



2015 | Rapport d'activité

Campagne d'été 2015-2016 incluse



territoires

Les Terres australes et antarctiques françaises (TAAF) fêtaient en 2015 leurs 60 ans d'existence. Durant ces décennies, peu de partenaires auront, autant que l'IPEV, marqué de leur empreinte les territoires des TAAF.

A Kerguelen, Crozet, Amsterdam et en Terre Adélie, les programmes scientifiques soutenus par l'IPEV constituent un élément de valorisation majeur pour la présence française dans ces territoires. Avec une moyenne annuelle de plus de 200 chercheurs français ou étrangers accueillis dans les TAAF pour œuvrer à travers une soixantaine de programmes mis en œuvre par l'Institut, ce sont plusieurs milliers de scientifiques qui ont séjourné sur les districts austraux et antarctiques depuis les années 2000.

Les nombreux résultats recueillis par les scientifiques, dans de multiples domaines des sciences de la vie et de l'univers, n'ont cessé de guider l'action des TAAF : les informations obtenues au fil des ans sur les habitats et les espèces marines et terrestres orientent la politique de gestion et contribuent à la préservation de la biodiversité unique de ces territoires, notamment celle des îles australes. Le partenariat entre les scientifiques soutenus par l'IPEV et les agents de la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises ont permis de mettre en place un plan de gestion ambitieux et d'envisager aujourd'hui l'extension de la Réserve sur une superficie de plus de 650 000 km².

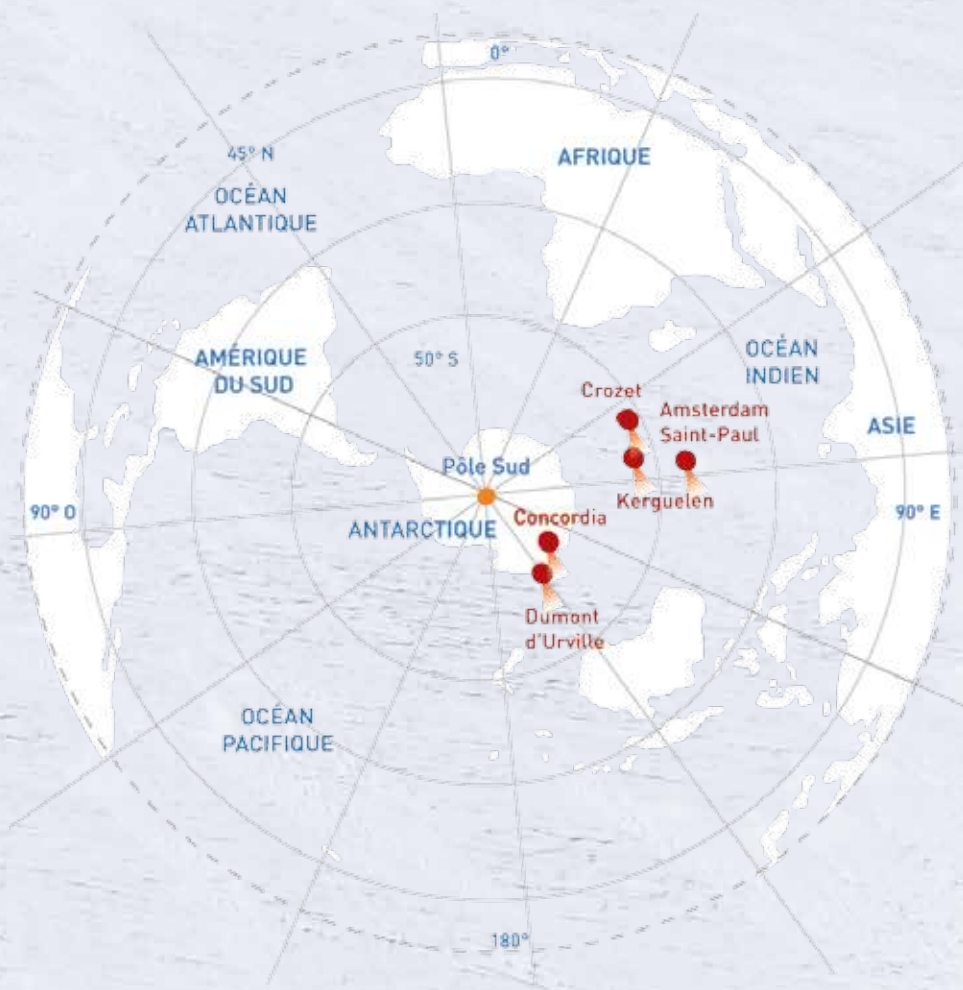
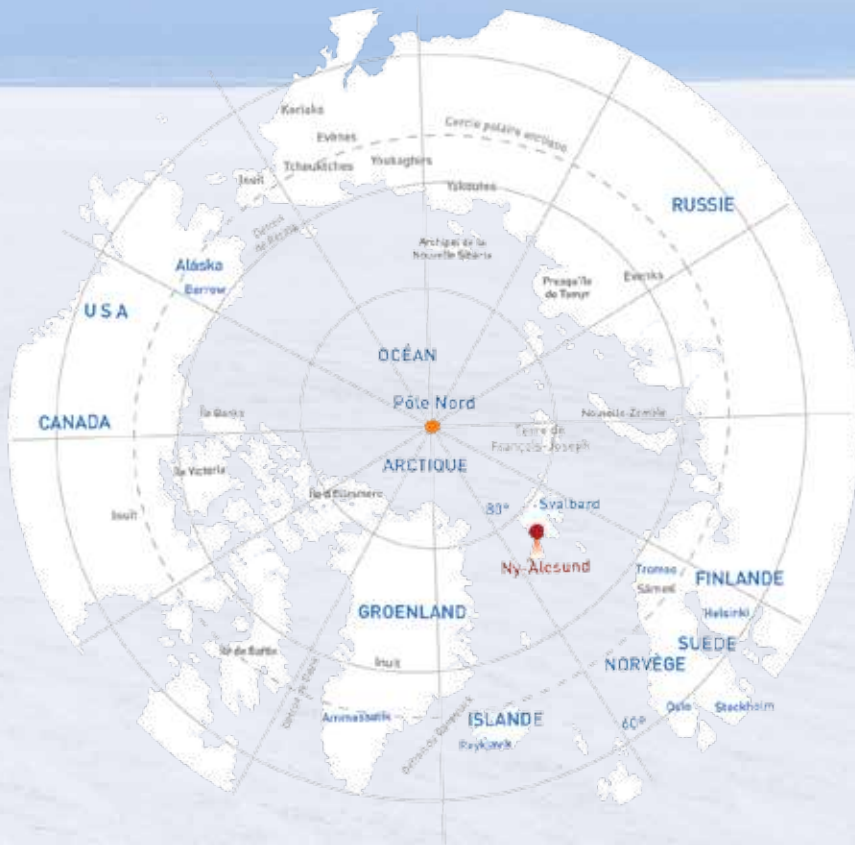
Par ailleurs, l'IPEV et les TAAF ont noué un partenariat opérationnel unique autour du Marion Dufresne II. Ce navire polyvalent, propriété des TAAF, concourt, pendant une partie de l'année, à la desserte des districts austraux – où il permet l'accomplissement des missions de souveraineté des TAAF – mais aussi au déploiement des programmes scientifiques sur ces territoires. Le reste de l'année, il parcourt les mers du monde dans le cadre de campagnes océanographiques pour lesquelles il est mobilisé. Ce partenariat sera renforcé en 2017 avec l'arrivée du nouvel Astrolabe, également propriété des TAAF. Tout comme le précédent, ce navire desservira la base Dumont d'Urville, dont la gestion a été déléguée par les TAAF à l'IPEV, mais sera également présent dans les îles australes, ce qui permettra de renforcer la présence de la France dans ces territoires. Grâce à un partenariat innovant avec la Marine Nationale, le navire sera en effet appelé à patrouiller dans les ZEE françaises de Crozet et de Kerguelen.

Ce panorama bref mais représentatif de la relation TAAF-IPEV ne saurait épuiser la richesse des liens qui unissent ces deux structures. L'essentiel est qu'il montre pourquoi je souhaite, en tant que préfet des TAAF, un excellent vent à l'IPEV pour les années à venir.

Cécile Pozzo di Borgo

Préfet, administrateur supérieur des Terres australes et antarctiques françaises





© Laurent Ballesta

Wild Touch - Institut polaire français



sommaire



08

UNE ANNÉE AVEC L'IPEV

Une année sur le terrain

P.10 Arctique

P.12 Antarctique

P.16 Subantarctique



20

LA SCIENCE TERRESTRE ET CÔTIÈRE

Les programmes
de recherche soutenus

P.22 Programme RAYCO

P.28 Programme PROTEKER

P.36 Programme SUBANTECO

P.42 Programme SUNITE DC



60

L'INSTITUT POLAIRE FRANÇAIS PAUL ÉMILE VICTOR

P.62 Missions du GIP

P.63 Conseil
d'administration

P.63 Représentation
internationale

P.64 Organigramme

P.65 Composition du CPST

P.66 Personnels des bases

P.67 Budget



80

ANNEXES

P.82 Programmes de
recherches soutenus

P.112 Responsables de
programmes

P.114 Sigles



68

PARTENARIAT

P.70 La Réserve
Naturelle à 10 ans

P.76 Coopération avec
l'ESA



©Thibaut Vergoz

Institut polaire français



Une année avec **L'IPEV**



Un programme de recherche à Ny Alesund Photo Christelle Guesnon

La logistique de l'IPEV en Arctique

BASE AWIPEV - NY ALESUND

Cette année 8 programmes scientifiques français en biologie marine, ornithologie, glaciologie et physico-chimie de l'atmosphère ont bénéficié du soutien logistique de l'AWIPEV.

Un point particulièrement important dans le développement de la station fut l'installation d'un relais radio qui va nettement améliorer les communications par radio VHF entre les personnels sur le terrain.

Installation d'un relais radio

Les personnes sur base ont besoin de communiquer entre eux pour l'organisation de la logistique sur le terrain. Le moyen le plus utilisé est l'utilisation d'émetteur/récepteur Radio dans la bande VHF. Le téléphone satellite étant beaucoup plus onéreux. Certaines zones du Fjord devant le village de Ny Alesund étaient assez mal couvertes par les ondes radio VHF du à la présence de certaines îles et de reliefs montagneux. Cette année, l'équipe logistique de l'AWIPEV a installé un relais VHF sur le canal P1 en un point culminant à proximité du village. Les communications s'en sont trouvées grandement améliorées.



Couverture radio dans le kongsfjord

La base Corbel

Photo Christelle Guesnon



BATEAUX

Entretien du bateau côtier Jean Floc'h

Le moteur thermique permettant de faire tourner la pompe hydraulique nécessaire au mouvement de la grue et du winch avait pris un retour d'eau de mer par l'échappement.

Il avait donc grippé quelques temps après. Il a été remplacé et une modification a été effectuée sur le tuyau d'échappement pour éviter que ce problème ne se reproduise par la suite.

Embarcation Raimonde

Lors de la saison 2014, le moteur de l'embarcation de 4.5 m "Raimonde" a posé de nombreux problèmes. En 2015, l'ancien moteur de 40CV Yamaha a donc été remplacé.



BASE CORBEL

Entretien et amélioration

En 2015, la base a été ouverte de mi-avril à mi-octobre avec une occupation totale de 183 jours/hommes. En dehors de cette période, la base n'est pas accessible au personnel et fonctionne en mode hivernage grâce à l'installation électrique opérationnelle qui alimente les équipements scientifiques. Au préalable, les circuits d'eau sont vidangés, les aérations condamnées pour éviter les entrées de neige et les volets mis en place.

En avril, une cuisinière/poêle à bois a été installée afin de pouvoir chauffer et sécher le bâtiment vie sans charge supplémentaire sur le circuit électrique et donc les batteries. En octobre, le circuit d'eau pompe, tuyaux et réservoir a été complètement nettoyé.



Nouvelle cuisinière Base Corbel

La logistique de l'IPEV en Antarctique

Après trois saisons de difficultés, l'accès à la station Dumont d'Urville a été très aisé dès le début de la saison, en octobre 2015.

En effet, une tempête survenue en août a provoqué une débâcle partielle de la banquise hivernale et a amorcé la formation de la polynie proche de la station. Le mauvais temps continu a par la suite empêché tout regel important.

Ainsi, le navire qui a appareillé le 23 octobre d'Hobart a pu franchir le pack sans difficultés pour accoster à la banquise à 11 km de la station.

Les dispositions techniques utilisées en novembre 2014, utilisation de tapis tractés, avaient par prudence été reconduites. Il a donc été possible de débarquer en un temps relativement court un volume de 290 m³ et trois conteneurs 20 pieds de fret.

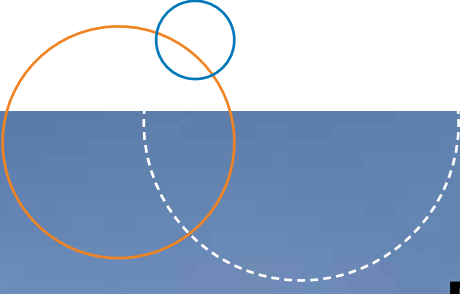
La débâcle a progressé doucement, aidée par des périodes de mauvais temps et de houle. A la fin de la 1^{ère} rotation mi-novembre, le bord de banquise n'était plus qu'à 4 km de DDU. Le navire est reparti le 14 novembre vers Commonwealth Bay puis Hobart.

En parallèle au voyage R0 du navire, deux vols de l'avion Basler affrété par l'ENEA ont transporté vers Dumont d'Urville, 17 personnes le 6 novembre puis 11 personnes le 13 novembre.

Fin novembre, l'eau libre a touché Dumont d'Urville puis le glacier de l'Astrolabe vers mi janvier 2016. Les rotations depuis la Tasmanie ont eu lieu en phase

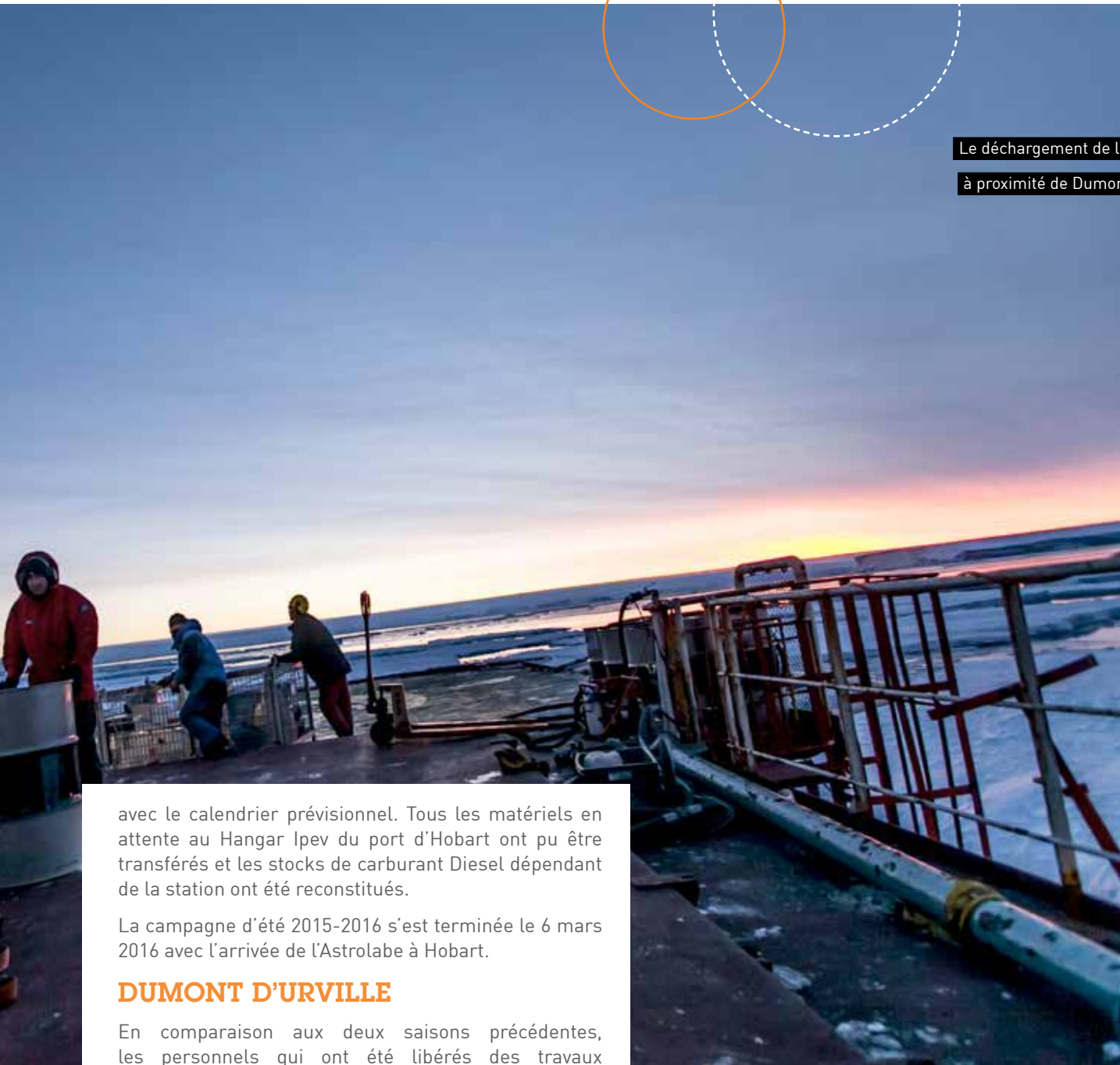


Photos Thibaut Vergoz pour l'IPEV



Le déchargement de l'Astrolabe

à proximité de Dumont d'Urville



avec le calendrier prévisionnel. Tous les matériels en attente au Hangar Ipev du port d'Hobart ont pu être transférés et les stocks de carburant Diesel dépendant de la station ont été reconstitués.

La campagne d'été 2015-2016 s'est terminée le 6 mars 2016 avec l'arrivée de l'Astrolabe à Hobart.

DUMONT D'URVILLE

En comparaison aux deux saisons précédentes, les personnels qui ont été libérés des travaux supplémentaires issus de la logistique, ont pu reprendre normalement les travaux de maintenance de la station en fonction des rotations du navire. A défaut de grands travaux de rééquipement (matériels en cours de livraisons), les travaux suivants ont été conduits :

- habillage des parois latérales du laboratoire numéro 1 (Bt 25)
- montage et livraison du bâtiment CEA destinés aux contrôles radionucléides,
- préparation (passerelle périphérique, supports d'échafaudage) pour les travaux de couverture du Bt 31 réfectoire (maintenant prévus en 2016-2017)



Logistique à Concordia

La logistique de l'IPEV en Antarctique

Aéroport de D10

- Mise en service par une phase de tests électriques de l'éolienne Ropatec montée en fin de campagne 2014 - 2015
- Remplissage d'une vingtaine de conteneurs certifiés pour un transfert vers l'Australie ou vers l'Europe, suite à la possibilité de recharger de nouveau le navire

RAID DUMONT D'URVILLE CONCORDIA

Le premier raid logistique n° 57 est parti le 20 décembre 2015. Il est arrivé le 2 janvier 2016 sur site. Il en est reparti le 6 janvier pour revenir à la côte le 14.

Le second raid de transport n° 58 est parti plus tard que prévu, le 23 janvier 2016, en raison d'opérations de maintenance sur plusieurs tracteurs. Il est arrivé le 3 février 2016 à Concordia pour en repartir le 6 et revenir à la côte le 16 février.

SOUTIEN À L'OPÉRATION LOCK-IN

Le raid n° 57 a transporté le matériels (caravanes couchage et énergie, magasin vivres et rechanges, caisses isothermes Skufa, carottier) de l'opération Lock-in jusqu'à Concordia. Les équipes ont ensuite procédé à l'installation du camp de forage à 135 km au nord de la station¹. Les travaux Lock-in ont duré du 7 au 21 janvier 2016. Disposant de deux tracteurs, les personnels ont rejoint Concordia avec tous les matériels, dans la foulée de la fin du programme.

¹ Voir résumé du projet page 102



Le nouveau traineau



STATION FRANCO ITALIENNE CONCORDIA

La campagne d'été s'est déroulée sans problèmes. Le premier vol au départ de Christchurch a eu lieu le 6 novembre 2015. Il n'y a pas eu d'indisponibilité d'avions. Le passage du dernier avion le 20 février, un Basler de l'opérateur australien AAD, a livré des pièces urgentes pour la centrale électrique et a marqué la fermeture de la station.

A l'instar des bases Dumont d'Urville et de Cap Prudhomme, il n'y a pas eu de travaux d'étés de grande envergure. En revanche les activités scientifiques ont bénéficié d'un soutien accru de la part des personnels IPEV.

Les travaux courant ont concerné :

- Installation de mains courantes de sécurité sur le toit de la centrale électrique.
- Intégration, à la centrale électrique, d'armoies électriques onduleur (200 KVA) du réseau solaire en cours de montage
- Réinstallation du shelter VSAT
- Une opération de maintenance plus conséquente sera prévue concernant les panneaux extérieurs du dessous de la station qui ont été recalés cette année
- Remplacement du générateur n°3 par un groupe révisé en Australie.
- Installation d'un tunnel Tubosider utilisé en tant que gaine technique, pour le passage de câbles et de tuyauteries entre l'atelier véhicule, l'atelier chaudronnerie et la centrale électrique
- Remise en place du chemin de câble entre Superdarn et Concordia .

TRAVAUX À CAP PRUDHOMME

Même sans chantier de grande ampleur, l'activité à Cap Prudhomme a été soutenue avec les travaux de maintenance du parc comprenant 20 engins moteurs, 40 traîneaux dont certains de 15 m.

La rénovation des caravanes (Lamberet) des convois pour Concordia a été terminée. La nouvelle cuve de transport de carburant de 32 m³ a été mise en service. Cette cuve fait l'objet de plusieurs innovations techniques : doublement de la surface en contact avec le sol, nouveau dessin de skis (spatule elliptique), nouvelle technologie de skis (skis pleins en bois revêtus polyéthylène permettant une planéité parfait de la semelle), dynamique de traction.

Un test d'un nouveau traîneau (V2.0) soutenu par des coussins plastiques gonflés à l'air comprimé a été conduit. Les travaux de finition des caravanes laboratoires du LGGE ont commencé.



Caravanes Lamberet

La logistique de l'IPEV dans les îles Subantarctiques

La campagne d'été scientifique 2015 dans les îles Subantarctiques a débuté le 13 novembre avec le départ du Marion Dufresne de La Réunion. Le début de l'hivernage a commencé au mois d'avril.

Cette année, du fait de la jouvence du Marion Dufresne, la majeure partie du déploiement de l'activité scientifique et technique s'est déroulée sur la période de mi-novembre à mi-janvier. La campagne d'été s'est prolongée jusqu'au mois d'avril pour les services techniques et quelques campagnes d'été scientifiques.

Pendant les rotations OP3 et OP4, l'activité logistique a été axée comme chaque année sur l'approvisionnement des sites isolés, soit une vingtaine de refuges. Ces approvisionnements permettent de déposer des quantités de vivres pour l'année, du matériel destinés à l'entretien et réparation et du matériel scientifique.

L'activité logistique durant cette campagne a permis le soutien aux 24 programmes qui ont été mis en oeuvre. Plusieurs chantiers techniques ont eu lieu sur les sites isolés dont l'IPEV a la charge.



Pointe basse

Refuge à Crozet





Port Elizabeth

module de type igloo



Refuge de Bossière 2016

©Pierre Parentoine -Institut polaire français

D'une part, la mise en place de nouveaux sites d'étude avec l'implantation de refuges :

- Lac Bontemps, installation de trois structures pouvant recevoir 4 scientifiques. Ce refuge est composé d'un module de vie et de deux petites structures de couchage. Ce site a été ouvert pour permettre au programme SALMEVOL de travailler sur le front de colonisation de la truite sur Kerguelen.
- Port Elizabeth, mise en place d'une structure en fibre de type igloo pour permettre aux scientifiques de travailler sur la faune et de la flore sur la péninsule Courbet. Le site étant considéré comme sensible par le gestionnaire de la réserve naturelle, le module implanté répond aux conditions de biosécurité qui avait été préconisées. Ce module permet d'accueillir trois scientifiques pour de courts séjours.

La logistique de l'IPEV dans les îles Subantarctiques

D'autre part, l'une des missions de l'IPEV dans les îles subantarctiques est de maintenir l'ensemble des refuges qui sont répartis au plus près des sites d'études scientifiques. De ce fait, lors de cette campagne d'été, l'équipe logistique a réalisé de nombreux travaux sur les refuges dont il a la gestion. Ce parc de refuges est composé d'une trentaine de structures qui nécessitent des interventions régulières, autant pour maintenir leur état que pour réaliser des travaux plus importants.

SUR CROZET

- Pointe Basse : amélioration de l'autonomie énergétique du refuge avec la mise en place d'une éolienne en complément du système photovoltaïque déjà existant. Les travaux sur la structure du radier de la cabane ont été réalisés et le toit du module de stockage des vivres a été repris.
- Baie Américaine : reprise de la structure du radier et pose d'une nouvelle terrasse. Les peintures et l'étanchéité des structures ont été réalisées.

SUR KERGUELEN

- Guillou : rénovation complète du refuge avec la mise en place d'un bardage extérieur et la rénovation complète du toit. Le refuge est régulièrement occupé par les programmes scientifiques. Il a donc été équipé d'une structure photovoltaïque et son aménagement intérieur a été rendu plus fonctionnel. Le grillage qui permet d'isoler l'île Guillou de toute invasion de mammifères introduits a également été réparé.
- P12 : refuge historique d'une quarantaine d'année idéalement positionné pour rayonner sur la presqu'île de Ronarch a été intégralement repris par un bardage extérieur et la rénovation de son aménagement intérieur.
- Gazelle : mise en place d'une nouvelle structure lors de l'OP3 2015 par dépose hélicoptère et démolition de l'ancienne structure du site. Un chantier pour réaliser l'aménagement intérieur de ce module permet maintenant d'accueillir une équipe de trois personnes.





Kerguelen, site de Cap Cotter



Kerguelen

site de Cap Cotter

- Cap Cotter : remise à neuf du réseau électrique du refuge et mise en place d'un nouveau système photovoltaïque.
- Bossière : peinture et étanchéité du refuge ainsi que la reprise de l'aménagement intérieur pour optimiser les volumes.
- Sur la base de Port-aux-Français, dans la continuité des années précédentes afin de libérer les anciennes structures historiquement destinées au stockage du matériel scientifique et technique et qui seront prochainement démantelées, le travail de réorganisation des bâtiments IPEV s'est poursuivi. Un bâtiment de substitution a été alloué à l'IPEV pour permettre le stockage des équipements scientifiques. Ce bâtiment "Chez Peter" a été réaménagé pour permettre le stockage long terme du matériel scientifique. Des alvéoles de stockage alloués par programmes ainsi que des racks ont été installés.

SUR AMSTERDAM

- Entrecasteaux : pour répondre aux exigences liées à la biosécurité et l'étude de l'épidémiologie des colonies d'oiseaux de ce site, un chantier a été réalisé pour adapter les structures aux besoins des scientifiques. Le local de stockage des vivres et des équipements techniques a été réaménagé pour y installer de nouvelles paillasses de travail, permettre le stockage des équipements également utilisés dans les colonies d'oiseaux. Ce chantier a concerné la récupération d'eau de pluie pour le lavage du matériel, l'augmentation de la capacité photovoltaïque, le stockage des échantillons en froid maîtrisé et l'aménagement d'un préau pour le stockage des vêtements de travail.



Prise de retour
ce ballon à
Concordia
Dome C

75° 06' S
123° 23' E

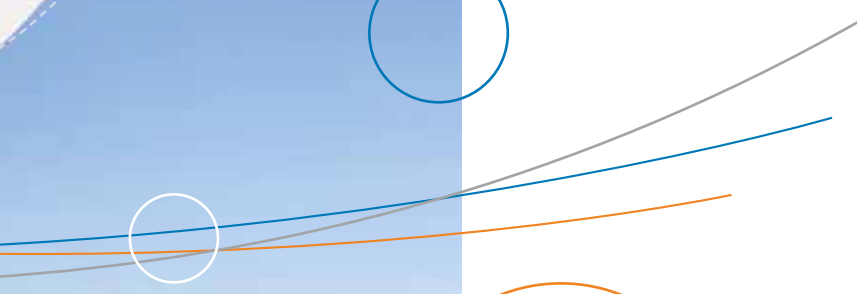
Paul
Pacheco
Globe

DC 11

BAILO

©Thibaut Vergoz

Institut polaire français



La science terrestre et côtière

Surveillance du rayonnement cosmique aux Îles Kerguelen et en Terre Adélie

Karl-Ludwig Klein¹ • Ymane Taoufiq¹ • Nicolas Fuller¹ • Alain Desautez²

La Terre est en permanence bombardée par des particules de haute énergie – protons, ions, électrons – provenant de l'Univers. Au travers de cascades de réactions nucléaires dans l'atmosphère de la Terre, elles créent des particules secondaires au sol qui peuvent être détectées par les moniteurs à neutrons. Cet article donne un aperçu des observations des moniteurs à neutrons aux Iles Kerguelen et en Terre Adélie pour la physique solaire et pour des applications à la météorologie de l'espace, en l'occurrence l'évaluation des doses de radiation reçues par le personnel de l'aviation civile.

The Earth is continually bombarded by high-energy particles of cosmic origin – protons, ions, electrons. They create secondary particles through cascades of nuclear reactions in the Earth's atmosphere, which can be detected by neutron monitors at ground level. This article gives a glimpse of the observations conducted with the neutron monitors at Kerguelen Islands and at Terre Adélie for solar physics and space weather applications, especially the evaluation of radiation doses received by civil air crew.

LE RAYONNEMENT COSMIQUE

La Terre est la cible permanente de particules chargées de haute énergie en provenance de l'Univers – électrons, protons, noyaux atomiques lourds. Plusieurs sources se situent dans notre galaxie, comme les restes de supernovae, résultant de l'explosion d'étoiles massives. Le Soleil produit également, lors de certaines éruptions, des jets de particules énergétiques. Dans certains cas, des protons acquièrent une énergie jusqu'à dix millions de fois supérieure à celle qu'ils avaient avant l'accélération. Pour comparaison, un sprinter qui court 100 mètres en 10 secondes a une énergie cinétique de 81 fois supérieure au piéton moyen. L'accélération des particules chargées requiert l'établissement temporaire d'un champ électrique dans un milieu qui est électriquement conducteur. Les mécanismes mis en jeu sont encore une source d'interrogation et d'étude pour les astrophysiciens.

Pour répondre à ces questions, nous avons besoin d'observations. Nous voulons d'une part comprendre les mécanismes physiques à l'œuvre. D'autre part, les rayons cosmiques interagissent avec l'atmosphère de la Terre. Ils affectent ainsi la composition et l'ionisation de l'atmosphère, interagissent avec l'électronique à bord de vaisseaux spatiaux et d'avions et créent des doses de radiation auxquelles sont exposés les voyageurs et, de façon répétée, le personnel navigant de l'aviation. Ce sujet est l'une des applications de la météorologie de l'espace. Le programme RAYCO fournit, par la surveillance du rayonnement cosmique, des données de base pour la recherche astrophysique et pour la surveillance des doses de radiation reçues par les équipages de l'aviation civile en France.

COMMENT OBSERVER LE RAYONNEMENT COSMIQUE : LES MONITEURS À NEUTRONS

Une particule de haute énergie heurtant un atome de l'atmosphère terrestre casse le noyau et produit des particules secondaires, notamment des protons et neutrons. Certaines (indiquées par P et N dans le schéma de la *Figure 1*) ont une énergie suffisante pour reproduire ce processus avec d'autres noyaux, plus bas dans l'atmosphère. Une cascade d'interactions nucléaires s'établit qui

[1] LESIA – Observatoire de Paris, CNRS, PSL Research University, Universités Pierre & Marie Curie et Paris-Diderot, Meudon. ludwig.klein@obspm.fr
[2] IPEV - Institut polaire français, Plouzané

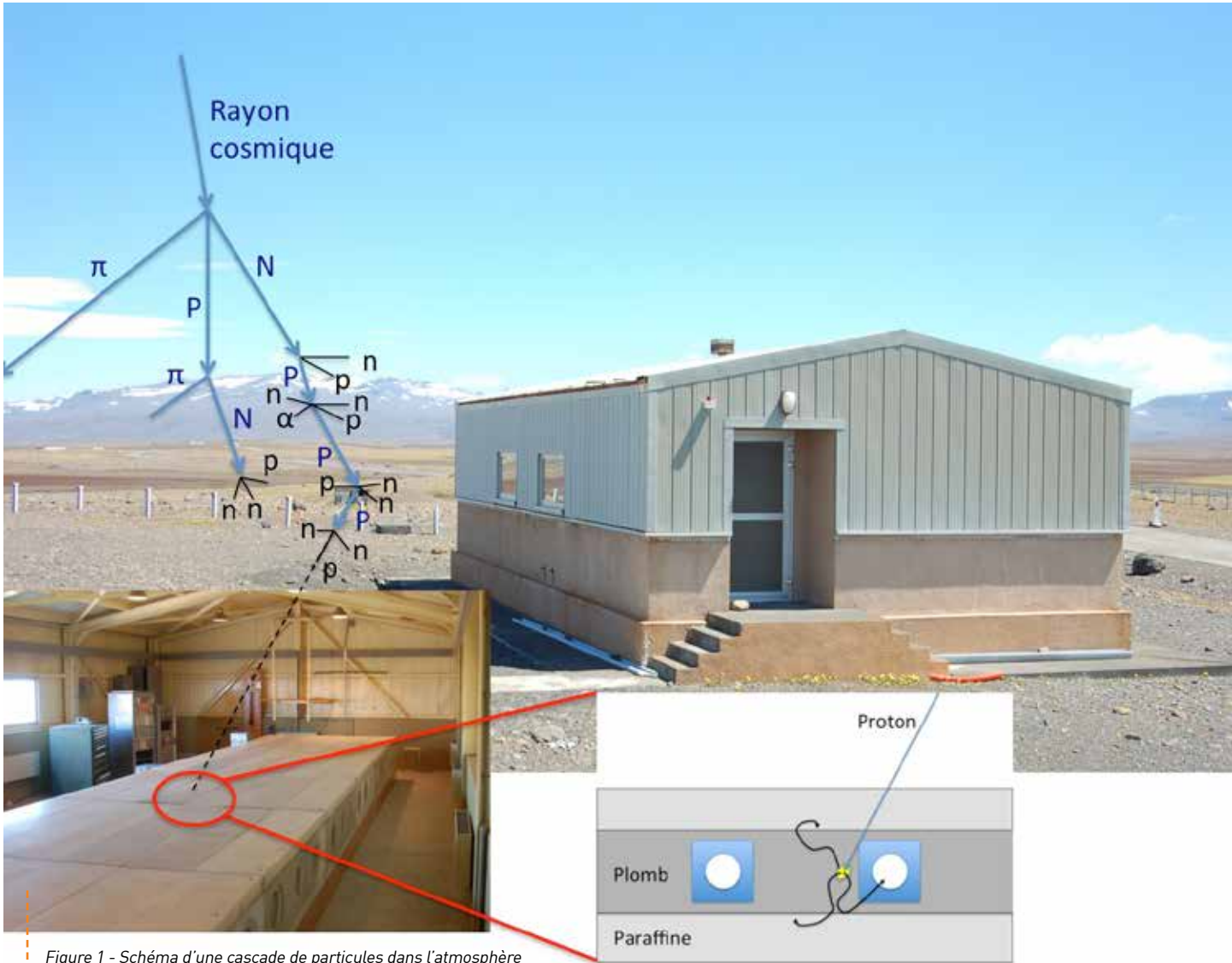


Figure 1 - Schéma d'une cascade de particules dans l'atmosphère de la Terre et de la détection par un moniteur à neutrons.

atteint le sol si l'énergie de la particule primaire est d'au moins 450 MeV¹, correspondant à une vitesse de 74% de la vitesse de la lumière. Tout le long du chemin, des protons et neutrons de moindre énergie (indiqués par p et n dans le schéma) sont également éjectés.

Les moniteurs à neutrons sont composés de tubes de comptage entourés de plomb, où les particules secondaires produisent des neutrons supplémentaires. Dans l'illustration de la Figure 1, le proton incident produit trois neutrons qui traversent l'instrument dans une marche aléatoire (lignes noires). Deux sont arrêtés dans la paraffine entourant le plomb, alors qu'un neutron entre dans le modérateur qui entoure le tube

de détection (surface dessinée en bleu). Le neutron y est freiné avant d'entrer dans le tube de comptage. Là, le neutron produit des réactions nucléaires avec du fluor, libérant des noyaux atomiques électriquement chargés qui sont collectés sur une électrode et détectés. Un moniteur à neutrons mesure donc surtout des neutrons, mais les rayons cosmiques créant la cascade sont en général des protons et ions lourds.

Bien avant d'arriver dans la haute atmosphère, le rayonnement cosmique subit l'influence du champ magnétique terrestre, qui filtre les particules en fonction de leur énergie. À proximité des pôles géomagnétiques, les particules atteignent l'atmosphère le long des lignes de champ qui émergent verticalement de la Terre. Le champ magnétique

¹ 1 MeV (mega-électron-Volt) = 1,6 · 10⁻¹³ Joule, 1 GeV (giga-électron-Volt) = 10⁹ MeV

n'oppose alors aucun obstacle à la propagation de la particule. En revanche, à l'équateur, les lignes de champ sont un barrage que seules les particules avec une énergie supérieure à 10 GeV peuvent passer.

De ce fait, des moniteurs à neutrons à différents points sur la Terre voient des particules dans des gammes d'énergie différentes. La mise en réseau des moniteurs permet de mesurer le spectre d'énergie des rayons cosmiques et la direction d'arrivée. La cinquantaine de moniteurs du réseau mondial devient ainsi un seul instrument bien plus puissant que les moniteurs individuels. La France participe au réseau mondial avec les moniteurs des Iles Kerguelen et de Terre Adélie.

LE RÉSEAU MONDIAL DES MONITEURS À NEUTRONS ET LE PROJET NEUTRON MONITOR DATABASE (NMDB)

Le concept des moniteurs à neutrons date des années 1950. Une collaboration informelle s'est créée dès le début. Elle a conduit à un concept unifié d'un moniteur à neutrons. Ces instruments sont placés à différents endroits pour exploiter la capacité de spectrométrie et de détection des directions d'arrivée. Compte tenu de l'intérêt scientifique persistant et d'un besoin croissant d'accéder aux mesures du rayonnement cosmique, un groupe de chercheurs européens et de quelques pays limitrophes s'est constitué en 2007 pour créer une base de données donnant un accès standardisé aux observations des moniteurs à neutrons qui participent. Le projet NMDB a vu le jour grâce au financement de l'Union Européenne dans le cadre de son 7^e Programme-cadre pour la recherche et le développement technologique en 2008 et 2009. L'Observatoire de Paris a développé l'interface graphique d'accès aux données, dont deux illustrations sont montrées dans les Figures 2 et 3. L'évidente valeur ajoutée du projet a incité des groupes aux États-Unis, au Mexique, en Australie, en Afrique du Sud à le rejoindre. Grâce à ce réseau unique, de nombreux moniteurs fournissent dorénavant des données en temps réel (1 mesure/minute) accessibles publiquement².

² www.nmdb.eu

QUELQUES ILLUSTRATIONS

La modulation solaire du rayonnement cosmique galactique

La Figure 2 montre l'évolution depuis 50 ans des rayons cosmiques mesurés par les moniteurs à neutrons Jungfraujoch, Kerguelen, Kiel, Oulu et Terre Adélie. On note une variation avec une amplitude d'environ 10% du taux de comptage moyen. La comparaison avec l'indice des taches solaires (fourni par l'Observatoire Royal de Belgique; courbe en violet), qui est une indication de l'intensité du champ magnétique du Soleil, révèle une anticorrélation : le flux du rayonnement cosmique à la Terre est plus intense quand les taches solaires sont rares, et moins intense quand elles sont nombreuses. Ce phénomène bien connu, appelé la modulation solaire du rayonnement cosmique, révèle l'effet d'écran du champ magnétique solaire. Ce champ magnétique, mesuré par l'indice des taches à la surface du Soleil, est transporté dans l'espace interplanétaire par le vent solaire. Quand il est intense, il réduit le flux des rayons cosmiques pénétrant à l'intérieur du système solaire. La variation de l'indice des taches avec une période d'environ 11 ans révèle le cycle d'activité du Soleil. Le champ magnétique interplanétaire, montré indirectement par le flux des rayons cosmiques, y répond.

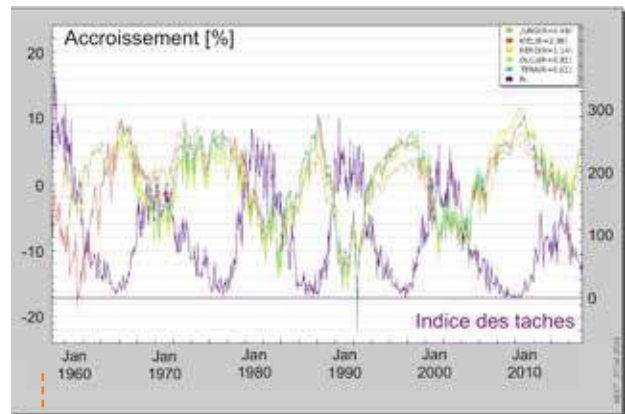
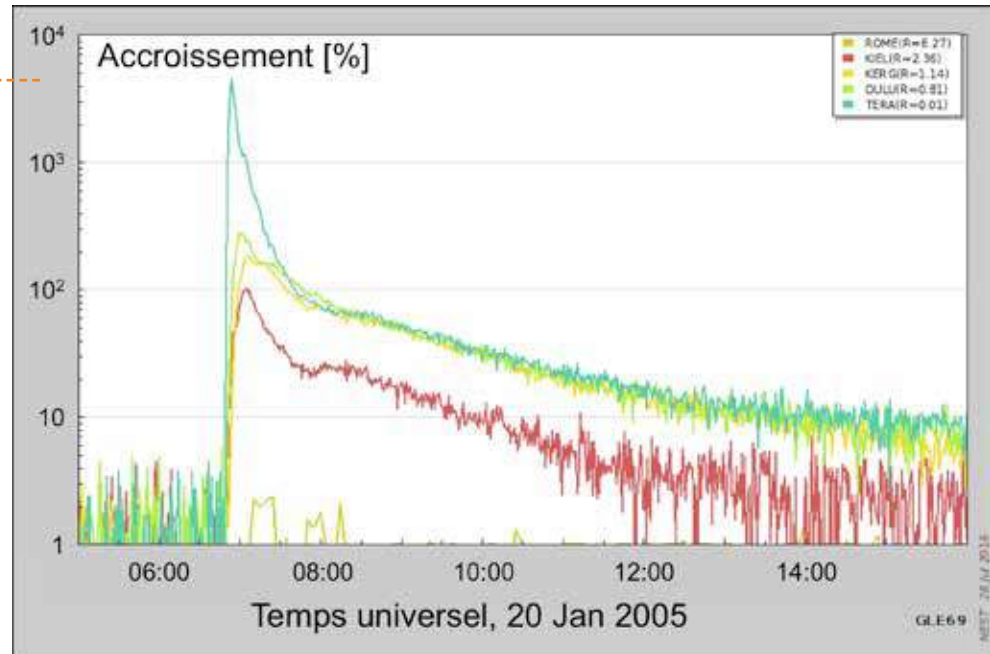


Figure 2 - Rayonnement cosmique (ordonnée gauche) et indice des taches solaires (violet, ordonnée droite) de 1957 à 2016. Source: www.nmdb.eu.

Mais, comme on le voit également dans la Figure 2, la modulation solaire évolue à l'échelle de plusieurs cycles solaires: le flux des rayons cosmiques mesuré aux alentours du maximum d'activité a augmenté entre 1991, 2001 et 2014. Il a augmenté au dernier minimum d'activité (2008) par rapport à tous les minima précédents depuis 1957. Ces augmentations du flux de particules traduisent la diminution du champ magnétique interplanétaire : une diminution lente du champ magnétique global du Soleil se superpose à sa variation avec le cycle d'activité.

Figure 3
L'événement solaire
du 20 janvier 2005
vu par quelques moniteurs à
neutrons (www.nmdb.eu).



Observation des particules solaires les plus énergétiques

Le Soleil accélère des électrons, protons et ions lors de certaines éruptions, où de l'énergie emmagasinée dans le champ magnétique de la couronne solaire est libérée de façon explosive. Une question clef pour identifier les processus d'accélération est de savoir jusqu'à quelles énergies le spectre des particules s'étend. Le Soleil donne l'occasion unique en astrophysique d'observer les phénomènes éruptifs dans sa couronne et des particules accélérées qui s'échappent dans l'espace interplanétaire. Des particules jusqu'à quelques dizaines ou centaines de MeV sont mesurées de façon continue par des sondes spatiales. Les moniteurs à neutrons mesurent la composante haute énergie jusqu'à plusieurs dizaines de GeV, si elle existe.

Mais une dizaine d'événements solaires seulement est détectée par les moniteurs à neutrons en moyenne par cycle d'activité de 11 ans : le Soleil est certes capable d'accélérer des particules à des énergies de quelques GeV, mais il s'agit là de cas extrêmes. L'actuel cycle d'activité du Soleil se révèle, là encore, particulièrement faible : un seul événement à particules, assez modeste, a été détecté par les moniteurs à neutrons depuis 2007.

Un événement très fort a été observé le 20 Janvier 2005.

Comme le montre la Figure 3, différents moniteurs à neutrons répondent de façon différente : Rome ne voit pas d'excès, parce que les particules accélérées n'étaient pas assez énergétiques pour accéder à cette station. Terre Adélie voit un signal bref et très fort, dépassant le niveau du rayonnement cosmique galactique presque d'un facteur 50. Le signal monte plus lentement à Kerguelen, Oulu, Kiel et le maximum est bien moindre. Cette différence révèle surtout la directivité des particules solaires. Le moniteur de Terre Adélie "regardait" pendant cet événement le long de la direction du champ magnétique interplanétaire. Le gros des particules venait de cette direction-là. Elles étaient invisibles aux autres moniteurs, où les particules arrivaient plus tard de toutes les directions, après avoir été diffusées par les fluctuations du champ magnétique interplanétaire.

Cette évolution temporelle nous a conduits sur la piste de l'accélérateur: dans plusieurs articles³ nous avons comparé le profil temporel des moniteurs à neutrons avec les processus éruptifs dans la couronne solaire. Nous concluons que les protons et ions sont sans doute accélérés aux très hautes énergies dans des champs magnétiques complexes de la couronne, dont la restructuration au cours de l'éruption crée des champs électriques temporaires. Le déroulement précis de ce processus et la manière dont les particules atteignent de si hautes énergies n'est pas encore compris

³ Masson et al. 2009, Klein et al. 2014, 2015

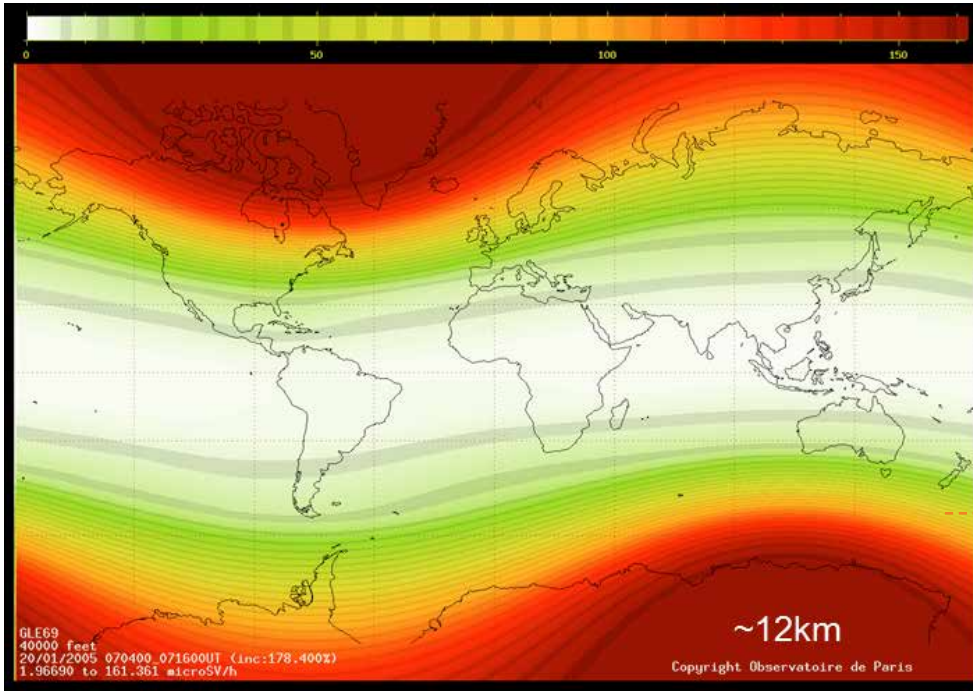


Figure 4
Carte du débit de dose estimé à l'altitude de 12 km pendant l'événement solaire à particules du 20 janvier 2005.

Météorologie de l'espace : le système SIEVERT

Le flux des particules secondaires engendrées par les rayons cosmiques dans l'atmosphère de la Terre devient important au-dessous d'une altitude d'environ 40 km. A l'altitude des vols de l'aviation civile, aux alentours de 12 km, la dose biologique de radiation est environ le double de celle au sol. De ce fait des personnes se trouvant exposées sur des durées prolongées font l'objet d'une surveillance médicale spécifique. En Europe, chaque membre du personnel navigant de l'aviation civile doit disposer d'un bilan de son exposition tenant compte de la route des vols effectués. Des mesures doivent être prises par les compagnies pour éviter le dépassement de seuils d'exposition.

Dans le cadre du système SIEVERT, développé par la Direction générale de l'aviation civile (DGAC), l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) et l'Observatoire de Paris, les moniteurs à neutrons des Iles Kerguelen et de Terre Adélie sont utilisés pour la surveillance des flux des rayonnements cosmiques galactique et solaire. Le flux du rayonnement galactique est permanent, mais, comme le montre la Figure 2, lentement variable. Il est mesuré et prédit pour les mois à venir. Lors d'événements solaires particulièrement intenses, un modèle dédié estime la dose supplémentaire engendrée en chaque point d'un maillage 3D de l'atmosphère de la Terre. Ces valeurs, fournies à l'IRSN, permettent d'évaluer les doses en fonction des routes des vols qui ont été opérés pendant l'événement.

La Figure 4 donne la carte du débit de dose (dose par unité de temps) lors de l'événement solaire du 20 Janvier 2005. Des régions en rouge foncé sont les plus exposées, avec un maximum de 161 μSv (micro-Sievert) par heure, alors que les régions en blanc, avec une dose de 2 μSv par heure, sont les mieux protégées par le champ magnétique de la Terre.

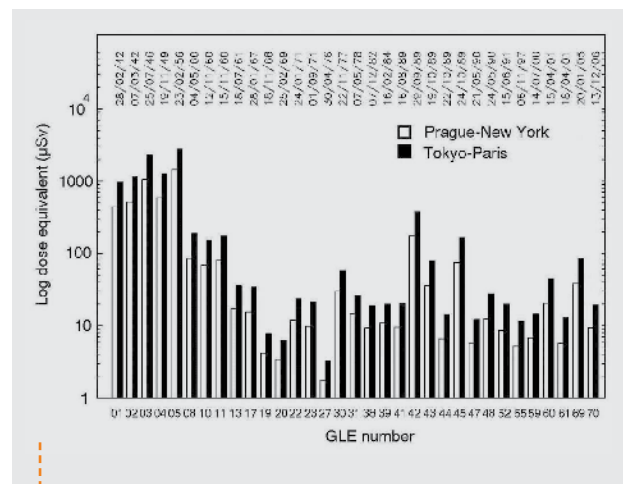
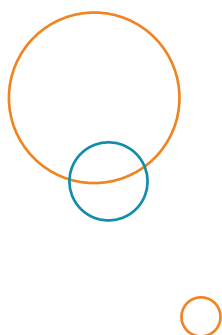


Figure 5 - Doses à bord de deux vols types lors des événements solaires à particules détectés au niveau de la mer. D'après Lantos & Fuller (2004).

D'un point de vue historique, cet événement, bien que rare, n'est pas exceptionnel. La Figure 5 donne l'estimation, par la même méthode, des doses reçues à bord de vols types lors de tous les événements solaires à particules détectés au sol depuis 1942. Le niveau typique de la dose sur ces vols est d'environ 50 μSv en l'absence d'événement solaire. Les événements les plus importants ont été détectés dans les années 1940 et 1950. Ceux survenus plus tard n'ont fait que doubler ou tripler la dose de radiation habituelle. La dose annuelle reçue, qui est la valeur cumulative à surveiller, n'est donc pas fortement affectée par ce type d'événement. Un événement solaire majeur doit être inclus dans la surveillance des effets cumulatifs, mais une alerte en temps réel ne se justifie pas dès lors que l'événement individuel ne constitue pas une menace particulière d'un point de vue dosimétrique.



POURQUOI LES MONITEURS À NEUTRONS ?

Les moniteurs à neutrons ont été conçus dans les années 1950-1965. Malgré leur âge, ils restent l'équipement standard pour mesurer les particules les plus énergétiques que le Soleil est capable d'accélérer. Ils sont à ce titre un complément essentiel des mesures depuis les sondes spatiales aux énergies plus basses. Ils le seront de nouveau pour les projets Solar Orbiter (ESA) et Solar Probe Plus (NASA) qui s'approcheront du Soleil jusqu'à 0,3, voire 0,05 fois la distance Soleil-Terre et fourniront des données inédites sur les particules jusqu'à des énergies d'une centaine de MeV. Les moniteurs jouent aussi un rôle grandissant dans les activités de météorologie de l'espace. C'est parce qu'ils sont en service depuis longtemps qu'ils nous renseignent sur l'évolution globale du champ magnétique du Soleil, qui est un sujet important pour la compréhension du cycle d'activité. Le développement d'une base de données spécifique, NMDB, qui donne un accès unifié à une grande partie du réseau mondial des moniteurs à neutrons, a récemment conduit à une meilleure disponibilité des données pour la communauté scientifique et pour un nombre croissant d'autres utilisateurs. La collaboration entre l'IPEV et l'Observatoire de Paris restera essentielle pour assurer la contribution française.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Klein K.-L., Masson S., Bouratzis C., Grechnev V., Hillaris A., Preka-Papadema P., The relativistic solar particle event of 2005 January 20: evidence on the origin of delayed particle acceleration, *Astron. Astrophys* 572, A4 (2014)
- Klein K.-L., Agueda N., Bütikofer R., On the origin of relativistic solar particle events: interplanetary transport modelling and radio emission, 34th Int Cos Ray Conf, La Haye, 2015, *Proc. of Science* (2015)
- Lantos P., Fuller N., Semi-empirical model to calculate potential radiation exposure on board airplane during solar particle events, *IEEE Trans. Plasma Sci.* 32(4), 1468 (2004)
- Masson S., Klein K.-L., Bütikofer R., Flückiger E.O., Kurt V., Yushkov B., Krucker S., Acceleration of relativistic protons during the 20 January 2005 flare and CME, *Solar Phys* 257, 305 (2009)

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient l'IPEV et son personnel, ainsi que les volontaires du service civique qui assurent le suivi des moniteurs à neutrons à Kerguelen et Terre Adélie, pour le soutien qu'ils apportent depuis de nombreuses années au programme RAYCO.

PROTEKER PHASE I : L'INSTALLATION

Un observatoire sous-marin des effets du changement global sur les communautés benthiques côtières de l'Archipel des Kerguelen.

Jean-Pierre Féral¹ • Thomas Saucède² • Nadia Améziane³

Dans le contexte actuel de changement climatique, les variations du niveau de la mer et de la biodiversité marine auront une incidence sur les écosystèmes marins des îles subantarctiques, en particulier dans les eaux côtières. Des sites explorés au cours des programmes marins passés autour des Kerguelen ont été revisités lors de 3 campagnes d'été de La Curieuse. 18 sites ont été explorés en plongée, à l'aide d'un chalut à perche et d'un ROV. 8 d'entre eux ont été choisis et équipés de capteurs et de placettes de colonisation pour suivre les paramètres physiques de l'environnement et la dynamique de peuplement. Certaines espèces, dont la structure génétique est connue, ont été sélectionnées pour un suivi génétique et la détermination de zones sensibles. L'ensemble apportera aussi les bases scientifiques à la détermination des zones côtières à protéger et à gérer. PROTEKER fait partie d'un plus vaste réseau d'observation à l'échelle de l'océan Austral : il a rejoint la Zone Atelier Antarctique et subantarctique de l'Institut écologie et environnement du CNRS (INEE) et les groupes d'action internationaux ANTOS [Antarctic Near-shore and Terrestrial Observing System] et ISSA [Integrated Science for the Sub-Antarctic] du SCAR.

In the current context of climate change, sea level variations and the alteration of marine biodiversity are expected to impact marine ecosystems of the sub-Antarctic Islands and coastal areas in particular. Coastal marine areas of the Kerguelen Islands investigated during previous oceanographic programs were revisited during three scientific summer campaigns of the trawler La Curieuse. Eighteen sites were explored by scuba diving, by using a small beam trawl and with a ROV. Eight sites were selected and equipped with sensors and settlement plots for monitoring physical parameters and colonization dynamics. Some species for which the genetic structure is known were selected for genetic monitoring and determining the most sensitivity areas. The whole system will bring conservation managers the scientific grounds for determining how coastal zones should be protected and managed. PROTEKER makes part of a larger observatory network of the Southern Ocean: it has joined the French INEE Zone Atelier Antarctique et subantarctique and the SCAR International Action Groups ANTOS [Antarctic Near-shore and Terrestrial Observing System] and ISSA [Integrated Science for the Sub-Antarctic].



Frondes de

Macrocyctis pyrifera

[1] Directeur de Recherche émérite CNRS, Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie marine et continentale (IMBE), jean-pierre.feral@imbe.fr

[2] Maître de Conférences, Université de Bourgogne-Franche-Comté (BIOGEOSCIENCES), thomas.saucède@u-bourgogne.fr

[3] Professeur, Station Marine de Concarneau, Muséum national d'Histoire naturelle, ameziane@mnhn.fr

CONTEXTE SCIENTIFIQUE

Réparties autour de l'Antarctique, les îles subantarctiques, se situent à proximité du front polaire (PF). Partout dans cette zone une augmentation de plus de 1°C de la température des eaux superficielles a été rapportée depuis plus d'un demi-siècle. Au cours de la même période, une diminution des précipitations, une augmentation des événements extrêmes, des vents et des heures d'ensoleillement annuel ont été observées¹. Ces changements correspondent dans le temps au glissement vers le sud du courant circumpolaire antarctique (ACC), et notamment de ses systèmes frontaux (Front subantarctique (SAF) et PF)², principaux éléments océanographiques structurants des écosystèmes de l'océan Austral et de la distribution des espèces. Les conséquences pour ces îles sont à la fois directes et indirectes³:

- recul des glaciers
- nouvelles conditions favorables aux espèces introduites⁴
- modification de la biodiversité marine

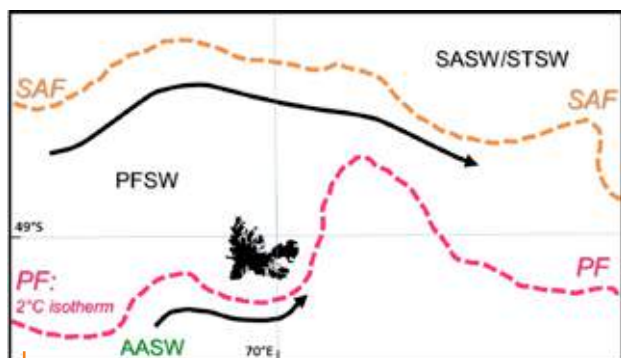


Figure 1 : Position du Front Polaire par rapport aux îles Kerguelen (redessinée et simplifiée d'après Y.-H. Park et al., 2014) Le plateau de Kerguelen est l'un des principaux obstacles bathymétriques à l'écoulement d'ouest en est du courant circumpolaire antarctique ACC (flèches noires). Une branche du front polaire PF traverse le nord du Plateau de Kerguelen juste au sud de l'archipel des Kerguelen, l'enveloppant au sud-est (flèche du bas), puis continuant le long du bord est du plateau. Important pour l'écologie côtière, une partie des eaux les plus superficielles (environ 100 m) remonte vers le nord formant une langue d'eau froide de sub-surface. Les variations latitudinales attendues des systèmes frontaux (front polaire PF et front subantarctique SAF) créeront des zones de mélange entre masses d'eau et/ou mettront en contact le benthos côtier avec des eaux de caractéristiques différentes (en termes de température, salinité et nutriments).

AASW : eaux de surface antarctiques, PFSW : eaux de surface du front polaire, SASW : eaux de surface subantarctiques, STSW : eaux de surface subtropicales.

GÉOGRAPHIE ET CLIMAT DES KERGUELEN

Isolées au sud de l'océan Indien, les îles Kerguelen émergent du Plateau Kerguelen-Heard sur le trajet de l'ACC. L'archipel est situé à la confluence de masses d'eau bien distinctes (eaux de surface antarctiques (AASW), subantarctiques (SASW) et subtropicales (STSW)) près du front polaire. Compte tenu du glissement des systèmes frontaux vers le sud, il est prévisible que les côtes des Kerguelen seront baignées par des eaux de température, de salinité et de concentrations en nutriments différentes induisant des changements significatifs des conditions de la vie marine⁵. Sa position autour de l'archipel a été définie par Park et al. (2014) comme correspondant à l'isotherme 2°C (figure 1).

Les vents dominants d'ouest associés au courant circumpolaire antarctique déterminent les conditions climatiques océaniques, froides et extrêmement venteuses qui prévalent aux Kerguelen. Les 2 800 km de côte de l'archipel sont fortement découpés. Les eaux de la Baie du Morbihan, parsemées de très nombreuses îles et îlots, ne communiquent avec le large que par la Passe Royale par laquelle la mer pénètre jusqu'à 50 km à l'intérieur des terres. Les marées semi-diurnes ont une amplitude maximale de 1,80 m dans la Baie du Morbihan pour 1,2 à 1,6 m à l'extérieur. Les températures moyennes des eaux de surface varient entre 5°C en été et 2°C en hiver à Port-Aux-Français, seul site suivi depuis plusieurs décennies. La salinité est fonction des périodes et des précipitations (33,4 à 34,4 g.kg⁻¹ pour les eaux de surface).

Les fjords sont sujets à des épisodes de dessalure dus à la fonte des glaces et aux arrivées d'eau douce. Des gradients de salinité importants peuvent alors faire obstacle à certains organismes. Les apports d'eau douce importants et la faible évaporation font de la Baie du Morbihan un bassin de dilution. Les vents dominants d'ouest déplacent les eaux de surface vers la Passe Royale en direction du large. Elles sont remplacées par les eaux issues du large, surtout lors des tempêtes d'hiver qui apportent nutriments, plancton et necton. Tous ces éléments façonnent (et pourront transformer) les écosystèmes côtiers. Peu en revanche est connu des côtes extérieures à la baie.

⁵ Scheffer et al. 2016

¹ Smith 2002, Le Roux et al. 2008

² Allan et al. 2013

³ Smith 2002, Pendlebury et al 2007, Allan. et al. 2013, Kargel et al. 2014

⁴ Byrne et al. 2016

PRÉVOIR... OU LA NÉCESSITÉ D'OBSERVATION À LONG TERME

Malgré les indices d'un changement climatique en cours, le manque d'observations réalisées sur le long terme empêche de documenter toute tendance d'évolution des écosystèmes marins côtiers. A l'absence de ces données s'ajoute notre méconnaissance des effets combinés de ces changements sur les peuplements marins. Leur suivi à long terme apparaît alors comme une nécessité impérieuse. Kerguelen, par sa position originale dans l'océan Austral, l'existence de certaines données anciennes et les facilités logistiques offertes (base de Port-aux-Français et support naval) présente des caractéristiques favorables à l'installation de sites de suivis à long terme du benthos côtier. Au cours de sa première phase, le programme PROTEKER avait pour objectif la mise en place d'un tel observatoire marin pour le suivi de la biodiversité marine côtière et l'évaluation des effets des changements environnementaux. Il consiste en une approche pluridisciplinaire : mesures océanographiques, cartographie benthique, analyses génétiques, écophysiologicals, isotopiques et écologiques. Outre l'inventaire et le suivi de la biodiversité, il a aussi pour ambition de fournir des critères scientifiques pour la gestion de l'environnement marin côtier.

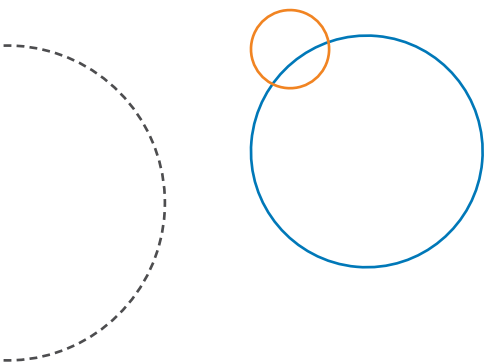


Figure 3 : Explorations des fonds environnants les sites de suivis : chalut à perche (à gauche et au centre) – une fois ramené à bord, le contenu du chalut est d'abord trié sur la plage arrière et ROV (à droite) – observation du comportement de l'étoile de mer *Labidiaster annulatus* à 100 m de profondeur dans la Baie des Swains.



L'OBSERVATOIRE SOUS-MARIN PROTEKER : WWW.PROTEKER.NET

Stratégie

Certains sites étudiés lors des précédents programmes réalisés autour de l'archipel ont été revisités au cours de trois campagnes d'été de la Curieuse. La stratégie du choix des sites a obéi à deux impératifs :

- représentativité d'habitats subantarctiques (plusieurs sites ont été explorés pour valider ce choix)
- accessibilité garantissant au mieux la sécurité du matériel et permettant ensuite à des gestionnaires de la Réserve nationale naturelle des Terres australes françaises (RNN TAF) de poursuivre l'observation. Celle-ci implique la réalisation de plongées en scaphandre autonome, la pose/dépose d'appareillage à 5 m et 15 m de profondeur, et de placettes de colonisation à 10 m, la réalisation de transects et de quadrats d'observation.

OPÉRATIONS RÉALISÉES

Trois campagnes de 15 (3 legs entre le 19 Déc. 2011 et le 5 Jan. 2012), 18 (3 legs entre le 17 Nov. et le 6 Déc. 2013) et 12 jours (3 legs entre le 1^{er} et le 13 Déc. 2014) à bord de La Curieuse, complétées par 4 jours d'accès au zodiac Le Commerson (24-27 Nov. 2014) ont permis l'exploration et la validation de 8 sites de suivi instrumentés (Figure 2). La plongée est une technique incontournable pour l'étude des substrats rocheux en milieu côtier. Elle permet l'observation, l'enregistrement photo et vidéo des caractéristiques des habitats (méthodes non invasives) et les récoltes nécessaires, ainsi que l'installation précise de l'appareillage. 89 plongées en palanquées ont été réalisées. Afin de contextualiser les sites choisis, leur environnement a été étudié au moyen d'un petit chalut à perche de type Agassiz (1 m d'ouverture). Deux fois 9 traits (à 50 et 100 m de profondeur) ont été effectués selon les recommandations de la CCAMLR⁶ pour protéger l'intégrité des fonds. Ces chalutages ont été complétés par des observations réalisées au moyen d'un ROV⁷ (Figure 3).

⁶ Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources
⁷ Remotely Operated Vehicle

Appareillage

Les conditions extrêmes du milieu et les contraintes logistiques nécessitent l'emploi de capteurs robustes dotés d'une grande autonomie. 16 capteurs Hobo® Water Temp Pro V2 enregistrent la température (1 prise/heure) à 5 m et 15 m à chacun des 8 sites (Figure 4). Leur relève devrait se faire à chaque campagne d'été. Les résultats sont mis en ligne sur le site du programme⁸ et actualisés après chaque campagne. D'autres capteurs seront installés lors de prochaines missions.

Les sites sont également équipés d'un ensemble de 8 placettes de colonisation constituées de carreaux en argile crue (20 X 20 cm) immergés et fixés sur les parois rocheuses pour suivre l'installation des organismes au fil du temps. (Figure 5). Une placette est récupérée chaque année, si possible, et remplacée par une nouvelle qui elle-même sera récupérée l'année suivante, avec une autre plus ancienne, et remplacée aussi. Ainsi la dynamique de la colonisation pourra être analysée et contrôlée grâce aux répliquas. L'analyse des placettes est d'abord visuelle, puis après récolte et fixation de la macrofaune fixée, les placettes sont grattées et le matériel récupéré est préparé pour pratiquer métabarcoding⁹ et métagénomique¹⁰.

8 www.proteker.net/-Thermorecorders-.html

9 Métabarcoding : technique de taxonomie moléculaire permettant la caractérisation génétique d'un individu ou d'un échantillon d'individus à partir d'un gène du génome mitochondrial (la cytochrome oxydase ou COI).

10 Métagénomique : discipline basée sur la technologie de séquençage à haut débit qui permet d'identifier la totalité de l'ADN ou de l'ARN des micro-organismes dans un écosystème (bactéries/levures/champignons/virus) et d'en déterminer la composition en terme d'espèce.

Les placettes sont composées de huit carreaux d'argile crue. Chaque année, un carreau est récupéré et est remplacé par un nouveau. La faune et la flore sont récoltées, comptées et identifiées. Tout ce qui reste sur les carreaux est gratté et préparé pour l'analyse d'ADN et d'ARN qui permettra de détecter des organismes de très petite taille, ainsi que les microbes. L'année suivante un carreau de deux ans et celui remplacé l'année précédente (un an) seront traités de la même façon. Cela révèle à la fois l'évolution de la colonisation après deux ans d'immersion (carreau de deux ans) et de la similitude ou de la différence du peuplement d'origine (carreau d'un an). Il sera possible de comparer les répliquas d'un an, deux ans, etc.. Répéter ces opérations plusieurs années donnera une image dynamique de la colonisation à chaque site et montrera si le site est ouvert à l'extérieur ou si de l'auto-recrutement est susceptible de se produire, indiquant qu'il est isolé et donc "plus" vulnérable¹¹.

11 Féral et al. 2016

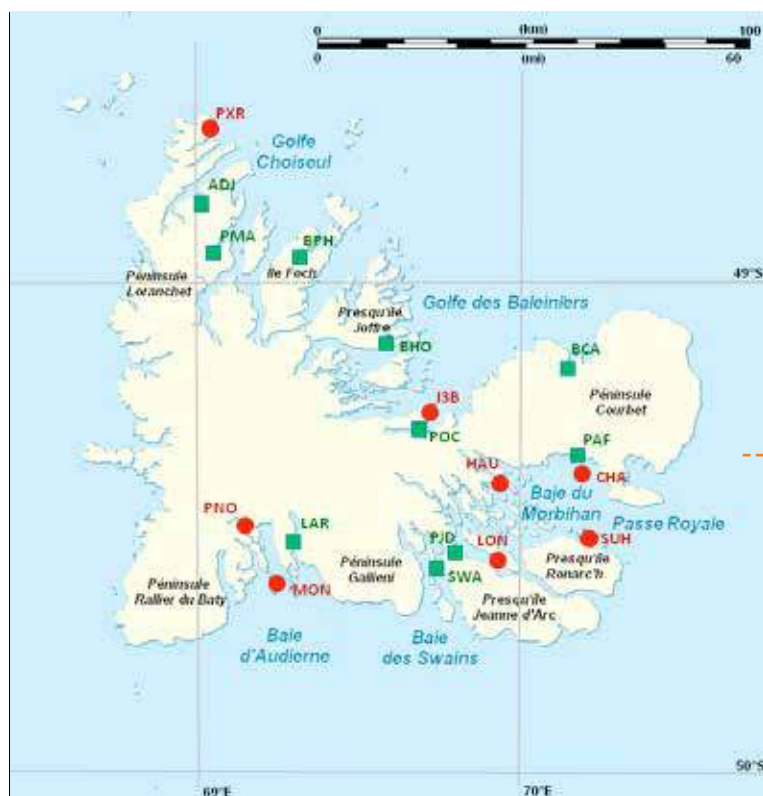


Figure 2: Carte des sites de suivi : Huit sites (ronds rouges) ont été retenus sur 18 explorés. Les dix autres sites (carrés verts) ont permis de valider la représentativité des sites choisis. Secteur Morbihan [PAF: Port aux Français, HAU: Ile Haute, LON: Ile Longue, PJD: Port Jeanne d'Arc], Passe Royale [CHA: Ilet Channer, SUH: Ile Suhm], Swains [SWA: Baie des Swains], Audiernne [LAR: Baie Larose, PNO: Fjord des Portes Noires, MON: Ile du Prince de Monaco], Chaiseul [PXR: Port Christmas, ADJ: Anse du Jardin, PMA: Port Matha, BPH: Baie Philippe], Baleiniers [Baie du Hopehul, I3B: Ilet des Trois Bergers, POC: Port Couvreur, BCA: Baie des Cascades].

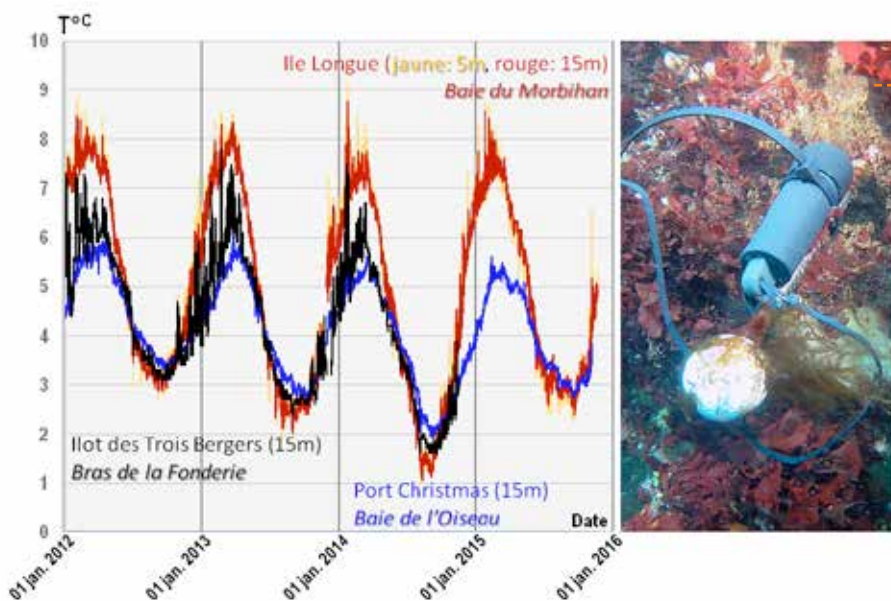


Figure 4. Suivi des températures (une mesure par heure enregistrée par un capteur protégé dans un coffret en PVC, fixé à la roche et repéré par une balle de golf) de l'eau de mer à 5 et 15 m de profondeur dans la Baie du Morbihan (Ile Longue) et à l'extérieur (Baie de l'Oiseau/Port Christmas, 15m et Ilot des Trois Bergers/Port Couvreur, 15m) du 6 janvier 2012 au 9 décembre 2015.

LES SITES DE L'OBSERVATOIRE PROTEKER

Les 8 sites choisis au cours de cette première phase de PROTEKER sont listés dans le tableau 1 et situés sur la figure 2. Ils sont repérés par leurs coordonnées géographiques, des photographies permettant de les retrouver à vue, une marque à l'extérieur, à l'aplomb des appareils installés, ainsi que sous l'eau, au niveau des capteurs.

Ile Haute [49°23'15"S; 69°56'29"E]

L'île Haute est située dans le fond de la Baie du Morbihan. L'herbier de *Macrocystis* est très développé sur les fonds de 6-8 m. Les pieds sont plus clairsemés en profondeur et surtout les stipes et les frondes sont très souvent couchés sur un fond vaseux. L'existence de tombants rocheux ont permis l'installation de capteurs à 5 m et à 15 m, et d'un ensemble de 8 placettes de colonisation. La colonisation des placettes s'est révélée relativement lente au cours des premières années, fait surprenant étant donné la très épaisse (plus d'un décimètre) couche d'organismes qui recouvre la roche.

Ile Longue [49°32'19"S; 69°53'03"E]

Le site est situé face à la Presqu'île Jeanne d'Arc. Le paysage sous-marin est semblable à celui du site de l'île Haute à l'exception d'une plus grande abondance et diversité d'éponges (Figure 6) fixées dans les éboulis et les grottes à la base des tombants qui servent aussi d'abri à certains poissons (*Notothenia*).

Ilot Channer [49°22'59"S; 70°11'08"E]

Cet îlot a été choisi car se trouvant dans le flot principal du courant entrant dans la Baie du Morbihan. Sans grand tombant, il présente un chaos de blocs

descendant progressivement vers une fosse à fond vaseux. Les *Macrocystis* ressemblent à celles des sites de mer ouverte. La forêt est très dense à la côte et s'éclaircit en allant vers le large.

Ile Suhm [49°29'36"S; 70°09'41"E]

Le site est installé de l'autre côté de la Passe Royale, sur un tombant relativement abrité, très riche en éponges et en tuniciers. La différence avec les précédents sites est que le tombant continue sur plus de 20 m. La couverture de faune et de flore est spectaculaire et se distingue des autres sites par sa diversité et la densité des peuplements. La vitesse de colonisation des placettes a été la plus rapide. Dès la première année, on les confondait avec le substrat naturel environnant (Figure 5).

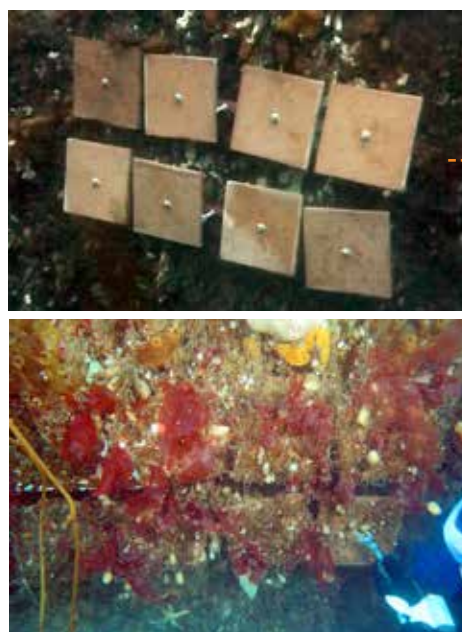


Figure 5 : placettes de colonisation au moment de l'installation à l'île Suhm (décembre 2013, en haut) et un an après (décembre 2014, en bas). La colonisation à ce site est telle qu'on ne distingue plus les carreaux du substrat rocheux environnant.

Secteur	Nom	Abréviation	Choix	Latitude S	Longitude E
Choiseul	Port Christmas	PXR	+	-48.68194	69.03277
	Anse du Jardin	AJA	-	-48.84623	69.01012
	Port Matha	PMA	-	-48.93611	69.04138
	Baie Philippe	BPH	-	-48.94555	69.36000
Baleiniers	Baie du Hopeful	BHO	-	-49.08972	69.61750
	Ilot des Trois Bergers	I3B	+	-49.29000	69.71138
	Port Couvreur	POC	-	-49.28666	69.70861
	Baie des Cascades	CAS	-	-49.16916	70.15694
Passe Royale	Ilot Channer	CHA	+	-49.38310	70.18580
	Ile Suhm	SUH	+	-49.49333	70.16138
Morbihan	Port-aux-Français	PAF	-	-49.35416	70.21888
	Ile Haute	HAU	+	-49.38750	69.94138
	Ile Longue	LON	+	-49.53861	69.88416
	Port Jeanne d'Arc	PJD	-	-49.55611	69.80138
Swains	Baie des Swains	SWA	- ⁽¹⁾	-49.56416	69.73055
Audierne	Baie Larose	LAR	-	-49.54826	69.29497
	Ile du Prince de Monaco	MON	+	-49.60000	69.23972
	Fjord des Portes Noires	PNO	+	-49.49416	69.14944

Tableau 1

Positions géographiques des sites PROTEKER, explorés et choisis (+)[*] La Baie des Swains présentant un type d'habitat particulier (moulière descendant profondément) pourrait aussi faire l'objet d'un suivi

Ile du Prince de Monaco [49°36'00"S; 69°14'23"E]

Ce site, situé dans la Baie d'Audierne présente la situation la plus exposée au large. Il est caractérisé par une forêt de *Macrocystis* bien développée, des eaux claires et souvent agitées. On y observe de nombreux pieds de *Macrocystis* arrachés par les tempêtes et flottant au-dessus du fond (Figure 7). La densité des peuplements est moindre que dans les sites plus abrités (Baie de l'Oiseau, Baie du Morbihan). Des algues filamenteuses peuvent avoir un rapide et très important développement saisonnier et recouvrir de très grandes surfaces.

Fjord des Portes Noires [49°29'39"S; 69°08'58"E]

Installé au-delà des seuils du fjord, ce site se distingue par les apports d'eau douce en provenance des rivières et de la fonte des glaciers. Les mesures pratiquées en 2014 montrent l'existence d'une couche d'eau dessalée (33,3 g.kg⁻¹ en surface augmentant jusqu'à 33,8 g.kg⁻¹ à 10 m, pour se maintenir à 34,0 g.kg⁻¹ jusqu'à 30 m). La température passe de 3.1°C à 2.9°C selon le même schéma. La sédimentation y est intense. L'eau est souvent chargée de particules. Il y a relativement peu de *Macrocystis*. C'est aussi le site le plus sombre. Les fonds et les parois sont très vaseux. La grande moule striée y est attachée comme sur la majorité des blocs. On y observe beaucoup d'échinodermes.

Port Christmas [48°40'55"S; 69°01'58"E]

Situé dans la Baie de l'Oiseau à l'extrême nord de Kerguelen, ce site a été choisi dans un endroit abrité. Il est comparable à celui de la Baie d'Audierne mais est plus calme. Les *Macrocystis* forment ici aussi des

forêts denses mais on n'observe pas ou très peu de pieds arrachés. Les peuplements des tombants se distinguent principalement des autres sites par la présence de gorgones parfois abondantes.

Ilot des Trois Bergers [49°17'24"S; 69°42'41"E]

Visible de Port Couvreur, cet îlot présente des tombants verticaux jusqu'à 35-40 m. Ils sont couverts d'une faune moins diversifiée que celle des sites de la Baie du Morbihan. On y observe communément des oursins crayons et d'abondants spécimens de l'étoile de mer géante *Labidiaster annulatus* (Figure 3), observée ailleurs à plus grande profondeur (50 à 100 m). Les températures mesurées diffèrent des autres sites par les très grandes variations journalières (Figure 4) observées 3 années de suite au cours du réchauffement estival (fin octobre à début avril).

D'une façon générale, un cycle saisonnier régulier de la température de l'eau de mer a été observé. Les valeurs maximales sont relativement constantes au cours des années prises en compte tandis que les minimales montrent des variations de plus d'un degré Celsius entre années successives. Les températures les plus basses sont observées dans la Baie du Morbihan. Les maximums sont plus élevés à l'Ile Longue (8,6 +/- 0,2°C) qu'à Port Christmas (5,7 +/- 0,2°C) ou aux Trois Bergers (7,2 +/- 0,2°C). La moyenne des minima est de 2,1 +/- 0,7°C à l'Ile Longue, 2,7 +/- 0,5°C au Port Christmas et (2,4 +/- 0,8°C) aux Trois Bergers. A ce dernier site, l'augmentation estivale de la température est particulièrement irrégulière (variations à répétitions de plusieurs degrés à la hausse ou à la baisse en quelques jours observées pendant trois années consécutives).



Figure 6: Base d'un tombant de l'île Longue vers 15m. Les parois et les anfractuosités sont recouvertes de plusieurs couches d'organismes benthiques, en particulier des éponges (*Clathria* [orange digitiforme] et *Tetilla leptoderma* [sphérique, en bas]) dont les abondants spicules siliceux tapissent sur plus d'un mètre d'épaisseur de très grandes étendues des fonds de l'Océan Austral) et des ascidies coloniales (*Aplidium* spp [jaunâtre-orangé]).

Premiers résultats et perspectives

Aux Kerguelen, seul le site de Port-aux-Français (programme ROSAMER/NIVMER, 1993-2015) faisait l'objet d'un relevé régulier des températures des eaux côtières avant la mise en place de l'observatoire. PROTEKER fournira une image plus complète de l'évolution des températures à l'entrée et au fond de la Baie du Morbihan ainsi que sur les côtes nord et sud de l'île principale (Figure 4).

L'analyse en cours des récoltes, des photos et des vidéos permettra de compléter l'inventaire des faune et flore côtières et d'arrêter une liste plus réduite d'espèces et d'assemblages d'espèces permettant un suivi fonctionnel du benthos (biodiversité ordinaire). Pour ce faire, des protocoles de suivis éprouvés dans d'autres milieux sont en train d'être adaptés aux conditions de Kerguelen (quadrats fixes, transects visuels, photographiques et vidéo), ainsi qu'une cartographie par couches qui permettra un suivi dynamique.

*Une des holothuries dendrochirotes les plus communes des îles Kerguelen *Pentactella laevigata* accrochée à des ascidies coloniales (Île Haute).*



Des essais de systèmes durables d'alimentation électrique sont en cours pour l'installation de capteurs à autonomie réduite au cours de la phase 2 de PROTEKER : renforcement des observations et des analyses (instrumentation et caractérisations génétiques, trophiques et écologiques de taxons indicateurs). Les résultats attendus permettront de produire des modèles de distribution de la biodiversité marine côtière aux Kerguelen et des modèles de sensibilité face aux changements environnementaux attendus valables pour les îles subantarctiques en général. PROTEKER est membre des groupes d'action du SCAR, ANTOS [Antarctic Near-shore and Terrestrial Observing System] et ISSA [Integrated Science for the Sub-Antarctic] dont le but est d'établir un système intégré et coordonné de surveillance de l'environnement transrégional et transcontinental pour identifier et suivre le changement environnemental et sa variabilité à des échelles biologiquement pertinentes, et d'utiliser cette information pour des études en sciences biologiques, physiques et de la terre. Il fait également partie de la Zone atelier antarctique et subantarctique (ZATA) de l'INEE.



Figure 7: L'algue brune géante *Macrocystis pyrifera* (jusqu'à 60 m de long), dite kelp, vit fixée au fond par de solides crampons dont la base peut atteindre 1,5 m de diamètre. Elle forme de véritables forêts herbiers très denses sur des fonds entre 3 et 25 m, couvrant parfois de très grandes étendues rendant la navigation pratiquement impossible. Les différentes parties (haptères, stipes, frondes) de l'algue servent de support ou abritent un nombre considérable d'invertébrés. Les tempêtes arrachent régulièrement des pieds (la photo est prise à l'île du Prince de Monaco) qui viennent s'échouer et pourrir sur les plages s'accumulant sur plusieurs mètres d'épaisseur et formant un écosystème particulier de laisse de mer. Il est aussi probable que ceux de ces pieds dérivant au large servent de radeau à des espèces qui pourraient ainsi disperser sur de grandes distances. Ce phénomène de « rafting » est évoqué pour expliquer par exemple la diversité des mollusques et des crustacés dans l'océan Austral.

Copyright des photos de l'article: PROTEKER

REFERENCES

- Allan EL, Froneman PW, Durgadoo JV, McQuaid CD, Ansorge IJ and Richoux NB. (2013). Critical indirect effects of climate change on sub-Antarctic ecosystem functioning. *Ecology and Evolution* 3(9): 2994–3004. doi:10.1002/ece3.678
- Byrne M, Gall M, Wolfe K Agüera A (2016). From pole to pole: the potential for the Arctic seastar ***Asterias amurensis*** to invade a warming Southern Ocean. *Global Change Biology*, doi: 10.1111/gcb.13304
- Féral J-P, Saucède T, Poulin E, Marschal C, Marty G, Roca J-C, Motreuil S, Beurier J-P (2016). PROTEKER : implementation of a submarine observatory at the Kerguelen islands (Southern Ocean). *Underwater Technology*, 34(1): 3-10, doi: 10.3723/ut.34.003
- Kargel JS, Bush ABG, Cogley JG, Leonard GJ, Raup BH, Smiraglia C, Pecci M and Ranzi R. (2014). A world of changing glaciers: Summary and climatic context. In: *Global Land Ice Measurements from Space*, Kargel JS, Leonard GJ, Bishop MP, Käab A and Raup BH. (eds.). Berlin Heidelberg: Springer. 781-840. doi: 10.1007/978-3-540-79818-7_33
- Le Roux PC and McGeoch MA. (2008). Changes in climate extremes, variability and signature on sub-Antarctic Marion Island. *Climatic Change* 86: 309-329. doi: 10.1007/s10584-007-9259-y
- Park YH, Durand I, Kestenare E, Rougier G, Zhou M, d'Ovidio F, Cotte C, and Lee JH. (2014). Polar Front around the Kerguelen Islands: An up to-date determination and associated circulation of surface/subsurface waters *Journal of Geophysical Research-Oceans* 119(10): 6575-6592. doi:10.1002/2014JC010061
- Pendlebury SF and Barnes-Keoghan LP. (2007). Climate and climate change in the sub-Antarctic. *Papers and Proceedings of the Royal Society of Tasmania* 141(1): 67-82.
- Scheffer A, Trathan PN, Edmonston JG, Bost C-A. (2016). Combined influence of meso-scale circulation and bathymetry on the foraging behaviour of a diving predator, the king penguin (***Aptenodytes patagonicus***). *Progress in Oceanography* 141: 1-16; doi:10.1016/j.pocean.2015.10.005
- Smith VR. (2002). Climate change in the sub-Antarctic: An illustration from Marion Island. *Climatic Change* 52: 345–357. doi:10.1023/A:1013718617277

REMERCIEMENTS

Nous remercions les équipes logistiques de l'IPEV et des TAAF pour leur support sur le terrain. Nous sommes très reconnaissants à la RNN TAF qui a complété notre équipe de plongeurs pendant ces campagnes d'été et qui nous a donné accès à son navire "Le Commerson" pour travailler dans la Baie du Morbihan. Nous remercions également les capitaines et les équipages de "La Curieuse" grâce auxquels ces 3 campagnes à la mer ont permis la mise en place de l'observatoire PROTEKER. Notre gratitude va aussi vers tous nos collègues participants, en particulier à ceux qui se sont mouillés avec nous : J-P Beurier, C Marschal, G Marty, S Motreuil, E Poulin et J-C Roca, ainsi qu'à R. David qui a permis la visualisation sous forme de graphes dynamiques et interactifs des suivis de température sur www.proteker.net (librairies "dygraphs").

SUBANTECO

Biodiversité subantarctique, effet des changements climatiques et des invasions biologiques sur la diversité terrestre.

David Renault² • Jean-Louis Chapuis¹ • Maryvonne Charrier² • Damien Ertz³ • Alice Gadea² • Tiphaine Ouisse² • Benoit Pisanu⁴ • Marc Lebouvier²

Au niveau de la ceinture latitudinale entre 45 et 54 ° S, l'océan Austral comporte un certain nombre d'îles, presque toutes d'origine volcanique. Ces îles subantarctiques, géographiquement isolées des continents, se caractérisent par la présence d'une faible biodiversité de plantes et d'invertébrés, dont la redondance fonctionnelle apparaît très réduite voire absente dans le cas de certains taxons et/ou groupes trophiques. Dans le cadre du projet IPEV 136 Subanteco, nous étudions la biodiversité terrestre (faune et flore) des îles subantarctiques françaises, en recensant les espèces présentes, leur distribution, ainsi que les facteurs environnementaux régissant leur répartition géographique. Nous menons également des recherches visant à mieux comprendre les interactions entre les espèces natives et introduites et les effets des changements climatiques sur les espèces natives des îles subantarctiques.

Within the latitudinal belt 45-54°S, the Southern Ocean contains a number of dots of land, almost all of which are volcanic in origin. These subantarctic islands are remote, and host low plant and invertebrate diversities. These fascinating islands are characterised by impoverished terrestrial ecosystems with highly reduced or absent functional redundancy. In the IPEV 136 project Subanteco, we are studying the terrestrial biodiversity (fauna and flora) of the French subantarctic islands, by documenting their diversity, geographic distribution, and the environmental factors shaping their geographical range. We are also conducting researches to improve our understanding of the interactions between alien and native species and of the effects of climate change on the original subantarctic biota.



Lyallia Kerguelensis

©Camille Thomas

Institut Polaire Français

[1] Sorbonne Universités, MNHN, CNRS, UPMC, UMR 7204 CESCO [chapis@mnhn.fr]

[2] Université de Rennes 1, UMR CNRS 6553 EcoBio [maryvonne.charrier@univ-rennes1.fr, alice.gadea@univ-rennes1.fr, marc.lebouvier@univ-rennes1.fr, tiphaine.ouisse@univ-rennes1.fr david.renault@univ-rennes1.fr]

[3] Jardin botanique de Meise [damien.ertz@jardinbotaniquemeise.be]

[4] Sorbonne Universités, MNHN, CNRS, UPMC, UMR 7204 CESCO, lesnm2@mnhn.fr

Lecture des transects
de végétation ©Mayes



Les principaux objectifs IPEV 136 sont d'une part d'améliorer les connaissances sur la biodiversité des îles subantarctiques françaises (statut des espèces, niveau d'endémisme, besoins éventuels de protection selon leur abondance et leur répartition) et d'autre part, d'intégrer pleinement ces îles dans les études et débats sur les processus de dispersion et de colonisation d'espèces natives ou invasives, selon les particularités biogéographiques, et leurs réponses aux changements climatiques passés et actuels dans l'hémisphère sud.

I - CONNAISSANCE DE LA BIODIVERSITÉ SUBANTARCTIQUE

Inventaire et description de nouvelles espèces

Depuis plusieurs années, le programme IPEV 136 a engagé des collaborations internationales pour améliorer notre connaissance de la biodiversité subantarctique, particulièrement celle des lichens et des bryophytes. Ces taxons y sont bien représentés, bien qu'encore mal connus.

Les lichens abondent dans tous les habitats des îles subantarctiques et constituent souvent le seul taxon présent sur les plateaux rocheux d'altitude, plus rarement dans les mousses ou au sol, et très peu, probablement introduits, sont trouvés à proximité des stations de recherche. Afin d'appréhender leur

diversité spécifique, nous avons initié depuis 2007 un inventaire sur les Îles Amsterdam et Saint-Paul. Cette prospection a permis de récolter 77 espèces à Amsterdam et 40 à Saint-Paul, dont 25 espèces communes¹. Plus récemment, en 2013-2014 sur l'archipel de Kerguelen, puis en 2015 sur l'Île de la Possession (Crozet), ce sont respectivement 150 et 110 espèces de lichens qui ont été collectées par Damien Ertz, dont certaines nouvelles pour la science² (et d'autres en cours d'analyse). Morphologiquement, les lichens crustacés dominent comparativement aux espèces fruticuleuses et foliacées.

Les bryophytes (mousses, sphaignes, hépatiques et anthocérotes) peuvent quant à elles se trouver dans tous les habitats mais leur hygrophylie les rend particulièrement abondantes dans les zones humides. Les sphaignes, absentes des Îles Crozet et Kerguelen, sont présentes sur l'Île Amsterdam (cinq espèces dont deux nouvelles décrites par Flatberg et al en 2011) et sur l'Île Saint-Paul (une seule espèce connue à ce jour) (Tableau 1). Nous avons récemment observé plus de 70 espèces qui n'avaient pas encore été citées des îles subantarctiques³, dont deux nouvellement décrites à partir de spécimens collectés dans les Îles Kerguelen⁴. Les travaux en cours avec Ryszard Ochrya⁵ permettront encore d'enrichir ces inventaires.

¹ Aptroot et al 2011

² voir Ertz et al, en révision

³ e.g. Váňa et al 2014

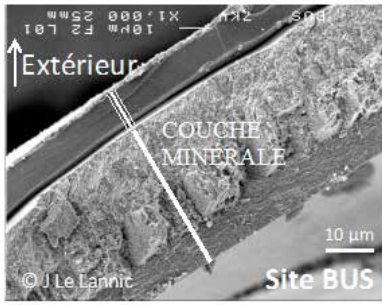
⁴ Ochrya 2010, Ochrya et al 2014

⁵ Institut de botanique, Académie des sciences, Cracovie, Pologne

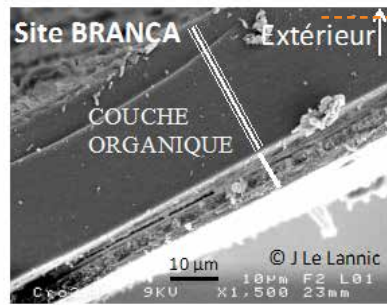
	Nombre total d'espèces		Nouvelles citations	
	Mousses	Hépatiques	Mousses	Hépatiques
Crozet (Possession)	75	44	22	2
Kerguelen	140	43	20	10
Amsterdam	24	30	4	14
Saint-Paul	16	10	1	1

Tableau 1

Nombre total d'espèces de bryophytes d'après la littérature et nouvelles observations publiées depuis 2009 par le programme IPEV 136 et ses collaborateurs.



PHÉNOTYPE MINÉRAL



PHÉNOTYPE ORGANIQUE

Figure 1 : La microarchitecture de la coquille des deux phénotypes de l'escargot *Notodiscus hookeri*, vue en coupe au microscope à balayage. Ces deux phénotypes sont présents sur l'île de la Possession de l'archipel Crozet.

Biologie des organismes natifs : le cas de l'escargot *Notodiscus hookeri*

Un seul gastéropode terrestre natif, *Notodiscus hookeri*, est présent sur plusieurs îles subantarctiques (Îles Crozet, Kerguelen, Heard, Marion et South Georgia). Il s'agit d'une petite espèce dont la coquille est une spire aplatie d'au maximum 7 mm de diamètre. Cet escargot présente une particularité micro-architecturale, avec deux phénotypes co-existants sur l'île de la Possession selon la biodisponibilité en calcium dans le sol : l'un minéral avec une coquille épaisse et rigide composée d'un fin ciment protéique dans lequel se disposent en chevrons des cristaux de carbonate de calcium (= couche minérale), et l'autre organique avec une coquille fine et souple où la carence en carbonate de calcium est partiellement compensée par une couche organique⁶ homogène et épaisse (Figure 1).

L'escargot, quel que soit son phénotype, est capable de consommer plusieurs espèces de familles de lichens différentes, tout en ayant des préférences alimentaires. Ainsi, certaines espèces comme *Usnea taylorii* et *Pseudocyphellaria crocata* sont fortement consommées malgré leur richesse en métabolites secondaires répulsifs, ceux-ci étant totalement éliminés dans les excréments. D'autre part, les différentes parties d'un organisme lichénique ne sont pas consommées de façon égale (Fig. 2).

⁶ Charrier et al 2013

L'appartenance de l'escargot à l'un ou l'autre de ces phénotypes a des conséquences sur sa physiologie, notamment sur sa tolérance aux stress thermiques. La température de congélation du phénotype organique reste stable au cours des saisons et similaire entre sites, alors que le phénotype minéral a une température de congélation variable selon la saison et différente selon le site (Fig. 3A). Un résultat similaire est obtenu avec les œufs, en fonction du phénotype du parent. Les œufs du phénotype minéral congèlent à des températures significativement plus basses que celles des œufs de phénotype organique (Fig. 3B). Toutefois, un corps congèle d'autant plus vite que sa masse d'eau est élevée. Or, si ce principe s'applique aux œufs de phénotype minéral, il n'en est rien pour les œufs de phénotype organique dont la température de congélation n'est pas corrélée à la masse d'eau corporelle.



Figure 2 : La consommation sectorielle du lichen *Argopsis friesiana* par l'escargot *Notodiscus hookeri*. Les photos sont réalisées au stéréomicroscope, grossissement x12,5.

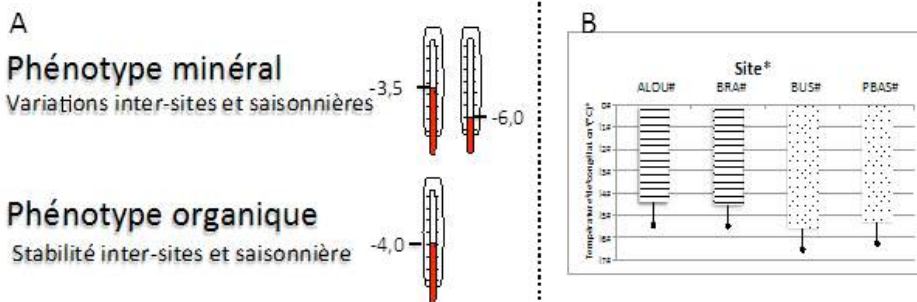


Figure 3 : Influence du phénotype de la coquille chez *Notodiscus hookeri* sur la température de congélation des (A) adultes et (B) œufs. Abréviations des sites (Île de la Possession) : ALOU = crête de l'Alouette, BRA = Mont Branca, BUS = Baie Américaine, PBAS = Pointe Basse. Les œufs de phénotype organique sont représentés en hachurés, ceux de phénotype minéral en pointillés. Les valeurs sont des moyennes (assorties en (B) de l'écart-type pour n=30).

II - LES ÎLES SUBANTARCTIQUES HÉBERGENT DES ESPÈCES INTRODUITES PRÉOCCUPANTES

Les invasions biologiques représentent une réelle menace, tant pour l'équilibre des écosystèmes que pour la conservation du patrimoine naturel des îles subantarctiques.

Merizodus soledadinus est un prédateur opportuniste aptère et natif de l'Amérique du sud (Patagonie) et des Îles Malouines. Cette espèce a été introduite sur les Îles Kerguelen en 1913 dans la localité de Port Couvreur lors de l'importation de moutons. Les milieux fréquentés par *M. soledadinus* sont littoraux et caractérisés par des zones herbacées⁷. Des suivis à long terme nous ont permis de retracer l'expansion géographique de cet insecte invasif sur les Îles Kerguelen depuis son introduction, et ont mis en évidence des différences morphologiques selon les temps de résidence de différentes populations⁸. Nous avons également montré qu'une large proportion d'adultes possède une grande résistance aux périodes de jeûne, survivants à plus de 100 jours d'inanition⁹. Cette résistance pourrait favoriser sa dispersion en lui permettant de subsister lors de la colonisation d'habitats pauvres en ressources. Enfin, nous cherchons également à accroître nos connaissances de la biologie de cette espèce, afin de pouvoir mieux appréhender les mécanismes soutenant son succès invasif. Nous avons ainsi montré une longévité imaginaire maximale de 710 jours, une activité de cette espèce ininterrompue au cours de l'année, et un nombre moyen de huit œufs par femelle gravide. Le régime alimentaire de *M. soledadinus* nous renseigne également sur ses préférences écologiques, se nourrissant de larves de diptères et d'annélides¹⁰ qui se développent dans les fèces et les cadavres d'animaux marins sur le littoral.

Les insectes ne sont pas les seuls animaux introduits affectant les communautés natives subantarctiques. Depuis une centaine d'années environ, la souris *Mus m. domesticus* s'est implantée dans les Îles Kerguelen. La forte capacité d'adaptation de ce rongeur à de rapides changements environnementaux (entre 1993 et 2009) a été montrée¹¹ notamment dans un habitat très dégradé de l'Île Guillou où la souris – préalablement omnivore – est devenue granivore en relation avec l'installation de *Merizodus soledanus* (affectant les communautés en invertébrés) et le développement de Poacées.

7 Renault et al 2015

8 Laparie et al 2013

9 Ouisse T, Renault D, données non publiées

10 Laparie et al 2012

11 Renaud et al 2015

III - LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES AFFECTENT LA BIODIVERSITÉ NATIVE ET RENFORCENT LE POTENTIEL INVASIF DES ESPÈCES EXOTIQUES.

Les îles subantarctiques représentent un terrain d'étude privilégié pour appréhender l'effet des changements climatiques sur la biodiversité terrestre. Ces régions présentent des conditions thermiques relativement stables (températures moyennes hivernales et estivales de l'air aux alentours de +2 à +8°C, respectivement). Toutefois, depuis le milieu des années 1990, une augmentation sensible des températures est observée, ainsi que des sécheresses de plus en plus fréquentes durant les périodes estivales depuis le début des années 2000 (Fig. 4).

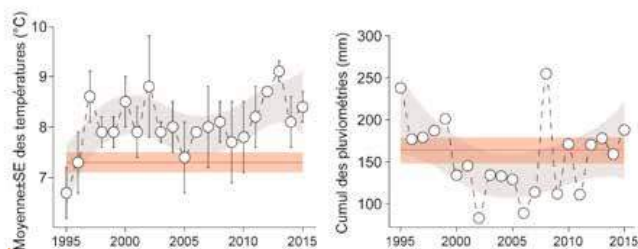


Fig. 4: Moyenne des températures de l'air sous abris et cumul de la pluviométrie, mesurés à Port-aux-Français au cours des mois de janvier-février-mars entre 1995 et 2015. Aire grisée : intervalle de confiance à 95% autour des valeurs ajustées calculées à partir d'un GAM ; en rouge : moyenne \pm IC95% au cours de la période 1951-1990.

Cas des invertébrés

En raison de conditions climatiques tamponnées, les insectes natifs ont évolué vers un niveau de performance élevé sur une fenêtre thermique restreinte (organismes dits spécialistes) et donc de faibles capacités de survie lorsqu'ils sont exposés à d'importantes fluctuations de la température¹². Nous avons évalué la capacité de survie des invertébrés natifs lorsqu'ils sont soumis à différents types de variations de la température :

- représentatives des conditions naturelles actuelles;
- simulant une augmentation modérée (2 à 4 °C) des variations de température;
- simulant une augmentation forte (8 °C) des variations de température.

12 Renault D, données non publiées

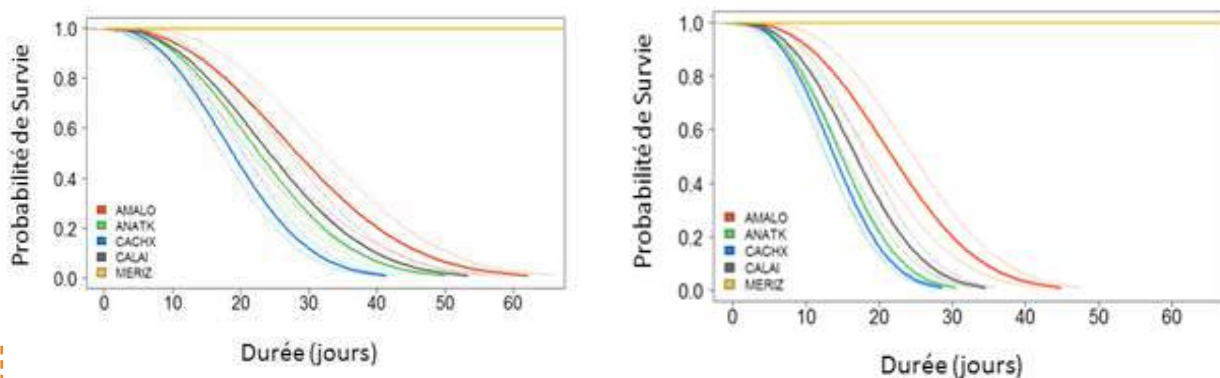


Fig. 5 : Durées de survie d'adultes d'*Amalopteryx maritima* (Amalo), d'*Anatalanta aptera* (AnatK), de *Calycopteryx moseleyi* prélevés dans les choux (Cachx) et dans les laisses de mer (Calai) et de *Merizodus soledadinus* (Meriz) exposés à des conditions thermiques actuellement rencontrées lors des périodes estivales (oscillations entre 4 et 12°C, figure de gauche), simulant les conditions qui seront rencontrées en raison du réchauffement climatique (oscillations entre 4 et 20°C, figure de droite). Les courbes pointillées représentent les intervalles de confiance.

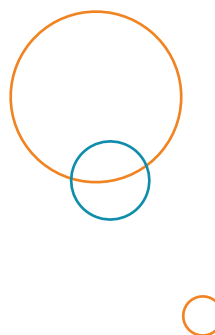
Aucune différence de survie n'a été montrée entre insectes natifs et exotiques, mais nous avons observé une sensibilité au réchauffement plus importante des différents taxons de diptères par rapport aux coléoptères (Fig. 5). Nos travaux indiquent par ailleurs que les changements climatiques intenses aux Îles Kerguelen pourraient accroître l'expansion du carabique exotique *M. soledadinus*¹³, menaçant ainsi doublement les proies natives. Ces travaux soulignent l'impérieuse nécessité de limiter les risques de transport d'individus depuis les Îles Kerguelen vers les autres îles subantarctiques, par la prise de mesures strictes de biosécurité intra- et interdistricts. (Fig 5)

Cas des plantes vasculaires

Les communautés végétales natives des îles Kerguelen ont été profondément modifiées par l'introduction du lapin (1874), avec la disparition de deux espèces clés, le chou de Kerguelen (*Pringlea antiscorbutica*) et l'azorelle (*Azorella selago*), remplacées par la Rosacée *Acaena magellanica*. La fréquentation régulière de ces îles, à partir de la fin du XIX^{ème}, s'est accompagnée par l'introduction accidentelle, voire volontaire (1974), d'espèces végétales. Jusqu'aux années 1990, leur répartition restait limitée aux lieux de leur introduction, ces espèces persistant par reproduction végétative. Avec la hausse des températures de ces dernières décennies, certaines d'entre elles se reproduisent maintenant par voie sexuée. Les graines dispersées par le vent, notamment celles du pâturin des près (*Poa pratensis*), colonisent de grands espaces, favorisées par la régression des espèces natives (*acaena*, chou...) résistant mal aux sécheresses estivales de plus en plus fréquentes. Dans trois îles en voie de restauration écologique (Île Verte, Guillou et aux Cochons), suite à l'éradication du lapin entre 1992 et 1997, les espèces

natives (chou, azorelle) se sont réimplantées, mais très lentement en raison de leur maturité tardive et du changement climatique. Dans ces îles, et également dans une île sans lapin (Île Mayes), des espèces introduites ont proliféré : les pissenlits, *Taraxacum erythrospermum*, puis *T. gr. ruderalia*, et plus récemment des Poacées dont *P. pratensis* (Fig. 6). Si, au cours des 20 années de suivi de la végétation, certaines de ces espèces se succèdent dans le temps, l'implantation du pâturin semble plus "durable", formant des communautés mono spécifiques en raison de l'accumulation de litière non décomposée fermant le milieu et interdisant l'installation de toutes autres espèces. Toutefois, dans les îles avec lapin (Îles Cimetière, Chat, Inskip), le pâturin ne parvient pas à s'implanter, cet herbivore interdisant son installation par consommation des pieds fondateurs. Ainsi, le lapin semble jouer un rôle "d'auxiliaire de gestion" de ces îles¹⁴, notamment par le contrôle de cette invasive au devenir préoccupant.

¹⁴ Chapuis et al 2011



¹³ Laparie et al 2016



Fig. 6 : Communauté « originelle » à chou et azorelle (premier plan) colonisée par le pissenlit (*T. gr. ruderalia*) et, en second plan, installation progressive d'une prairie à pâturin des près (Ile Mayes, 2014, sans lapin). Photo de Jean-Louis Chapuis

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aptroot A, Van de Vijver B, Lebouvier M, Ertz D (2011) *Nova Hedwigia* 92, 343-367
- Chapuis JL, Pisanu B, Brodier S, Villers A, et al (2011) *Animal Conservation* 14, 471-473
- Charrier M, Marie A, Guillaume D, Bedouet L, et al (2013) *Plos One* 8, e84527
- Ertz D, Fryday A, Schmitt I, Charrier M, et al *Phytotaxa en révision*
- Ertz D, Søchting U, Gadea A, Charrier M, et al. *The Lichenologist en révision*
- Flatberg KI, Whinam J, Lebouvier M (2011) *Journal of Bryology* 33, 105-121
- Laparie M, Renault D, Lebouvier M, Delattre T (2013) *Biological Invasions* 15, 1641-1648
- Laparie M, Renault D (2016) *Polar Biology* 39, 35-45
- Ochyra R (2010) *Cryptogamie, Bryologie* 31, 223-232
- Ochyra R, Zander RH, Lebouvier M (2014) *Cryptogamie, Bryologie* 35, 37-46
- Renaud S, Rodrigues HG, Ledevin R, Pisanu B, et al (2015) *Biological Journal of the Linnean Society* 14, 513-526
- Renault D, Chevrier M, Laparie M, Vernon P, Lebouvier M (2015) *Revue d'Ecologie* 70 (12), S28-S32
- Vána J, Ochyra R, Lebouvier M, Cykowska-Marzencka B (2014). *Cryptogamie, Bryologie* 35, 335-371

SUNITE DC

Nitrate et sulfate : deux composés clefs des enregistrements glaciologiques

Joël Savarino^{1,2} • Nicolas Caillon^{1,2} • Joseph Erbland¹ • Elsa Gautier¹ • Jean-Charles Gallet¹ • Alyson Lanciki² • William Vicars² • Tesfaye Berhanu² • Detlev Helmig³ • Jacques Hubert³ • Alex Mass³ • James France⁴ • Markus Frey⁵ • Daniel Frosini⁶ • Ilann Bourgeois⁶ • Sébastien Aubin⁶ • Albane Barbero⁶ • Cécile Lenormant⁶

Le sulfate (SO_4^{2-}) et le nitrate (NO_3^-) sont les deux espèces ioniques les plus abondantes que l'on trouve dans les carottes de glace. Ils représentent respectivement les composés ultimes du cycle du soufre et de l'azote, deux cycles fondamentaux pour le fonctionnement des enveloppes superficielles de la Terre. Récupérer l'information stockée par ces composés dans les carottes de glace est donc un enjeu majeur mais nécessite en préambule de bien comprendre les mécanismes conduisant à leur présence sur le plateau Antarctique. Le programme SUNITE DC, (Sulfate et nitrate dans la neige et l'atmosphère du Dôme C) s'est attelé spécifiquement à cette tâche en développant un suivi de ces composés basé à la fois sur des outils performants comme les isotopes stables mais aussi des stratégies originales d'échantillonnage afin de révéler l'origine et les mécanismes conduisant à leur présence dans la glace du plateau Antarctique.

Sulfate (SO_4^{2-}) and nitrate (NO_3^-) are the most abundant ionic species found in ice cores. They represent the end member of the sulfur and nitrogen cycles, cycles that are fundamental for the functioning of the Earth's superficial envelopes. Recovering the information buried in the ice by these compounds is thus a major issue but requires first to understand the mechanisms leading to their presence on the Antarctic plateau. The aim of the SUNITE DC program (Sulfate and nitrate evolution in Dome C air and snow) was precisely designed to monitor these compounds by combining specific analytical tools such as the stable isotopes and sampling strategies to reveal their origin and behavior above the Antarctic plateau.



Décontamination
d'une carotte de glace
avant son analyse

©Thibaut Vergoz
Institut Polaire Français

(1) Université Grenoble Alpes, Laboratoire de glaciologie et géophysique de l'environnement (LGGE), France
(2) CNRS, Laboratoire de glaciologie et géophysique de l'environnement (LGGE), France
(3) Institute of Arctic and Alpine Research (INSTAAR), University of Colorado, Boulder, USA
(4) Department of Earth Sciences, Royal Holloway University of London, Egham, UK
(5) British Antarctic Survey, Highcross, Madingley Road, Cambridge, UK
(6) Equipe hivernante de la station Concordia

Dispositif de collecte

des aérosols et des gaz

à Concordia

©Joel Savarino



1. INTRODUCTION

Les carottes de glace ont démontré depuis les années soixante leur incroyable capacité à nous révéler le fonctionnement passé de notre climat en mettant en exergue les différentes interactions et imbrications qui existent entre les forçages externes du climat (énergie solaire, volcanisme) et les amplificateurs propres au système terrestre (gaz à effet de serre, masse de glace continentale, circulation océanique et atmosphérique, etc.).

Si certaines informations extraites de la glace sont directement en lien avec l'atmosphère comme les gaz à effet de serre contenus dans les bulles d'air emprisonnées dans la glace, d'autres nécessitent d'établir une connaissance a priori entre les impuretés dans la glace et les mécanismes ayant conduit à leur présence. Sans ce pré requis, il serait erroné de tirer des interprétations sur le fonctionnement de la machine climatique sur la seule base des concentrations mesurées dans la glace pour ce type d'impureté. En simplifiant, il existe trois catégories de composés chimiques contenues dans la glace :

Ceux à l'information directe comme mentionné ci-dessus pour les gaz à effet de serre : la concentration mesurée dans la glace correspond à celle de l'atmosphère. Cette propriété vient de la stabilité de la molécule dans le réservoir atmosphérique et glace, la première assurant une homogénéité à grande échelle de la concentration atmosphérique, on a un signal global ; la deuxième assurant une conservation sans modification de la concentration dans la glace au cours des âges.

La deuxième catégorie est celle où les composés chimiques sont stables dans la glace mais possèdent un temps de résidence court dans l'atmosphère. Le sulfate appartient à cette catégorie. Dans ce cas, la

concentration dans la glace reflète à la fois l'intensité des émissions mais aussi la dynamique de transport ce qui ajoute une nouvelle dimension à l'interprétation. Une augmentation de concentration dans la glace résulte t'elle d'une intensification des sources émettrices et/ou d'un transport atmosphérique plus efficace ? Les deux pouvant d'ailleurs résulter d'un changement climatique.

Enfin, la dernière catégorie regroupe toutes les difficultés car ces composés sont à la fois instables dans les couches superficielles de neige et à court temps de résidence dans l'atmosphère. L'interprétation des concentrations des carottes de glace devient alors très spéculative car il est souvent impossible de déterminer sur la seule concentration mesurée d'où provient la dynamique observée. Est-ce un effet de source, de transport ou de conservation dans l'archive glaciaire ? Le nitrate est l'exemple typique de cette catégorie de composés. Son temps de résidence dans l'atmosphère ne dépasse pas quelques jours : sa concentration atmosphérique est donc très hétérogène et dépend de l'intensité des sources et de l'efficacité du transport mais une fois déposé sur la neige, il continue à subir des modifications, perturbant l'information atmosphérique au point de pouvoir l'effacer complètement dans certaines circonstances.

Le programme SUNITEDC (Projet IPEV 1011) se proposait d'étudier les deux espèces emblématiques que sont le sulfate et le nitrate, en introduisant de nouveaux outils analytiques basés sur les isotopes stables de l'oxygène, l'azote et le soufre afin de mieux appréhender l'information enregistrée.

2. ETATS DE L'ART

Le sulfate

Le sulfate représente le plus haut niveau d'oxydation du soufre conduisant à un composé stable dans l'atmosphère terrestre. Les sources de soufre sur la Terre sont distribuées globalement, il est donc naturel de trouver du sulfate dans toutes les contrées du monde et dans chaque parcelle d'air de l'atmosphère. Son intérêt en géochimie des carottes de glace vient des sources émettrices de soufre.

En Antarctique, continent très éloigné des autres masses continentales et des pollutions anthropiques, les deux principales sources identifiées sont l'océan et les éruptions volcaniques. Pour l'océan, on distingue le sulfate primaire, celui contenu tel quel dans l'eau de mer et le sulfate secondaire, celui produit dans l'atmosphère suite à l'émission de composés soufrés réduits par le plancton marin. Dans le premier cas, les tempêtes et les embruns marins sont à l'origine de la mise en suspension dans l'atmosphère du sulfate primaire, dans le second cas c'est la production par l'activité biologique de gaz soufrés (par exemple le diméthyle de soufre, CH_3SCH_3) peu soluble qui après oxydation dans l'atmosphère produit le sulfate secondaire. Pour ce qui est du volcanisme, il est bien connu que le magma des entrailles de la terre est concentré en soufre. Lors d'éruptions violentes, ce soufre se retrouve projeté dans l'atmosphère, parfois à de très hautes altitudes (\rightarrow 40 km) lui permettant de circuler à l'échelle globale et d'atteindre les parties les plus reculées du continent Antarctique.

Le sulfate est donc un indicateur climatique de premier ordre en Antarctique car il est à la fois un marqueur de tempête, d'activité biologique marine et d'éruptions volcaniques, tous trois entretenant des liens forts avec le climat¹ (GIEC, 2013). Son décryptage est dès lors essentiel. Les embruns marins tout comme l'activité biologique constitue le bruit de fond atmosphérique. Le projet SUNITEDC n'avait pas comme objectif l'étude de cette composante, laquelle est couverte par le programme CESOA (Cycle atmosphérique du soufre aux moyennes et hautes latitudes sud, IPEV programme 414). Dans le cadre de notre programme, nous nous sommes attachés à étudier avec de nouveaux outils la fréquence et l'importance des éruptions volcaniques.

Le nitrate

Tout comme le sulfate et pour les mêmes raisons, le nitrate est un produit de fin de chaîne d'oxydation, celui du cycle de l'azote, et est omniprésent dans les couches superficielles de la Terre. Il participe activement au fonctionnement du cycle de la vie via son implication dans la synthèse des acides aminés mais

son intérêt pour les glaces réside essentiellement au rôle joué par les précurseurs du nitrate dans la chimie de l'atmosphère.

Avant de se retrouver sous la forme nitrate, l'azote réactif (c'est-à-dire les composés azotés qui réagissent, contrairement à N_2 par exemple) est émis pour l'essentiel sous la forme de monoxyde d'azote (NO) par les combustions, les éclairs, les sols, la destruction de N_2O , l'oxydation de NH_3 . Or, il s'avère que NO est en très forte interaction avec l'ozone, participant soit à sa production soit à sa destruction selon les niveaux de concentration atmosphérique de NO (destructeur d'ozone dans les centres urbains, il participe à sa formation dès que sa concentration passe sous un seuil limite).

Il a donc été émise l'hypothèse que le déchiffrement du nitrate des glaces pouvait informer sur la réactivité chimique de l'atmosphère et ainsi pouvoir la mettre en regard des changements climatiques². En d'autres termes, la question est de savoir si l'atmosphère était-elle plus ou moins oxydante en période glaciaire ? A ce jour, cette question n'a aucune contrainte observationnelle. Cette question est loin d'être anodine car les concentrations de certains gaz à effet de serre (par exemple le méthane) dépendent entre autres de la capacité oxydante de l'atmosphère. Il existe dès lors un fort couplage entre la chimie de l'atmosphère et le climat³ dont seules les carottes de glace ont le potentiel de révéler ces liens. Or, il s'avère que le nitrate piégé dans la neige Antarctique n'est pas immobile. Soumis à un intense flux de radiation ultraviolet, à des gradients de température importants et à de faibles accumulations de neige, le nitrate subit des mécanismes de remobilisation post-dépôts. Il convenait donc de déterminer dans un premier temps ces mécanismes avant d'envisager une quelconque interprétation des signaux obtenus sur les carottes de glace des régions centrales de l'Antarctique.

Les isotopes stables

Les concentrations seules ne pouvant apporter les contraintes nécessaires à une bonne compréhension des dynamiques observées dans la glace, le programme SUNITEDC s'est attaché à utiliser l'outil isotopique comme élément de discrimination des processus. Il n'est pas question, ici, de faire une description méticuleuse de la chimie des isotopes stables, nous nous contenterons de simples constats qui suffiront à saisir l'intérêt de cet outil.

Les isotopes sont des éléments chimiques dont la seule différence réside dans le nombre de neutron du noyau atomique :

² Wolff, Nitrate in polar ice, in: Ice core studies of global biogeochemical cycles, Delmas R (ed) vol 30. Springer-Verlag, New York, pp 195-224 1995
³ Isaksen et al. doi:10.1016/j.atmosenv.2009.08.003, 2009

¹ GIEC, Cinquième rapport d'évaluation du changement climatique, 2013.

- l'azote est constitué de deux isotopes stables : l'azote-14 (7 protons, 7 neutrons, noté ^{14}N) et l'azote-15 (7 protons, 8 neutrons, ^{15}N),
- l'oxygène de trois isotopes stables : oxygène-16 (8 protons, 8 neutrons, ^{16}O), oxygène-17 (8 protons, 9 neutrons, ^{17}O) et oxygène-18 (8 protons, 10 neutrons, ^{18}O)
- le soufre de 4 isotopes stables : soufre-32 (^{32}S), soufre-33 (^{33}S), soufre-34 (^{34}S) et soufre-36 (^{36}S).

La présence d'un ou plusieurs neutrons supplémentaires ne change pas la nature de l'élément : un azote-14 ou azote-15 ont le même comportement macroscopique, en revanche la masse de l'isotope est modifiée. De manière générale, la proportion de chaque isotope d'un même élément dans la matière est gouvernée par ce différentiel de masse. C'est la raison pour laquelle l'eau « lourde », H_2^{18}O par exemple s'évapore plus lentement que l'eau classique H_2^{16}O . La proportion d'un isotope dans un composé chimique (noté $\delta^x\text{Y-AB}$ où x est le numéro d'isotope, Y l'élément et AB le composé analysé, par exemple $\delta^{34}\text{S-SO}_4^{2-}$ pour la quantité de soufre-34 dans le sulfate) retranscrit de fait l'historique de formation de celui-ci pour peu que chaque mécanisme ait laissé son empreinte isotopique. Là réside la puissance analytique des isotopes : les isotopes sont capables d'indiquer les mécanismes ayant conduit à l'augmentation ou la diminution de concentration contrairement à cette dernière qui ne donne qu'une information globale, sans distinction des mécanismes.

3. RECONSTRUCTION DU VOLCANISME PASSÉ

Les éruptions volcaniques sont des acteurs importants du climat. Lors des méga-éruptions (éruptions stratosphériques), des quantités importantes de soufre sont injectées dans la stratosphère, créant un nuage de micro gouttelettes d'acide sulfurique capable de résider plusieurs années dans la stratosphère. Ce nuage joue le rôle d'un réflecteur renvoyant une partie de l'énergie solaire, abaissant les températures globales moyennes au sol. Après sédimentation, ces retombées volcaniques se trouvent fossilisées dans les glaces polaires.

Il est donc a priori possible à partir des carottes de glace de dresser l'historique des éruptions volcaniques passées⁴. Or, pour la plupart des éruptions fossilisées dans les glaces, leur origine et leur puissance sont inconnues, rendant toute évaluation climatique hasardeuse. En effet, seules les éruptions stratosphériques impactent le climat car elles ont l'explosivité pour envoyer directement dans la stratosphère le soufre. Les éruptions moins puissantes dites troposphériques bien que dévastatrices pour la faune et la flore locales ne modifient pas le climat de la planète car l'acide sulfurique formé dans les basses couches de l'atmosphère est rapidement lessivé par les précipitations dans un délai de quelques jours à quelques semaines, délai cependant suffisant pour atteindre les régions polaires. L'enregistrement de sulfate de la glace contient donc en sus du bruit de fond, des pics de concentration de sulfate comme l'illustre la figure 1 dont chacun est le reflet d'une éruption volcanique.

⁴ Hammer et al. Journal of Volcanology and Geothermal Research 11 (1):3-10, 1981

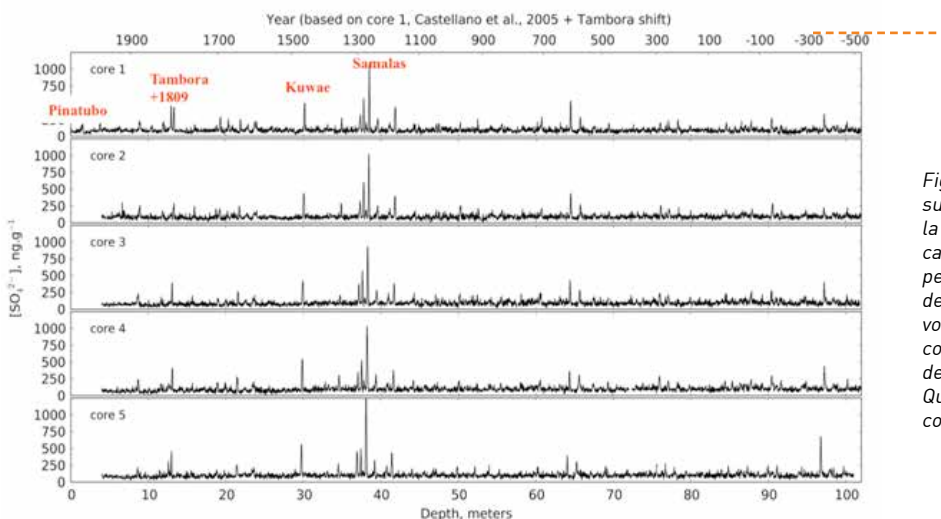


Figure 1 : Profile de concentration de sulfate (ng par g d'eau) en fonction de la profondeur et de la datation sur cinq carottes du Dôme C. La multiplicité permet de quantifier la reproductibilité des signaux, d'identifier les éruptions volcaniques manifestées par les pics de concentration et d'obtenir suffisamment de soufre pour l'analyse isotopique. Quelques éruptions contemporaines connues sont mentionnées.

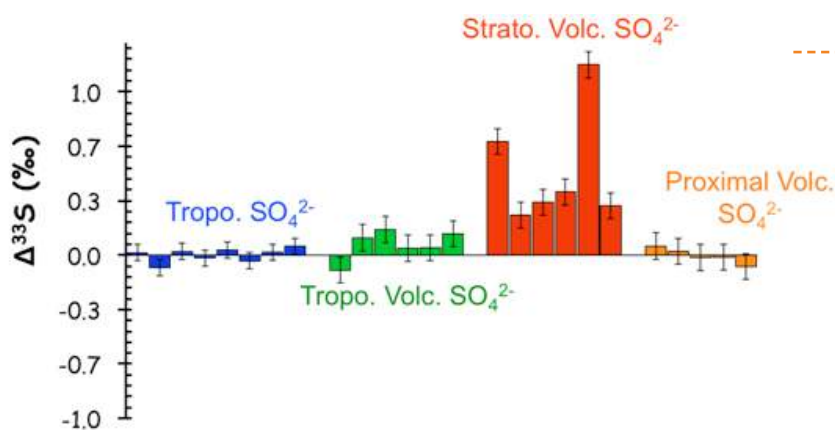


Figure 2 : Anomalie isotopique en soufre-33 ($\delta^{33}\text{S}$) sur différent type de sulfate atmosphérique. Seul le sulfate produit dans la stratosphère et soumis au rayonnement UV produit une anomalie significativement différente de zéro. Cette signature permet d'identifier les éruptions volcaniques stratosphériques dans la glace sans connaissance a priori. En bleu le sulfate que l'on trouve dans les basses couches de l'atmosphère, en vert le sulfate volcanique troposphérique, en rouge le sulfate volcanique stratosphérique, en orange dépôt de sulfate à proximité de volcans.

Mais comment alors discriminer les éruptions stratosphériques à l'impact climatique important des éruptions troposphériques? Jusqu'à présent cette identification se basait sur une comparaison entre les enregistrements du Groenland et de l'Antarctique sous l'hypothèse qu'un pic synchronisé dans le temps entre ces deux types d'enregistrement marquait la présence d'une éruption stratosphérique de grande ampleur ayant affecté les deux hémisphères et donc le climat. Bien que logique, cette hypothèse présente plusieurs faiblesses. Il faut tout d'abord être en possession d'une datation précise à l'année près pour les deux enregistrements hémisphériques. Or, aucune datation ne peut garantir une aussi faible erreur, de surcroît lorsque l'on compare deux enregistrements. Tant bien même cette précision serait acquise, rien n'empêche la simultanéité de deux éruptions troposphériques dans chaque hémisphère la même année donnant l'illusion d'une éruption massive.

Pour contourner ces difficultés, lors de précédentes études nous avons pu établir une nouvelle méthode de discrimination de ces deux types de volcanisme sur la base d'une analyse isotopique du soufre. Il apparaît que l'acide sulfurique synthétisé dans la stratosphère porte une composition isotopique très distincte de celui synthétisé dans la troposphère. La raison est que dans la stratosphère le soufre émis par le volcanisme est soumis à un rayonnement ultraviolet intense car situé dans ou au dessus de la couche d'ozone. Ce rayonnement UV participe à la synthèse de l'acide sulfurique et produit une anomalie isotopique caractéristique, notée $\delta^{33}\text{S}$ ($= \delta^{33}\text{S} - 0.515 \delta^{34}\text{S}$). Ce paramètre est proche de zéro dans la troposphère et supérieur à ± 0.2 dans la stratosphère (Figure 2). L'avantage de cette méthode est qu'elle ne s'appuie sur aucune comparaison et/ou datation, elle ne dépend que d'une mesure isotopique.

Dans ce contexte et grâce aux moyens logistiques et financiers de l'IPEV, une série de forage couvrant les 2500 dernières années a eu lieu à Concordia dans le cadre du programme SUNITEDC soutenu pour l'occasion par le projet ANR VOLSOL (collaboration LGGE/CEREGE) dont l'objectif était d'extraire de ces carottes l'historique du volcanisme (LGGE) et du forçage solaire (CEREGE).

A partir de ces carottes, une analyse systématique de la composition isotopique en soufre de toutes les éruptions volcaniques identifiées (Figure 1) a permis leur classification stratosphérique / troposphérique. Notre classification a été par la suite comparée à celle obtenue par la méthode classique d'intercomparaison hémisphérique. En moyenne, les deux méthodes classent à l'identique environ 90 % des événements volcaniques mais elles divergent pour certains cas classés stratosphérique par la méthode traditionnelle et troposphérique par la méthode isotopique et vice versa (Figure 3). Compte tenu de la robustesse de l'approche isotopique, il est fortement probable que ces divergences soient la conséquence d'erreurs de datation et de simultanéité d'événements distincts interprétés comme une même éruption. Ce travail se poursuit actuellement dans le cadre d'une nouvelle ANR FOFAMIFS impliquant le LGGE (J. Savarino), le LATMOS (S. Bekki), l'IPGP (P. Cartigny) et lSTEP (E. Martin) dont l'objectif est d'extraire des données isotopiques des informations sur les hauteurs d'injection et les quantités émises de soufre. Il trouve aussi des prolongements dans le programme ABN conduit en collaboration avec nos collègues Australiens et grâce à un partenariat logistique entre l'IPEV et l'Australian Antarctic Division (AAD), partenariat qui a permis d'obtenir de la glace sur un site intermédiaire à meilleure résolution temporelle entre Dôme C et la côte Antarctique.

4. LE CAS EMBLÉMATIQUE DU NITRATE

SUNITEDC a permis la mise en place d'une structure d'observation poussée pour l'étude de ce composé important pour notre compréhension de la capacité oxydante de l'atmosphère du plateau Antarctique. Afin de cerner la dynamique de ce composé, nous avons mis en place un suivi de l'atmosphère, l'air interstitiel de la neige et le manteau neigeux. La couverture de tous ces compartiments se justifie par la nature mobile du nitrate dans la neige. Une des premières questions à résoudre concernait les processus à l'origine de cette mobilité. Les premières analyses conduites sur la concentration du nitrate dans la neige d'été avaient révélé une très forte décroissance de celle-ci

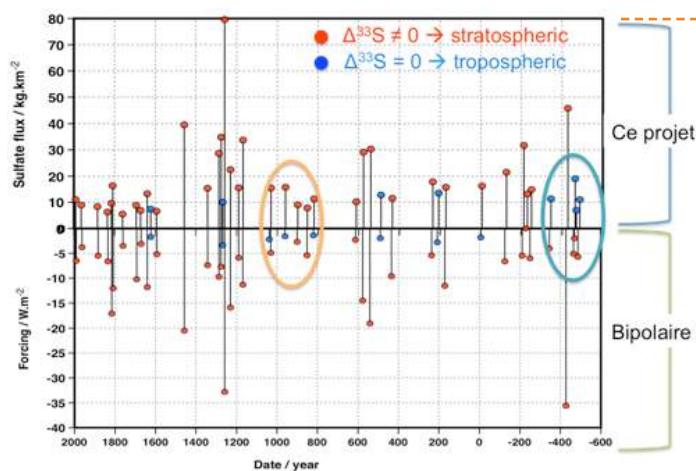
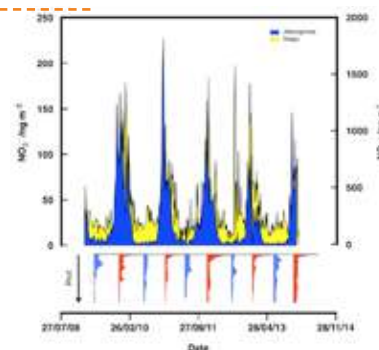


Figure 3 : Identification des éruptions stratosphériques (rouge) et troposphériques (bleu) par la méthode isotopique (notre projet) et par la méthode de comparaison bipolaire. Les cercles indiquent les disparités observées entre les deux méthodes. Parce que la méthode isotopique n'a pas de biais connu, nous soupçonnons un défaut de datation ou une simultanéité d'événements dans la comparaison bipolaire qui entrainerait une erreur d'attribution.

en quelques dizaines de centimètre seulement. Deux phénomènes étaient régulièrement proposés pour justifier cette apparente disparition du nitrate en profondeur : une destruction du nitrate par les UV, justifiée par l'observation d'émissions d'oxyde d'azote (NO_x) par le manteau neigeux et la volatilisation du nitrate sous la forme d'acide nitrique (HNO_3), justifiée par la nature volatile de HNO_3 couplée aux fortes concentrations de HNO_3 observées dans l'atmosphère en été. Afin de déterminer le processus dominant de perte de nitrate, plusieurs dispositifs ont été mis en place et pour la première fois durant l'hiver austral grâce à l'aide précieuse des hivernants glaciologues de la station Concordia.

La concentration et la composition isotopique du nitrate atmosphérique ont été suivies régulièrement, tout comme celles de la neige de surface et du manteau neigeux (Figure 4). On observe clairement un cycle saisonnier caractérisé par des concentrations élevées en été à la fois dans la neige et l'atmosphère sans pour autant être en phase. Ce décalage dans le temps est la retranscription des différentes tailles des réservoirs, le réservoir atmosphérique se remplissant plus vite que celui de la neige compte tenu de sa plus petite taille. On observe de même la forte décroissance des concentrations du manteau neigeux associée à un enrichissement très prononcé du $\delta^{15}\text{N}-\text{NO}_3^-$. Des études de terrain couplées à ceux effectuées au laboratoire ont clairement pointé le processus de photolyse comme origine principale de cette dynamique de perte dans le manteau neigeux.

Figure 4 : Variations temporelles entre 2010 et 2014 des concentrations de nitrate dans l'atmosphère (bleu) et dans la toute première couche de neige (jaune). On y perçoit le décalage de phase entre ces deux paramètres où l'augmentation de concentration estivale de l'atmosphère précède celle de la neige de quelques semaines compte tenu des différences de taille entre ces deux réservoirs. Dessous est illustré les profils de concentration de nitrate dans la neige jusqu'à la profondeur de 50 cm. On distingue clairement le fort enrichissement de la neige de surface en été (rouge) et l'appauvrissement en profondeur, comportement expliqué par le cycle de photolyse/oxydation du nitrate et des oxydes d'azote de la neige. En hiver (bleu), en l'absence de photochimie, le nitrate déposé en surface ne subit pas de remobilisation jusqu'au retour du soleil.



Plusieurs collaborations internationales sont venues compléter ce suivi. Un dispositif de mesure de NO_x de l'air interstitiel de la neige a été déployé grâce à nos collègues américains de l'Université du Colorado⁵. La figure 5 montre les concentrations de NO_x mesurées dans l'air du manteau neigeux et dans l'atmosphère. On remarque aisément l'activité photochimique intense dans la neige en été avec des concentrations de NO_x plus élevées dans l'air interstitiel de la neige que dans l'atmosphère, produisant un flux positif d'oxydes d'azote de la neige vers l'atmosphère, lesquels s'oxydent localement en nitrate et produisent le cycle saisonnier observé sur la figure 4.

James France de la Royal Holloway University of London s'est joint au programme durant deux saisons pour mesurer les propriétés de transparence de la neige au rayonnement ultraviolet. A partir de ses mesures, nous avons pu déduire l'épaisseur de pénétration des UV dans la neige (environ 20 cm) et conclure que la zone photochimique active du nitrate ne pouvait excéder une épaisseur maximale de 1 m, figeant au delà le nitrate pour des millénaires. Le programme NITEDC s'est de même associé à l'ANR OPALE pour étudier la capacité oxydante de l'atmosphère. Lors de cette campagne intensive, nous avons mis en exergue la très forte capacité oxydante de l'atmosphère du Dôme C en été, atteignant des valeurs équivalentes à celles que l'on trouve habituellement sous les tropiques !

⁵ D. Helmig, collaboration National Science Foundation

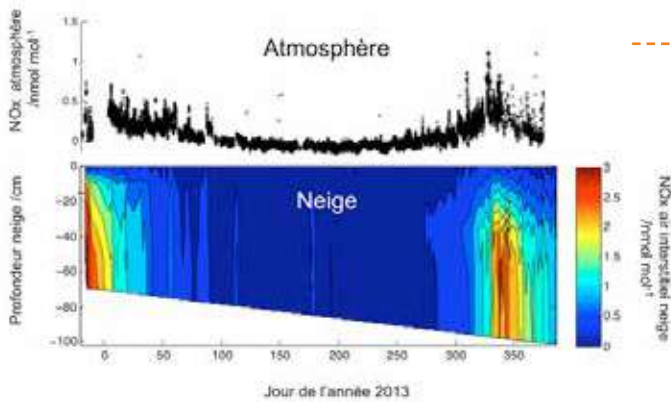


Figure 5 : Concentrations des oxydes d'azote ($NO_x = NO + NO_2$) observées dans l'air interstitiel de la neige et dans l'atmosphère pour l'année 2013. On voit clairement apparaître la production estivale de NO_x dans la neige avec des concentrations supérieures à l'atmosphère ainsi que le cycle saisonnier très marqué. La production de NO_x résulte de la photolyse du nitrate de la neige.

Pour compléter ce tableau, les propriétés physiques de la neige (morphologie, taille, surface spécifique, densité) ont été mesurées permettant de paramétrer les échanges gaz-solide. L'ensemble de ce jeu de données est décrit par la figure 6a qui symbolise les paramètres physique, chimique et isotopique qui ont été acquis dans les différents réservoirs. Sur la base de ces observations et d'un modèle d'interface air-neige développé au cours de ce programme, nous avons pu établir les différents flux d'échange, la taille relative des réservoirs et les informations in fine archivées dans la glace par le nitrate (Figure 6b).

Les principales conclusions acquises du programme sont :

- La photolyse du nitrate de la neige est le processus dominant la perte. La volatilisation joue un rôle mineur et négligeable, les compositions isotopiques permettent de reconstituer cette perte.
- Le nitrate est recyclé en moyenne 4 fois entre l'atmosphère et la neige avant son archivage définitif. Ce cycle inclut la dissociation du nitrate en NO_x par les UV, l'émission de NO_x dans la couche limite du Dôme C, l'oxydation locale des NO_x en nitrate et leur dépôt sur la neige de surface.
- Les flux en nitrate en provenance des zones sources (stratosphère, basses latitudes) sont de plusieurs ordres de grandeurs inférieurs au flux de recyclage
- Le réservoir atmosphérique contient beaucoup moins de nitrate que la neige

- Les caractéristiques isotopiques du nitrate archivé aux sites de très faible accumulation représentent les conditions locales d'oxydation photochimique et non celles des sources lointaines de nitrate
- Seules les conditions estivales sont archivées, les apports de nitrate hivernaux étant recyclés durant les étés suivants.

Tous ces points aboutissent à interpréter les concentrations et les compositions isotopiques du nitrate de la glace comme des traceurs des conditions locales d'oxydation atmosphérique (isotope de l'oxygène) et des taux de perte et de dépôts (isotope de l'azote) pour des sites à faible accumulation et comme des traceurs des conditions lointaines des sources pour les sites à forte accumulation.

5. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

SUNITEDC fournit plusieurs connaissances fondamentales sur l'origine des composés soufré et nitré et sur les mécanismes d'enfouissement. En s'appuyant sur ces connaissances, nous avons pu produire différentes explications sur la présence et le comportement du sulfate et du nitrate dans la glace et la neige du plateau central Antarctique. Ces outils permettent maintenant d'envisager avec un nouveau regard l'interprétation des signaux enregistrés dans la glace pour ces deux espèces. Il n'en demeure pas moins qu'une part d'ombre persiste sur les mécanismes précis d'oxydation révélés par les programmes OPALÉ et SUNITEDC. Afin de pousser toujours plus loin l'interprétation des carottes de glace et d'accroître nos connaissances sur le système climatique terrestre

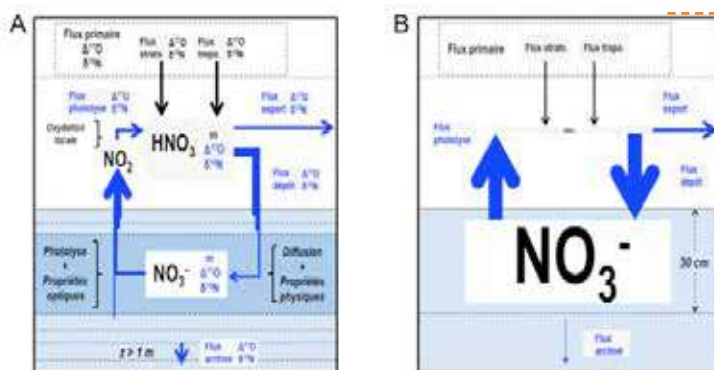


Figure 6 : A) Paramètres physiques, isotopiques et chimiques suivis durant le projet SUNITEDC. B) résultat schématique de la modélisation après assimilation des observations. Les tailles des flèches (flux) et du texte (réservoir) sont proportionnelles aux différentes variables.



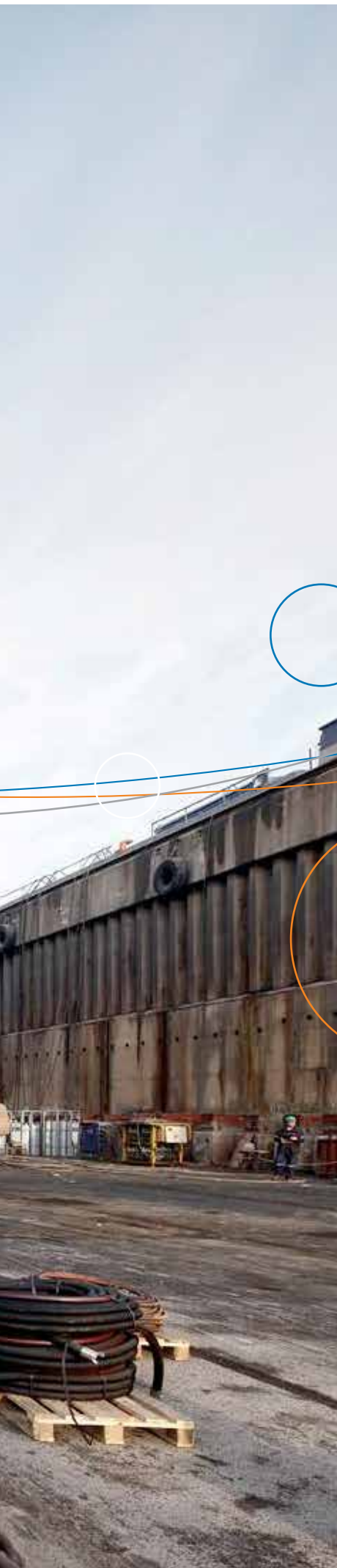
Dispositif de chambre à flux avant (gauche) et après (droite) son enfouissement dans la neige de Dôme C. Il permet de mesurer les émissions des oxydes d'azote par la neige en conditions contrôlées. En arrière plan, la station Concordia (©J. Savarino).

permettant une meilleure anticipation des changements climatiques à venir, d'autres projets planifiés ou à venir prendront le relai en s'attachant à mieux spatialiser les acquis du programme SUNITEDC. Le projet de traverse en véhicule terrestre entre Dôme C et Pôle Sud (EAIIST) tout comme celui de l'étude de la capacité oxydante le long d'un gradient de latitude 35-75° S (CAPOXI 35-75) en sont le reflet et bénéficieront de cet héritage scientifique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Baroni M, Thiemens MH, Delmas RJ, & Savarino J (2007) Mass-independent sulfur isotopic compositions in stratospheric volcanic eruptions. *Science* 315(5808):84-87, doi: 10.1126/science.1131754.
- Grannas AM, et al. (2007) An overview of snow photochemistry: evidence, mechanisms and impacts. *Atmos Chem Phys* 7(16):4329-4373, doi: 10.5194/acp-7-4329-2007.
- Savarino J, Kaiser J, Morin S, Sigman DM, & Thiemens MH (2007) Nitrogen and oxygen isotopic constraints on the origin of atmospheric nitrate in coastal Antarctica. *Atmos Chem Phys* 7:1925-1945, doi: 10.5194/acp-7-1925-2007.
- Baroni M, Savarino J, Cole-Dai J, Rai VK, & Thiemens MH (2008) Anomalous sulfur isotope compositions of volcanic sulfate over the last millennium in Antarctic ice cores. *J Geophys Res* 113(D20):D20112, doi: 10.1029/2008jd010185.
- Frey MM, Savarino J, Morin S, Erbland J, & Martins JMF (2009) Photolysis imprint in the nitrate stable isotope signal in snow and atmosphere of East Antarctica and implications for reactive nitrogen cycling. *Atmos Chem Phys* 9:8681-8696, doi: 10.5194/acp-9-8681-2009.
- Legrand M, et al. (2009) Year-round record of surface ozone at coastal (Dumont d'Urville) and inland (Concordia) sites in East Antarctica. *J Geophys Res* 114(D20):D20306, doi: 10.1029/2008jd011667.
- France JL, et al. (2011) Snow optical properties at Dome C (Concordia), Antarctica; implications for snow emissions and snow chemistry of reactive nitrogen. *Atmos Chem Phys* 11(18):9787-9801, doi: 10.5194/acp-11-9787-2011.
- Gallet JC, Domine F, Arnaud L, Picard G, & Savarino J (2011) Vertical profile of the specific surface area and density of the snow at Dome C and on a transect to Dumont D'Urville, Antarctica - albedo calculations and comparison to remote sensing products. *The Cryosphere* 5(3):631-649, doi: 10.5194/tc-5-631-2011.
- Priyadarshi A, Dominguez G, Savarino J, & Thiemens M (2011) Cosmogenic ³⁵S: A unique tracer to Antarctic atmospheric chemistry and the polar vortex. *Geophys Res Lett* 38(13):L13808, doi: 10.1029/2011gl047469.
- Erbland J, et al. (2013) Air-snow transfer of nitrate on the East Antarctic Plateau - Part 1: Isotopic evidence for a photolytically driven dynamic equilibrium in summer. *Atmos Chem Phys* 13(13):6403-6419, doi: 10.5194/acp-13-6403-2013.
- Frey MM, et al. (2013) The diurnal variability of atmospheric nitrogen oxides (NO and NO₂) above the Antarctic Plateau driven by atmospheric stability and snow emissions. *Atmos Chem Phys* 13(6):3045-3062, doi: 10.5194/acp-13-3045-2013.
- Hill-Falkenthal J, Priyadarshi A, Savarino J, & Thiemens M (2013) Seasonal variations in ³⁵S and ^{δ17}O of sulfate aerosols on the Antarctic plateau. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 118:1-12, doi: 10.1002/jgrd.50716.
- Berhanu TA, et al. (2014) Laboratory study of nitrate photolysis in Antarctic snow. II. Isotopic effects and wavelength dependence. *The Journal of Chemical Physics* 140(24):244305, doi: 10.1063/1.4882899.
- Gallet JC, Domine F, Savarino J, Dumont M, & Brun E (2014) The growth of sublimation crystals and surface hoar on the Antarctic plateau. *The Cryosphere* 8(4):1205-1215, doi: 10.5194/tc-8-1205-2014.
- Legrand M, et al. (2014) Large mixing ratios of atmospheric nitrous acid (HONO) at Concordia (East Antarctic Plateau) in summer: a strong source from surface snow? *Atmos Chem Phys* 14(18):9963-9976, doi: 10.5194/acp-14-9963-2014.
- Meusinger C, Berhanu TA, Erbland J, Savarino J, & Johnson MS (2014) Laboratory study of nitrate photolysis in Antarctic snow. I. Observed quantum yield, domain of photolysis, and secondary chemistry. *The Journal of Chemical Physics* 140(24):244305, doi: 10.1063/1.4882898.
- Vicars WC & Savarino J (2014) Quantitative constraints on the ¹⁷O-excess (^{δ17}O) signature of surface ozone: Ambient measurements from 50°N to 50°S using the nitrite-coated filter technique. *Geochim Cosmochim Acta* 135(0):270-287, doi: 10.1016/j.gca.2014.03.023.
- Berhanu TA, et al. (2015) Isotopic effects of nitrate photochemistry in snow: a field study at Dome C, Antarctica. *Atmos Chem Phys* 15(19):11243-11256, doi: 10.5194/acp-15-11243-2015.
- Erbland J, et al. (2015) Air-snow transfer of nitrate on the East Antarctic Plateau - Part 2: An isotopic model for the interpretation of deep ice-core records. *Atmos Chem Phys* 15(20):12079-12113, doi: 10.5194/acp-15-12079-2015.
- Frey MM, et al. (2015) Atmospheric nitrogen oxides (NO and NO₂) at Dome C, East Antarctica, during the OPALE campaign. *Atmos Chem Phys* 15(14):7859-7875, doi: 10.5194/acp-15-7859-2015.
- Preunkert S, et al. (2015) Formaldehyde (HCHO) in air, snow, and interstitial air at Concordia (East Antarctic Plateau) in summer. *Atmos Chem Phys* 15(12):6689-6705, doi: 10.5194/acp-15-6689-2015.
- Angot H, et al. (2016) New insights into the atmospheric mercury cycling in central Antarctica and implications on a continental scale. *Atmos Chem Phys* 16(13):8249-8264, doi: 10.5194/acp-16-8249-2016.
- Gautier E, Savarino J, Erbland J, Lanciki A, & Possenti P (2016) Variability of sulfate signal in ice core records based on five replicate cores. *Clim Past* 12(1):103-113, doi: 10.5194/cp-12-103-2016.
- Legrand M, et al. (2016) Inter-annual variability of surface ozone at coastal (Dumont d'Urville, 2004-2014) and inland (Concordia, 2007-2014) sites in East Antarctica. *Atmos Chem Phys* 16(12):8053-8069, doi: 10.5194/acp-16-8053-2016.
- Savarino J, et al. (2016) Oxygen isotope mass balance of atmospheric nitrate at Dome C, East Antarctica, during the OPALE campaign. *Atmos Chem Phys* 16(4):2659-2673, doi: 10.5194/acp-16-2659-2016.
- Touzeau A, et al. (2016) Acquisition of isotopic composition for surface snow in East Antarctica and the links to climatic parameters. *The Cryosphere* 10(2):837-852, doi: 10.5194/tc-10-837-2016.





Les campagnes océano- graphiques du **Marion Dufresne**

Le carottage durant la campagne Acclimate

Entièrement modernisé en 2015, le Marion Dufresne, navire océanographique opéré par l'Institut polaire français (IPEV), a prélevé à plus de 4000 mètres de profondeur le plus long échantillon jamais réalisé en carottage : une carotte sédimentaire de 60 mètres de long présentant un échantillonnage parfait. C'est durant une campagne de carottage dans l'océan Austral que le nouvel équipement du navire a pu être testé et a montré ses nouvelles capacités qui ne sont que le début d'une longue série de carottages au service de la paléoclimatologie et de la paléocéanographie. En effet, ces outils, conçus par des ingénieurs du CNRS travaillant au sein de l'IPEV, sont majeurs dans la compréhension des aléas climatiques : ils permettent d'étudier des archives sédimentaires remontant sur plusieurs cycles climatiques, dépassant parfois les 800 000 ans obtenus dans la glace, ou avec une résolution pouvant être décennale selon les environnements de prélèvement.



Le Marion Dufresne, navire spécialement conçu pour les opérations de carottage long, est équipé du carottier géant à piston appelé CALYPSO développé dès l'origine par le CNRS et l'IPEV. Le CALYPSO permet de prélever des carottes sédimentaires de très grande longueur, jusqu'à 75 mètres quand les autres types de carottiers se limitent à 35 mètres, dans des tubes surmontés d'un poids d'environ 7 tonnes. Après immersion, le CALYPSO est lâché soudainement quelques mètres au-dessus du fond. Le remplissage des tubes est assuré par la dépression d'un piston retenu de façon contrôlée à l'interface eau/sédiment.

Avant sa jouvence de 2015, le Marion Dufresne était capable de déployer des tubes de 60 mètres mais au-delà de 2 000 mètres de fond et de 40 mètres de tubes les déformations induites par l'ancien système étaient importantes, rendant l'analyse des prélèvements difficile : les strates sédimentaires pouvaient être

étirées voire déformées avec de l'eau de mer à la place du sédiment initial. Désormais, le Marion Dufresne est capable de déployer des tubes de 75 mètres de façon régulière. Durant la campagne ACCLIMATE¹, la maîtrise améliorée des opérations de carottage a permis d'obtenir par 3600 mètres de profondeur le remplissage du tube à 99% et donc de prélever 59,48 mètres de sédiments. La qualité du prélèvement est excellente en terme de conservation de la géométrie du sédiment dans sa configuration in-situ : le sédiment n'est pas déformé dans le tube. C'est la première fois au monde que des carottes géantes de sédiment marin d'une telle qualité sont prélevées.

Tous les autres carottages de la campagne, dont certains à plus de 4000 mètres et dans divers environnements sédimentaires, ont témoigné d'une même qualité, avec un taux de récupération similaire. La reproductibilité du résultat démontre les capacités exceptionnelles de ces nouveaux équipements, fruits des efforts nourris des agents CNRS impliqués dans le développement de cette technologie à l'IPEV et à la division technique de l'INSU du CNRS.

La qualité de ces prélèvements est due tout d'abord à un nouveau câble synthétique d'élasticité minimale développé avec un industriel français, l'entreprise Cousin Trestec, permettant un meilleur contrôle du positionnement du piston à l'interface eau/sédiment lors du carottage. Ensuite, l'augmentation des capacités des équipements formant l'ensemble du système de carottage du bord joue un rôle majeur dans ces résultats : le treuil grand fond de capacité de traction de 45 tonnes permet l'arrachement des tubes géants du sédiment, le portique est plus ergonomique et sa résistance est augmentée, les tangons de manipulation sont instrumentés et permettent une bien meilleure maîtrise des opérations de débordement. Enfin, la suppression du pavois sur plusieurs mètres a permis d'améliorer la gestion et la sécurité des opérations, et de gagner un temps d'opération précieux. Parallèlement, les équipements acoustiques de dernière génération tels les sondeurs multifaisceaux et le sondeur de sédiment permettent une meilleure imagerie du sous-sol sédimentaire et donc une meilleure connaissance des environnements à carotter. Enfin, l'instrumentation du carottier lui-même présente des capteurs océanographiques permettant des mesures in-situ des paramètres environnant comme la température et la salinité des masses d'eau traversées.

¹ Responsable de mission Claire Waelbroeck, Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (CNRS-CEA-UVSQ)



Le Marion Dufresne en cale sèche pendant la jouvence

© DAMEN

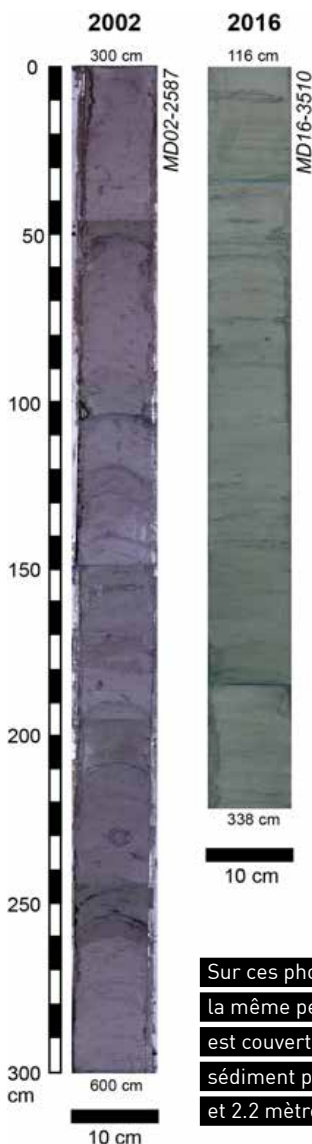


Carottier Calypso, avec les tubes montés à hauteur d'épaule des personnels de gauche et le poids de 7 tonnes en jaune à droite au niveau du portique, prêt au déploiement
©Kley France - David Vauquelin

Le Marion Dufresne est l'un des plus grands navires océanographiques d'Europe de 120,5 mètres de long. Fleuron de la flotte océanographique française, ses équipements scientifiques embarqués en font un navire unique au monde par ses capacités de carottages sédimentaires.

Construit en 1995 et propriété des Terres australes et antarctiques françaises (Taaf), le Marion Dufresne, armé par la CMA-CGM, est un navire polyvalent à deux fonctions principales : la première est l'organisation et la mise en œuvre de campagnes océanographiques par l'IPEV sur toutes les mers du globe pendant les 2/3 de l'année. Sa seconde fonction est le ravitaillement des îles subantarctiques françaises (Crozet, Kerguelen, Amsterdam) quatre fois par an, sous la responsabilité des Taaf à partir de l'île de La Réunion.

15 millions d'euros du Plan d'Investissement d'Avenir (PIA) ont été alloués à la modernisation des équipements et appareils scientifiques du navire Marion Dufresne. Cette action est intégrée au projet EquipEX Carottage paléoclimatique : haute résolution et innovation (CLIMCOR)⁽²⁾ porté par le CNRS au nom du Centre de carottage et de forage national et s'insère dans le cadre du Plan d'évolution de la flotte océanographique française (FOF). Le second investisseur, les Taaf, a emprunté la somme de 10 millions d'euros en mai 2014 auprès de l'Agence française du développement pour la modernisation du navire.



Sur ces photographies, la même période de temps est couverte par 3 mètres de sédiment prélevé en 2002 et 2.2 mètres en 2016.

Ces différences de prélèvement soulignent le fort étirement de la séquence sédimentaire lors du carottage en 2002 et l'absence totale d'étirement en 2016. L'arrondissement nettement visible des couches noires dans la séquence de 2002 reflète une déformation du sédiment lors du processus de carottage par "pistonage". La disparition de telles déformations dans le prélèvement de 2016 souligne l'excellente qualité des carottes sédimentaires prises dorénavant sur le Marion Dufresne, même par plus de 4000 mètres de fond. La différence de couleur entre les photos reflète l'amélioration de la qualité du matériel photographique.

Activités scientifiques menées à bord du navire de recherche océanographique Marion-Dufresne en 2015

L'année 2015 est une année particulière en ce qui concerne les activités scientifiques du navire Marion Dufresne.

Le navire a eu 20 ans en mars et les travaux de rénovation qui ont eu lieu ont provoqué une indisponibilité totale de 6 mois suivie d'opérations de recette des nouveaux équipements.

En conséquence, l'activité scientifique du navire n'a concerné que la période du 6 janvier au 10 février 2015.

LA MISSION MD200 / LOGIPEV

Trajet du 6 janvier 2015 au 10 février 2015. Départ et arrivée à La Réunion. (Figure 1)

Cette campagne regroupe plusieurs programmes par souci d'optimisation du temps d'affrètement du navire.

1.1. Observatoire hydroacoustique de la sismicité et de la biodiversité (VT 141/OHA-SIS-BIO-7)

Le programme Observatoire hydroacoustique de la sismicité et de la biodiversité (OHA-SIS-BIO) a pour objectif de maintenir un réseau d'hydrophones dans l'océan Indien Austral afin de réaliser une surveillance conjointe :

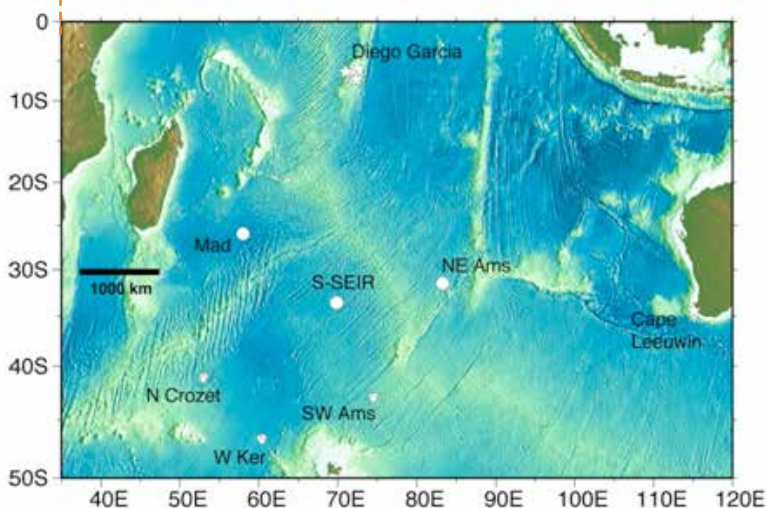
- de l'activité sismique (et magmatique) associée aux trois dorsales de l'océan Indien dont les taux d'expansion sont contrastés.
- des grands mammifères marins présents dans l'océan Austral : baleine bleue antarctique, baleine bleue pygmée, rorqual commun. Depuis l'interdiction de la pêche baleinière au cours des années 60, très peu d'informations sont disponibles sur l'écologie et l'état des populations, quasiment décimées pour certaines espèces étudiées.

La réalisation de ces deux objectifs nécessite des périodes d'observation continue suffisamment longues pour être représentatives de l'activité sismique ou volcanique de ces frontières de plaques et de l'activité saisonnière des mammifères marins. Les ondes acoustiques qui les caractérisent sont dans la même bande de fréquences. Ainsi, les mesures

peuvent profiter de la même configuration instrumentale. Les hydrophones sont déployés dans le canal SOFAR, couche d'eau dans laquelle les ondes se déplacent à faible vitesse et avec peu d'atténuation sur de très longues distances (supérieures à 1000 kilomètres). Ce canal est situé entre 500 et 1300 mètres de profondeur en fonction de la latitude. Les hydrophones sont, en dehors des courtes périodes de maintenance, immergés en permanence.

L'objectif de cette valorisation de transit était de récupérer 8 mouillages équipés d'hydrophones autonomes, immergés dans la colonne d'eau, et d'en redéployer 9.

Figure 2 : position des hydrophones dans l'océan Indien (cercles blancs pleins).



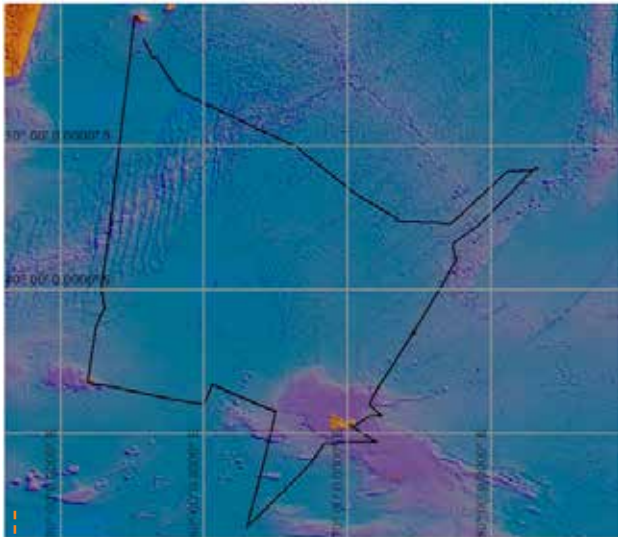


Figure 1 : route du Marion-Dufresne au cours de la mission MD200/LOGIPEV.

Les mouillages, répartis sur 6 sites, au-dessus de fonds variant de 2300 à 5200 m de profondeur, sont constitués d'un lest, d'un largueur acoustique, d'une ligne de plusieurs kilomètres et d'une bouée immergée dans lequel est logé l'hydrophone. Les hydrophones enregistrent en continu les événements entre 0 et 120 Hz (échantillonnage à 240 Hz).

Tous les instruments, sauf un perdu, ont été récupérés avec succès et tous ont fonctionné depuis leur mise à l'eau en février-mars 2013 (trois d'entre eux se sont arrêtés 15 jours à 3 semaines avant leur récupération). Cela représente environ 260 Go de données acoustiques à exploiter. Leur examen préliminaire montre qu'elles sont riches en informations sur la présence saisonnière de plusieurs espèces de grandes baleines, sur l'activité sismique et volcanique de la région et sur le bruit très basse fréquence lié à l'état de mer.

Tous les hydrophones ont été reconditionnés et redéployés pour une nouvelle période de 12 à 18 mois. Le triplet redéployé entre Kerguelen et Amsterdam (SWAMS) est dorénavant constitué d'un mouillage équipé de 2 hydrophones situés à 330 m et 1200 m de profondeur afin d'étudier plus précisément le bruit généré par l'état de mer.

Pendant les transits entre Amsterdam et la "South East Indian Ridge", des données magnétiques ont été acquises pour compléter l'information sur l'âge des fonds océaniques dans ces régions peu fréquentées. Malgré un déroulement différé dû au cyclone Bejisa et quelques jours de mers difficiles, ce volet de la mission est un succès.

Chef de projet et de mission : Jean-Yves ROYER

Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM)

Domaines Océaniques - UMR 6538

jean-yves.royer@univ-brest.fr

1.2. Le Service d'Observation OISO (VT 142/ OISO-24)

Le Service d'Observation OISO (Océan Indien Service d'Observation) vise à suivre l'évolution du CO₂ océanique (flux air-mer et invasion de CO₂ anthropique dans l'océan), comprendre le lien avec le climat et évaluer l'acidification des eaux. Dans ce but, une ou deux campagnes sont réalisées chaque année depuis 1998 profitant des trajets du Marion Dufresne dans l'océan Indien Sud. Depuis 2005, un suivi du bloom phytoplanktonique associé au plateau de Kerguelen est également réalisé (suivi KEOPS, coll. S. Blain) avec pour objectif de mieux comprendre la variabilité du puits de CO₂ dans cette région très particulière de l'océan Austral. La campagne OISO 24 a également permis le déploiement de 6 flotteurs BioArgo, dans le cadre des projets ERC/RemOcean et SOCLIM, réalisée en fin d'année 2016. Les flotteurs BioArgo sont des engins autonomes submersibles qui mesurent en continu certaines propriétés physiques et bio-géochimiques de l'eau de mer dans laquelle ils dérivent; Ce projet a pour but d'étudier de quelle manière et à quelle échelle le CO₂ atmosphérique se retrouve séquestré dans l'Océan Austral, suite aux échanges à l'interface air-mer et à la plongée des eaux enrichies en CO₂ dissous par effet de densité (formation des eaux profondes antarctiques). Ces flotteurs déployés lors de trois stations situées au sud et à l'est de l'archipel des Kerguelen servent de sites pilotes pour déterminer les meilleures zones de déploiement pour la campagne dédiée SOCLIM (prévue en octobre et novembre 2016).

Les observations ainsi acquises annuellement à bord du Marion Dufresne depuis 1998 sont complémentaires des mesures réalisées dans d'autres secteurs océaniques par des partenaires français et étrangers¹. Ces évaluations sont primordiales pour évaluer les bilans de carbone à l'échelle planétaire, dans le cadre du protocole de Kyoto. Elles permettent également de paramétrer puis de valider les modèles climatiques prédictifs (cadre GIEC). Enfin, elles permettent de mieux comprendre le phénomène d'acidification des océans.

La campagne OISO 24 avait pour objectif de répéter les mesures de CO₂ et des paramètres associés le long du trajet logistique du Marion Dufresne. Au niveau des 17 stations OISO réparties sur l'ensemble du trajet, auxquelles s'ajoutent 3 stations d'opportunité réalisées autour de Kerguelen et associées au déploiement de 6 flotteurs BioArgo², des données d'observation ont été collectées :

- dans les eaux de surface en continu
- température, salinité, O₂ dissous, pCO₂ océanique, CO₂ total, alcalinité totale, fluorescence

¹ <http://www.ioccp.org/Underway/>

² Cadre KEOPS, SOCLIM, S. Blain, H. Claustre

- dans la colonne d'eau
- mesure en temps réel de la température, la salinité, l'oxygène dissous et la fluorescence

Des prélèvements journaliers ont été réalisés pour la détermination des pigments photosynthétiques (HPLC) dans les eaux de surface, ceci afin de valider et améliorer les algorithmes de détection des espèces phytoplanctoniques dominantes par satellite³.

Des mesures de CO₂ et paramètres associés ont été acquises en continu, dans les eaux de surface et dans l'air afin d'évaluer la variabilité des flux air-mer de CO₂. Ces observations viennent compléter la série OISO débutée en 1998 qui permet de mettre en évidence l'augmentation du CO₂ dans l'Océan Indien Sud et Austral en réponse aux émissions de CO₂ anthropique et la diminution de pH qui en résulte (acidification des eaux). Des mesures ont également été obtenues dans la colonne d'eau au niveau de 18 stations CTD qui sont, pour la plupart, des réoccupations de stations historiques, presque 30 ans après les premières observations acquises au cours des campagnes INDIGO. Ces données permettent de suivre l'invasion de CO₂ anthropique dans l'océan et d'évaluer l'impact de la variabilité climatique sur le cycle du CO₂ océanique.

³ PHYSAT, coll. S. Alvain, LOG, Univ. Lille

Depuis quelques années, un suivi des eaux fertilisées en fer, situées au sud et à l'est de Kerguelen, a également été initiée dans la continuité des projets KEOPS et KEOPS 2⁴. Ce suivi s'inscrit dans un projet d'observation à long terme des caractéristiques physiques et biogéochimiques autour de Kerguelen, qui est une région clé en termes de pompage de CO₂ atmosphérique et de séquestration du CO₂ anthropique en profondeur. Au cours de la campagne OISO 24, 2 stations KEOPS ont pu être revisitées et 6 flotteurs BioArgo ont été déployés autour de Kerguelen. Le déploiement des flotteurs s'est déroulé de manière nominale : tous les instruments sont opérationnels et ont commencé à fournir des données dès leur premier cycle.

Dans la colonne d'eau, les paramètres suivants ont été extraits : salinité, O₂ dissous, alcalinité totale, CO₂ total, silicates, nitrates, phosphates, pigments photosynthétiques, isotopes ¹³C et ¹⁸O. De plus, les mesures de courant (ADCP de coque) ont été acquises en permanence.

Chef de projet : Nicolas METZL

nicolas.metzl@locean-ipsl.upmc.fr

Chef de mission : Claire LO MONACO

claire.lomonaco@locean-ipsl.upmc.fr

Université Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris 6

Laboratoire d'Océanographie et du Climat : Expérimentations et Approches Numériques (LOCEAN)

⁴ S. Blain, LOMIC

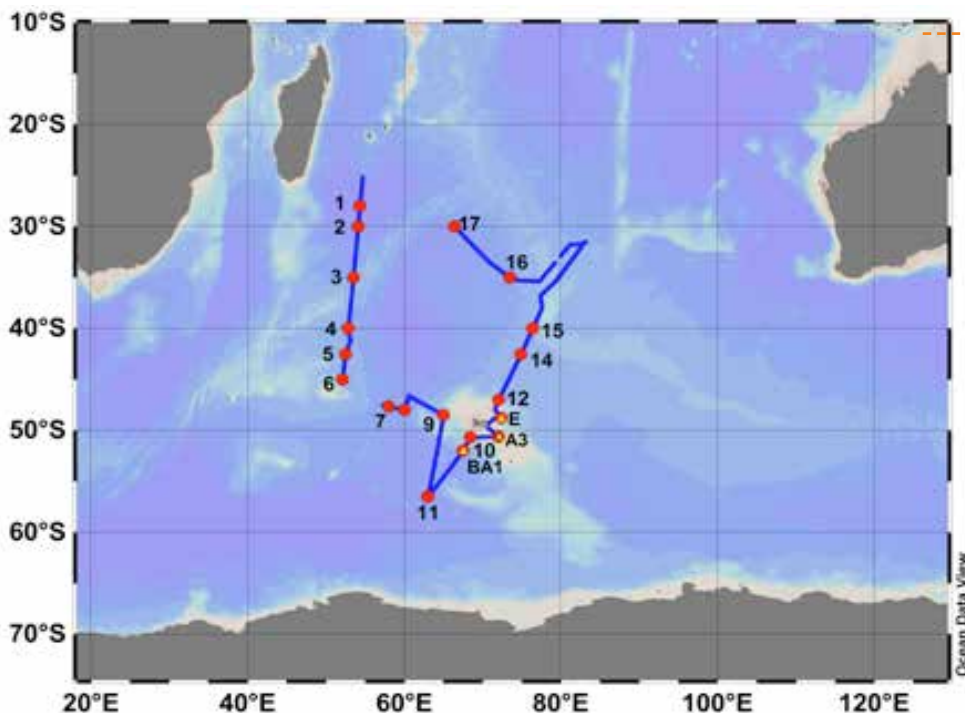


Figure 3 - Carte situant les observations OISO24 : des mesures en continu de CO₂ et des paramètres associés dans les eaux de surface (en bleu), et dans la colonne d'eau au niveau de 19 stations CTD-rossette (en rouge). Les 6 flotteurs BioArgo ont été déployés sur 3 stations situées au sud et à l'est de Kerguelen (triangles jaunes).

A gauche, copépode
(©Stéphane
Gasparini), à droite
Euphausiacés de
la zone subantarctique



1.3 Continuous Plankton Recorder VT 143/MDCPR

Le Continuous Plankton Recorder (CPR) est un appareil utilisé depuis de nombreuses années dans plusieurs océans. Il a été immergé pour la première fois dans la zone subantarctique autour des archipels de Crozet, Kerguelen, Saint-Paul et Amsterdam lors de la mission MD193 / LOGIPEV en février et mars 2013. Totalement mécanique, le CPR est tracté à l'arrière du Marion Dufresne à une profondeur d'environ 10 mètres. Il permet de collecter du plancton en le piégeant entre deux bandes de soie. Le CPR doit être remonté environ tous les 450 milles nautiques.

Utilisé depuis plusieurs années dans l'océan Austral, il fait l'objet d'un programme international du "Scientific Committee on Antarctic Research" (SCAR), le "Southern Ocean CPR" (SO-CPR). Ce programme est dirigé par Graham Hosie de l'"Australian Antarctic Division". La zone étudiée est essentielle en raison de ses caractéristiques hydrologiques liées au resserrement des fronts subtropicaux et subantarctiques et à la proximité de la branche Nord du front polaire Antarctique. Par ailleurs, elle est importante pour de nombreux oiseaux se nourrissant de plancton.

Comme pour les années 2013 et 2014, le PCR a été déployé à partir de la limite de la zone subantarctique au Nord des îles Crozet jusqu'à l'île d'Amsterdam. Plus de 2200 milles nautiques ont été échantillonnés, ce qui représente 19 traits de CPR et un total de 447 échantillons. Une zone n'a pas pu être échantillonnée au Nord des îles Kerguelen en raison de l'état de la mer.

Comme les précédentes années, on note des différences importantes au niveau de la couleur des échantillons avec des zones très riches en phytoplancton à partir des îles Kerguelen et des zones où les soies sont plus claires et non riches en phytoplancton à cette saison au niveau du bassin de Crozet et de la zone subtropicale en allant vers la nouvelle Amsterdam. Au niveau du zooplancton, de nombreux copépodes et euphausiacés ont été collectés tout au long de la mission.

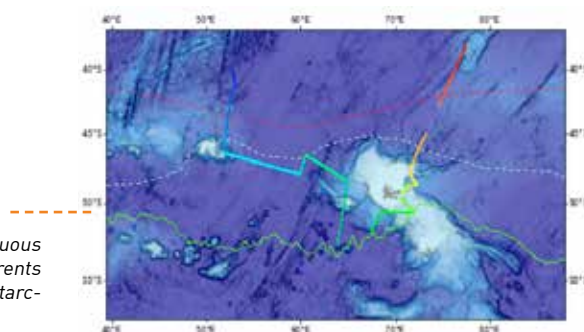
Chef de projet et de mission : Philippe KOUBBI
Université Pierre et Marie Curie
Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN)
philippe.koubbi@upmc.fr

Figure 4 : Trajet des traits de CPR avec le Marion Dufresne avec le Continuous Plankton Recorder en 2015. Les différentes couleurs correspondent aux différents traits. Le Front subtropical est indiqué en pointillés rouges, le Front subantarctique en pointillés bleus, le Front Polaire Antarctique en trait continu vert.

1.4 VT 144/MYCTO

Le programme MYCTO, Distribution et habitat en 3D des myctophidés, évalué par la Commission nationale flotte hauturière (CNFH), représente la partie acquisition de données d'un programme scientifique évalué par l'Agence nationale de la recherche sous le nom de Mycto-3D-MAP. Celui-ci consiste à étudier la distribution et les habitats en trois dimensions des poissons-lanterne par l'utilisation conjointe de données fournies par leurs prédateurs, l'écho-intégration et la modélisation. Les poissons-lanternes (famille des myctophidae) sont des petits poissons lumineux qui constituent la principale ressource de poissons méso-pélagiques dans tous les océans du globe. Leur biomasse considérable et leur haute qualité nutritionnelle en font des cibles privilégiées pour le développement de nouvelles pêches industrielles. Les myctophidés jouent un rôle pivot au sein des réseaux trophiques pélagiques, entre le zooplancton et les prédateurs supérieurs, tels que les calmars, poissons, oiseaux et mammifères marins. Malgré leur importance écologique, peu d'informations sont disponibles sur leur distribution et leur biologie de base. Ce paradoxe, lié à leur probable exploitation future, souligne l'urgence de collecter des informations sur leur distribution et biomasse en relation avec les conditions océanographiques. L'Océan Austral est celui où les myctophidés dominent le plus l'ichtyofaune mésopélagique et, corrélativement, celui qui abrite leurs prédateurs les plus conséquents. Un exemple représentatif est celui du sud de l'océan Indien, qui abrite d'importantes populations d'oiseaux et de pinnipèdes se nourrissant largement aux dépens de ces poissons. Le projet interdisciplinaire Mycto-3D-MAP fédère les compétences d'écologistes, d'océanographes et de modélisateurs pour étudier la distribution en 3 dimensions des espèces dominantes de myctophidés de l'Océan Austral, ainsi que les caractéristiques physiques et biologiques de leurs habitats à différentes échelles spatiotemporelles. Le programme MYCTO comprend deux types de campagne à la mer :

- Des écho-sondages réalisés "en route" à l'aide des deux bases acoustiques (38 et 120 kHz) du sondeur de pêche EK60 installées de façon permanente à bord du navire lors de l'arrêt technique 2012.



- Une campagne dédiée, qui a été programmée en 2014, avec opérations conjointes de chalutages mésopélagiques.

Au cours de la valorisation de transit VT144/Mycto, l'archivage des données acoustiques en continu a pu être réalisé, en deux fréquences : 38 et 120 kHz. La vérification de la calibration des bases acoustiques a pu être réalisée au mouillage à Crozet, à l'aide d'une bille de calibration.

Le traitement et filtrage des données acoustiques ont été réalisés et ces dernières sont prêtes à être analysées statistiquement. Enfin, le démontage du coffret électrique des sondeurs EK60 a été effectué pour être remplacé, lors du chantier de jouvence du navire, par un sondeur de pêche Simrad EK80, plus récent et plus performant.

Chef de projet : Yves CHEREL

Centre d'Etudes Biologiques de Chizé (CEBC)

cherel@cebc.cnrs.fr

Chef de mission : ROUDAUT Gildas

Laboratoire des Sciences de l'Environnement Marin (LEMAR) –

Institut de Recherche pour le Développement

gildas.roudaut@ird.fr

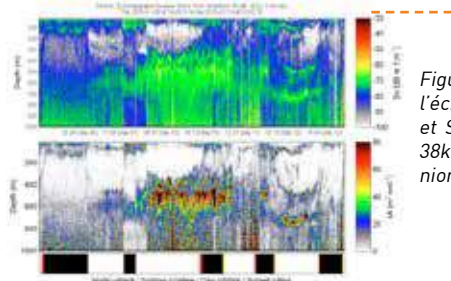


Figure 5 : Résultats de l'écho intégration (Sv et Sa) des données en 38kHz entre La Réunion et Crozet.

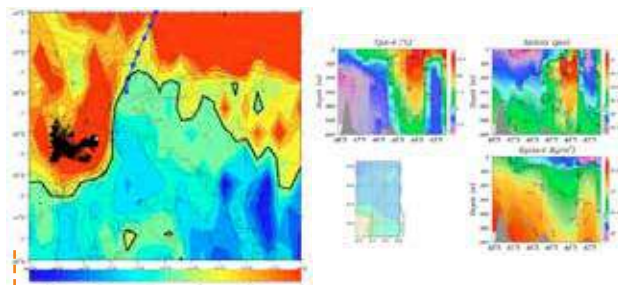


Figure 6 : Section Maker réalisée en janvier 2015 (ligne bleue à gauche) et position climatologique du Front Polaire (ligne noire épaisse à gauche) obtenue à partir des données hydrologiques historiques (CTD, XCTD et flotteurs) disponibles jusqu'à ce jour. Analyse préliminaire (à droite) de la radiale XCTD au nord-est de Kerguelen réalisée en janvier 2015 à bord du Marion-Dufresne.

1.5 Variabilité du courant circumpolaire antarctique dans la région de Kerguelen (VT 145/MAKER)

Le programme MAKER, Variabilité du courant circumpolaire antarctique dans la région de Kerguelen, est un programme évalué par le Conseil des programmes scientifiques et technologiques (CPST) de l'IPEV. Habituellement conduit à bord de la Curieuse, il a été programmé temporairement sur le Marion Dufresne suite à la réorganisation des campagnes CPST de 2013. Il a été soumis à la CNFH en 2015.

Ce programme consiste à réaliser le suivi de la variabilité spatiale et temporelle de la structure verticale du Front polaire en estimant des diffusivités verticales et horizontales des tourbillons de la région. Ces paramètres sont essentiels pour déterminer la structure et la force de la circulation verticale méridienne de l'océan austral (MOC).

En janvier 2015, la deuxième section XCTD "Expandable Conductivity / Temperature / Depth profiling system" du programme MAKER 2014-2015 a été réalisée au nord-est de Kerguelen à bord du Marion Dufresne. Les opérations de tirs de sondes XCTD ont été effectuées du 24 janvier au 27 janvier 2015 : 18 profils correspondants aux 18 stations ont été réussis parmi lesquels 2 profils (stations 9 et stations 10) ont dû être doublés d'une 2ème sonde XCTD car la première n'avait pas atteint le fond.

Les profils sont localisés au Nord du front polaire, à l'exception du profil le plus Sud. Une forte perturbation de la structure de la section au nord entre 46°S et 43°S suggère la présence d'un tourbillon à méso-échelle très intense qui sera l'objet d'une analyse approfondie dans le futur. Les résultats des données XCTD récoltées antérieurement ont été intégrés dans une publication sur les aspects physiques de la campagne KEOPS2. Ces données ont joué un rôle crucial pour déterminer la position du Front Subantarctique, qui est particulièrement proche (~100 km) du Front Polaire, dévié au nord-est des îles Kerguelen par guidage bathymétrique.

Chef de projet : Young Hyang PARK

Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN) / LOCEAN

[Laboratoire d'Océanographie et du Climat : Expérimentation et Approches Numériques]. Institut Pierre Simon Laplace.

yhpark@mnhn.fr





**L'Institut
polaire
français
Paul-Émile
Victor**

L'Institut polaire français Paul-Émile Victor (IPEV) est un groupement d'intérêt public (GIP) constitué par le Ministère de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche, le Ministère des affaires étrangères et du développement international, 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 nationaux et internationaux,
- organise et anime des expéditions scientifiques,
- met en place et assure le fonctionnement d'observatoires de recherche,
- participe à la concertation scientifique et logistique internationale sur les régions polaires,
- gère les moyens nécessaires à ses activités, notamment les infrastructures offertes aux scientifiques,
- entretient des liens étroits avec les organismes partenaires et les autres agences de moyens,
- réalise des campagnes océanographiques au moyen des navires qui lui sont confiés.

www.institut-polaire.fr

CONSEIL D'ADMINISTRATION 2015

Président

Éric BRUN • Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie

Participants

avec voix consultative

Benoit Debosque • Commissaire du Gouvernement

Malika Moha / Ronald Gourlay • Contrôle général économique et financier

Marie-Pierre Campo • Ministère de l'Outre Mer

Pierre Sigaud • Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie

Cécile Rodriguez • Ministère du Budget

Représentants des organismes membres de l'Institut

Élisabeth Verges • Ministère de l'Éducation Nationale et de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche

Pascal Le Deunff • Ministère des Affaires Étrangères et du Développement International

Pascale Delecluse • CNRS

François Jacq • IFREMER

Vincent Berger • CEA

Pascale Ulte-Guerard • CNES

Pascal Renaude • Météo France

Cécile Pozzo Di Borgo • TAAF

Jean-Claude Duplessy • EPF

REPRÉSENTATION DANS LES INSTANCES INTERNATIONALES

Yves FRENOT

- Délégué français au 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 et Vice-président au Council of Managers of National Antarctic Programs (COMNAP)
- Membre du bureau exécutif de l'European Polar Board (EPB)
- Représentant français au conseil de l'International Arctic Science Committee (IASC)

Pascal MORIN

- Membre suppléant de l'European Polar Board (EPB)
- Membre du Technical Committee du projet Antarctic Circumnavigation Expedition (ACE)

Patrice GODON

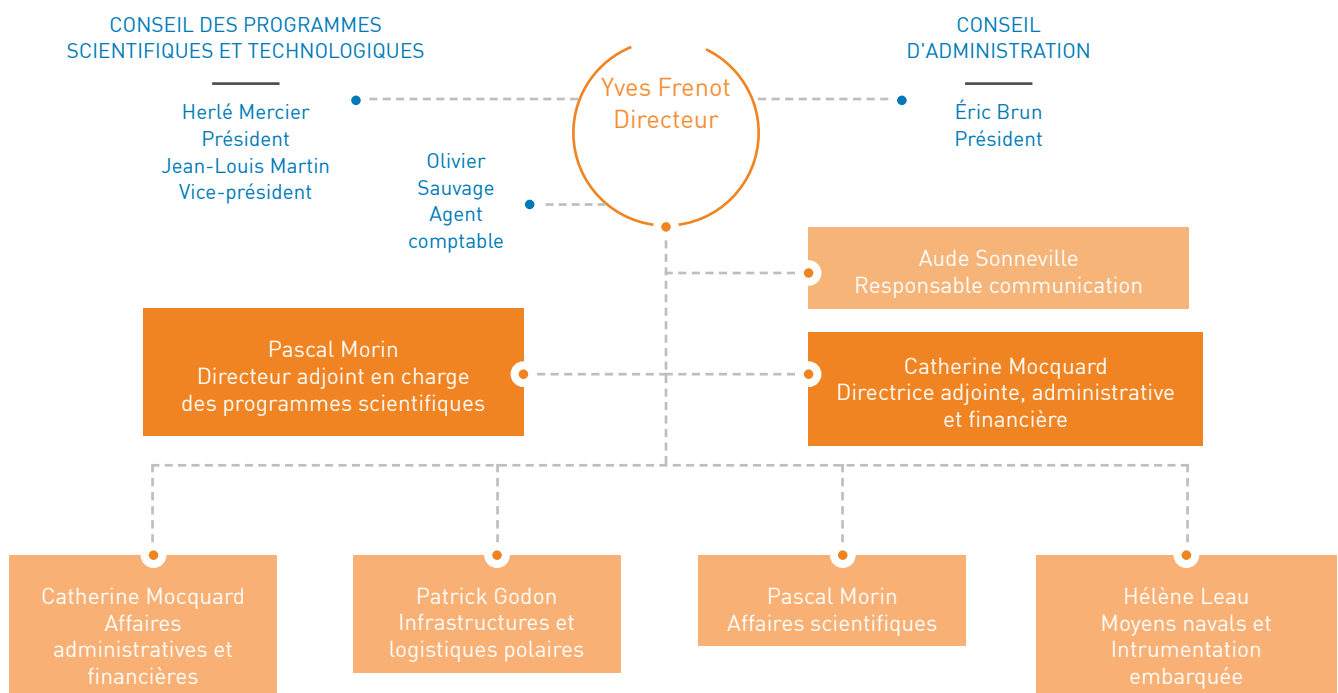
- Délégué français au Council of Managers of National Antarctic Programs (COMNAP)

Hélène LEAU

- Représentante de l'IPEV Eurofleet
- Représentante de l'IPEV International Research Ship Operators IRSO
- Représentante de l'IPEV European Research Vessel Operator ERVO
- Membre du groupe de réflexion Paleocéanographie

PARTICIPATION AUX RÉUNIONS EUROPÉENNES OU INTERNATIONALES

- International Arctic Science Committee Council à Toyama - *Avril 2015*
- European Polar Board - Executive Committee Meeting à Toyama - *Avril 2015*
- European Polar Board - Plenary Meeting à Toyama et à Vienne - *Avril & Novembre 2015*
- Sea Ice Workshop (coordonné par le COMNAP) à Hobart - *Mai 2015*
- Comité pour la Protection de l'Environnement et Réunion Consultative du Traité sur l'Antarctique à Sofia - *Mai / Juin 2015*
- Steering Committee Concordia à Paris - *Juin 2015*
- Antarctic Roadmap Challenges (ARC) Workshop à Tromsø - *Août 2015*
- COMNAP Executive Committee & Annual General Meetings à Tromsø - *Août 2015*
- EU-PolarNet Task 3.1 " Infrastructures catalogue " meeting à Lisbonne - *Octobre 2015*
- Arctic Circle à Reykjavik - *Octobre 2015*
- EU-PolarNet Task 3.1 " Infrastructures catalogue " meeting à Vienne - *Novembre 2015*



COMPOSITION DU CONSEIL DES PROGRAMMES SCIENTIFIQUES & TECHNOLOGIQUES 2014 - 2017

Président

Herlé MERCIER • Laboratoire de Physique des Océans, IFREMER, CNRS, *Plouzané*

Vice-président

Jean-Louis Martin • Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive, *Montpellier*

Membres nommés

Carlo Barbante • Institute for the Dynamics of Environmental - Processes CNR, *Italie*

Franck Bassinot • Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, CNRS/CEA/UVSQ, *Gif sur Yvette*

Dominique Berteaux • Chaire de recherche du Canada en biodiversité nordique, Université du Québec, *Rimouski*

Fabienne Casoli • Responsable des Programmes Etude et Exploration de l'Univers, CNES, *Paris*

Gail Fondahl • University of Northern British Columbia, *Canada*

Jérôme Gaillardet • Institut de Physique du Globe, *Paris*

Maia Marcia • Laboratoire Domaines Océaniques, Institut Universitaire Européen de la Mer, *Plouzané*

Lenaick Menot • Laboratoire Environnement Profond, IFREMER, *Plouzané*

Samuel Morin • Centre d'études de la neige, Météo-France, *Saint-Martin d'Hères*

Roland Neuber • Alfred-Wegener-Institut, *Potsdam (Allemagne)*

Nicole Papineau • Institut Pierre Simon Laplace des sciences de l'environnement, *Paris*

Frédérique Remy • Laboratoire d'Études en Géophysique et Océanographie Spatiales, CNES, *Toulouse*

José Carlos Xavier • Marine and Environmental Sciences Centre, University of Coimbra, *Portugal*

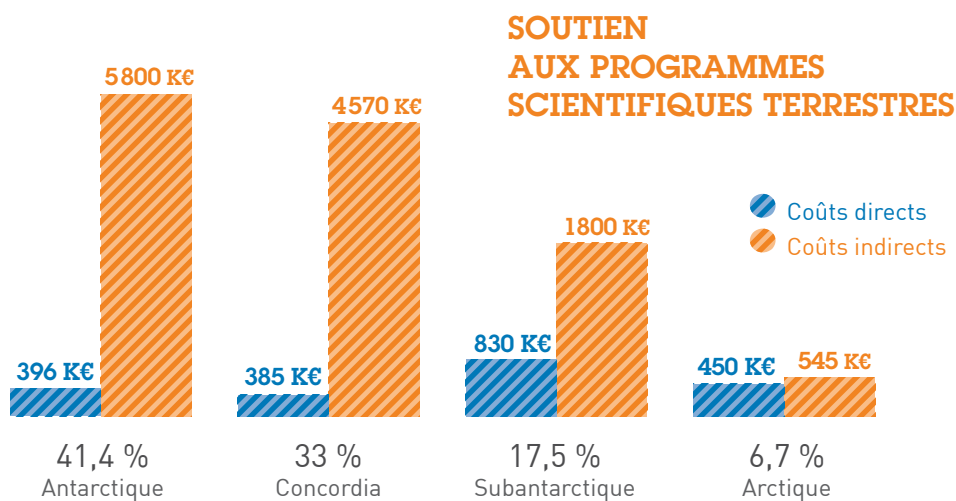
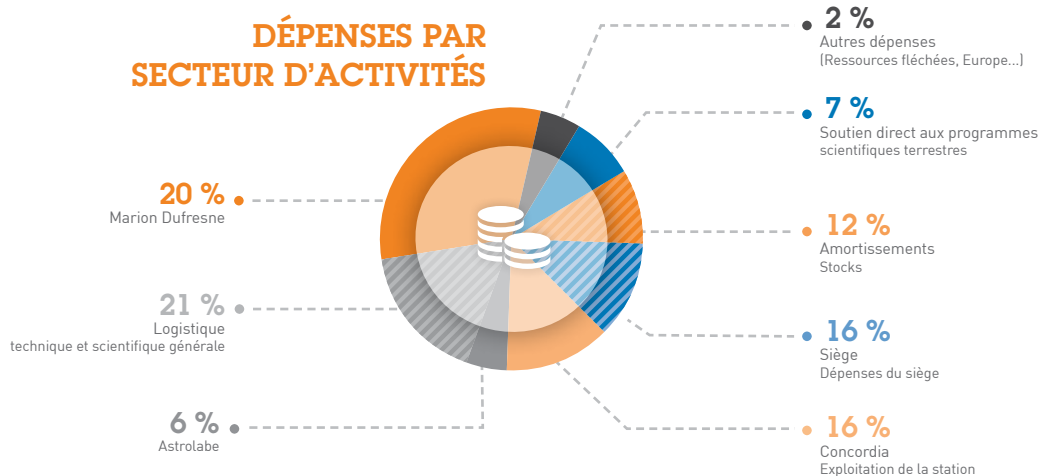
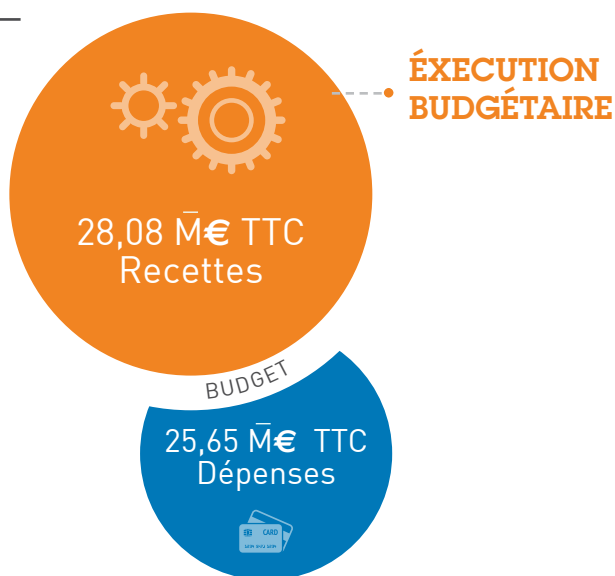
Président du Comité de l'Environnement polaire, Membre de droit

Henri Weimerskirch • Centre d'Études Biologiques de Chizé, Villiers en Bois

PERSONNES AYANT SÉJOURNÉ DANS LES BASES EN 2015

ANTARCTIQUE		Nombre de personnes	Nombre de jours missions
Personnel permanent du siège (campagne d'été ou hivernage)		16	928
Personnel contractuel DDU (campagne d'été)		17	1029
Personnel contractuel Concordia (campagne d'été)		34	2190
Personnel contractuel DDU (hivernant)		15	2051
Personnel contractuel Concordia (hivernant)		12	1675
VSC techniques DDU		17	2264
Personnel scientifique DDU (campagne d'été)		70	2517
Personnel scientifique Concordia (campagne d'été)		39	1313
Personnel scientifique Concordia (hivernant)		4	780
VSC scientifiques DDU		22	3274
Volontaire international scientifiques Concordia		4	430
Autres (campagne d'été: visiteurs, personnels hélicoptère)		47	2247
Autres DDU (hivernant : TAAF, Météo France)		21	2833
Autres Concordia (hivernant : Italiens)		15	2247
Autres scientifiques (Tangaora, base Casey)		3	117
TOTAL ANTARCTIQUE		336	25895
SUBANTARCTIQUE			
Personnel permanent du siège (campagne d'été)		5	247
Personnel contractuel (campagne d'été)			
Crozet		1	54
Amsterdam		1	54
VSC technique Kerguelen		5	507
Personnel scientifique (campagne d'été)			
Kerguelen		49	2091
Crozet		17	755
Amsterdam		3	131
Interdistrict		3	107
VSC scientifiques			
Kerguelen		23	3123
Crozet		23	3083
Amsterdam		18	2533
TOTAL SUBANTARCTIQUE		148	12685
ARCTIQUE			
Norvège (Svalbard-AWIPEV)		41	1232
Personnel permanent du siège (campagne d'été)		4	61
Personnel scientifique (campagne d'été)		34	730
Volontaire international		2	425
Personnel contractuel		1	16
Danemark / Groenland		12	397
Russie		15	627
Canada		35	572
Alaska		3	98
Islande		4	44
Suède		6	82
TOTAL ARCTIQUE		116	3052

Budget global 2015







Les partenaires

La réserve naturelle nationale des Terres australes françaises fête ses 10 ans !

Avec plus de 85% des actions engagées, le bilan du premier plan de gestion de la réserve naturelle (2011-2015) apparaît comme une réelle réussite pour l'ensemble des services de la collectivité des Terres australes et antarctiques françaises (TAAF). L'aboutissement d'une partie de ces actions est indissociable des programmes scientifiques développés dans ces territoires depuis des dizaines d'années. La collaboration entre les scientifiques, l'Institut polaire français Paul-Emile Victor (IPEV) et les agents de la réserve, a permis en quelques années de développer des programmes de gestion et de conservation de la biodiversité efficaces. A l'heure du 10ème anniversaire de la réserve, ce lien avec les chercheurs favorise l'engagement de cette aire protégée dans des projets d'extension et de reconnaissance internationale.



Kerguelen

Serge Begon-Institut Polaire Français

With more than 85% of started actions, the natural reserve first management plan assessment (2011-2015) appears to be a real success for all the services of the French Southern and Antarctic Lands (TAAF) authority. The outcome of some of these actions is inseparable from the scientific programs developed in those lands for decades. The co-operation between the scientist, the French Polar Institute Paul-Emile Victor (IPEV) and the reserve officers, made it possible in few years to develop efficient biodiversity management and preservation actions. Now that the reserve celebrates its 10th birthday, this relationship with the scientists supports this protected area commitment in extension and international recognition projects.

Après la Convention de Rio en 1992 et l'ambition annoncée de la France de mener une politique exemplaire en matière d'environnement, la volonté nationale d'accorder un statut protecteur aux Terres australes a été fortement appuyée par la communauté scientifique. C'est ainsi que le Comité de l'environnement polaire (CEP) dépose en 1996 un dossier d'opportunité pour le classement en aire protégée de l'ensemble des districts austraux et de leurs eaux territoriales. Il faudra attendre le 3 octobre 2006 pour que la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises soit créée par décret interministériel.

Contrairement aux autres réserves naturelles nationales, le gouvernement décide dès sa création de confier sa gestion à la collectivité des TAAF, administration compétente sur le territoire et dirigée par un Préfet, administrateur supérieur. Pour cette gestion, les TAAF s'appuient sur deux conseils : le Comité de gestion de la réserve, ayant pour membres ceux du Conseil consultatif des TAAF et parmi lesquels figure le Directeur de l'IPEV, et le Conseil scientifique constitué des membres du Comité de l'environnement polaire (CEP).





UNE RÉSERVE NATURELLE UNIQUE

La réserve naturelle protège un territoire immense qui englobe désormais l'ensemble des parties terrestres des districts austraux (Crozet, Kerguelen, Saint-Paul et Amsterdam), ainsi qu'une large partie de leurs zones économiques exclusives (ZEE). Avec une superficie de plus de 670 000 km², la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises, qui formait déjà la plus vaste réserve naturelle de France avec ses 23 400 km², constitue désormais la 4^{ème} plus grande aire marine protégée au monde. Ces îles, les plus vastes des rares terres émergées du sud de l'océan Indien, sont éloignées de tout continent et abritent une biodiversité extrêmement riche et préservée. Elles constituent un refuge essentiel pour des millions d'oiseaux et de mammifères marins, parmi lesquels certains sont strictement endémiques : l'albatros d'Amsterdam, le cormoran de Kerguelen, le dauphin de Commerson, etc.





Dans ces îles subantarctiques où la recherche scientifique occupe une place fondamentale et où les enjeux de conservation de la biodiversité sont majeurs, la réserve s'applique à mettre en place un système de gestion efficace qui s'appuie sur l'excellence scientifique portée par l'IPEV, partenaire historique des TAAF.

Tandis que les actions d'inventaire et d'observation sont menées par une partie des scientifiques et complétées par les agents de la réserve, les actions de gestion sont portées pour l'essentiel par la réserve. Ces actions de gestion touchent des sujets multiples et variés : le retrait des installations humaines passées sur les sites isolés du territoire, la restauration du *Phylica arborea* sur l'île d'Amsterdam, la réduction drastique de la mortalité aviaire sur les palangriers pêchant la légine, l'amélioration des pratiques de pêche à la langouste, etc. Elles portent également sur l'un des enjeux majeurs de conservation de ces territoires austraux : la lutte contre les espèces introduites. En effet, en raison du faible nombre d'espèces natives et de leur fragilité face aux agressions extérieures, ces milieux insulaires sont particulièrement sensibles aux invasions biologiques. Dans ce contexte, des systèmes de veille et des actions d'éradication permettent de réguler les espèces allochtones parvenues sur la réserve, tandis que le développement de mesures de biosécurité [décontamination des personnes, du fret, etc.] répond à un enjeu de prévention des risques d'introduction et de dispersion d'espèces allochtones.



Figure 3 : pépinière de *Phylica arborea*, Amsterdam – *Phylica arborea* nursery, Amsterdam © Arnaud Rhumeur (TAAF)



Figure 4 : Eradication d'espèce introduite (*Ericaceae*), Crozet – Alien species eradication, Crozet (*Ericaceae*) © Anaëlle Atamaniuk (TAAF)



LE LIEN ENTRE L'IPEV ET LA RÉSERVE NATURELLE

Dès les premières années d'existence de la réserve et lors de la rédaction du plan de gestion, la nécessité d'un partenariat étroit entre l'IPEV et la réserve est apparue comme une priorité. Cette collaboration a été formalisée en 2009 par la signature d'une convention-cadre définissant la coopération entre les TAAF, en sa qualité d'organisme gestionnaire de la réserve naturelle, et l'IPEV en matière d'opérations de recherche. Cette convention fixe le cadre de la mutualisation des compétences pour la mise en œuvre des actions des programmes scientifiques ayant un lien direct avec la gestion.

La révision prochaine du plan de gestion de la réserve, véritable feuille de route des actions de l'aire protégée au sein de laquelle les programmes de recherche de l'IPEV ont toute leur place, sera l'occasion de conforter la relation IPEV - Réserve naturelle et de donner un sens encore plus aiguisé à cette collaboration.

DES PROGRAMMES DE RECHERCHE IMPLIQUÉS DANS LA GESTION DE LA RÉSERVE NATURELLE

Les activités d'inventaire et d'observation, qui répondent à la fois à des objectifs scientifiques et de gestion, sont mis en œuvre conjointement par les laboratoires et la réserve. Les trois programmes de recherche détaillés ci-après en sont l'expression même.

Au sein de la réserve, l'acquisition de connaissances sur l'avifaune et les mammifères marins est essentielle pour mieux cerner les enjeux de conservation et dessiner une stratégie adaptée et efficiente. Cette ambition, clairement identifiée dans les objectifs à long terme du plan de gestion de la réserve, implique un important travail d'inventaire, de cartographie, de dénombrement des populations, mais aussi de mise en place d'observatoires qu'il faut alimenter et pérenniser.

Pour cela, la réserve travaille en étroite collaboration avec le programme 109 de l'IPEV (CNRS - Centre d'Etude Biologique de Chizé) qui réalise le suivi des populations d'oiseaux et des populations de mammifères marins (démographie, cartes de distribution et d'abondance, etc.).

De la même manière, la connaissance de la biodiversité des écosystèmes terrestres de la réserve est un préalable pour la définition et la planification d'une gestion cohérente et pertinente. L'apport des programmes scientifiques soutenus par l'IPEV est à cet égard essentiel car, au-delà de l'expertise apportée par les scientifiques, les collaborations permettent la mise en commun d'informations sur les espèces présentes dans les Terres australes (données historiques et acquisition de nouvelles données). Ainsi, une base de données géo-référencées sur les habitats terrestres, les invertébrés et les plantes autochtones ou introduites a été mise en place en 2011 ; elle est gérée conjointement par la réserve et le programme IPEV 136 - SUBANTECO (CNRS - Université de Rennes 1).

Quant au programme IPEV 1044 - PROTEKER (UMR 6540, DIMAR), il a vu le jour en 2011 avec l'objectif de mettre en place un observatoire dédié au suivi écologique de la biodiversité marine côtière des Iles Kerguelen et à l'évaluation des effets des changements globaux sur ces milieux (évolution des températures, modification de la courantologie, migration d'espèces...). La réserve est devenue partenaire de ce programme en 2013 et mobilise tous les ans un plongeur scientifique engagé spécifiquement par les TAAF pour la campagne d'été. Le programme Proteker est entré l'an dernier dans sa seconde phase (2015-2018), venant alors renforcer le partenariat IPEV - Réserve.



Par ailleurs, la réserve peut être amenée à solliciter d'autres programmes de recherche sur des problématiques de gestion particulières. C'est notamment le cas du programme IPEV 1081 - RENKER (Université de Tromsø- Université de Savoie - Université Lyon 1), qui a vu le jour en 2011 dans l'objectif de répondre aux questions soulevées par la réserve concernant l'impact des rennes introduits à Kerguelen sur les écosystèmes et d'évaluer l'opportunité d'entamer un programme de régulation ou d'éradication.

DES MOYENS MUTUALISÉS

Les partenariats entre scientifiques et gestionnaires, qui plus est dans des territoires froids et isolés où la logistique prend une dimension centrale, nécessitent une bonne mutualisation des moyens matériels.

La mutualisation des cabanes installées et gérées par l'Institut permet de diminuer les impacts sur l'environnement et d'optimiser les dotations publiques. Dans ce même schéma, l'acquisition du semi-rigide « le Commerson » par la réserve permet de renforcer la sécurisation des sorties du « chaland » et d'optimiser les temps de présence des scientifiques et des agents de la réserve sur le terrain. Dans le cadre du programme PROTEKER, la collaboration se manifeste également depuis 2014 par la mise à disposition de ce nouveau moyen nautique pour toutes les opérations de plongée dans le Golfe du Morbihan. En dehors de ce programme, le zodiac est aujourd'hui utilisé à 50 % par les agents de la réserve et 50 % par les scientifiques.

Enfin, le plus bel exemple de mutualisation entre la réserve et l'IPEV est probablement le retour du navire La Curieuse dans les eaux côtières de Kerguelen. L'apport financier des deux entités permet aujourd'hui de poursuivre le déploiement des équipes scientifiques et la réalisation des missions d'inventaire et d'observatoire portées par la réserve.



Figure 5 : Plongeur scientifique du programme PROTEKER, Kerguelen -Scientific diver of the PROTEKER program, Kerguelen © Gilles Marty (TAAF)

Figure 6 : Zodiac le Commerson acheminant scientifiques et agents de la réserve, Kerguelen - Zodiac le Commerson carrying scientists and reserve officers, Kerguelen © Yann Rantier (IPEV, programme n°136)





LES GRANDS PROJETS DE LA RÉSERVE

Si l'anniversaire de la réserve permet de dresser le bilan d'une décennie d'actions, il est également l'opportunité de se tourner vers l'avenir et de dessiner la réserve de demain. L'extension de son périmètre sur plus de 40% des ZEE de ces îles subantarctiques lui permet d'entrer dans le cercle des plus grandes aires marines protégées au monde. En parallèle, la candidature de la réserve à la Liste verte de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) et la constitution d'un dossier d'inscription de ce même espace sur la Liste du patrimoine mondial de l'UNESCO marquent une nouvelle étape.

Ces projets donneront une visibilité internationale aux enjeux de conservation du patrimoine naturel des îles australes françaises. Et ces territoires, déjà considérés par la recherche scientifique comme sentinelles des changements globaux dans l'océan Austral, verront se renforcer leur positionnement au centre des discussions et préoccupations internationales.

Ces nouvelles perspectives ne seront pas sans influence sur le développement des partenariats entre les scientifiques et les agents de la réserve. Elles ouvrent des voies vers un partenariat consolidé et inscrit sur le long terme, notamment dans le cadre du prochain plan de gestion de la réserve, qui visera à un renforcement des mesures de protection du patrimoine naturel exceptionnel des Terres australes françaises.

Figure 7 : La Curieuse. Grâce à la mutualisation des moyens financiers entre la réserve et l'IPEV, la Curieuse est de retour sur Kerguelen pendant une partie des campagnes d'été. © Thomas Biteau (TAAF)



Coopération ESA



In the past winterover season, ESA-sponsored medical doctor Floris van den Berg monitored five scientific experiments that focused on human performance and behaviour research, necessary to prepare for manned long-duration space exploration missions. Living in Concordia is similar in many ways to living in space where crew lives confined and isolated from the world with long periods of constant darkness or constant sunlight and live in reduced pressure – Concordia station lies 3200 m above sea level.

When astronauts will be sent to near-earth asteroids and ultimately to Mars, the crew will travel months or years prior to their arrival at destination. Upon arrival, they will have to perform highly complex tasks. The success of the mission and the safety of the crew might depend on their ability to perform these tasks successfully. However, it is still unknown how their skills will degrade during their travel, a problem that may have been underestimated so far, especially in an environment where humans are exposed to isolation conditions over an extended period of time.

The 'Use of a spaceflight simulator for investigations on piloting skill maintenance in long-term confinement under isolation' (SIMSKILL) experiment aims to measure the degradation of piloting skills over time in a confined, isolated environment. It is expected to provide direct inputs for on-going and future deep space mission and systems developments, in particular related to human behavior and performance. A spaceship simulator cockpit has been installed at the Concordia station, with the crew asked to use it, in order to train and maintain spacecraft piloting skills. Participants simulated a docking mission, juggling with the required flying maneuvers. Flight performance was recorded and evaluated during and after the stay at Concordia, and the results will be used



to determine the effects of long-term confinement in isolation on skill maintenance and have an impact on the planning for future deep space missions.

Concordia station is considered a high-fidelity analog for long-duration space missions due to its complex logistical operations, harsh threatening environmental conditions (e.g. extreme cold, altered photoperiod, low humidity, isolation, and confinement) and its population of crew members with different cultural and educational background.

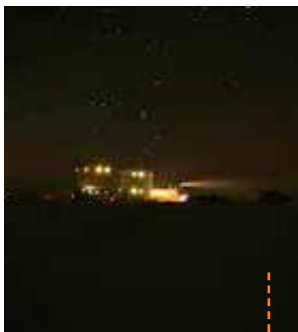
Behavioral health risks are among the most serious unmitigated risks during long-duration space exploration missions. Chronic stressors (e.g. fatigue, sleep restriction, circadian rhythms disruption, and high workload) as well as environmental risk factors (e.g. hypercapnia, hypoxia, and radiation) threaten astronauts' ability to sustain high levels of cognitive performance over prolonged periods. Although cognitive impairment has been closely linked to neurostructural and neurofunctional changes, there is limited knowledge about the effects of prolonged periods in space or space analog environments on brain structure and function.

The experiment 'Neurostructural, Cognitive, and Physiologic Changes During a 1-year Antarctic



Winter-Over Mission' (Neurocog) has been investigating neurostructural, cognitive, behavioral, physiologic, and psychosocial changes in Concordia crew members over two 1-year Antarctic winterover missions.

Subjects have been assessed using quantitative structural and functional magnetic resonance imaging (MRI) before, immediately after, and 6-months after the winter-over mission. Concordia crew members were also assessed throughout the mission using sensitive, but unobtrusive methods to measure cognitive performance, sleep-wake behavior, sleep continuity, heart rate, heart rate variability, relative proximity, and subjective assessments of stress, mood, fatigue, health, workload, and crewmember conflicts. All this to deliver a comprehensive set of neuroimaging, neurocognitive and physiological assessment tools for the evaluation and ultimately prevention of adverse neurostructural and neurobehavioral effects associated with exploration-type space missions. Accurate prediction will inform strategies for crew selection, spacecraft habitability requirements, and behavioral health countermeasures needed for interplanetary missions.



SIMSKILL Mobile Soyuz simulator



Neurocog Assessment Toolkit

Antarctic winter darkness at Concordia



Sun is such an important factor of human psychophysiological well-being, that the polar night can become a strong stress factor, responsible for many inconveniences (e.g. reduced sleep quality and quantity), that are empowered by fatigue due to high altitude.

The dysfunction of the human biological clock rhythms synchronization may impact mood and behavior, as well as well-being, performance, and even health. The Antarctic context favors such dysfunction.

Seasonal Affective Disorder (SAD) which associates depression, hypersomnolence and increasing appetite, recurrently occurring during seasons with poor natural light, is commonly observed in regions where seasons are distinctive. In Antarctic scientific stations, a milder, sub-syndromal form has been described, with effects on sleep, mood and performance.

The experiment 'Assessment of the benefits of using Dawn and Dusk Simulators (DDS) on sleep quality, mood and chronobiology of winterers in the French-Italian scientific outpost of Concordia' (SUNRISE) has used carefully-timed bright light therapy, and especially blue-enriched light simulating dawn and dusk in the bedroom, as a preventive and curative countermeasure to the sleep and mood symptoms of SAD.

Crew sleep pattern and activity data were recorded through actimetry devices. Subjective chronotype, sleep quality, sleepiness and alertness were instead



assessed with a sleep diary, recording the resting and recovering quality of the previous night's sleep and questionnaires, before, during and after the Concordia mission.

People overwintering in Antarctica are exposed to very low levels of sunlight. Lack of exposure to sunlight may lead to low Vitamin D levels and even Vitamin D deficiency, which can result in weaker bones as the minerals are not processed efficiently. The overwinter period of 10-14 months is long enough to deplete the body of its Vitamin D stores.

Furthermore, decrements in neuromuscular function have been observed. The capacity of the neuromuscular system, especially the maximal muscle force, is an important factor for bone health. Higher psychological stress levels with increased cortisol in the blood could also negatively influence bone health.



Antarctica Confinement and Isolation

The 'Impact of an extended stay in Antarctica on bone health' (Bone Health) experiment examined a variety of different factors like vitamin D, physical activity levels, neuromuscular function, bone mineral density, blood and urinary markers of bone and muscle metabolism, stress hormone levels, and nutrition, that could contribute to bone loss.

Before, during and after the stay at Concordia, crew members' bone mineral density was evaluated via

X-ray examinations (DXA scans of the lumbar spine, both proximal femur (total area, neck) and the whole body and pQCT scans of the left arm a leg). Questionnaires and actigraphy measurements were also collected to assess participants' physical activity as well as bio-electrical impedance, neuromuscular function and sprint tests were performed by Concordia crew members before, during and after their Antarctic mission. In addition, blood, urine and saliva samples were collected to sprint test to evaluate subject's biological fluids' markers of bone health.

Isolation and hypoxia can have, in a potentially additive way, effect on the immune system. The understanding of this interaction can be of high importance, when humans will also live in confined conditions as envisaged for habitats designed for the Moon and Mars.

The 'Consequences of longterm-Confinement and Hypobaric HypOxia on Immunity in the Antarctic Concordia Environment II' (CHOICE-II) study has observed significant immunological changes which were paralleled by increased levels of emotional stress and stress hormones. The study aimed at characterizing more specifically the immunological changes as a function of the action of specific stress hormones.

This was achieved by modern functional cell analyses of the non-specific and specific parts of the immune system, e.g. by assessment of reactivity towards bacterial, viral and fungal antigens which is assessed through collection of blood, urine, stool, saliva and hair samples. Furthermore, the study team examined so called gene arrays from blood cells to obtain information about stress hormone receptors or immunological pathways.

The CHOICE-II investigation will help to provide a better estimate of the overall effects of isolation and hypoxia and thereby fund the basis for the development of pharmacological tools to potentially countermeasure unwanted immunological side effects during the stay in Antarctica and in space.



SUNRISE dawn/dusk simulator lamp

Bone Health's neuromuscular test





©Laurent Ballesta

Wild Touch - Institut polaire français



Annexes

Programmes de recherche soutenus et mis en œuvre en 2015

Arctique : sciences de l'homme

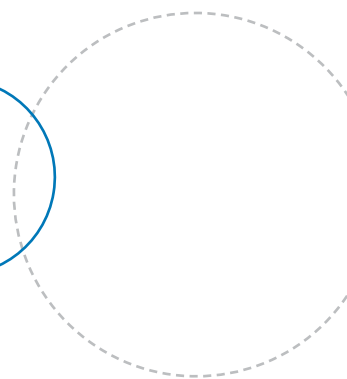
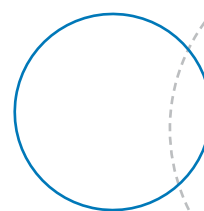
1038 • HUMAD-MAFSO

Adaptation humaine à Verkhoïansk.
Des corps gelés aux populations actuelles

👤 CRUBEZY Éric
🏠 Laboratoire AMIS, FRE 2960, Toulouse
📍 Sibérie Orientale

Le projet HUMAD-MAFSO porte sur l'histoire du peuplement ainsi que celle de l'adaptation humaine à l'une des zones les plus froides de la planète (monts de Verkhoïansk) où ont coexisté et/ou coexistent, populations autochtones de chasseurs/cueilleurs (Youkaghirs et leurs ancêtres), éleveurs de vaches et de chevaux (lakoutes déjà présents en 1638), et populations d'origine russe. L'histoire du peuplement sera basée sur la comparaison entre populations anciennes et contemporaines en utilisant les mêmes marqueurs génétiques. L'adaptation sera étudiée sur les bases de la co-évolution homme/milieu en ciblant l'évolution des maladies infectieuses et parasitaires et celle du microbiote. Ces travaux se développeront à partir de la fouille et de l'étude de prélèvements provenant d'une part de tombes gelées, d'autre part de populations contemporaines bien définies. Pour ces dernières, l'accent sera mis sur des maladies émergentes déjà repérées par notre équipe.

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



1057 • NATAUTIAK

Treatment of nature and treatment of mankind in Yakutia

👤 FERRET Carole
🏠 Laboratoire d'anthropologie sociale, Paris
📍 Russie

Dans la lignée d'une thèse de doctorat décrivant la civilisation altaïque du cheval (Carole FERRET, 2006), 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 (Ferret 2006), 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-milieux 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.



1121 • DOLIDHI

Construction of a Dolgan past and contemporary identity dynamics in the Russian Arctic: historical and anthropological approach

👤 LAMBERT Jean-Luc

🏠 Groupe Sociétés, Religions, Laïcités, CNRS, UMR 8582, Paris

📍 Russie

Le programme DOLIDHI se déroulera sur quatre ans. Il est basé sur une problématique anthropologique et historique qui interroge les représentations de soi et du passé des Dolganes, un peuple sibérien établi dans le Haut-Arctique (presqu'île du Taimyr) à l'histoire particulièrement complexe. Plusieurs longues missions seront effectuées sur le terrain afin de collecter des données par observation participante et par entretiens. Après l'étude des données antérieures aux années 1930 (Mémoire de M2), je souhaite à présent travailler sur les périodes soviétique et postsoviétique. Mon objectif est ainsi de comprendre le rapport au passé, à soi et aux autres dans la durée, dans cette société polaire délaissée par la recherche occidentale. Ce programme s'articule autour de plusieurs axes complémentaires concernant notamment les missions orthodoxes et protestantes, les fêtes collectives au Taimyr, le système dolgane de rites et de représentations. Face à une possible recréation de l'identité par les autochtones eux-mêmes et une éventuelle réinvention d'un passé en contexte postsoviétique, je cherche à comprendre ce que signifie "être dolgane". Cette recherche sera supervisée par Jean-Luc Lambert.

The DOLIDHI program will take place over four years. It is based on anthropological and historical issues about the past of Dolgans and the representation of them. The Dolgans are a Siberian people established in Upper-Arctic (peninsula of Taimyr) whose history is particularly complex. Several long missions will be carried out on the field in order to collect data by mean of interviews and participant observation. After having analysed the data prior to the 1930s (Master dissertation), I would like to study now the Soviet and post-Soviet periods. Thus, my aim is to understand the relation to the past, to oneself and to the others on the long-term within this polar society abandoned by western research. The DOLIDHI program is also based on several complementary axes, especially about Orthodox and Protestant missions, collective celebrations in the peninsula of Taimyr, Dolgan's system of rituals and representations. In view of a possible identity's recreation by autochthonous people themselves or a reinvention of their past in a post-Soviet context, I try to understand what "be dolgane" means. This research will be supervised by Jean-Luc Lambert.

©Paolo Verzone

Institut polaire français

1127 - BRISK'S OBS

Observatories of the project "BRIdging Indigenous and Scientific Knowledge about global change in the Arctic: adaptation, and vulnerability of society & environment"

👤 LAVRILLIER Alexandra

🏠 Université de Versailles Saint Quentin en Yvelines, Guyancourt

📍 Norvège, Suède, Russie

Le projet a pour objectif d'étudier l'impact des changements globaux (climat, couverture végétal, couverture de neige, glace, société, économie) sur les éleveurs de rennes en Laponie (Norvégienne et Suédoise) et en Sibérie (Yakoutie, Amour, Kamchatka, République Touva). BRISK développe des méthodologies innovantes permettant la coproduction des savoirs. Il s'agit de faire un état des lieux des méthodes et des observations scientifiques et autochtones des changements globaux. BRISK a choisi plusieurs niveaux de juxtaposition et de comparaison. D'une part, il examine dans différents contextes (cohérents cependant), des relations étroites de l'humain et son environnement par la comparaison de différents élevages de rennes en Eurasie. D'autre part, il compare les notions de "météo extrême", du point de vue climatologique et autochtones. De plus, afin d'associer savoirs autochtones et savoirs scientifiques dans l'observation des changements globaux (climatiques, environnementaux, industriels, sociaux), des observatoires communautaires sont conçues collectivement entre les scientifiques (SHS et SciEnv) et les autochtones.

The aim is to install and monitor observatories of global changes (weather, vegetal cover, snow cover, ice, society and economy) among the reindeer herders in Lapland (Norway, Sweden) and Siberia (Yakoutia, Amour, Kamchatka, Tuva Republic) BRISK develops innovative methodologies that facilitates knowledge co-production. It documents the state of the art with respect to scientific and indigenous methods and observations of global change. BRISK juxtaposes and makes comparisons at several levels. Firstly, it examines in different but nonetheless coherent contexts, the intimate relationship between people and their environments through the comparison of two types of reindeer herding in Eurasia. Secondly, it considers the notion of extreme meteorological events from the differing viewpoints of climate scientists and indigenous peoples. Thirdly, in order to bring together indigenous and scientific knowledge for the observation of global change [climatic, environmental, industrial, social], community-based observing systems are jointly conceived by scientists (natural and social) and indigenous peoples. The BRISK's OBS project requires funding from IPEV in order to install and follow the process of these 5 transdisciplinary observatories (3 sites in Siberia, Russia, 1 in Norway and 1 in Sweden).

1156 - OCIP

Orthodox Christianity and Indigenous People in Contemporary Alaska and Chukotka

👤 VATÉ Virginie

🏠 CNRS, Groupe Sociétés, Religions, Laïcités

📍 USA - Alaska, Russie

Ce projet a pour but de développer une recherche comparative et collaborative sur la relation que les autochtones entretiennent aujourd'hui avec le christianisme orthodoxe des deux côtés du Détroit de Béring, en Tchoukotka (Russie) et en Alaska (USA). Notre objectif est de comprendre ce que signifie être autochtone et orthodoxe en Russie et aux Etats-Unis aujourd'hui en effectuant une étude, au quotidien et dans le rituel, des pratiques et discours liés à l'orthodoxie en Alaska et en Tchoukotka. Ce projet va se concentrer sur 3 cas d'études concernant l'orthodoxie : 1) La naissance de l'Eglise orthodoxe en Tchoukotka (V. Vaté) ; 2) Les fêtes Maskaraatan et Halloween chez les Aléoutes (Alaska, M-A. Salabelle) ; 3) Le pèlerinage de Saint Herman, région de Kodiak (Alaska ; M-A. Salabelle & V. Vaté).

This project aims to provide a comparative and collaborative study of the relationship that indigenous people today build with Orthodox Christianity on the two sides of the Bering Strait region, in Chukotka (Russia) and in Alaska (USA). Our objective is to understand what it means to be indigenous and Orthodox in Russia and in the USA today by looking at current practices and discourses linked to Orthodox Christianity in everyday life and rituals as they are displayed in various Chukotkan and Alaskan settings. This project will explore three case studies concerning Orthodoxy: 1) The birth of the Orthodox Church in Chukotka (V. Vaté); 2) The Maskaraatan festival and Halloween among the Aleuts (Alaska, M.A. Salabelle); 3) Saint Hermans pilgrimage, Kodiak region (Alaska, M-A. Salabelle & V. Vaté).

1160 - STADENA

Savoirs Techniques et ADaptations Environnementales chez les chasseurs de Narval inughuit. Technical knowledges and Environmental adaptations to the inughuit hunters of narwhal.

👤 STÉPANOFF Charles

🏠 Ecole pratique des hautes études, laboratoire d'anthropologie sociale

📍 Groenland

Ce projet est une étude anthropologique sur la chasse au narval chez les Inughuit dans le Nord-Ouest du Groenland. Il s'agira d'approfondir l'étude des spécificités cynégétiques articulant une technique traditionnelle, un perfectionnement individuel de l'équipement et une esthétique de l'adresse personnelle du chasseur. Ces pratiques des chasseurs les plus septentrionaux n'ont été décrites que partiellement par les explorateurs des XIX et XXe siècles. En suivant les chasseurs au printemps sur leurs traîneaux à chiens, et en été en kayak, nous rechercherons les rapports existant entre les techniques, les stratégies individuelles, et les normes collectives de partage dans la communauté. Cette étude de terrain sera la première à décrire les adaptations des chasseurs Inughuit de narval dans un contexte en rapide évolution.

This project is an anthropological study of the hunting of narwhal by Inughuit in the Northwest of Greenland. We want to go further into the specificities of this hunting articulating a traditional technique, an individual perfection of the equipment and an aesthetic of the personal address of the hunter. These practices of the most northerly hunters were partially described only by the explorers of the XIXth and XXth century. By following the hunters in spring on their dogsledges, and in summer in kayak, we shall look for connections existing between the techniques, the individual strategies, the equipments and the collective standards of sharing in the community. This field study will be the first one to look for how the inughuit hunters of narwhal adapt themselves in context in fast evolution.

1193 - TUKTU

Impact de l'extraction minière sur les écosystèmes, les troupeaux de caribou et les styles de vie Inuit à Qamani'tuaq au Nunavut : collaborations de recherche triangulaires pour des scénarios de changements alternatifs

👤 BLANGY Sylvie

🏠 UMR 5175, CEFE (Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive), Montpellier

📍 Nord Canada, Nunavut, Baker Lake

TUKTU 2 est construit sur les résultats de TUKTU 1 et à la demande des partenaires de Baker Lake. Nous étudierons les impacts cumulatifs des 2 mines (or et uranium), développerons des scénarios d'avenir, des indicateurs de durabilité, des stratégies qui visent à préserver les styles de vie caribou tout en améliorant le bien être de la population locale. Des outils de négociation, lignes directrices, conditions équitables de partenariat seront explorés avec les mines. Nous synthétiserons, compléterons et rendront accessibles les informations des Etudes d'Impact Environnementales (EIA) des mines. Nous co-construirons des projets de recherche visant à répondre aux questions urgentes laissées sans réponses par les EIA et à renforcer les collaborations entre communautés arctiques sous la forme d'études comparatives. Le projet sera basé sur un renforcement des capacités de recherche locale, des collaborations étroites en cours avec des universités canadiennes et sous la forme d'ateliers participatifs, de formation à la recherche et de projets co construits et menés de concert. Les mines seront associées graduellement à cette approche et invités à nous rejoindre. Le projet se fera en étroite collaboration avec l'OHMI Nunavik en cours d'implantation sur la communauté de Kangiqsujuaq au Nord Québec. Les 2 études menées pendant TUKTU 1 seront largement diffusées et serviront de fondation à Tuktu 2.

TUKTU 2 project is based on the findings of TUKTU 1 and is developed at the request of the Baker Lake Inuit workshop participants. We will study the cumulative impacts of the two mines (gold and uranium), develop future scenarios, indicators of sustainability, strategies that preserve caribou livelihood while improving local population well-being. Negotiation tools, guidelines, fair and equitable partnerships will be explored with the mines. We will summarize and make accessible the EIA (Environmental Impact Information). Small scale community based and led research projects, comparative studies between arctic communities addressing local concerns and unanswered questions will be developed. Mines will be offered to join the community research projects and join forces with the community to look at future options. Collaborations will be developed with the OHMI Nunavik (Observatoire Homme Milieu) located in the community of Kangiqsujuaq north of Québec. The 2 studies conducted in TUKTU 1 will be widely disseminated and will serve as a foundation for TUKTU2. Mining impacts and sustainability in Qamanit'uaq, Nunavut. Developing strategies and models for an equitable partnership.

Arctique : sciences de l'univers

316 - IPCROCI-3 - JOKER

Interactions between Hotspot, Rift and Cryosphere : Jökulhlaup Economic Risks

👤 SCHNEIDER Jean-Luc

🏠 Université de Bordeaux, UMR 5805 EPOC

📍 Islande

Le projet IPCROCI-3 - JOKER correspond au renouvellement du programme IPCROCI-2 (2009-2012). Les résultats du précédent projet conduisent à formuler de nouvelles questions scientifiques. Nous envisageons à présent d'étudier plus en détail les impacts des grandes débâcles glaciaires (jökulhlaups) issues de la calotte du Vatnajökull. Nous analyserons les effets morpho-sédimentaires des jökulhlaups dans les grands systèmes fluviaux périphériques du Vatnajökull tout en cherchant à dater les événements majeurs et à comprendre le contrôle structural de leur déclenchement et de leur écoulement.

The IPCROCI-3 -JOKER project is the continuation of the former IPCROCI-2 program (2009-2012). The major results of the previous program lead to ask new scientific questions. We envisage now to study in a greater detail the impacts of large-scale glacial outbursts floods (jökulhlaups) issued from the ice cap. We will analyze the morpho-sedimentary effects of the jökulhlaups in the large periglacial fluvial systems around Vatnajökull, date the major flood events, and understand the structural control of the trigger events and on their flow.

1015 - OPTIMISM-BIO

Observing Processes impacting The sea Ice Mass balance from In Situ Measurements (OPTIMISM): from physics to its impacts on biology.

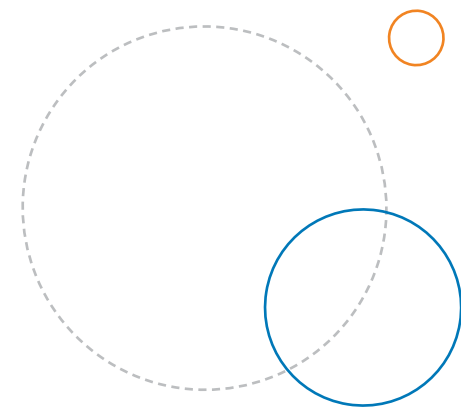
👤 VIVIER Frédéric

🏠 LOCEAN-IPSL, UMR 7159

📍 Svalbard

Le projet OPTIMISM (2009-2013) réunissant un consortium de chercheurs et ingénieurs issus de 5 laboratoires, avait pour objet de documenter l'évolution de l'épaisseur de glace et les processus qui régissent les échanges de chaleur aux interfaces océan-glace-atmosphère par des observations in situ, une étape indispensable pour améliorer les paramétrisations des modèles. Il a permis le développement d'un flotteur autonome (bouée Ice-T et mat meteo Bear) dont l'objet est de mesurer l'ensemble des paramètres régissant le bilan thermodynamique de masse de glace (évolution de l'épaisseur de glace, de son contenu thermique et des flux à ses interfaces). La bouée Ice-T a été déployé 4 années consécutives au Pôle Nord, dans le cadre de l'observatoire international NPEO, permettant l'acquisition d'un jeu de données très précieux pour analyser et comprendre l'évolution de la glace au cours du temps et valider les modèles et données satellites. Le projet visait également à documenter et étudier les processus régissant l'activité des polynies, qui, en tant que régions de formation d'eau dense, et donc de « ventilation » de l'océan profond, jouent un rôle essentiel dans la machine climatique. Nous avons ainsi notamment pu collecter une série de mesures ininterrompue de 2 ans au cœur de la polynie du Storfjord, dans l'archipel du Svalbard, qui a suscité l'élaboration d'un programme de campagnes océanographiques multidisciplinaires (Storfjorden Polynya multidisciplinary study; SteP) avec un consortium international incluant paléocéanographes et biogéochimistes en plus de physiciens. Ce projet OPTIMISM renouvelé, élargi à une communauté scientifique plus vaste (incluant des biogéochimistes des régions polaires), propose de nouveaux développements instrumentaux d'une part, avec notamment la mesure de l'activité biologique dans et à la base de la glace en plus des paramètres physiques fournis par l'instrument (Ice-T "vert") ou des mesures de neige par radar millimétrique miniaturisé, autant de développements qui nécessitent des tests de terrain en conditions polaires avant déploiement opérationnel. Il vise, d'autre part, à poursuivre l'acquisition d'observations au Pôle Nord au sein du consortium NPEO, ce qui est particulièrement important dans le contexte d'un Océan Glacial Arctique en transition rapide, mais aussi à collecter des mesures des gaz à effet de serre dans la glace de mer au Storfjord, en lien avec les campagnes STeP.

The OPTIMISM (2009-2013) project brought together a consortium of researchers and engineers from 5 French laboratories to document and study the evolution of sea ice thickness together with processes governing exchanges at the ocean-ice-atmosphere interface from in situ observations, a prerequisite to improve models parameterizations. The project was based on the development of an autonomous instrument (Ice-T buoy and Bear meteo mast) aimed at measuring the different parameters impacting the thermodynamical sea ice mass balance (sea ice thickness evolution, heat content and fluxes at its interfaces) . The Ice-T buoy was deployed for 4 consecutive years at the North Pole, in the frame of the international NPEO observatory, allowing to collect a valuable data set not only for process studies, but also to validate models and satellite observations. This project also aimed at investigating factors impacting the activity of polynya, which, as dense water formation regions ventilating the deep ocean, play a key role in the climate machinery. We have in particular collected an uninterrupted 2-year time series of measurements in the heart of the Storfjorden polynya, Svalbard. This effort fostered the development of a new multidisciplinary, international, observation program, involving paleo-oceanographers and biogeochemists in addition to physicists, based on a series of oceanographic cruises (STeP program, Storfjorden Polynya multidisciplinary study) . This renewed OPTIMISM project, opening to a broader scientific community (including polar regions biogeochemists), envisions new technological developments on the one hand, enabling in particular to measure biological activity within and at the base of sea ice, in addition to physical parameters provided by the instrument (green Ice-T) or snow measurements based on miniaturized millimetric radar. Such technological developments require to be tested in arctic conditions before reaching an operational stage. The project aims, on the other hand, at pursuing the collection of data at the North Pole within the NPEO international consortium, which is highly motivated in the frame of an Arctic in rapid transition, as well as measuring greenhouse gases within the sea ice in Storfjorden, in relationship with the STeP campaigns.



©Paolo Verzone

Institut polaire français



1026 - POLARIS 2

Polarisation de la raie rouge thermosphérique à Svalbard.

👤 LILENSTEN Jean

🏠 Hautes Atmosphères Planétaires, UMR 5109 Laboratoire de Planétologie de Grenoble

📍 Svalbard

Nous avons découvert la polarisation de la raie rouge thermosphérique à Longyearbyen après une préparation de 5 ans, grâce à un instrument original appelé SPP. Cependant, les sites de Longyearbyen et de Ny Alesund sont optiquement pollués. Or, en raison de la configuration magnétique et des caractéristiques ionosphériques, l'archipel de Svalbard présente des caractéristiques privilégiées pour ces observations. Grâce au financement de l'IPEV en 2010, nous avons pu installer SPP à la base polonaise de Hornsund pour un hivernage en site totalement noir d'où un article a été publié en 2013. Il a marché plusieurs semaines avant de tomber en panne. En 2011, nous avons fait une nouvelle demande à l'IPEV pour continuer ce programme, mais nous avons dû le suspendre car l'instrument ne pouvait pas être rapatrié et réparé à temps (et nous n'avons donc pas été financé). Depuis, nous avons réparé cet instrument, et construit un nouvel instrument plus puissant appelé Premier Cru. Cette demande reprend les grandes lignes de la demande abandonnée en 2011, car nous sommes maintenant mûrs pour un hivernage complet de SPP à Hornsund en hiver 2014/2015, tandis que Premier Cru fera des observations sporadiques en parallèle depuis des sites plus accessibles en Laponie et à Longyearbyen.

We performed the first observation of the polarization of the thermospheric red line in Longyearbyen after a preparation of 5 years, thanks to an instrument assembled in Oslo by our colleagues at the University of Oslo and the University UNIS at Svalbard. However, the site of Longyearbyen and Ny Alesund are optically polluted. Because of the magnetic configuration and ionospheric conditions, Svalbard presents the best characteristics for these observations. Thanks to an IPEV funding in 2010, we could install SPP at the Polish base (Hornsund) for wintering in a totally dark site. From this campaign, an article was published in 2013. SPP worked several weeks before breaking down. In 2011, we made a new request to the IPEV to continue this program, but we had to suspend our application (and were therefore not funded) because the instrument could not be repatriated and repaired in time. Since then, we have repaired the instrument, and built a new more powerful instrument called Premier Cru. This application follows the outline of the abandoned application in 2011, as we are now ready for a full winter of SPP at Hornsund (winter 2014/2015), while Premier Cru will perform sporadic observations in parallel from the most accessible sites in Lapland and in Longyearbyen.

1108 - PRISM

Permafrost Rock Ice and Snow Monitoring in the Austre Loven glacier basin (Svalbard).

👤 TOLLE Florian

🏠 Université de Franche-Comté, THEMA UMR 6049 CNRS, Besançon

📍 Ny-Ålesund, Svalbard

Le projet PRISM a pour objectif principal l'étude des versants en milieu polaire. Plus précisément, il s'agit de décrire, de comprendre et de modéliser les aspects spatiaux des dynamiques de pentes dans les bassins glaciaires. Ces dynamiques spatiales jouent un rôle important dans le fonctionnement physique et hydrologique des glaciers polaires. La morphologie des versants varie selon la fonte du pergélisol, l'épaisseur de la couverture neigeuse, et les contraintes glaciaires. La combinaison de ces facteurs est génératrice de processus qui sont encore mal connus. La quantification des processus à l'œuvre nécessite l'acquisition de données précises à des résolutions spatiales et temporelles fines. Les techniques de scanner laser terrestre (Terrestrial Laser Scanner ou TLS) peuvent permettre une appréhension fine des dynamiques observables. Ces données, couplées à des relevés hydrologiques mettront en lumière le rôle joué par les versants dans les hydrosystèmes polaires.

Studying slopes in polar environments is the main focus of the PRISM project. This project specifically aims at understanding, monitoring, and modeling the spatial dimension of slope dynamics in glacier basins. These dynamics do have a key role in the physical and hydrological behavior of polar glaciers. Slopes are impacted by permafrost melting, snow cover and glacier constraints. The combination of these factors leads to processes that are far from well documented. To quantify precisely the processes occurring in slopes requires data both spatially and temporally precise enough. Terrestrial Laser Scanning (TLS) techniques do seem to allow for fine grain observations at adapted time steps. Together with hydrological monitoring, these data will show the influence of slopes on polar hydrosystems.

1042 - ESCAPE ARCTIC

Ecosystems - Snow - ClimAte - PERmafrost feedbacks

👤 DOMINE Florent

🏠 UMI Takuvit, 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 CO₂ et CH₄ 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 CO₂ and CH₄ 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.

1111 - GRAAL

Groundwater – Rivers – Active-layer relationship in the AustreLovenbreen catchment (Western Spitsbergen, Svalbard)

👤 MARLIN Christelle

🏠 IDES Interactions et dynamique dans les Environnements de Surface, Epinay sur Orge

📍 Ny-Ålesund, Svalbard

Le projet GRAAL concerne l'étude de l'impact de la fonte du pergélisol et de l'augmentation du volume d'eau souterraine sur les flux de solutés et d'eau de surface à l'exutoire d'un bassin versant englacé de l'Arctique sur la côte ouest du Spitsberg dans un contexte de réchauffement climatique. L'étude se base sur le bassin versant de l'Austrelovenbre (79° N). Dans ce contexte, le couplage de plusieurs approches est nécessaire pour décomposer les écoulements et séparer les sources d'eau : géochimie élémentaire et isotopique, géophysique (GPR), hydrologie et hydrogéologie (incluant une modélisation thermo-mécanique du glacier et de sa zone frontale). L'implantation de profils de piézomètres équipés de sondes thermiques (jusqu'à 4 m de profondeur) et de capteurs de pression (suivi piézométrique de la nappe supra-permafrost) à des distances croissantes des cours d'eau permet de quantifier les échanges nappe-rivière.

The GRAAL project concerns the study of the impact of melting permafrost and of groundwater on the surface water discharge of a glacierized catchment in the Arctic on the west coast of Spitsbergen in the context of global warming. The study is based on the catchment area of the Austrelovenbre (79° N). In this environment, the coupling of several approaches is necessary to identify the water origin, in particular that of groundwater: elemental and isotopic geochemistry, geophysics (GPR), hydrology and hydrogeology (including thermo-mechanical modeling of glacier and its proglacial moraine). The implantation of piezometer lines equipped with thermal sensors (up to 4 m deep) and pressure sensors (monitoring the supra-permafrost groundwater) at increasing distance from the rivers allow to quantify the groundwater – surface water exchanges.

1134 - ARCTISO

Monitoring surface water vapour isotopic composition at Ny-Ålesund

👤 MASSON-DELMOTTE Valérie

🏠 Laboratoire des Sciences du Climat et de L'Environnement (LSCE, CEA, CNRS, UVSQ), Gif sur Yvette

📍 Ny-Ålesund, Svalbard

Le projet ARCTISO vise à évaluer le potentiel lié à la mesure de la composition isotopique de la précipitation et de la vapeur d'eau en surface à Ny-Ålesund (Svalbard). La composition isotopique de la vapeur d'eau reflète l'histoire des trajectoires de la vapeur d'eau, en relation avec les conditions d'évaporation (zones sources) et la distillation se produisant lors du transport, elle-même affectée par les processus microphysiques nuageux. Plusieurs études récentes (Groenland, Sibérie) ont suggéré une signature isotopique spécifique (excès en deutérium élevé) de la vapeur d'eau formée en bordure de glace de mer arctique. Cette signature semble mal représentée dans les modèles de circulation générale atmosphérique. Mieux comprendre ces processus peut être critique pour l'exploitation des signaux paléoclimatiques (e.g. carottes de glace) et pour évaluer la fraction d'humidité locale et d'humidité transportée à longue distance contribuant à l'augmentation des rétroactions du cycle de l'eau arctique. Par sa position, le site du Svalbard donne accès à des masses d'air arctiques où ce signal peut être étudié, en combinant des mesures continues in situ à des calculs de trajectoires atmosphériques. Cette pré-étude vise à déployer un instrument pendant 6 mois à Ny-Ålesund et échantillonner les précipitations, pour évaluer le potentiel de ce site dans l'optique du montage d'un projet international de suivi des isotopes de l'eau à l'échelle arctique.

The ARCTISO project aims at assessing the potential outcomes associated with continuous measurements of the precipitation and surface water vapour isotopic composition at Ny-Ålesund (Svalbard). The isotopic composition of water vapour reflects the history of air mass trajectories, in relationship with evaporation conditions (moisture source areas) and distillation along atmospheric transport, itself affected by cloud microphysical processes. Several recent studies (Greenland, Siberia) have suggested a specific isotopic fingerprint (high deuterium excess) of water vapour formed at the Arctic sea ice margin. This fingerprint seems poorly simulated in atmospheric general circulation models. A better understanding of these processes is critical for paleoclimate reconstructions (e.g. from ice cores) and to quantify the fraction of local moisture versus the long distance moisture in the increase of feedbacks associated with the Arctic water cycle. Through its geographical position, Svalbard gives access to Arctic air masses where this fingerprint will be investigated by combining in situ continuous data with atmospheric circulation calculations. This pre-survey aims to deploy an instrument at Ny-Ålesund during 6 months, and sample the precipitation, in order to assess the potential of this site in the overall aim of establishing an international project coordinating the monitoring of water stable isotopes in the Arctic vapour and precipitation.

1132 - ESCOFAR

Etude des Sources Continentales dans un Fjord

👤 KERHERVE Philippe

🏠 Université de Perpignan, CEFREM UMR CNRS 5110, Perpignan

📍 Ny-Ålesund, Svalbard

Le réchauffement climatique, particulièrement marqué en Arctique, se manifeste notamment par la fonte des glaciers et des pergélisols et donc, par une augmentation des apports à l'océan en eau douce et matériels associés. De nombreuses études ont déjà démontré l'importance de ces apports continentaux par les grands fleuves arctiques mais peu d'études se sont focalisées sur les apports par les glaciers côtiers. Ce projet ESCOFAR a pour objectif de quantifier les flux de matières particulaires et de carbone déversés par plusieurs glaciers du fjord Kongsfjorden (Spitzberg, Svalbard) en période estivale. Le traçage géochimique de plusieurs panaches de glaciers devrait nous permettre de suivre la diffusion de cette source continentale à l'intérieur d'un fjord et d'estimer sa contribution à la sédimentation le long du fjord. En combinant ces données avec l'étude écologique de la faune benthique du fjord, nous devrions être en mesure de cerner la réponse de cet écosystème face à l'augmentation supposée des apports de matériel particulaire d'origine continentale, plus pauvre en terme de matière organique que le matériel particulaire marin.

One of the major consequence of the global warming, particularly marked in the Arctic, is the melting of glaciers and permafrost-affected soils and thus, the increasing inputs of freshwaters and associated materials into the ocean. Several studies have shown the importance of these continental inputs by the large arctic rivers but few investigations have been focused on the inputs by tidal glaciers. This ESCOFAR project aims to quantify the total and carbon mass flux discharged by several tidal glaciers of the Kongsfjorden (Spitsbergen, Svalbard) during the summer period. The geochemical traceability of meltwater plumes should allow us to follow the dispersion of this continental source along the fjord. By combining these results with the ecological study of the benthic fauna from the fjord, we should be able to estimate the response of this ecosystem to the assumed increase of continental particle inputs, less organic-rich material than the marine autochthonous material.






©Paolo Verzone

Institut polaire français

1139 - TUNNUNIK

Geophysical investigation of the Tunnunik impact structure (Victoria Island, Canada)

 GATTACCECA Jerome
 CEREGE, Aix en provence
 Canada

Nous étudierons, en collaboration avec G.Osinski (University of Western Ontario, London, Canada), le cratère d'impact de Tunnunik (28 km de diamètre) découvert en 2010 dans l'Arctique canadien. Nous projetons des mesures de gravité, champ magnétique, et des expériences de sondage électromagnétique et de sismique afin de caractériser la structure de ce cratère fortement érodé et en grande partie recouvert par des sédiments glaciaires holocènes. D'autre part, nous conduirons une étude paléomagnétique qui contraindra l'âge du cratère (actuellement non daté) et permettra d'étudier la réaimantation due à l'impact (par choc, effet thermique ou hydrothermalisme) avec des implications pour l'interprétation de la signature magnétique des cratères sur les autres surfaces planétaires (Mars, Lune...). Ce travail s'insère dans un effort de plus long terme sur la compréhension de la signature géophysique des cratères d'impact et fera l'objet d'une thèse de doctorat en co-tutelle (Aix-Marseille University / University of Western Ontario) qui démarre en Octobre 2014.

We will study, in collaboration with Dr. G. Osinski (University of Western Ontario, Canada) the Tunnunik impact crater (28 km in diameter) that was discovered in 2010 in the Canadian Arctic. We will perform gravity, magnetic field, electromagnetic sounding and seismic measurements to characterize the structure of the crater, which is deeply eroded and mostly covered by Holocene glacial sediments. We will also perform a paleomagnetic study that will help constrain the age of the crater (currently not dated), and will allow the study of the remagnetization associated with the impact (by shock, thermal effect or hydrothermal activity) with implications for the interpretation of the magnetic signature of impact craters on other planetary surfaces (Mars, Moon, etc). This study is part of a longer-term project on impact craters and their geophysical signature. It is a major part of a joint PhD thesis between Aix-Marseille University and the University of Western Ontario that will start in October 2014

1141 - AWIPEV-CO2

Monitoring of the carbonate chemistry at the AWIPEV underwater observatory

 GATTUSO Jean-Pierre
 Laboratoire d'Océanographie de Villefranche
 AWIPEV - Ny Alesund

Le projet AWIPEV-CO2 a pour objectif de débiter une série de mesure de la chimie des carbonates à Ny-Ålesund. Il s'agirait de la première série à long-terme de ce type dans l'Arctique. Ces mesures sont indispensables pour estimer la vitesse à laquelle l'Arctique s'acidifie et planifier de nouvelles expériences de perturbation à la suite de celles déjà conduites au sein d'AWIPEV en 2009 et 2010. L'objectif est d'ajouter deux instruments à l'observatoire sous-marin d'AWIPEV pour mesurer la pression partielle en CO2 et alcalinité totale de l'eau de mer. Parallèlement des mesures discrètes hebdomadaires de carbone inorganique dissous et d'alcalinité seront réalisées à des fins de validation et de calibration des capteurs.

The AWIPEV-CO2 project aims to establish time-series measurements of the carbonate chemistry at Ny-Ålesund. It would be the first time-series of this kind in the coastal Arctic. These data are needed to estimate the rate at which the coastal Arctic acidifies and to plan new perturbation experiments following the first ones carried out as part of AWIPEV in 2009 and 2010. It is proposed to add two instruments to the already existing AWIPEV Underwater Observatory to measure the partial pressure of CO2 (continuously) as well as total alkalinity (once a day). Additionally, discrete sea water samples will be collected weekly for measurement of dissolved inorganic carbon and total alkalinity. This will be used to calibrate and validate the sensor data.



1159 - GREEN-CO

Carbon Monoxide in the Pre-Industrial Arctic Atmosphere: Reconstruction from Ice Cores at Summit

👤 FAÏN Xavier

🏠 Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement, Grenoble

📍 Greenland

Au printemps 2015, une carotte de 170m sera forée à proximité de Summit Station, Groenland, dans le but de reconstruire pour la première fois dans l'hémisphère nord l'évolution historique du monoxyde de carbone (CO) et de ses isotopes depuis l'époque préindustrielle. Cet objectif viendra s'appuyer sur une solide approche multi-traceurs et multi-laboratoires. Notamment, la carotte se verra analysée en France grâce à des outils uniques disponibles au LGGE : la mesure en continu des rapports de mélange de CO et la mesure discrète des traces organiques contenues dans la glace. Le projet GREEN-CO permettra une contribution française à l'opération de forage au Groenland (financée dans le cadre du projet NSF-ARC 1406236 ; PI : V. Petrenko). Ce soutien viendra donc naturellement renforcer l'implication française autour de l'exploitation et la valorisation de la glace qui sera forée par nos collègues américains.

During spring 2015 a 170m long ice core will be drilled near Summit Station, Greenland, to provide the first reliable record of pre-industrial carbon monoxide concentration (CO) and stable isotopes in the Northern Hemisphere atmosphere. This scientific goal will be supported by a solid multi-proxy and multi-laboratory approach. Specifically, ice core samples will be analyzed in France using unique, cutting edge, tools only available at LGGE: the continuous analysis of CO mixing ratios, and the discrete measurement of organic in the liquid phase. The GREEN-CO project will allow for a French contribution to the drilling expedition in Greenland (already funded through the project NSF-ARC 1406236 ; PI : V. Petrenko). The GREEN-CO project will thus naturally strengthen the French implication into the use and interpretation of the ice core which will be drilled by our USA colleagues.



©Paolo Verzone

Institut polaire français

1164 - GREEN EDGE

Phytoplankton spring bloom in Baffin Bay, detailed study of physical, chemical and biological processes, and modeling of present and future primary production and carbon fluxes

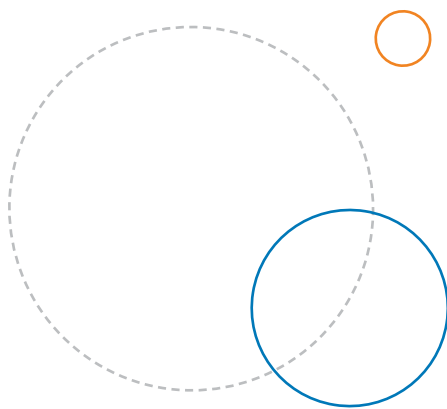
 BABIN Marcel

 Laboratoire international Takuvik

 Canada

Dans l'Océan Arctique (OA), la floraison printanière du plancton (FPP) se développe autour de la limite des glaces dans la zone des glaces saisonnières (ZGS). Ce processus dure environ 3 semaines et est responsable de la plupart de la production primaire (PP) de l'OA. La ZGS est actuellement en expansion et pourrait couvrir tout l'OA dans les années 2030, avec pour conséquence possible une FPP et une PP accrues. Récemment, la PP de l'OA a augmenté de 20% et ceci a modifié la chaîne trophique et l'écosystème arctique, ainsi que les échanges de carbone entre l'atmosphère, l'océan et les sédiments marins. Il est crucial de comprendre comment la PP arctique évoluera dans le futur, et ceci requiert une compréhension détaillée des processus impliqués dans la FPP. Dans le cadre d'un vaste projet qui comprendra aussi une croisière de brise-glace et de la télédétection, nous proposons ici de réaliser des mesures physiques, chimiques et biologiques détaillées de la FPP à partir d'un camp de glace dans la Baie de Baffin afin d'atteindre une compréhension détaillée sans précédent des processus impliqués. Ceci permettra la modélisation de l'évolution de la PP arctique et des flux de carbone qui y sont liés.

In the Arctic Ocean the phytoplankton spring bloom (PSB) develops around the ice-edge in the seasonal ice zone (SIZ). This process lasts about 3 weeks and accounts for most of the annual primary production (PP) in the Arctic Ocean. The SIZ is currently increasing in size and may cover the entire Arctic Ocean as of the 2030s, possibly leading to enhanced PSBs and therefore primary production (PP). Recently, the PP of the Arctic ocean has increased by 20% and this has started to modify the Arctic food web and ecosystem, as well as carbon exchange between the atmosphere, the ocean and marine sediments. A critical question to understand is how Arctic PP will evolve in the future, and this requires a detailed understanding of the processes involved in the PSB. Within a large project that will also involve ship cruises and remote sensing, we propose here to perform detailed biological, chemical and physical measurements of the PSB from an ice camp in Baffin Bay to gain an unprecedented detailed understanding of the processes involved. This will allow the detailed modeling of the evolution of the Arctic PP and of the related carbon fluxes.





330 - ORNITHO-ENDOCRINO

Hormones et effort parental chez les oiseaux marins arctiques

👤 CHASTEL Olivier

🏠 Centre d'Etudes Biologiques de Chizé, Villiers en Bois

📍 Ny-Ålesund, 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-gonado-hypophysaire) 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.*

388 - ADACLIM

Adaptations des oiseaux marins de l'Arctique aux contraintes environnementales dans le contexte des changements climatiques

👤 GREMILLET David

🏠 CEFE, 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.*



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
📍 Ny-Ålesund, Svalbard

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*

399 - CHIMERPOL III

Dynamique de l'écosystème de la neige en zone Polaire

👤 VOGEL Timothy
🏠 Laboratoire Ampère, Génomique microbienne environnementale, Ecully
📍 Ny-Ålesund, 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, CNRS, UMR 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.

Antarctique - Subantarctique : Science 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, Dôme C

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

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

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 : La poursuite des activités de surveillance à long terme de la HTBS antarctique dans le cadre du Service d'Observation NDACC-France; 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: Long-term monitoring of the Antarctic UTLS in the frame of the Observing Service NDACC-France; 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.

139 - GEOMAGNETISME

Observatoires magnétiques permanents

👤 CHAMBODUT Aude

🏠 Ecole et Observatoire des Sciences de la Terre, Service des observatoires magnétiques Strasbourg

📍 Terre Adélie, Crozet, Kerguelen, Amsterdam-Saint-Paul, Dôme C

Les observatoires magnétiques permanents d'Amsterdam, Crozet, Dumont d'Urville et Kerguelen répondent aux normes et standards Intermagnet (INTERNATIONAL Realtime MAGnetic observatory NETwork). Le champ magnétique de la Terre y est enregistré en continu avec des taux d'échantillonnage de 1s. Les mesures absolues des composantes du champ magnétique sont également effectuées régulièrement (tous les deux jours) tout au long de l'année. Le traitement des données et leur diffusion auprès des centres mondiaux de données géophysiques (WDC pour le géomagnétisme - World Data Centers) à travers le réseau Intermagnet, sont effectuées en temps quasi-réel grâce au récent système d'acquisition intégrant des protocoles d'expéditions journalières. La continuité, la qualité, la stabilité et l'homogénéité de ces observations sont de première importance pour leur utilisation en continu par l'ensemble de la communauté scientifique. Ces observatoires sont localisés dans des lieux éloignés et isolés qui ne permettent pas d'utiliser pleinement les protocoles habituels des autres observatoires français (protocole du BCMT - Bureau Central du Magnétisme Terrestre - utilisant par exemple : connexion permanente à Internet, personnel permanent, ...) et ont conduit nécessairement à des adaptations logistiques et technologiques. Nous prévoyons de poursuivre la consolidation de notre parc matériel.

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

©Thibaut Vergoz

Institut polaire français



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 : comme participation française au réseau international des moniteurs à neutrons, pour étudier l'accélération de protons relativiste dans les éruptions solaires, pour améliorer la compréhension de la propagation du rayonnement cosmique dans l'héliosphère, 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: as the French contribution to the international network of neutron monitors, to study relativistic proton acceleration in solar flares, to improve the understanding of cosmic ray propagation in the heliosphere, to provide the data for, and to improve the models used by the Sievert system (DGAC-French Civil Aircraft Authority).

337 - GRAVITE

Gravity variation and vertical motion in polar regions - Constraints on post-glacial rebound and present-day ice melting

👤 ROGISTER Yves

🏠 UMR 7516 Institut de Physique du Globe de Strasbourg

📍 Terre Adélie, AWIPEV - 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-Alesund, 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-Alesund 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.

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.

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 inclut 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 (H₂O₂, HCHO et O₃) 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 (H₂O₂, HCHO and O₃) at DDU then at Amsterdam.

416 - RAMCES-AMS/ORE

Suivi des gaz à effet de serre à l'île d'Amsterdam

👤 **DELMOTTE Marc**

🏠 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 CO₂, CH₄, N₂O, SF₆ à l'île Amsterdam. Pour une bonne caractérisation des masses d'air nous mesurons également en continu le Radon-222 et les paramètres météorologiques, et par prélèvements hebdomadaires le CO, H₂ et les isotopes stables du CO₂. Nous proposons d'initier au cours du programme à quatre ans le suivi en continu du rapport O₂/N₂, afin d'identifier la contribution océanique dans la variabilité interannuelle du CO₂.

The objective of the RAMCES-AMS program is the long term monitoring of greenhouse gases (CO₂, CH₄, N₂O, SF₆). To properly characterize the air masses we are also performing continuous measurements of Radon-222 and meteorological parameters, and weekly air sample to analyze CO, H₂ and CO₂ isotopes. During the term of this four years project, we propose to initiate in-situ measurements of O₂/N₂ in order to characterize the oceanic contribution to the CO₂ interannual variability.

688 - NIVMER

NIVeau de la MER

👤 **TESTUT Laurent**

🏠 Laboratoire d'Etudes en Géophysique et Océanographie Spatiales, Toulouse

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

Le programme NIVMER consiste en une opération de maintenance et de suivi des stations marégraphiques du Service d'Observation de niveau de la mer ROSAME - www.legos.obs-mip.fr/fr/observations/rosame/ - sur les quatre sites de Crozet, Kerguelen, Saint-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 CONCORDIA

Etudes glaciologiques à Dome Concordia

👤 **RITZ Catherine**

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

📍 Concordia

Obtenir un enregistrement glaciaire de 1.5 Million d'années retraçant l'évolution du climat et des gaz à effet de serre est un des objectifs majeur de la communauté l'enregistrements glaciaires, coordonnées dans IPICS International Partnerships in Ice Core Science). On s'accorde à estimer que cette «Plus vieille glace» pourrait être trouvée sur le plateau de l'Antarctique de l'Est. La région autour de la station permanente de Concordia (Antarctique de l'Est) fait partie des quelques zones possibles. Le but de ce projet est d'améliorer notre capacité à détecter les régions où la glace peut être très vieille. L'approche est basée sur l'association de différentes observations et de la modélisation thermo-mécanique de l'écoulement de glace. Cette combinaison aidera à : tester notre capacité à prédire l'état thermique de l'interface entre la glace et le socle et de déduire le flux géothermique ; valider les modèles d'écoulement de la glace ; déterminer des caractéristiques mal connues comme les propriétés mécaniques de la glace dans ces régions très froides et lentes. Les nouvelles observations prévues sont essentiellement des mesures radar et dans le trou de forage. Nous tirerons parti également des informations obtenues dans l'enregistrement glaciaire d'EPICA. En raison de ce lien avec la carotte EPICA ce projet inclut aussi des échantillonnage de l'archive laissée à Concordia ainsi qu'un réaménagement de la cave de stockage.

Recovering a 1.5 million years record of climate and greenhouse gases from Antarctica is a major objective of the ice core community (associated in IPICS, International Partnerships in Ice Core Science) and there is an agreement that such Oldest Ice could be found in the plateau area of the East Antarctic Ice Sheet. The region around the permanent station of Concordia (East Antarctica) is among the few spots possible. The aim of this project is to improve our ability to detect regions where ice could be very old. The approach is based on the association of various types of observations and ice flow/thermal modelling. This combination will help to: test our ability to predict the thermal type of ice-bed interface and infer geothermal heat flux ; validate ice flow models; determine badly known characteristics such as the mechanical properties of ice in these very cold and slow regions. The new observations planned are essentially radar measurements and borehole logging. We will also take advantage of information obtained in the EPICA ice core. Because of this link with the EPICA ice core, this project also involves sampling of the EPICA archive left at Concordia and some management of the ice core storage.

©Thibaut Vergoz

Institut polaire français

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

Le programme 903 s'attache à comprendre et caractériser la composition chimique de l'atmosphère du haut plateau antarctique, à la station Concordia, et son évolution future. Pour cela, un suivi long terme de l'ozone et de gaz acides est proposé, avec un double objectif : 1. suivre l'influence sur l'ozone et plus généralement la capacité oxydante dans la couche limite de l'évolution en cours des niveaux d'ozone stratosphérique. 2. Renforcer notre compréhension actuelle de la capacité oxydante très spécifique du haut plateau antarctique par le suivi des gaz acides liés, pour certains, à une photochimie très active du manteau neigeux.

The program 903 is aimed to characterize and understand the chemical composition and future evolution of the lower boundary layer on the high Antarctic plateau at Concordia Station. Long term monitoring of ozone and other acidic trace gases is proposed with focus on two specific axes: 1. Evolution of ozone ground level and, more generally, of the atmosphere oxidative capacity in response to future recovery of the stratospheric ozone. 2. Improve our actual understanding of the specific oxidative capacity of the high Antarctic plateau by the monitoring of acidic gases since some of them are linked to intense photochemical processes above and within the snowpack.

910 - HAMSTRAD

H2O Antarctica Microwave Stratospheric and Tropospheric Radiometers

👤 **RICAUD Philippe**

🏠 Laboratoire d'Aérodynamique, CNRS, Université de Toulouse

📍 Concordia

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

The HAMSTRAD project is intended to focus on the long-term time evolution of water vapour both in the stratosphere and in the troposphere that can impact on the climate evolution. Stratospheric phenomena of dehydration/ rehydration, descent, filamentation and vortex breakup will be studied. Phase change together with ice diurnal cycle will be investigated in the troposphere. These measurements will be compared to the 3D Chemical Transport Model MOCAGE. The project will also participate to the validation of space-borne sensors measuring tropospheric and stratospheric H2O. Finally, HAMSTRAD will help validating Southern Hemisphere high latitudes analyses from the European Centre ECMWF.

915 - QUBIC

Q & U Bolometric Interferometry for Cosmology

👤 **HAMILTON Jean-Christophe**

🏠 APC (Astroparticules et Cosmologie)

📍 Concordia

The aim of our project is to observe the polarization of the Cosmic Microwave Background (CMB) in order to search for the B-modes that would allow to put constraints on the gravitational waves produced during inflation. For this purpose, we propose to use the novel concept of bolometric interferometry that will allow unprecedented control of instrumental systematic errors. This implies the design, construction and implementation at Concordia station of the first module of a bolometric interferometer to validate the instrument concept, allowing for an improvement on the B-modes limit down to 0.05. The recent discussions about the possible contamination by galactic foregrounds of the results announced by BICEP2 following the publication of polarized galactic dust emission by the Planck collaboration have enhanced the importance of foreground contamination control, hence the need for a multi-frequency instrument. We have therefore slightly modified the design of the first QUBIC module in order to observe simultaneously at two frequencies: 150 and 220 GHz. After this first step, five others modules (working at different frequencies) will be implemented at Concordia to bring the limit down to 0.01, competitive with other projects. QUBIC is the prolongation of the BRAIN project. BRAIN has validated the choice of the Concordia Station wrt CMB measurements and gives us a first training for implementation of experiment in Antartic.

1003 - ARLITA

Architecture of the East Antarctic lithosphere, Terre Adélie

👤 **BASCOU Jérôme**

🏠 UMR6524 - Magmas et Volcans

📍 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, datations) 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, datations) and thermomechanics (thermobarometry).

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 Géophysique de l'Environnement, Saint Martin d'Hères

📍 Concordia

Le programme SUNITE DC poursuivra les objectifs fixés lors du précédent programme, c'est-à-dire de documenter et d'utiliser les anomalies isotopiques des oxy-anions (sulfate et nitrate) dans un contexte attendu de reconstitution de la couche d'ozone pour contraindre les sources, transformations et transports de ces composées vers les régions polaires où ils sont archivés sur des milliers d'années. Toutefois, les méthodes et les approches de terrain évolueront vers des activités plus orientées vers le suivi de paramètres sur le long terme que sur des campagnes d'étude intensive comme cela a pu se produire par le passé. Les activités scientifiques se concentreront sur le suivi des compositions isotopiques de l'aérosol complété par des collectes régulières de neige de surface. Ce travail "sentinelle" a le double objectif de permettre une comparaison des séries isotopiques obtenues avec l'évolution de la couche d'ozone mais aussi d'assurer le maintien des prélèvements dans le cas où un événement majeure se produirait (éruption volcanique de type Pinatubo, événement protonique solaire, rayonnement cosmique, etc). Il n'est cependant pas impossible qu'au cours de ce programme le besoin d'une activité accrue l'été sur le terrain ressurgisse (par ex. dès 2013/14 pour conclure la collaboration NSF/IPEV).

For this renewal, the SUNITE DC will follow the same scientific objectives fixed during the previous program, i.e. document and use of the sulfate and nitrate stable isotopes in the context of an anticipated ozone hole recovering to put new constraints on the sources, transformations and transports of these species into polar regions where there are archived in ice for hundred thousand of years. However, the methodologies and approaches will evolve toward monitoring activities instead of intensive summer campaigns. The scientific activities will concentrate on the monitoring of the aerosol and surface snow isotope composition year-round with the double objectives of allowing the comparison of long isotope series with the recovering and dynamic of the stratospheric ozone and to secure continuous monitoring in case a major event will occur (e.g. major volcanic eruption, solar proton event, major ENSO etc.).

1013 - CALVA

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

👤 GENTHON Christophe

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

📍 Terre Adélie, Concordia

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

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

1028 - GMOSTRAL

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

👤 DOMMERGUE Aurélien

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

📍 Amsterdam-Saint-Paul, Terre Adélie, Concordia

GMOstrat 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 GMOstrat 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.

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 trois 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 three 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.

1048 - GLACIOCLIM-KESAACO

Les glaciers, un observatoire du climat, phase exploratoire pour une composante à Kerguelen

👤 FAVIER Vincent

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

📍 Kerguelen

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

This proposal is the exploratory step for Kerguelen component of the Glacioclim Observatory. Glacioclim is a French observatory to globally detect, monitor and understand climate and mass balance variability in the glacial environment. In the Kerguelen archipelago (49°S, 69°E, with an ice covered area of 552km² in 2001), there have been few short term glaciological studies on Ampere Glacier (main glacier of Cook icecap). Paleoclimatic reconstructions over the holocene and long term data from oceanographic and meteorological observatories are also available to get information on the climatic variability during the last 50 years. However, even though these data are essential, a study of the climate-glacier relationship is still necessary to describe the main factors that induced the current dramatic retreat of the Cook icecap. Studying Kerguelen ice caps has become urgent, but is also logistically feasible. The current project plans to deploy and maintain a surface mass balance network, and meteorological instruments on and around the glacier according to Glacioclim protocols. Topographic and hydrological measurements are also planned in order to get data for independant computation of the mass balance. Finally, we will go a step further in the description of the past glacier fluctuation history by dating moraines with a new lichenometric approach

1096 - PAIX

Photometer Antartctic eXtinction

👤 CHADID Merieme

🏠 Université de Nice, Observatoire Côte d'Azur, CNRS, Nice

📍 Concordia

Notre demande vise à faire changer le statut du photomètre PAIX, qui était dans le programme Astro-Concordia (caractérisation du site de Dôme C), pour le faire passer dans un statut nouveau purement astrophysique et à impulser un nouvel instrument, EXPLORER, un spectrographe à haute résolution. Le photomètre PAIX utilise au maximum les potentialités du Dôme C, en suivant, en continu sur 150 "jours", la courbe de lumière d'étoiles pulsantes, permettant d'atteindre une résolution en fréquence que seuls deux satellites sont capable d'atteindre: CoRoT et Kepler. PAIX nous a déjà permis plusieurs publications de rang A. Le spectrographe EXPLORER est un projet instrumental nouveau qui permettra de tirer partie de la continuité des observations lié à une excellente transparence du ciel que seul le Dôme C peut offrir.

Our proposal aims are focussed on to modify the current PAIX photometer status from Astro-Concordia program (Site characterization) to a new and purely astrophysical status and to perform and install a new instrument, a high resolution spectrograph EXPLORER PAIX photometer takes benefit from the most striking Dome C properties where long and continuous time-series observations are possible during 150 "days", allowing unprecedented frequency resolution which have been only attained by space mission such as CoRoT or Kepler. Several rank A publications have been issued thanks to PAIX. EXPLORER spectrograph is a new instrumental program which will also take benefit of continuous and uninterrupted observations linked to excellent transparency skies which can be found only at Dome C.

1077 - TALISKER

Chemical transfers across the lithosphere of Kerguelen: from the mantle to the ocean.

👤 GUILLAUME Damien

🏠 UMR 5563 GET Géosciences Environnement Toulouse

📍 Kerguelen

TALISKER s'attache à caractériser les circulations de fluides affectant la lithosphère de Kerguelen à différents niveaux structuraux, depuis le manteau supérieur jusqu'à la surface et à leur migration vers l'océan austral. Trois axes seront suivis : caractérisation des paléofluides ayant circulé dans les roches du manteau ou associés aux mises en places de roches plutoniques, caractérisation des systèmes hydrothermaux actifs et des interactions roches-fluides-biosphère, et quantification des flux d'éléments chimiques du continent vers l'océan côtier.

TALISKER will focus on the characterization of fluid circulations across the lithosphere of Kerguelen, from the upper mantle to the surface and their migrations to the Southern Ocean. The three approaches are : characterization of the fluid paleocirculations within mantle rocks or associated to the emplacement of plutonic rocks, characterization of the present-days hydrothermal discharges and the fluid-rock-biosphere interactions, quantification of the chemical fluxes from land to the ocean.

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.

1112 - CHINSTRAP

Continuous High-altitude Investigation of Neutron Spectra for Terrestrial Radiation Antarctic Project

👤 HUBERT Guillaume

🏠 ONERA DESP, Toulouse
📍 Concordia

Le Projet CHINSTRAP vise à installer et à exploiter scientifiquement un spectromètre à neutrons étendu au domaine des hautes énergies à la station Concordia en Antarctique. Les caractéristiques uniques du site (haute altitude et proximité du pôle géomagnétique) permettent des mesures à long terme dédiées à l'étude de la dynamique de l'environnement radiatif naturel atmosphérique pour des applications de Météorologie Spatiale en complétant des mesures déjà effectuées au Pic du Midi et au Brésil au niveau de l'Anomalie Atlantique Sud. Le projet comprend deux phases : la première consiste à installer et à rendre opérationnel le spectromètre neutron HERMEIS dans la station, la seconde consiste à rapatrier les données puis à coupler leurs analyses à celles issues d'autres sites de mesures. Le caractère multi-sites de cette thématique (projets CHINSTRAP, DAARES) vise comprendre l'impact des singularités magnétiques (SAA, pôle) sur la dynamique du spectre des neutrons atmosphériques.

The CHINSTRAP project aims at installing a high-energy extended neutron spectrometer at the Concordia station in Antarctic. The particularities of this location are unique (high altitude and proximity to the geomagnetic pole) and allow long-term measurements dedicated to the study of the atmospheric natural radiative environment dynamics for Space Weather applications. These data will complete the ones already obtained at the Pic du Midi in France and in Brazil near the South Atlantic Anomaly. The project includes two phases: the first consists in installing and operating the HERMEIS in the station, the second consists in investigating the data then in combining their analyzes to those from other measurement sites. The multi-sites measurements (CHINSTRAP and DAARES projects) aim to understand the impact of terrestrial magnetic singularities (SAA pole) on atmospheric neutron spectrum dynamics.

1110 - NIVOLOGIE

Snow properties evolution in a changing climate in Antarctica

👤 PICARD Ghislain

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

Les interactions entre la neige présente à la surface et l'atmosphère sont très fortes et sont responsables de boucles de rétroaction importantes du système climatique, particulièrement dans les régions enneigées comme en Antarctique. Le projet NIVO a pour objectif de mieux quantifier ces interactions et d'améliorer leur prévision par les modèles d'évolution de la neige. Pour cela, le projet va mettre en œuvre des instruments automatiques et conduire des mesures manuelles permettant de suivre l'évolution des propriétés physiques la neige aux stations Concordia et Cap Prudhomme en Antarctique de l'Est. Ces observations liées à la thermique, le bilan radiatif ou l'état de surface, permettront de mieux comprendre l'évolution du manteau neigeux, de calibrer les observations réalisées par les satellites et de valider les modèles d'évolution de la neige pour in fine proposer des améliorations. Sur le terrain, NIVO propose de deployer et calibrer des nouveaux instruments développés dans le cadre de l'ANR "MONItoring SNOW in a changing climate" (spectre de propriétés optiques de la neige, profile de taille de grain, ...). Il reprend aussi la gestion d'instruments opérationnels depuis plusieurs années à Concordia (température de la neige, photographie de surface, ...), et contribuera à la caractérisation des variations spatiales de la neige autour des stations ou sur des traverses pour comprendre la représentativité des mesures d'évolution ponctuelles acquises par les instruments.

The interactions between the snow on the surface and the atmosphere are very strong and are responsible for important feedback loops in the climate system, especially in snow-cover areas like in Antarctica. NIVO project aims to better quantify these interactions and improve their prediction by physically-based snow evolution models. For this, the project will implement automated instruments and conduct manual measurements to monitor the evolution of snow physical properties at Concordia and Cap Prudhomme stations in East Antarctica. These observations related to thermal variables, the radiation balance or the surface state, will allow to better understand the evolution of the snowpack, to calibrate the observations acquired by satellites and validate snow evolution models to, in fine, suggest improvements. In the field, NIVO will deploy and calibrate new instruments developed in the framework of the ANR "MONItoring SNOW in a changing climate" (spectrum of snow optical properties, snow grain size profile, ...). It will also manage the instruments in operation for several years at Concordia (snow temperature, surface photography ...), and will contribute to the characterization of the spatial variations around the stations and on traverse to understand the representativeness of point measurements provided by the instruments.

1119 - SUBGLACIOR

in-SitU proBing of GLACier Ice for a better understanding of the Orbital Response of climate

👤 CHAPPELLAZ Jérôme

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

📍 Concordia

Le projet IPEV SUBGLACIOR est le pendant "logistique terrain" des projets suivants déjà financés scientifiquement : le projet européen ERC Advanced Grant ICE&LASERS 2012-2017 (porteur J. Chappellaz), le projet ANR "Blanc" SUBGLACIOR 2012-2016 (porteur O. Alemany), le soutien en mécénat de la Fondation BNP Paribas SUBGLACIOR 2011-2013, (porteur J. Chappellaz) un des volets techniques du projet Equipex CLIMCOR (porteur D.D. Rousseau, INSU/C2FN).

Ces projets (ou volet) conjoints visent à construire une sonde révolutionnaire qui mesurera en fonction de la profondeur au sein même du glacier et en temps réel la composition isotopique de l'eau (signal climatique) et la concentration en gaz à effet de serre (méthane, voire gaz carbonique - sous réserve de maîtriser les effets de solubilité -), le tout sans ramener de carottes de glace à la surface. A terme, la sonde permettra de valider rapidement le choix d'un site antarctique pour une nouvelle opération de forage international type EPICA pour étudier le lien climat / gaz à effet de serre lors de la transition climatique du milieu du Pléistocène, il y a un million d'années. De plus la sonde obtiendra - en une seule saison de terrain - les premiers enregistrements essentiels sur cette période de temps. Le projet IPEV SUBGLACIOR consiste dans un premier temps à tester à Concordia en 2013-2014 et 2014-2015 des choix techniques relatifs à certains éléments de la sonde au coeur des quatre projets sus-cités. L'année 2015-2016 est ensuite dédiée à l'implémentation de la sonde à Concordia même pour mesures sur toute l'épaisseur du glacier, jusqu'à 3260 m de profondeur, et valider la méthode par rapport au forage EPICA déjà réalisé et analysé. La dernière année 2016-2017 visera à implémenter la sonde sur un site du plateau antarctique accessible depuis Concordia et pré-sélectionné par le comité "oldest ice" de l'International Partnerships in Ice Core Sciences (IPICS).

The IPEV SUBGLACIOR project makes the logistical counterpart of the following scientific projects already funded : the European ERC Advanced grant project ICE&LASERS 2012-2017 (coordinator : J. Chappellaz), the French ANR "Blanc" project SUBGLACIOR 2012-2016 (coordinator : O. Alemany), the sponsoring of the BNP Paribas foundation SUBGLACIOR 2011-2013, (coordinator : J. Chappellaz), one of the components of the Equipex project CLIMCOR (coordinator : D.D. Rousseau, INSU/C2FN). These joint projects (or component) aim at building a revolutionary probe to measure as a function of depth, inside the glacier and in real time, the water isotopic composition (climatic signal) and the concentration of greenhouse gases (methane, and eventually carbon dioxide - provided that we handle solubility effects -), without bringing an ice core at the surface. Ultimately, the probe will allow us to rapidly test the pertinence of an Antarctic site for a new deep drilling operation, similar to EPICA, to study the link between climate and greenhouse gases through the main climatic transition of the mid-Pleistocene one million years ago. In addition, the probe will already obtain - within a single field season - the first and most important signals over this period of time. The IPEV SUBGLACIOR project will include in a first step two test campaigns in 2013-2014 and 2014-2015, to evaluate some technical choices currently envisaged for specific components of this probe. In 2015-2016, the full probe will be implemented at Concordia to measure the depth profile of water isotopes and greenhouse gas down to 3260 m of depth, and thus to validate the method against the results already obtained with the EPICA Dome C deep drilling. The last year of the project, 2016-2017, will be dedicated to the implementation of the SUBGLACIOR probe at a site of the East Antarctic plateau which can easily be reached from Concordia. The site will have been pre-selected by the "oldest ice" committee of the International Partnerships in Ice Core Sciences (IPICS).

1120 - MICROMETEORITES

Micrometeorites at Concordia

👤 DUPRAT Jean

🏠 CSNSM-IN2P3 Université Paris Sud

📍 Concordia

The general framework of the present project is the astrophysical context of the solar system formation and its evolution during the first millions of years after the gravitational collapse of the proto-Sun. Most of the constraints we have on this remote period are coming from the study of solar system small bodies (i.e. asteroids, comets) that are undifferentiated. The aim is collect micrometeorites (i.e. interplanetary dust particles) from central Antarctic snow at the vicinity of CONCORDIA Station. The major result of our previous collection program at Dome C (January 2006) was the discovery of a new type of interplanetary dust (i.e. ultracarbonaceous micrometeorites, UCAMMs) of most probable cometary origin (Duprat et al. Science 2010). These particles are very rare and Dome C has unique advantages for their recovery. We propose a 4 years program in order to perform a collection of more than 10 000 micrometeorites including several tens of UCAMMs. The mineralogical, chemical and isotopic study of these exceptional particles will be performed in the framework of a research contract that we recently obtained from the french "Agence Nationale de la Recherche"(ANR).

1143 - APRES3

Antarctic Precipitation : REmote Sensing from Surface and Space

 GENTHON Christophe

 Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement, Grenoble

 Terre Adélie

La région antarctique reste Terra Incognita dans les bases de données mondiales pour ce qui concerne la précipitation. La 1ère climatologie qui ne repose pas sur des résultats de modèles vient d'être publiée (2014). Elle est obtenue par télédétection spatiale radar. Le projet vise le déploiement d'une ou 2 campagnes d'été à la station Dumont d'Urville pour l'étude de la variabilité et de la microphysique des précipitations antarctique en région côtière, ainsi qu'à la calibration et la validation de ces données. Les radars météorologiques de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, des lidars de détection des hydrométéores (suisses et italiens), et le profilage vertical de 70 m du programme CALVA seront mis en œuvre pour ces campagnes de mesures. Il sera particulièrement intéressant d'opérer les radars en surface au moment du passage du satellite, de façon à croiser directement les informations obtenues au sol et dans l'espace.

The antarctic region is still Terra Incognita in the global precipitation databases. The 1st climatology which does not heavily relies on models was recently published (2014). It is obtained from satellite-born radar data. The project is to deploy 1 or 2 summer campaigns at Dumont d'Urville to study the variability and microphysics of Antarctic precipitation in the coastal regions, as well as to calibrate and validate those data. The Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne meteorological radars, hydrometeor detecting lidars (Swiss and Italian), and the 70-m vertical profiling system from the CALVA program will be used during the field campaigns. It will be particularly interesting to operate the surface radars looking upward while the space radar overpasses, in order to directly cross the output from both sides of the atmosphere.

1154 - ASUMA-ITASE

Improving the Accuracy of the SURface Mass balance of Antarctica - International Trans-Antarctic Scientific Expeditions (French contribution)

 FAVIER Vincent

 Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement, Grenoble

 Terre Adélie


Le présent projet IPEV ASUMA-ITASE, vise à définir les besoins et les demandes de soutien logistique dans le cadre du projet ANR-ASUMA (financé pour 2014-2018). Dans ce projet, nous avons proposé de réduire l'incertitude autour de la valeur du bilan de masse de surface (BMS) intégré à l'échelle de l'Antarctique, en comblant le manque d'information disponible sur sa distribution spatiale et sur les processus qui en sont à l'origine dans la zone de transition entre la côte et le plateau central, où de grandes variations de BMS sont observées sur de courtes distances. Pour ce faire, nous avons proposé de a) prélever des carottes de névé qui seront datées par méthode radiochimique, puis analysées avec précision dans le cadre d'études isotopiques et chimiques (aérosols), b) d'interpoler les données de BMS précédemment citées en les analysant à l'aide de mesures obtenues avec un radar de surface (GPR) et en utilisant l'information satellitaire (par ex., les micro-ondes), c) d'effectuer des mesures originales de BMS et des caractéristiques de la neige de surface sur le terrain afin de relier les données de surfaces aux données satellitaires. Le présent projet IPEV ASUMA-ITASE définit les besoins logistiques pour la réalisation de trois campagnes de terrain au cours des étés austraux successifs. Une traverse de grande envergure est prévue pour l'été 2016-17. La demande de soutien logistique reliée à cette traverse de grande envergure constitue la demande principale de ce projet. Elle sera précisée dans la réponse à l'appel d'offre pour la campagne de 2016-17. En raison de la distance à parcourir lors de cette traverse, les moyens logistiques propres à la réalisation de traverses scientifiques (tracteurs et caravanes) acquis dans le cadre de l'ANR VANISH et de l'EQUIPEX CLIMCOR seront utilisés. La demande concernera également le transport des échantillons de névé et de glace recueillies sur le terrain pour leur acheminement à Dôme C ou en France. Deux petites campagnes expérimentales sont aussi prévues dans les 50 premiers kilomètres depuis la côte en 2015-16 et en 2017-18 afin d'étudier les zones de fonte.

The present IPEV ASUMA-ITASE project, aims to define the logistical needs and requests in the framework of the ANR-ASUMA project (funded for 2014-2018). In this ANR project, we proposed to assess the integrated SMB value over Antarctica, by filling the gap that exists in the coast to central plateau transition zone, where large variations of SMB are observed within small distances. For this task, we will a) collect firn cores which will be dated using radiochemistry analyses and accurately analyzed for water isotopes and chemistry studies b) Interpolate SMB data with ground penetrating radar and satellite data, c) perform original field measurements of SMB and snow physics and robustly link them to satellite data. The present IPEV ASUMA-ITASE project will define the needs for three field trips planned during successive austral summers. Two small scale field trips are planned in the first 50 km from the coast to study melting areas in 2015-16 and 2017-18, and a long distance traverse is proposed for the 2016-17 summer. The main demand will address the long distance traverse, for which the use of IPEV's logistical supply for scientific expeditions acquired during the ANR-VANISH program (tractors and caravans) and by the EQUIPEX CLIMCOR program is required. The request also concerns the transport of snow and firn and ice samples collected in the field for their analysis in France and at Dome C.

1153 - LOCK-IN

Understanding gas trapping in the LOCK-IN zone at a 4-5 cm/yr accumulation rate site

 MARTINERIE Patricia

 Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement, Grenoble

 Terre Adélie, Concordia

A strong change in the behaviour of gas transport in firn occurs between sites with about 7 cm water equivalent / yr accumulation rates (such as South Pole or EPICA DML), where gas ages in the open pores reach a century in the deep firn, and sites with about 2-3 cm / yr accumulation rate (such as Concordia or Vostok), where gas ages are much lower: a few decades. Moreover, the snow accumulation rate controls the time spent by a firn layer in the bubble closure zone (or lock-in zone); this time scale has a direct effect on the smoothing in ice core records of rapid changes of trace gas concentrations in the atmosphere. With this project we aim at documenting for the first time an intermediate snow accumulation rate site: 4-5 cm water equivalent / yr, using the most comprehensive physical approach of this medium. Such a site is available along the axis of the logistic traverse between Dumont d'Urville and Dome Concordia. A ~150 m drill will be performed together with a firn air pumping operation. In order to optimally valorize this operation, short term variability of beryllium-10, water isotopes, and organic compounds will also be studied on shallow (1-1.5 m) pit and shallow core (5 m) samples.

©Thibaut Vergoz

Institut polaire français



Antarctique -Subantarctique :

sciences du vivant

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 quatre 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 four 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.

©Laurent Ballesta

Wild touch - Institut polaire français

119 - ECONERGIE

Adaptations énergétiques aux contraintes nutritionnelles et environnementales chez le manchot royal

👤 ROBIN Jean-Patrice

🏠 Département d'Ecologie, Physiologie et Ethologie, Strasbourg

📍 Crozet

Ce programme de recherche est consacré à l'étude des adaptations physiologiques et énergétiques, mais aussi aux compromis évolutifs qui sont associées à la biologie si particulière des manchots royaux (*Aptenodytes patagonicus*, poussins et adultes) durant leur vie à terre. Celle-ci est caractérisée par une période de croissance exceptionnellement longue interrompue par un jeûne hivernal partiel chez les poussins, et par un long jeûne total chez les adultes pendant leur cycle reproducteur ou la mue.

*This research program is devoted to the study of the physiological, energetic and evolutive aspects of the so-particular adaptations exhibited by adults and king penguin chicks (*Aptenodytes patagonicus*) to their ashore living stages. These are characterized either in chicks by their extraordinary long growth period and the irregular feeding rates during the winter or in adults by their long-term fast during reproduction or molting.*

131 - PHYSIONERGIE

Energetic challenges in penguins : Physiological, Bioenergetics and Molecular Adjustments

👤 ROUSSEL Damien

🏠 Université Claude Bernard, Laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Naturels et Anthropisés, CNRS, UMR 5023 , Lyon

📍 Crozet

Ce programme de recherche cherche à décrypter les mécanismes moléculaires et cellulaires impliqués dans les ajustements physiologiques et énergétiques développés par les manchots royaux et Adélie (poussins, juvéniles, adultes) pour surmonter les défis énergétiques associés à leur biologie si particulière. Une croissance rapide ou un jeûne prolongé dans un environnement froid; un jeûne total pendant la mue; le passage de la vie terrestre à la vie marine et le maintien d'un signal visuel honnête constituent en effet des coûts et des contraintes énergétiques majeures pour un endotherme.

*This research program is devoted to the study of the physiological, bioenergetics and molecular adjustments that sub-Antarctic and Antarctic penguin chicks and juveniles (*Aptenodytes patagonicus* and *Pygoscelis adeliae*) develop to overcome energetic challenges imposed by their ashore and sea living stages. These challenges are characterized by short growth period in cold environment, long-term fast during winter or moulting, the passage from shore to marine life to reach nutritional emancipation, the production of visual cues as an indicator to partners of individuals «quality» on vital aspects of organismic function. Penguin is an extraordinary model to study on the same specie several bioenergetics trade-off between expansive energy consuming processes (endurance, thermoregulation, protein synthesis, ornamental colors) and limited environmental resources (oxygen during dives, nutriment while fasting during winter or molt, carotenoids).*



136 - SUBANTECO

Changements climatiques, actions anthropiques et biodiversité des écosystèmes terrestres subantarctiques

👤 RENAULT David

🏠 Université de Rennes 1, Observatoire de Rennes OSUR, CNRS, UMR 6553 ECOBIO, Rennes

📍 Crozet, Kerguelen

Au niveau de la ceinture latitudinale entre 45 et 54 ° S, l'océan Austral comporte un certain nombre d'îles, presque toutes d'origine volcanique. Ces îles subantarctiques, géographiquement isolées des continents, se caractérisent par la présence d'une faible biodiversité de plantes et d'invertébrés, dont la redondance fonctionnelle apparaît très réduite voire absente dans le cas de certains taxons et/ou groupes trophiques. Dans ce projet, nous proposons de poursuivre nos recherches portant sur la biodiversité terrestre (faune et flore) dans les îles subantarctiques françaises, en prenant également en compte les facteurs environnementaux qui régissent la répartition géographique des espèces animales et végétales. Nous étudierons les compromis existant entre les différents traits biologiques lors d'épisodes de dispersion chez les organismes invertébrés, avec une attention particulière sur l'allocation des besoins vers les traits liés à la reproduction versus ceux liés à la dispersion. Enfin, sur la base de nos travaux précédents, nous poursuivrons les recherches portant sur les interactions entre les espèces natives et introduites et sur les effets des changements climatiques sur les espèces natives des îles subantarctiques.

Within the latitudinal belt 45-54°S, the Southern Ocean contains a number of dots of land, almost all of which are volcanic in origin. These subantarctic islands are remote, and host low plant and invertebrate diversities. These fascinating islands are characterized by impoverished terrestrial ecosystems with highly reduced or absent functional redundancy. In the present project, we propose to continue our comprehensive study of the terrestrial biodiversity (fauna and flora) in the French subantarctic islands and the environmental factors shaping the geographical repartition of the species. The dispersal-related trade-offs in invertebrate species and the cost-driven trade-off between reproduction and dispersion in invertebrate species will be considered. In addition, based on our previous work, we will address the interactions between alien and native species and study the effects of climate change on the original subantarctic biotas.

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

👤 BLANC Stephane

🏠 Département Ecologie, Physiologie et Ethologie, Strasbourg

📍 Terre Adélie, Crozet

L'objectif est d'évaluer les capacités d'adaptation des manchots aux changements globaux à travers l'étude des mécanismes fonctionnels et des processus microévolutifs. L'exceptionnelle base de données sans le biais du baguage va permettre d'étudier les liens entre la variabilité environnementale (climatique et trophique) et la survie, la phénologie et les performances reproductrices et de recherche alimentaire des différentes cohortes de manchots, selon leur âge, leur statut, leur expérience ou d'autres traits phénotypiques (morphologiques, physiologiques et comportementaux ; traits dont la plasticité et l'héritabilité seront étudiées). Ce programme étudie aussi la structuration spatiale des colonies en fonction des différentes contraintes (parasitisme, prédation, conditions météorologiques locales, etc.) grâce à des robots et des caméras, ainsi que la structuration, la diversité et les flux génétiques entre les colonies et archipels. Enfin, il est mené une analyse prospective des tendances démographiques des populations en fonction des scénarios climatiques.

The objective is to evaluate the capacity of populations of penguins to adapt to global changes through the study of functional mechanisms and microevolutionary processes. The unique database, without the biasing effects of flipper bands, will allow us to study the impacts of environmental variability (climatic and trophic) on survival, the phenology of reproductive performance, and the foraging patterns of different penguin cohorts, accounting for their age, status, experience, and other phenotypic traits (morphological, physiological, and behavioural; traits whose plasticity and heritability will be considered). This program will also study the spatial structuration of colonies and the function of different constraints (parasitism, predation, meteorological conditions, location, etc.) with the use of robotic buggies and automated camera systems, as well as the structuration, the diversity, and the genetic variability between colonies within and between archipelagos. Finally, it's will conduct a prospective analysis of the populations changes based on climate scenarios.



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

The objective is to understand various aspects concerning the integration of cats into the ecosystem of Kerguelen. 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 on 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

Depuis toujours l'homme a observé les animaux car sa survie dépendait de la connaissance de leur comportement. Aujourd'hui, l'étude comportementale d'espèces protégées aide les conservacionnistes à réduire les dégâts involontaires causés aux espèces ainsi qu'à limiter la perte de temps et d'argent due à la mise en œuvre de plans de conservation mal adaptés. Notre projet ETHOTAAF se propose d'étudier les signaux et les indices qui arrivent à un individu receveur et qui en modifient le comportement, les premiers (signaux) provenant d'autres individus dans le cadre de la formation des couples (sélection sexuelle), les deuxièmes (indices) provenant de l'environnement dans le cadre de la navigation. Nous nous proposons d'étudier essentiellement les pétrels nichant sous terre dans des terriers et les manchots royaux, en abordant séparément ou en synergie différentes modalités sensorielles (olfaction, audition, vision). L'originalité de notre projet réside dans le fait que les modalités sensorielles impliquées dans la perception des signaux et indices externes sont souvent les mêmes et leur étude dans un contexte (par exemple la sélection sexuelle) suggère la solution originale utilisée par une espèce donnée dans l'autre contexte (par exemple la navigation) et vice-versa.

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: Olfactory cues (function in individual recognition, mate choice, and orientation in petrels, and albatrosses; function in orientation in penguins). Visual cues (function in mate choice and orientation in penguins). 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
📍 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 trois dimensions de l'océan par suivi téléométrique, 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 three localities (Crozet and Kerguelen: Polar Frontal Zone) and Adelie Land (Antarctic).

1037 - HENERGES

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

👤 GILBERT Caroline

🏠 EnvA - Ecole nationale Vétérinaire d'Alfort, Maisons-Alfort
📍 Kerguelen

Les éléphants de mer austraux (*Mirounga leonina*) sont confrontés à des périodes contrastées en terme de balance énergétique. Ils alternent en effet des périodes de recherche alimentaire en mer, pendant lesquelles ils restaurent leurs réserves énergétiques, avec des périodes de jeûne à terre, sur la colonie où ils viennent se reproduire ou muer. Lors de la mue, une phase coûteuse en énergie, les éléphants de mer sont observés en groupes, les individus étant plus ou moins agrégés densément selon les conditions climatiques locales. Le comportement de thermorégulation sociale est une stratégie d'économie d'énergie largement utilisée dans le monde animal, par les oiseaux comme les mammifères confrontés à de fortes dépenses énergétiques. Cependant, ce comportement et les bénéfices associés n'ont encore jamais été étudiés chez les éléphants de mer. Nous supposons que les adaptations comportementales et physiologiques liées aux agrégations plus ou moins denses des éléphants de mer au cours de leur mue pourraient être influencées par leur condition corporelle ainsi que les contraintes climatiques. Les agrégations pourraient ainsi permettre aux individus de minimiser le temps passé à terre à jeûner, nécessaire au renouvellement de leur peau et fourrure lors de leur mue. Plus précisément, nos principaux objectifs sont de déterminer comment se comportent les éléphants de mer pendant la mue (regroupement, posture, sites d'échouage, déplacements, etc.) et de déterminer comment ils font face à ce stress énergétique (la composition corporelle, température corporelle) en fonction des conditions climatiques environnementales. Cette étude nous permettra ainsi de mieux comprendre comment et à quel point les organismes sont capables de s'adapter face à un environnement changeant dans le contexte des changements climatiques actuels

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

1041 - SALMEVOL

Evolutionary ecology of salmonids colonization of the Kerguelen Is.

👤 GAUDIN Philippe
🏠 UMR ECOBIOP
📍 Kerguelen

Les recherches réalisées dans le projet SALMEVOL portent sur l'écologie évolutive des salmonidés, dans le contexte particulier de la réussite de la colonisation des îles Kerguelen par certaines des espèces qui y ont été introduites il y a 60 ans. La truite est la seule espèce qui ait réussi à coloniser la quasi-totalité des bassins versants de la moitié Est de l'île. L'expérience à grande échelle qui a été initiée par ces introductions est d'un intérêt majeur, dans un contexte de réchauffement global et de recul très rapide des glaciers dans cette région subantarctique. Les formidables base de données et d'échantillons recueillis de 1954 à nos jours, associées à notre expertise multidisciplinaire, nous permettent d'explorer quelques-unes des grandes questions portant sur le succès des invasions biologiques, l'évolution et l'adaptation des espèces et leurs relations avec les changements rapides de leur environnement.

Research conducted in the SALMEVOL project focuses on the evolutionary ecology of salmonids in the specific context of the successful colonization of the Kerguelen Is by some of the species that have been introduced 60 years ago. Trout is the only species that has successfully colonize almost all watersheds of the eastern half of the main island. The large-scale experiment that was initiated by these introductions is of major interest in the context of global warming and very fast glacier retreat in the sub-Antarctic region. The tremendous database and samples collected from 1954 to the present, together with our multidisciplinary expertise, allow us to explore some of the major issues concerning the success of biological invasions, the evolution and adaptation of species and their relationships with the rapid change in their environment.

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

Dans le contexte actuel de changements climatiques, des variations du niveau marin et de la biodiversité, en particulier benthique, (disparition d'espèces, changements d'aires de répartition, remplacements, espèces "exotiques" et envahissantes) affecteront les îles australes, particulièrement en milieu côtier. Les sites explorés au cours de campagnes hauturières ou en plongée autour de Kerguelen, ayant donné lieu à des récoltes et des travaux de recherche seront revisités au cours de nouvelles campagnes de La Curieuse. Les observations et le dépouillement de ces récoltes seront comparées avec ceux effectués depuis les années 70. Toutes les données, anciennes et nouvelles, seront saisies dans des bases existantes ou compatibles, associées à un SIG. Certaines espèces dont la structure génétique est connue seront choisies pour un suivi génétique et la détermination de zones sensibles. L'ensemble apportera les bases scientifiques à la détermination de zones à protéger (lieu, surface et distances optimum entre les zones) et à gérer. *In the current context of climate changes, variations of the sea level and of marine biodiversity [particularly benthic], (extinction, shifts, replacements, "exotic" and invading species) will affect the Southern Islands, particularly in coastal waters. Sites explored during past ocean cruises or by diving around Kerguelen, having given place to collections and research tasks, will be revisited during cruises of "La Curieuse". The observations and the examination of these new collections will be compared with those carried out since the Seventies. All the data, old and new, will be captured in existing or compatible databases associated with a GIS. Certain species of which the genetic structure is known will be selected for a genetic monitoring and the determination of sensitive areas. The whole will bring the scientific bases to the determination of zones to be protected (site, area and optimum distances between the protected zones) and managed.*

1091 - L'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 éco-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 la disponibilité des ressources marines et de 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 écophysiologie, incluant les analyses fractales, les mesures hormonales (corticotérostérol et prolactine) 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 the availability of their main prey, 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:

l'AMMER could represent the first French observatory dedicated to the monitoring of at-sea foraging performances of a polar top predator; - 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).

1102 - POLARIS

Adaptive polymorphism, climate warning, and resilience of Antarctic annelid species

👤 HOURDEZ Stéphane

🏠 Station Biologique de Roscoff, UMR7144 Equipe Génétique de l'Adaptation aux Milieux Extrêmes, Roscoff

📍 Terre Adélie

Le programme de recherche a pour but de comprendre l'effet de températures très stables sur le processus de sélection et son effet sur le polymorphisme adaptatif intrapopulationnel. Il sera développé sur trois campagnes à Dumont d'Urville. La première année, nous échantillonnerons des populations de deux groupes d'espèces proches pour deux familles d'annélides (total de quatre espèces) et évaluerons le niveau de polymorphisme de chaque espèce. La seconde et troisième année seront dédiées à une approche expérimentale qui permettra de déterminer si certains allèles (ou niveau de polymorphisme) sont associés à une meilleure survie d'une espèce au réchauffement : la TL50 sera déterminée, comparée, et les génotypes déterminés pour les animaux de part et d'autre de la TL50. Des expériences similaires seront menées sur des espèces proches de celles de l'Antarctique mais dans une zone tempérée (Roscoff) pour une comparaison avec un régime fluctuant de températures.

Le génotypage reposera sur une approche RAD-Tag : des amorces marquées pour chaque individu seront utilisées pour amplifier les ADNc (ou l'ADN génomique si les introns sont courts) et les fragments marqués résultant seront séquencés par 454. Le régime de sélection sera déterminé pour chaque gène étudié par des approches de coalescence et les tests sous-jascents utilisés en génétique des populations (Tajima, HKA, MK).

The research program is aimed at understanding the effect of very stable temperatures on the selection process and its effect on the resulting intra-population adaptive polymorphism. It will be developed over three campaigns at Dumont d'Urville. The first year, we will sample populations of two sets of closely related species for two different families of polychaetes (total of four species) and evaluate the level of polymorphism for each. The second and third year will be dedicated to an experimental approach that will determine whether some alleles (or levels of polymorphism) are associated with better survival of a species to warming: TL50 will be determined, compared, and genotypes determined for the animals on either side of the TL50. Similar experiments will be carried out on populations of species close to the Antarctic ones in a temperate area (Roscoff) for comparison with a fluctuating regime of temperatures.

Genotyping will use a RAD-Tag approach: primers tagged for each individual specimen will be used to amplify the cDNA (or genomic DNA if introns are short) and the resulting tagged fragments will be used for 454 pyrosequencing. The selection regime will be evaluated for each studied gene using coalescence approaches and the underlying tests (Tajima, HKA, MK) used in population genetics.



1116 - PLANTEVOL

Plant biodiversity in subantarctic islands: evolution, past, and future, in changing environments

👤 HENNION Françoise

🏠 Université de Rennes, UMR Ecobio

📍 Crozet, Kerguelen

Le changement climatique actuel en région subantarctique a déjà un impact marqué sur les environnements de ces îles. Dans un objectif de conservation, il nous faut très fortement améliorer notre connaissance de la biologie des espèces végétales uniques de cette région afin d'évaluer leur potentiel à répondre au long terme à ces changements. Notre programme combinera des études macro- et microévolutives pour examiner les origines et l'évolution des plantes et des flores subantarctiques ainsi que le potentiel des espèces contemporaines à s'adapter aux changements climatiques actuels et futurs. Nous proposons une recherche interdisciplinaire impliquant la phylogénie, la transcriptomique, la cytogénétique et des analyses de la variation des traits le long de gradients abiotiques et biotiques. Cette approche combinée inédite permettra une compréhension fine de la capacité d'un changement de l'environnement à façonner la diversité végétale à travers une gamme d'échelles temporelles et géographiques.

Contemporary climate change is already having a marked impact on sub-Antarctic environments. If we are to conserve the unique plants of this region we need to better understand their potential to respond to these long-term changes. Our programme takes a two-part approach combining macro- and micro-evolutionary studies to examine the origins and evolution of sub-Antarctic island plants and floras as well as how contemporary species interact with their environment. We propose interdisciplinary studies involving phylogenetics, cytogenetics, transcriptomics and analyses of trait variation across abiotic and biotic gradients. Combining insights into the history and current status of these plants will provide an unparalleled perspective on the potential for environmental change to shape plant diversity across a range of temporal and geographic scales.

©Vincent Munier

Wild touch - Institut polaire français



1124 - REVOLTA

Ressources Ecologiques et Valorisation par un Observatoire à Long terme en Terre Adélie

👤 ELEAUME Marc

🏠 Muséum National d'Histoire Naturelle, UMR 7208 BOREA (Biologie des Organismes et Ecosystèmes Aquatiques), MNHN, CNRS, IRD, PARIS VI, Paris

📍 Terre Adélie

L'océan Austral a une influence majeure sur la circulation océanique globale et sur le climat de notre planète. Cet océan se caractérise par une faune unique dominée par les organismes filtreurs, abondante et diversifiée. Cette faune présente un fort taux d'endémisme lié à l'isolement du plateau continental antarctique, ses courants de surface circum-antarctiques, et le gigantesque glacier couvrant le continent, le plus grand réservoir d'eau douce au monde jouant localement un rôle tampon thermique, le tout mis en place depuis environ 40 millions d'années. Les retraits et avancées du glacier, répétés lors des récentes glaciations, ont conduit dans certains groupes à des différenciations rapides accompagnées d'adaptations morphologiques ou physiologiques particulières. Certains organismes, notamment les poissons téléostéens, poikilothermes et non iso-osmotiques à l'eau de mer, ont développé des caractéristiques physiologiques adaptées aux conditions extrêmes, notamment leurs fameuses glycoprotéines anti-gel dans le sang. À cause du rôle prépondérant de régulateur climatique de l'océan Austral, les changements climatiques en Antarctique auront une forte influence non seulement sur le climat mondial mais auront également un impact direct sur la résilience de la faune aux perturbations. La zone Est Antarctique est peu affectée par les effets des changements globaux et les effets anthropiques. La biodiversité de la faune de cette région est exceptionnellement élevée par comparaison à la faune arctique et les assemblages fauniques décrits font de cette zone un ensemble d'écosystèmes uniques au monde. Ce secteur est propice pour établir un point de référence afin de mesurer et de suivre sur le long terme des paramètres biotiques et abiotiques qui permettront d'estimer la variabilité d'un écosystème en situation de normalité. Les données obtenues seront une aide indispensable pour la gestion d'aires marines protégées.

The Southern Ocean has a major influence on the ocean dynamics and climate worldwide. The Southern Ocean is characterised by its unique macrofauna dominated by abundant, diversified filtering organisms. Endemicity is very high due to the shelf isolation, circum-antarctic surface currents and thick ice coverage which onsets must have occurred some 40 mya. Recent past repeated ice advances and retreats promoted rapid speciations in some benthic groups, along with morphological adaptations. Some groups, like the poikilotherm, not iso-osmotic to seawater teleosts, developed in Antarctica physiological adaptations like antifreeze glycoproteins in their blood and gut. Climatic changes in Antarctica will likely have a strong effect of the climate worldwide because of the regulatory role of the Southern Ocean. But it will surely have a role in benthic faunal changes because many species are presently stenotherm. For the moment Eastern Antarctica is poorly affected by climate change and human activities. Biodiversity is exceptionally high there comparing with arctic benthic fauna and the faunal assemblages described to date make this area a really unique patchwork of ecosystems. This area is therefore appropriate to establish a spot of reference to measure the biotic and abiotic parameters on the long run, which will allow to measure the structure and variability of an ecosystem in « normal » situations. The data that will be obtained will be of great importance for managing protected marine areas.

1142 - ICO²TAKS

Integrated Coastal Ocean Observations in Terre Adélie, Kerguelen and other sectors of the Southern Ocean

👤 KOUBBI Philippe

🏠 Muséum National d'Histoire Naturelle

📍 Terre Adélie, Kerguelen

The motivation of the ICO²TAKs project is to gather spatial and long-term information on the composition of the marine biota in various sectors of the Southern Ocean through a multidisciplinary effort. The main aims will be to complete the ecoregionalisation of these areas (plankton and fish), to study the pelagic trophic food web and to determine which indicators should be monitored to assess changes in relation to environmental forcing. Three areas are proposed to be studied (1) The continental shelf of the Dumont d'Urville Sea in East Antarctica, an area investigated by our previous projects, (2) the coastal subantarctic zone of the Kerguelen islands and (3) the Scotia Sea Peninsula region that will be studied each austral winter thanks to the invitation of the US-AMLR programme (Antarctic Marine Living Resources) of NOAA. Summer surveys will alternate between the Dumont d'Urville Sea and the coastal Kerguelen area.

1151 - ECOPATH

Ressources Ecologiques et Valorisation par un Observatoire à Long terme en Terre Adélie

👤 BOULINIER Thierry

🏠 Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive, Tromsø

📍 St Paul, Kerguelen, Crozet, Amsterdam

Describing and understanding factors affecting the distribution and circulation of infectious agents in animal populations is important for basic and applied reasons. Populations of wild vertebrates living in southern polar areas are increasingly the subject of threats from infectious diseases, which can add to other environmental threats, and it is becoming critical to establish baseline data and sound understanding of the dynamics of host-parasite interactions in these systems. In some instance, such information can have clear potential management implications. Populations of vertebrates breeding in colonies are especially important to study in those respects because they are distributed in very discrete units among and within which the transmission of infectious agents can be affected by various processes and can lead to disease outbreaks than can affect hundreds to thousands of individuals at the same time. In this project, we plan to explore how large scale dispersal processes and more local interactions between hosts and parasites can affect the dynamics of circulation of infectious agents and the occurrence of possible outbreaks. In order to do so, we will combine complementary methodological approaches from different fields, involving notably laboratory analyses of biological samples gathered in the field on identified individuals, the implementation of specific field experiments and the parallel development of a modelling approach. Modern molecular techniques as well as tracking devices will be used to address specific questions. The project will also rely on the existing set of long-term IPEV research programs conducted on various key sites. The work will be conducted in tight coordination with the TAAF Nature Reserve. A specific focus will be developed on infectious agents potentially responsible for large outbreaks, such as avian cholera, as well as on seabird ticks and tick-borne disease agents. Field work is planned to be conducted on the three districts of the French sub-Antarctic islands (Amsterdam, Kerguelen and Crozet) in order to address issues at local but also broad spatial scales.

Adaptation des personnels aux missions antarctiques

1117 - SICKVEST

Seasickness on L'Astrolabe : Characterization and evaluation of pharmacological countermeasures during turnaround missions.

👤 BESNARD Stéphane

🏠 Université Hospital de Caen, INSERM U 1075, Caen

📍 Terre Adélie sur l'Astrolabe

Environ 80% des personnes embarquées lors des missions de rotation du bateau L'Astrolabe souffre d'un syndrome de mal des transports avec parfois un risque de déshydratation très important. Notre unité spécialisée dans l'étude fondamentale du système vestibulaire (oreille interne), organe sensoriel à la base du conflit visuo-vestibulaire induisant ce syndrome, assure également le support médical des vols paraboliques (vol reproduisant l'apesanteur) où ce syndrome est également fortement présent. L'Astrolabe étant par voie de conséquence un stimulus fort et reproductible dans le déclenchement du mal de mer, notre objectif est de caractériser les critères déclencheurs les plus importants (profil psychologique, types de mouvement du bateau) et de comparer quatre protocoles de traitement du mal des transports (un protocole par an) avec une évaluation et un suivi médical lors de chaque rotation de L'Astrolabe. Ce travail sera réalisé en collaboration entre l'INSERM U 1075 (France) et le laboratoire de recherche militaire VIPER (Ecole Royale Militaire, Belgique) spécialisé dans les environnements extrêmes.

Motion sickness is present in about 80% of the passengers during missions on-board the Astrolabe with sometimes a very significant risk of dehydration. Our unit specializes in the fundamental study of the vestibular system (inner ear), the sensory organ responsible of visual-vestibular conflict inducing this syndrome, and also provides medical support in parabolic flights (flight reproducing weightlessness) where this syndrome is also strongly present. Since the Astrolabe is a strong and reproducible stimulus triggering seasickness, we would like to characterize the strongest component of the elicitation of motion sickness (psychological component, types of boat movements) and to test 4 protocols of treatment of motion sickness with medical supervision (1 protocol per year), during turnaround missions of the Astrolabe. This work will be conducted in collaboration with the unit INSERM U 1075 (France) and the military research laboratory VIPER (Royal Military Academy, Belgium) specialized in extreme environments.

1128 - TICTAL

Time-constrained transmission and learning during turnover in Terre Adélie

👤 VILLEMMAIN Aude

🏠 CNAM, Paris

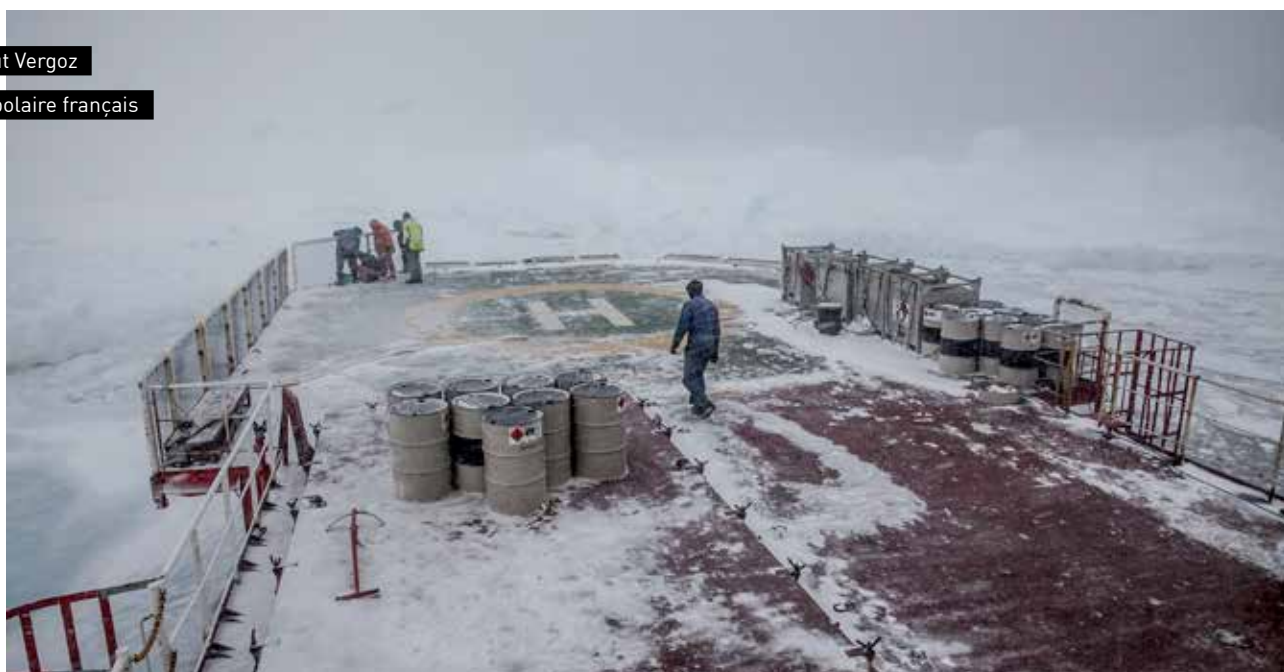
📍 Dumont d'Urville

La relève de poste à la Base Dumont d'Urville constitue un moment de transition incontournable pour le bon fonctionnement de la base. Cette relève présente plusieurs spécificités au regard des relèves d'autres domaines étudiés en ergonomie (hôpital, industrie). Une des caractéristiques majeurs est que cette relève qui s'effectue sous contrainte de temps est essentiellement formative. Le programme vise à comprendre les conditions permettant d'optimiser la phase de relève de poste de sorte qu'elle permette l'apprentissage et le développement de nouvelles compétences via la transmission de l'expérience de l'hivernant sortant.

The way in which the personnel shift at the Dumont d'Urville base is conducted is critical for an effective and safe functioning of the base. This transition phase has several distinctive features as compared to other situations studied in ergonomics (e.g. hospital, industry). A major feature is that the turnover, which is performed under severe time constraints, is essentially formative. The program aims to understand the conditions for optimizing the personnel shift so that it allows the new personnel to learn and develop new skills during the transmission of experience of the past personnel.

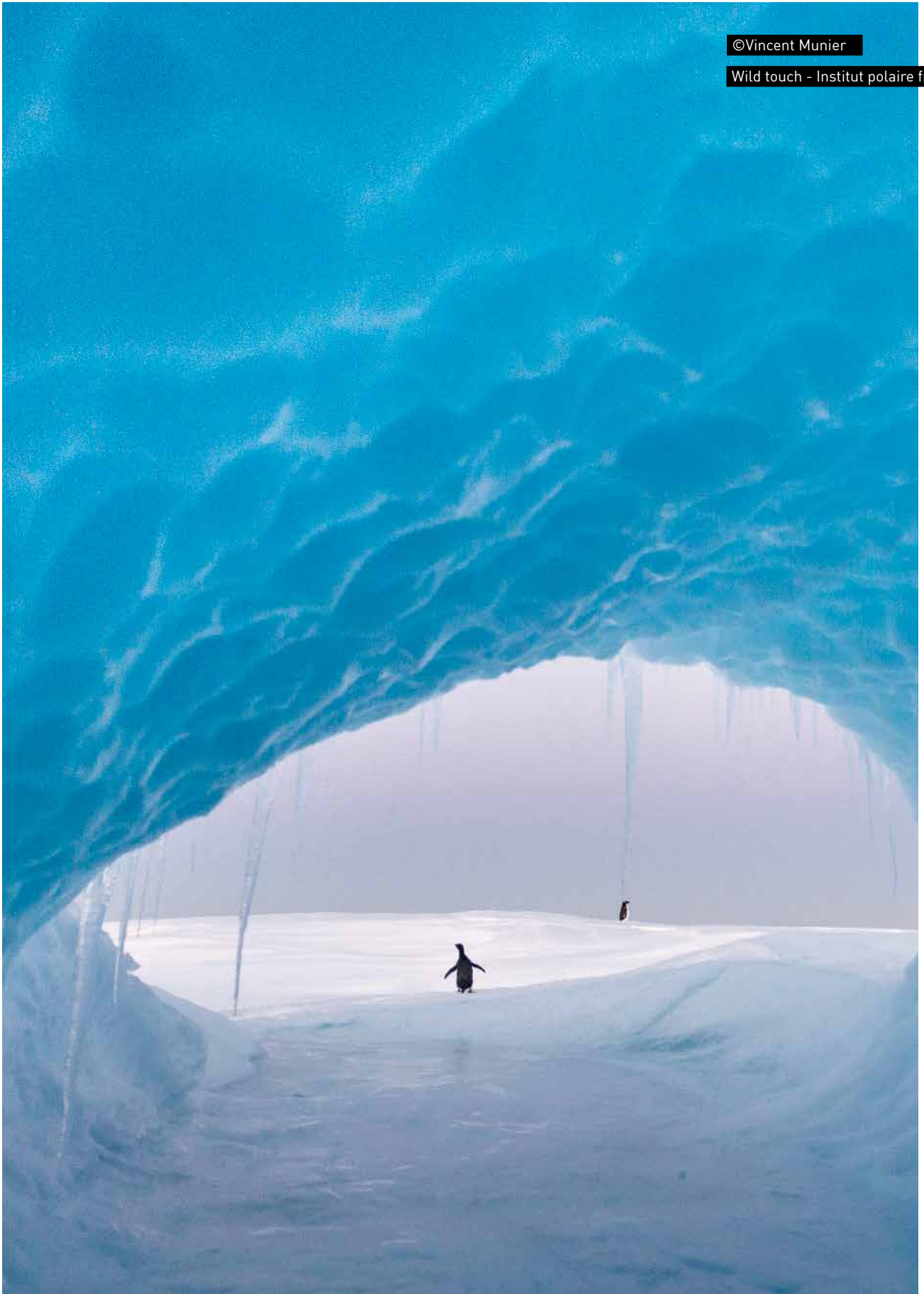
©Thibaut Vergoz

Institut polaire français



©Vincent Munier

Wild touch - Institut polaire français



Responsables de programmes

BABIN MARCEL

Laboratoire international Takuvik
✉ Marcel.Babin@takuvik.ulaval.ca

BESNARD STÉPHANE

Université de Caen
✉ besnard-s@phycog.org

BLANC STÉPHANE

Institut Pluridisciplinaire Hubert Curien
Département Écologie,
Physiologie et Ethologie
✉ stephane.blanc@iphc.cnrs.fr

BLANGY SYLVIE

CNRS / UMR 5175
✉ sblangy@gmail.com

BONADONNA FRANCESCO

Centre d'Écologie
Fonctionnelle et Évolutive
✉ francesco.bonadonna@cefe.cnrs.fr

BOLLACHE LOÏC

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

BOST CHARLES-ANDRÉ

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

BOULINIER THIERRY

Centre d'Écologie Fonctionnelle
et Évolutive - Département
Biologie des Populations
✉ thierry.boulinier@cefe.cnrs.fr

CHADID MERIEME

Université de Nice
✉ chadid@unice.fr

CHAMBODUT AUDE

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

CHAPPELLAZ JÉRÔME

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

CHASTEL OLIVIER

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

CRUBEZY ERIC

Laboratoire AMIS / FRE 2960
✉ crubezy.eric@free.fr

DELMOTTE MARC

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

DE VLEECHOUWER FRANÇOIS

EcoLab - Laboratoire Écologie
Fonctionnelle et Environnement
✉ francois.devleeschouwer@ensat.fr

DOMINE FLORENT

Unité Mixte Internationale Takuvik
✉ florent.domine@takuvik.ulaval.ca

DOMMERGUE AURÉLIEN

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

DUPRAT JEAN

CSNSM-IN2P3 Université Paris Sud
✉ Jean.Duprat@csnsm.in2p3.fr

ELEAUME MARC

UMR 7208 / BOREA / MNHN /
CNRS / IRD / PARIS VI
✉ eleaume@mnhn.fr

FAÏN XAVIER

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

FAVIER VINCENT

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

FERAL JEAN-PIERRE

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

FERRET CAROLE

Laboratoire d'anthropologie sociale, Paris
✉ carole.ferret@college-de-france.fr

GATTACCECA JEROME

CEREGE, Aix en provence
✉ gattacceca@cerège.fr

GATTUSO JEAN-PIERRE

Laboratoire d'Océanographie de
Villefranche
✉ gattuso@obs-vlfr.fr

GENTHON CHRISTOPHE

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

GILBERT CAROLINE

IPHC / UMR 7178 / CNRS / Uds
✉ caroline.gilbert@scbiol.uhp-nancy.fr

GREMILLET DAVID

Centre d'Écologie Fonctionnelle
et Évolutive - Équipe Écologie
Spatiale des Populations
✉ david.gremillet@cefe.cnrs.fr

HERTZOG ALBERT

Laboratoire de météorologie
dynamique, École Polytechnique
✉ albert.hertzog@lmd.polytechnique.fr

HENNION FRANCOISE

UMR ECOBIO - Université de Rennes 1
✉ francoise.hennion@univ-rennes1.fr

HOURDEZ STÉPHANE

Génétique de l'Adaptation
en Milieux Extrêmes
✉ hourdez@sb-roscoff.fr

HUBERT GUILLAUME

ONERA DESP
✉ guillaume.hubert@onera.fr

JUMELET JULIEN

LATMOS / IPSL / UMR 8190
✉ Julien.Jumelet@latmos.ipsl.fr

KERHERVE PHILIPPE

CEFREM UMR CNRS 5110,
Université de Perpignan
✉ kerherve@univ-perp.fr

KLEIN KARL-LUDWIG

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

KOUBBI PHILIPPE

Muséum National d'Histoire Naturelle
✉ philippe.koubbi@upmc.fr

LE MEUR EMMANUEL

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

LAMBERT JEAN-LUC

GSRL-CNRS, UMR 8582
✉ jeanluc.lambert@ymail.com

LAVRILLIER ALEXANDRA

Laboratoire CEARC, Université de
Versailles, Saint Quentin en Yvelines
✉ alexandra.lavrillier@uvsq.fr

LEGRAND MICHEL

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

LILENSTEN JEAN

Laboratoire de Glaciologie
et Géophysique de l'Environnement
✉ jean.lilensten@obs.ujf-grenoble.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@cnrs-orleans.fr

MARGUERIE DOMINIQUE

Laboratoire Archéosciences,
Université de Rennes 1
✉ dominique.marguerie@univ-rennes1.fr

MARLIN CHRISTELLE

UMR IDES 8148 CNRS /
Université Paris-Sud 11
✉ christelle.marlin@u-psud.fr

MARTINERIE PATRICIA

Laboratoire de Glaciologie et Géophysique
de l'Environnement, Grenoble
✉ patricia@lgge.obs.ujf-grenoble.fr

MASSON-DELMOTTE VALÉRIE

Laboratoire des Sciences du Climat
et de l'Environnement (CEA-CNRS-UVSQ)
Institut Pierre Simon Laplace
✉ valerie.masson@lsce.ipsl.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

RENAULT DAVID

UMR CNRS 6553 / ECOBIO
✉ david.renault@univ-rennes1.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
✉ catritz@lgge.obs.ujf-grenoble.fr

ROBIN JEAN-PATRICE

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

ROGISTER YVES

UMR 7516 Institut de Physique
du Globe de Strasbourg
✉ Yves.Rogister@unistra.fr

ROPERT-COUDERT YAN

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

ROUSSEL DAMIEN

Laboratoire d'Ecologie des
Hydrosystèmes Naturels et Anthropisés
✉ droussel@univ-lyon1.fr

SAVARINO JOËL

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

STÉPANOFF CHARLES

Ecole pratique des hautes études,
laboratoire d'anthropologie sociale
✉ charles.stepanoff@dephe.sorbonne.fr

TESTUT LAURENT

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

TOLLE FLORIAN

Université de Franche-Comté
✉ florian.tolle@univ-fcomte.fr

VATÉ VIRGINIE

CNRS, Groupe Sociétés, Religions, Laïcités
✉ virginie.vate@gsrl.cnrs.fr

VILLEMMAIN AUDE

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

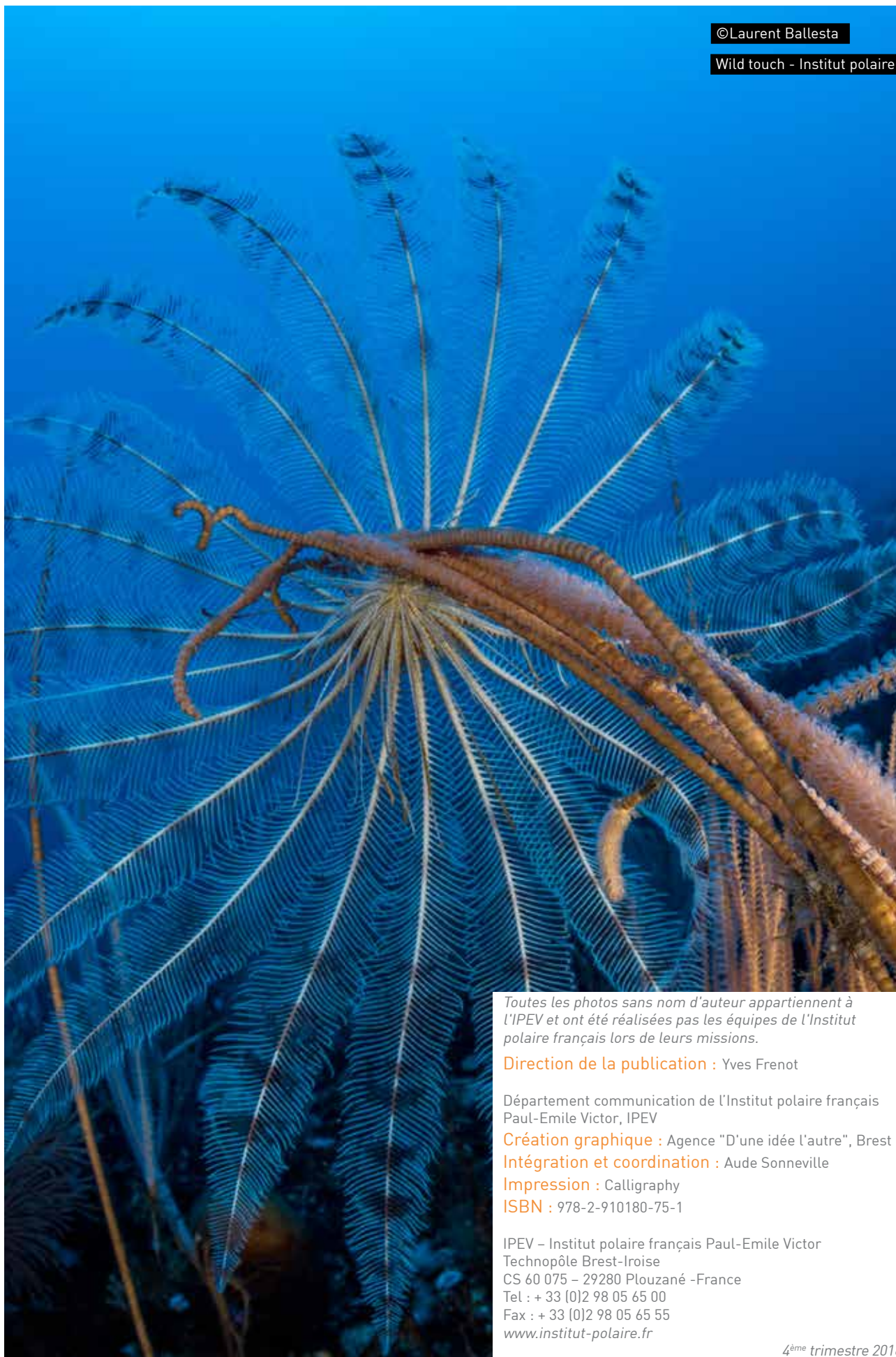
VOGEL TIMOTHY

CNRS / UMR 5005



Les sigles

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



Toutes les photos sans nom d'auteur appartiennent à l'IPEV et ont été réalisées par les équipes de l'Institut polaire français lors de leurs missions.

Direction de la publication : Yves Frenot

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

Création graphique : Agence "D'une idée l'autre", Brest

Intégration et coordination : Aude Sonnevill

Impression : Calligraphy

ISBN : 978-2-910180-75-1

IPEV – Institut polaire français Paul-Emile Victor
Technopôle Brest-Iroise
CS 60 075 – 29280 Plouzané -France
Tel : + 33 (0)2 98 05 65 00
Fax : + 33 (0)2 98 05 65 55
www.institut-polaire.fr

4^{ème} trimestre 2016

