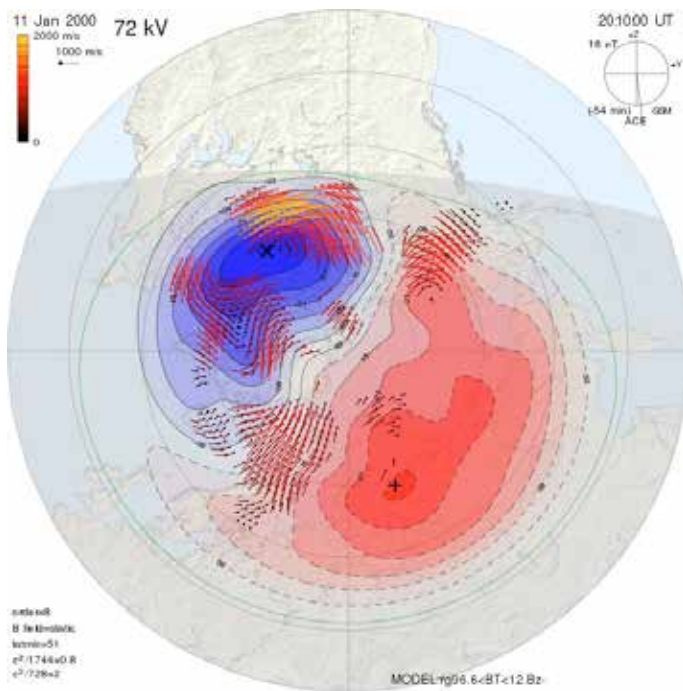


Figure 5 : Carte des vecteurs vitesse instantanés obtenue en temps réel, à partir des vitesses radiales des radars SuperDARN dans la calotte polaire Nord. Le Soleil est vers le haut.

Figure 5 : Map of instantaneous velocity vectors obtained from SuperDARN radars in the Northern polar cap.

## Le radar de Kerguelen

Le radar de Kerguelen (Figure 6) appartient à la chaîne aurorale de l'hémisphère Sud. Ce radar possède un champ de vue commun avec le radar japonais de Syowa South, permettant de reconstruire des vecteurs vitesse à partir des vitesses radiales de chacun des deux radars dans leur volume de sondage commun. Le radar de Kerguelen est aussi conjugué magnétiquement avec le radar anglais d'Hankasalmi : les deux radars sondent des zones de l'ionosphère Sud et Nord reliées par les mêmes lignes de champ magnétique, ce qui permet d'étudier les sources d'asymétrie entre hémisphères.

Le radar de Kerguelen a été construit durant l'été austral 1999-2000 par une équipe franco-italienne du LPC2E/CNRS et de l'IFSI/CNRS, appuyée par une forte aide logistique de l'IPEV. Ce radar est en cours d'opération depuis le 1<sup>er</sup> Janvier 2000 et un Volontaire du Service Civil (VSC) employé par l'IPEV a en charge de suivre les opérations du radar. Il vérifie également régulièrement l'état du radar (principaux modules électroniques, émetteurs, têtes d'antennes...). Enfin, il s'assure de l'envoi des données jusqu'en France. De plus, des maintenances régulières sont effectuées sur le radar par l'équipe technique du LPC2E (étés austraux : 2006-2007 et 2009-2010). La dernière maintenance a permis une remise à niveau complète des antennes et de l'informatique du radar. La prochaine maintenance du radar, prévue à l'été austral 2013-2014, devrait être largement dédiée à une remise à niveau des émetteurs.

Figure 6 : Photo du radar SuperDARN de Kerguelen.

Figure 6 : Picture of the Kerguelen SuperDARN radar.

Un radar SuperDARN est composé d'un réseau principal de 16 antennes permettant d'émettre une onde électromagnétique entre 8 et 20 MHz de fréquence. Le faisceau du radar, produit par interférences constructives entre les signaux émis par les différentes antennes, est de 3.3° environ. Il couvre des distances comprises entre 180 et 3550 km, avec une résolution de 15 à 45 km dans la direction de la ligne de visée. Les radars balayent au moins 16 directions différentes afin de couvrir un large champ de vue de plus de 52° en environ 1 minute. Chaque radar émet une séquence de pulses et commute en mode réception entre chaque pulse émis, afin de recevoir les échos réfléchis dans l'ionosphère à différentes distances. Pour chaque distance au radar, la différence de fréquence entre le signal émis et le signal reçu permet de déterminer par effet Doppler la vitesse des cibles ionosphériques le long de la ligne de visée du radar (appelée aussi vitesse radiale). La plupart des radars possèdent également un réseau interférométrique de 4 antennes permettant de déterminer l'altitude où l'onde a été rétrodiffusée. Les vitesses radiales de l'ensemble du réseau radars intégrées dans un modèle statistique de convection ionosphérique permettent de reconstruire des cartes de convection globale des zones aurorales et polaires aussi bien pour l'hémisphère Nord (Figure 5) que pour l'hémisphère Sud, avec une excellente résolution spatio-temporelle et avec le développement des connexions internet haut débit, en quasi temps-réel.



## Résultats scientifiques

Diagnostic complet de l'électrodynamique des zones aurorales par couplage SuperDARN / modèle IMM

L'ensemble des données des deux chaînes de radars SuperDARN sont extrêmement utiles pour obtenir en quasi-temps réel la convection globale dans les deux hémisphères, pour quantifier le degré d'interaction entre le vent solaire et l'environnement terrestre et pour étudier les sources d'asymétrie entre hémisphères. Cependant, les données SuperDARN seules ne permettent pas d'avoir accès à l'ensemble de l'électrodynamique du système magnétosphère-ionosphère. En particulier, les courants alignés au champ magnétique (ou courants parallèles), les courants et conductivités ionosphériques et les précipitations de particules depuis la magnétosphère ne sont pas faciles à mesurer, à part ponctuellement le long de trajectoire de satellites ou par un radar de type incohérent (radar EISCAT...).

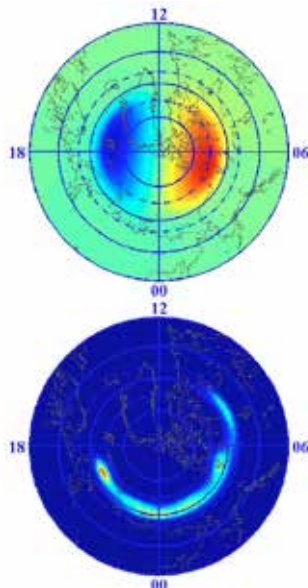


Figure 7 : Schémas de la calotte polaire Nord représentant (en haut) la distribution du potentiel dans les zones aurorales et polaire déduites des observations SuperDARN et utilisées en entrée du modèle IMM pour déterminer (en bas) la distribution des précipitations d'électrons associées. Le Soleil est vers le haut.

Figure 7 : Sketches of potential convection and particles precipitation maps deduced from SuperDARN and the IMM model.

Nous avons décidé d'utiliser le modèle numérique IMM de couplage entre l'ionosphère et la magnétosphère terrestre de Christophe Peymirat (IRAP) pour pouvoir compléter ce diagnostic électrodynamique des zones aurorales. En assimilant les données de convection SuperDARN dans le modèle IMM, nous pourrions ainsi reconstruire de manière auto-consistante la distribution le long des zones aurorales des deux hémisphères de toutes les grandeurs électrodynamiques non observables (Figure 7). Ce modèle IMM couplé à SuperDARN aura des applications importantes dans le cadre la Météorologie de l'Espace pour connaître en permanence et en quasi-temps réel la quantité d'énergie dissipée dans le système magnétosphère-ionosphère.

Electrodynamique des événements de reconnexion intermittente par conjugaison SuperDARN / satellites

Pour étudier des structures de convection localisées, il est intéressant de combiner les données de convection SuperDARN avec des satellites, lorsqu'ils traversent le champ de vue d'un radar, afin de compléter le diagnostic électrodynamique. Depuis plusieurs années, nous avons utilisé cette technique pour déterminer les propriétés

électrodynamiques des structures aurorales de moyenne échelle générées par exemple par la reconnexion intermittente sur la magnétopause, cette dernière comptant pour beaucoup dans la dynamique magnétosphérique côté jour.

Nous avons ainsi pu suivre de tels événements de reconnexion en comparant leur vitesse de convection mesurée par SuperDARN avec les propriétés des courants parallèles associés obtenus par des mesures magnétiques de satellites basse altitude tels que Ørsted, Champ. Nous avons ainsi pu confirmer directement par l'observation, les modèles théoriques de l'électrodynamique de telles structures. En étudiant ces structures à différents instants depuis leur génération sur la magnétopause, nous avons également déterminé comment elles étaient progressivement réintégrées à la convection et à l'électrodynamique environnante. La Figure 8 montre ainsi plusieurs événements de reconnexion intermittente observés par un radar SuperDARN et caractérisés par des vitesses de convection intenses (codées en rouge). Le satellite Ørsted passant au-dessus du champ de vue de ce radar montre bien que l'événement le plus au Sud présente des courants parallèles très intenses, alors que les événements plus anciens situés plus au Nord présentent des courants parallèles plus faibles équivalents aux courants globaux mesurés dans cette région. Avec le lancement prochain de SWARM, nous espérons pouvoir profiter de la configuration à 3 satellites de cette mission pour mieux étudier les propriétés de ces événements de reconnexion dans la direction perpendiculaire au champ magnétique.

## SUPERDARN PARAMETER PLOT KODIAK 29 Sep 2001 - 22:18 UT

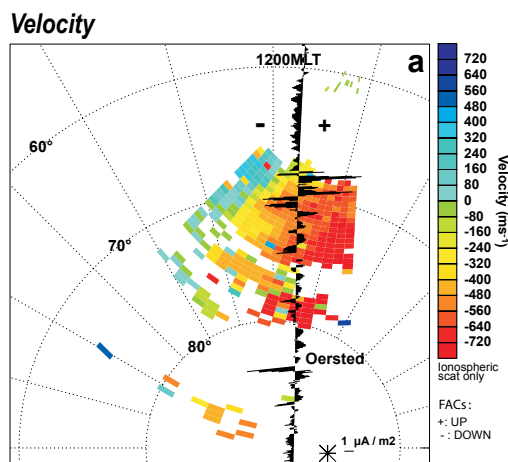


Figure 8 : Carte de vitesses radiales mesurées par un radar SuperDARNNet codée en couleur, les vitesses s'éloignant du radar sont codées en rouge et les vitesses s'approchant du radar en bleu. La trajectoire du satellite Ørsted et les courants parallèles mesurés sont superposés sur la carte. Les courants sont indiqués le long de la trajectoire, sous forme de segments dont la longueur est proportionnelle à l'intensité du courant. Les courants montants sont à droite de la trajectoire et les courants descendants à gauche. Le Soleil est vers le haut.

Figure 8 : Radial velocities map from a SuperDARN radar and Ørsted trajectory with measured parallel currents superimposed.

## Conclusion

Nous avons montré à travers quelques résultats la grande variété des études réalisables à l'aide des radars SuperDARN. Le radar de Kerguelen et l'ensemble du réseau SuperDARN sont donc un outil de choix pour caractériser l'état du système magnétosphère-ionosphère terrestre et son degré de couplage avec le vent solaire avec une large couverture spatio-temporelle et en temps quasi-réel.

# Le krill sous toutes ses latitudes.

Jean-Yves Toullec

UPMC Université Paris 06, UMR 7144 CNRS, Adaptation et Diversité en Milieu Marin, Génétique de l'Adaptation en Milieux extrêmes, Station Biologique de Roscoff, CS 90074, 29688 Roscoff cedex, France

## Résumé :

Le programme KREVET (Krill REsponses to Variations of Environmental Temperature) avait pour premier objectif d'estimer les potentielles réponses physiologiques du krill antarctique (*Euphausia superba*) et du krill des glaces (*Euphausia crystallophias*) à des augmentations de température de l'eau de mer, dans le cadre d'un réchauffement global annoncé. KREVET étend depuis peu sa prospective aux espèces d'Arctique et bientôt de la zone subantarctique, avec une finalité comparative des capacités de réponses de ces différents représentants du plancton marin. Ce projet mêle des approches expérimentales *in vivo* et moléculaires qui passent par le séquençage des transcriptomes des espèces choisies comme modèles, le suivi de l'expression de marqueurs de stress ou l'étude du polymorphisme moléculaire.

## Abstract :

The KREVET program (Krill REsponses to Variations of Environmental Temperature) had as first objective to estimate the potential physiological responses of Antarctic krill (*Euphausia superba*) and ice krill (*E. crystallophias*) to sea-water warming in the context of the announced global change. More recently, KREVET widens its scope with a comparative finality including krill species from Arctic or Sub Antarctic areas. This project mixes *in vivo* and molecular experimental approaches using transcriptome sequencing, expression kinetics of stress markers or molecular polymorphism.

## Contexte

Les zones polaires sont les premières à subir les effets du réchauffement climatique global annoncé, en Arctique avec une fonte accélérée de la banquise, mais également en Antarctique, dans la région de la Péninsule, où les augmentations de la température de l'eau de mer sur une échelle de temps de quelques dizaines d'années sont considérées comme parmi les plus importantes de la planète. L'impact de ces variations sur ces régions est actuellement difficilement estimable en termes de biodiversité au regard de nos faibles connaissances sur les différents organismes présents. Les euphausiacés, rassemblés sous l'appellation "krill", constituent les piliers des chaînes trophiques locales. Les retombées d'une modification de leur milieu sont multiples et se situent à tous les échelons de la biodiversité circumpolaire (Flores et al., 2012). Une connaissance approfondie de la physiologie de ces crustacés du zooplancton constitue une étape nécessaire dans la perspective d'une évolution du climat. Elle permettra une anticipation différenciée des retombées sur ces organismes adaptés au froid depuis des millions d'années. La comparaison des principales espèces présentes en Arctique, Antarctique ou en région subantarctique a aussi comme ambition de dégager les traits adaptatifs majeurs tracés par ces différents milieux.

## Objectifs

Le programme KREVET a pour premier objectif l'estimation des capacités de réponse du krill polaire à des augmentations de température. Il a été amorcé en Antarctique et s'est étendu depuis à l'Arctique et le sera prochainement à Kerguelen. Trois missions d'été en Antarctique ont déjà été effectuées (2008-2009-2011), auxquelles s'ajoutent deux campagnes en Arctique (1 réalisée (août 2012) et une seconde programmée en août 2014) et une mission à Kerguelen (fin 2013).

## Antarctique

Les modèles choisis sont les espèces principales d'Antarctique avec le krill antarctique, *Euphausia superba*, et une espèce voisine, aussi bien au niveau phylogénétique qu'au niveau de sa répartition, le krill dit des glaces, *Euphausia crystallophias*. L'étude conjuguée de ces deux espèces est apparue pertinente au regard notamment de leur localisation. En effet, *E. superba* est une espèce pélagique avec des migrations verticales importantes (des spécimens ont été observés jusqu'à 3000 m de fond). Elle est majoritairement présente, pendant l'été austral, au delà du plateau continental, sur des fonds excédant les 500 mètres. *E. crystallophias* est plutôt considérée comme une espèce épipélagique et est pêchée aux environs de la base de Dumont d'Urville (DDU), uniquement sur le plateau continental (Figure 1). Cette dernière est donc particulièrement importante en terme trophique pour les manchots Adélie en période estivale. Cette répartition pratiquement exclusive des deux espèces est certainement liée à des adaptations différentes dont les rapports à la glace de mer et à la température sont sans aucun doute des composantes importantes.

Pour élargir cette étude, un troisième modèle, cette fois-ci caractéristique des abords du continent Antarctique et avec un mode de vie benthique a été choisi, en l'occurrence la crevette hippolytidé *Chorismus antarcticus* (Figure 1).

L'étude conjuguée de ces trois espèces a pour finalité de dégager des réponses différentielles face à un choc thermique en relation avec l'aire de répartition et le mode de vie.

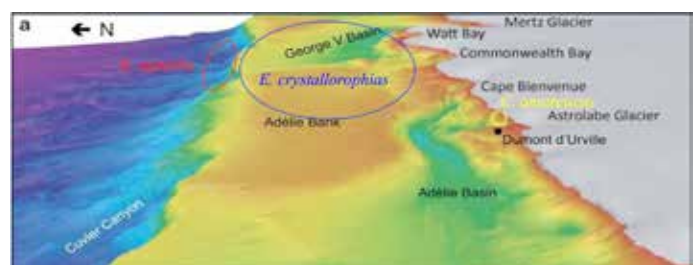


Figure 1 : aires d'échantillonnage des espèces d'Antarctique à partir de DDU au cours de la campagne d'été.

Figure 1 : Sampling areas of Antarctic species near DDU during summer campaign.

## Arctique

L'aspect comparatif ébauché avec les espèces australes a été étendu avec l'intégration d'espèces vivant en milieu arctique. Cet aspect est particulièrement intéressant du fait des milieux marins froids qui existent dans la Base du Roi au Spitzberg, mais qui sont cependant beaucoup plus sujets à des variations de température qu'en Antarctique. Ces nouveaux modèles sont donc susceptibles de présenter des réponses intermédiaires à celles des espèces australes a priori plus sténothermes. D'autre part, les différences pourraient mettre en exergue des signatures adaptatives liées au milieu froid. À Ny-Ålesund les espèces de krill dominantes dans le Kongsfjorden en période estivale appartiennent au genre *Thysanoessa*. Les espèces sélectionnées sont *T. inermis* et *T. raschii*. Il n'y pas ici de sectorisation aussi marquée que pour les espèces d'Antarctique puisque les deux espèces ont été retrouvées dans les mêmes traits de filet. Elles possèdent d'autre part des aires de répartition très larges, débordant largement le Cercle Arctique.

## Kerguelen

La partie prévue à Kerguelen s'intègre et prolonge la démarche comparative entamée sur les sites boréal et austral. L'espèce attendue, *Euphausia valentini*, est à nouveau une *Euphausia*, donc proche des espèces d'Antarctique citées précédemment et constitue une des espèces dominantes du zooplancton de la région et la source de nourriture première des manchots de la zone.



**Tableau :** valeur des CTmax pour une incrémentation de 1°C/10min des différentes espèces étudiées.  
CTmax values obtained with an increase of 1°C/10min for the various experimented species.

Espèces	Type d'animal	Origine	Milieu de vie	CTmax (°C)
<i>C. antarcticus</i>	crevette	Antarctique	benthique	11,6 ± 0,12
<i>E. crystallorophias</i>	krill	Antarctique	épipelagique	14,7 ± 0,10
<i>E. superba</i>	krill	Antarctique	pélagique	15,8 ± 0,09
<i>T. inermis</i>	krill	Arctique	épipelagique	19,6 ± 0,08

## Approches utilisées

Le protocole d'étude mis en place est valable pour toutes les espèces citées précédemment et permet ainsi une comparaison des réponses et capacités (Tableau). Pour répondre à la question posée par le programme KREVET, trois niveaux d'études sont abordés en parallèle:

### I- Détermination des températures maximales supportées par les animaux - CTmax (Critical Temperature maximum) - approche in vivo sur le terrain

Cette portion du programme consiste à soumettre les animaux à des stress thermiques avec des temps d'incrémentations variables (par exemple, 1°C/10min, 1°C/jour, 1°C/3 jours ...) et à déterminer à partir de critères comportementaux facilement observables la température limite supérieure supportée. En fait, une courbe sera obtenue puisque tous les spécimens ne présenteront pas la même résistance du fait des variations interindividuelles. Une moyenne permettra de dégager la valeur de la CTmax pour l'espèce considérée en fonction de l'incrémentations appliquée. Les différentes valeurs obtenues montrent clairement que les espèces d'Antarctique affichent des résistances différentes (existence d'un gradient de tolérance selon l'axe benthique vers pélagique) et que l'espèce d'Arctique est aussi nettement plus thermotolérante que les euphausiacés australs (Tableau ci-dessous).

La mise en œuvre de ces expériences passe préalablement par une phase de pêche et de mise en stabulation des animaux dans les conditions les plus favorables possibles. En Antarctique, pêches et expériences sur les deux espèces de krill sont réalisées à partir et sur l'*Astrolabe* au cours de la campagne océanographique d'été, ce qui constitue un cadre contraignant et donc limitant. C'est la raison pour laquelle des contacts ont été pris avec l'Antarctic Australian Division (AAD) qui dispose d'une des deux structures au monde capables de maîtriser le cycle biologique complet du krill antarctique. Cette précieuse collaboration a permis de réaliser des mesures de CTmax sur *E. superba* avec des temps d'incrémentations plus longs, comme mentionnés précédemment. Des mesures semblables sur *E. crystallorophias* sont actuellement en cours.

Les conditions en Arctique sont plus favorables de tous les points de vue : lieux de pêche accessibles en bateau à la journée et pièces d'expérimentation thermostatées disponibles dans le Marinlab de Ny-Ålesund. Des chocs sur le long terme n'ont pas encore été mis en œuvre sur *T. inermis* mais constituent une étape incontournable. Ce séjour a permis la concrétisation d'une collaboration avec le Professeur F. Buchholz (Alfred Wegener Institute, AWI) spécialiste internationalement reconnu du krill. Son expertise, technique et théorique, a été d'une aide précieuse tout au long de ce séjour.

## 2- Déterminisme du stress thermique : approche moléculaire

Cette partie renseignera sur la capacité des animaux à répondre à un stress thermique appliqué expérimentalement et sur les voies métaboliques impliquées dans cette réponse. Elle nécessite une phase expérimentale sur le terrain qui consiste à soumettre les animaux à différentes températures et à différents temps choisis comme étant à la limite ou au delà de la limite des températures observées dans le milieu (3°C et 6°C). Les animaux expérimentaux sont prélevés à différents temps et immédiatement congelés dans l'azote liquide pour assurer la préservation maximale des produits d'expression (ARNm) émis en réponse au stress appliqué (Figure 2).

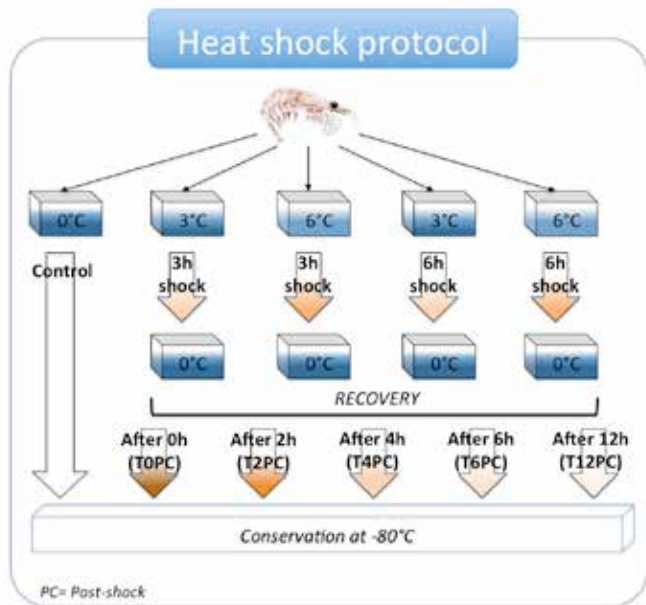


Figure 2 : Protocole des chocs thermiques appliqués aux espèces d'Antarctique afin d'établir les cinétiques d'expression.

Figure 2 : Heat shock protocol to obtain expression kinetics from Antarctic species

L'étude moléculaire se déroule dans un second temps au laboratoire. La première étape consiste à disposer du transcriptome (ensemble des ARNm présents dans les animaux) de chacune des espèces choisies grâce aux immenses potentialités offertes par les nouvelles techniques de séquençage haut débit (Next Generation Sequencing : 454 et Illumina) qui permettent de générer une quantité de plus en plus importante de séquences. Les transcriptomes de *E. superba* et *E. crystallorophias* sont d'hors et déjà disponibles et donnent accès à 30 à 40 mille séquences comprises entre 300 et 8000 nucléotides (Clark et col., 2011 ; Toullec et col.). Ceux des autres espèces (*T. inermis*, *T. raschii* et *C. antarcticus*) sont en cours d'assemblage et seront très bientôt disponibles.

A partir des séquences assemblées, nous nous sommes d'abord focalisés sur les Hsp70s qui sont les molécules emblématiques du choc thermique. Ce sont des protéines dites chaperonnes, impliquées dans la réparation ou l'élimination des protéines dont la conformation a été altérée par la chaleur notamment. Elles ont été trouvées chez la plupart des organismes où elles ont été recherchées et sont bien conservées. Un certain nombre d'isoformes ont été ainsi extraites (4 pour *E. superba* et 5 pour *E. crystallorophias*). Le choix était d'autant plus intéressant que certaines espèces marines d'Antarctique, du fait de la stabilité du milieu en terme de température, ont perdu la capacité d'exprimer ces protéines chaperonnes. Ce n'est manifestement pas le cas pour les deux espèces de krill austral. Une fois les séquences d'HSP70s confirmées par séquençage direct, les cinétiques d'expression des différentes

isoformes en réponse au choc thermique sont établies par PCR quantitative (qPCR). Cette partie du programme est réalisée en collaboration avec Melody Clark du British Antarctic Survey particulièrement impliquée dans l'étude de ces réponses moléculaires chez les invertébrés d'Antarctique.

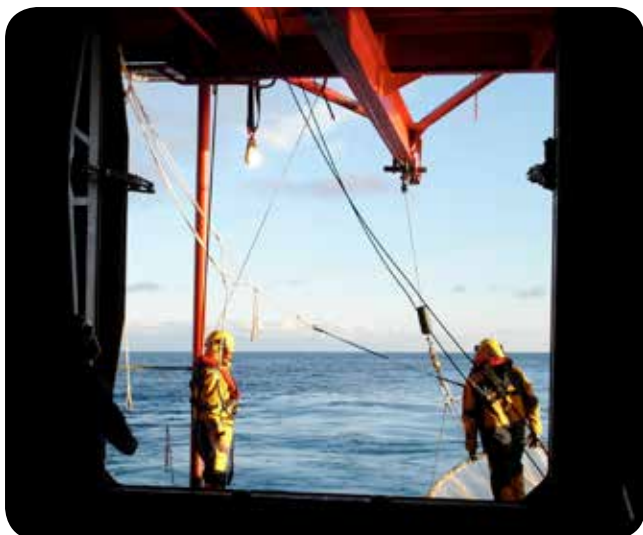
La mise en œuvre d'une approche globale via les puces nucléotidiques constitue l'étape suivante dans l'analyse comparative des réponses différentielles des espèces au choc thermique et devra permettre de sélectionner qualitativement parmi des milliers de gènes, ceux qui sont activés ou réprimés.



## 3- Déterminisme du potentiel adaptatif : étude de la diversité moléculaire et du taux d'évolution

Pour comprendre les capacités de résistance du krill face à une augmentation de la température de son milieu, une étude de la diversité moléculaire de la famille multigénique des Hsp70s entre les espèces *E. superba* et *E. crystallorophias* et sa comparaison avec le marqueur mitochondrial COI a permis d'étudier les différents régimes de sélection sur ces différents loci et d'évaluer le potentiel évolutif de chaque espèce dans une logique de réchauffement climatique. Les résultats indiquent que l'adaptation à des environnements distincts a contribué à accélérer le processus de spéciation, initié probablement à la suite d'un épisode de glaciation, et à l'adaptation secondaire de *E. crystallorophias* aux conditions plus drastiques du milieu côtier. Ces différences environnementales auraient eu pour conséquence de diminuer les potentialités évolutives de l'espèce *E. crystallorophias* et de la soumettre à un risque plus grand d'extinction en cas de modification du milieu (Papon, 2012).





## Conclusion

L'approche transcriptomique constitue un investissement important en terme de temps, séquençage et assemblage, mais la possession des transcriptomes des différentes espèces constitue une avancée notable dans l'étude de l'écophysiologie des organismes. Elle est utilisée dans ce programme dans le cadre d'une augmentation de température, mais elle permettra de la même manière d'aborder d'autres composantes écologiques ou ecophysiologique en liaison avec le réchauffement global telles que l'acidification, la salinité etc.. en fonction des stress expérimentalement appliqués. Elle ouvre également l'expérimentation à d'autres stades du cycle biologique des animaux. Nous avons choisi dans cette étude de nous focaliser sur les adultes pour un certain nombre de raisons dont les principales étaient la disponibilité et la relative facilité d'accès à la ressource. Cependant, la réponse physiologique des adultes ne peut être directement étendue aux périodes critiques du cycle de vie du krill : mue, reproduction, développement post-embryonnaire.

L'étude des animaux ciblée sur ces phases critiques est pratiquement impossible à mettre en œuvre en dehors d'une infrastructure dédiée telle que celle dont dispose l'AAD à Kingston en Tasmanie ou à la limite celle de la base de Ny-Ålesund. Elle constitue pourtant la réponse ultime aux interrogations sur la survie de ces espèces modèles dans des conditions environnementales en liaison avec le réchauffement global (Flores et col., 2012). La première pierre est cependant posée...

## Références :

- K. Cascella, L. Vouillot, N. Leger, E. Corre, D. Jollivet, J. Ravaux, A. Tanguy, J.-Y. Toullec (2012) SEB Meeting (Salzburg). Poster : Physiological impact of temperature increase on ice krill (*Euphausia crystallorophias*) : HSP70 response.
- M.S. Clark, M. Thorne, J.-Y. Toullec, Y. Meng, L. L. Guan, L.S. Peck & S. Moore (2011) - Antarctic krill 454 pyrosequencing reveals chaperone and stress transcriptome. PlosOne, 6(1): e15919. doi:10.1371/journal.pone.0015919
- H. Flores, A. Atkinson, S. Kawaguchi, B. A. Krafft, G. Milinevsky, S. Nicol, C. Reiss, G. A. Tarling, R. Werner, E. Bravo Rebolledo, V. Cirelli, J. Cuzin-Roudy, S. Fielding, J. J. Groeneveld, M. Haraldsson, A. Lombana, E. Marschoff, B. Meyer, E. A. Pakhomov, E. Rombolá, K. Schmidt, V. Siegel, M. Teschke, H. Tonkes, J.Y.Toullec, P.N.Trathan, N.Tremblay, A. P.Van de Putte, J. A. van Franeker, T.Werner (2012). Impact of climate change on Antarctic krill. MEBS. 458: 1–19
- C. Papot (2012). Rôle de l'adaptation thermique dans les mécanismes de spéciation de deux espèces de krill : *Euphausia superba* et *Euphausia crystallorophias*. Mémoire de stage de Master 2 Sciences de la Mer et du Littoral - UBO
- J.-Y. Toullec, E. Corre, B. Bernay, M.A.S. Thorne, K. Cascella, C. Ollivaux, J. Henry and M.S. Clark (sous presse). Transcriptome and peptidome characterisation of the main neuropeptides and peptidic hormones of a Euphausiid: the ice krill, *Euphausia crystallorophias*. PlosOne

# LES CAMPAGNES Océanographiques





# ACTIVITÉS OcéANOGRAPHIQUES : BILAN DES CAMPAGNES 2012-2013

L'année 2012 a commencé par la réalisation des campagnes de l'océan austral interrompue en 2011 pour cause d'évacuation sanitaire.

Le second créneau de l'année dont les opérations ont été fortement perturbées par le contexte géopolitique de la mer de Chine, a quand même vu la réalisation de campagne d'études paléoclimatique, dont certaine a minima. Sur les deux universités flottantes programmées, l'une d'elle a finalement pu être réalisée.

Enfin, la collaboration franco-allemande pour la campagne de géophysique interne autour de la Réunion a pu être réalisée entièrement malgré un départ retardé d'une semaine pour cause de mouvements sociaux au port de la Réunion.

Les deux programmes prévus pendant les OP3 et 4 de 2012 ont été effectués en février 2013, suite à l'avarie du *Marion Dufresne* en novembre 2012.

## La campagne MD 189/INDIEN SUD2 :

Trajet du 24 janvier 2012 au 11 mars 2012.

Départ et arrivée à La Réunion.

L'objectif de cette campagne de prélèvement de carottes de sédiments marins est d'étudier les variations passées, hydrologiques et climatiques, de l'océan Indien Sud au cours des dernières centaines de milliers d'années, avec un focus sur les 25 000 dernières années qui englobent la dernière déglaciation.

La zone de l'océan Indien Sud étudiée est parcourue d'Ouest en Est par le courant marin circum-antarctique, courant le plus puissant de la planète, qui connecte tous les océans de l'hémisphère Sud. La connaissance des variations passées de ce courant, en intensité et latitude, apporte des données essentielles aux modèles du climat. Elle permet de mieux connaître le rôle joué par l'océan Indien Sud dans les mécanismes du climat global ainsi que ses capacités à stocker, ou relâcher, du gaz carbonique atmosphérique lors des transitions climatiques. La comparaison de ces enregistrements avec les enregistrements glaciologiques antarctiques permettra également de mieux comprendre les liens entre océan et cryosphère.



Figure 2 : Le *Marion Dufresne* mouillant à l'île de la Possession, archipel de Crozet, océan Indien Sud.

Afin d'optimiser le temps navire, trois autres programmes scientifiques :

- VT 119/OHA-SIS-BIO,
- VT 120/OISO-21,
- VT 121/EXTRAPLAC

sont réalisés à bord du *Marion Dufresne*, au cours de cette mission dans l'océan Indien Sud.

Les partenaires sont :

- le CEA,
- le CNRS-INSU,
- l'Université de Bordeaux-I,
- l'Université d'Orléans,
- l'Université d'Angers,
- le LSCE,
- l'EPOC,
- le CEREGE

Figure 1 : Trajets du *Marion-Dufresne* en 2012.

En bleu : MD 189/INDIENSUD2. En rouge : MD 191/MONOPOL.

En vert : MD 190/CIRCEA. En noir : MD 192/RHUM-RUM

Alain Mazaud, chercheur au LSCE, en est le chef de mission et le coordinateur scientifique de la mission.

Les opérations de carottage sédimentaires sont réalisées à l'aide de deux types de carottiers, le CALYPSO et le CASQ, tous deux développés à l'IPEV. Ces carottiers répondent aux besoins de carottes de sédiment de grande longueur et grand volume ainsi qu'aux problématiques de la paléoclimatologie. Le carottier géant CALYPSO permet des carottages longs (> 50 mètres) de qualité et donc de remonter loin dans le temps. Le carottier CASQ à large section carrée permet d'obtenir de grands volumes de sédiment non déformé sur les premiers 10 mètres de la colonne sédimentaire. Pour la plupart, ces carottages sont programmés à l'Est des îles Kerguelen, aux environs de 45°S (les quarantièmes rugissants). Un carottage côtier est également réalisé dans la baie de la Table à Kerguelen. Des mesures de profils de température et de salinité de l'eau de mer sont également réalisées, ainsi que des prélèvements d'eau à différentes profondeurs avec une "rosette" de bouteilles et des prélèvements de microfaune à l'aide d'un filet à plancton "multinet".

Ces prélèvements, réalisés à l'aide d'un un filet à plancton ont été effectués sur certaines stations OISO de la VT 120/OISO 21. Ils répondent aux besoins de 4 programmes scientifiques impliquant 6 laboratoires :

- Adaptation et Diversité en Milieu Marin,
- BIAF,
- CEREGE,
- LOCEAN,
- LSCE,
- PEPS

Il s'agit d'étudier les assemblages des foraminifères au travers des fronts de l'océan austral, d'effectuer des analyses génétiques et morphologiques de différentes espèces cryptiques, et de quantifier la contribution des foraminifères aux flux verticaux de carbone.

La mission comporte également des prélèvements et mesures hydrologiques pour le service d'observation OISO (Océan Indien service d'observation), la maintenance de mouillages pour le programme OHA-SIS-BIO (Observation hydroacoustique, sismicité et biodiversité), ainsi que la réalisation de profils bathymétriques pour le programme EXTRAPLAC d'étude de l'extension du plateau continental. Ces profils bathymétriques ont permis de compléter le dossier de demande d'extension de la zone économique exclusive de la France au Nord de cet archipel, en levant un doute soulevé par la commission.

Des prélèvements d'eau ont également été effectués pour le LSCE, en plus de ceux du programme OISO, pour le carbone-14 et le Bore : la répartition du 14C dans l'océan résulte des échanges océan – atmosphère, du mélange entre les eaux superficielles et plus profondes, et de la circulation océanique globale. Les prélèvements ont été effectués sur trois stations OISO, aux extrémités Nord et Sud de la route, et à la station OISO 6. Sur 8 stations OISO, des échantillons d'eau ont également été prélevés pour mesurer la répartition des isotopes du Bore dans cette zone peu documentée.

Des prélèvements d'air à 3 latitudes différentes ont également été effectués pour des études du rapport He3/He4 de la basse atmosphère.

Enfin, des actions pédagogiques ont été menées depuis le bord pendant cette campagne, vers des écoles élémentaires de Limeil-Brévannes et Villenave d'Ornon en périphérie de Bordeaux par Nicolas Caillon (LSCE) et Stéphane Bujan (Université Bordeaux I).

• **Chef de mission et responsable du projet INDIEN-SUD :**

Alain MAZAUD  
Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE)  
Alain.Mazaud@lsce.ipsl.fr

• **Responsable du projet OHA-SIS-BIO :**

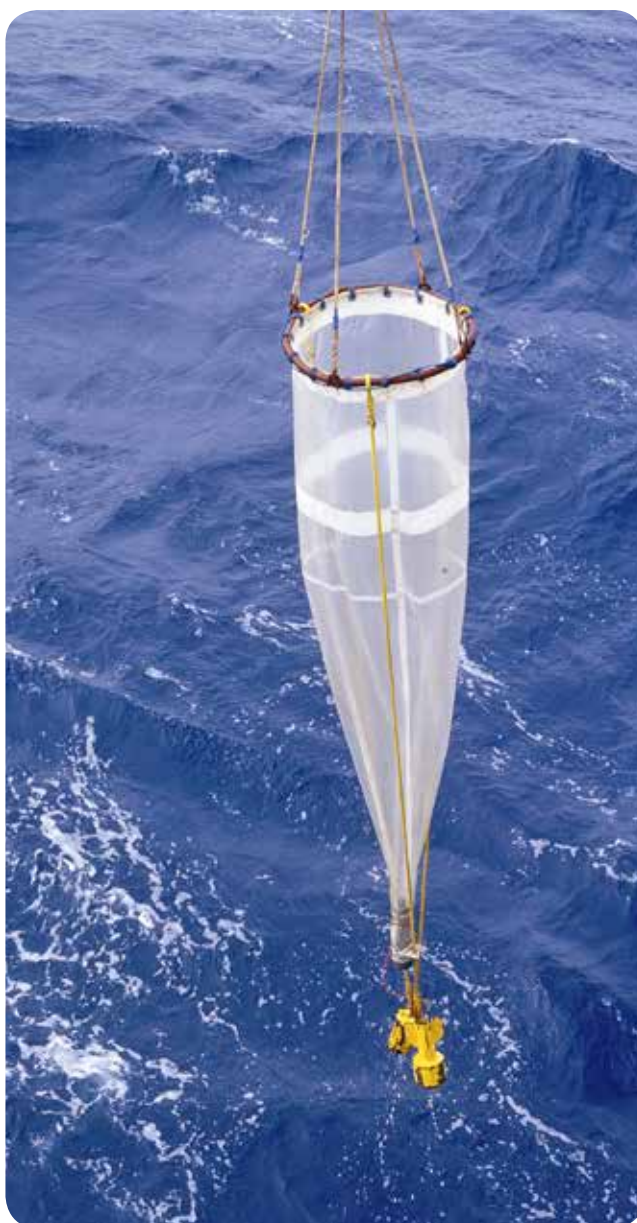
Jean-Yves ROYER  
Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM)  
jroyer@univ-brest.fr

• **Responsable du programme OISO :**

Nicolas METZL  
Université Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris 6  
metzl@ccr.jussieu.fr

• **Responsable du programme EXTRAPLAC :**

Walter ROEST  
IFREMER  
Walter.Roest@ifremer.fr



## La campagne MD 190/CIRCEA :

Trajet du 16 au 30 juin 2012.

Départ et arrivée à Singapour.

La campagne de carottages océaniques CIRCEA (CIRCulation in East Asian seas) est une action menée dans le cadre de travail du Laboratoire International Associé (LIA) franco-chinois MONOCL (MONsoon, Ocean and Climate).

Les objectifs scientifiques de cette campagne étaient d'obtenir des séquences sédimentaires longues à partir de zones à fort et moyen taux d'accumulation dans des zones clés par rapport aux apports détritiques en mer et aux principales masses d'eaux océaniques pour reconstituer les variations passées de la mousson sud-est asiatique et de la circulation océanique intermédiaire et profonde en Mer de Chine du Sud. Les carottages prévus concernaient en particulier :

- une séquence à très fort taux de sédimentation déposée par la Rivière des Perles le long de la côté chinoise. Ces séquences déposées depuis l'holocène moyen devait nous permettre d'étudier les relations océan/continent et la variabilité rapide du taux de précipitation (mousson d'été) pendant un interglaciaire ;
- les profondeurs d'eaux concernées par la masse d'eau intermédiaire, jamais échantillonnée jusqu'à présent, et importante pour comprendre la variabilité des échanges entre l'océan Pacifique et la Mer de Chine du Sud ;
- un transect de profondeur près du canyon de la Rivière des Perles pour déterminer comment le sédiment est délivré en mer et éventuellement transporté par les divers courants suivant la profondeur d'eau ;
- le long de la marge occidentale de l'île de Luzon pour étudier la distribution spatiale de la ceinture des précipitations au cours de plusieurs cycles de précession terrestre.

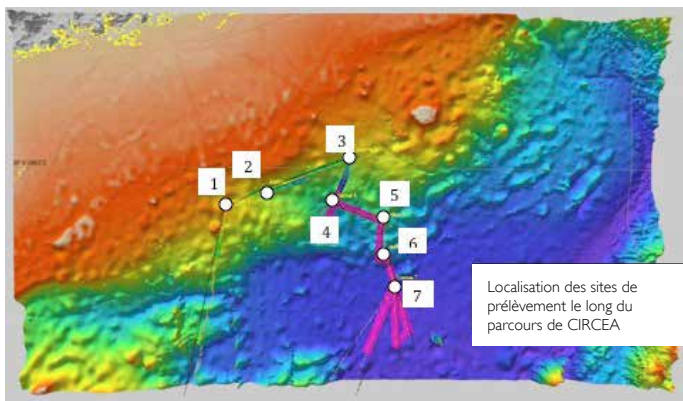


Figure 3 : Positions des sites de prélèvement (campagne MD 190/CIRCEA).

Les stations 1, 2 et 3 couvrent la masse d'eau intermédiaire avec la station 1 au sommet (660 mètres), la station 3 au centre (897 mètres) et la station 2 à la base (1040 mètres). Les autres stations sont distribuées selon un profil en profondeur de 2000 à 3900 mètres.

A chaque station, deux opérations de carottages ont été menées (1 Casq et 1 Calypso). De plus, à 6 d'entre elles, des profils CTD et des prélèvements d'eau à diverses profondeurs avec la rosette ont été effectués pour l'étude de l'acidification de l'océan.

Un total de 340 mètres de sédiments a finalement été prélevé.

### • Chef de mission programme CIRCEA :

Catherine KISSEL

Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) - UMR 8212 / IPSL

Catherine.Kissel@lsce.ipsl.fr



## La campagne MD 192/RHUM-RUM :

Trajet du 28 septembre au 26 octobre 2012.

Départ et arrivée à La Réunion.

Le projet RHUM-RUM (Réunion Hotspot and Upper Mantle Réunions Unterer Mantel (Réunion's Lower Mantle) porté par l'Institut de Physique du Globe de Paris, le département de géophysique de l'Université de Munich et le laboratoire Géosciences de l'Université de La Réunion a pour objectif d'imager la structure du manteau sous La Réunion depuis la croûte jusqu'au noyau afin de déterminer la géométrie et l'origine du panache mantellique, et ses possibles interactions avec la lithosphère. Cette imagerie permettra d'étudier les relations de ce point chaud avec le super-panache sud africain, avec les points chauds voisins (Comores, Marion, Kerguelen, Amsterdam), mais également avec les rides centrales et Sud-Ouest indiennes. 17 stations ont en effet été déployées sur ces deux rides pour en étudier la structure profonde, dont 8 qui forment un réseau de 60x40 km à cheval sur la ride SW (Sud-Ouest) indienne pour en étudier la sismicité locale. RHUM-RUM a également l'ambition d'étudier la possible alimentation de la ride centrale indienne par le point chaud de La Réunion via d'importants flux horizontaux de matière dans l'asthénosphère, qui pourraient expliquer la présence et les caractéristiques de la ride de Rodrigues.



Figure 4 : Déploiement d'une station sismologique de fond de mer au cours de la campagne MD 192/RHUM-RUM.

Durant la campagne, 57 stations sismologiques de fond de mer (OBS) ont été déployées. Les OBS ont été déposés autour de La Réunion et sur les rides centrale et Sud-Ouest indienne, pour une durée d'une année (octobre 2012 à octobre 2013) et seront récupérés en novembre 2013 par le navire allemand METEOR. La campagne MD192 a également acquis des données bathymétriques, gravimétriques et magnétiques le long des 15 000 km de transits, dont une grande partie dans des zones non cartographiées.

Les enregistrements sismologiques en fond de mer sont complétés par des stations terrestres déployées sur Madagascar, les Seychelles, Maurice, Rodrigues et les îles Eparses ainsi que sur La Réunion. Le projet RHUM-RUM permettra également le déploiement de stations sismologiques dérivantes (bouées MERMAID) développées à Géosciences Azur (Université de Nice) qui seront déployées dans la région d'étude lors de la rotation du *Marion Dufresne* en janvier 2013 sur son transit vers Kerguelen.

Ce projet repose sur une collaboration franco-allemande permettant de mettre en commun des expertises scientifiques complémentaires, des moyens techniques (stations de fond de mer, stations dérivantes et stations terrestres) et des moyens logistiques (navires océanographiques).

L'expérience sismologique RHUM-RUM a pour ambition de combiner des observations à terre et en mer pour obtenir une image haute résolution des structures du manteau sous le SW de l'Océan Indien et en particulier sous le point chaud de La Réunion. Le matériel déployé provient de différents instituts :

### Stations sismologiques terrestres :

- 5 stations AWI (Alfred Wegener Institut, Bremerhaven) sont installées dans les îles Eparses (Canal du Mozambique),
- 5 stations INSU/SISMOB sont installées dans le Sud-Est de Madagascar,
- 16 stations DEPAS (Deutscher Geräte-Pool für amphibische Seismologie, AWI, Bremerhaven) dans les Seychelles, à Maurice et Rodrigues,
- 4 stations Université de Muenster ont été installées à La Réunion,
- 4 stations Université de Bonn à La Réunion,
- 2 stations Géoscience Réunion / IPGP à La Réunion.

### Stations sismologiques de fond de mer (OBS-Ocean Bottom Seismometers) :

- 57 stations de fond de mer ont été déposées autour de La Réunion et sur les rides centrale et sud-ouest indienne, pour une durée d'une année,
- 48 stations du parc OBS DEPAS ([http://www.awi.de/en/research/research\\_divisions/geosciences/geophysics/depas\\_german\\_instrument\\_pool\\_for\\_amphibian\\_seismology/](http://www.awi.de/en/research/research_divisions/geosciences/geophysics/depas_german_instrument_pool_for_amphibian_seismology/)),
- 9 stations large bande du parc OBS INSU (<http://parc-obs.insu.cnrs.fr/>).

Le projet RHUM-RUM est financé côté français par le programme blanc de l'ANR. Il est également soutenu par l'INSU, l'OSU-Réunion, l'IPEV et les TAAF (Terres Australes et Antarctiques Françaises) pour la partie terrestre du programme sur les îles Eparses. Côté allemand, le projet est financé par le DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft) pour le soutien scientifique et par la Schiffskommission pour le navire METEOR.

Pour en savoir plus : <http://www.rhum-rum.net>

### • Chefs de mission programme RHUM-RUM :

Guilhem BARRUOL  
Université de La Réunion  
[guilhem.barruol@univ-Reunion.fr](mailto:guilhem.barruol@univ-Reunion.fr)

# Focus sur une campagne MD 191/MONOPOL

Franck Bassinot

Paleoceans, Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, CNRS-CEA-IPSL, Domaine du CNRS, 91198 Gif-sur-Yvette

## Rappel des objectifs principaux

La campagne MONOPOL, soutenue par une participation financière de l'ANR dans le cadre du projet éponyme, avait comme objectifs principaux :

- d'obtenir des séries sédimentaires dans le Golfe du Bengale et aux Maldives pour reconstruire l'évolution de la mousson indienne à différentes échelles de temps (variabilité rapide Holocène et au dernier Maximum Glaciaire, changements aux échelles de temps longues en réponse au forçage orbital) et évaluer l'impact de la mousson sur l'altération de l'Himalaya ;
- de faire des prélèvements dans la colonne d'eau (plancton, eau) et d'échantillonner les sédiments de surface afin de disposer de mesures actuelles pour bien comprendre et quantifier les proxies utilisés pour les reconstructions paléocéanographiques.

Pour réaliser ces objectifs, la campagne MONOPOL devait déployer une large palette d'outils à partir du *N/O Marion Dufresne* :

- filet à plancton,
- CTD/rosette et pompe in situ,
- carottier d'interface (multi-core),
- carottiers CASQ et CALYPSO.

Pour ce qui concerne l'aspect sédimentaire, plusieurs sites avaient été identifiés sur la base de données géophysiques (ex. profils Parasound, publiés, du *N/O SONNE*, sismique légère sur les Maldives fournie par A. Droxler) et/ou de données sédimentaires (- > carottes courtes -10 m maximum - réalisées lors d'une ancienne campagne du *Marion Dufresne I* (1977), et de campagnes allemandes du *N/O SONNE*). Cependant, l'histoire sédimentaire dans le Golfe du Bengale étant encore relativement mal connue, une certaine flexibilité était envisagée pour le choix définitif des sites, en intégrant systématiquement du temps de survey dans chaque zone prévue.



## Déroulement de la campagne

### Révision des objectifs : suppression du travail sur les Maldives

Le projet initial de campagne, soumis à la Commission nationale de la flotte hauturière (CNFH), envisageait un débarquement/embarquement à Malé (Maldives) ou à Colombo (Sri Lanka) qui aurait permis de limiter les transits. Au moment de la mise en place du calendrier final, l'intégration de la campagne MONOPOL au sein d'une série de campagnes prévues dans l'Océan Indien et le Pacifique Ouest (CIRCEA, MONOPOL, PTOLEMEE) a requis un embarquement à Singapour et un débarquement à La Réunion (changé ensuite pour Singapour). Le choix de ces ports s'est traduit par l'augmentation du trajet total de la campagne qui est passé de ~ 3000 milles nautiques à près de ~ 5000.

Le temps de parcours sur ce long trajet de campagne a été calculé à la vitesse moyenne de 13,5 nœuds. Cependant, très tôt après le départ de Singapour, les conditions météorologiques défavorables (vent bien établi à 20-30 nœuds, mer formée) et l'impossibilité de tourner sur trois moteurs pour bénéficier d'un surcroît de puissance, nous ont fait réaliser qu'une vitesse moyenne de 13,5 nœuds serait impossible à maintenir sur l'ensemble du parcours, en particulier lors du long transit N-S vers les Maldives où vent et mer seraient contre nous. La vitesse effective du navire dans ces conditions (telle que nous l'avons constaté sur une partie du trajet depuis Singapour) pouvait tomber sous les 10 nœuds et se traduire donc par des pertes de temps importantes sur les longs transits par rapport à nos calculs prévisionnels.

A cette constatation s'est ajouté le résultat des opérations de carottage réalisées au premier site (carottier CALYPSO tordu après ~ 20 m de pénétration) qui nous a confirmé que la couverture sédimentaire dans le Golfe du Bengale était complexe et qu'il nous faudrait soigner la reconnaissance préalable des sites de carottage avec le sondeur de sédiment 3.5 kHz.

Afin de disposer d'une marge de sureté et ne pas voir notre temps de campagne consommé par les longs transits à vitesse réduite, il a été décidé – après consultation des scientifiques impliqués dans le projet ANR – d'abandonner les sites sur les Maldives pour pouvoir consacrer plus de temps à nos objectifs prioritaires dans le Golfe du Bengale.

Contact a été pris avec André Droxler, notre collègue de Rice University qui devait nous rejoindre à Malé. Nous avons commencé à discuter de la possibilité d'organiser une petite campagne de complément dans le futur. Les objectifs Maldives ayant été avalisés par la Commission Flotte et par l'ANR, une soumission d'un dossier à la Commission Flotte ne semble pas nécessaire, tout au moins dans la limite des 2 ans pendant lesquels le classement PI est acquis.

## Opérations menées dans le Golfe du Bengale

Le navire a quitté Singapour le 23 mai vers 20:00 (heure locale) et terminera sa mission à Singapour, comme prévu, le 15 juin au matin. Pendant la campagne MONOPOL, le temps sauvé par la décision de supprimer nos objectifs «Maldives» nous a permis de détailler le travail sur le Golfe du Bengale. Des opérations ont été menées sur 12 sites au total, nous permettant de recueillir 14 carottes (CASQ et CALYPSO), d'obtenir des filets à plancton sur la quasi totalité de ces sites, d'effectuer des prélèvements d'eau à six sites et des sédiments de surface (bien prélevés) à trois sites.

**Carottage CASQ et CALYPSO** : les opérations de carottage ont livré un matériel de qualité qui nous permettra de remplir les objectifs paléoclimatiques principaux du projet ANR MONOPOL. La bouteille Niskin montée sur le porte-est a permis d'obtenir de précieux échantillons d'eau près du fond pour nos objectifs de «calibration des proxies». Jusqu'à ~2500 m, nous avons pu apprécier l'optimisation des réglages du carottier CALYPSO pour mieux prendre en compte et compenser le rappel élastique et prélever les sédiments sans déformation. Au-delà de cette profondeur, la compensation n'est plus possible dans les conditions actuelles et l'amélioration des prélèvements nécessitera l'emploi d'un câble plus raide dans le futur. L'instrumentation du carottier en capteurs accéléromètres-capteurs de pression et l'utilisation du logiciel CINEMA ont permis d'optimiser le choix de la longueur du carottier pour tenter d'obtenir les séries les plus longues possibles aux sites clés.

**Filet à plancton** : le filet à plancton multi-net fourni par le CEREGE pour la mission a parfaitement fonctionné, permettant l'échantillonnage du zooplancton entre 400 m et la surface.

**CTD/Rosette** : la CTD et rosette de l'IPEV ont parfaitement fonctionné pendant la campagne, et ont permis l'échantillonnage de la colonne d'eau depuis le fond jusqu'à la sub-surface à quatre sites, et l'échantillonnage des derniers 200 m uniquement à trois sites. Seul souci marquant: des incertitudes sur la calibration du capteur de teneur en oxygène, crucial dans un environnement marqué par une zone à minimum d'oxygène (OMZ) particulièrement développée.

**Pompe in situ** : La pompe in situ prêtée par l'INSU a parfaitement fonctionné pendant la campagne (déployée sur quatre sites), à l'exception du premier site par suite d'une erreur de manipulation du filtre par l'équipe scientifique.

**Carottier d'interface (multi-core)** : La grande déception en matière d'opérations a été la difficulté de mettre en œuvre cet outil à grande profondeur. Un modèle antérieur de la firme KC (qui n'est plus commercialisé) avait été testé avec succès sur deux campagnes (AMOCINT et RETRO 1). Le nouveau modèle proposé par KC, plus compact, a été livré à Singapour juste avant la mission, ne laissant pas de temps pour des tests préalables. En cours de campagne, les tentatives aux premiers sites ont clairement suggéré l'existence de problèmes de déclenchement et de stabilité du bâti sur le fond (tubes vides ou très peu remplis, avec sédiment probablement remanié et eau surnageante turbide). Des améliorations ont été apportées par l'OPEA, Yvan Réaud, au fur et à mesure de l'avancement de la campagne (suppression du système d'amortissement hydraulique, ajout de poids sur le bâti et mise en place d'une base plus

large pour une meilleure stabilité). Suite à ces améliorations, deux prélèvements parfaits ont été effectués par 2500-2700 m de fond, mais l'appareil s'est montré incapable de fonctionner correctement à des profondeurs plus importantes (autour de 2900 m et plus). Il ne fait pas de doute que l'instrument doit être amélioré pour les utilisations futures. Plusieurs suggestions ont été formulées et discutées en cours de campagne.

Les opérations de prélèvements ont été émaillées de petits soucis relativement classiques (ex. problèmes de trancanage du câble de carottage pour les sites les plus profonds) et par d'autres problèmes, moins habituels, qui traduisent probablement un vieillissement des appareils (ex. problèmes sur les tableaux électriques, surchauffe du treuil de manœuvre, etc...). Les opérations ont ainsi été souvent allongées (de quelques minutes à ½ heure) pour permettre les interventions de réparation.

Plus pénalisants sur le temps de campagne auront été les problèmes de propulsion ou de positionnement dynamique du *N/O Marion Dufresne* qui ont obligé l'équipe machine à des prouesses pour réparer des pannes difficiles dans des délais aussi brefs que possible, avec les moyens du bord. Lors du problème rencontré sur l'asservissement des deux hélices depuis le tableau de commande de la passerelle, nous étions dans l'incapacité de tenir correctement une station. L'intervention aura duré au total plus de 30 h pendant lesquelles, pour ne pas rester inactifs, nous avons décidé de mener une étude exhaustive (bathymétrie multi-faisceaux et sondeur de sédiment) à petite vitesse de la zone centrale du système de chenal/levées actuel. Ce temps de survey, bien qu'excessif par rapport à nos objectifs initiaux, n'aura pas été totalement perdu puisqu'il nous aura permis de localiser des sites alternatifs de carottage.

A signaler, enfin, au chapitre des mésaventures, les interventions des garde-côtes indiens pour nous repousser largement au-delà de la limite de leur ZEE. Des contacts ont été pris en cours de mission avec l'Attaché naval de l'ambassade de France en Inde, qui nous a demandé de camper fermement sur nos positions et de ne pas nous laisser intimider dès lors que nous étions dans les eaux internationales. Nous avons établi un dossier complet que nous avons transmis à l'ambassade pour qu'ils puissent aller discuter avec les garde-côtes indiens et obtenir des éclaircissements.

## Conclusion

Bien que MONOPOL ait été émaillée d'une quantité assez inhabituelle de pépins divers, le temps sauvé par la re-définition de notre trajet de campagne a permis d'atteindre correctement la plupart des objectifs clés dans la zone Golfe du Bengale, et le matériel recueilli devrait nous permettre de répondre aux principales questions posées dans le projet ANR MONOPOL.

La possibilité de monter une campagne courte sur les Maldives dans un avenir proche nous permettrait de compléter l'étude démarrée dans le Golfe du Bengale, conformément à notre projet de recherche.



# LES CHIFFRES



## 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](http://www.institut-polaire.fr)

# REPRESENTATION DANS LES INSTANCES INTERNATIONALES

Yves FRENOT :

Président du Comité pour la Protection de l'Environnement, CPE / 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)  
Membre de l'European Polar Board

Patrice GODON :

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

# PARTICIPATION AUX INSTANCES EUROPEENNES OU INTERNATIONALES

First SIOS Policy Board (Svalbard Integrated Earth Observing System) – (Février 2012)  
Third SIOS General Assembly (Décembre 2012)  
Workshop European Space Agency / European Polar Board (Avril 2012)  
ASSW (Arctic Science Summit Week) - (Avril 2012)  
ECRA Workshop (European Climate Research Alliance) - (Mai 2012)  
European Polar Board-Plenary Meeting (Juillet 2012 & Décembre 2012)  
European Polar Board-Executive Committee Meeting (Septembre 2012 & Décembre 2012)

# CONSEIL D'ADMINISTRATION

## Président :

Eric BRUN

Météo-France

## Représentants des organismes membres du Groupement d'Intérêt Public

Ary BRUAND/Elisabeth VERGES  
Véronique BRUMEAUX  
Jean-François STEPHAN  
Jean-Yves PERROT  
Yves CARISTAN  
Pascale ULTRE-GUERARD  
Gérard LE BARS  
Pascal BOLOT  
Jean-Claude DUPLESSY

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche  
Ministère des Affaires Etrangères  
CNRS  
IFREMER  
CEA  
CNES  
Météo France  
TAAF  
EPF

## Participants avec voix consultatives

Benoit DEBOSQUE  
Jean-Yves PARSSENGY  
Marie-Pierre CAMPO  
Stéphanie BELNA  
Damien COUSTAING

Commissaire du Gouvernement  
Contrôle général économique et financier  
Ministère de l'Outre Mer  
Ministère de l'Écologie et du Développement Durable  
Ministère du Budget



# COMPOSITION DU CONSEIL DES PROGRAMMES SCIENTIFIQUES & TECHNOLOGIQUES

## Présidente :

Nicole PAPINEAU Institut Pierre Simon Laplace des sciences de l'environnement, Paris

## Vice-président :

Nigel G. YOCCOZ Institute of Biology, Tromsø (Norvège)

## Président du Comité de l'Environnement polaire, Membre de droit :

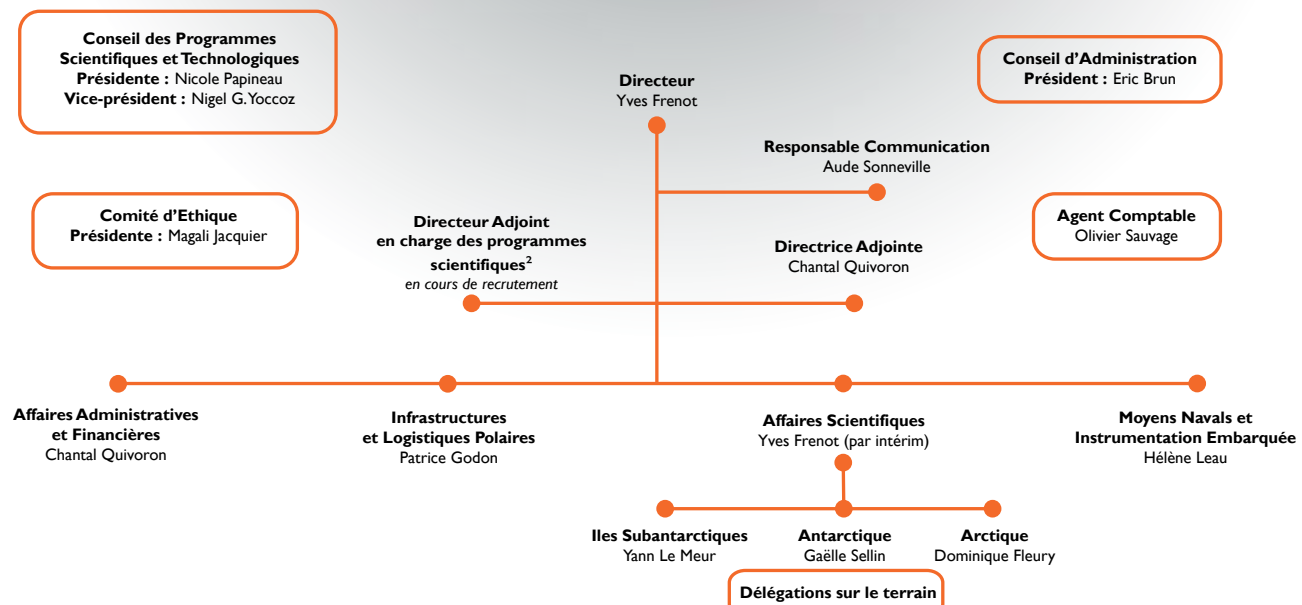
Michel PASCAL<sup>1</sup> Ecologie des Invasions Biologiques, INRA, Rennes

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
Frédérique REMY	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)

<sup>1</sup> décédé brutalement le 5 janvier 2013



## ORGANIGRAMME GENERAL 2012



<sup>2</sup> Pascal Morin, directeur de recherche au CNRS, remplit cette fonction depuis le 1er mars 2013

# LES CHIFFRES DE L'ANNEE



## BUDGET GLOBAL 2012

### ETAT PREVISIONNEL DES RECETTES ET DEPENSES 2012

#### Budget prévisionnel 2012

29 175 357,00 € TTC      Section fonctionnement  
 3 299 117,04 € TTC      Section investissement

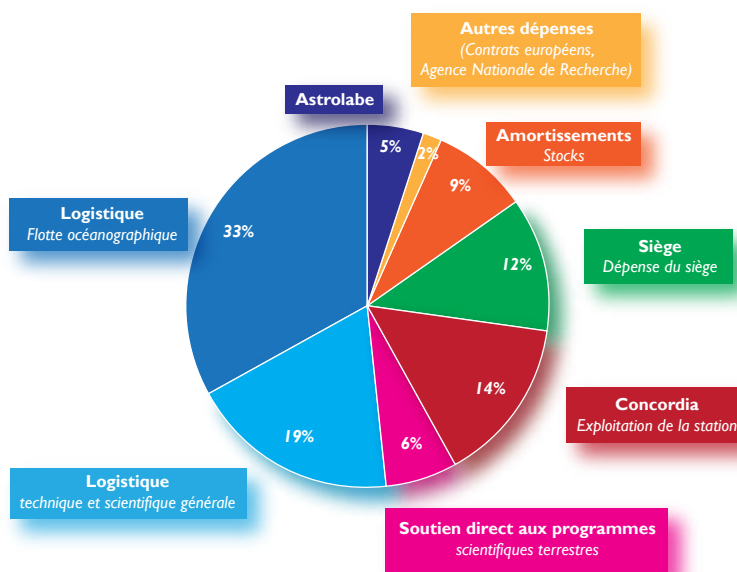
#### Réalisation budgétaire Section fonctionnement

28 168 761,53 € TTC      Dépenses réalisées  
 27 807 076,76 € TTC      Recettes réalisées

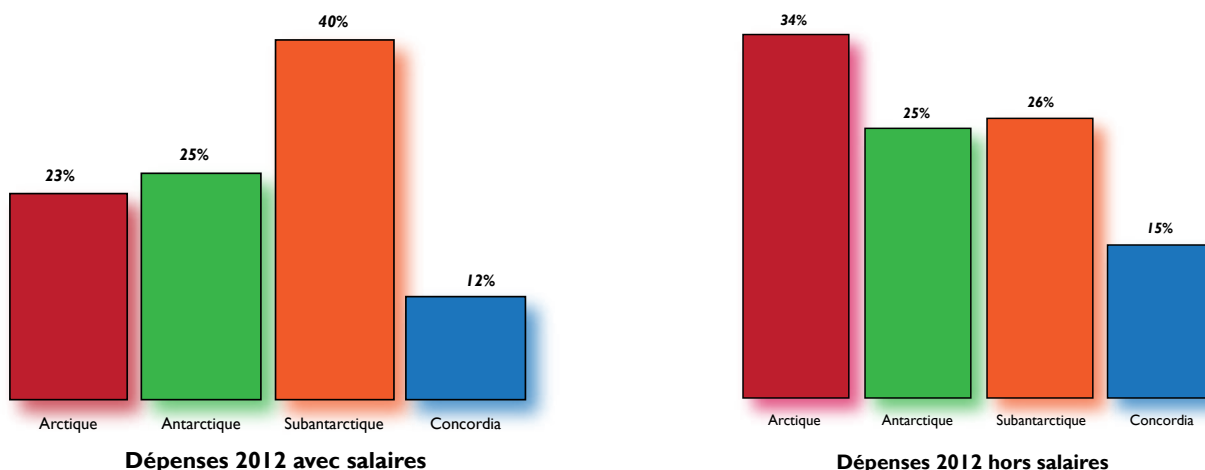
#### Réalisation budgétaire Section investissement

2 364 574,03 € TTC      Dépenses réalisées  
 2 207 176,81 € TTC      Recettes réalisées

### VENTILATION DES DEPENSES PAR SECTEUR D'ACTIVITES POUR L'EXERCICE 2012



### VENTILATION DU SOUTIEN DIRECT DES PROGRAMMES SCIENTIFIQUES TERRESTRES



## RECAPITULATIF DES PERSONNES AYANT SEJOURNE DANS LES BASES EN HIVER 2012 ET CAMPAGNE D'ETE 2012-2013

### ANTARCTIQUE

	Nombre de personnes	Nombre de jours terrain
Personnel permanent (campagne d'été)	20	858
Personnel contractuel DDU (campagne d'été)	17	830
Personnel contractuel Concordia (campagne d'été)	34	1878
Personnel contractuel DDU (hivernant)	14	1940
Personnel contractuel Concordia (hivernant)	10	1497
Personnel scientifique DDU (campagne d'été)	72	1110
Personnel scientifique Concordia (campagne d'été)	49	1309
Personnel scientifique DDU (hivernant)	0	0
Personnel scientifique Concordia (hivernant)	8	744
VCAT/VSC techniques DDU	18	2437
VCAT/VSC scientifiques DDU	26	3674
VI scientifiques Concordia	3	380
Autres (campagne d'été)	23	552
Autres DDU (hivernant)	23	3428
Autres Concordia (hivernant)	12	2154
<b>Total Antarctique</b>	<b>329</b>	<b>22791</b>

### SUBANTARCTIQUE

Personnel permanent du siège (campagne d'été)	10	246
Personnel contractuel (campagne d'été)	3	76
Personnel scientifique (campagne d'été)	69	1697
VCAT/VSC techniques	7	671
VCAT/VSC scientifiques	65	8749
Autres (campagne d'été)	1	0
<b>Total Subantarctique</b>	<b>155</b>	<b>11439</b>

### ARCTIQUE

#### Svalbard-AWIPEV

Personnel permanent du siège (campagne d'été)	4	109
Personnel scientifique (campagne d'été)	57	1141
Volontaire international	2	442
Personnel contractuel scientifique	2	82
<b>Total Svalbard</b>	<b>65</b>	<b>1774</b>

**Total Arctique (Svalbard+Autres pays) 102 3518**

# AMMEXES





# PROGRAMME DE RECHERCHES SOUTENUS ET MIS EN ŒUVRE EN 2012

## ARCTIQUE : SCIENCES DE L'HOMME

### 1024 - FESTIVETHNO

Fêter les esprits aujourd'hui en Sibérie septentrionale

VATE 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 Verkhoïansk, 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.*

---

### 1080 - LOTECHAIN

Long Term Environmental Changes and Human Activities in Nunavik

**MARGUERIE Dominique**  
Laboratoire Archéosciences, Université de Rennes 1, Rennes  
North eastern Canada

Le Nunavik, vaste territoire occupant l'Arctique québécois (Canada oriental), constitue un des observatoires uniques pour le suivi des relations hommes-milieus passées et présentes en milieu polaire. L'étude de ces relations est devenue cruciale dans le contexte actuel de variabilité climatique. Le Plan Nord mis en place récemment par le gouvernement québécois (<http://plannord.gouv.qc.ca/mots/index.asp>) s'intéresse à cette thématique. C'est aussi l'occasion pour nous de mener, de concert avec nos partenaires canadiens, une recherche pluridisciplinaire dans le cadre du projet LOTECHAIN. Ce projet vise donc à étudier divers écosystèmes, des sites et zones d'habitat anciens (archéologiques) et des biodiversités passées. Ces travaux sont menés dans le but de dresser un "état des lieux" des milieux holocènes et de mesurer l'effet des variations climatiques passées et actuelles et de l'action humaine sur les milieux naturels sous régime périglaciaire.

Nunavik, a vast territory in Arctic Quebec (eastern Canada), is a unique observatory for the monitoring of past and present human-environment relations in a polar milieu. The study of these relations has become crucial in the current climatic context of variability. This topic is of particular interest to the Northern Plan recently set up by the government of Quebec (<http://plannord.gouv.qc.ca/mots/index.asp>). It is also an opportunity for us to conduct multi-field research with our Canadian partners within the LOTECHAIN project. The purpose of the project is to study various ecosystems, old sites and settlement zones (archeological), and past biodiversities. These studies are undertaken with the aim of drawing up an "inventory and status" of Holocene environments and of measuring the effect of past and present climatic variations and human action on natural environments in a periglacial climate.

---



## 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

VILLEMAIN 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.*

---

### 337 - GRAVITE

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

ROGISTER Yves

Institut de Physique du Globe de Strasbourg, UMR 7516, Strasbourg  
Ny-Alesund

Les mesures de gravité absolue sont nécessaires pour établir des modèles du géoïde. Les mesures répétées sont complémentaires des mesures de positionnement précis pour contraindre les variations des masses de glace dans les régions polaires et le rebond post-glaciaire. Nous proposons de commencer ou de répéter des mesures de gravité dans les régions polaires. En Arctique, des mesures seront faites à la station de Ny-Ålesund, au Spitzberg, en 2012 et 2014. En Antarctique, ces mesures seront effectuées aux stations O'Higgins, Palmer et Rothera dans la Péninsule Antarctique en 2013 et aux stations McMurdo, Scott, Mario Zucchelli et Dumont d'Urville en 2015.

*Absolute gravity measurements are necessary to build models of the geoid. Repeat measurements are complementary to precise positioning measurements in providing tools to constrain both the ice-mass variations over the polar regions and the post-glacial rebound. We propose to initiate or repeat absolute gravity observations in the polar regions. In the Arctic, measurements will be performed at the Ny-Ålesund Station, Svalbard, in 2012 and 2014. In Antarctica, measurements will be performed at the O'Higgins, Palmer and Rothera Stations in the Antarctic Peninsula in 2013 and at the McMurdo Station, Scott Base, Mario Zucchelli Station in the Ross Sea Embayment and Dumont d'Urville Station in Terre Adélie in 2015.*

---

### 439 - GRAAM

Bilan de carbone sur l'Atlantique nord, suivi en continu du CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O 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 CO<sub>2</sub> et l'autre à l'oxygène (rapport O<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>). 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 CO<sub>2</sub> and the other to O<sub>2</sub> (O<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> 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 H<sub>2</sub>O 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.*

### **I015 - 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.*

### **I030 - CLIMSLIP-NyA**

**Climate impacts of short-lived pollutants and methane in the Arctic**

**JACOBI Hans-Werner  
Laboratoire de Glaciologie et  
Géophysique de l'Environnement,  
Saint Martin d'Hères  
Ny-Alesund**

Les polluants de courte durée contribuent à l'amplification régionale du réchauffement global dans l'Arctique. Dans le projet CLIMSLIP-NyA nous examinerons deux aspects importants des polluants de courte durée dans l'Arctique. Nous étudierons comment le carbone suie dans l'atmosphère et dans la neige contribuent à l'augmentation de l'absorption du rayonnement solaire dans l'atmosphère et dans la neige. Nous étudierons également les interactions aérosol-nuage par la caractérisation simultanée des propriétés microphysiques et optiques des nuages et des aérosols. Les expériences sur le terrain incluent des observations des concentrations de carbone suie dans l'atmosphère pendant le printemps et la détermination des concentrations de carbone suie dans la neige utilisant un single particle soot photometer. Ces observations contribueront à une meilleure quantification du comportement du carbone suie et son dépôt dans la neige pendant la période du printemps Arctique. Dans le cadre, de l'étude de l'interaction aérosol-nuage, des mesures continues (3 mois) des propriétés des nuages couplées à celles des aérosols seront réalisées à la station de mesures du Mont Zeppelin à partir de l'instrumentation du LaMP (CPI, Néphélomètre Polaire, FSSP/sonde Nevzorov). Ces observations permettront d'étudier le lien entre la composition des aérosols (IN, CCN...) et les propriétés microphysiques et optiques des nuages pendant la période de transition Hiver-Printemps en arctique.

En conclusion, les résultats seront exploités par l'intermédiaire d'études de modélisation afin de déterminer l'impact des processus climat-appropriés sur les changements régionaux de l'Arctique.



Short-lived pollutants contribute to the regional amplification of global warming in the Arctic. In the project CLIMSLIP-NyA we will examine two important aspects of short-lived pollutants in the Arctic. We will study how black carbon in the atmosphere and in the snow contribute to an enhanced absorption of solar radiation in the atmosphere and in the snow. The aerosol-cloud interactions will be also investigated by the simultaneous characterization of the microphysical and optical properties of clouds and aerosols. The field experiments include observations of black carbon concentrations in the atmosphere in springtime and the determination of black carbon concentrations in the snow using a single particle soot photometer. The observations will contribute to a better quantification of the behavior of black carbon in springtime in the Arctic and its deposition to the snowpack.

Three months of continuous measurements of cloud and aerosol properties will be performed at Mount Zeppelin station using the LAMP instrumentation (CPI, Polar Nephelometer, FSSP/ Nevzorov probes). These observations will allow us to study the link between the aerosols properties and composition (IN, CCN...) and the microphysical and optical properties of clouds during the Winter-Spring transition period in the Arctic.

Finally, the results will be exploited in modeling studies to determine the impact of climate-relevant processes on regional changes in the Arctic.

---

---

### **1042 - ESCAPE Arctic**

**Ecosystems - Snow - ClimAte - PERmafrost feedbacks**

**DOMINE Florent**  
**Université Laval, Québec, Canada**  
**Canada**

Le pergélisol affecte 20% des surfaces terrestres de l'hémisphère Nord. Sa fonte causée par le réchauffement global pourrait libérer des dizaines de Pg de carbone sous forme de CO<sub>2</sub> et CH<sub>4</sub> dans l'atmosphère, représentant une rétroaction positive majeure au réchauffement climatique. La fonte du pergélisol impacte aussi les communautés nordiques et le développement de l'Arctique.

La neige est un acteur majeur dans le bilan énergétique du pergélisol car elle agit comme une couche isolante qui limite le refroidissement hivernal du sol. La conductivité thermique de la neige est très dépendante du type de couvert végétal et du climat, de sorte qu'il existe des rétroactions fortes entre végétation, climat, neige et pergélisol. Le but de ce projet est de mesurer en continu la conductivité thermique de la neige et de la couche superficielle du sol sur différents sites nordiques afin de fournir les données pour quantifier ces rétroactions dans des modèles de neige et de surfaces continentales.

Permafrost covers over 20% of land masses in the Northern hemisphere. Its thawing due to global warming could release tens of Pg of carbon in the form of CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> to the atmosphere, representing a major positive feedback to warming. Permafrost thawing also impacts Northern communities and on the development of the Arctic.

The snow cover is a major factor in the energy budget of permafrost, because it acts as an insulating layer that limits winter ground cooling. The thermal conductivity of the snow is highly dependent on climate and vegetation, so that there exists strong feedbacks between vegetation, snow, climate and permafrost. The purpose of this project is to perform continuous measurements of the thermal conductivity of the snow and the surface soil layer at different Nordic sites to provide data to quantify these feedbacks using snow and land surface models.

---

---

### **1059 - SEISPITZ12**

**(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.

---

---





## 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

GREMILLET 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 indicator so 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 on going global changes onto their winter mortality rates.*

### 399 - CHIMERPOL III

Dynamique de l'écosystème de la neige en zone Polaire

VOGEL Timothy

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.*



### 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 du 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

**TOULLEC Jean-Yves**

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

### 1092 - ECOTAB

Effect of Climate change On The Arctic Benthos

**MORATA Nathalie**

Laboratoire des Sciences de l'Environnement Marin UMR6539, IUEM, Plouzané  
Spitsberg

Il est généralement admis aujourd'hui que les effets du changement climatique sont exacerbés en Arctique. Ces changements vont avoir des répercussions sur le fonctionnement des écosystèmes et sur le cycle du carbone. La réponse des organismes benthiques à ces changements est cependant inconnue. L'objectif de ce projet est d'étudier comment le benthos Arctique sera affecté par des changements biologiques (sources de nourriture) et environnementaux dus aux changements climatiques. Ce projet va combiner des données existantes, de nouvelles données ainsi qu'une nouvelle approche expérimentale pour tester les divers scénarios de nourriture (ex: nourriture de bonne/pauvre qualité nutritive) et de paramètres environnementaux (pH, salinité, température). Ces résultats permettront de mieux comprendre l'état actuel de l'écosystème côtier Arctique, et de prédire la réponse benthique aux divers scénarios de changements de l'écosystème soumis à une réduction de la couverture de glace à cause du réchauffement climatique.

*It is now generally admitted that effects of climate change are enhanced in polar areas. Those changes will have repercussions on the entire ecosystem functioning and carbon cycling, although it is yet unclear how benthic organisms will respond to those changes in food sources and environmental conditions. The overarching goal of this study is to investigate how climate-induced changes in biological (food sources) and environmental conditions (temperature, pH, salinity), will impact the Arctic benthos. This project will combine existing data, new field data, and a new experimental approach which will test various scenarios of food (i.e. high food quality, low food quality) and pH, salinity, temperature (perturbation experiments) therefore improving understanding of present state Arctic coastal ecosystem function, and prediction of possible feedback scenarios of the ecosystem to changes in a less ice-rich Arctic due to climate warming.*

### 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 œuvre 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 continue 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

JUMELET Julien

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.*

### 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 to ward the subglacial lake. Upon their invitation, we will have opportunity*

- 1. to access to new accretion ice samples to investigate the lake content (part of ANR lake Vostok)*
- 2. to collect surface snow around the station and along Russian traverses for geochemistry (part of the ANR Vanish)*
- 3. 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 yearrecord 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  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{SF}_6$  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  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$  et les isotopes stables du  $\text{CO}_2$ . Nous proposons d'initier au cours du programme à 4 ans le suivi en continu du rapport  $\text{O}_2/\text{N}_2$ , afin d'identifier la contribution océanique dans la variabilité interannuelle du  $\text{CO}_2$ .

*The objective of the RAMCES-AMS program is the long term monitoring of greenhouse gases ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{SF}_6$ ). To properly characterize the air masses we are also performing continuous measurements of Radon-222 and meteorological parameters, and weekly air sample to analyze  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$  and  $\text{CO}_2$  isotopes. During the term of this 4 years project, we propose to initiate in-situ measurements of  $\text{O}_2/\text{N}_2$  in order to characterize the oceanic contribution to the  $\text{CO}_2$  interannual variability.*

---

#### 452 - ALBION

Adélie Land Bottom Water and Ice Ocean interactionNs

HOUSSAIS Marie - Noëlle  
Universite 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.

---

#### 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/](http://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 satellitaires 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,  $\text{SO}_2$  et aérosols) ainsi que sur les oxydants ( $\text{O}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$  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, SO<sub>2</sub> et aerosols) as well as on oxidants (O<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 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

LEVEQUE 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

H<sub>2</sub>O Antarctica Microwave Stratospheric and Tropospheric Radiometers

RICAUD Philippe

Laboratoire d'Aérodynamique, CNRS/Université de Toulouse  
Concordia

Le programme HAMSTRAD (H<sub>2</sub>O 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 H<sub>2</sub>O troposphérique et stratosphérique. Enfin, HAMSTRAD aidera à valider les analyses aux hautes latitudes de l'hémisphère sud du Centre Européen ECMWF.

The HAMSTRAD (H<sub>2</sub>O 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 H<sub>2</sub>O. Finally, HAMSTRAD will help validating Southern Hemisphere high latitudes analyses from the European Centre ECMWF.

## 911 - SUPERDARN DC

SuperDARN Concordia

MARCHAUDON Aurélie

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

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 de Concordia, situé dans la calotte polaire sud, sera apparié avec le radar américain situé à McMurdo (Antarctique). En développant le réseau dans l'hémisphère Sud, les objectifs seront centrés sur l'amélioration de la couverture ionosphérique de l'ovale auroral et la calotte polaire Sud. 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 SuperDARN Concordia radar will be located in the South polar cap and will be paired with the American radar located at McMurdo. This configuration greatly enhances the capabilities of the whole SuperDARN project on most of the scientific objectives, but more particularly on those centred on global ionospheric coverage of the southern oval auroral and polar cap. 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.*

## 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).*

## 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 (HBLs) 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 HBLs 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 composés 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  $^{17}\text{O}$  et  $^{33}\text{S}$  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 SUNITEDC (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 ( $^{17}\text{O}$ ,  $^{33}\text{S}$ ) 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 satellitaires, 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 satellitaires 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**

**DOMMERMUE 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 réglementations 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 1 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 km<sup>2</sup> 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 552km<sup>2</sup> 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 independent 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 - CRAC-ICE**

#### **CRAC-ICE**

**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 x 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 70x25 km iceberg.

---

### **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 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**

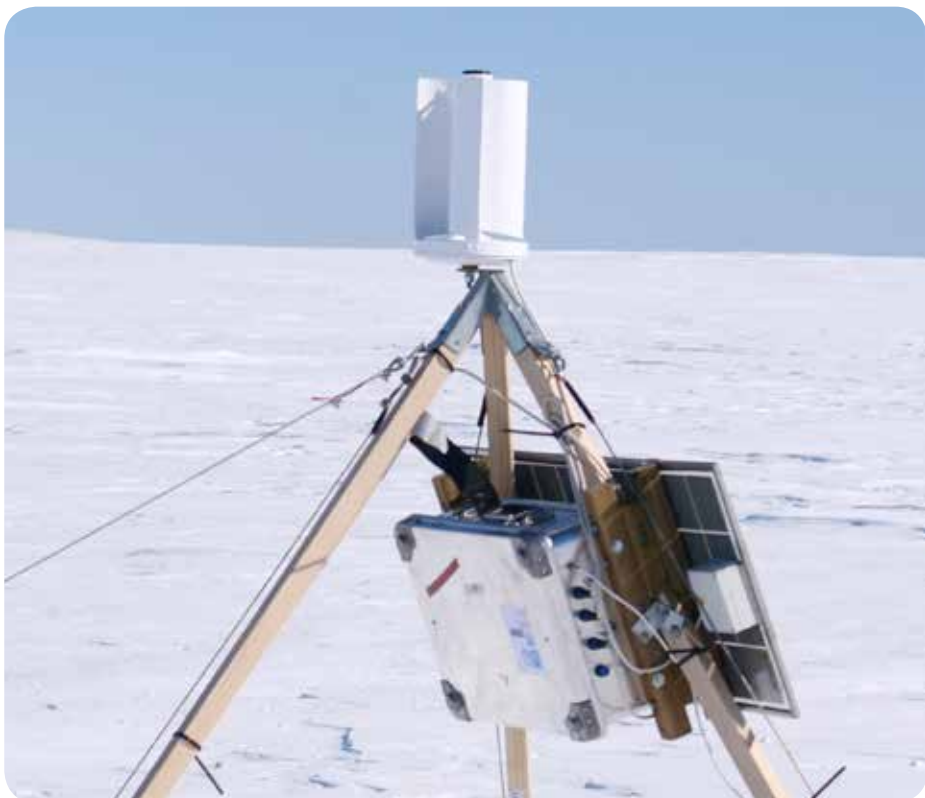
**PARK Young-Hyang**

**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 clés 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
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
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**

**GUILLLOT 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
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 deux 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 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 measurements 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.

### **1098 - SAWfPHY-Concordia**

**Innovative measurements of water vapour in the boundary layer at Concordia**

**HERTZOG Albert  
Laboratoire de météorologie dynamique,  
Palaiseau  
Concordia**

Le programme SAWfPHY-Concordia vise à effectuer des mesures innovantes d'humidité atmosphérique à la station polaire Concordia pendant l'hiver. Ces mesures utiliseront le nouvel hygromètre à ondes acoustiques de surface, nommé SAWfPHY, actuellement développé au LMD dans le cadre du projet ballon Stratéole Phase 2. Les mesures effectuées à Concordia permettront d'une part de tester les nouvelles évolutions de l'hygromètre dans des conditions proches des conditions stratosphériques, et seront d'autre part utilisées pour caractériser l'humidité de surface sur le plateau Antarctique, ainsi que les gradients d'humidité dans la couche limite polaire.

The SAWfPHY-Concordia project is aimed at making new measurements of atmospheric moisture at the Concordia polar station during winter. These measurements will use the new surface acoustic wave SAWfPHY hygrometer, currently developed at LMD in the frame of the Stratéole Phase 2 balloon project. The observations collected at Concordia will serve on the one hand to validate the recent developments of the hygrometer in conditions close to those encountered in the stratosphere, and will be used on the other hand to characterize surface moisture on the Antarctic Plateau, as well as humidity gradient in the polar boundary layer.

# 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.*

---

## 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 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:*

1. Olfactory cues (function in individual recognition, mate choice, and orientation in petrels, and albatrosses; function in orientation in penguins).
2. Visual cues (function in mate choice and orientation in penguins).
3. 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 écophysiological dans les 3 dimensions de l'océan par suivi télémétrique, ceci selon les caractéristiques physiques et biotiques. Quantification énergétique des déplacements alimentaires (étude écophysiological 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).*

### 1091 - P'AMMER

Les manchots Adélie bioplateformes de l'environnement marin

**ROPERT-COUDERT Yan**  
Département Ecologie, Physiologie et  
Ethologie, Strasbourg  
Terre Adélie

Ce programme s'inscrit dans la lignée des efforts internationaux visant à établir un suivi au long terme des performances de prospection alimentaire en mer d'espèces eco-indicatrices des changements environnementaux et de relier ces performances aux caractéristiques physiques du milieu. Les données consisteront à localiser des zones d'alimentation préférentielles des manchots Adélie de Dumont d'Urville et à quantifier leur effort de pêche en fonction de

1. la disponibilité des ressources marines
2. leurs aptitudes à la pêche qui dépendent de la qualité individuelle.

En partenariat avec le WWF, ces données s'intégreront dans les grands programmes internationaux de bio-régionalisation (Census of Antarctic Marine Life, SCAR) et seront comparées avec celles de manchots d'autres régions de l'Antarctique en collaboration avec les équipes de recherche australiennes et japonaises. L'originalité du programme l'AMMER résidera non seulement dans le fait qu'il représentera le premier observatoire français dédié au suivi des performances alimentaire d'un prédateur supérieur polaire, mais aussi dans la prise en compte des caractéristiques individuelles dans l'évaluation de ces performances. A ce sujet, le programme fera appel aux techniques d'investigations les plus récentes en écophysiological, incluant les analyses fractales, les mesures hormonales (corticostérone et prolactin) et des indices génétiques du statut d'un individu (raccourcissement des télomères).



This program proposal proceeds from the recent international efforts towards long-term monitoring of at-sea foraging performances of key species serving as eco-indicators of environmental changes. Here, foraging success of these species are linked to physical parameters of their environment and to resource availability. The data collected will consist in identifying the preferred foraging zones of Adélie penguins in Dumont d'Urville, Adélie Land and quantifying the hunting effort according to

1. the availability of their main prey,
2. their own ability to find and capture prey, which depends on their individual quality.

In partnership with the WWF, these data will be included in the databases of international programs of eco-regionalization (Census of Antarctic Marine Life, SCAR). Comparisons with Adélie penguins' performance in other regions of the East Antarctic sector will be conducted, in collaboration with colleagues from Australian and Japanese polar institutes. The originality of the proposal is two-fold:

1. l'AMMER could represent the first French observatory dedicated to the monitoring of at-sea foraging performances of a polar top predator;
2. it does not only consist in a simple monitoring but will also try and determine what in the foraging performances proceed from the intrinsic characteristics of the individuals monitored, using cutting-edge approaches (hormonal measurement, rate of telomere loss and fractal analyses).

## 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" (notothenioides, crinoïdes, échinoïdes, isopodes, algues) qui seront étudiés à trois échelles taxonomiques et temporelles.

The East Antarctic area situated between the Mertz and Astrolabe 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.

## 1142 - ICO<sup>2</sup>TA

Integrated Coastal Ocean Observations in Terre Adélie

KOUBBI Philippe  
Laboratoire d'Océanographie de  
Villefranche - UMR 7093,  
Villefranche sur mer  
Terre Adélie

Les observations à long terme dans l'océan Austral sont difficiles à réaliser et les études à mésoéchelles sont plutôt rares. Si les zones dominées par le krill sont bien connues, des études sont nécessaires concernant les réseaux trophiques de la zone néritique. Par une approche multidisciplinaire, le projet a pour objectif d'obtenir des informations sur la composition des communautés marines du plateau continental est-Antarctique en fonction de la variabilité des facteurs environnementaux incluant la glace de mer. Des espèces ou assemblages clés seront suivis. Pour le milieu pélagique, les études vont se concentrer sur le contrôle de cet écosystème par quelques espèces comme les euphausiacés et le (micro)necton sur le plancton. Pour le milieu benthique, il est proposé de comprendre comment les communautés indiquent le niveau de perturbation lié au chalutage du fond par les icebergs et comment le benthos et l'ichtyofaune associée réagissent au retrait des glaciers.

Long term synoptic monitoring of polar oceans has always been a challenge and annual mesoscale surveys are rare. If krill dominated areas are quite well known, monitoring is needed to study the trophic web in neritic zone. The motivation of the project is to gather through a multidisciplinary effort, long-term information on the composition of the marine biota over the Eastern Antarctic continental shelf in relation to environmental variability including seaice variability. Key species or assemblages will be monitored. For the pelagic realm, the study will focus on the control of the pelagic ecosystem by few species of euphausiids and (micro)nekton on plankton. For the benthic realm, it will be proposed to understand how communities indicate the level of perturbation linked to iceberg scouring and how the benthos and demersal fish may react to glacier retreat.



Suite à l'avarie du *Marion Dufresne* à Crozet, les programmes suivants n'ont pas pu se faire cette année.

**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

---

---

**1044 - PROTEKER**

Impact du changement global sur le benthos et les habitats marins des Iles Kerguelen. Établissement d'une ligne de base pour le suivi écologique et génétique, la protection et la conservation

FERAL Jean-Pierre  
UMR 6540 - DIMAR, Marseille  
Kerguelen, La Curieuse

---

---

**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

---

---



# ANTARCTIQUE - SUBANTARCTIQUE : PSYCHOLOGIE DES HIVERNANTS

## I046 - 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.*

---

---

## I062 ADAPT-EVE

Etude longitudinale des événements individuels et collectifs et de leur influence sur l'adaptation psychologique et professionnelle des hivernants polaires

DECAMPS 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.*

---

---

## I136 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 impliqués.

*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

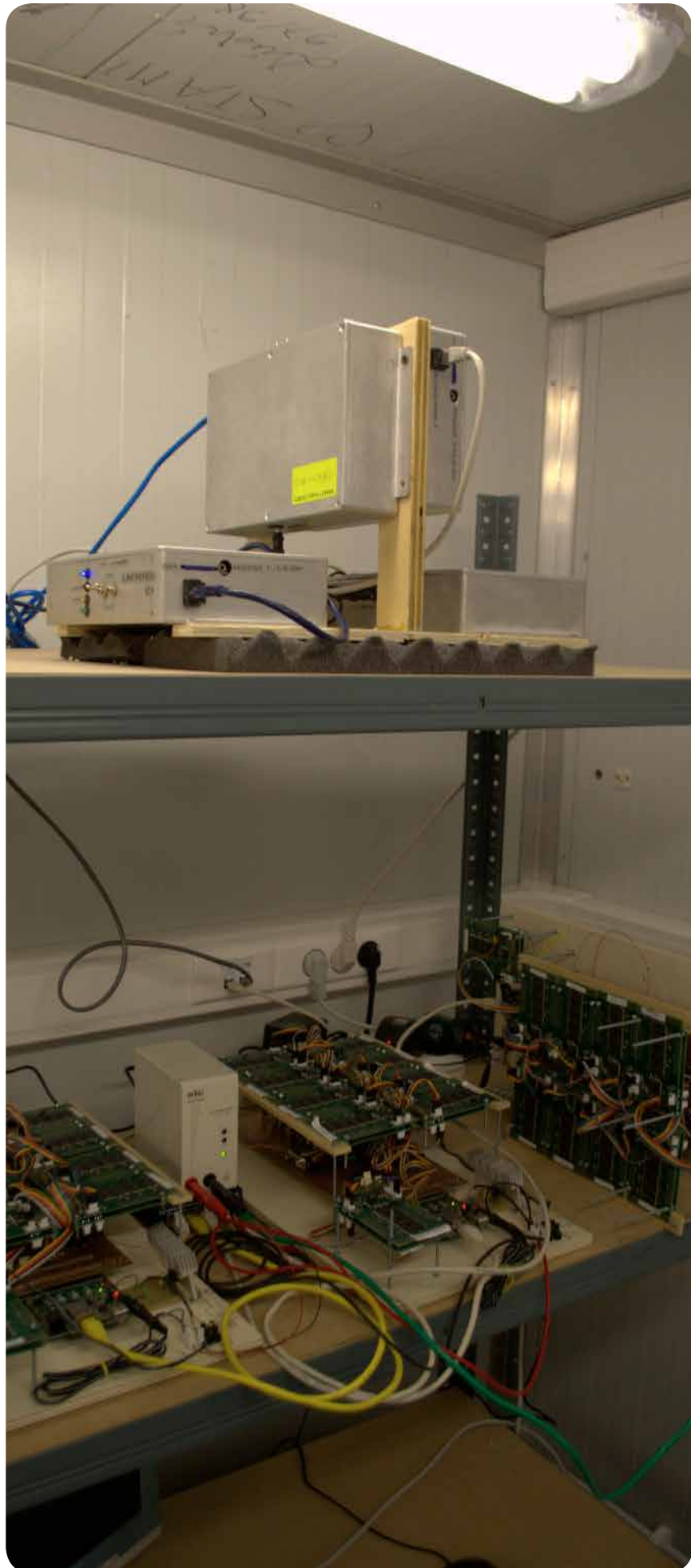
WROBEL Frédéric  
UMR5214-équipe RADIAC, Montpellier  
Concordia

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.*

---

---



## RESPONSABLES DE PROGRAMME :

### **ABE Lyu**

Université de Nice Sophia Antipolis  
Laboratoire H. Fizeau  
[lyu.abe@unice.fr](mailto:lyu.abe@unice.fr)

### **BALTZER-ROUSSET Agnès**

Laboratoire de Morphodynamique Continentale  
[agnes.baltzer@unicaen.fr](mailto:agnes.baltzer@unicaen.fr)

### **BASCOU Jérôme**

Université Jean Monnet  
[jerome.bascou@univ-st-etienne.fr](mailto:jerome.bascou@univ-st-etienne.fr)

### **BONADONNA Francesco**

Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive  
[francesco.bonadonna@cefe.cnrs.fr](mailto:francesco.bonadonna@cefe.cnrs.fr)

### **BOLLACHE Loïc**

Laboratoire Biogéosciences - UMR / CNRS 5561  
[bollache@u-bourgogne.fr](mailto:bollache@u-bourgogne.fr)

### **BOST Charles-André**

Centre d'Etudes Biologiques de Chizé  
[bost@cebc.cnrs.fr](mailto:bost@cebc.cnrs.fr)

### **BOULINIER Thierry**

Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive -  
Département Biologie des Populations  
[thierry.boulinier@cefe.cnrs.fr](mailto:thierry.boulinier@cefe.cnrs.fr)

### **CHAMBODUT Aude**

Ecole et Observatoire des Sciences de la Terre  
[aude@unistra.fr](mailto:aude@unistra.fr)

### **CHASTEL Olivier**

Centre d'Etudes Biologiques de Chizé  
[chastel@cebc.cnrs.fr](mailto:chastel@cebc.cnrs.fr)

### **CRUBEZY Eric**

Laboratoire AMIS / FRE 2960  
[crubezy.eric@free.fr](mailto:crubezy.eric@free.fr)

### **DANCHIN Etienne**

Evolution et Diversité Biologique  
[edanchin@cict.fr](mailto:edanchin@cict.fr)

### **DECAMPS Greg**

Université Victor Segalen Bordeaux 2 -  
Laboratoire de Psychologie Santé et Qualité  
de Vie  
[greg.decamps@u-bordeaux2.fr](mailto:greg.decamps@u-bordeaux2.fr)

### **DELMOTTE Marc**

Laboratoire des Sciences du Climat et de  
l'Environnement / RAMCES / CEA Saclay  
[marc.delmotte@lscce.ipsl.fr](mailto:marc.delmotte@lscce.ipsl.fr)

### **DOMINE Florent**

Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de  
l'Environnement  
[florent@ggge.obs.ujf-grenoble.fr](mailto:florent@ggge.obs.ujf-grenoble.fr)

### **DOMMERGUE Aurélien**

Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de  
l'Environnement  
[dommergue@ggge.obs.ujf-grenoble.fr](mailto:dommergue@ggge.obs.ujf-grenoble.fr)

### **DURAND Gilles**

Département d'Astrophysique et de Physique CEA  
[durandgs@cea.fr](mailto:durandgs@cea.fr)

### **FAVIER Vincent**

Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de  
l'Environnement  
[favier@ggge.obs.ujf-grenoble.fr](mailto:favier@ggge.obs.ujf-grenoble.fr)

### **FERAL Jean-Pierre**

UMR 6540 / DIMAR  
[jean-pierre.feral@univmed.fr](mailto:jean-pierre.feral@univmed.fr)

### **FERRET Carole**

Laboratoire d'anthropologie sociale  
[caroleferret@wanadoo.fr](mailto:caroleferret@wanadoo.fr)

### **GENTHON Christophe**

Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de  
l'Environnement  
[genthon@ggge.obs.ujf-grenoble.fr](mailto:genthon@ggge.obs.ujf-grenoble.fr)

### **GILBERT Caroline**

IPHC / UMR 7178 / CNRS / UdS  
[caroline.gilbert@scbiol.uhp-nancy.fr](mailto:caroline.gilbert@scbiol.uhp-nancy.fr)

### **GREMILLET David**

Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive -  
Equipe Ecologie Spatiale des Populations  
[david.gremillet@cefe.cnrs.fr](mailto:david.gremillet@cefe.cnrs.fr)

### **GRISELIN Madeleine**

UMR 6049 ThéMA, / CNRS / Université de  
Franche-Comté  
[madeleine.griselin@univ-fcomte.fr](mailto:madeleine.griselin@univ-fcomte.fr)

### **GUILLOT Tristan**

Cassipée - Observatoire de la Côte d'Azur  
[tristan.guillot@oca.eu](mailto:tristan.guillot@oca.eu)

### **HERTZOG Albert**

Laboratoire de météorologie dynamique  
[albert.hertzog@lmd.polytechnique.fr](mailto:albert.hertzog@lmd.polytechnique.fr)

### **HOUSSAIS Marie-Noëlle**

Laboratoire d'Océanographie et du Climat :  
Expérimentations et Approches Numériques  
[mnh@ocean-ipsl.upmc.fr](mailto:mnh@ocean-ipsl.upmc.fr)

### **JACOBI HansWerner**

Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de  
l'Environnement  
[jacobi@ggge.obs.ujf-grenoble.fr](mailto:jacobi@ggge.obs.ujf-grenoble.fr)

### **JOLIET Fabienne Jeanne**

INHP / Agrocampus Centre d'Angers  
[fabienne.joliet@agrocampus-ouest.fr](mailto:fabienne.joliet@agrocampus-ouest.fr)

### **JUMELET Julien**

LATMOS / IPSL / UMR 8190  
[Julien.Jumelet@latmos.ipsl.fr](mailto:Julien.Jumelet@latmos.ipsl.fr)

### **KLEIN Karl-Ludwig**

Laboratoire d'Etudes Spatiales et Instrumentales  
pour l'Astrophysique  
[ludwig.klein@obsprm.fr](mailto:ludwig.klein@obsprm.fr)

### **KOUBBI Philippe**

Laboratoire d'Océanographie de Villefranche  
sur Mer / UMR 7093  
[koubbi@obs-vlfr.fr](mailto:koubbi@obs-vlfr.fr)

### **LE MAHO Yvon**

Institut Pluridisciplinaire Hubert Curien -  
Département Interactions Physique, Chimie et Vivant  
[yvon.lemaho@c-strasbourg.fr](mailto:yvon.lemaho@c-strasbourg.fr)

### **LE MEUR Emmanuel**

Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de  
l'Environnement  
[lemeur@ggge.obs.ujf-grenoble.fr](mailto:lemeur@ggge.obs.ujf-grenoble.fr)

### **LEBOUVIER Marc**

Station Biologique de Paimpont  
[marc.lebouvier@univ-rennes1.fr](mailto:marc.lebouvier@univ-rennes1.fr)

### **LECOINTRE Guillaume**

CNRS / UPMC / MNHN / IRD / ENS / Systématique  
et Evolution  
[lecointr@mnhn.fr](mailto:lecointr@mnhn.fr)

### **LEGRAND Michel**

Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de  
l'Environnement  
[legrand@ggge.obs.ujf-grenoble.fr](mailto:legrand@ggge.obs.ujf-grenoble.fr)

### **LEGRESY Benoît**

Laboratoire d'Etudes en Géophysique et  
Océanographie Spatiales  
[benoit.legresy@cnes.fr](mailto:benoit.legresy@cnes.fr)

### **LEVEQUE Jean-Jacques**

Ecole et Observatoire des Sciences de la Terre  
[leveque@sisma.u-strasbg.fr](mailto:leveque@sisma.u-strasbg.fr)

### **LOISON Anne**

Alpine Ecology Laboratory (LECA)  
anne.loison@univ-savoie.fr

### **MAGGI Alessia**

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

### **MARCHAUDON Aurélie**

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

### **MARGUERIE Dominique**

Laboratoire Archéosciences, Université de Rennes I  
dominique.marguerie@univ-rennes1.fr

### **MASI Sylvia**

Dipartimento di Fisica, Università 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

### **MORATA Nathalie**

Laboratoire des Sciences de l'Environnement Marin / UMR 6539  
nathalie.morata@univ-brest.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

### **PETIT Jean-Robert**

Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement / Paléoclimat  
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

### **ROBIN Jean-Patrice**

Département d'Ecologie, Physiologie et Ethologie  
jean-patrice.robin@c-strasbourg.fr

### **ROGISTER Yves**

Institut de Physique du Globe de Strasbourg  
Yves.Rogister@unistra.fr

### **ROPERT-COUDERT Yan**

Département d'Ecologie, Physiologie et Ethologie  
yan.ropert-coudert@iphc.cnrs.fr

### **SAVARINO Joël**

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@gssl.cnrs.fr

### **VILLEMMAIN Aude**

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

### **VIVIER Frédéric**

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

### **VOGEL Timothy**

CNRS / UMR 5005  
tvogel@ec-lyon.fr

### **WASTINE Benoît**

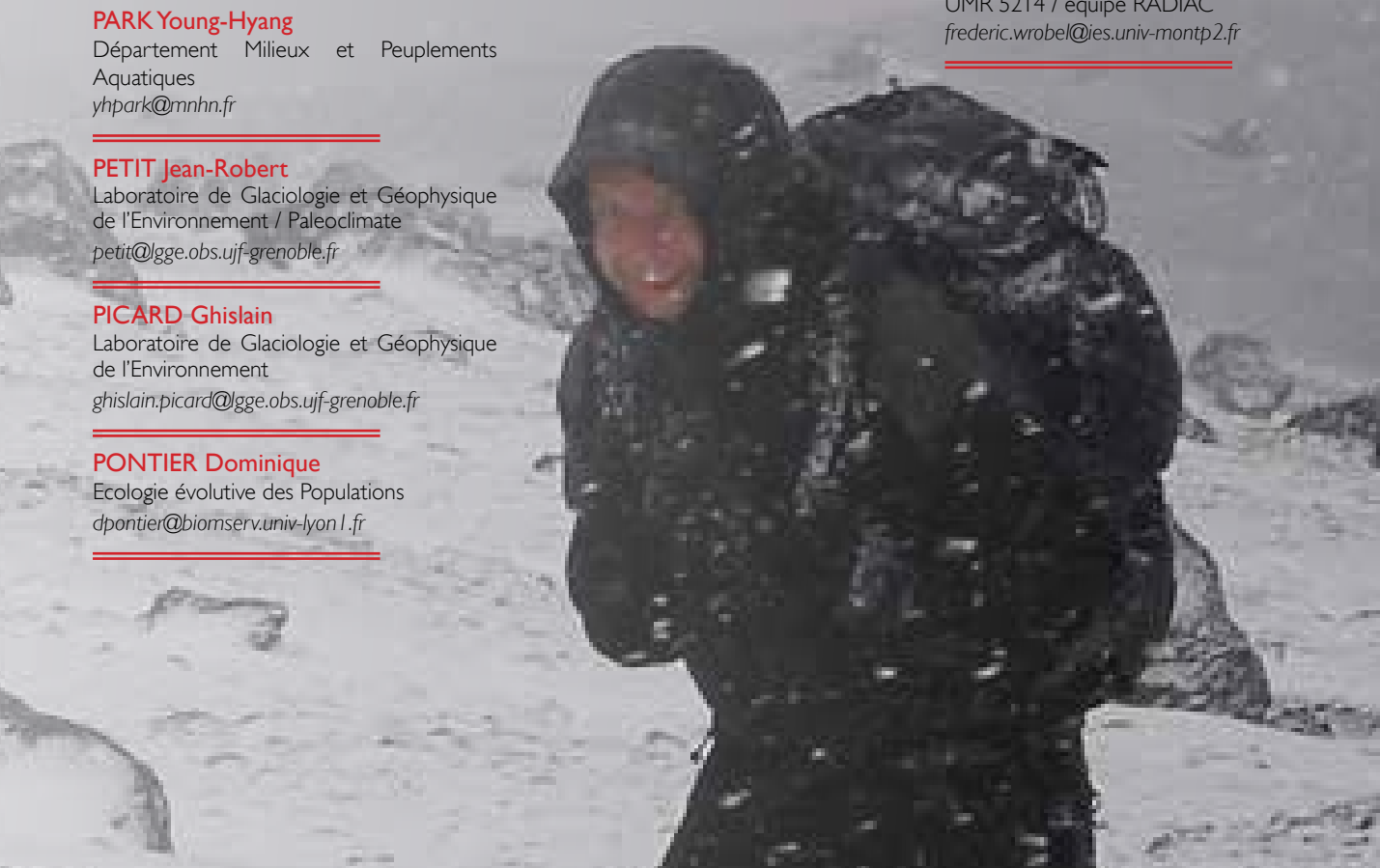
Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement / RAMCES  
benoit.wastine@lsce.ipsl.fr

### **WEIMERSKIRCH Henri**

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

### **WROBEL Frédéric**

UMR 5214 / équipe RADIAC  
frederic.wrobel@ies.univ-montp2.fr







## CREDITS PHOTOS :



Katell Pierre



Jean-Yves Vitoux



Nina Marchand



Christian Morel



Jessica Thevenot



Julie Quéau



Julie Quéau



Julie Quéau



Julie Quéau



Jessica Thevenot



Julie Quéau



Julie Quéau



IPEV



Julie Quéau



IPEV



IPEV



Julie Quéau



IPEV



IPEV



Jessica Thevenot



IPEV



IPEV



Julie Quéau



IPEV



Nina Marchand



Serge Drapeau



Anthony Vendé



Serge Drapeau



Michel Munoz



Michel Munoz



Robin Cristofari



Dominique Fleury



Richard Crozon



Goulven Largouët



Goulven Largouët



Goulven Largouët



Dominique Fleury



Goulven Largouët



Dominique Fleury



Dominique Fleury



Christophe Walcher



Gilbert Calvez



Bruno Marie



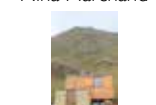
Nina Marchand



Alexis Haudebault



Nina Marchand



François Meme



Romuald Bellec



Nina Marchand



Nina Marchand



Océanopolis



Nicolas Le Viavant



Franck Delbart



Nicolas Le Viavant



Franck Delbart



Yvon Balut



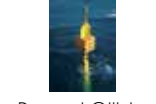
Olivier Sauvage



Xavier Morin



Bernard Ollivier



Bernard Ollivier



Philippe Bourseiller



Alain Desautez



Océanopolis



Erwan Amice



Patrice Gérard



Pierre Desrosiers



Dominique Fleury



Florent Dominé



Dominique Fleury



Dominique Fleury



Serge Drapeau



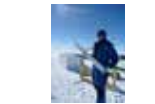
Claire Le Calvez



Claire Le Calvez



Claire Le Calvez



Michel Munoz



Benoît Legresy



Marc Lebouvier



Hélène de Meringo



Serge Drapeau



Jules Chiffard



Claire Le Calvez



Frédéric Wrobel



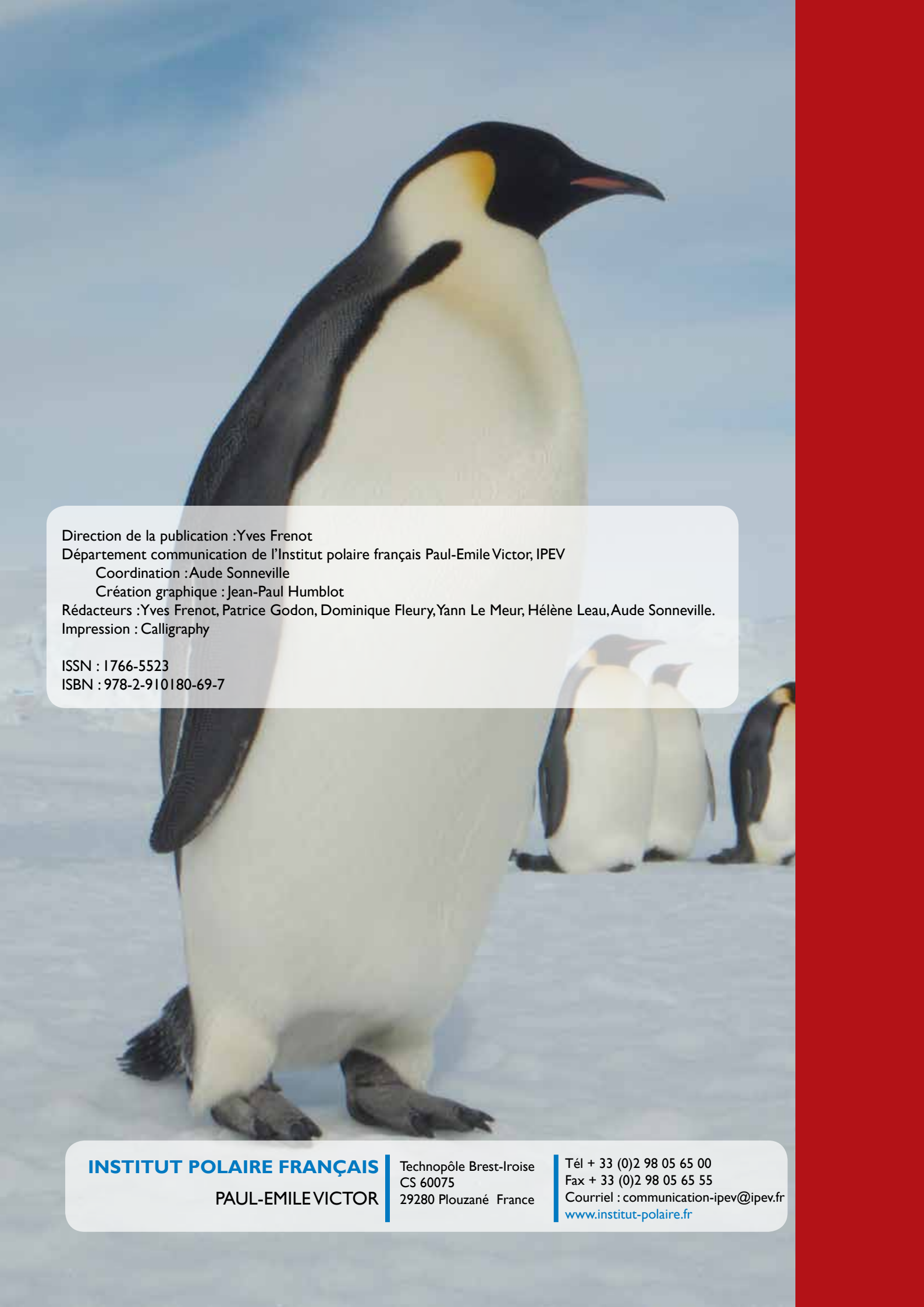
Romuald Bellec



Erwan Amice



Claire Le Calvez



Direction de la publication : Yves Frenot  
Département communication de l'Institut polaire français Paul-Emile Victor, IPEV  
Coordination : Aude Sonneville  
Création graphique : Jean-Paul Humblot  
Rédacteurs : Yves Frenot, Patrice Godon, Dominique Fleury, Yann Le Meur, Hélène Leau, Aude Sonneville.  
Impression : Calligraphy

ISSN : 1766-5523  
ISBN : 978-2-910180-69-7

**INSTITUT POLAIRE FRANÇAIS**

**PAUL-EMILE VICTOR**

Technopôle Brest-Iroise  
CS 60075  
29280 Plouzané France

Tél + 33 (0)2 98 05 65 00

Fax + 33 (0)2 98 05 65 55

Courriel : [communication-ipev@ipev.fr](mailto:communication-ipev@ipev.fr)

[www.institut-polaire.fr](http://www.institut-polaire.fr)

