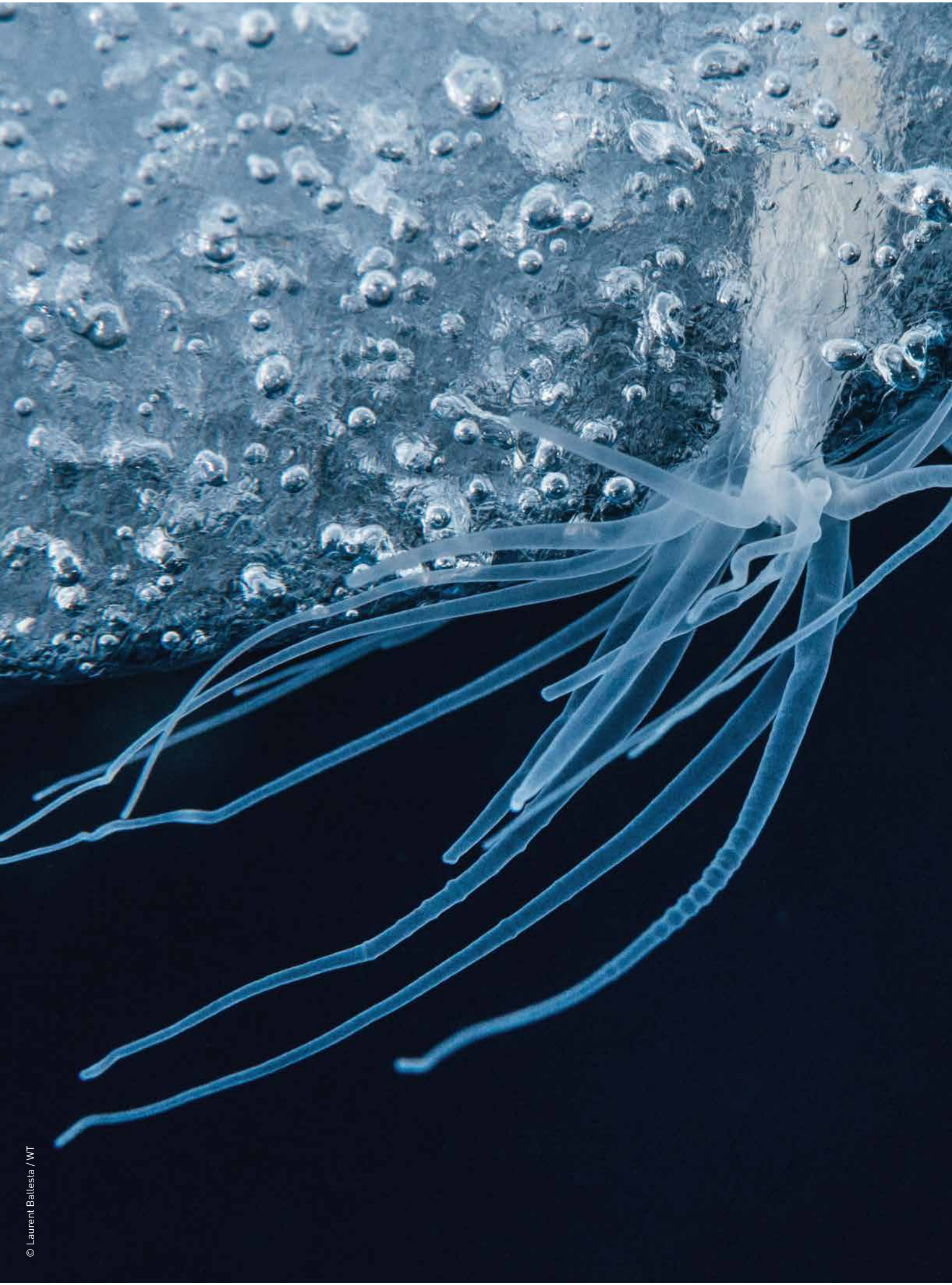


© Vincent Munier / WT

2016

Rapport d'activité

Campagne d'été
2016-2017 incluse



édito

C'est avec fierté que je vous présente ce nouveau rapport d'activité de l'IPEV. Vous pourrez constater que l'institut a rempli, malgré les diverses difficultés auquel il a été confronté, la plus grande partie de ses objectifs au service des communautés scientifiques françaises œuvrant dans les régions polaires et que de nombreux programmes originaux ont pu être soutenus avec succès.

Des difficultés, il y en a eu : glace de mer qui, à nouveau, n'a pas débâclé en Terre Adélie, rendant compliquées et coûteuses les opérations de déchargement ; moyens maritimes des TAAF à Kerguelen qui, les uns après les autres, ont fait défaut pendant la campagne d'été, puis durant tout l'hivernage ; transition pour le Marion-Dufresne et le personnel qui lui était dédié avant que l'Ifremer ne reprenne la gestion du navire pour ses campagnes océanographiques à partir de janvier 2018 ; personnel permanent de l'institut en diminution, faute de remplacement après des départs successifs. Malgré cela, et grâce aux compétences et au dévouement du personnel, les programmes ont été pour la presque totalité non affectés, hormis deux d'entre eux à Kerguelen reportés à 2017-2018.

Il y a eu des succès également : après avoir mené à bien la jouvence du *Marion Dufresne* en 2015, remplaçant ce navire en position de leader mondial pour ses capacités de carottage sédimentaire, l'IPEV s'est employé à mettre en œuvre le projet de partenariat avec les TAAF et la Marine Nationale pour le remplacement de *L'Astrolabe*. Ce dernier navire a en effet effectué son dernier voyage en mars 2016, ce qui a donné lieu à une célébration émouvante à Hobart en présence du Préfet des TAAF et de l'Ambassadeur de France en Australie. Une page s'est ainsi tournée mais pour donner place à un nouveau navire, du même nom, plus grand, plus résistant, qui fera son premier voyage vers l'Antarctique en novembre 2017. Le projet a été mené dans les temps et le budget prévu, grâce à l'implication de tous : bureau d'études Marine Assistance, chantier naval Piriou à Concarneau, Marine Nationale, les Taafs et naturellement le personnel de l'institut. La France se dote ainsi du moyen de pérenniser le ravitaillement de ses bases antarctiques, Dumont d'Urville et Concordia, pour au moins les trente ans à venir.

Enfin, sur le plan international, l'IPEV a poursuivi sa contribution à la représentation française dans les différentes instances polaires : Réunion consultative du Traité sur l'Antarctique, Comité pour la protection de l'environnement (Protocole de Madrid), Council of Managers of National Antarctic programs, European Polar Board, International Arctic Science Committee. En étant partenaire du projet européen EU-PolarNet, l'IPEV a également été responsable de l'établissement d'une base de données et d'un catalogue sur les infrastructures de recherche polaires, tant arctiques qu'antarctiques, qui fournit pour la première fois une vision exhaustive des capacités de recherche mondiales dans les hautes latitudes nord et sud¹.

D'autres challenges attendent l'IPEV dans les mois qui viennent, que ce soit sur le plan logistique avec la mise en œuvre de nouveaux moyens de déchargement sur banquise en Terre Adélie ou les premiers voyages du nouvel *Astrolabe*, et sur le plan organisationnel avec la disparition de l'activité océanographique au sein de l'institut et la poursuite de l'activité polaire avec des effectifs de personnels de plus en plus réduits. Un nouveau directeur sera également nommé pour me succéder à l'issue de mon 2^e mandat. Je ne doute pas qu'il saura, avec l'aide et le soutien de nos tutelles et l'implication des personnels de l'institut, relever ces nouveaux défis.

Yves Frenot

Directeur

1. Voir par exemple le catalogue produit par le COMNAP suite à cette initiative : https://www.comnap.aq/Members/Shared%20Documents/COMNAP_Antarctic_Station_Catalogue.pdf





Sommaire



08

UNE ANNÉE
AVEC L'IPEV

24

LA SCIENCE
TERRESTRE
ET CÔTIÈRE



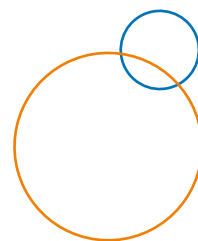
62

LES CAMPAGNES
OCÉANOGRAPHIQUES
DU MARION
DUFRESNE





© Vincent Munier / WT



82

**L'INSTITUT
POLAIRE
FRANÇAIS PAUL
ÉMILE VICTOR**



98

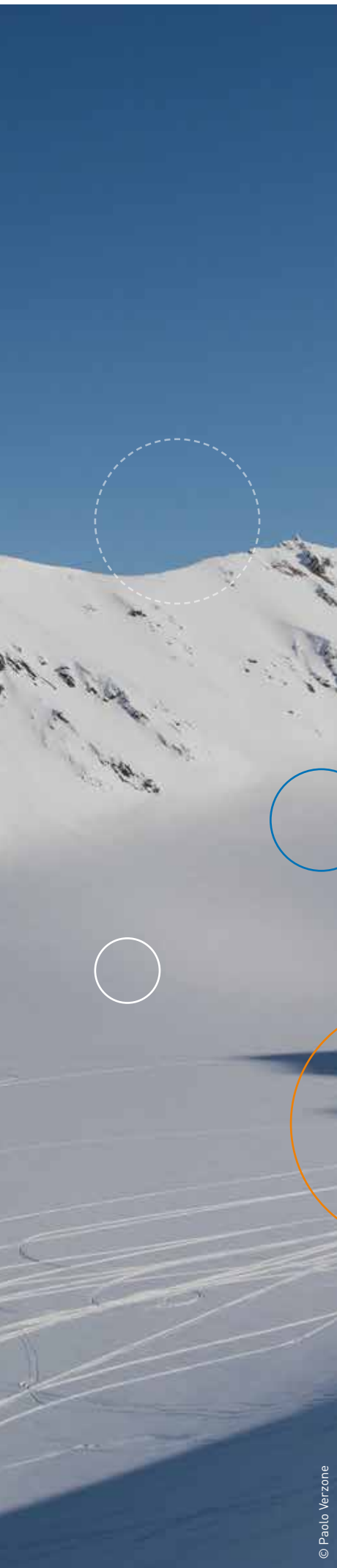


92

**L'ESA À
CONCORDIA**

ANNEXES





© Paolo Verzzone

Une année avec **L'IPEV**

La logistique de l'IPEV en **Arctique**

BASE AWIPEV, NY ALESÜND LA SCIENCE

En 2016, 13 projets français et 28 projets Allemand se sont déroulés à l'AWIPEV. Pour les programmes scientifiques, un grand nombre d'instruments de mesures ont été déployés :

- Installation sur le toit de l'observatoire AWIPEV de Micro Rain Radar (MRR) et Parsivel pour la mesure de différents types de précipitation
- Installation de radiomètres pour les mesures de température et d'humidité (MIRAC) et d'un Cloud Radar Joyrad-94
- Installation de pluviomètres sur le champ Baseline Surface Radiation Network (BSRN)
- Installation d'un nouveau radiomètre CORAM pour mesurer le monoxyde de carbone
- Installation d'un photomètre solaire
- Installation du système de ventilation pour contrôler la température dans la pièce qui contient le LIDAR (instrument pour mesurer les aérosols dans l'air)

Une nouvelle clôture a été installée à Bayelva, le site de mesure du permafrost, pour empêcher les rennes d'endommager les instruments.





LA LOGISTIQUE

Le bâtiment Rabot a connu une rénovation quasi-totale pour le rendre plus agréable à vivre et avec un confort similaire à celui de la maison bleue.

L'organisation de l'atelier a aussi été revue avec une nouvelle zone "pièces moteurs et bateaux" et l'amélioration du rangement du matériel montage et terrain.

Nouvelle Embarcation légère « LUCIOLE »

Christelle Guesnon a peint une fresque d'ours polaire dans le bureau des scientifiques du bâtiment Rabot



LES EMBARCATIONS DE L'AWIPEV

Cette année, les programmes scientifiques utilisant les bateaux ont couvert plus de 400h de bateau tant en biologie marine (programme AMUST), en géomorphologie (C3) que sur le projet d'étude des populations d'oiseaux dans le fjord.

Jusqu'à présent, les embarcations de travail présentes sur la station étaient assez lourdes. Il manquait à la flotte AWIPEV une embarcation légère, qui puisse être facilement mise et sortie de l'eau. Un tel véhicule devait aussi assez rapide pour servir de bateau de sécurité au regard des autres embarcations et posséder un système de mise à l'eau d'équipements scientifiques (filets à planctons, CTD...) pouvant être déployés aussi bien l'été que l'hiver, en l'absence de glaces de mer.

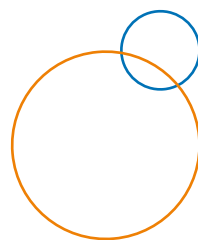
L'IPEV a donc fait construire une telle embarcation par un chantier nautique spécialisé en coque aluminium. Avec 5,3 m de longueur, ce bateau est équipé d'une capote rigide pour protéger les personnes embarquées du vent et des embruns. Afin de faciliter le transport sur site et le stockage, il rentre dans un conteneur 20 pieds. Il est aussi équipé d'un système de navigation performant et d'un treuil électrique avec un câble dynema très facile à mettre en œuvre. Enfin, il est également équipé d'un très bon système d'éclairage pour travailler dans la nuit polaire en toute sécurité.



© Paolo Verzzone

Le stockage hivernal des embarcations à la base de Ny Alesund posait des problèmes de place. Les bâtiments que l'IPEV loue à la Kings Bay ne sont pas assez volumineux pour toutes les stocker. Seuls le Timonier Jean Floc'h, l'embarcation lourde Sabrina et le bateau de plongée de l'AWI sont à l'abri. Le poids de la neige et les intempéries finissaient par faire vieillir les bateaux rapidement. Deux conteneurs ont été approvisionnés afin de pouvoir stocker dans de bonnes conditions les deux bateaux restants.

La sortie de l'eau du timonier Jean floc'h était jusqu'à présent assez difficile en raison de la nécessité d'immerger sa remorque complètement dans l'eau. De plus, le guidage du bateau n'était pas très performant, surtout lors de mauvaises conditions météorologiques. Deux guides latéraux ont donc été réalisés à Brest et fixés sur la remorque ainsi qu'un treuil manuel plus puissant. Avec ces deux accessoires, les opérations de mise à l'eau et de sortie d'eau ont été grandement facilitées.



Stockage Embarcation « RAIMONDE »



Guide remorque



Le véhicule électrique utilitaire « GOUPIL »



BASE CORBEL

En 2016, la base a été ouverte de début avril à fin octobre. En dehors de cette période, elle est difficilement 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.

Importante occupation cette année: sept équipes travaillant sur quatre projets, soit près de trois mois d'occupation durant la saison plus quelques week-ends d'utilisation récréative, malgré le déclin de l'installation électrique (éolienne et batteries).

En avril, une nouvelle chambre bien isolée et ventilée a été construite dans le bâtiment D (atelier/laboratoire). En octobre, l'entretien courant des 4 bâtiments a été effectué: fixation des panneaux solaires, colmatage des diverses fuites, changement de capteur de niveau d'eau douce, réfection de l'ancrage de la cabane de stockage...

Un poste téléphonique IP (via le laser) a été installé dans le bâtiment A "vie". Il y a quelques années le réseau informatique via un pont laser reliant le village et la base corbel a été installé. Aujourd'hui, avec l'aide de la Kings Bay, un téléphone sur IP a été configuré via le réseau de l'AWI et le réseau de la Kings Bay.



La chambre « Aurore » en construction



Base corbel



La logistique de l'IPEV en **Antarctique**

La situation très favorable de la saison 2015-16 ne s'est pas reproduite en 2016-17. Si une débâcle encourageante, déclenchée début septembre par une forte tempête, avait pourtant bien amorcé la formation de la polynie de l'ouest de la station, une période de calme et de vents contraires a suivi, emprisonnant le pack créé. Les périodes de mauvais temps suivantes, très espacées, n'ont pas suffi à morceler et à disperser la glace.

L'*Astrolabe* a appareillé d'Hobart pour le voyage R0 le 23 octobre 2016. Il est arrivé à portée d'hélicoptère de Dumont d'Urville (76 km), dans la baie Commonwealth Bay le 3 novembre, après le détour maintenant habituel par Macquarie. Une forte tempête (mais insuffisante pour morceler la banquise) a débuté le soir même et a repoussé le démarrage des opérations 5 jours plus tard. Le personnel et le cargo prévu ont été débarqués et le navire a repris la route le 13 pour arriver à Hobart le 22 novembre. Parallèlement au voyage navire, un vol d'avion Basler pour Dumont d'Urville a été organisé le 8 novembre au départ de Mario Zucchelli, la station Italienne, puis un second, le 16 avec 10 passagers.

Les difficultés issues de la persistance de la glace de mer ont commencé à être évidentes au moment de la rotation R1. Malgré l'arrivée tardive du navire le 22 décembre, la zone de Dumont d'Urville n'avait toujours pas débâclé. Au contraire, le pack s'était renforcé et le navire n'a pas pu retourner dans la polynie de Commonwealth Bay. Après une semaine de transferts laborieux (115 km de Dumont d'Urville) et alors que les passagers retour R1 avaient commencé à embarquer, une inversion du vent survenue le 27 a permis au navire de se rapprocher à 66 km et de transférer la nourriture, les pièces de rechange et le matériel scientifique restant à bord et indispensable pour Dumont d'Urville et Concordia.



© Thibaut Vergoz

Il faut noter que le second hélicoptère SAF avait été rendu à l'issue de R0. Devant l'absence d'évolution de la glace de mer, le second pilote SAF est resté. De plus, une machine supplémentaire avec équipage a dû être relouée rapidement en Australie pour assurer la sécurité mutuelle des deux aéronefs et accélérer les opérations de transferts.

La campagne s'est poursuivie ainsi jusqu'à R4. Le navire n'a jamais pu approcher à moins de 60 km. 60m³ de carburant ont pu être transférés, permettant à la station Dumont d'Urville d'être autonome jusqu'en février 2018, après l'avance de carburant faite au profit de Concordia. Tous les matériels scientifiques et techniques indispensables au fonctionnement et à la vie des personnels des stations Dumont d'Urville et Concordia ont pu être transférés, élevant le nombre d'heures de vols d'hélicoptère à plus de 650.



© Eduardo Da Forno



Doublage du toit du bâtiment 31

DUMONT D'URVILLE, TRAVAUX ET LOGISTIQUE

Malgré la mobilisation des personnels techniques bloqués par les opérations d'héliportages, les travaux d'été ont été terminés, notamment la pose du doublage du toit du bâtiment 31 séjour réfectoire et le remplacement de la conduite des eaux usées de la station.



Conduite des eaux usées



Éolienne ROPATEC

L'éolienne Ropatec a été remise en service en milieu de campagne après la résolution de problèmes informatiques entre le logiciel de gestion et les commandes des freins hydraulique et électrique.



© Thibaut Vergoz



CONVOIS DUMONT D'URVILLE / CONCORDIA

Trois raids de transport ont eu lieu cette année. Au raid 1 et au raid 3, six tracteurs ont été mis en charge contre quatre seulement au raid 2 afin d'adapter la dépense en carburant au fret à transporter. Le premier raid logistique (Raid 59) est parti le 23 novembre 2016 et le dernier est rentré à la côte le 12 février 2017, avant le départ de la rotation R3.

Le raid 59 a été le support d'une opération de communication d'Airbus Industrie qui a régulièrement pris des images du convoi en déplacement.





Laboratoire glaciologique

RAID GLACIOLOGIQUE ASUMA

Les travaux de préparation du raid scientifique ASUMA ont été intenses dès le départ du raid logistique Concordia. Les deux laboratoires glaciologiques ont été installés sur leurs traîneaux respectifs et le raid, composé de 4 tracteurs et d'une machine de nivelage, a quitté la côte le 1^{er} décembre pour se terminer le 3 janvier 2017 après 35 jours de voyage. Le raid s'est déroulé sans incident.



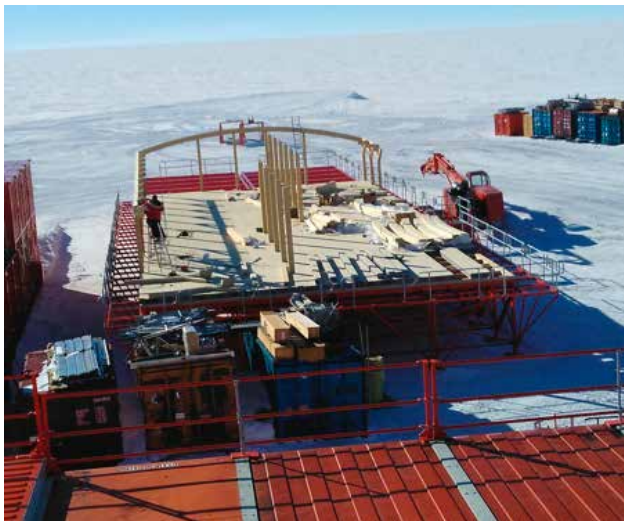
Travaux à Cap Prudhomme

TRAVAUX À CAP PRUD'HOMME

L'activité à Cap Prud'homme a été soutenue avec les travaux de maintenance du parc constitué de 20 engins moteurs et de 40 traîneaux dont certains de 15 mètres.

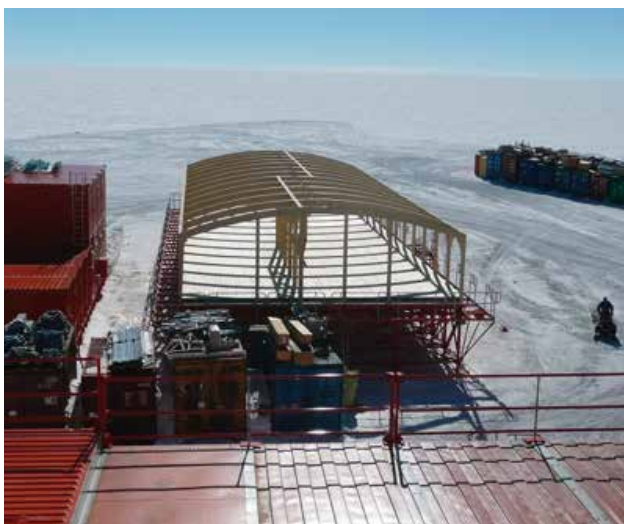
Le personnel a alterné entre présence à la station et sur le raid. Les temps de séjour à la station et les bonnes conditions météorologiques ont permis de conduire des opérations de maintenance sur deux tracteurs.





STATION FRANCO ITALIENNE CONCORDIA

La campagne d'été s'est déroulée sans problème majeur. Le premier vol de l'avion Basler affrété par l'ENEA-UTA a eu lieu le 8 novembre 2016, acheminant 17 passagers sur le site pour l'ouverture de la période d'été (ouverture du camp été et des infrastructures scientifiques non utilisées en hiver, remise en route de l'ensemble des véhicules, déneigement ...). Les rotations des avions C130 entre Christchurch et la station Mario Zucchelli, puis du Basler vers Concordia, se sont poursuivies jusqu'au 20 novembre sans soucis, transportant les personnels, dont la plupart des hivernants 2017 (effectif de 65 personnes fin novembre sur la station). L'occupation du site a été très soutenue avec 62 personnes en moyenne et des pointes à 90.



La campagne d'été a été intense tant au niveau scientifique que technique. Un effort de soutien important a été apporté au programme SuperDARN et au programme de forage profond "Beyond EPICA - Oldest Ice" avec l'exploration de la zone vers Little Dôme C et les tests du matériel de forage Subglacior sur le site de Concordia.

Au niveau technique, la remise en état des installations énergie/eau suite à l'hivernage 2016 a mobilisé beaucoup de ressources en début d'été. De nombreux travaux de maintenance de la station ont été menés avec succès, certains continuent en hivernage : modification des réseaux de collecte des eaux usées sous vide, travaux de cloisonnement au niveau de la cuisine, remplacement de l'ensemble des encadrements de portes et de fenêtres des laboratoires et de certains bâtiments extérieurs, travaux de rénovation et d'enfouissement des réseaux électriques du camp été, aménagement d'un nouveau dortoir de 6 places dans le camp d'été en remplacement d'une tente...

Le principal chantier de cette campagne d'été a été le montage du radier métallique du futur magasin général et de la charpente de bois associée. L'ensemble du matériel livré a été mis en œuvre.

Le dernier vol d'avion a eu lieu le 8 février, marquant ainsi le début de l'hivernage DC 13 / 2017 pour les 13 occupants de la station.



© Thibaut Vergoz

La logistique de l'IPEV dans les îles Subantarctiques

Les missions de l'IPEV dans les îles australes entre novembre et mars permettent la préparation des activités scientifiques et logistiques qui auront lieu pendant les campagnes d'été et l'hivernage. L'Institut polaire français assure en particulier le ravitaillement et l'entretien des refuges où séjournent les scientifiques et les volontaires de service civique tout au long de l'année. Le dépôt de matériels scientifiques, nourritures et équipements se fait principalement par hélicoptère.



CROZET

Chantiers sur les sites isolés

Pendant le mois de novembre 2016 une équipe de l'IPEV a réalisé des travaux sur le refuge de La Pérouse. Ce refuge posé lors de la campagne 2010/2011 nécessitait des travaux d'aménagement intérieur afin d'optimiser l'espace de vie.



© Adrien Dabet

Activités sur la base de Port Alfred

Le bâtiment Vario permet à l'observatoire du magnétisme terrestre (programme 139 GEOMAGNETIC OBS) de réaliser des mesures continues du champ magnétique. Il doit donc être complètement amagnétique, ce qui implique des procédures particulières pour son entretien et les travaux de maintenance. Sa rénovation a permis de garantir son étanchéité dans le temps.

Dans le cadre du programme 416 SNO-AMS / ICOS-France, des mesures et prélèvements pour la NOAA sont réalisés dans l'abri Ctroploin, éloigné de la base. En 2016, cet abri de prélèvement a été séparé du réseau électrique de la base de Crozet. Une structure photovoltaïque autonome permet aujourd'hui la charge des batteries nécessaires au prélèvement d'air.

Le Biomag, ancien laboratoire de biologie reconverti dans les années 1980 en magasin scientifique, doit être détruit par les TAAF car jugé non viable. Le plan de délocalisation des équipements stockés est en cours ainsi que la réorganisation des locaux scientifiques.

Des chemins de câbles reliant les bâtiments d'acquisitions de données ont été remis en état pour garantir la sécurité des transmissions. La mise en place d'un pont WIFI reliant la base à la baie du Marin permet désormais de doubler le réseau fibre optique actuel et d'avoir une passerelle de secours en cas d'arrachement de la fibre lors des tempêtes. Les structures scientifiques de la Baie du Marin font partis d'un site d'étude historique de la colonie de manchot royaux pour de nombreux programmes soutenus par l'IPEV. Les bâtiments dédiés à la recherche à proximité immédiate de la colonie ont bénéficié d'un travail de maintenance pour garantir leur pérennité.



© Romuald Bellec

KERGUELEN

Activités sur la base de Port aux Français

Le soutien logistique aux programmes scientifiques pendant la campagne d'été reste l'activité principale des équipes de l'IPEV : mise à disposition de matériel, informations sur le fonctionnement des refuges, accompagnement aux programmes, vacation radio pour e-mail vers les laboratoires et localisation de balises, gestion des relations avec les partenaires (TAAF, Réserve Naturelle...), organisation des rotations logistiques du *Marion Dufresne* (gestion des déchets et des matériels retours en refuges). Il y a également des chantiers spécifiques qui sont menés pour l'entretien des structures logistiques et scientifiques de la base.

Depuis de nombreuses années les fillods B1, B4 et B5, bâtiments historiques de la base de Port Aux Français, étaient utilisés par les équipes scientifiques pour stocker du matériel. Un nouveau plan d'aménagement des locaux de l'IPEV a permis de libérer ces bâtiments de ces vieux matériels et un gros travail d'épuration et de nettoyage a donc été réalisé. Les bâtiments sont prêts à être rendu aux TAAF pour destruction.

Biomar : Un système d'adduction d'eau ponctuelle a été mis en place pour répondre au besoin de la mission Proteker. En effet, le déploiement de 25 aquariums nécessite un débit constant de 1 m³ par heure avec une température équivalente à celle de la mer afin d'y faire vivre des oursins et les suivre en temps réel.

Les salles thermo-régulées ont été aménagées pour les études des végétaux et les invertébrés terrestres vivants dans des conditions de laboratoires optimales.

L'abri du programme NIVMER (programme 688) accueillant toute l'acquisition de données du marégraphe de Port aux Français a été entièrement rénové à l'extérieur.

Cette année, les avaries des moyens nautiques et l'interdiction des moyens terrestres (tracteurs) a eu un impact significatif sur le déroulement prévu initialement d'un certain nombre de programmes scientifiques. L'adaptation systématique des équipes IPEV devant ces événements a permis malgré tout aux programmes de travailler à minima. Cependant, deux programmes, Salmevol et Talisker, ont été annulés suite à la décision du Préfet des TAAF d'interrompre, pour des raisons de sécurité, la mission de la Curieuse sur place.



Chantiers sur les sites isolés

Un nouveau module a été déposé et aménagé à la cabane de Rivière du Nord permettant l'accueil de 4 personnes pour le grand "tour Courbet". À Cataractes, le refuge a été démolí et remplacé. Le refuge de Baie Charrier, installé l'année dernière, a été aménagé et peut accueillir 4 scientifiques pour des missions de moyenne durée. Enfin, pour répondre au besoin des scientifiques d'accéder à la zone reculée de Rallier du Baty, un campement a été installé sur le site des "2 Frères".

Le ravitaillement de Pointe Suzanne a été possible lors du dernier déplacement de tracteur autorisé hors base. En effet, suite à la volonté du directeur de la Réserve naturelle des TAF d'interdire à partir de 2016 l'utilisation des tracteurs en dehors de Port-aux-Français, les équipes de l'IPEV n'ont pas été en mesure d'effectuer les opérations logistiques dans l'ouest de la Péninsule Courbet qui reposaient jusqu'à présent sur l'usage de ces engins. De même, le démontage des cabanes du Guetteur, à Ratmanoff, a été interrompu faute de moyens pour évacuer les déchets. A terme, le ravitaillement de certaines cabanes gérées par l'IPEV ne pourra donc se faire qu'à l'aide de l'hélicoptère, moyen plus onéreux et dont l'utilisation ne peut se faire que lors des escales du Marion-Dufresne, limitée à la période hivernale pour minimiser l'impact sur les colonies d'oiseaux.



AMSTERDAM

Chantiers sur les sites isolés

Dans le cadre du programme 133 Sismologie, la structure d'acquisition de données sismologiques a été déplacée afin de pouvoir remplacer le bâtiment actuel. La reprise du réseau et la mise en place d'une armoire d'acquisition au niveau de la grotte sismologique d'Amsterdam devrait permettre aux équipes de terminer ces travaux à la prochaine campagne.

Une rénovation extérieure du refuge Entrecasteaux a permis de pérenniser ce site historique soumis à des conditions météorologiques difficiles.

Une équipe de chercheur devait réaliser un inventaire de la végétation de l'île. Un nouveau module a donc été livré sur le site du refuge de Del Cano afin de remplacer l'ancienne structure, datant de plus de 15 ans, et qui n'était plus viable.







© Thibaut Vergoz

La science terrestre et côtière

PROGRAMME 1042

Interactions neige-végétation-pergélisol-climat dans l'Arctique

FLORENT DOMINÉ

florent.domine@takuvik.ulaval.ca

- 🏠 Takuvik Joint International Laboratory (UMI 3376), Université Laval (Canada) et CNRS-INSU (France), Québec, Canada
- 🏠 Centre d'Études Nordiques, Université Laval, Québec, Canada
- 🏠 Département de Chimie, Université Laval, Québec, Canada

MATHIEU BARRÈRE

matbarrere@gmail.com

- 🏠 Takuvik Joint International Laboratory (UMI 3376), Université Laval (Canada) et CNRS-INSU (France), Québec, Canada
- 🏠 Centre d'Études Nordiques, Université Laval, Québec, Canada

MIKAEL GAGNON

mikael.gagnon.1@ulaval.ca

- 🏠 Takuvik Joint International Laboratory (UMI 3376), Université Laval (Canada) et CNRS-INSU (France), Québec, Canada
- 🏠 Centre d'Études Nordiques, Université Laval, Québec, Canada
- 🏠 Département de Chimie, Université Laval, Québec, Canada

DENIS SARRAZIN

denis.sarrazin@cen.ulaval.ca

- 🏠 Centre d'Études Nordiques, Université Laval, Québec, Canada

Le pergélisol arctique, qui recouvre plus de 10 millions de km², constitue le plus grand réservoir de carbone terrestre. Son dégel pourrait s'accompagner de l'émission d'une partie de ce carbone vers l'atmosphère sous forme de CO₂ et CH₄ via l'activité microbienne, accélérant le réchauffement climatique. Prédire et quantifier ce processus nécessite l'étude de nombreuses rétroactions, notamment l'impact de la croissance arbustive sur le régime thermique du pergélisol via ses effets sur les propriétés isolantes du manteau neigeux. En contrepartie, les arbustes pourraient représenter un puits de carbone en accroissant la biomasse végétale et en accumulant de la litière. Nos études sur deux sites arctiques canadiens indiquent que "l'arbustation" augmente l'accumulation de neige et en modifie les propriétés physiques, menant à un réchauffement hivernal du sol de plusieurs degrés. L'arbustation induit aussi un stockage de carbone dans le sol estimé de manière préliminaire à 160 gC m⁻² an⁻¹ (grammes de carbone par m² de surface et par an) sur le site d'Umiujaq. Un suivi à long terme et un échantillonnage plus complet sont recommandés afin de réduire les incertitudes sur ces processus.

Arctic permafrost, which covers over 10 million km², constitutes the largest terrestrial carbon reservoir. Its thawing could lead to the release of a fraction of this carbon to the atmosphere as CO₂ and CH₄, via microbial activity, accelerating warming. Quantifying and predicting this process requires the study of many feedbacks, in particular the impact of shrub growth on the permafrost thermal regime through its effects on the insulating properties of the snow cover. On the other hand, shrubs could constitute a carbon sink by increasing biomass and litter formation. Our studies at two Canadian Arctic sites indicate that shrubification increases snow accumulation and modifies snowpack properties, leading to winter soil warming by several degrees. Shrubification also leads to carbon storage in soils, estimated in a preliminary manner at 160 gC m⁻² yr⁻¹ at the Umiujaq site. Long term monitoring and more extensive sampling are recommended to reduce uncertainties on these processes.



ARBUSTATION

Traduction (néologique) du néologisme anglais "shrubification" proposée par Stéphane Boudreau, professeur de biologie végétale à l'université Laval



1.

CONTEXTE

Le pergélisol (sol gelé en permanence) couvre plus de 10 millions de km² dans l'Arctique et concerne la moitié du Canada. Bien que la productivité de la végétation arctique soit faible, la litière s'y accumule chaque année. Comme, hormis la couche active qui dégèle temporairement l'été, le sol reste gelé, la décomposition de cette matière organique est très limitée. De plus, le phénomène de **cryoturbation** contribue à enfouir cette matière organique en profondeur, de sorte qu'elle s'y accumule depuis des milliers d'années. Le pergélisol représente donc le plus grand réservoir de carbone terrestre (environ 1400 PgC), presque 2 fois plus que l'atmosphère et probablement davantage que l'ensemble des réserves de carbone fossile : pétrole, gaz et charbon.

Avec le réchauffement climatique, le pergélisol dégèle : sa limite sud remonte et la couche active s'épaissit. Le carbone qui y est stocké devient donc vulnérable à l'activité microbienne qui le métabolise et rejette du CO₂ et du CH₄, les deux principaux gaz à effet de serre (GES), accélérant le réchauffement. Il existe donc une rétroaction positive entre pergélisol et climat. Malheureusement, l'ensemble des processus impliqués dans cette rétroaction est mal compris, en partie à cause de la difficulté à réaliser des observations et mesures en Arctique.



CRYOTURBATION

Remaniement du sol causé par les cycles de gel-dégel, et produisant des structures géomorphologiques caractéristiques, notamment des formes circulaires avec un tri des matériaux selon leur taille



PgC

Péta gramme de carbone =
10¹⁵ grammes =
1 milliard de tonnes



En conséquence, la modélisation du cycle du carbone en Arctique est très peu développée et le carbone du pergélisol n'a pas été pris en compte dans les dernières projections climatiques du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), de sorte que les prévisions de réchauffement pourraient être sous-estimées.

Le réchauffement de l'Arctique s'accompagne de nombreux changements dans les éco- et géo-systèmes. La végétation croît et les arbustes envahissent la toundra herbacée¹. Les précipitations augmentent, et même si la durée saisonnière du couvert nival a tendance à diminuer, la quantité de neige augmente. La végétation arbustive piège la neige soufflée par le vent, augmentant encore l'épaisseur de neige. Le bilan thermique du pergélisol est en grande partie déterminé par les propriétés du couvert nival, qui limite son refroidissement hivernal de par ses propriétés isolantes. Nous postulons donc une autre rétroaction positive entre la neige, la végétation et le climat qui amplifie la rétroaction pergélisol-climat (**Figure 1**). Aujourd'hui, cet impact de la végétation est à peine observé, non quantifié et donc non modélisé.



1. M. Sturm et al., 2016

En parallèle, la croissance de la végétation augmente la biomasse et le taux de production de litière, et ce puits de carbone pourrait compenser en partie les émissions de GES par le pergélisol en dégel². Cependant, quantifier cette composante du bilan carbone des sols arctiques est délicat, car ce qu'on observe en général est la résultante de deux processus opposés : émissions par le pergélisol et fixation par la végétation³. Le programme ESCAPE-Arctic poursuit depuis 5 ans les objectifs suivants :

- Mesurer l'impact de la végétation arbustive sur les propriétés thermiques du manteau neigeux arctique.
- Modéliser le bilan d'énergie de la neige et du pergélisol.
- Quantifier l'impact de la croissance arbustive sur le bilan carbone des sols arctiques.

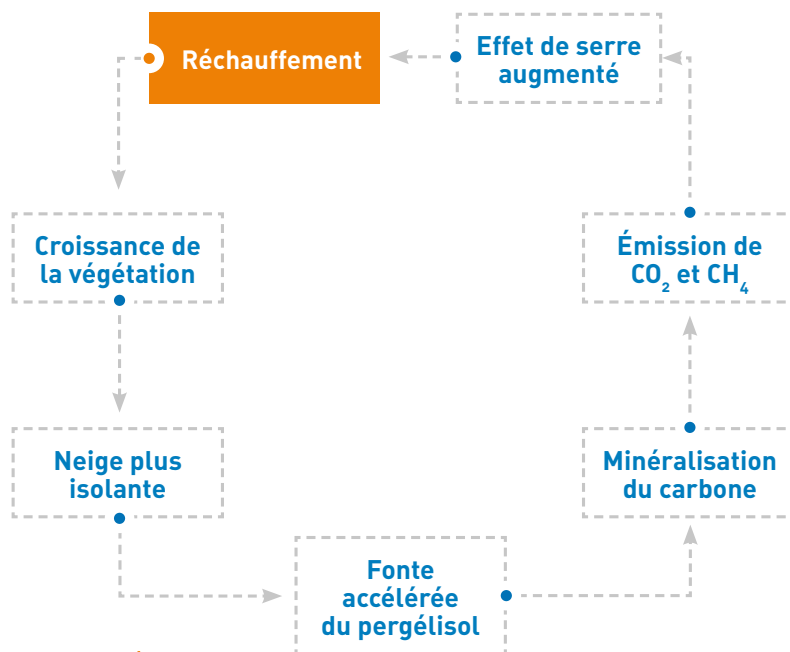


Figure 1 - Boucle de rétroaction positive entre neige, végétation, pergélisol et climat.



2. M. Forkel et al., 2016
 3. M. Wilmling, J. Harden, K. Tape, 2006



2.

STRATÉGIE

Ce travail, réalisé dans l'Arctique canadien, est une thématique importante de l'Unité mixte internationale Takuvik du CNRS, basée à l'université Laval au Québec. Il bénéficie de l'accès à de nombreuses bases de recherche arctique du Centre d'études nordiques (CEN), un centre de recherche québécois basé à l'Université Laval. La stratégie développée comprend :

- Le déploiement d'instruments destinés entre autres à mesurer les diverses composantes du bilan d'énergie des interfaces air-neige et neige-sol. Une innovation importante est la mesure en continu de la conductivité thermique de la neige et du sol.
- Ces instruments sont déployés dans des zones adjacentes recouvertes de végétation herbacée et recouvertes de végétation arbustive, afin de quantifier précisément l'impact des arbustes.
- Quatre bases scientifiques sont utilisées, entre 55 et 83°N, afin d'accéder à toute la gamme d'écosystèmes arctiques, depuis la forêt boréale ouverte jusqu'au désert polaire (Figure 2).
- La réalisation de campagnes de mesures hivernales et estivales sur les sites étudiés, afin d'appréhender la variabilité spatiale non prise en compte par les mesures automatiques et de mesurer des variables non accessibles à la mesure automatique (densité de la neige, biomasse de la végétation, échantillonnage des sols).
- Utilisation des caractéristiques exceptionnelles du site d'Umiujaq, dont les sols ne contiennent quasiment pas de carbone ancien, afin de quantifier précisément le stockage de carbone dans les sols dus à la croissance du bouleau glanduleux (*Betula glandulosa*).

Ce travail est réalisé en collaboration avec notamment :

- Météo France (UMR CNRS 3589) pour la modélisation du couvert nival et du pergélisol (Bertrand Decharme, Vincent Vionnet, Samuel Morin, Mathieu Lafaysse).
- L'Institut des géosciences de l'environnement, Grenoble (Ghislain Picard, Laurent Arnaud).
- L'Université Laval (Stéphane Boudreau pour la biologie végétale, Denis Sarrazin pour les développements instrumentaux).
- L'Université du Québec à Trois-Rivières (Esther Lévesque, biologie végétale)
- L'Université de Montréal (Daniel Fortier, géomorphologie et thermique du pergélisol).

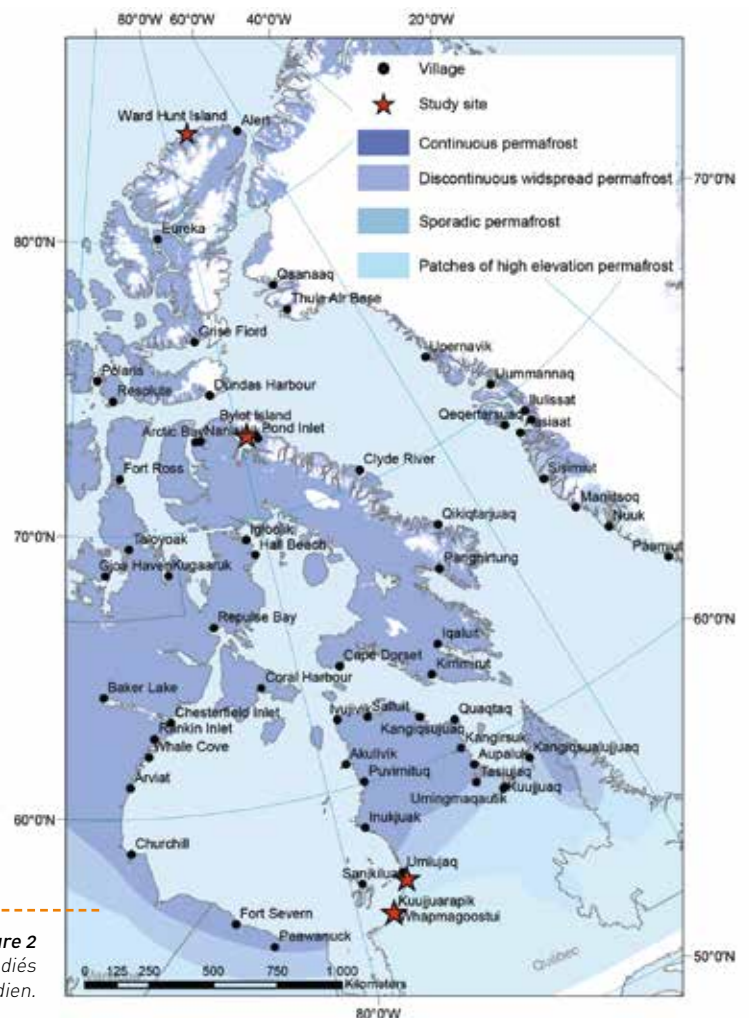


Figure 2
Carte des sites étudiés
dans l'Arctique canadien.

3.

RÉSULTATS MARQUANTS

3.1- Impact du couvert végétal sur le régime thermique du sol, Umiujaq

Umiujaq est une zone de transition où coexistent dans un rayon de 2 km un couvert lichéneux (*Cladonia stellaris*), des bouleaux glanduleux bas (30 cm), des bouleaux glanduleux hauts (1 m), des massifs d'épinette noire (*Picea mariana*) denses, qui sont en fait des reliques d'un passé plus chaud, et de la toundra forestière, site de forêt ouverte ou domine *Picea Mariana* (Figure 3).



Figure 3 - Photo du site d'Umiujaq montrant instruments et types de couverture végétale. En haut, toundra arbustive dans le haut de la vallée. Un massif d'épinette relique y est visible sur la gauche. En bas, toundra forestière dans le bas de la vallée.

Des capteurs de température ont été installés à diverses profondeurs dans le sol en 2012. La Figure 4a illustre l'impact du couvert végétal sur la température du sol à 50 cm. Il est clair que plus la végétation est haute et dense, plus le sol est protégé du refroidissement hivernal. Ceci s'explique d'abord par la hauteur de neige, qui augmente de 80 cm sur lichen à 250 cm en toundra forestière, mais aussi par l'humidité du sol (Figure 4b) qui augmente avec la croissance végétale, retardant, voire empêchant le gel du sol à cause de la chaleur latente de congélation, plus longue à évacuer. De fait, le pergélisol a disparu des zones où la végétation érigée est apparue et ne subsiste que dans certaines zones de végétation basse.

Les données estivales illustrent un autre impact de la végétation sur le bilan énergétique du sol. Le lichen ne produit pas d'ombrage au sol et forme une couche à l'isolation thermique limitée, et le sol sous lichen est le plus chaud en été. Les massifs d'épinettes denses produisent un ombrage quasi total et la couche de mousse épaisse à leur base isole efficacement le sol, limitant le réchauffement. Au niveau du bilan annuel, les buissons bas sont les plus efficaces pour maintenir le sol frais : ils n'ont pas d'effet notable sur l'accumulation de neige, car la hauteur de neige dépasse leur propre hauteur, tout en fournissant un ombrage qui limite le réchauffement estival. Ces données illustrent la complexité des interactions neige-végétation-pergélisol, et le défi que cela représente pour la modélisation. En effet, de nombreux processus mis en évidence ici (et d'autres non encore discutés) ne sont pas pris en compte par les modèles de surface continentale les plus sophistiqués. Par exemple, ces modèles ne différencient pas mousse et lichen, malgré leurs propriétés thermiques et hydrologiques très différentes.

3.2 - Croissance des saules à l'île Bylot, haut Arctique

L'île Bylot, au nord de la terre de Baffin (Figure 2), est un site très froid du haut Arctique canadien (Température moyenne annuelle $-14,5\text{ }^{\circ}\text{C}$), au pergélisol continu et épais ($>400\text{ m}$). La végétation est essentiellement herbacée, mais on trouve quelques sites avec des saules érigés (Figure 5): *Salix richardsonii* qui atteignent 40 cm et *Salix arctica*, souvent prostrés mais occasionnellement érigés avec une hauteur de 15 cm. Les saules, assez bas, ne favorisent que modérément l'accumulation de neige, mais ils en modifient les propriétés physiques. Nos campagnes hivernales ont permis de quantifier l'impact de la présence de *Salix richardsonii* sur les propriétés physiques de la neige, et nous présentons en Figure 6 les résultats concernant la densité et la conductivité thermique.

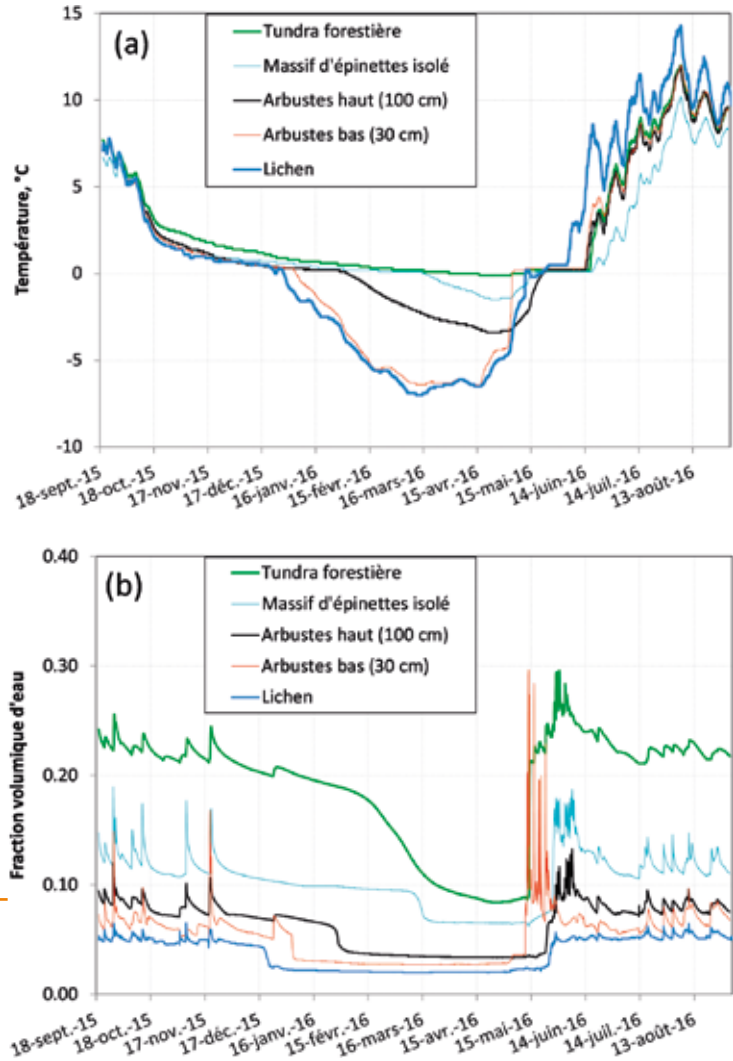


Figure 4
(a) Température et
(b) humidité du sol
à 50 cm en fonction du
couvert végétal à Umiujaq.

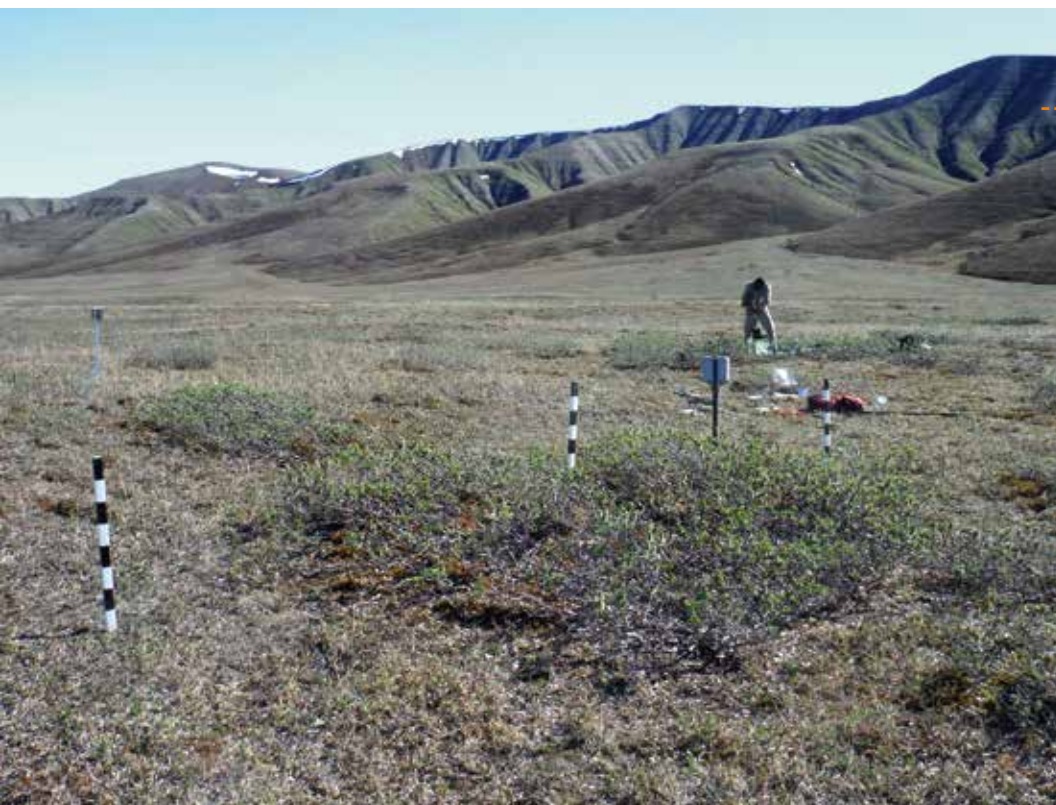


Figure 5
Massif de saules à l'île Bylot.
Les jalons et l'appareil photo
automatique servent à suivre
l'évolution de la hauteur de neige
à l'intérieur et hors du massif.

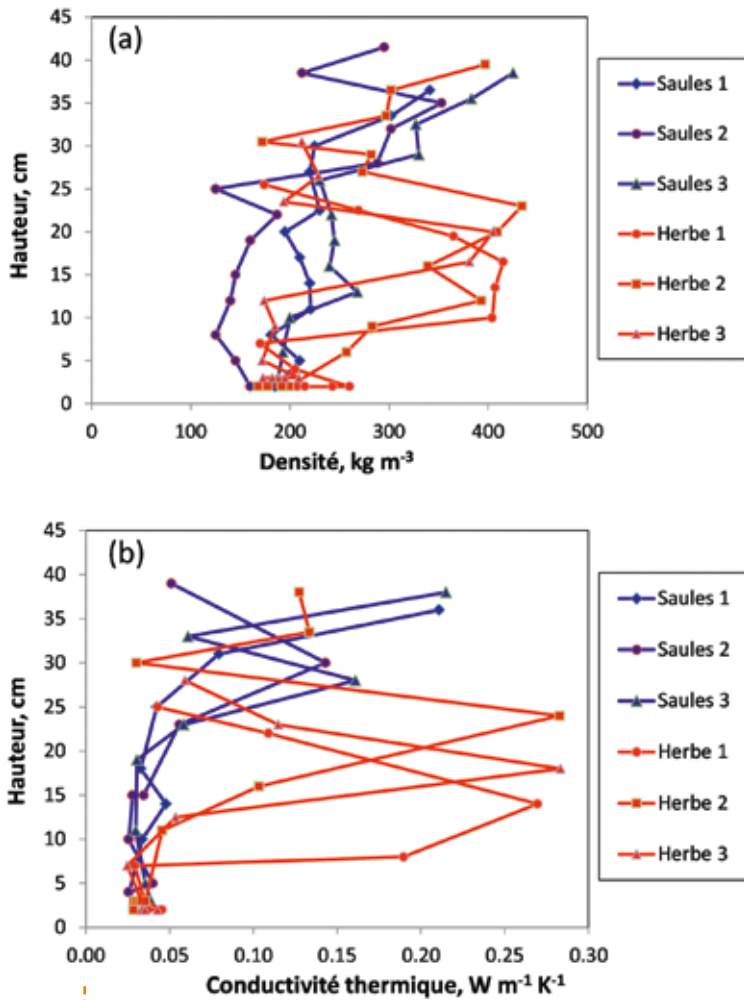


Figure 6 - Densité (a) et conductivité thermique (b) de la neige sur la toundra herbacée et dans les saules à l'île Bylot en mai 2015.

Les saules empêchent la compaction de la neige, qui reste donc de faible densité, alors que sur la toundra herbacée l'action du vent forme des **plaques à vent** beaucoup plus denses (Figure 6a). Ces conditions favorisent la transformation de la neige en givre de profondeur sur quasiment toute l'épaisseur du manteau neigeux dans les saules. Ce type de neige a d'excellentes propriétés d'isolation thermique (Figure 6b), ce qui limite le refroidissement hivernal du sol. Ces processus ont été modélisés en utilisant le modèle de neige Crocus et le modèle de surface continentale ISBA⁴. Les résultats (Figure 7) indiquent une température minimale du sol qui peut être jusqu'à 13 °C plus élevée sous les saules.



PLAQUES À VENT

Terme officiel, utilisé par exemple dans les bulletins d'avalanche et par les montagnards et skieurs. Il s'agit de neige croutée très dure et dense, formée de grains fins tassés par le vent.



© Paolo Verzone

La validation de cette simulation a été retardée, car les capteurs de température dans le sol sous les saules ont été grignotés par les renards. Ces résultats, ainsi que ceux de la section 2.1, montrent que la présence de buissons peut limiter significativement le refroidissement hivernal du sol, contribuant au réchauffement du pergélisol.

Cependant une conclusion définitive et générale quant au rôle des buissons est sans doute prématurée. Tout d'abord, les conditions sont différentes chaque année et il est possible, voire probable, que différentes conditions météorologiques puissent mener à des résultats différents. Par exemple, les buissons absorbent la radiation solaire et réchauffent donc la neige à l'automne, ce qui pourrait mener à la formation de croûtes de regel denses et conductrices. Bien que ce processus n'ait pas encore été observé à Bylot, il pourrait mener à un refroidissement hivernal du sol plus important sous les saules. Un suivi sur plusieurs années est donc indispensable pour détecter l'ensemble des processus intervenant dans les interactions végétation-neige-pergélisol.



4. F. Dominé, M. Barrere, S. Morin, 2016



Ensuite, la modélisation de ces processus est actuellement insuffisamment élaborée. Outre le détail des impacts des divers types de végétation mentionné plus haut, la modélisation de la neige arctique n'est pas satisfaisante⁵, en particulier car elle ne reproduit pas correctement la formation de givre de profondeur. Ceci se traduit par une mauvaise simulation du gel du sol à l'automne et de son dégel au printemps, comme illustré sur la [Figure 7](#).



5. F. Dominé, M. Barrere, D. Sarrazin, 2016

Un autre exemple est la difficulté de simuler l'impact des saules sur les propriétés optiques de la neige, aspect où l'on manque cruellement de données expérimentales.

3.3- Croissance des bouleaux à Umiujaq et bilan carbone du sol

Les sols de la vallée de Tasiapik près d'Umiujaq sont sableux. Ce sont des plages émergées, soulevées de plus de 150 m par le réajustement isostatique suite à la fonte de la calotte des Laurentides il y a 15 000 à 6 000 ans⁶. Ces sols sableux sont très pauvres en matière organique, <1 kg m⁻². Sous les zones de lichen, la litière est très mince, et elle devient de plus en plus épaisse à mesure que les bouleaux croissent ([Figure 8](#)). Nous avons analysé des profils verticaux de teneur en carbone des sols pour divers types de couverts végétaux. Parallèlement, nous avons daté les bouleaux par dendrochronologie. Ceci a été réalisé en prélevant les collets, c'est-à-dire la jonction racine-tronc de l'arbuste. L'objectif était de quantifier le taux d'accumulation du carbone dans le sol dû à la croissance des bouleaux.



6. N. Bhiry et al., 2011

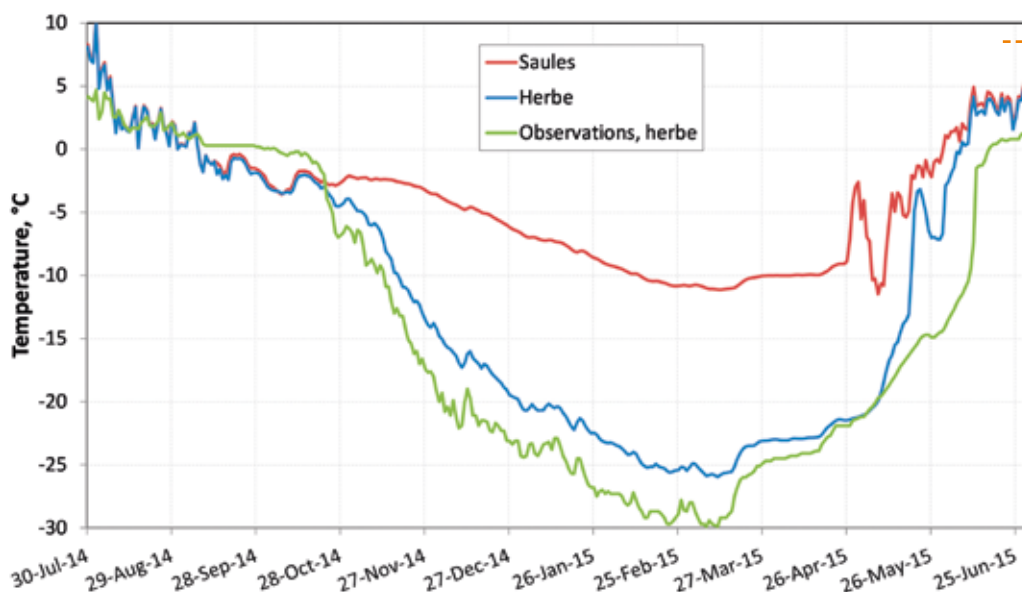


Figure 7 - Modélisation de la température du sol à 5 cm de profondeur pour deux types de couverts végétaux: saules et herbe. Les mesures obtenues sous l'herbe sont également rapportées.



Figure 8 - Profils de sols montrant les différences de litière sous les lichens (*Cladonia stellaris*) et les bouleaux (*Betula glandulosa*).



Figure 9
Lame mince colorée de collet de bouleau glanduleux permettant la détermination de son âge par comptage des cernes de croissance. À noter que certains cernes ont une épaisseur $10\ \mu\text{m}$.

Nous avons examiné la corrélation entre la quantité de carbone dans le sol et l'âge des bouleaux. La corrélation s'est révélée faible ($R^2=0.17$) car la vitesse de croissance des bouleaux, évaluée par l'épaisseur des cernes de croissance (Figure 9), est très variable selon les sites. Ainsi des bouleaux situés dans des creux favorisant l'accumulation de neige croissent plus vite que d'autres situés sur des buttes. Le diamètre des collets, indicateur de la biomasse accumulée par les bouleaux, s'est révélé être bien mieux corrélé au carbone du sol (Figure 10).

Ceci signifie tout simplement que la quantité de carbone accumulé dans le sol est approximativement proportionnelle à la biomasse des bouleaux. Cependant, le taux d'accumulation annuel dépend fortement du site, qui détermine les conditions de croissance des bouleaux. La vitesse de croissance moyennée sur les 5 sites de bouleaux étudiés est de $0.19\ \text{kg C m}^{-2}\ \text{an}^{-1}$.



Tg

Téragramme =
 10^{12} gramme =
1 million de tonnes

Si cette valeur est valable sur $10^6\ \text{km}^2$, soit 1/5 de la surface de pergélisol canadien, le flux de CO_2 est alors de $190\ \text{Tg}$ par an, soit environ autant que le flux de carbone du pergélisol arctique vers les systèmes aquatiques (eaux douces et océan arctique), estimé à $180\ \text{Tg}$ par an⁷. Toutes ces estimations sont entachées de très importantes incertitudes, mais les résultats obtenus à Umiujaq indiquent que le puits de carbone dans le sol dû à l'accroissement de la biomasse est un processus à prendre en compte dans le bilan carbone des sols arctiques. Le site d'Umiujaq vient d'être équipé pour la mesure de flux de CO_2 , ce qui fournira des données complémentaires permettant de préciser nos estimations actuelles.



7. B. W. Abbott et al., 2016

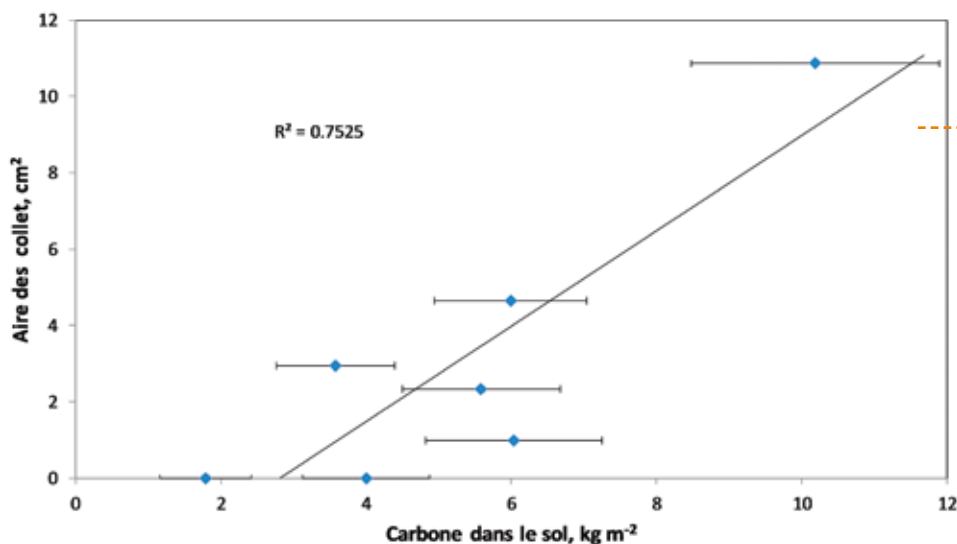


Figure 10 - Corrélation entre le carbone accumulé dans le sol et l'aire des collets des bouleaux glanduleux.

4

CONCLUSION

Les processus affectant le bilan d'énergie et de carbone du pergélisol sont complexes et beaucoup ne sont pas décrits dans les modèles les plus sophistiqués actuels, ce qui limite considérablement notre capacité à en projeter l'évolution. Les deux exemples des interactions neige-végétation détaillés ici suggèrent que la croissance de la végétation arbustive sur la toundra mène à un réchauffement hivernal du sol. Cependant, des processus estivaux comme l'ombrage du sol par les arbustes ou la croissance d'une couche de mousse isolante sous ceux-ci peuvent moduler les effets hivernaux. Une grande variété de conditions météorologiques hivernales

non encore observées pourrait également modifier les propriétés de la neige, menant à une conclusion différente. Un suivi à long terme est donc indispensable pour une quantification et modélisation fiable des rétroactions de la [Figure 1](#).

Concernant le bilan carbone du pergélisol, quantifier l'impact de la croissance arbustive a été difficile dans le passé, car séparer ce terme de la respiration des sols peut être source d'incertitude^{2,3}. À Umiujaq où ce dernier processus est faible, nos travaux préliminaires indiquent que l'arbustation est un puits de carbone conséquent, mais sa détermination précise requiert un échantillonnage plus large.



2. M. Forkel et al., 2016
3. M. Wilmking, J. Harden, K. Tape, 2006

RÉFÉRENCES

- M. Sturm et al., Snow-shrub interactions in Arctic tundra: A hypothesis with climatic implications. *J. Clim.* **14**, 336-344 (2001).
- M. Forkel et al., Enhanced seasonal CO₂ exchange caused by amplified plant productivity in northern ecosystems. *Science*, (2016).
- M. Wilmking, J. Harden, K. Tape, Effect of tree line advance on carbon storage in NW Alaska. *Journal of Geophysical Research-Biogeosciences* **111**, (2006).
- F. Dominé, M. Barrere, S. Morin, The growth of shrubs on high Arctic tundra at Bylot Island: impact on snow physical properties and permafrost thermal regime. *Biogeosciences* **13**, 6471-6486 (2016).
- F. Dominé, M. Barrere, D. Sarrazin, Seasonal evolution of the effective thermal conductivity of the snow and the soil in high Arctic herb tundra at Bylot Island, Canada. *The Cryosphere* **10**, 2573-2588 (2016).
- N. Bhiry et al., Environmental change in the Great Whale River region, Hudson Bay: Five decades of multidisciplinary research by Centre d'Études nordiques (CEN). *Écoscience* **18**, 182-203 (2011).
- B. W. Abbott et al., Biomass offsets little or none of permafrost carbon release from soils, streams, and wildfire: an expert assessment. *Environ. Res. Lett.* **11**, (2016).

PROGRAMME RENKER

Les Rennes à Kerguelen : distribution, dynamique et impacts potentiels sur les écosystèmes d'une espèce introduite



© Romuald Bellec

NIGEL GILLES YOCCOZ

nigel.yoccoz@uit.no

🏠 Professeur,
Département
de Biologie Arctique
et Marine, Université
Arctique de Norvège

ANNE LOISON

anne.loison@univ-savoie.fr

🏠 Directrice de
Recherches CNRS,
Université Savoie
Mont-Blanc

JEAN-MICHEL GAILLARD

jean-michel.gaillard@univ-lyon1.fr

🏠 Directeur de Recherches
CNRS, Université Lyon

Les espèces introduites constituent une des causes majeures des changements récents des écosystèmes et de la biodiversité. Le renne a été introduit à Kerguelen en 1955, et a colonisé depuis une partie de la Grande Terre, mais son impact et la dynamique de sa population étaient peu connus. Le programme IPEV Renker, en collaboration avec la Réserve naturelle des terres australes, a permis de déterminer sa répartition actuelle et son effectif – environ 2000 individus en fin d'hiver. La population semble stable, avec des taux de reproduction assez bas. La cause pourrait bien être le régime alimentaire exceptionnel du renne, composé à 90-100 % d'*Acaena*, la plante dominante à basse altitude à Kerguelen. Cette plante ligneuse, de mauvaise qualité en hiver, constituerait le facteur limitant pour le renne et expliquerait la faible densité et la relative stabilité des effectifs. L'impact du renne sur les écosystèmes terrestres semble donc relativement limité, mais il reste à mieux comprendre à long terme les impacts directs et indirects, dans le contexte actuel d'expansion de plusieurs espèces introduites de plantes, comme les pissenlits.

Introduced species are one of the main causes of recent changes of ecosystems and biodiversity. Reindeer were introduced to Kerguelen in 1955, and has since colonized parts of Grande Terre, but its impact and population dynamics were little known. Program IPEV RENKER, in collaboration with the Nature Reserve of Terres Australes, has determined its current distribution and its population size – about 2000 individuals at the end of the winter. Population appears stable, with relatively low reproduction rates. The cause seems to be the rather exceptional diet of reindeer, made of 90-100 % *Acaena*, the dominant plant species at low elevation on Kerguelen. This woody plant, of low quality in winter, could be the main limiting factor for reindeer, and would explain the low density and the relative stability of population size. Reindeer impact on terrestrial ecosystems seems rather small, but it remains to understand the long-term direct and indirect impacts, in a context of colonization by multiple introduced plant species, such as dandelions.





Les objectifs du programme IPEV 1081 étaient de pallier aux manques de connaissances concernant une des nombreuses espèces introduites sur l'archipel de Kerguelen, le renne (*Rangifer tarandus*). Nous voulions d'une part mieux connaître les effectifs et le fonctionnement de sa population, et d'autre part évaluer son impact sur les écosystèmes terrestres. Le renne a fait l'objet de nombreuses études dans les régions boréales et arctiques, ainsi qu'en Géorgie du Sud où il avait été introduit il y a plus d'un siècle, mais les synthèses récentes montrent une très grande variabilité des interactions entre végétation et rennes. Les spécificités du climat et de la végétation de Kerguelen rendaient donc indispensables des études directes sur le terrain. Les résultats obtenus ont démontré en effet l'originalité du système herbivores-plantes autochtones et introduites dans les îles Kerguelen. Ces résultats ont permis en particulier d'informer à court terme certaines décisions de gestion prises par la Réserve naturelle des terres australes françaises.

1.

DISTRIBUTION, DÉMOGRAPHIE ET DYNAMIQUE

Le renne a été introduit en 1955 à partir d'une dizaine d'individus en provenance de Suède. Une partie de la population était cantonnée sur l'île Haute et a fait partie d'un suivi relativement détaillé, mais les observations sur la Grande Terre depuis l'introduction étaient restées assez anecdotiques. Notre premier objectif était donc de déterminer la répartition des rennes, ce que nous avons pu faire au cours de trois campagnes d'été en 2011/12, 13/14 et 14/15. La distribution actuelle est loin de couvrir toute la Grande Terre, et reste concentrée sur le Plateau Central et la péninsule Courbet, avec des limites :

1. au NW proches du Val des Entrelacs,
2. au SW au niveau de la Plaine Ampère,
3. et une absence de colonisation de la péninsule Ronarch, avec seulement quelques petits groupes sur la Péninsule Jeanne d'Arc.

Par rapport aux observations faites au cours des 3 dernières décennies, cette distribution semble ne pas avoir beaucoup évolué.

Estimer les effectifs et leur stabilité représentait un objectif important,

puisque l'impact d'un herbivore est en partie fonction de sa densité. C'est en même temps difficile à réaliser de manière précise, du fait de la topographie de la Grande Terre et des mouvements importants des troupeaux de rennes, même entre vallées. Les comptages à pied ont permis dans certains cas d'estimer les effectifs sur des zones restreintes, mais seuls les comptages en hélicoptère permettent d'avoir une vision plus globale des effectifs, particulièrement sur le Plateau Central où une grande partie des rennes sont concentrés. Le comptage en hélicoptère réalisé le 18 décembre 2013, à partir de Port-aux-Français (environ 2h de vol pour 130 km de transects parcourus à une vitesse d'environ 100 km/h et à 100-200 m au-dessus du sol) nous a permis de compter 743 rennes de plus d'un an sur une surface d'environ 300 km². En utilisant les distances aux groupes détectés, nous pouvons estimer le nombre de rennes qui n'ont pas été vus lors du comptage – environ 150 – ce qui correspond à une densité de 3 rennes/km². En combinant cette estimation aux autres comptages réalisés lors des 3 campagnes, nous estimons que les effectifs de rennes à Kerguelen au début de l'été austral sont au plus de 2000 animaux d'un an et plus. Une telle densité est plutôt faible



© Caroline Dekeyser / IPEV

Figure 1a - Femelle de renne avec son faon (Val Travers).

et correspond à ce qui est connu dans le haut Arctique (Svalbard par exemple) et est bien plus faible que ce qui était connu en Géorgie du Sud (30-50/km²). Un tel effectif de 2 000 individus avait été proposé par Lesel et Derenne pour la Grande Terre en 1974 (et aussi par Pascal un peu plus tard), mais uniquement sur la base d'un modèle de croissance qui était sans doute optimiste.

Cette faible densité correspond aux densités de fèces (crottes) estimées lors des relevés de végétation réalisés pour analyser le régime alimentaire (voir plus bas). Nous avons calibré cette approche dans le nord de la Norvège avec des densités comprises entre 2 et 25 rennes/km². À Kerguelen, environ 2 à 3 % de nos quadrats de 40x40 cm avaient des fèces de rennes, ce qui correspond à des densités de 2-3 rennes/km², ce qui est cohérent avec notre estimation par comptage.



Figure 1b - Mâles au Halage des Swains, à proximité de Port Jeanne d'Arc.

N'ayant réalisé qu'un seul comptage par hélicoptère, nous ne pouvons rien dire sur la stabilité globale des effectifs, mais nous avons pu compter avec une bonne précision une vallée de l'ouest du Plateau Central, Val Travers, lors de 3 campagnes d'été. Avec entre 173 et 179 rennes de plus d'un an, ce groupe apparaît remarquablement stable, et des photos du même groupe prises par le programme Subanteco il y a une dizaine d'années donnent un effectif similaire.

Cette stabilité semble associée à des taux de reproduction relativement bas : en effet lors des comptages effectués en début d'été, il est facile de reconnaître les jeunes faons, et ceux-ci ne représentaient le plus souvent qu'entre 20 et 40 % des groupes. Sachant qu'une femelle renne ne donne naissance qu'à un seul faon, et le plus souvent ne commence à se reproduire qu'à l'âge de 2 ans, il faudrait des pourcentages de femelles se reproduisant d'environ 70 % pour expliquer de telles proportions de faons. Leader-Williams en Géorgie du Sud avait observé des taux proches de 100 %. Nous pensons que ces faibles taux sont une conséquence du régime alimentaire particulier des rennes à Kerguelen, associé aux conditions climatiques hivernales difficiles.



© Gilles Nigel Yoccoz / IPEV

Dans la mesure où nous n'avons pas marqués d'individus, il nous était impossible d'estimer les taux de survie. Les seules observations que nous avons pu faire concernent les cadavres retrouvés lors des comptages et transits réalisés pendant les campagnes d'été. Ces cadavres étaient presque exclusivement d'individus de moins d'un an, ou d'adultes dont les dents étaient très usées. La mortalité importante des jeunes lors du premier hiver est un phénomène courant chez les ongulés. L'usure des dents est vraisemblablement associée au régime alimentaire hivernal des rennes, et conduit à la mort des rennes de par leur incapacité à pouvoir broyer leur nourriture avant la digestion. C'est également un phénomène bien connu chez de nombreux ongulés, et qui explique par exemple la mortalité forte des rennes à partir de 7-8 ans au Svalbard, une autre population sans prédateurs, alors que la mortalité est presque nulle avant.

2.

RÉGIME ALIMENTAIRE DU RENNE

L'impact d'un herbivore sur la végétation dépend des espèces consommées. Le renne est une espèce sélective, dont le choix dépend de la disponibilité et de la qualité des espèces, deux caractéristiques qui varient fortement au cours de l'année et au sein de l'archipel. Pour déterminer les espèces consommées, nous avons utilisé la méthode de l'"ADN environnemental" sur les fèces de renne prélevées dans différentes parties de l'aire de distribution. Cette méthode identifie les espèces grâce aux fragments d'ADN, fragments correspondant à un ou des marqueurs choisis a priori. Ces fragments sont assez courts afin d'avoir de bonne chance d'être retrouvés intacts même après avoir été dégradés par la digestion ou, mais ils doivent être aussi différents entre espèces de plantes. Nous avons utilisé cette méthode en collaboration avec le LECA¹, qui a réalisé à la fois le séquençage des espèces de Kerguelen, afin d'identifier les espèces, et les extractions d'ADN des fèces.

Le renne est à Kerguelen une espèce essentiellement monophage, avec entre 89 et 99 % d'*Acaena magellanica* consommée. Ensuite vient une espèce introduite, le pissenlit entre 0 et 5 % (principalement *Taraxacum erythrospermum* là où le renne est présent, l'autre pissenlit *Taraxacum sect. ruderalis* étant rare sur le Plateau Central). Les espèces autochtones comme l'azorelle (*Azorella selago*) ou le chou de Kerguelen (*Pringlea antiscorbutica*) n'ont été que très rarement détectées. À titre de comparaison, nous avons utilisé la même méthode sur des fèces de lapin (*Oryctolagus cuniculus*), l'autre herbivore introduit sur la Grande Terre, et même si *Acaena* domine également (entre 65 et 100 %), le pissenlit est nettement plus consommé (jusqu'à 35 %).



1. Ludovic Gielly, Pierre Taberlet, Université Grenoble-Alpes

Cette domination n'est pas étonnante, compte tenu de l'importance des landes à *Acaena* à Kerguelen, et de la bonne qualité nutritive de cette espèce pendant la période végétative (forte teneur en azote en particulier).

En plus des comptages rennes et des prélèvements de fèces de rennes et lapins, nous avons réalisé des relevés de végétation dans différents sites de la Grande Terre. Ces relevés, réalisés soit de manière systématique pour avoir une estimation représentative de la végétation, soit de manière opportuniste là où nous avons trouvé des fèces de rennes afin de comparer le choix des rennes et ce qui était disponible, confirment qu'*Acaena* constitue l'espèce dominante. Même si d'autres communautés végétales sont bien sûr présentes, comme celles dominées par *Azorella selago* ou celles en milieux humides avec des mousses et des joncs, les landes à *Acaena* représentent l'élément dominant des zones de basse altitude à Kerguelen. C'est là aussi une différence considérable avec la Géorgie du Sud, où d'autres espèces et en particulier des graminées comme *Poa flabellata* avaient une grande importance pour le renne alors qu'*Acaena* jouait un rôle plus mineur. Il n'existe pas de situations

analogues dans l'Hémisphère Nord, où le régime alimentaire du renne, en particulier en été, est beaucoup plus diversifié.

Cette importance d'*Acaena* dans le régime alimentaire du Renne a deux conséquences. D'abord, elle pourrait expliquer les faibles performances démographiques de cette population. Si *Acaena* a de bonnes qualités nutritives en période de végétation (printemps-été), il n'en est pas de même en hiver. Cette Rosacée perd en effet ses feuilles en hiver, et seules les tiges ligneuses, de mauvaise qualité nutritive, sont alors accessibles aux rennes. Cette alimentation ligneuse est sans doute aussi à l'origine de l'usure importante des dents de rennes observée sur les cadavres. Ensuite, comme *Acaena* est l'espèce dominante de Kerguelen, et représente la grande majorité du régime alimentaire du renne, l'impact direct du renne est a priori limité. Contrairement à ce qui avait pu être écrit, nous n'avons pas en particulier observé d'impact quantitatif important du renne sur *Azorella*, les dégradations étant très locales.

Figure 2 - Troupeau de rennes observé lors du comptage par hélicoptère (Gave de l'Azorelle, Réserve Naturelle). Environ 370 individus de plus d'un an et 90 faons.



© Aymeric Bodin / Réserve Naturelle

Pour mieux comprendre le rôle joué par les rennes et les lapins, nous avons mis en place lors de la première campagne d'été de petits exclos (50x50 cm) à Molloy, à une dizaine de kilomètres de Port-aux-Français. Nous avons utilisé deux types de mailles, une à grande maille permettant aux lapins de brouter à l'intérieur, alors que l'autre plus petite excluait lapins et rennes. Seule l'exclusion du lapin a un impact à court terme (3 ans) sur la végétation - nous n'avons pas observé de différence entre contrôles et maille grande n'excluant que les rennes. L'exclusion du lapin conduit à une forte augmentation du pissenlit, et de certaines graminées autochtones comme *Agrostis magellanica*, alors que la réponse d'*Acaena* était variable mais en moyenne proche de zéro. Ceci confirme certains résultats obtenus sur les îles du Golfe par le programme Subanteco, et l'importance du lapin pour la limitation du pissenlit.



Figure 3a - Cadavre de rennes sur tapis d'*Acaena magellanica*, la plante qui constitue 90 à 100 % du régime alimentaire.

Figure 3b - Mandibule du même renne montrant l'usure presque complète des dents.



Figure 3c - Dents peu usées à titre de comparaison.

3.

CONCLUSION

La population de rennes à Kerguelen est plutôt stable, aussi bien pour sa répartition que pour ses effectifs. Cette population est loin d'avoir atteint des densités similaires à celles observées en Géorgie du Sud. Contrairement à la Géorgie, nous n'avons pas non plus d'indications que cette population a vu des phénomènes de croissance rapide suivie de mortalité massive, même si l'absence de suivi systématique ne permet pas de l'affirmer. Nous n'avons pas en particulier observé de mortalité très élevée après l'hiver rigoureux de 2014 (les mois d'août et septembre ont été les deuxièmes mois les plus froids à Port-aux-Français depuis 1950). Cette population apparaît donc limitée par les ressources alimentaires hivernales, en particulier le caractère ligneux d'*Acaena*, qui jouent sur la dynamique en influençant les taux de reproduction et la sénescence des individus via l'usure des dents.

4.

QUELQUES PERSPECTIVES SUR LA GESTION DES ESPÈCES INTRODUITES

L'éradication des espèces introduites est a priori souhaitable afin de conserver les espèces autochtones et de maintenir le fonctionnement des écosystèmes. C'est particulièrement le cas sur les îles subantarctiques, qui du fait de leur isolement ont une flore très peu diversifiée, qui résiste difficilement aux espèces introduites, et est constituée d'espèces à la répartition souvent limitée à quelques îles. Pour le renne à Kerguelen, une telle éradication serait difficile et coûterait probablement cher – l'éradication des rennes en Géorgie du Sud concernait une surface plus réduite, les rennes y étant présents essentiellement le long d'une bande côtière dans le nord-ouest de l'île. De plus, l'impact des rennes semble beaucoup plus limité qu'en Géorgie (et il faut rappeler que les rennes ont été en partie éradiqués en Géorgie pour permettre l'éradication des rats par empoisonnement), à cause de leur régime alimentaire composé d'*Acaena* et de leur faible densité. À court terme, une surveillance de la distribution des rennes, avec des mesures locales de contrôle pour empêcher la colonisation de nouvelles zones, semble être une solution facilement réalisable et qui a été retenue par la Réserve.

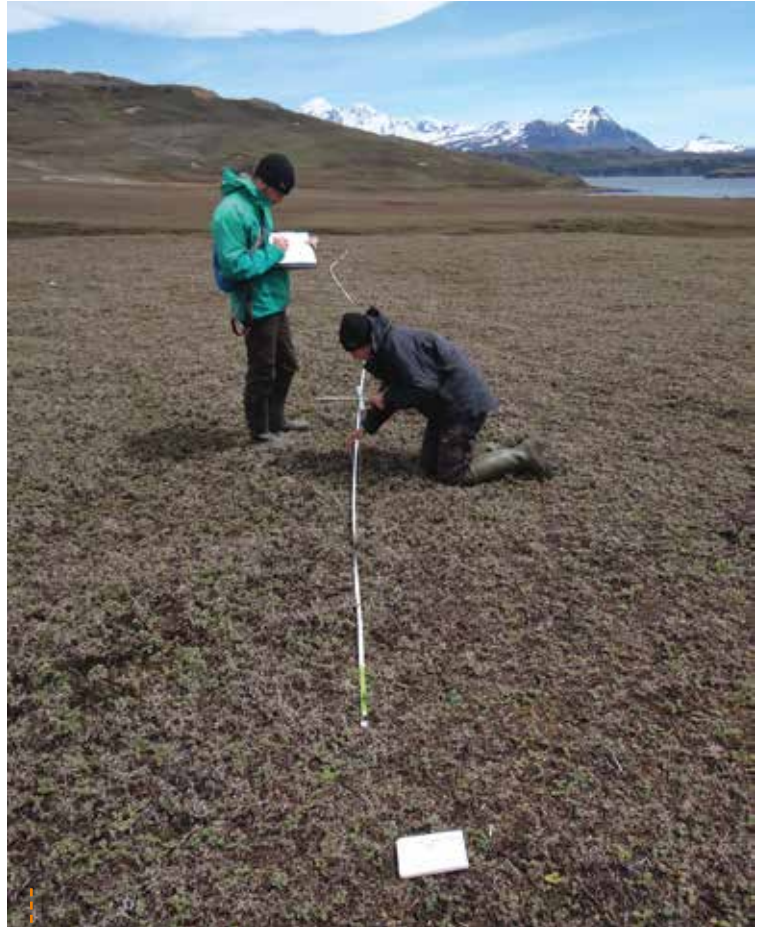


Figure 4a - Relevé de végétation près du Halage des Swains, avec comme plante dominante *Acaena*.

Figure 4b - Le pissenlit (ici *Taraxacum officinale*) peut devenir dominant (Péninsule Ronarch, photo Nigel Yoccoz/IPEV) et exclure les plantes autochtones.



À moyen terme, il reste à mieux comprendre l'impact des rennes et surtout des lapins sur la Grande Terre, l'essentiel de nos connaissances restant limité aux îles du Golfe. Cet impact est bien entendu négatif pour certaines espèces comme le chou de Kerguelen, mais il peut être aussi positif quand il s'agit de limiter certaines espèces introduites comme les pissenlits. Potentiellement, et surtout dans la perspective du réchauffement climatique attendu au cours des prochaines décennies, plusieurs espèces de plantes introduites sont à même de coloniser la plus grande partie de l'archipel, et d'avoir des conséquences importantes sur la structure et le fonctionnement des écosystèmes terrestres de Kerguelen.



Figure 5a - Exclos mis en place à Molloy, avec de petites mailles empêchant lapins et rennes de brouter. Le pissenlit y augmente.

Ces espèces sont bien plus difficiles à contrôler que les rennes, et il est difficile dans l'état de nos connaissances de savoir si les impacts indirects des mammifères introduits comme les rennes et les lapins, en limitant les plantes introduites et donc leur impact sur les plantes autochtones, sont moins importants que leurs impacts directs. Ces difficultés ne sont bien entendu pas spécifiques à Kerguelen, et constituent souvent de sérieux casse-tête pour les gestionnaires, autant que pour les scientifiques.

Ce projet a pu être réalisé sur le terrain avec **Caroline Dekeyser (UiT ; CE 2011, 2013 et 2014)**, **Baudouin des Monstiers (ResNat ; CE 2014)**, **Aymeric Bodin (ResNat ; CE 2013)** et **Thibaut Thellier (ResNat ; CE 2011)**



Figure 3b - Autre exclos où *Acaena* a augmenté.

RÉFÉRENCES

- Bernes, C., K. A. Bråthen, B. C. Forbes, J. D. Speed, and J. Moen. 2015. What are the impacts of reindeer/caribou (*Rangifer tarandus* L.) on arctic and alpine vegetation? A systematic review. *Environmental Evidence* **4**:1-26.
- Bråthen, K. A., R. A. Ims, N. G. Yoccoz, P. Fauchald, T. Tveraa, and V. H. Hausner. 2007. Induced shift in ecosystem productivity? Extensive scale effects of abundant large herbivores. *Ecosystems* **10**: 773-789.
- Leader-Williams, N. 1988. *Reindeer on South Georgia*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Lesel, R., and P. Derenne. 1975. Introducing animals to îles Kerguelen. *Polar Record* **17**: 485-493.
- Soininen, E. M., L. Zinger, L. Gielly, N. G. Yoccoz, J.-A. Henden, and R. A. Ims. 2017. Not only mosses: lemming winter diets as described by DNA metabarcoding. *Polar Biology*: in press.

PROGRAMME SURVOSTRAL

Surveillance de l'Océan Austral

ROSEMARY MORROW

rosemary.morrow@legos.obs-mip.fr

🏠 LEGOS, Toulouse
UMR5566 (CNRS, CNES, IRD,
Université Toulouse III, OMP)

ÉLODIE KESTENARE

elodie.kestenare@legos.obs-mip.fr

🏠 LEGOS, Toulouse
UMR5566 (CNRS, CNES, IRD,
Université Toulouse III, OMP)

Depuis 25 ans, le programme scientifique Survostral effectue régulièrement des observations océanographiques dans l'océan Austral, en utilisant l'*Astrolabe* comme plate-forme d'observation. Les observations incluent des XBTs qui mesurent un profil de température de la surface jusqu'à - 800 mètres de profondeur et des observations en continu de salinité de surface. L'échantillonnage régulier nous a montré comment la structure de la température de l'océan Austral a répondu au réchauffement climatique, avec des déplacements des fronts polaires vers le sud et une pénétration moins profonde des eaux froides d'hiver. Les séries temporelles de salinité de surface montrent également l'adoucissement des eaux de surface près de l'Antarctique qui a fortement accéléré après le vêlage du glacier de Mertz en 2010. La longue série temporelle est une précieuse "sentinelle" de la réponse de l'océan au forçage climatique. La surveillance Survostral continuera avec le nouveau navire *Astrolabe* au cours des prochaines années.

Over 25 years, the Survostral scientific program has been making regular oceanographic observations across the Southern Ocean, using the *Astrolabe* as its observation platform. The observations include XBTs which measure a temperature profile over 800 meters depth, and continuous underway surface salinity observations. The regular sampling has shown us how the Southern Ocean's temperature structure has adjusted to the warming climate, with shifts in the polar fronts and a shallower penetration of cool winter waters. The surface salinity time series also shows the net surface freshening near Antarctica that increased strongly after the Mertz Glacier calving in 2010. The long continual time series is a precious sentinel of the ocean's response to the climate forcing. The Survostral monitoring will continue with the new *Astrolabe* ship over the next years.



Figure 1a
L'*Astrolabe* à Dumont
D'Urville.

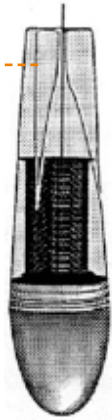
Figure 1c

Technique artisanale pour lancer les sondes XBT loin de la coque du navire, dans les conditions de mer forte.



Figure 1b

Une sonde XBT.



1.

LES ENJEUX ET LES MESURES

Depuis 25 ans, le programme scientifique Survostral a accompli une surveillance régulière de l'état de l'océan Austral, entre Hobart (Tasmanie) et Dumont d'Urville (DDU, base française en Antarctique), grâce aux observations menées à bord de l'*Astrolabe*. En effet, si le premier objectif de l'*Astrolabe* est de faire le transport de la logistique et des passagers vers DDU, le navire a toujours servi de plateforme d'observations océanographiques hors norme. À raison de 5 rotations (eg allers retours) par an entre fin octobre et début mars, l'*Astrolabe* traverse le courant circumpolaire en passant par les quarantièmes rugissants et les cinquantièmes hurlants. Pour les océanographes, c'est une opportunité précieuse d'observer cet océan lointain et rude, si fondamental pour notre climat. Le sud de la Tasmanie est un passage important des eaux subtropicales circulant de l'océan Pacifique vers l'océan Indien. Plus au sud, dans le cœur du courant circumpolaire, l'échange des eaux subpolaires se fait dans l'autre sens, c'est-à-dire de l'océan Indien vers l'océan Pacifique. Les conditions extrêmes en surface (vents forts, vagues importantes, températures froides) tant ressenties par les passagers de l'*Astrolabe* sont aussi les conditions qui favorisent le brassage des eaux de surface, et leurs plongées dans les abysses ou leurs remontées depuis les profondeurs. Une grande partie des eaux profondes à l'échelle du globe sont formées ou modifiées par les conditions extrêmes dans l'océan Austral. D'où notre intérêt de surveiller régulièrement ces eaux, de veiller à leurs évolutions et de comprendre leurs modifications.

Le programme Survostral a débuté en octobre 1992, avec l'idée géniale de lancer des sondes XBT (eXpendable BathyThermographe, cf. Figure 1) afin de mesurer la température entre la surface et - 800 mètres de profondeur à travers l'océan Austral, à partir des rotations de l'*Astrolabe*. Le programme a été initié par un trio de scientifiques : Jean-René Donguy de l'Institut de recherche pour le développement (IRD) à Nouméa, Gary Meyers du Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) en Australie et Dean Roemmich de la Scripps institution of oceanography aux États-Unis. L'année suivante, ils ont installé un thermosalinographe (TSG) pour effectuer des mesures en continu de la salinité de surface. Ce paramètre clé dans l'estimation de la stabilité de l'océan est également un indicateur de pluie et de la fonte de glace dans l'océan hauturier. Cette coopération internationale continue, assurée actuellement par un autre trio : Rosemary Morrow, du Laboratoire d'études en géophysique et océanographie spatiales (LEGOS) en France, Rebecca Crowley du CSIRO et Janet Sprintall de la Scripps. L'Institut polaire français a fortement soutenu ces observations depuis 25 ans.

Les mesures XBT sont faites sur 3 rotations au début du réchauffement de l'océan au printemps (octobre - novembre), au milieu de l'été (décembre - janvier) et au début du refroidissement (février - mars). Il est important d'assurer un tir toutes les 2 heures, 24 heures sur 24 et par tout temps, pendant les traversées qui durent environ 6 jours. Cette cadence s'intensifie aux passages des fronts polaires, avec un tir toutes les heures, soit pendant 36h. Depuis 25 ans, une centaine de volontaires scientifiques ont assuré l'acquisition de ces observations, malgré les conditions difficiles et le mal de mer pour bon nombre d'entre eux.

2.

EN 20 ANS, COMMENT CETTE COUCHE DE TEMPÉRATURE ENTRE 0-800 MÈTRES A-T-ELLE CHANGÉ ?

Chaque saison, le programme Survostral permet d'obtenir 4-6 sections verticales de température entre la surface et - 800 mètres de profondeur, grâce aux sondes XBTs. La [Figure 2](#) ci-dessous illustre la température de surface (SST) moyenne du nord au sud le long de la ligne de mesures et en particulier la diminution de la SST à travers les fronts polaires. Dans la région entre le front Subtropical (STF) et le front Subantarctique (SAF) où les eaux de subsurface se forment en hiver, la SST reste assez constante en été, avec 9-10° en moyenne.



© Bruno et Marie Cusa

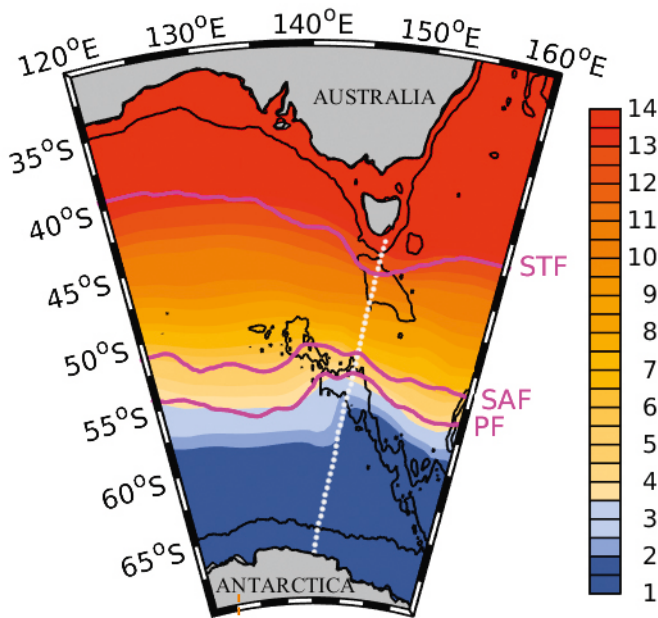
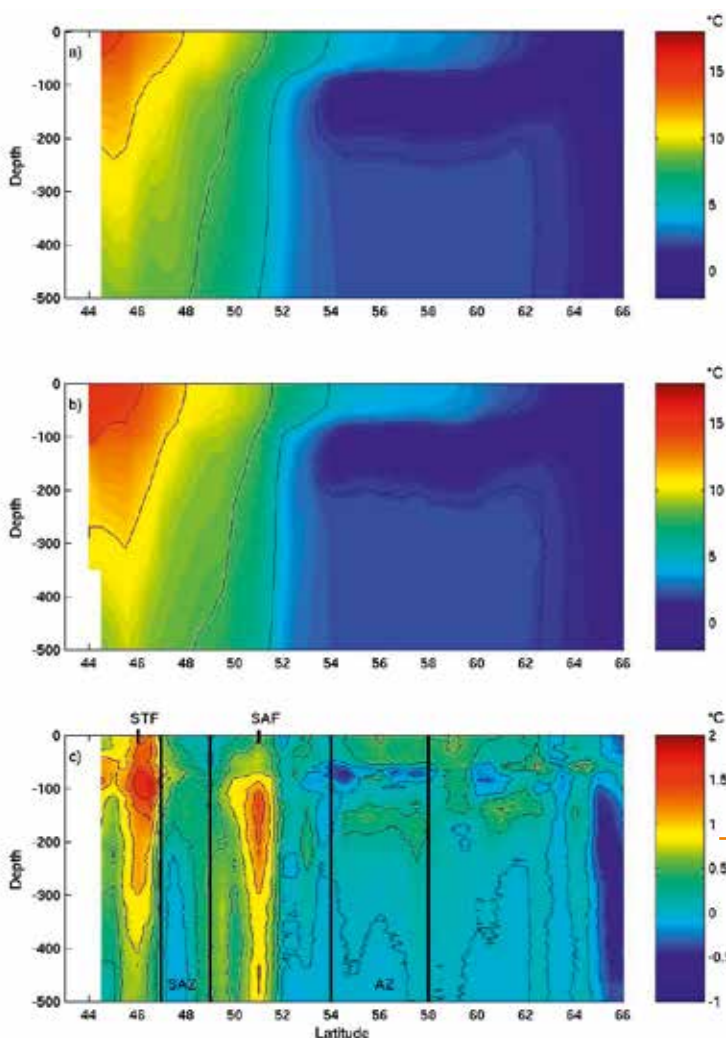


Figure 2 - En couleur : la température de surface (SST) moyenne estivale (DJFM) issue de données satellitales et in situ (Reynolds), avec la position moyenne de mesures Survostral (ligne pointillée blanche) entre la Tasmanie et l'Antarctique. En rose, les fronts subtropicaux (STF) et subantarctique (SAF) et le front polaire (PF).

Mais la température en profondeur montre une autre histoire. La [Figure 3](#) montre la structure de la température dans les premiers 500 mètres avec les données Survostral, moyennées sur 2 périodes : 1992-1996 pour le début de notre série et 2000-2004, 8 ans plus tard. Au premier regard, les 2 moyennes se ressemblent, avec des eaux chaudes subtropicales près de la Tasmanie vers 44°S, des forts gradients de température au niveau des fronts Subantarctiques et Polaire vers 50°S et des eaux froides près de l'Antarctique vers 66°S. Au sud des fronts polaires, une langue d'eau très froide entre 100 mètres et 200 mètres de profondeur témoigne de la limite des eaux d'hiver (froides et peu salées). Ces moyennes en été montrent que les eaux de surface sont réchauffées de quelques degrés.



La carte des différences entre les 2 périodes (Figure 3, en bas) montre que les fronts subtropicaux (STF) et subantarctique (SAF) se sont déplacés vers le sud. Le front subtropical correspond à la limite sud des eaux subtropicales, chaudes et salées : en une dizaine d'années, il y a eu un déplacement de ces eaux vers le Pôle Sud. Le front subantarctique est associé au courant circumpolaire, également déplacé vers le sud. En revanche, la langue d'eau formée en hiver en subsurface est devenue plus mince et plus proche de la surface. L'ensemble de la section s'est réchauffé mais pas uniformément car les différentes couches d'eau de l'océan Austral réagissent chacune avec leur propre dynamique. Nos études complémentaires ont montré que ce réchauffement en profondeur a contribué à la hausse du niveau de la mer dans l'océan Austral, associé aux renforcements et déplacements des vents vers le sud¹. Enfin, le déplacement des fronts vers le sud a aussi eu un impact sur la distribution des espèces du phytoplancton² et sur l'absorption de CO₂³.



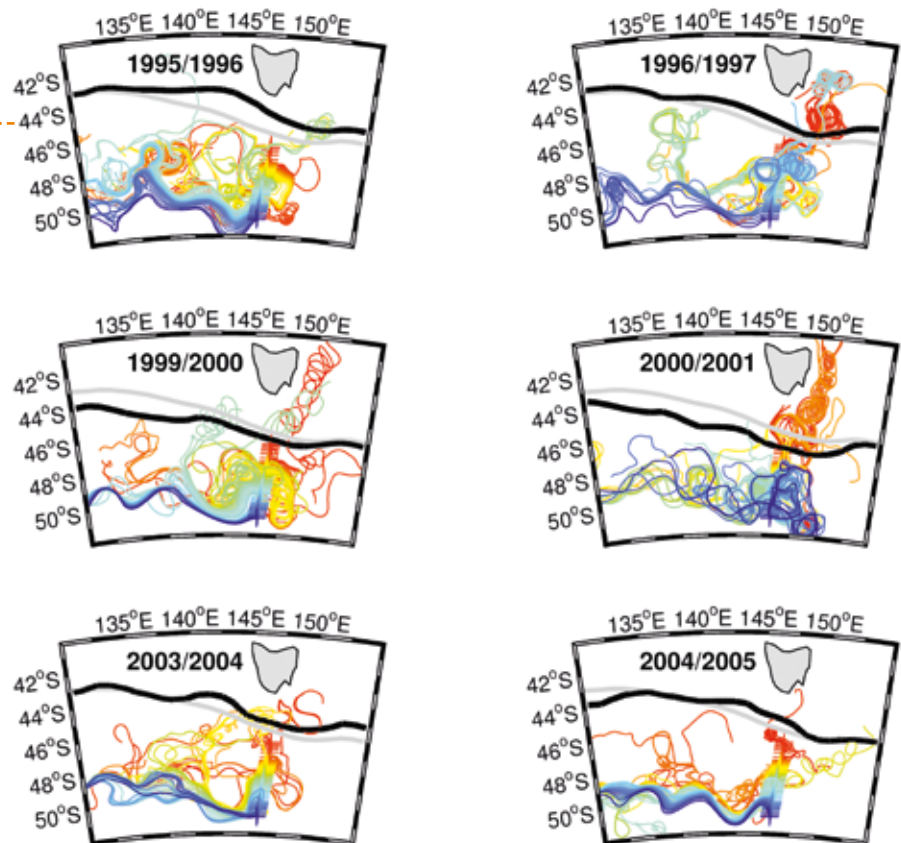
1. Morrow et al., 2008
2. Cubillos et al., 2007
3. Breviere et al., 2006

Figure 3 - Moyenne estivale (DJFM) de la température le long de la ligne Survostral en °C entre 0-500-m pour 1992-1996 (en haut) et 2000-2004 (au milieu). Différence 2000/2004 – 1992/1996 (en bas).



Ces changements ne se réalisent pas de façon constante dans le temps. Les données satellites peuvent fournir des informations précieuses sur les chemins pris par les eaux qui traversent la ligne Survostral chaque année. La [Figure 4](#) montre un exemple pour 6 saisons estivales: des pseudo-particules sont lâchées en surface en novembre et, portées par les courants altimétriques, elles passent la ligne Survostral en mars. On voit que certaines années, il y a beaucoup d'eau d'origine subtropicale qui atteint la ligne Survostral (eg 2000/2001), tandis qu'en 1995/1996, les eaux prennent leur origine dans la zone subantarctique. Ces analyses complémentaires sont indispensables pour bien interpréter la variabilité des observations vue sur notre ligne de mesures.

Figure 4
Trajets des eaux de surface qui traversent la ligne Survostral en mars, représenté ici pour 6 saisons différentes. Les couleurs indiquent la provenance des eaux: en bleu au sud, proche du SAF, et en rouge au nord, proche du STF. (Morrow et Kestenare, 2014).



3

LA SALINITÉ DE SURFACE

La stratification de l’océan Austral est délicate car elle est stabilisée par un minimum de sel dans la couche supérieure. Cette stabilité est donc sensible aux changements des flux d’eau douce qui dépendent des variations de l’interface océan-atmosphère via les évaporations/précipitations et/ou de la fonte de la glace de mer. Les observations de la salinité de surface (SSS) du programme Survostral montrent qu’aux hautes latitudes, elle a baissé dans les années 1990 ; d’une part à cause de l’augmentation des précipitations entre 50-60°S pendant cette période¹ et d’autre part, de l’augmentation de la fonte de la glace près de l’Antarctique. Cependant, la baisse de la SSS n’a pas perduré après les années 2000⁴.

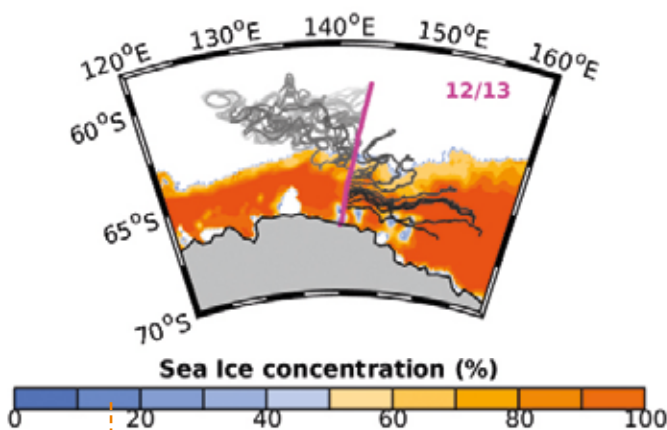


Figure 5a - Concentration de glace de mer en novembre (en couleur) extraite au CERSAT (Centre ERS d'Archivage et de Traitement) et (en gris) les chemins parcourus par les eaux observées entre novembre et mars (mois pour lequel les pseudo-particules atteignent la ligne Survostral), au sud de 60°S pendant la saison 2012-2013. En gris clair, les courants proviennent de l'ouest, et en gris foncé, proche de la côte Antarctique, les courants proviennent de l'Est.

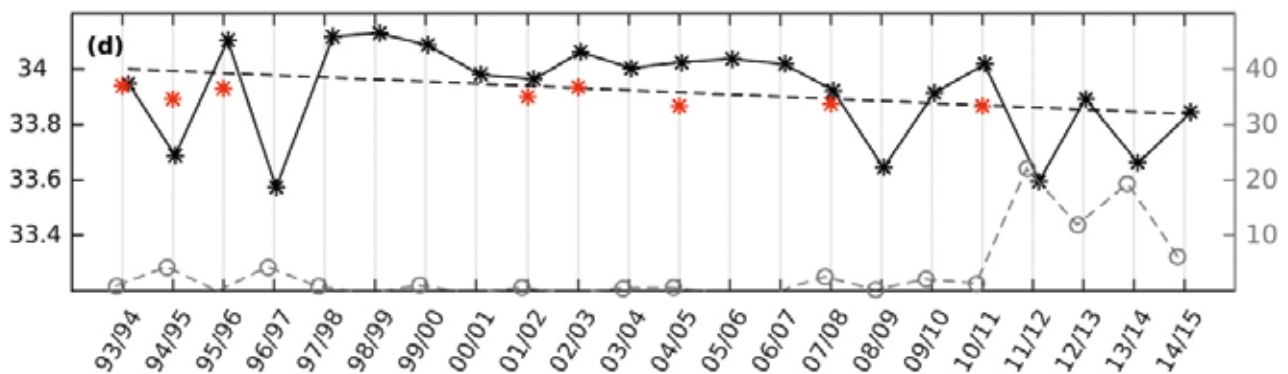


Figure 5b - Moyenne estivale (DJFM) de la SSS Survostral près de 65°S (étoiles noires) et couverture de glace de mer en novembre dans la boîte 140-145°E (ronds gris). Les points rouges correspondent aux données en profondeur prises par Aoki et al. (2013). La ligne pointillée montre la baisse de la salinité pour cette période de 0.08 unités par décennie. (Morrow et Kestenare., 2017)

Près de la côte en Terre Adélie dans la zone de glace de mer (Sea Ice Zone, SIZ, 60-66°S), les études de modélisation et des analyses à partir de données in situ ont toutes indiqué une baisse de la salinité en profondeur dans les dernières décennies, avec un impact sur le volume des eaux du fond formées, moins salées, moins denses⁵. Grâce à notre surveillance de la salinité de surface à long terme, nous avons pu donner un contexte plus continu de ces changements épisodiques⁶. La Figure 5 montre, dans la zone côtière, les fluctuations annuelles de la couverture de glace et la SSS dans les années 1990 : l’augmentation de glace de mer en novembre est associée à une baisse de la salinité l’été suivant. Par contre, dans les années 2000, la couverture de glace en novembre est faible mais une baisse constante de la SSS est évidente. Suite au vêlage du glacier de Mertz, à l’est de DDU en février 2010, une grande quantité de glace de mer a été libérée apportant davantage d’eau douce sur notre ligne de mesures, avec également des fluctuations bisannuelles de la SSS et de la glace de mer. Nous avons pu montrer que ces changements de couverture de glace de mer sont aussi en phase avec le déplacement des vents à grande échelle dans la région. Mais la série de 25 ans de mesures reste trop courte compte tenu des fluctuations climatiques dans la région. Par conséquent, une série temporelle plus longue est aussi nécessaire pour confirmer ces cycles et ces tendances.



1. Morrow, R., G Valladeau, and JB Sallée, 2008
 4. Morrow, R, E Kestenare , 2014
 6. Morrow R, E Kestenare, 2017



4.

UNE SÉRIE PRÉCIEUSE, POUR LA SCIENCE ET POUR L'OPÉRATIONNEL

Ces séries d'observations représentent un jeu de données in situ de référence unique ("benchmark") du changement de température dans la couche superficielle de l'océan et de la SSS dans l'océan Austral. Les SSS sont intégrées au Service national d'observations SNO-SSS. Elles sont utilisées pour valider les modèles numériques à haute ou basse résolution. Les observations Survostral sont aussi transmises en temps réel et sont assimilées dans les modèles opérationnels (Mercator, Bluelink, etc.). Survostral fournit une longue série temporelle précise à très haute résolution mais sur une section géographique fixe. Ces mesures sont parfaitement complémentaires de jeux d'observations in situ plus récents, telles que les données issues des flotteurs de surface (GDP – Global Drifter Program), des flotteurs

profilant de subsurface (ARGO), des profils acquis avec les animaux marins (phoques et éléphants de mer). Ces données GDP, ARGO, animaux marins fournissent une couverture spatio-temporelle plus large mais des séries temporelles plus courtes : par exemple, les premiers flotteurs ARGO ont été mis à l'eau dans l'océan Austral en 2002, mais la couverture spatio-temporelle n'est complète qu'à partir de 2005.

À partir d'octobre 2017, les observations Survostral seront assurées à bord du nouveau navire l'*Astrolabe* pour les 4 prochaines années au moins, assurant ainsi la continuité du jeu de données existant. 30 ans de données, cela fera une belle et inestimable série pour suivre les modes de variabilité et la réponse de l'océan Austral aux fluctuations climatiques aux échelles interannuelles et décennales.



© Bruno et Marie Cusa

RÉFÉRENCES

- Morrow, R., G Valladeau, and JB Sallée (2008). Observed subsurface signature of Southern Ocean decadal sea level rise. *Prog. Oceanogr*, 77 No 4, 351-366.
- Cubillos JC, Wright SW, Nash G, de Salas MF and others (2007) Calcification morphotypes of the coccolithophorid *Emiliania huxleyi* in the Southern Ocean: changes in 2001 to 2006 compared to historical data. *Mar Ecol Prog Ser* 348: 47-54. <https://doi.org/10.3354/meps07058>
- Breviere E, N Metzl, A Poisson and B Tilbrook (2006) Changes of the oceanic CO₂ sink in the Eastern Indian sector of the Southern Ocean. *Tellus*, 58B, 438-446.
- Morrow, R, E Kestenare (2014). Nineteen-year changes in surface salinity in the Southern Ocean south of Australia. *J. Mar. Sys*, doi: 10.1016/j.jmarsys.2013.09.011.
- Aoki, S., Y. Kitade, K. Shimada, K. I. Ohshima, T. Tamura, C. C. Bajish, M. Moteki, and S. R. Rintoul (2013), Widespread freshening in the seasonal ice zone near 140°E off the Adélie Land Coast, Antarctica, from 1994 to 2012, *J. Geophys. Res. Oceans*, 118, 6046-6063, doi: 10.1002/2013JC0090009.
- Morrow R, E Kestenare (2017). 22-year surface salinity changes in the Seasonal Ice Zone near 140°E off Antarctica. *J. Mar. Sys*. doi: 10.1016/j.jmarsys.2017.07.003.

PROGRAMME ECOPATH 1151

Circulation d'agents infectieux dans les populations de vertébrés coloniaux des terres australes : surveillance, compréhension et implications pour la gestion

THIERRY BOULINIER

thierry.boulinier@cefe.cnrs.fr

🏠 Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive, UMR 5175 CNRS-Université Montpellier, Montpellier

AMANDINE GAMBLE

amandine.gamble@cefe.cnrs.fr

🏠 Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive, UMR 5175 CNRS-Université Montpellier, Montpellier

JÉRÉMY TORNOS

jeremytornos@yahoo.fr

🏠 Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive, UMR 5175 CNRS-Université Montpellier, Montpellier

ROMAIN GARNIER

rg535@cam.ac.uk

🏠 Department of Veterinary Medicine, Disease Dynamics Unit, University of Cambridge, Cambridge, Grande-Bretagne

Les objectifs du programme ECOPATH 1151 concernent différentes questions liées à la circulation d'agents infectieux dans les populations de vertébrés coloniaux des terres australes. Les dynamiques éco-épidémiologiques sont étudiées en combinant différentes approches. Les questions ont des implications à la fois fondamentales, sur l'évolution du système immunitaire, mais aussi appliquées. Au sein de l'île d'Amsterdam, où des mortalités récurrentes de milliers de poussins d'albatros à bec jaune impliquent un agent infectieux, un vaccin est testé et le rôle des différentes espèces dans le maintien des épizooties est exploré. Les labbes subantarctiques se sont révélés fortement exposés à l'agent du choléra aviaire et leurs mouvements et interactions trophiques avec les rats peuvent contribuer à sa dissémination. Les travaux portent aussi sur les agents infectieux transmis par les tiques, abondantes dans certaines des colonies et dont la dispersion est contrainte par l'écologie de leurs hôtes. Les conséquences pour la mise en place de suivis éco-épidémiologiques sont étudiées.

The objectives of program ECOPATH 1151 relate to the circulation of infectious agents in vertebrate populations of southern polar areas. Eco-epidemiological dynamics are studied by combining different approaches, from field observations and experiments to laboratory analyses and modeling. The questions have basic and applied implications, from the evolution of the immune system to the control of deleterious infectious diseases threatening wild populations. Within Amsterdam Island, where recurrent massive die-offs of nestlings of the yellow-nosed albatross have been recorded, a vaccine is tested and the role of the local breeding species in disease maintenance is explored. Scavenging and predatory subantarctic skuas prove highly exposed to the agent of avian cholera and their movements and interactions with rats are likely to contribute to disease spread. At larger scales, research is notably focused on dispersal of tick-borne disease agents. Consequences for setting up disease surveillance programs are also explored.

Figure 1a - Colonie d'albatros à bec jaune dans la falaise d'Entrecasteaux, île d'Amsterdam.



1.

CONTEXTE ET OBJECTIFS DU PROGRAMME ECOPATH

La description et la compréhension des facteurs qui affectent la circulation d'agents infectieux dans les populations animales sont importantes d'un point de vue fondamental, mais aussi appliqué¹. Les populations de vertébrés sauvages des zones Subantarctique et Antarctique sont de plus en plus sujettes à des menaces infectieuses, en plus d'autres menaces environnementales. Il est primordial de disposer de données de base sur l'état éco-épidémiologique de ces systèmes, mais aussi de comprendre les processus sous-jacents à leurs dynamiques. Les populations de vertébrés se reproduisant en colonies sont particulièrement importantes à étudier dans ce contexte car elles peuvent subir des épisodes de mortalités pouvant atteindre des centaines voire des milliers d'individus et elles sont distribuées en unités discrètes, les colonies. La transmission d'agents infectieux au sein de et entre ces colonies peut être affectée par différents processus complexes (Figure 1a). Dans ce contexte, le programme Ecopath 1151 a pour objectif d'étudier comment la dispersion à grande échelle et les interactions locales entre hôtes et parasites peuvent affecter la circulation d'agents infectieux et ses conséquences possibles sur les populations d'hôtes.



AGENTS INFECTIEUX

Organismes capables de provoquer des maladies chez l'être vivant (encore appelé hôte) qu'ils infectent. Cette capacité est appelée pouvoir pathogène (qui provoque la maladie)



ANALYSES SÉROLOGIQUES

Analyses permettant de déterminer la présence et le taux d'anticorps spécifiquement dirigés contre un antigène donné, généralement un agent infectieux d'intérêt



GPS-UHF

Appareil GPS permettant l'acquisition de coordonnées GPS et leur transmission par ondes radio à une station via une antenne déployée temporairement sur le terrain

Dans ce but, les travaux menés combinent :

1. des analyses de laboratoire sur des échantillons prélevés sur le terrain dans le cadre de suivis à des échelles intra- et inter-annuelles dans un contexte spatialisé,
2. la conduite d'expérimentations de terrain
3. le développement de modèles théoriques.

L'acquisition de données et d'échantillons par le programme est coordonnée avec les activités de suivis déjà conduites dans des sites clefs par d'autres programmes scientifiques de l'IPEV, dont le programme Ornithoeco 109 mené par le Centre d'études biologiques de Chizé (CEBC). D'ailleurs, si le programme Ecopath a débuté formellement en 2015, les travaux sur ces thématiques mis en place dès 2011 via le programme Ornithoeco et la Réserve naturelle nationale des Terres australes permettent de disposer actuellement de plusieurs années de données et d'échantillons pour un site tel que la falaise d'Entrecasteaux, sur l'île d'Amsterdam. Au laboratoire, les travaux reposent sur des techniques sérologiques² et de biologie moléculaire, mais ont aussi permis la mise au point d'un vaccin. Sur le terrain, les suivis éco-épidémiologiques menés reposent principalement sur la capture temporaire d'individus pour la réalisation de prélèvements tels qu'une prise de sang. Pour déterminer le rôle potentiel de certaines catégories d'individus dans la dissémination d'agents infectieux, des enregistreurs GPS-UHF sont posés sur certains individus. Un premier axe spécifique concerne les agents infectieux transmis directement entre individus et potentiellement responsables d'épidémies, tels que l'agent du choléra aviaire. Un second axe est développé sur les tiques et les agents infectieux qu'elles transmettent. Enfin, un dernier axe se focalise sur l'optimisation des programmes de surveillance et de gestion des dynamiques éco-épidémiologiques et des risques d'émergence de maladies infectieuses. Les travaux reposent sur une connaissance fine du fonctionnement écologique des populations d'oiseaux marins.



1. Garnier et al. 2012
2. Garnier et al. 2017

2.

DYNAMIQUES D'EXPOSITION À L'AGENT DU CHOLÉRA AVIAIRE CHEZ LES ALBATROS À BEC JAUNES DE L'ÎLE D'AMSTERDAM ET TEST D'UN VACCIN

Dans certaines populations d'oiseaux marins, les maladies infectieuses peuvent être responsables d'événements épizootiques de grande ampleur (Figure 1). Sur l'île d'Amsterdam, les suivis démographiques et les observations de terrain ont révélé l'existence et la récurrence de forts épisodes de mortalités massives de poussins d'albatros à bec jaune *Thalassarche carteri* et fuligineux à dos sombre *Phoebetria fusca* et ont permis de suspecter l'implication de *Pasteurella multocida*, la bactérie responsable du choléra aviaire³. Cependant, l'étude spécifique des dynamiques éco-épidémiologiques en jeu n'a été abordée que récemment. La situation est pourtant particulièrement préoccupante car les épizooties ont un fort caractère récurrent, semblent affecter fortement la dynamique des principales populations touchées et menacent potentiellement la population en danger critique d'extinction d'albatros d'Amsterdam *Diomedea amsterdamensis*.

Une étude basée sur un échantillonnage des différentes espèces aviaires lors de la saison 2011/2012 et sur des analyses faites à partir de cadavres avait permis de confirmer la circulation de *Pasteurella multocida* sur plusieurs années et sa responsabilité dans les mortalités d'individus⁴.



- 3. Weimerskirch 2004
- 4. Travaux menés en collaboration avec le laboratoire Processus infectieux en milieu insulaire - PIMIT; Jaeger, Lebarbenchon et al., soumis



Figure 1b - Cadavres de poussins de manchots Papous suite à une épizootie sur l'île de New Island, îles Malouines, 2016.



VACCIN AUTOLOGUE

Vaccin produit contre une souche de bactérie ou de virus spécifiquement isolée des populations cibles d'hôtes



ÉPIZOOTIE

Maladie affectant brutalement un grand nombre d'animaux dans une zone donnée



- 5. Bourret, Gamble et al. en révision
- 6. Garnier et al. 2012
- 7. Bourret, Gamble et al., en révision, Figure 2
- 8. Gamble, Garnier et al., en révision

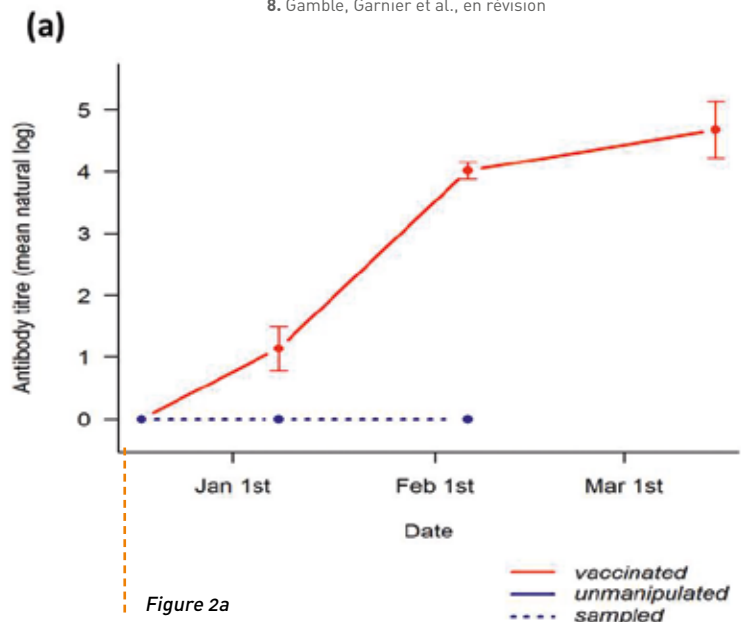


Figure 2a

Cette étude avait également permis la détection (par PCR) d'*Erysipelothrix rhusiopathiae*, l'agent du rouget, dont l'impact sur les oiseaux des terres australes reste à étudier. À l'occasion de ce travail, une souche de la bactérie *Pasteurella multocida* a été isolée et, avec la participation du laboratoire CEVA BIOVAC, un vaccin autologue contre cette souche a été développé, ainsi qu'un test sérologique (SEROPAST®) permettant de quantifier spécifiquement la présence d'anticorps contre la bactérie dans des prélèvements sanguins⁵. Ce vaccin a notamment été développé dans le but d'évaluer la possibilité de protéger les poussins d'albatros via une vaccination des femelles reproductrices et un transfert d'anticorps maternels. Ceci pourrait idéalement permettre une protection récurrente des poussins dès leur plus jeune âge à partir de la vaccination des adultes dans la mesure où les anticorps maternels peuvent persister plusieurs semaines chez les Procellariiformes⁶. Les tests du vaccin chez l'albatros à bec jaune sont prometteurs pour la protection des poussins recevant une injection à environ 10 jours d'âge⁷. Les taux d'anticorps circulant post-vaccination chez les adultes montrent en revanche une persistance relativement faible à l'échelle inter-annuelle⁸ (Figure 3). Cependant, un rappel vaccinal 2 ans après la primo-injection entraîne une remontée très rapide et forte de ces taux.

Le transfert d'une quantité significative d'anticorps maternels potentiellement protecteurs pourrait ainsi être obtenu pendant plusieurs années. L'âge auquel un poussin peut être vacciné pour montrer une réponse suffisante pour être protégé d'une épizootie précoce est aussi un élément essentiel de l'optimisation du protocole de vaccination. Ceci nécessite de considérer la fréquence des épizooties, le moment de leur apparition et les dynamiques de réponse des poussins et de décroissance des anticorps maternels qu'ils peuvent avoir reçu (Figure 3). Les données acquises et en cours d'analyse permettent des réponses partielles, mais seule une étude à long terme pourra prendre en compte le caractère **stochastique** des processus épidémiologiques.



STOCHASTIQUE

Processus aléatoire
au cours du temps



Figure 1c - Albatros à bec jaune sur son nid avec son poussin mort.

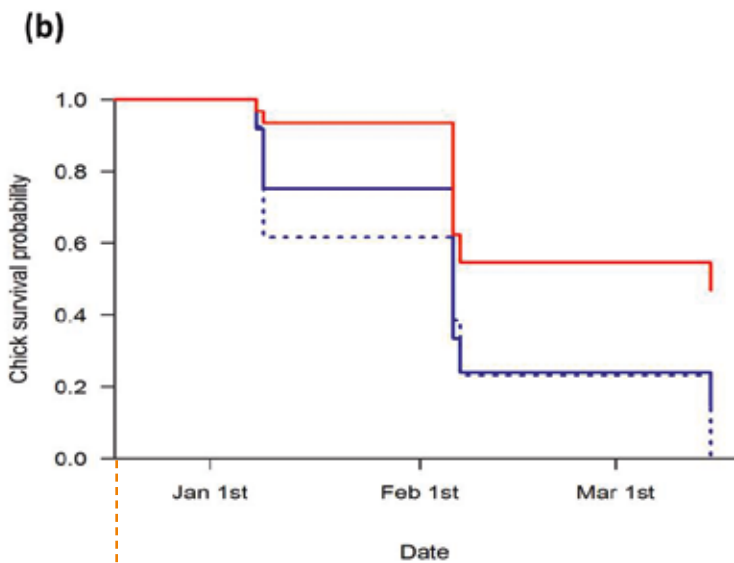


Figure 2a et 2b - Dynamiques de séroconversion et survie des poussins d'albatros à bec jaune en fonction du traitement vaccinal pendant la saison 2015-2016 : vaccinés, en rouge (n = 30) et non-vaccinés, en bleu, avec 2 groupes témoins : soit laissés totalement non-manipulés (ligne continue, n = 24), soit échantillonnés (ligne pointillée, n = 13) (Bourret, Gamble et al. en révision).



Outre un approfondissement des connaissances concernant la dynamique de la réponse immunitaire en relation avec le moment des épizooties, la disponibilité d'un vaccin contre le choléra aviaire ouvre des opportunités de gestion significatives tout en soulevant des questions éthiques importantes sur lesquelles nous comptons continuer de nous pencher. Il faut préciser que le vaccin utilisé est un vaccin inactivé, c'est-à-dire inerte et incapable de se reproduire ou d'évoluer. Comme nous le discutons en fin d'article, les stratégies possibles à mettre en place dépendent de notre compréhension de la dynamique du système, mais aussi des moyens disponibles et objectifs à considérer.

3

IDENTIFICATION ET SUIVI DES INDIVIDUS SUSCEPTIBLES DE DISSÉMINER DES AGENTS INFECTIEUX

Un suivi du mouvement de deux types d'individus susceptibles de contribuer à la dissémination d'agents infectieux a été réalisé par la pose de GPS-UHF (GPS permettant l'acquisition de données de positions sans recapture via une antenne radio) :

1. des labbes reproducteurs élevant leurs poussins et se nourrissant potentiellement dans différentes colonies d'autres espèces
2. des adultes d'albatros à bec jaune en échec de reproduction qui pourraient visiter différentes zones de la colonie suite à cet échec de reproduction, comme observé chez une autre espèce d'oiseaux marins, la mouette tridactyle, sur laquelle nous avons travaillé dans l'Arctique dans le cadre d'un autre programme IPEV (Parasito-Arctique 333⁹).

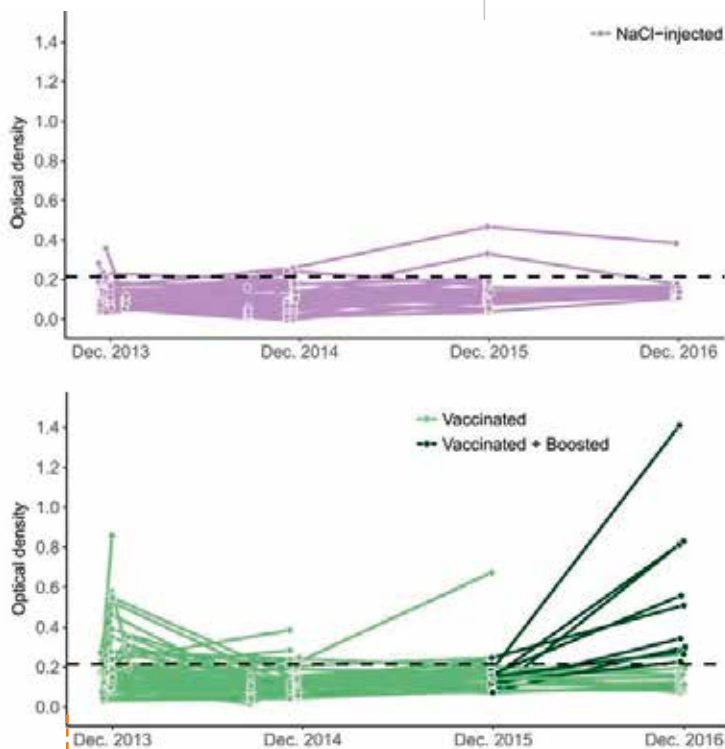
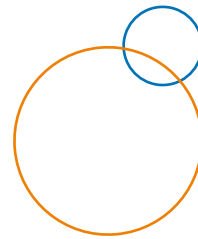


Figure 3a - Réponse immunitaire des adultes d'albatros à bec jaune suite à leur vaccination et à leur exposition naturelle à l'agent du choléra aviaire *Pasteurella multocida* (violet = individus non-vaccinés ; vert clair = individus vaccinés ; vert foncé = individus ayant reçu un rappel du vaccin en 2015 ; Gamble, Garnier et al. en révision).



© Thierry Boulinier/IPEV/CEFE



À ce jour, il n'a pas été mis en évidence par GPS de mouvements de prospection d'albatros en échec de reproduction entre différentes zones de la colonie mais l'analyse à une échelle spatiale plus fine est en cours. En revanche, les mouvements des labbes à ce moment de la saison indiquent un temps important passé dans les colonies d'albatros d'Entrecasteaux et sur le pourtour de l'île, mais pas sur la zone de reproduction des albatros d'Amsterdam, au plateau des tourbières¹⁰ (Figure 4). Ils ne semblent pas défendre de territoires de chasse, ni être spécialisés dans la fréquentation de certaines zones d'alimentation. Ce comportement, connu chez des espèces proches, aurait pu avoir des implications en termes d'hétérogénéité de la transmission des agents infectieux. Étant donné la très forte séroprévalence (>90%) et les très forts titres en anticorps contre l'agent du choléra aviaire détectés chez les labbes échantillonnés (Figure 4a), les labbes peuvent jouer un rôle épidémiologique important dans la circulation de l'agent du choléra aviaire au sein de l'île d'Amsterdam, d'autant plus que leur alimentation inclut des poussins d'albatros à bec jaune mais aussi des rats *Rattus norvegicus* (Figure 5c). Les rats, qui s'alimentent eux-mêmes sur les poussins d'albatros à bec jaune sur la colonie d'Entrecasteaux (Figure 5a et b), sont aussi susceptibles de jouer un rôle épidémiologique clé sur l'île. Les travaux en cours et les perspectives ouvertes par ces résultats vont améliorer la connaissance du cycle annuel des interactions entre les différentes espèces, et potentiellement permettre d'expliquer le maintien de l'agent infectieux sur l'île et la dynamique des épizooties.



9. Bourret, Gamble et al. en révision
10. Gamble, Bazire et al. en préparation



Figure 3b
Albatros à bec jaune.

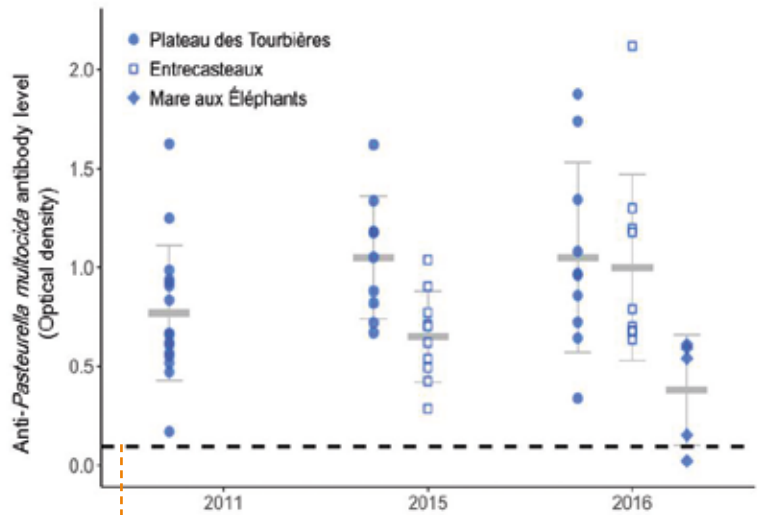


Figure 4a - Forts titres en anticorps anti-*Pasteurella multocida* (seuil de positivité = ligne en pointillés)

4.

DISPERSION DES TIQUES D'OISEAUX MARINS ET CONTRAINTES À LA CIRCULATION D'AGENTS INFECTIEUX

Dans le cas des agents infectieux qui nécessitent un vecteur pour être transmis, l'écologie des interactions hôte-parasite entre l'hôte vertébré et l'espèce vectrice est particulièrement importante à considérer. Dans ce contexte, l'étude des tiques d'oiseaux marins représente un modèle de choix à plusieurs niveaux. Sur les colonies, de fortes densités de tiques séjournent toute l'année sur les sites pour se nourrir sur leurs hôtes lors de la période de reproduction. Elles peuvent affecter le succès de reproduction des oiseaux et transmettre de nombreux virus et bactéries, tels que l'agent de la maladie de Lyme, *Borrelia burgdoferi* sensu lato (Figure 6). C'est d'ailleurs par la mise en évidence d'un transfert maternel d'anticorps contre l'agent de la maladie de Lyme de la femelle au poussin via le jaune d'œuf¹¹, dans le cadre du programme IPEV Parasito-Arctique 333, que nous avons été amenés à nous intéresser aux implications écologiques et évolutives du transfert maternel d'immunité et à ses conséquences potentielles dans le cas de maladies affectant les poussins¹².

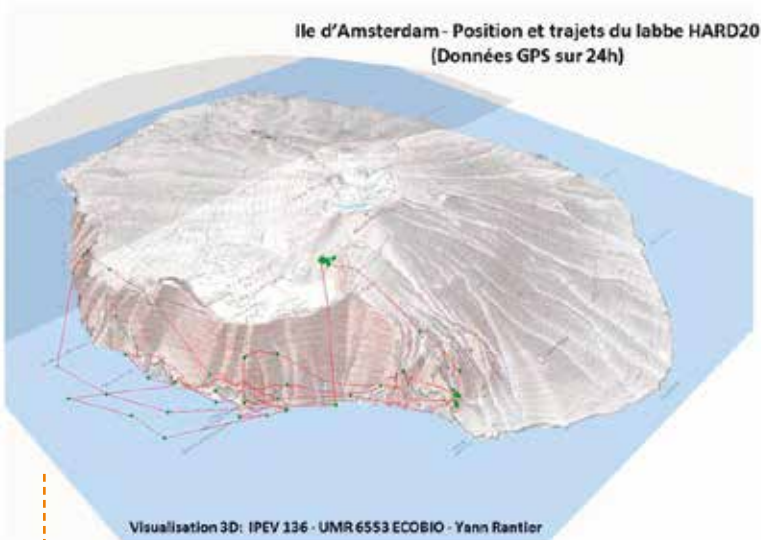


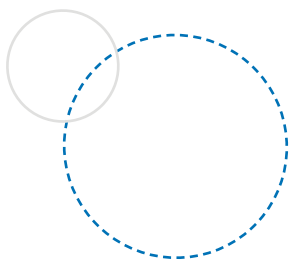
Figure 4b - Mouvements de labbes subantarctiques au sein de l'île d'Amsterdam (Gamble, Bazire et al., en préparation).



11. Gasparini et al. 2001
12. Garnier et al. 2012



Figure 4c - Réalisation de prélèvements et pose d'un GPS-UHF sur un labbe.



Les contraintes affectant la dispersion des tiques entre colonies d'hôtes sont un second aspect particulièrement intéressant à considérer qui va avoir des implications en termes biogéographiques mais aussi éco-épidémiologiques. La dispersion peut être facilitée ou limitée par les traits d'histoire de vie des espèces hôtes, mais aussi par ceux des espèces de tiques. L'étude de la structure génétique de leurs populations peut nous renseigner indirectement sur les mouvements des hôtes et sur leur capacité à disperser des agents infectieux¹³. Aux hautes latitudes, seules des tiques 'dures', du genre *Ixodes*, parasitent les oiseaux et elles ont la particularité de prendre un long repas sanguin annuel (durant plusieurs jours) qui doit plus favoriser leur dispersion entre colonies que les repas très courts (quelques minutes) pris par les nymphes et adultes des tiques 'molles', du genre *Ornithodoros*, plus présentes proche de l'équateur¹⁴. Des tiques dures ont été trouvées sur Crozet, Kerguelen et Amsterdam, mais comme prédit, nous avons aussi trouvé des tiques molles sur les îles d'Amsterdam (2013) et Saint-Paul (2015), dans l'environnement des colonies de gorfous (Figure 6). Les analyses génétiques et morphologiques menées par le laboratoire MIVEGEC¹⁵ à partir de premiers échantillons soulignent la forte distinction phylogénétique de la population échantillonnée sur l'île d'Amsterdam vis-à-vis des autres populations auxquelles elle a été comparée et démontrent l'intérêt de considérer ces populations fortement isolées biogéographiquement pour des approches comparatives.



13. Boulinier et al. 2016
 14. Kada et al. 2017
 15. Durpraz et al. 2016

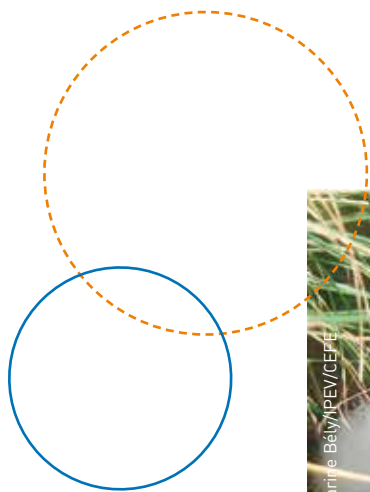


Figure 5a et 5b - Interactions trophiques et circulation d'agents infectieux : rats se nourrissant sur des poussins d'albatros à bec jaune dans la falaise d'Entrecasteaux (on distingue les deux yeux au centre du cercle blanc).



Figure 5c - Labbe subantarctique en train de se nourrir d'un rat sur la base Martin-de-Viviès.

5.

SUVIS DES DYNAMIQUES ÉPIDÉMIOLOGIQUES, STRATÉGIES D'ÉCHANTILLONNAGE ET AIDE À LA DÉCISION : APPROCHES DE MODÉLISATION

En parallèle des travaux de terrain, le programme contribue à développer des approches de modélisation pour aider à l'interprétation des résultats obtenus et éventuellement permettre de consolider les choix effectués en termes de stratégies de recherche et/ou de gestion. Une étude par modélisation nous a par exemple permis de faire des prédictions sur les niveaux de structurations génétiques attendues pour les populations de différentes espèces de tiques et des agents qu'elles transmettent¹⁶. Nos travaux portent aussi sur l'intérêt des stratégies d'échantillonnage sur le terrain en fonction des objectifs de compréhension des dynamiques éco-épidémiologiques et de gestion.



¹⁶. Kada et al. 2017

En éco-épidémiologie, on peut contraster les approches centrées sur la détermination de la proportion d'individus ayant été exposés à un agent infectieux (prévalence) à celles reposant sur des suivis longitudinaux, par capture-marquage-recapture, permettant l'estimation relativement directe des probabilités de transition entre les différents statuts épidémiologiques des individus, notamment de séronégatif à séropositif. Nous explorons dans quelle mesure l'intégration de telles approches peut être utile, notamment dans le cas des vertébrés coloniaux¹⁷. Dans un contexte éco-épidémiologique tel que celui de l'île d'Amsterdam, nous utiliserons la modélisation pour prédire les dynamiques démographiques et épidémiologiques susceptibles de se développer selon différents scénarios. Ceci devrait permettre d'évaluer l'intérêt de différentes stratégies d'intervention faisant notamment appel à la vaccination et/ou à l'éradication des rats, sachant que les coûts et bénéfices attendus de différentes stratégies peuvent être très contrastés.



17. Gamble, Garnier et al., en préparation



Figure 6a - Tiques dures (*Ixodes uriae*) en bordure de la colonie de Manchots royaux de la Baie du Marin, Crozet.



Figure 6c
Collecte de tiques molles (*Ornithodoros*) sur le site de la colonie de gorfous de Saint-Paul.

© Nina Marchand/Nicolas Giraud/IPEV/CEFE



Figure 6b - Tiques dures (*Ixodes*) sur le bec d'un poussin d'albatros à bec jaune de la colonie d'Entrecasteaux, Île d'Amsterdam.

REMERCIEMENTS

Nous remercions Henri Weimerskirch, Karine Delord et Christophe Barbraud du CEBC (UMR 7372, Chizé), Audrey Jaeger d'ENTROPIE (UMR 9220, La Réunion), Pablo Tortosa et Camille Lebarbenchon de PIMIT (UMR 9192, La Réunion), Karen McCoy et Marlène Dupraz de MIVEGEC (UMR 5290, Montpellier), et Hubert Gantelet et Éric Thibault de CEVA BIOVAC Santé Animale pour leur collaboration aux travaux. Notamment pour les campagnes de terrain, nous remercions Nicolas Giraud, Marine Bély, Romain Bazire, Vincent Bourret, Jean-Baptiste Thiebot, David Hémerly et Hélène Le Berre. Le programme ECOPATH est soutenu par l'IPEV et a bénéficié d'un soutien de l'ANR (EVEMATA), de la Réserve Nationale Naturelle des Terres Australes, du Labex CEMEB, de l'OSU OREME et de la Zone Atelier Antarctique (ZATA).

RÉFÉRENCES

- Boulonier, T., Kada, S., Ponchon, A., Dupraz, M., Dietrich, M., Gamble, A., Bourret, V., Duriez, O., Bazire, R., Tornos, J., Tveraa, T., Chambert, T., Garnier, R. & McCoy, K.D. 2016. Migration, prospecting, dispersal? What host movement matters for infectious agent circulation? **Integrative and Comparative Biology** 56: 330-42.
- Bourret, V., Gamble, A., Tornos, J., Jaeger, A., Delord, K., Barbraud, C., Tortosa, P., Kada, S., Thiebot, J.-B., Thibault, E., Gantelet, H., Weimerskirch, H., Garnier, R. & Boulonier, T. Autogenous vaccine protects endangered albatrosses from deadly infection. En révision.
- Dupraz, M., Toty, C., Noël, V., Estrada-Pena, A., Gonzalez-Solis, J., Boulonier, T., Dujardin, J.-P. & McCoy, K.D. 2016. Linking morphometric and genetic divergence with host use in the tick complex *Ornithodoros capensis* sensu lato. **Infection, Genetics & Evolution** 46:12-22.
- Gamble, A., Garnier, R., Jaeger, A., Gantelet, H., Thibault, E., Tortosa, P., Bourret, V., Thiebot, J.-B., Delord, K., Weimerskirch, H., Tornos, J., Barbraud, C. & Boulonier, T. Dynamics of antibody levels against avian cholera after natural exposure and vaccination in albatrosses: disease ecology implications. En révision.
- Garnier, R., Ramos, R., Staszewski, V., Militão, T., Lobato, E., González-Solís, J. & Boulonier, T. 2012. Maternal antibody persistence: a neglected life history trait with implications from albatross conservation to comparative immunology. **Proceedings of the Royal Society, London B** 279: 2033-2041.
- Garnier, R., Ramos, R., Sanz-Aguilar, A., Poisbleau, M., Weimerskirch, H., Burthe, S., Tornos, J. & Boulonier, T. 2017. Interpreting ELISA analyses from wild animal samples: some recurrent issues and solutions. **Functional Ecology**, doi:10.1111/1365-2435.12942.
- Gasparini, J., McCoy, K.D., Haussy, C., Tveraa, T. & Boulonier, T. 2001. Induced maternal response to the Lyme disease spirochete *Borrelia burgdorferi* sensu lato in a colonial seabird, the Kittiwake *Rissa tridactyla*. **Proceedings of the Royal Society, London B** 1467: 647-650.
- Jaeger, A. Lebarbenchon, C., Bourret, V., Bastien, M., Lagadec, E., Thiebot, J.-B., Boulonier, T., Delord, K., Barbraud, C., Marteau, C., Dellagi, K., Tortosa, P. & Weimerskirch, H. Avian cholera outbreaks threaten albatrosses on Amsterdam Island. Soumis pour publication.
- Kada, S., McCoy, K.D. & Boulonier, T. 2017. Impact of life stage-dependent dispersal on the colonization dynamics of host patches by ticks and tick-borne infectious agents. **Parasites and Vectors** 10: 375.
- Ponchon, A., Iliszko, L., Grémillet, D., Tveraa, T. & Boulonier, T. 2017. Intense prospecting movements of failed breeders nesting in an unsuccessful breeding subcolony. **Animal Behaviour** 124:183-191.
- Weimerskirch, H. 2004. Diseases threaten Southern Ocean albatrosses. **Polar Biology** 27: 374-379.



MARION DUFRESNE
MARBELLE



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

Bilan des activités menées à bord du navire de Recherche Océanographique **Marion Dufresne** au cours de l'année 2016

L'année 2016 est l'année de remise en service du navire *Marion Dufresne* après les travaux majeurs de jouvence à mi-vie en 2015, menés à bien dans le respect du temps et du budget alloués. Les campagnes de l'année ont démontré le succès du projet de jouvence, aucun dysfonctionnement n'ayant perturbé les opérations. La communauté scientifique utilisatrice du *Marion Dufresne* a salué le travail accompli lors de ce projet ainsi que les nouvelles performances du navire, notamment en termes de carottage sédimentaire long lors de la campagne Acclimate dont les résultats préliminaires ont donné lieu à une large couverture médiatique.

La réunion de fin de projet avec l'ANR et le CNRS-INSU porteur de projet, dans le cadre du projet EquipEX Climcor-Marion Dufresne, a eu lieu lors de l'escale des 2 et 3 janvier. Tous les travaux prévus et équipements installés ont été visités et validés. Les rapports définitifs (scientifiques et financiers) ont été envoyés à l'ANR en février.



1.

PROJET DE REGROUPEMENT DE LA FLOTTE OCÉANOGRAPHIQUE FRANÇAISE

Le 29 février 2016, le Secrétaire d'État chargé de l'Enseignement supérieur et de la recherche a mandaté le Président-directeur général de l'Ifremer d'une mission d'intégration accrue de la flotte océanographique française, lui demandant d'adosser la flotte à un opérateur unique, Ifremer.



© Lætitia Kermaleguen

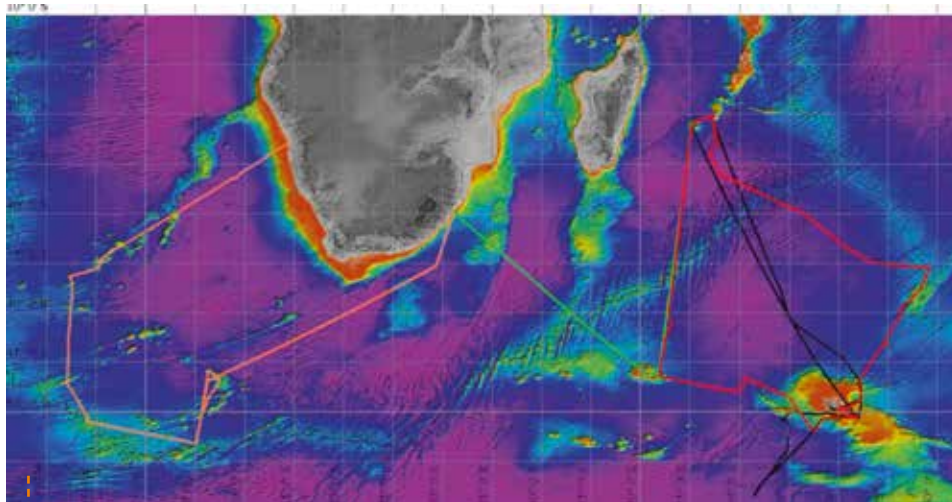


Figure 1

Route du Marion Dufresne au cours des missions réalisées dans le sud de l'océan Indien. En couleur rouge, MD 201/OBS AUSTRAL. En couleur verte, MD 202/CTBTO-CRO. En couleur rose, MD 203/ACCLIMATE. En couleur noire, MD 205/SOCLIM.

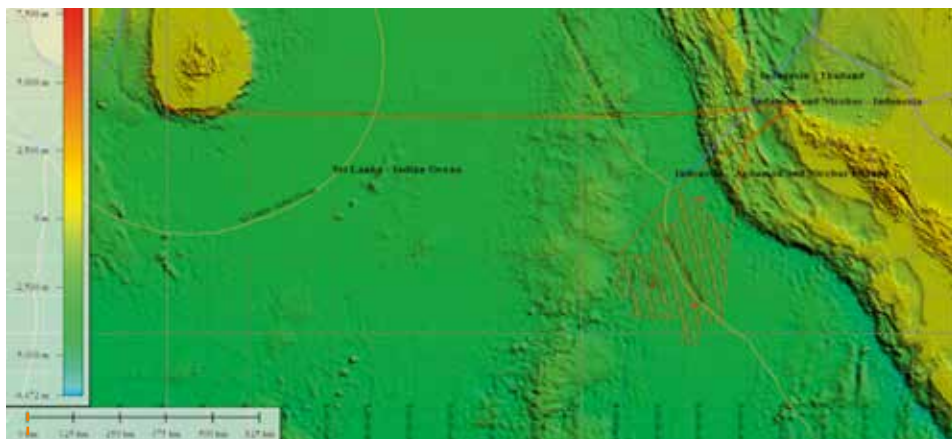


Figure 2

Route du Marion Dufresne au cours de la mission MD 204/MIRAGE-1 (en couleur rouge).

2.

LA CAMPAGNE MD 201/OBS AUSTRAL

Trajet du 4 janvier 2016 au 1^{er} février 2016.
Départ et arrivée à La Réunion.

La campagne MD 201/OBS AUSTRAL a débuté au port à La Réunion le 4 janvier 2016 et s'est terminée également à La Réunion le 1^{er} février 2016. Cette campagne regroupe plusieurs programmes d'acquisition de séries de données longues, se déroulant dans l'océan Austral par souci d'optimisation de programmation du navire.

2.1 - VT 146/OHA-SIS-BIO-8

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 presque sans 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 immergés en permanence, en dehors des courtes périodes de maintenance.

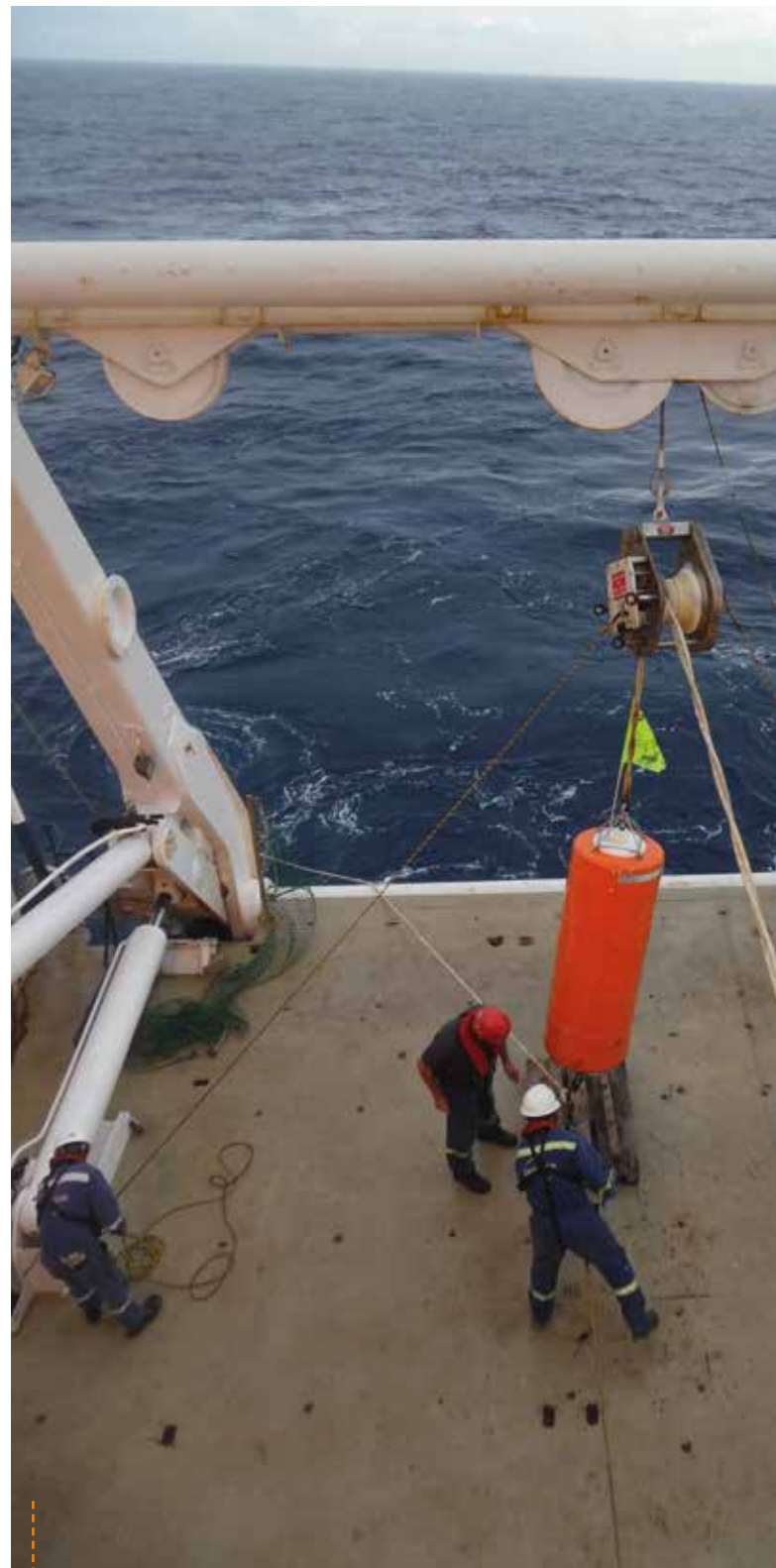


Figure 3 - Manipulation d'un hydrophone sur le pont du Marion Dufresne.

L'objectif de ce programme était de récupérer 8 mouillages équipés d'hydrophones autonomes, immergés dans la colonne d'eau, et de les redéployer. Les mouillages, répartis sur 6 sites, au-dessus de fonds à 2300 à 5200 mètres de profondeur, sont constitués d'un lest, d'un largueur acoustique, d'une ligne de plusieurs kilomètres et d'une bouée immergée dans laquelle est logé l'hydrophone. Les hydrophones enregistrent en continu les sons océaniques entre 0 et 120 Hz (échantillonnage à 240 Hz).



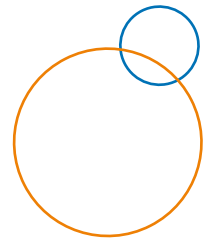
Six instruments sur huit ont été récupérés avec succès et tous ont fonctionné depuis leur mise à l'eau en janvier-février 2015. Deux d'entre eux (WKER et NEAMS) n'ont pas pu être récupérés en raison des aléas météorologiques. Les données acquises représentent environ 156 Go d'enregistrements acoustiques continus 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 50 mètres et 1200 mètres de profondeur, afin d'étudier plus précisément le bruit généré par l'état de mer.

À défaut de récupérer et redéployer l'hydrophone du site NEAMS, un nouveau site situé sur les transits du *Marion Dufresne* (nommé NSPA), a été déployé au nord des îles Amsterdam et Saint-Paul.

Pendant les transits entre Amsterdam et SSEIR, des données magnétiques ont été acquises pour compléter l'information sur l'âge des fonds océaniques dans ces régions peu fréquentées.

Malgré quelques jours de mer difficiles et l'absence de récupération de 2 des 8 mouillages, qui s'arrêteront de fonctionner dans quelques mois faute de piles (mais qui devraient pouvoir être récupérés en 2017), ce volet de la mission est un succès.



2.2 - VT 147/OISO-25

Le programme OISO comporte des prélèvements et mesures hydrologiques pour le service d'observation du même nom (Océan Indien service d'observation). Le service d'observation OISO a pour objectif d'étudier la variabilité spatiale et temporelle des flux de CO₂ entre l'air et la mer. L'invasion du CO₂ anthropique dans les océans Subtropical, Subantarctique et Austral est également évaluée. 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 étrangers. 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 IPCC). Enfin, elles permettent de mieux comprendre le phénomène d'acidification des océans.

Le service d'observation OISO vise ainsi 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 phytoplanctonique associé au plateau de Kerguelen est également réalisé (suivi KEOPS, collaboration S. Blain) avec pour objectif de mieux comprendre la variabilité du pompage de CO₂ atmosphérique dans cette région particulière de l'océan Austral (cadre du projet SOCLIM 2016-2017).

Les observations OISO permettent aussi de qualifier les mesures des bouées dérivantes, notamment les BioArgo déployées dans le cadre des programmes EUROARGO et SOCCOM, ou encore les données des capteurs éléphants de mer.



Figure 4 - Déploiement de la CTD sur le pont du *Marion Dufresne*.



© Andréa Schroeder

Dans le cadre de la campagne ObsAustral, des mesures de CO_2 et paramètres associés ont été acquises en continu du 8 au 26 janvier, dans les eaux de surface et dans l'air, afin d'évaluer la variabilité du flux air-mer de CO_2 . Ces observations viennent compléter la série OISO, débutée en 1998, qui permet de mettre en évidence l'augmentation du CO_2 dans l'océan Indien sud et Austral en réponse aux émissions de CO_2 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 14 stations CTD-rosette, incluant des réoccupations de stations historiques (campagnes INDIGO en 1985-1987). Ces données permettent de suivre l'invasion de CO_2 anthropique dans l'océan et d'évaluer l'impact de la variabilité climatique sur le cycle du CO_2 océanique. 5 stations ont pu être revisitées autour de Kerguelen, dans et en dehors du bloom, incluant le site historique KERFIX (station 10). À cela, s'ajoutent des observations de surface en continu acquises dans les eaux côtières de Kerguelen (à l'extérieur du Golfe du Morbihan) à l'occasion des opérations FOAM. Ces données permettront de mieux documenter la variabilité spatiale et temporelle du système des carbonates dans cette zone fortement hétérogène.

D'autre part, la base de données Oceanographic Autonomous Observations (OAO) montre plusieurs flotteurs BioArgo à proximité des stations OISO : au nord de Crozet (station 5) et à l'ouest de Kerguelen (station 10). Les données de ces flotteurs pourront ainsi être confrontées aux données OISO et fourniront un complément d'information (dans l'espace et dans le temps) pour mieux interpréter les observations ponctuelles acquises pendant la campagne.

Dans la colonne d'eau, les paramètres suivants ont été extraits : salinité, O_2 dissous, alcalinité totale, CO_2 total, silicates, nitrates, phosphates, pigments photosynthétiques, isotopes ^{13}C et ^{18}O .

En outre, 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
UMR 7159

2.3 - VT 148/MDCPR

Le Continuous Plankton Recorder (CPR) est 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 MD 193/LOGIPEV en février et mars 2013. Cet appareil, totalement mécanique, 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 2 bandes de soie. Le CPR doit être remonté environ tous les 450 milles nautiques.

Le CPR est utilisé depuis plusieurs années dans l'océan Austral et fait l'objet d'un programme international du SCAR (Scientific Committee on Antarctic Research), le SO-CPR (Southern Ocean 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.

Le Continuous plankton recorder a été utilisé lors du trajet du *Marion Dufresne* lors de la mission MD 201/OBS AUSTRAL (VT 148/MDCPR). Comme pour les années 2013, 2014 et 2015, il 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 miles nautiques ont été échantillonnés, ce qui représente 20 à 21 traits exploitables de CPR et un total de 8 soies.

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.



D'autre part, la base de données Oceanographic Autonomous Observations (OAO) montre plusieurs flotteurs BioArgo à proximité des stations OISO: au nord de Crozet (station 5) et à l'ouest de Kerguelen (station 10). Les données de ces flotteurs pourront ainsi être confrontées aux données OISO et fourniront un complément d'information (dans l'espace et dans le temps) pour mieux interpréter les observations ponctuelles acquises pendant la campagne.

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.

En outre, les mesures de courant (ADCP de coque) ont été acquises en permanence.

CHEF DE PROJET :

Philippe Koubbi
philippe.koubbi@upmc.fr

CHEF DE MISSION :

Patrice Pruvost
pruvost@mnhn.fr
Université Pierre et Marie Curie
Muséum National d'Histoire Naturelle
UMR BOREA 7208

2.4 - VT 149/THEMISTO

Le programme THEMISTO fait suite au programme MYCTO qui lui-même inclut dans l'ANR MYCTO-3D-MAP achevé en 2015.

Le constat sur les écosystèmes de la zone sud de l'océan Indien est paradoxal: les niveaux trophiques intermédiaires sont peu connus malgré le fait qu'ils soutiennent les plus grandes populations de prédateurs au monde (oiseaux et mammifères) et qu'ils sont soumis à l'influence d'un double forçage anthropique et climatique

Le projet qui vise à comprendre et quantifier les processus par lesquels la variabilité environnementale structure les écosystèmes pélagiques de la zone sud indienne. Le but est d'étudier la distribution en 3-D du zooplancton et du micronecton et sa variabilité en lien avec les phénomènes physiques et climatiques.

THEMISTO propose d'utiliser l'acoustique active comme outil de mesure de la distribution et des densités d'organismes. Ce projet se base sur les nouveaux équipements acoustiques qui équipent le *Marion Dufresne* depuis sa jouvence en 2015.

Le but est d'acquérir des mesures en continu par l'échosondeur EK80 (5 fréquences) associé aux ADCP (3 fréquences) lors des transits de la campagne ObsAustral pour distinguer les groupes et espèces de zooplancton et micronecton et caractériser la variabilité de leur distribution en 3-D sur un important gradient latitudinal (des régions tropicales à polaires). Les processus physiques seront étudiés simultanément (données in situ du thermosalinographe et analyses des images satellites), permettant de définir les habitats critiques multi-échelles d'espèces clés des écosystèmes du sud de l'océan Indien.

Au cours de la valorisation de transit VT 149/THEMISTO, l'archivage des données acoustiques en continu a pu être réalisé, en 5 fréquences. Le traitement et filtrage des données acoustiques a été réalisé, et elles sont prêtes à être analysées statistiquement.

CHEF DE PROJET ET DE MISSION :

Cédric Cotte

cedric.cotte@locean-ipsl.upmc.fr

LOCEAN-IPSL

Muséum National d'Histoire Naturelle

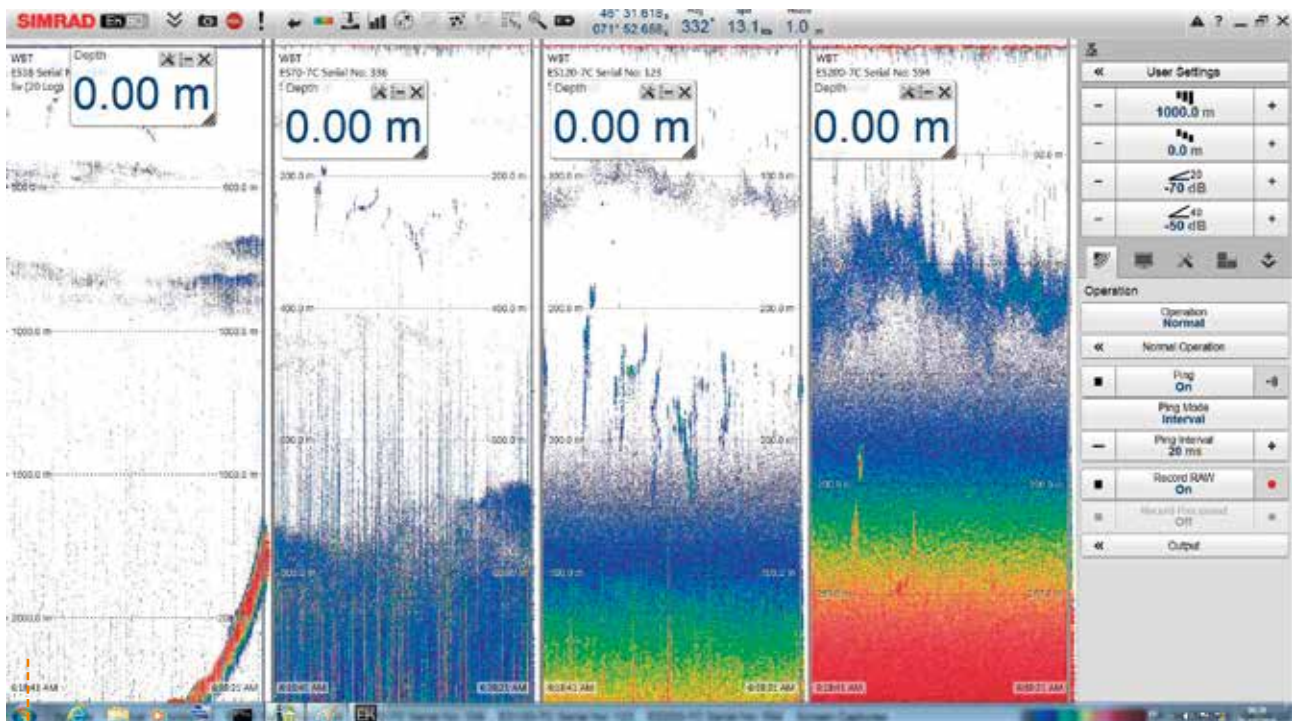


Figure 5 - Un banc de poissons vu à l'aide du sondeur de pêche. De gauche à droite, les fréquences 18, 38, 120, 200 et 70 kHz.

2.5 - VT 150/FOAM

Une des données fondamentales d'un site de calibration et validation de satellite altimétrique est la connaissance du géoïde local ainsi que la possibilité d'effectuer des mesures à la verticale du satellite à l'aide de moyens légers, robustes et précis lors des campagnes de mesures (bouée GPS). Dans le cadre du projet FOAM (demande CNES), il est prévu le développement de bouées GNSS "fixes"; le développement de marégraphes précis ainsi que d'une nappe géodésique GNSS pour la cartographie du géoïde marin. Une des zones d'étude est aux Kerguelen aux alentours du marégraphe historique et des passages de satellites Jason-2&3, Sentinel-3A et SARAL/AltiKa.

Cette campagne de mesure avait donc pour but de mesurer la hauteur de la mer sous la trace de satellites altimétriques (JASON-2&3, Sentinel-3A et SARAL/AltiKa) et le géoïde marin.

Pour ce faire, il est nécessaire d'avoir des points géo référencés, c'est pour cela que 2 marégraphes ont été mouillés sous les traces de ces satellites :

- Ker16 position: $49^{\circ}51.6343$ S - $069^{\circ}54.6973$ E (point de croisement traces Jason et SARAL/AltiKa);
- Ker16b Position: $49^{\circ}41.7323$ S - $070^{\circ}33.6749$ E (trace SARAL/AltiKa).

Le mouillage ker14, qui était présent depuis 2 ans, a été relevé à la position $49^{\circ}50,65$ 'S et $069^{\circ}56,70$ 'E.

Un système de mesure de la hauteur de la mer a été tracté pendant 2 jours : CalNaGEO, composé de 2 zodiacs et d'une nappe sur laquelle est posée une antenne GNSS Géodésique sur cardan.

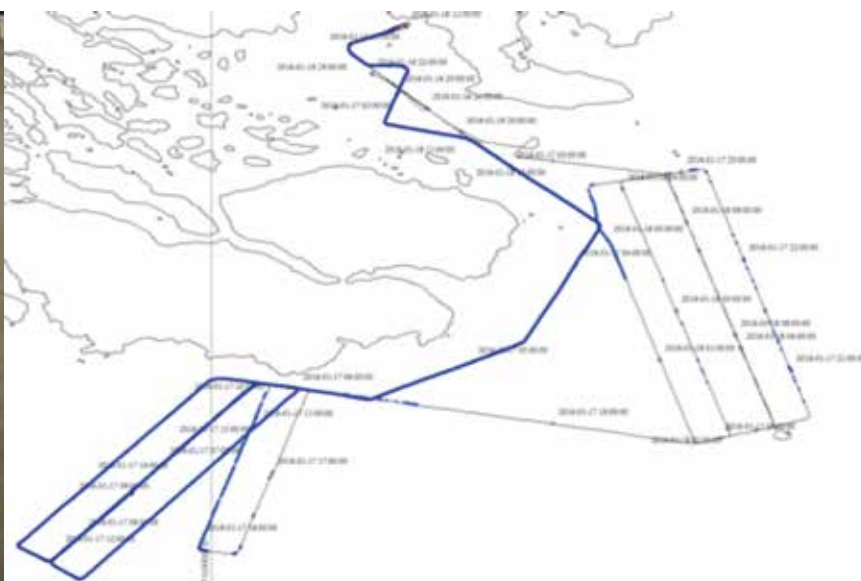
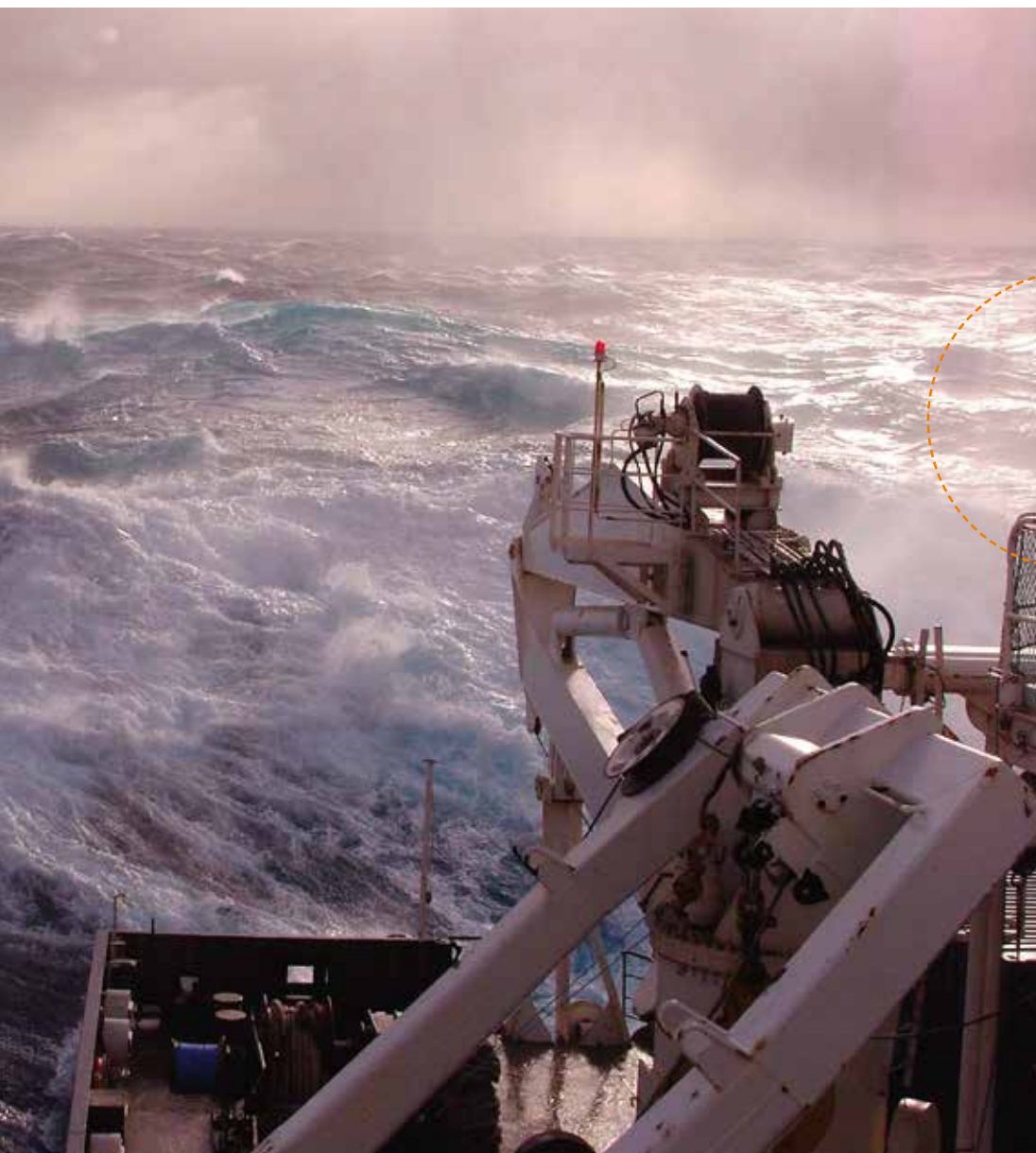


Figure 6 - La nappe instrumentée (à gauche) et la route suivie par le Marion Dufresne lors de son tractage.



À Port-aux-Français, un marégraphe (ker3) a été installé, ainsi que 2 bouées GNSS statiques. Trois GPS permanents à terre (1Hz) fonctionnaient également, ainsi que le marégraphe historique ker2.

Pendant le levé, le *Marion Dufresne* a acquis également des données de gravimétrie, bathymétrie, ADCP, température et salinité de surface, ainsi que les paramètres météorologiques.

Les premiers résultats montrent que le mouillage ker14 a bien fonctionné pendant son immersion. Il a été relevé et contient les données de 2 ans de marées et de hauteurs de vagues.

Toutes les mesures effectuées par le navire ont été parfaitement acquises ainsi que les mesures des éléments statiques : marégraphe à quai, bouées GNSS et GNSS terrestres.

Le système CalNaGEO a été utilisé (phase statique et tractée) pendant 48 heures. Il a subi des vents compris entre 15 nœuds et 63 nœuds. Le système a acquis des données pendant 36 heures mais a ensuite subi des dégradations assez importantes (éléments mécaniques cassés, arrêt d'acquisition à cause d'une entrée d'eau dans le système électronique) du fait de conditions météo détériorées. Le traitement des données acquises est en cours.

CHEF DE PROJET :

Pascal Bonnefond
pascal.bonnefond@obspm.fr
Observatoire de Paris - SYRTE - UMR 8630

CHEF DE MISSION :

Michel Calzas
michel.calzas@cnrs.fr
Institut national des sciences de l'Univers
Division technique INSU/SDU UPS855

3.

LA CAMPAGNE MD 202/CTBTO-CRO

Trajet du 2 au 28 février 2016.
Départ de La Réunion. Arrivée à Durban
(Afrique du Sud).

La pose en mer de réseaux d'hydrophones permet la détection et la localisation par triangulation de l'explosion d'une bombe à charge nucléaire. Dans le cadre de l'application du traité d'interdiction à échelle mondiale des essais nucléaires, un réseau d'hydrophones va être posé dans le proche voisinage de l'archipel Crozet. Cette opération sera réalisée en décembre 2016. Un premier dispositif de ce type avait été posé en février et mars de l'année 2000. Cependant, il ne fonctionne plus et doit être relevé, avant d'être remplacé par un système beaucoup plus moderne et performant.

En juin 2015, la Commission du "Comprehensive Nuclear-test-ban Treaty Organization" (CTBTO), basée à Vienne, lance un appel d'offre international pour des travaux préparatoires à la réinstallation de la station hydroacoustique IMS HA04, à Crozet, France. L'IPEV répond à cet appel avec le *Marion Dufresne* et est lauréat de l'appel d'offres.

Jusqu'à présent, 11 stations hydroacoustiques ont été installées par le CTBTO de par le monde afin de détecter et quantifier toute possible explosion nucléaire. La nouvelle station HA04 est conçue pour être déployée autour de l'archipel des îles Crozet. Les 2 triplets d'hydrophones qui seront installés auront la capacité de mesurer avec précision ce type de signaux acoustiques. Ces stations sont constituées de microphones sous-marins (hydrophones) qui enregistrent les signaux acoustiques et les transmettent via un câble vers une station terrestre.

Le navire quitte l'île de La Réunion le 2 février 2016 et les opérations commencent le 7 février devant La Baie du Marin à Crozet.



Les trois objectifs principaux de cette mission sont :

- procéder à des levés bathymétriques à l'intérieur de la Baie du Marin, ainsi qu'au nord et au sud de l'île de la Possession. Ces levés, qui constituent la plus grande part de la mission, doivent permettre de tracer la route des câbles de la station hydroacoustique HA04 à Crozet. Ce levé constitue le second survey mené autour de l'archipel des îles Crozet sur le *Marion Dufresne*. Le premier levé a été effectué en 1998 à l'aide du sondeur multifaisceaux de génération ancienne qui équipait le *Marion Dufresne*, avec une précision de position GPS égale à 60 mètres. Le nouveau jeu de données acquis au cours de la mission MD 202/CTBTO-CRO est enregistré à l'aide du nouveau système de bathymétrie à très haute résolution, associé à un système de positionnement de précision centimétrique. Le jeu de données qui en résulte permet la mise en œuvre d'une route de câble à risque faible pour la future station hydro-acoustique. Le câble à installer sera connecté aux 2 triplets d'hydrophones, l'un situé au sud et l'autre au nord de l'île de la Possession. Ainsi, le levé est composé d'un profil complet à réaliser au sud de la Possession, et d'un autre levé complet à réaliser au nord de cette île. Ces levés sont complétés par la cartographie à très haute résolution de la Baie du Marin. La société MESURIS, sous-traitée par l'IPEV, est chargée de ce dernier levé. À cette fin, une vedette spécialisée (nommée *Survex 5*) est embarquée afin de réaliser cette partie côtière du levé ;
- relever les anciens câbles de la Baie du Marin. Cette action doit permettre de prévenir de possibles incidents de navigation potentiellement dus à la présence de ces câbles. Elle fait l'objet d'une clause de l'autorisation de travaux délivrée par les TAAF ;
- relever 4 mouillages, parties constitutives de l'ancienne station HA04. Deux anciens hydrophones étaient toujours situés au nord de l'île de la Possession, tandis que 2 anciens hydrophones étaient également toujours localisés au sud de cette île. Deux autres ont été perdus. De plus, une équipe de spécialistes de l'installation de stations terrestres de traitement est déposée sur l'île de la Possession afin de monter le système de transmission des données mesurées.





La compagnie HELILAGON, sous-traitée par l'IPEV, fournit un hélicoptère et le personnel nécessaire afin de transférer du personnel et des équipements entre le navire et l'île de la Possession. D'autre part, l'IPEV sous-traite la société TSMOI, Travaux sous-marins de l'océan Indien, afin de localiser les anciens câbles situés à l'intérieur de la Baie du Marin et de les serrer à l'aide de sabots pour leur récupération.

Tous les objectifs de la mission sont atteints :

- tous les profils bathymétriques sont réalisés avec une précision jusqu'alors jamais atteinte (à l'intérieur de la baie du Marin, comme dans les parties situées au nord et au sud de l'île de la Possession) ;
- environ 970 mètres de vieux câble sont relevés dans la Baie du Marin ;
- les 4 anciens mouillages sont relevés avec succès.

CHEF DE PROJET ET DE MISSION :

Jerry Stanley

jerry.stanley@ctbto.org

Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty
Organization

CTBTO/IMS/ED



Figure 8 - Préparation de la récupération d'un des anciens câbles présents dans la Baie du Marin. Les bouées soutiennent un câble en acier qui est attaché à l'ancien câble par une équipe de plongeurs sous-marins.

Ensuite, l'ensemble est treuillé à bord du Marion Dufresne.



4.

LA CAMPAGNE MD 203/ACCLIMATE

**Trajet du 29 février au 23 mars 2016.
Départ de Durban (Afrique du Sud).
Arrivée à Walvis Bay (Namibie).**

Les variations rapides de la circulation océanique et du climat observées dans les sédiments marins et les glaces polaires des derniers 40000 ans mettent en lumière le caractère fortement non linéaire du système climatique et la possibilité d'une évolution inattendue du climat en réponse aux émissions massives de gaz à effet de serre résultant des activités humaines. Ces variations rapides du système climatique ne sont actuellement pas totalement élucidées.

Le projet ACCLIMATE (Elucidating the Causes and Effects of Atlantic Circulation Changes through Model-Data Integration) a pour objectif d'extraire toute l'information climatique contenue dans les sédiments marins de l'océan Atlantique à l'aide d'une méthode innovante intégrant étroitement mesures et modélisation climatique. Les mesures réalisées sur les carottes de sédiments marins permettront de reconstruire l'évolution temporelle de la structure en 3 dimensions des masses d'eau et de la circulation de l'océan Atlantique au cours des derniers 40 mille ans. Ces données serviront à définir la version optimale d'un modèle de complexité intermédiaire du système climatique simulant directement les grandeurs mesurées sur toute la durée des enregistrements.

Les objectifs du projet sont :

1. d'expliquer dans le détail les mécanismes de la variabilité rapide de l'océan et du climat,
2. d'améliorer les paramétrisations des modèles,
3. de produire les premières projections climatiques à l'aide d'un modèle capable de décrire le comportement fortement non linéaire du système climatique tel qu'il est observé dans les sédiments marins et les glaces polaires.

À cette fin, la campagne de carottages MD 203/ACCLIMATE vise à prélever des séquences de sédiments marins à différentes latitudes et profondeurs dans l'Atlantique Sud afin de combler le manque de données paléocéanographiques dans cette région.

Des carottes de sédiments marins seront prélevées sur des transects de profondeurs de manière à reconstruire l'évolution de la structure verticale des masses d'eau au cours des derniers 40 mille ans. Les sites de carottages ont été sélectionnés pour leurs taux de sédimentation élevés. Ils sont repartis entre 17 et 53°S de latitude, et entre 1000 et 4600 m de profondeur. 12 carottages longs (Calypso), au moins 7 carottages CASQ, environ 6 carottages multi-tubes, et environ 3 CTD sont prévus.

À court terme, les résultats attendus de la campagne ACCLIMATE sont un ensemble de carottes de sédiment marin provenant de sites à hauts taux de sédimentation pour lesquels il n'existe pas pour le moment d'enregistrements isotopiques à haute résolution. Les mesures de réflectance, de susceptibilité magnétique et XRF réalisées à bord permettront d'établir des modèles d'âge préliminaire. Les mesures des isotopes du carbone et de l'oxygène de l'eau de mer à différentes profondeurs permettront d'affiner les calibrations et interprétations des proxys mesurés dans les sédiments.

La campagne est aussi l'occasion de préparer des documents de communication autour du projet ACCLIMATE en direction des écoles et du grand public. Le contexte d'une campagne en mer est en effet beaucoup plus attrayant et marquant pour le grand public que l'environnement quotidien du LSCE où le reste du projet ACCLIMATE se déroule.

En tout, 10 carottages ont pu être réalisés sur 8 stations différentes, pour des profondeurs qui varient entre 1168 et 4435 mètres. Quatre CTD ont également été effectuées.

La campagne ACCLIMATE est la première campagne de carottage paléoclimatique menée suite aux travaux de jouvence du navire en 2015. Elle permet de valider opérationnellement les nouveaux équipements de carottage installés à bord. Ceux-ci ont permis de prélever des carottes géantes d'une qualité exceptionnelle à grande profondeur. Par exemple, la carotte MD16-3510 prélevée au premier site par 4350 mètres de profondeur, a pu être comparée à une carotte prélevée au même site à bord du *Marion Dufresne* en 2002. Sur les photographies suivantes, la même période de temps est couverte par 3 mètres de sédiment prélevé en 2002, et 2,2 mètres en 2016. Les horizons noirs sont aussi nettement courbés en 2002, et droits en 2016. Ces différences de prélèvements soulignent la présence d'étirement de la séquence sédimentaire lors du carottage effectué en 2002, et l'absence totale de déformation en 2016.

Ces résultats annoncent une nouvelle ère de carottage sédimentaire de qualité exceptionnelle, par toute profondeur d'eau.

Les nouveaux équipements acoustiques (sondeur et sondeur de sédiments) ont également apporté une grande justesse pour l'appréciation et l'évaluation des sites de carottage.

Un site web/blog concernant la campagne et le projet ACCLIMATE a été mis en place : www.sea.acclimateproject.eu. Neuf écoles (soit 16 classes) ont posé plus de 100 questions tout au long de la campagne. En outre, un journal de bord, visité plus de 5000 fois, a permis une diffusion vers un public élargi. Ce site web demeurera en ligne afin de constituer une ressource pour la diffusion scientifique.

CHEF DE PROJET ET DE MISSION :

Claire Waelbroeck

claire.waelbroeck@lsce.ipsl.fr

Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement – UMR 8212

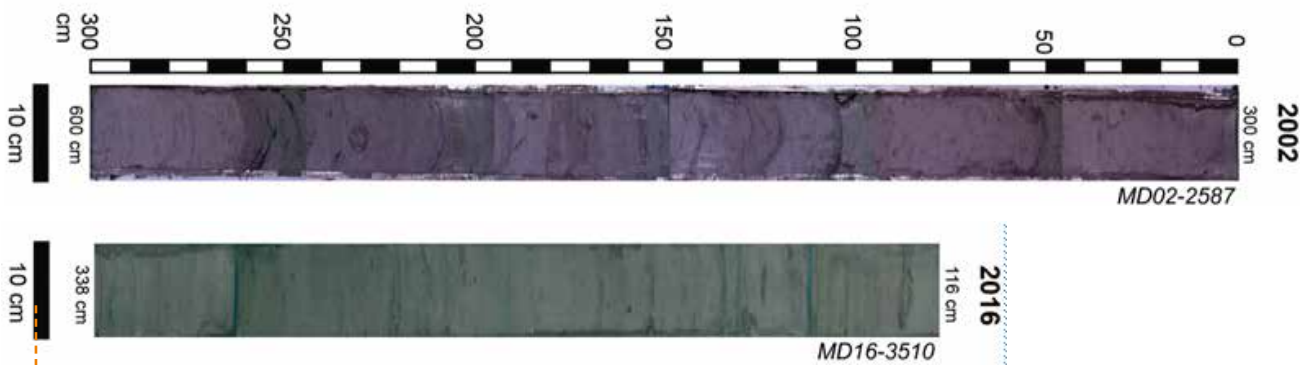


Figure 9 - Comparaison des carottes MD16-3510 (2016) et MD02-2587 (2002).

Les progrès en matière de correction de l'étirement des carottes et de la préservation des couches de sédiments sont phénoménaux.

Figure 10
Photographie
du marégraphe
de Saint-Paul.



© Antoine Guillot et Cécilie Brachet.

5.

LA VALORISATION DE TRANSIT VT 151/NIVMER (NIVEAU DE LA MER)

Trajet du 8 avril au 3 mai 2016, pendant OP2016/1 (TAAF). Départ et arrivée à La Réunion.

La mesure du niveau de la surface de la mer apporte de nombreuses informations sur les océans, car elle en reflète les variations spatiales de température. Il s'agit donc d'une donnée très intéressante à exploiter dans le cadre de l'étude dynamique du climat.

À cette fin, des appareils de mesure (appelés "marégraphe") de ce paramètre ont été installés à des endroits définis à l'avance. Les mesures extraites de ces instruments permettent de connaître la température de l'eau en fonction de la profondeur.

À l'aide du même réseau d'appareils, la pente de la surface des océans peut être mesurée entre les îles Crozet, Kerguelen et Amsterdam. La connaissance de cette inclinaison permet de déterminer avec exactitude certaines caractéristiques du courant circumpolaire antarctique. Ces informations sont également très intéressantes à exploiter dans le cadre de l'étude dynamique du climat.

En outre, les données obtenues sont utilisées pour le traitement et la validation de mesures d'altimétrie satellitaire, ainsi que pour l'observation des variations du niveau absolu de la mer. Cette thématique a nécessité la mise en place d'un système de localisation terrestre (en l'occurrence un GPS, Global Positioning System), à proximité immédiate de chaque marégraphe.

La valorisation de transit VT 151/NIVMER avait pour but la maintenance, la mise à jour et la récupération des données enregistrées par les marégraphe installés à Crozet, Kerguelen et Saint-Paul. Une bonne partie du programme a été effectué. Cependant le matériel est en mauvais état. Il n'y a définitivement plus de marégraphe à Crozet. À Kerguelen, de la station KER1, il ne reste plus que la structure métallique et bois qui abritait la station. KER2 et KER3 sont pleinement opérationnelles. Tout le matériel inutile a été rapatrié sur Brest. Le shelter fête ses 10 ans et aurait besoin d'un rafraîchissement externe. L'opération de Saint-Paul s'est très bien déroulée mais le résultat escompté n'a pas été atteint.

Le GPS fonctionnait très bien sur batteries et panneau solaire. L'ajout de l'éolienne et de batteries supplémentaires afin d'alimenter la station marégraphique n'a pas fonctionné. Un tel montage va être mis en place à Brest afin de comprendre ce qui se passe et corriger le problème pour une possible intervention en 2017. Par ailleurs, la station de Saint-Paul n'aura fonctionné que quelques jours, le temps que les batteries se déchargent.

CHEF DE PROJET :

Laurent Testut

laurent.testut@legos.obs-mip.fr

Laboratoire d'Etudes en Géophysique
et Océanographie Spatiales UMR 5566

CHEF DE MISSION :

Antoine Guillot

antoine.guillot@cnrs.fr

Institut National des Sciences de l'Univers
Division technique INSU/SDU UPS855

6

LA CAMPAGNE MD 204/MIRAGE-1

**Trajet du 1^{er} au 30 juillet 2016.
Départ et arrivée à Colombo (Sri Lanka). Escales
à Sabang (Indonésie) les 4 et 26 juillet.**

La campagne MD 204/MIRAGE-1 avait pour objectifs de :

- déterminer la position et la géométrie des failles actives sur lesquelles est localisée la déformation actuelle dans la partie nord du bassin de Wharton, en particulier celles impliquées dans les tremblements de terre en décrochement de 2012, à partir d'une cartographie bathymétrique et de profils de sondeur de sédiments ;
- rechercher le long de ces failles d'éventuels escarpements sous-marins "frais", qui pourraient avoir été engendrés en 2012 par les tremblements de terre de magnitude 8.6 et 8.2, et les caractériser (position, orientation et sens de mouvement, hauteur de l'escarpement) ;
- comprendre plus avant la formation et l'évolution du bassin de Wharton à travers l'enregistrement des anomalies magnétiques, en particulier déterminer la position exacte des paléo-failles transformantes et autres paléo-discontinuités qui participent à la structuration de la plaque.

MIRAGE signifie "Marine Investigation of the Rupture Anatomy of the 2012 Great Earthquake". Cette mission a permis d'effectuer des levés géophysiques (bathymétrie, sondeur de sédiments, gravimètre, magnétomètre) dans le bassin de Wharton. Ces levés vont permettre de mieux comprendre les mécanismes qui régissent les tremblements de terre dans cette zone de déformation océanique intra-plaques.

Certains pays membres de l'ASEAN (Association des nations de l'Asie du sud-est) et la IOC-WESTPAC (International Ocean Commission for the Western Pacific) ont acquis un niveau élevé de compétence scientifique pour l'exploration des océans dans un contexte international, ainsi que l'infrastructure nécessaire pour la mise en œuvre des recherches marines et océaniques. Cependant, il demeure encore beaucoup de pays dans cette région du monde qui manquent des compétences et des capacités nécessaires pour mener à bien de telles recherches océaniques.

Afin de combler ce fossé entre pays dans cette région du monde, en particulier entre l'ASEAN et les pays membres de l'IOC-WESTPAC, l'équipe scientifique de la mission MD 204/MIRAGE-1 a décidé d'organiser une université d'été flottante. Au cours de cette formation, les participants ont été initiés et formés aux domaines de la géologie marine, de l'acquisition de données géophysiques marines et du

traitement et de l'interprétation des données. Ce cours était composé de conférences, de formations techniques et de quatre heures de travail sur l'acquisition de données réelles et de traitement. Les étudiants ont également participé aux quarts pendant la mission. L'Université Flottante est composée de 15 jeunes scientifiques et étudiants doctorants d'Indonésie (6), France (5), Singapour (2), Myanmar (1) et Corée du Sud (1).

Deux carottages longs ont également été réalisés avec succès au cours de cette mission. Ils permettront l'étude paléo-climatologique et l'estimation des grands événements sismiques passés au sud de l'île de Sumatra.

Un second volet de la mission (MIRAGE-2), programmé en 2017, s'inscrira en complément de cette première campagne, avec l'acquisition prévue de profils de sismique réflexion multi-trace, qui renseigneront sur la déformation plus en profondeur dans les sédiments, la croûte océanique et la partie la plus superficielle du manteau. Ces levés permettront également de déterminer l'étendue géographique de la région de croûte mince identifiée plus au nord vers la fosse, ainsi que de caractériser cette zone importante que constitue la zone de fracture réactivée nommée "FZ6".

CHEF DE MISSION :

Nugroho Dwi Hananto
n_hananto@yahoo.com.sg
Indonesian Institute of Sciences
Research Center for Geotechnology

CHEF DE PROJET :

Satish Singh
singh@ipgp.fr
Institut de Physique du Globe de Paris - UMR 7154
Laboratoire de Géosciences Marines

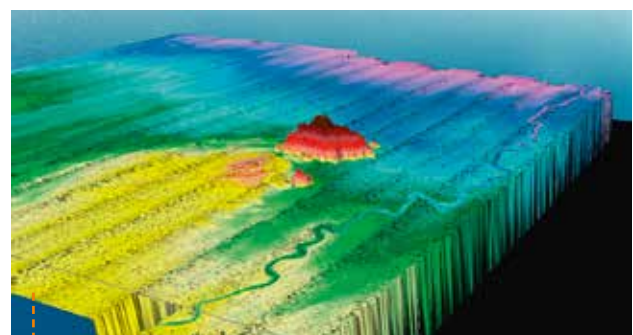


Figure 11 - Vue en trois dimensions de données du sondeur multifaisceaux Em122 du Marion Dufresne au sud de l'île de Sumatra (données brutes non traitées). On distingue un mont sous-marin et un canyon sous-marin.

7.

L'ARRÊT TECHNIQUE À MAURICE

Du 7 au 27 septembre 2016.

Un nouveau système d'analyse en continu OceanPack (de la société SubCTech) a été installé pendant l'arrêt technique de septembre 2016. Ce système est constitué d'un salinomètre SBE45, d'un capteur de température SBE38, d'une optode Aanderaa pour la mesure de l'oxygène et d'un Eco-Triplet (Chlorophyll-A, CDOM et red scattering) pour la chlorophylle.

L'arrêt technique a permis la révision par l'entreprise Kley France des appareils de pont. Enfin, les treuils mobiles (nommés "Bretagne", "Gasoil" et "Astrolabe") ont pu bénéficier d'un entretien complet au cours de cet arrêt technique.

L'intégration du nouveau portique arrière, planifiée originellement lors de cet arrêt technique, a été reportée à 2017 par manque de temps.



Figure 12 - Baie OceanPack en cours d'installation (il manque encore des capteurs et toute la tuyauterie) dans l'ancien local sondeur.

8.

LA CAMPAGNE MD 205/SOCLIM

Trajet du 5 octobre au 1^{er} novembre 2016.
Départ et arrivée à La Réunion.

L'océan Austral un rôle très important sur le climat de la planète. Tout d'abord par sa situation géographique, qui en fait le cœur de l'océan mondial (lien entre les océans Atlantique, Pacifique et Indien) dont il refroidit d'environ 2 °C plus de la moitié du volume. Ensuite parce qu'une grande partie des 50 % des émissions anthropiques de CO₂ qui sont absorbées par les océans le seraient par les eaux froides mais pauvres en phytoplancton de l'océan Austral. Aujourd'hui, ces mécanismes naturels pourraient être perturbés par les bouleversements climatiques liés aux activités humaines. Par exemple, les vents dans cette région du globe sont plus forts qu'auparavant et intensifient les apports d'eaux profondes à la surface de l'océan, libérant le CO₂ qu'il contient.

Cependant, beaucoup d'autres conséquences restent difficiles à prédire car les connaissances sur cet océan sont encore très incomplètes. Son manque d'accessibilité dû à son éloignement et ses conditions météorologiques extrêmes ont fortement limité les expéditions scientifiques jusqu'à présent.

Le projet SOCLIM vise à mettre en œuvre de nouvelles méthodes d'acquisition de données in situ qui permettront d'améliorer qualitativement et quantitativement les connaissances sur l'océan Austral. Un projet collaboratif est proposé pour la mise en place coordonnée d'un réseau de différentes plateformes instrumentées innovantes. Un tel réseau n'a jamais été conçu ni déployé dans l'Océan Austral. Il est basé sur :

- des profileurs multi-instrumentés : les versions les plus avancées des profileurs bio-optiques et biogéochimiques, appelés Bio-Argo. Ces flotteurs sont désormais pleinement opérationnels et ont atteint un degré de maturité permettant des observations de pointe à entreprendre dans une variété d'environnements ;
- des mouillages instrumentés : le déploiement d'un ensemble instrumenté dans la couche de surface de l'océan Austral est très difficile à réaliser. Au cours de la mission MD 205/SOCLIM ce défi a été relevé, en déployant ce type de mouillage sur le plateau de Kerguelen, en combinaison avec des approches plus classiques de piège à particules.



Figure 13 - Mise à l'eau d'un piège à particules au cours de la mission SOCLIM.

Avec l'utilisation de ces nouvelles technologies, les résultats de la mission MD 205/SOCLIM fourniront un ensemble de données cohérentes sans précédent, couvrant un secteur important de l'Océan Austral (de l'Afrique du sud à l'Australie et de 40°S à l'Antarctique). Différentes échelles temporelles sont décrites, allant de l'échelle nyctémérale à l'échelle interannuelle.

La base de données ainsi constituée contribuera à :

- améliorer la quantification des paramètres pertinents dans un contexte climatique tels que les flux de chaleur air-mer, d'eau douce et de carbone ;
- décrire et quantifier les processus physiques et biogéochimiques menant à la séquestration du carbone ;
- explorer les régions contrastées qui peuvent préfigurer l'avenir de cet océan dans un climat changeant ;
- progresser sur des questions en suspens, telles que l'origine de l'anomalie bio-optique des eaux de l'océan Austral, ou le rôle de la dynamique méso/submésoscale pour les processus physiques, biogéochimiques et biologiques ;
- proposer des activités attrayantes pour atteindre le « grand public » et en particulier les jeunes.

Du personnel du Service d'Observation OISO est également embarqué au cours de cette mission, afin de réaliser des mesures pour 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.

Le programme THEMISTO (Distribution et écologie du zooplancton et des poissons pélagiques mesurés par hydroacoustique) est également couvert au cours de la campagne MD 205/SOCLIM. Ainsi, des écho-sondages sont réalisés en permanence et « en route », à l'aide des 5 bases acoustiques (18, 38, 70, 120, 200 kHz) du sondeur de pêche Simrad EK80, pour l'évaluation de la répartition géographique et saisonnière des populations de poissons, notamment des myctophidés.

Le programme de la mission est pleinement rempli : 16 CTDs sont réalisées pour des profondeurs allant jusqu'à 5100 mètres. Quatre mouillages instrumentés (2 pièges à particules, un ADCP et 1 RAS (Remote Access Sampler)) sont disposés à l'est de Kerguelen, sur une zone plate située à environ 530 mètres de profondeur. En outre, 8 profileurs dérivants BIO-ARGO sont déployés à la mer.

Le projet SOCLIM est soutenu par la fondation BNP Paribas. Deux journalistes sont ainsi présents à bord afin de rapporter les actions entreprises en cours de mission, et afin d'alimenter des sites de présentation et de vulgarisation du projet SOCLIM.

CHEF DE PROJET ET DE MISSION :

Stéphane Blain

stephane.blain@obs-banyuls.fr

Laboratoire d'Océanographie Microbienne - UMR 7621

Université Pierre et Marie Curie





© Vincent Munier / WT

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

L'Institut polaire français Paul-Emile Victor (IPEV) est un groupement d'intérêt public (GIP) constitué par le Ministère de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation, le Ministère de l'Europe et des affaires étrangères, 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 2016

Président

Éric Brun • Ministère de la transition écologique et solidaire

Représentants des organismes membres de l'Institut

Clélia Chevrier-Kolacko / Anisse Ben-Younes • Ministère de l'Europe et des affaires étrangères

Pascale Delecluse • CNRS

François Jacq • IFREMER

Vincent Berger • CEA

Pascale Ulte-Guerard • CNES

Pascal Renaude / Alain Soulan • Météo France

Cécile Pozzo Di Borgo • TAAF

Jean-Claude Duplessy • EPF

Participants avec voix consultative

Benoît Debosque / Laurence Pinson • Commissaires du Gouvernement

Éric Preiss / Ronald Gourlay • Contrôle général économique et financier

Marie-Pierre Campo • Ministère des Outre-mer

Pierre Sigaud / Carole Semichon • Ministère de la transition écologique et solidaire

Françoise Gaill • Personnalité extérieure

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 / Patrice Bretel

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

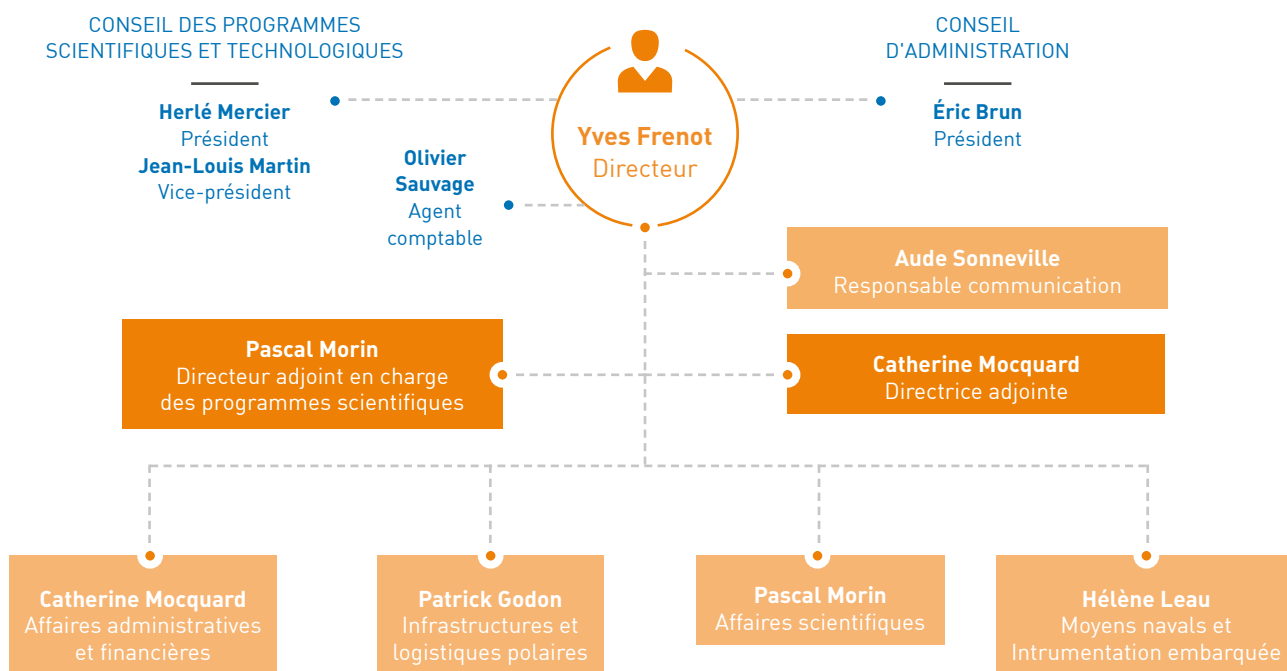
Hélène LEAU

- Représentant de l'IPEV Eurofleet
- Représentant de l'IPEV International Research Ship Operators IRSO
- Représentant 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 Fairbanks - Mars 2016
- EU-Polarnet General Assembly à Fairbanks - Mars 2016
- AMAP (Arctic Monitoring and Assessment Programme) / EU-PolarNet Stakeholder Workshop on Research Needs for Arctic Health and Wellness à Fairbanks - Mars 2016
- 3rd EU-US-CANADA Arctic Working Group Meeting à Fairbanks - Mars 2016
- Comité pour la Protection de l'Environnement et Réunion Consultative du Traité sur l'Antarctique à Santiago du Chili - Mai / Juin 2016
- Steering Committee Concordia à Rome - Juin 2016
- COMNAP Executive Committee & Annual General Meetings à Goa - Août 2016
- Joint EXCOM SCAR / COMNAP ; and fellows symposium of SCAR à Kuala Lumpur - Août 2016
- EU-PolarNet Town Hall à Kuala Lumpur - Août 2016
- European Polar Board - Plenary Meeting à Stockhölms (Avril 2016) et à Akureyri - Octobre 2016

ORGANIGRAMME





© Thibaut Vergoz

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

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

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

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 Étude 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

Lenaïck 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

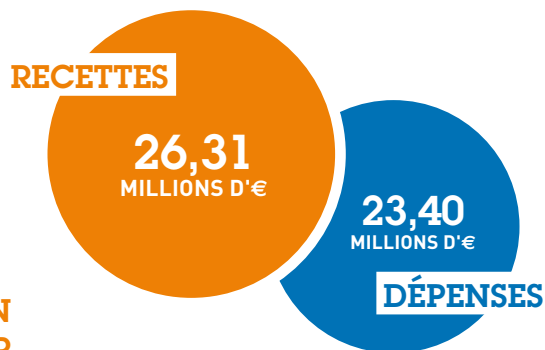
RÉCAPITULATION DES PERSONNES AYANT SÉJOURNÉ DANS LES BASES EN 2016

ANTARCTIQUE	Nombre de personnes	Nombre de jours missions
Personnel permanent du siège CE	14	713
Personnel contractuel CE DDU	15	835
Personnel contractuel CE Concordia (raid, CP)	38	2 270
Personnel contractuel Hivernant DDU	12	2 028
Personnel contractuel Hivernant Concordia (dont le cuisinier)	13	2 017
Personnel scientifique Hiv. Concordia (dt ESA et ENEA)	4	427
Personnel scientifique CE DDU	52	1 840
Personnel scientifique CE Concordia	37	1 328
VSC techniques DDU	17	2 631
VSC scientifiques DDU	23	2 952
VI scientifiques Concordia	3	438
Autre scientifique CE Concordia (programmes ESA)	3	101
Autre campagne d'été (SAF, contractants, visiteurs)	47	2 697
Autre hivernant DDU (TAAF, météo)	17	2 829
Hivernant italien Concordia (techniciens et scientifiques)	12	2 268
TOTAL	307	25 374

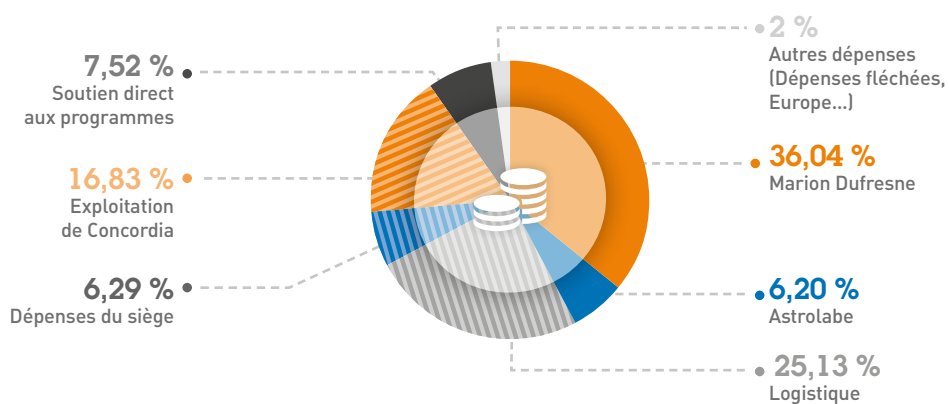
SUBANTARCTIQUE		
Personnel permanent du siège CE	6	430
Personnel contractuel CE Kerguelen	1	63
Personnel contractuel CE Crozet	1	0
Personnel contractuel CE Amsterdam	1	0
Personnel scientifique CE Kerguelen	51	2 614
Personnel scientifique CE Crozet	17	1 083
Personnel scientifique CE Amsterdam	7	408
Personnel scientifique CE Interdistrict	5	145
VSC techniques Kerguelen et Crozet	5	609
VSC scientifiques Kerguelen	23	2 942
VSC scientifiques Crozet	23	3 303
VSC scientifiques Amsterdam	18	2 309
TOTAL	158	13 906

ARCTIQUE		
Norvège (Svalbard-AWIPEV)	47	1 309
Personnel permanent du siège (campagne d'été)	3	52
Personnel scientifique (campagne d'été)	40	798
Volontaire international	2	424
Personnel contractuel	2	35
Danemark/Groenland	12	391
Islande	3	36
Finlande	1	5
Russie	19	538
Suède	2	15
Alaska	6	466
Canada	25	478
TOTAL	115	3 238

Budget global 2016



VENTILATION DES DÉPENSES PAR SECTEUR D'ACTIVITÉS

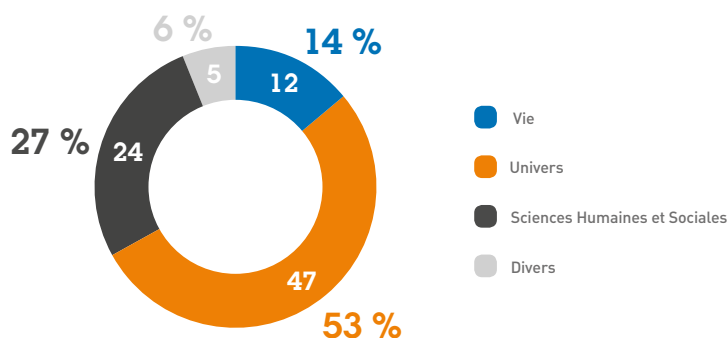


COÛTS COMPLETS PAR DOMAINE SCIENTIFIQUE

■ Sciences Humaines et Sociales ■ Univers ■ Vie ■ Divers



NOMBRE DE PROGRAMMES



Les actions de communication ont pour objectifs de faire connaître les activités menées par l'Institut dans sa mission d'agence de logistique polaire au service de la science.

Les salariés de l'IPEV, les tutelles, les scientifiques, les hivernants et campagnards d'été recrutés chaque année mais aussi les anciens constituent le 1^{er} public à informer. La communication vers cette communauté polaire vise à renforcer les liens entre ces différents acteurs des pôles et insuffler l'envie de transmettre leurs connaissances des missions dans ces milieux extrêmes.

Pour renforcer la visibilité de l'Institut, la communication externe valorise les activités et les moyens proposés auprès de la communauté scientifique au sens large, les médias et les décideurs.

La société civile – notamment les élèves – est sensibilisée à travers le développement de liens forts avec les enseignants et les structures pédagogiques, accompagnée d'événements de culture scientifique très fréquents.

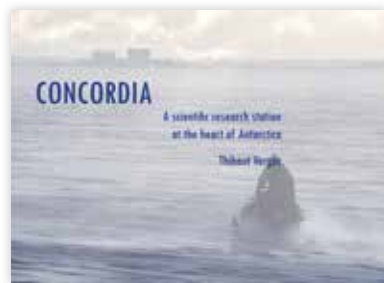


▲ Image extraite du film "Un an dans l'Antarctique" de Roger Kirschner, fonds audiovisuel des Expéditions Polaires Françaises déposé à la Cinémathèque de Bretagne et qui sera présenté sur le site d'archives polaires nationales, Archipôles.



▶ Eléments d'exposition au prêt sur le site de l'IPEV

Chaque année, le **rapport d'activité**, tiré à 1000 exemplaires, présente le bilan des activités soutenues et constitue un support de diffusion "prestigieux" vers les partenaires et les institutionnels, tant nationaux qu'internationaux. La **lettre d'information** de l'IPEV, diffusée par voie électronique 2 à 3 fois par an auprès de la communauté scientifique polaire et des partenaires institutionnels, présente notamment les grands projets comme la jouvence du *Marion Dufresne* ou encore la création d'Archipole, les archives polaires françaises.



◀ Livre de photos réalisées par Thibaut Vergoz à Concordia



▲ Kakémono détaillant le métier de Chaudronnier pour l'Institut polaire français et présenté à Quai des sciences



▲ Une partie de l'exposition sur les métiers à l'IPEV lors des fêtes maritimes de Brest 2016

Enrichi d'une page de recrutement en ligne, de ressources mises à disposition ou encore de petits films de présentation, le nouveau **site internet** de l'Institut est consulté par plus de 3000 personnes par mois. L'IPEV a mis en place sa page **Facebook** à l'occasion des Brest 2016 et d'une campagne de recrutement en vidéo. Dès son ouverture, elle a connu un bel engouement avec plus de 1600 personnes abonnées fin 2016. Les vidéos ont beaucoup de succès : plus de 12000 personnes ont vu la vidéo sur la logistique à Dumont D'Urville réalisée par le département communication.

Fin 2016, une campagne hebdomadaire de sensibilisation aux métiers techniques a été lancée sous la forme de films courts humoristiques, certains ont été visionnés plus de 3000 fois.



▲ L'enseignante en direct de Dumont D'Urville devant un amphithéâtre de l'Université de Strasbourg

Les **médias** sollicitent régulièrement le département pour la réalisation de reportages, le photographe Vincent Munier qui illustre une partie de ce rapport d'activité nous en donne un magnifique exemple. En novembre 2016, une équipe de Disney Nature était à Dumont d'Urville pour la réalisation d'un long-métrage sur un manchot Adélie. Les images qu'ils ont transmises laissent envisager un très beau film.

Pour permettre la compréhension des questions polaires sur le long terme et en plus des actions avec les classes, le département favorise **l'échange direct entre les acteurs polaires et les enseignants**. Ce partage de compétences vise à favoriser une meilleure pédagogie auprès des élèves. Le projet "Embarquez en Antarctique" créé en partenariat avec la Maison pour les sciences d'Alsace est un **"Voyage d'exploration scientifique en milieu extrême"**. Il a permis de nombreux échanges entre les scientifiques et les enseignants formateurs. L'enseignante, partie sur le terrain en janvier 2017, a réalisé une série d'outils pédagogiques sur le travail scientifique et logistique en Terre Adélie utilisée par plus de 700 élèves la 1^{re} année.

Chaque année, l'Institut participe à des **événements de culture scientifique** à travers la France comme la nuit européenne des chercheurs (4000 visiteurs en 2016) ou la fête de la science (6000 visiteurs). Durant les Fêtes maritimes de Brest 2016, l'IPEV a coorganisé avec le Pôle mer Bretagne et Océanopolis, le village scientifique **"Quai des Sciences"** : 2500 m² d'espace dédié à la science avec 40 structures attractives et 425 animateurs en relais sur les 6 jours pour assurer les animations devant les 21000 visiteurs.

L'IPEV y présentait 600 m² d'exposition, consacrée à la valorisation des métiers polaires, en créée en partenariat avec les élèves d'un lycée professionnel Brestois, le lycée Vauban.

En parallèle à l'activité de communication, le département travaille avec les Taaf et les Epf à la mise en place d'une plateforme Web d'**archives polaires nationales : Archipôle**. L'objectif est d'y présenter l'ensemble des fonds historiques polaires et de proposer un lieu de valorisation à tous les détenteurs d'archives liées aux pôles. L'ouverture du site est prévue pour début 2018. L'IPEV a donc entrepris l'inventaire et la numérisation de ses archives constituées, entre autres, de 60 000 photos et 5000 cartes.



▶ La signalétique de Quai des sciences sur le port de Brest lors des fêtes maritimes de 2016



◀ Le guide du candidat en Antarctique présente de manière précise et complète, et selon les statuts des personnels, l'ensemble des informations et des documents nécessaires pour partir en Antarctique





L'ESA à Concordia

Summary report WO2017

In the past Winter-Over season, ESA-sponsored medical doctor Carole Dangoisse monitored three scientific experiments that focused on human performance and behavioural 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.

Concordia station is considered a high-fidelity analog environment 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.



Figure 1 - Little light at dawn at Concordia.

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.

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.



Figure 2 - Antarctica Confinement and Isolation with Antarctic tumbleweeds in detail.

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.



Figure 3 - Bone Health's neuromuscular test.

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.



Figure 1 - Little light at dawn at Concordia.

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.

The psychodynamics of individuals and groups in confined environments is important in a number of situations, including terrestrial and space exploration. This includes the positive and negative aspects of isolated and confined groups' psychodynamics.

One non-invasive method of studying these psychodynamics, for example adaptation to life at Concordia, is using voice analysis. Accurate analysis looking at indications of stress is of great importance in the human space exploration arena.

The 'Psychological Status Monitoring by Content Analysis and Acoustic-Phonetic Analysis of Crew Talks and Video Diaries' (CAPA) experiment has been tracing the process of psychological and physiological adaptation to the challenges of Antarctic environment by automated analysis of speech samples with the aim to study the course of physiological and psychological adaptation and group processes during the overwintering at Concordia Research Station.

Live recordings in social encounters (crew meetings) and individual video diaries have been collected regularly (once a week), while state of the art language and speech technology have been used for processing and analysis of vocal/phonetic characteristics and psychological content of speech.

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

Subjects' speech prosodies collected by the CAPA experiment has also been used to detect signs of mood changes like the development of SAD.

CAPA's future prospect is the development of a fully automated status monitoring tool that could be used in long-term space missions and in other Isolated and Confined Environment conditions.

The results will help to understand the mechanisms of psychological and physiological adaptation or maladaptation in extreme or stressful environments.



© Thibaut Vergoz





© Thibaut Vergoz

Annexes

Projets soutenus en arctique 2016 & subantarctique et antarctique 2016-2017

ARCTIQUE

Sciences de l'homme et de la société

1 038 • HUMAD-MAFSO

Adaptation humaine à Verkhoïansk.
Des corps gelés aux populations actuelles

👤 **Crubezy Éric**
🏠 **AMIS, Anthropologie Moléculaire et Imagerie de Synthèse, Toulouse**
📍 **Arctique ; Russie (Verkhoïansk)**

Le programme HUMAD-MAFSO porte sur l'histoire du peuplement de la lakoutie (république sakha, Sibérie orientale) ainsi que celle de l'adaptation à l'une des zones les plus froides de la planète, entre le cercle polaire et l'océan glacial Arctique. Le peuplement iakoute et la coévolution de l'homme et des maladies infectieuses et parasitaires seront analysés via la confrontation des données archéologiques (fouilles de tombes gelées dans un état de conservation exceptionnel), historiques, culturelles et biologiques. L'histoire du peuplement est basée sur la comparaison entre populations anciennes et contemporaines en utilisant les mêmes marqueurs génétiques. Un intérêt particulier est porté à l'ADN ancien, tant celui des sujets que des bactéries et des virus qui peuvent être mis en évidence et leur code génétique séquencé. Les études sur les maladies émergentes déjà repérées par notre équipe seront poursuivies lors de missions épidémiologiques auprès des populations contemporaines bien ciblées. Après l'étude du peuplement de la région de Verkhoïansk (2010-2012), ce nouveau programme poursuit l'étude des implantations iakoutes dans une nouvelle région écologique : les bassins des rivières Indigirka, Kolyma et la région d'Olenek (à l'ouest de la Lena, sous le cercle polaire) et avec de nouvelles technologies génomiques (séquençage complet d'anciens virus et bactéries). L'ensemble de ces travaux (terrains et laboratoires) se déroule dans une coopération bilatérale France-Russie officialisée dans le Laboratoire International Associé COSIE "Coévolution hommes-milieux en Sibérie orientale".

Human-Environment coevolution in Indigirka (Russian Federation) : frozen graves in present-day autochthonous populations

The MAFSO-HUMAD programme focuses on the settlement history of Yakutia (Sakha Republic in Eastern Siberia) and on human adaptation in one of the coldest areas of the world between the Arctic Circle and the Arctic Ocean. Yakut population settlement and the coevolution of humans and infectious-parasitic diseases will be investigated through archaeological (excavation of frozen graves in exceptional states of preservation), historical, cultural and biological data. The history of population settlement will be evaluated by comparing ancient and contemporary populations using the same genetic markers. A particular focus is on ancient DNA ; human subjects, bacteria and viruses can be investigated and their genetic codes sequenced. Studies on emerging diseases, diseases already identified by our team, will be conducted during the epidemiological missions on targeted contemporary populations.

Following the settlement study in the Verkhoïansk area (2010-2012), this new programme continues to study Yakut settlement but in new ecological regions: the basin of the Indigirka and Kolyma rivers, the region of Olenek (west Lena under the Arctic circle) and with new genomic technologies: complete sequences of ancient virus and bacteria. This research (field and laboratory) will be conducted through a bilateral French-Russian collaboration, officialised in the International Associated Laboratory COSIE Human-Environment Coevolution in Eastern Siberia.

1 043 • NUNA

Perceptions et représentations (Inuits, Cris, Occidentaux) des paysages dans le projet de Parc National Tursujuq (Nunavik)

👤 **Joliet Fabienne Jeanne**
🏠 **INHP, Institut National d'Horticulture et du Paysage, Angers**
📍 **Arctique ; Canada**

Cette recherche porte sur la question de l'imagibilité du territoire et de la société inuit par les Inuit eux-mêmes : celle de leurs paysages familiers et de leur peuple mais aussi des paysages et des peuples différents rencontrés à l'occasion de leurs voyages. L'imagibilité est à la fois le moyen et l'art de représenter par l'image, dans une société où l'imagerie occidentale est toujours plus prégnante mais où parallèlement l'imagerie inuit se développe et se conforte. Tel qu'observé dans la première partie de ce programme et des travaux préparatoires sur l'imagibilité, la photographie inuit "du dedans" est l'expression d'aspirations culturelles et patrimoniales, une clé d'interprétation des changements sociaux et environnementaux et une assise aux ambitions géopolitiques (co-gouvernance et Plan Nord) le plus souvent figurées par le regard occidental (à leur place). La visibilité est le corrélat de l'imagibilité. Cette recherche vise également, par le biais d'incitations participatives inuit, à faire connaître ces photographies inuit du territoire et de la société aux côtés, voire à la place, des images produites par les Qallunaat.

Inuit self imagibility: landscape, places, family, how inuit-izing the world ?

The scientific campaign maintains the same objective: better knowledge and increased awareness of the Inuit gaze upon the representations of their territory, with a renewed focus on the Nunavik territory. It tracks the creation of the Tursujuq National Park started in 2009 on the East Coast of the Hudson Bay and continues the field-work carried out in the Kangiqsujaq community – the gateway for the Pingualuit National Park.



© Lottechain

1 108 • PRISM

Observations du pergélisol et de la couverture neigeuse dans le bassin du glacier Austre Loven (Svalbard)

👤 **Tolle Florian**

🏠 **THEMA, Théoriser et Modéliser pour Aménager, Besançon**

📍 **Arctique ; AWIPEV Ny Alesund, Corbel, 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.

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

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, snowcover 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.

1 121 • DOLIDHI

Construction du passé des Dolganes et dynamiques identitaires contemporaines dans l'Arctique russe : approche historique et anthropologique

👤 **Lambert Jean-Luc**

🏠 **GSRL, Groupes, Sociétés, Religions, Laïcités, Paris**

📍 **Arctique ; 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 ».

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

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.



© Paolo Verzone

1 127 • BRISK'S

Projet d'observatoire "comblant les connaissances autochtones et scientifiques sur le changement global dans l'Arctique : l'adaptation et la vulnérabilité de la société et l'environnement"

👤 Lavrillier Alexandra
🏠 CEARC, Cultures, Environnement, Arctique, Représentations, Climat, Versailles-St-Quentin
📍 Arctique ; Russie, Suède

Basé sur des études de cas 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 autochtone. 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.

Observatories of the project "bridging indigenous and scientific knowledge about global change in the Arctic: adaptation, and vulnerability of society ; environment

Based on case studies 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.

1 140 • ETAPAS

Ethno-archéologie de l'utilisation et de l'exploitation végétales par les sociétés arctiques et subarctiques

👤 **Beyries Sylvie**
🏠 **CEPAM, Cultures et Environnements. Préhistoire, Antiquité, Moyen-Age, Nice**
📍 **Arctique ; Russie**

Le projet proposé est de nature ethnoarchéologique, il a pour objectif d'apprécier l'importance et la variabilité des modalités d'exploitation de la biomasse végétale par des groupes humains en milieu arctique et subarctique (artisanats, combustibles).

En préhistoire, dans l'étude des cultures matérielles, la très grande rareté et l'altération des restes végétaux retrouvés amènent systématiquement à une sous-estimation très importante de l'importance des végétaux aussi bien dans le quotidien des individus que dans leurs organisations symboliques. Le projet vise à élaborer et à tester des méthodologies permettant de à partir de restes souvent fugace de remonter au contexte environnemental.

L'objectif ultime, est de comprendre la place des systèmes de gestion des ressources végétales au sein de l'univers matériel et symbolique des sociétés, d'évaluer la visibilité archéologique de chacun d'entre eux et d'amorcer une réflexion sur le rôle de l'environnement végétal dans l'identité culturelle des groupes.

Afin de considérer les diversités, les premiers travaux sur le terrain auront lieu dans Yakutia du Sud/Baikal du Nord. Ces travaux sur le terrain sont articulés avec des programmes de recherche ethnoarchéologiques et archéologiques russes actuels. La deuxième saison aura lieu dans la partie nord du Kamtchatka, près d'Atchaivaïam, caractérisé par une végétation de toundra de forêt; nous avons déjà effectué plusieurs terrains ethnoarchéologiques dans cette région.

Ethno-archaeology of Plant use and exploitation by Arctic and subarctic Societies

The project suggested is ethnoarchaeologic, it aims at appreciate the importance and the variability of the methods of exploitation of the vegetable biomass by human groups in Arctic and subarctic medium (crafts, fuels). In prehistory, in the study of the material cultures, the very great scarcity and the deterioration of vegetable remains bring systematically to a very important undervaluation of plants as well in everyday life as in their symbolic organizations. The project aims working out and at testing methodologies making it possible of starting from remains often fugacious to go back to the environmental context.

The final objective is to understand the place of plant resources management systems in the material and symbolic world of societies, to evaluate the archaeological visibility of each one of them and to start a reflection on the role of the vegetable environment in the cultural identity of the groups. In order to consider diversities, the first fieldwork will take place in south Yakutia/North Baikal. This fieldwork is articulated with ongoing Russian ethnoarchaeological and archaeological research programs. The second season will take place in the northern part of the Kamtchatka, near Atchaivaïam, characterized by a vegetation of forest tundra ; we already carried out several ethnoarchaeological field in this area.

1 156 • OCIP

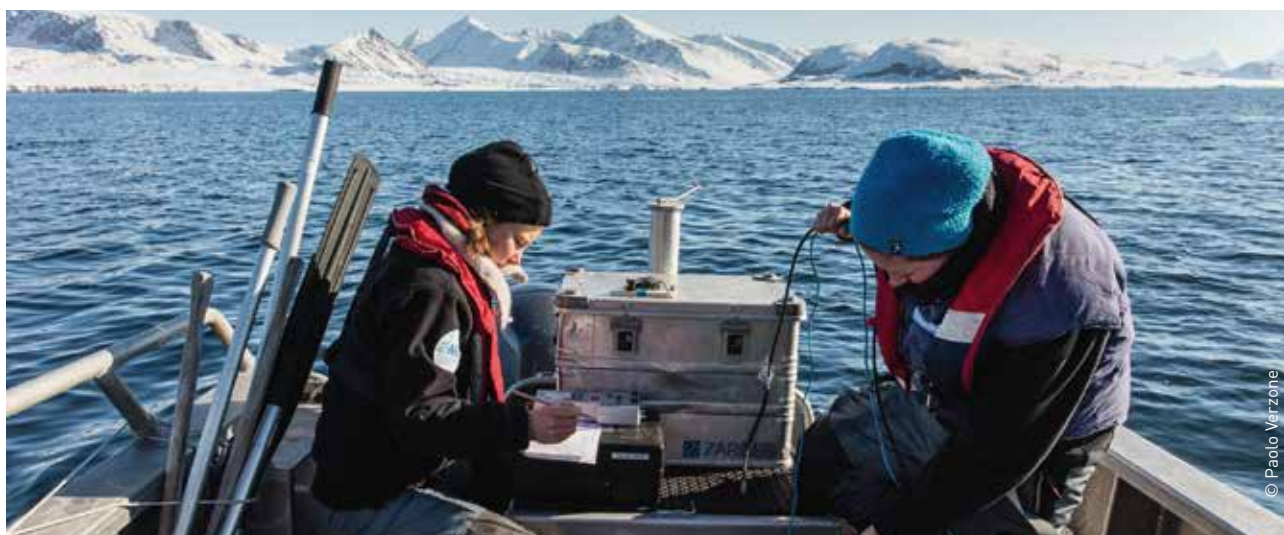
Le christianisme orthodoxe et populations autochtones en Alaska et la Tchoukotka contemporain

👤 **Vaté Virginie**
🏠 **GSRL, Groupes, Sociétés, Religions, Laïcités, Paris**
📍 **Arctique, USA Alaska**

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 Déroit 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 États-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'Église 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.

Orthodox Christianity and Indigenous People in Contemporary Alaska and Chukotka

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 Herman's pilgrimage, Kodiak region.



1 160 • STADENA

Savoirs techniques et adaptations environnementales chez les chasseurs de narval Inughuit

👤 Stépanoff Charles
🏠 LAS, Laboratoire d'Anthropologie Sociale, Paris
📍 Arctique ; 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^e et XX^e 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.

Technical knowledges and Environmental adaptations to the inughuit hunters of narwhal

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 an traditional technique, an individual perfection of the equipment and an aesthetic of the personal adress 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.



1 193 • TUKTU 2

Écotourisme autochtone, changements environnementaux et économiques, style de vie et savoir faire traditionnels ; étude comparative entre les Inuits chasseurs de caribous de Baker Lake au Nunavut et les Sami éleveurs de rennes de Övre Soppero en Suède

👤 Blangy Sylvie
🏠 CEFE, Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive, Montpellier
📍 Arctique ; North 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 rendrons accessibles les informations des Études 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 Kangiqsujaug au nord Québec. Les 2 études menées pendant TUKTU 1 seront largement diffusées et serviront de fondation à Tuktu 2.

Mining impacts and sustainability in Qamanit'uaq, Nunavut. Developing strategies and models for an equitable partnership

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 Kangiqsujaug north of Québec. The 2 studies conducted in TUKTU 1 will be widely disseminated and will serve as a foundation for TUKTU2.

Sciences de la terre et de l'univers

316 • IPCROCI-3 JOKER

Interactions Point Chaud - Rift Océanique - Cryosphère : L'Islande

👤 Schneider Jean-Luc

🏠 EPOC, Environnements et Paléoenvironnements
Océaniques et Continentaux

📍 Arctique ; 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.

Interactions between Hotspot, Rift and Cryosphere : Jökulhlaup Economic Risks

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.



© Paolo Verzzone

1 015 • OPTIMISM-BIO

Instrumentation automatique pour l'observation des processus dynamiques et thermodynamiques régissant le bilan de masse de glace de mer

👤 Vivier Frédéric

🏠 LOCEAN, Laboratoire d'Océanographie et du Climat : Expérimentations et Numériques, Paris

📍 Arctique ; 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 météo 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 déployée 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 Polynia 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.

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

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 meteorology 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 Polynia 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.



1 026 • POLARLIS 2

**Polarisation de la raie rouge
thermosphérique au Svalbard**

- 👤 **Lilensten Jean**
- 🏠 **IPAG, Institut de Planétologie et
d'Astrophysique de Grenoble, Grenoble**
- 📍 **Arctique, Svalbard, Svalbard
autre que AWIPEV (Corbel)**

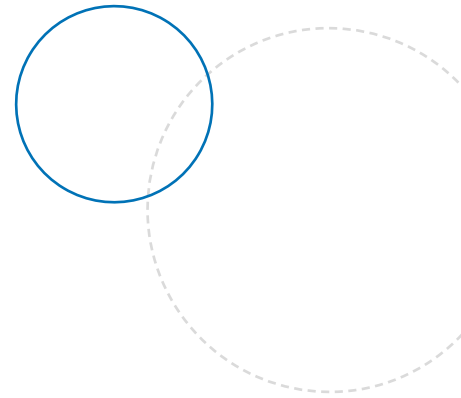
Grâce à un financement IPEV, nous avons pu observer la polarisation aurorale au cours de deux hivernages, à Hornsund (base polonaise) et, l'hiver 2014/2015, à Ny Alesund. Ces observations constituent le premier volet d'une observation plus longue, sur un demi-cycle solaire, nous permettant à terme de relier cette polarisation à l'activité solaire pour en faire un paramètre de la météorologie de l'espace. La base Corbel constitue un moyen unique de test de ces instruments, en conditions de fonctionnement extrême et à faible énergie. Cette demande vise à assurer à la fois 4 hivernages à Ny Alesund pour la polarisation, et les tests des instruments spatiaux à Corbel.

Polarisation of the thermospheric red line in Svalbard

Thanks to an IPEV funding, we observed the auroral polarization during two winters at Hornsund (Polish base) and during the winter 2014/2015, in Ny Alesund. These observations are the first part of a longer series over half a solar cycle, ultimately allowing us to link this polarization to the solar activity as a space weather parameter. Furthermore, the creation of the Grenoble University Space Center leads to the construction of miniaturized instruments, mainly for space weather observations from space. The Corbel base is a unique facility to test these instruments in extreme operating conditions and low energy supply. This application aims to ensure both 4 winterings for polarization in Ny Alesund, and testing of space instruments at Corbel.



© Paolo Verzzone



1 042 • ESCAPE2-ARCTIC

**Écosystèmes - neige - climat - rétroactions
du pergélisol**

- 👤 **Dominé Florent**
- 🏠 **Laboratoire international Takuvik, Laval**
- 📍 **Arctique ; 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. Ce projet vise à améliorer (1) notre prédiction de l'évolution du régime thermique du pergélisol ; (2) notre compréhension des échanges de carbone entre le pergélisol et l'atmosphère. Pour la première question, l'accent sera mis sur les interactions neige-végétation, et notamment sur les processus physiques induits par la croissance de la végétation et qui modifient la conductivité thermique de la neige, de manière à poursuivre et compléter les avancées permises lors des 4 années précédentes. Pour la deuxième question, l'accent sera d'abord mis sur le site d'Umiujaq, où le sol est pauvre en carbone et où la croissance de la végétation a permis un stockage récent de carbone dans le sol. Ultérieurement, le site de Bylot, plus riche en carbone, sera étudié.

Ecosystems, Snow, ClimAte, Permafrost feedbacks

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. This project aims at improving (1) our prediction of the evolution of the thermal regime of permafrost; (2) our understanding of the exchanges of carbon between the permafrost and the atmosphere. Regarding the first question, the emphasis will be placed on snow-vegetation interactions, and in particular on the physical processes induced by vegetation growth and which modify snow thermal conductivity, in order to pursue and complement the breakthroughs of the past 4 years. Regarding the second question, the emphasis will first be placed on the Umiujaq site, where the ground in carbon-poor and where vegetation growth has allowed recent carbon uptake. Subsequently, the carbon-rich Bylot site will be studied.



1 126 • ARCSNOW

Interactions sur le long-terme entre la neige et l'atmosphère en Arctique

👤 **Jacobi Hans-Werner**

🏠 **IGE, Institut des Géosciences de l'Environnement, Grenoble**

📍 **Arctique; AWIPEV Ny Alesund**

Les évaluations climatiques reproduisent constamment un réchauffement de la température de surface dans les hautes latitudes supérieures à la moyenne mondiale. Cette Arctic Amplification a été initialement attribuée aux rétroactions liées à l'albédo de la neige / glace, mais le progrès dans la modélisation climatique a révélé plusieurs autres rétroactions qui jouent aussi un rôle. Ceux-ci comprennent les effets dus aux propriétés thermiques de la glace de mer ou des changements dans le transport de l'énergie vers les pôles et les changements associés aux tempêtes, la vapeur d'eau et les nuages. Ces résultats sont principalement basés sur la modélisation du climat, mais leur validation par des observations ainsi que l'évaluation de l'importance relative de ces processus restent difficiles et sont encore discutées très controversées. Ce projet vise à étudier le rôle de l'évolution de la neige à long terme et des rétroactions inhérentes liés par exemple aux changements dans la structure de la neige et de l'albédo dans l'Arctique Amplification plus en détail. Les modifications de l'albédo sont au moins en partie liées à la chimie de la neige. Ainsi, un deuxième objectif est lié à une meilleure compréhension des interactions entre l'atmosphère et la neige, le dépôt sec et humide et le recyclage des polluants à l'interface atmosphère/neige.

Long-term interactions between snow and the atmosphere in the Arctic

Climate assessments consistently reproduce zonal mean surface temperature warming in Arctic latitudes exceeding the global average. This Arctic Amplification was initially attributed to snow/ice albedo feedbacks, but progressing climate modeling revealed several other feedbacks playing a role as well. These include effects due to modified thermal properties of sea ice or changes in poleward energy transport and associated shifts in storm tracks, vapor and clouds. These findings are mostly based on climate modeling, but their validation by observations as well as the assessment of the relative importance of inherent processes remains difficult and is still quite controversially discussed. Based on this background, this project seeks to investigate the role of long-term snow developments and of inherent feedbacks due to e.g. changes in snow structure and snow albedo in Arctic Amplification in more detail. Albedo changes are at least partly related to the incorporation of light absorbing impurities and, thus, the chemical composition of the snow. Therefore, a second objective is related to a better understanding about chemical interactions between the atmosphere and the snow including pollutant wet/dry deposition and pollutant recycling at the snow/ice-atmosphere interface.

1 134 • ARCTISO

Observation de la composition isotopique de la vapeur d'eau superficielle à Ny Alesund

👤 **Masson-Delmotte Valérie**

🏠 **LSCE, Laboratoire des Sciences et du Climat et de l'Environnement, Gif-sur-Yvette**

📍 **Arctique ; AWIPEV Ny Alesund, Svalbard**

Suite à un déploiement d'un instrument effectué avec succès depuis fin juin 2014, le projet ARCTISO-2 vise à poursuivre et exploiter la mesure de la composition isotopique de la précipitation et de la vapeur d'eau en surface à Ny Alesund (Svalbard). La composition isotopique de la vapeur d'eau reflète l'histoire de la trajectoire des masses d'air atmosphériques, en relation avec les conditions d'évaporation et la distillation se produisant au cours du transport, elle-même affectée par les processus microphysiques nuageux. Les mesures à Ny Alesund s'inscrivent dans le cadre d'études menées sur un ensemble de sites en Atlantique Nord (Bermudes, Islande, sud et nord-ouest du Groenland) et en Arctique (Oural, Sibérie), complétés par des transects (bateaux ACTIV, Danemark-Groenland, et PolarStern). Elles visent à mieux comprendre les processus contrôlant la composition isotopique de la vapeur d'eau, en particulier en bord de glace de mer, d'évaluer la capacité des modèles de circulation atmosphérique à représenter ces processus, en particulier pour l'excès en deutérium. Combinées à l'étude de rétrotrajectoires et de transport d'humidité, ces mesures pourront permettre d'évaluer la fraction d'humidité de provenance locale et la fraction d'humidité transportée à longue distance. Dans le contexte d'une intensification du cycle de l'eau arctique, cette fraction reste une source d'incertitude importante. Enfin, une meilleure compréhension des processus contrôlant la composition isotopique de la vapeur d'eau permettra de mieux tirer parti des enregistrements paléoclimatiques, comme ceux issus des carottes de glace.

Monitoring surface water vapour isotopic composition at Ny Alesund

Following the successful deployment of an instrument in June 2014, the ARCTISO-2 project aims at continuing and exploiting measurements of precipitation and water vapour isotopic composition at Ny Alesund (Svalbard). The isotopic composition of water vapour reflects the history of air mass trajectories, in relationship with evaporation conditions and distillation occurring along transportation, itself affected by cloud microphysical processes. Measurements in Ny Alesund are related to studies performed in different sites located in the North Atlantic (Bermuda, Iceland, south and north-west Greenland), in the Arctic (Ural, Siberia) complemented by transects (ACTIV ship from Denmark to Greenland, PolarStern). These measurements will allow us to better understand the processes controlling water vapour isotopic composition, especially near the sea ice margin, to assess the ability of atmospheric models to resolve these processes, especially for deuterium excess. Together with backtrajectory and moisture transport calculations, these measurements will allow to estimate the fraction of moisture of local (Arctic) origin and the fraction of moisture which has been transported over long distance. In the context of an intensification of the Arctic water cycle, this fraction remains an important source of uncertainty. Finally, better understanding the processes controlling the water vapor isotopic composition will improve the interpretation of paleoclimate records such as those obtained from ice cores.

1 141 • AWIPEV-CO₂

Suivi de la chimie des carbonates à l'observatoire sous-marin à l'AWIPEV

👤 **Gattuso Jean-Pierre**

🏠 **LOV, Laboratoire d'Océanographie, Villefranche-sur-Mer**

📍 **Arctique ; AWIPEV Ny Alesund**

Le projet AWIPEV-CO₂ a pour objectif de débiter une série de mesures de la chimie des carbonates à Ny-Alesund. 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.

Monitoring of the carbonate chemistry at the AWIPEV underwater observatory

The AWIPEV-CO₂ project aims to establish time-series measurements of the carbonate chemistry at Ny-Alesund. 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.



1 164 • GREEN EDGE

Floraison printanière du phytoplancton dans la baie de Baffin : étude détaillée des processus physiques, biologiques, chimiques - Modélisation de la production primaire et des flux de carbone actuels et futurs

👤 Babin Marcel
🏠 Laboratoire international Takuvik, Laval
📍 Arctique ; 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.

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

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.

1 172 • C³

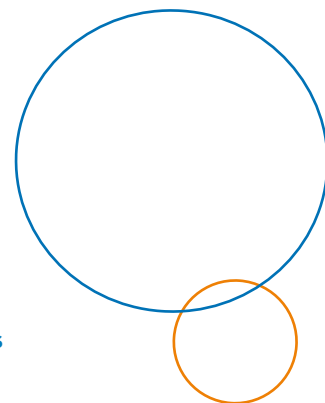
Les côtes au Kongsfjorden sous l'effet du changement climatique

👤 Mercier Denis
🏠 UFR de Géographie et d'Aménagement, Paris
📍 Arctique ; AWIPEV Ny Alesund

Contrairement aux côtes des moyennes et basses latitudes, peu de choses sont connues concernant l'impact potentiel des changements globaux sur les littoraux des régions froides, bien que ceux-ci représentent 30 % des littoraux mondiaux (Byrne et Dionne, 2002). Seulement 1 % des littoraux arctiques ont été étudiés suffisamment en détail pour permettre une description quantitative des processus en action (Lantuit et al., 2010). Le Svalbard offre un territoire d'exception pour la quantification des réponses des côtes arctiques face au réchauffement climatique, passant d'un système périglaciaire à paraglaciaire. Le ruissellement, induit par le retrait glaciaire, la hausse des températures et des précipitations, la fonte du pergélisol et un raccourcissement de la période d'englacement de la côte, a désormais un pouvoir contrôlant sur les paysages polaires. Bien que des modèles d'évolution existent déjà pour les côtes basses meubles du Spitsberg (Mercier, 1998 ; Ruz, 1992), peu de travaux ont été conduits sur les côtes à falaises, notamment avec des méthodologies géomorphologiques modernes (Strzelecki, 2012). L'objectif de ce projet de recherche est d'appréhender la dynamique côtière des différents systèmes (falaises meubles, dures, côtes basses) face aux changements globaux dans le Kongsfjorden.

Coasts under Climate Change in Kongsfjorden

Unlike mid-to-low latitudes' seacoasts, very little is known about the potential impact of global changes on seacoasts located in the polar regions, although they represent one third of global seacoasts (Byrne and Dionne, 2002). Only 1% of Arctic coastlines were sufficiently studied in detail in order to describe the processes in place (Lantuit et al., 2010). Svalbard offers an exceptional opportunity for measuring Arctic seacoast responses to global warming that is more noticeable on the switch from periglacial system to paraglacial system. Runoff induced by glacial retreat, rising temperatures and rainfall, melting permafrost and the reduction of glacial conditions, have a controlling impact on polar landscapes (Mercier, 1988; Strzelecki, 2012). Several studies have been dedicated to evaluate global changes on Spitsbergen seacoasts (low unconsolidated coasts) (Mercier, 1988; and Hequette Ruz, 1989; Ruz, 1992), very few studies have been focused on cliff-coasts, especially using modern geomorphological methods (Strzelecki, 2012). The objective of the research project is to understand the coastal dynamic of different systems (unconsolidated and consolidated cliffs, low-coasts) that are subject to global changes in the Kongsfjorden seacoast located on the Northern bank of Brogger peninsula. (1) evaluate the changes on the coastal system in terms of shoreline dynamic and sedimentary transits; (2) outline major vulnerabilities that the coastal system undergoes under marine and terrestrial erosion impacts; The identification of the processes of coastal erosion and coastal sediment transit may allow us to characterize the major environmental forcings on different seacoasts. The study site has been for several reasons: - the North bank of the Brogger peninsula is characterized by several coastal systems in a restricted area. Thus, we have unconsolidated cliffs, consolidated cliffs and low seacoasts.- the Kongdfjord is of importance for international scientific researches on the Arctic. A multidisciplinary knowledge is already available on this site. Although many researches are focused on marine and terrestrial environments, sea coasts, as a continuum zone between both environments have had very little interest (Strzelecki, 2012). - the Spitsbergen is currently undergoing major climate change: Transition from periglacial to paraglacial system. Continental runoff controls the landscape, including seacoasts. The impacts of global warming are well imprinted in the region. - human occupation in the region is unimportant reducing thus the anthropogenic impacts and allowing a better discernment of natural forcing on the system. The results would then allow the comparison with regions subject to high anthropogenic impacts located on high and mid-latitudes seacoasts.





© Paolo Verzzone

1 180 • EGRIP-FRANCE

**Forage de glace au Groenland :
projet EGRIP-France**

👤 Gillet-Chaulet Fabien

**🏠 IGE, Institut des Géosciences
de l'Environnement, Grenoble**

📍 Arctique ; Groenland (EGRIP drilling camp)

Ce projet représente la contribution française au projet international de forage profond EGRIP (East Greenland Ice core Project) avec pour objectif de mieux comprendre la dynamique du fleuve de glace du nord-est et obtenir une archive climatique de haute résolution des derniers 50 000 ans: accès au site de forage, aux échantillons et participation à la logistique pour le forage profond.

Ice drilling in Greenland EGRIP-FRANCE

This project represents the French contribution to the international deep drilling project EGRIP (East Greenland Ice core Project) with the target of studying the dynamics of the large North East Greenland Ice Stream (NEGIS) and recover a high resolution climatic archive of the last 50.000 years: access to the drilling site, to the ice samples and contribution to the deep drilling operation.



© Paolo Verzzone



Sciences du vivant

330 • ORNITHO-ENDOCRINO

Hormones et effet sur l'effort de reproduction chez les oiseaux marins arctiques

👤 Chastel Olivier

🏠 CEBC, Centre d'Études Biologiques de Chizé

📍 Arctique ; Svalbard

Dans le cadre du programme ORNITHO-ENDOCRINO, nous souhaitons étudier les effets des polluants organiques et des métaux lourds sur la réponse hormonale au stress de la mouette tridactyle au Svalbard, une zone très concernée par les polluants. Nous testerons l'influence des polluants sur la réponse adrénocorticale et les hormones de la reproduction. Nous rechercherons les composés organiques (DDT, DDD, DDE, HCB, PCBs, et PBDEs) et métaux lourds (Cd, Hg) connus pour être toxiques. Nous utiliserons des enregistreurs miniaturisés (GLS) afin de décrire l'influence des zones d'hivernages sur la charge en polluants. Enfin nous mesureront l'impact des interactions entre réponse au stress, hormones et contaminants sur la survie et la reproduction des individus.



© Florent Dominé

Hormones and reproductive effort in arctic seabirds

In the frame work of the ORNITHO-ENDOCRINO research program, we will study the physiological and fitness effects of poly- and perfluorinated alkyl substances (PFASs) exposure in Svalbard Black-legged kittiwakes. PFASs are surface-active agents used in a multitude of manufactured and consumer products and are nowadays the most abundant contaminants in many Arctic seabirds, but their effects remain poorly known. We will (1) Investigate in deep the influence of PFASs on key endocrine mechanisms underlying reproductive decisions and parental effort (corticosterone, LH, prolactin); (2) Explore via the study of telomeres dynamics the impact of PFASs contamination on the rate of ageing of individuals; (3) Assess the consequences of PFASs exposure on fitness traits like reproductive success and survival.

333 • PARASITO ARCTIQUE

Dynamique des interactions hôte-parasite dans les systèmes spatialisés : dispersion et interactions locales chez les oiseaux marins arctiques

Boulinier Thierry
CEFE, Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive, Montpellier
Arctique ; Norvège

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.

Host-parasite interactions in space: dispersal and local interactions in arctic seabirds

*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 microparasites such as Lyme disease agent *Borrelia burgdorferi* and arboviruses. The role of the variability in host phenotypic responses (immunology and behaviour) and of the coevolution between the hosts and the vector tick for the ecology and evolution of such interactions at different scales will be studied. In addition to laboratory analyses, the approach combines field experiment to the analyses of data recorded in a spatialised context.*



388 • ADACLIM

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

Gremillet David
CEFE, Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive, Montpellier
Arctique, Groenland

Les changements climatiques affectent fortement le fonctionnement des écosystèmes marins de l'Arctique. Cet impact est direct, par le biais d'une augmentation de la température des eaux de surface et une réorganisation des réseaux trophiques, ou indirect, car la disparition de la glace de mer ouvre de nouvelles voies navigables et permet de nouveaux forages pétroliers qui favorisent les pollutions par les hydrocarbures. Nous étudierons l'incidence du réchauffement sur les mergules nains (*Alle alle*) du Groenland, les oiseaux marins les plus abondants de l'Atlantique Nord (40-80 millions) et de puissants indicateurs écologiques des réseaux trophiques régionaux. Au cours de travaux de terrain en Arctique nous effectuerons une étude multi-annuelle de l'incidence des changements climatiques sur (1) le comportement de prédation et la valeur sélective (reproduction et survie adulte) de mergules nicheurs en Mer du Groenland, (2) leurs stratégies migratoires hivernales en Atlantique. Nous testerons d'autre part la capacité des mergules à filtrer le zooplancton dont ils se nourrissent, ceci leur permettant de mieux tamponner la variabilité des champs de proies due au réchauffement. Finalement nous comparerons les taux d'hydrocarbures présents dans les tissus des mergules sur une période de 25 ans, ainsi qu'au sein de zones plus ou moins anthropisées de leurs aires de répartition hivernales et estivales en Atlantique Nord.

Responses of Arctic marine birds to environmental constraints in the context of climate change

*Climate change profoundly affects Arctic marine ecosystems. These changes have direct and indirect impacts upon Arctic marine organisms. Direct effects are mainly due to ocean warming and lead to a reorganization of food webs, whereas indirect effects are linked to shrinking sea ice and the opening of new shipping routes and new oil fields, which both contribute to enhanced pollutions. We will study the impact of Arctic climate change on little auks (*Alle alle*) from Greenland, the most numerous seabird species in the North Atlantic (40-80 million individuals) and powerful ecological indicators of regional food webs. During Arctic field sessions, we will study the multi-year impact of ocean warming on (1) the foraging behaviour and fitness (reproductive performance and adult survival) of little auks breeding along the Greenland Sea, (2) their migratory strategies during the winter phase in the Atlantic. Further, we will test the hypothesis that little auks are capable of filter-feeding, a functional trait which should greatly help them cope with climate-induced shifts in prey resources. Finally, we will evaluate levels of oil-associated pollutants in little auks during the last 25 years, as well as across areas of contrasting anthropogenic influence within their North Atlantic summer and winter distribution range.*

1 036 • INTERACTIONS 2

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 Chrono-Environnement, Besançon
📍 Arctique ; NE 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 dynamiques souvent fortement cycliques sont du plus en plus perturbées par les changements climatiques au Groenland et ailleurs dans l'Arctique. En comparant les différences observées entre différents sites et à différentes échelles géographiques (régionale et circumpolaire), nous serons en mesure de mieux comprendre et évaluer la contribution respective des différents types d'interactions sur le fonctionnement et la dynamique de cette communauté emblématique de l'Arctique. Les résultats attendus dans le cadre de ce renouvellement de programme permettront d'affiner nos prédictions sur les différentes trajectoires que ces écosystèmes suivront à l'avenir en fonctions des divers scénarios climatiques, et les implications de ces évolutions sur la biodiversité arctique en général.

Directs and indirect impacts of predator-prey interactions on the non linear dynamics of arctic vertebrate communities facing climate changes

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 and in the Arctic in general. Comparing the differences found between distinct study areas and at different geographical scale (regional and circumpolar) will allow us to better understand and assess the respective contributions of the different interactions in the functioning and dynamic of this emblematic Arctic terrestrial vertebrate community. Expected results from our renewed program will allow us to better predict the different paths Arctic terrestrial ecosystems are expected to follow under various climate change scenarios and the implications of such changes on Arctic biodiversity in general.

1 158 • PRIVARC

Plasticité du Recrutement des bivalves ARctiques

👤 Olivier Frédéric
🏠 BOREA, Biologie des Organismes et Écosystèmes Aquatiques, Concarneau
📍 Arctique ; Groenland

En milieu polaire, les processus structurant le compartiment benthique sous contraintes climatiques agissent à une échelle régionale et mettent en jeu une désynchronisation ("match-mismatch") entre dynamiques de la production primaire et du méroplancton. L'objectif du projet PRIVARC est d'utiliser l'extraordinaire plasticité de la phase métamorphosique des bivalves marins, dont les larves peuvent retarder très longuement leur métamorphose en l'absence de stimulus positif, pour quantifier les effets anthropiques sur le renouvellement des populations d'invertébrés et par cascade sur le fonctionnement des écosystèmes benthiques arctiques. La démarche proposée implique l'analyse des retards de métamorphoses par des mesures coquillières (longueurs des prodissonconques I/II) et de l'état physiologique des recrues d'espèces dominantes d'un fjord du haut arctique groenlandais par la méthode des acides gras marqueurs.

Recruitment Plasticity of Arctic Bivalves

In polar regions submitted to climate change, the processes structuring the benthic compartment act at a regional scale and involve the 'match-mismatch' hypothesis between dynamics of primary production and meroplankton. The objective of the PRIVARC project is to use the huge plasticity of peri-metamorphic stages of marine bivalves, whose larvae can delay their metamorphosis in the absence of positive stimulus, to quantify anthropogenic impacts on the renewal of invertebrates' populations and by cascade on the functioning of Arctic benthic ecosystems. The proposed approach involves the analysis of delays of metamorphosis by shell measurements (lengths of prodissonconchs I / II) and of the physiological status of recruits of dominant species from a high arctic Greenland fjord by the fatty acid trophic marker methods.



© Dominique Fleury

1 162 • SEXCOMONARC2

Conflits sexuels chez une espèce arctique monogame : conflits sexuels lors de l'accouplement, l'éclosion et la réduction de la taille de la nichée

Leclaire Sarah

EDB, Évolution et Diversité Biologique, Toulouse

Arctique ; USA - Alaska (Middleton Island)

Depuis quelques années, le rôle des bactéries dans l'écologie et l'évolution des animaux suscite un grand intérêt théorique. Néanmoins, bien que les bactéries semblent jouer un rôle fondamental dans la valeur adaptative des individus, la communauté scientifique vient tout juste de découvrir l'ampleur de leur diversité et fonctions. Notre programme IPEV ("SexCoMonArc2") aura ainsi pour objectif principal d'étudier les interactions réciproques entre les oiseaux et les bactéries. En particulier, nous étudierons les mécanismes ultimes et proximaux de plusieurs comportements qui pourraient être des stratégies permettant aux individus de limiter les contaminations bactériennes. Ce projet porte sur une population de mouettes tridactyles nichant en Alaska sur un tour spécialement aménagée pour la capture et le suivi des oiseaux. Nous basant sur des compétences acquises durant les programmes précédents, nous développerons également de nouvelles approches permettant d'étudier les stratégies d'allocation au sexe chez cette espèce.

Behavioral strategies in a monogamous arctic bird during reproduction

Recent studies have revealed surprising role for bacteria in the ecology and evolution of animals. Although bacteria are of vital importance for animal fitness, we have however just made the first steps in discovering their complexity, diversity and function. In the 'SexCoMonArc2' program, we will study the interactions between bacteria and bird behavior at different stages of reproduction. We will focus on the ultimate and proximate mechanisms of several behaviors that are potential strategies against bacteria. We will study an Alaskan population of black-legged kittiwakes nesting on an abandoned tower that enables us to easily capture and monitor breeders and chicks. Based on the knowledge and skills acquired from our previous IPEV projects, we will also develop new approaches to study offspring sex-ratio adjustments.





ANTARCTIQUE SUBANTARCTIQUE

Sciences de l'homme et de la société

1 170 • ERISI

Étude sur l'évolution de la relation entre les individus et leur étroite spacialité au cours d'un séjour dans un environnement extrême et inhabituel et / ou isolé et confiné dans la perspective d'une prise en compte du stress adaptatif

👤 Trousselard Marion
🏠 IRBA, Institut de recherche biomédicale des Armées, Bretigny-sur-Orge
📍 Antarctique, Subantarctique ; Dumont D'Urville, raid, Kerguelen

L'objet de cette étude est d'étudier dans une perspective dynamique le rapport des individus à leur spatialité immédiate dans une situation de vie en environnement extrêmes et inhabituels et/ou isolés et confinés, selon les terminologies employées notamment par Peter Suedfeld ou Jean Rivolier. Cette approche exploratoire ambitionne de mieux appréhender les processus de régulation du stress pour un individu soumis à un environnement contraignant en prenant en compte son ancrage spatial, ressource psychologique encore peu étudiée. Au-delà, elle s'inscrit dans le cadre de la psychologie de la santé en interrogeant les liens entre santé psychique, bien-être et efficacité au travail pour proposer à termes des actions de prévention primaire.

Elle s'adressera à des populations vivant durant des périodes significativement longues en environnement confiné (ex. : sous-marine de la Marine nationale, Station spatiale internationale) ou en environnement isolés (ex. : bases Antarctiques/subantarctique, ou bases de campagnes lors d'OPEX).

Study on the Evolution of individuals' Relation with their Close Spaciality during a stay in extreme and unusual and/or isolated and confined environment from the perspective of a take into account of adaptive stress

This research aims to study, in a dynamic perspective, relations between individuals and their close spaciality specifically in extreme and unusual and/or isolated and confined environments (according to the terminology used by Peter Suedfeld or Jean Rivolier).

This exploratory approach wants to better understand the stress regulation process for an individual in a restrictive environment, taking into account its spatial anchoring, psychological resource still not studied that much. In addition, it fits into the context of health psychology by questioning the links between mental health, well-being and work efficiency to offer terms of primary prevention.

This research is specifically dedicated to people living during long period(s) in confined environments (eg. : nuke submarines or International space station) or isolated ones (eg. : Antarctic / sub-Antarctic bases, or field camps for military operations abroad ' aka OPEX).

© Pierre Perrin

Biologie humaine

1117 • SICKVEST

**Le mal de mer sur l'*Astrolabe*:
caractérisation et évaluation
de contre-mesures pharmacologiques
pendant les rotations de missions**

👤 **Besnard Stéphane**
🏠 **COMETE, Mobilités : Attention,
Orientation, Chronobiologie, Caen**
📍 **Antarctique ; *Astrolabe***

Environ 80 % des personnes embarquées lors des missions de rotation du bateau *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 4 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 (École Royale Militaire, Belgique) spécialisé dans les environnements extrêmes.

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

Motion sickness is present in about 80% of the passengers during missions onboard 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.



© Éric Munch / WT



© Éric Munch / WT



Sciences de la terre et de l'univers

133 • SISMOLOGIE/OBS

Observatoires Sismologiques Globaux

- 👤 Maggi Alessia / Dimitri Zigone
- 🏠 EOST, École et Observatoire des Sciences de la Terre, Strasbourg
- 📍 Subantarctique, Antarctique ; Kerguelen, Crozet, Amsterdam St-Paul, Dumont d'Urville, Concordia

L'objectif principal du programme SISMOLOGIE/OBS est l'observation à très large bande et à grande dynamique des mouvements du sol, avec un fort accent sur les hautes latitudes de l'Hémisphère Sud, toujours insuffisamment échantillonnées malgré les améliorations des dernières années. Les données enregistrées et validées (contrôle de qualité) sont mises gratuitement à disposition de la communauté scientifique internationale en temps réel et/ou différé. Nos données contribuent tout autant aux études tomographiques globales et régionales, qu'aux études de sismicité ou de bruit microsismique. Les données en temps-réel des stations sub-antarctiques sont utilisées pour l'alerte aux tsunamis dans l'océan indien, pour laquelle elles sont précieuses. Nos objectifs sont de maintenir ou améliorer la qualité des données, améliorer la robustesse des chaînes d'enregistrement et de distribution des données, et d'améliorer leur valorisation nationale et internationale.

Geoscope - EOST

The main objective of the "SEISMOLOGY/OBS" program is the continuous, broad-band, high-resolution observation of ground motion, especially high latitudes of the southern hemisphere, which are still insufficiently sampled despite the improvements of the past few years. Recorded and quality controlled data are freely distributed to the international scientific community both in real- and delayed-time. Our data contribute equally to global and regional tomographic studies, to seismicity studies, and to studies of microseismic noise. Real-time data from our sub-Antarctic stations are used for tsunami warning alerts in the Indian Ocean, for which they are particularly valuable. Our goals are to maintain or improve the quality of the data, to improve the robustness of the data recording and distribution procedures, and to increase their national and international utilization.



© Eduardo Da Forno



© Thibaut Vergoz

139 • GEOMAGNETIC OBS

Observatoires magnétiques permanents

👤 **Chambodut Aude**

🏠 **EOST, École et Observatoire des Sciences de la Terre, Strasbourg**

📍 **Subantarctique, Antarctique ; Kerguelen, Crozet, Amsterdam St-Paul, Dumont d'Urville, Concordia**

Les 5 observatoires magnétiques permanents d'Amsterdam, Crozet, DômeC/Concordia, Dumont d'Urville et Kerguelen répondent aux normes et standards Intermagnet (INTERNATIONAL Real-time MAGNETIC observatory NETWORK, <http://www.intermagnet.org/>). Le champ magnétique de la Terre y est enregistré en continu avec des taux d'échantillonnage de 1 seconde. Les mesures absolues des composantes du champ magnétique sont également effectuées journalièrement tout au long de l'année. Le traitement des données et, leur diffusion, auprès des centres mondiaux de données géophysiques (WDC pour le géomagnétisme - World Data Centers) à travers le réseau INTERMAGNET, sont effectuées en temps quasi-réel grâce au récent système d'acquisition intégrant des protocoles d'expéditions journalières. La continuité, la qualité, la stabilité et l'homogénéité de ces observations sont de première importance pour leur utilisation en continue par l'ensemble de la communauté scientifique. Ces observatoires sont localisés dans des lieux éloignés et isolés qui ne permettent pas d'utiliser pleinement les protocoles habituels des autres observatoires français (protocole du BCMT - Bureau Central du Magnétisme Terrestre, <http://www.bcmf.fr/> - utilisant par exemple : connexion permanente à Internet, personnel permanent, ...) et ont conduit nécessairement à des adaptations logistiques et technologiques. Nous prévoyons : (1) de poursuivre la consolidation de notre parc matériel, (2) et d'établir, en collaboration avec l'IPEV, la mise en place de transmission temps-réel des données.

Five French permanent magnetic observatories in Southern territories

The 5 permanent magnetic observatories of Amsterdam, Crozet, DomeC/Concordia, Dumont d'Urville and Kerguelen are fulfilling the Intermagnet (INTERNATIONAL Real-time MAGNETIC observatory NETWORK, <http://www.intermagnet.org/>) standards. In these observatories, the Earth's magnetic field is continuously recorded with sampling rates of 1 second. Absolute measurements of the magnetic field components are also performed every day along the year. The data processing and dissemination, to the world Data Centers (W.D.C. for Geomagnetism) across the Intermagnet network, are quasi real-time thanks to the recent acquisition system integrating daily 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 <http://www.bcmf.fr/> protocol usually used: permanent internet connection, permanent observer, larger site and shelters,...) and have led necessarily to logistical and technological adaptations. We plan (1) to continue the consolidation of our equipment and (2) to establish, with the IPEV collaboration, the settlement of real-time transmission of the data.

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, Laboratoire Atmosphères, Milieux, Observations Spatiales, Paris**

📍 **Antarctique, Subantarctique ; Dumont d'Urville, Concordia, Kerguelen**

Les objectifs du programme 209 NDACC Antarctique consistent en la surveillance à long terme et des études de processus et climatologiques sur les populations de particules (aérosols, Nuages Stratosphériques Polaires - PSC) et la composition chimique (incluant l'ozone stratosphérique) de la Haute Troposphère / Basse Stratosphère. La thématique globale est celle de la chimie de l'ozone et de sa destruction, dans le contexte d'un climat en évolution. Les conséquences au sol en terme de rayonnement UV-B ainsi que les interactions ozone-climat, particulièrement concernant l'impact de l'augmentation des gaz à effet de serre sont également considérées. Un ensemble d'instruments dédiés à la mesure d'occurrence des nuages et la caractérisation de leurs propriétés physiques, ainsi qu'à la mesure d'ozone et des paramètres impliqués dans son équilibre chimique sont actuellement en place dans les stations françaises de Dumont d'Urville et de Kerguelen. Ces instruments sont : Spectromètre UV-Visible, Détecteur UV-B large bande, radiosondages ozone par ballons, et mesure lidar (Rayleigh/Mie/Raman). Les variables observées sont : concentration d'ozone en colonne totale et profils, profils d'aérosols et de nuages, température, dioxyde d'azote et UV-B érythémal. Ce programme d'observations fait partie, au niveau français, du Service d'Observation NDACC-France.

Long-term UTLS and stratospheric ozone monitoring, stratosphere-climate interactions

The objectives of the 209 program 'NDACC Antarctic' consist in long term monitoring associated to process and climatological studies on both the particle population (aerosols, Polar Stratospheric Clouds - PSC) and chemical composition (including stratospheric ozone) of the Upper Troposphere / Lower Stratosphere. The global thematic is the stratospheric ozone chemistry and depletion, in a changing climate context. Consequences on UV-B radiation on ground, as well as ozone interactions with climate, especially concerning the impact of green house gases increases are also investigated. A set of instruments dedicated to the measurements of clouds occurrence and physical characterization, and ozone, along with the parameters involved in its chemical equilibrium is currently implemented on the French stations Dumont d'Urville and Kerguelen. These instruments are: UV-Visible spectrometers, UV-B broad-band detector, balloon ozone soundings and lidar (Rayleigh/Mie/Raman). The observed variables are ozone, total column and vertical profiles, aerosols and PSC profiles, temperature, nitrogen dioxide and erythemal UV-B. This observatory program is part, at the French level, of the Observing Service NDACC-France.

227 • RAYCO

Observatoire de la composante nucléonique du rayonnement cosmique

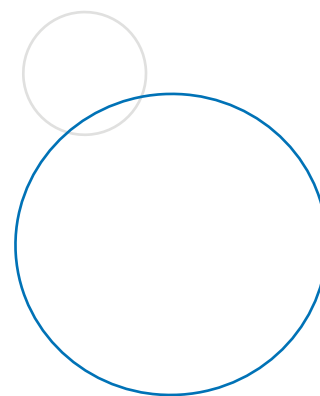
- 👤 Klein Karl-Ludwig
- 🏠 LESIA, Laboratoire d'Études Spatiales et d'Instrumentation en Astrophysique, Meudon
- 📍 Antarctique, Subantarctique ; Dumont d'Urville, Kerguelen

Observation continue de la composante nucléonique du rayonnement cosmique: (1) comme participation française au réseau international des moniteurs à neutrons, (2) pour étudier l'accélération de protons relativistes dans les éruptions solaires et les événements solaires à particules de façon générale, (3) 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

Continuous observation of the nucleonic cosmic ray component: (1) as the French contribution to the international network of neutron monitors, (2) to study relativistic proton acceleration in solar eruptive events, and solar particle events in general, (3) to provide the data for, and to improve the models used by the Sievert system (DGAC-French Civil Aircraft Authority).

© Bruno et Marie Cusa



312 • SUPERDARN KER

Superdarn KER

- 👤 Marchaudon Aurélie
- 🏠 IRAP, Institut de Recherche en Astronomie et Planétologie, Toulouse
- 📍 Subantarctique ; 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 des deux hémisphères. La France possède le radar de Kerguelen situé dans l'Hémisphère Sud et conjugué magnétiquement avec le radar anglais d'Hankasalmi situé en Scandinavie, ainsi qu'avec les radars à diffusion incohérente EISCAT et ESR. Avec le développement du réseau de l'Hémisphère Sud (comme Kerguelen), les objectifs centrés sur le thème de la conjugaison magnétique entre hémisphères, dont la nature est encore très mal connue, deviennent accessibles. 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.

SuperDARN Kerguelen

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 (Terre Adélie)

👤 Favier Vincent

🏠 IGE, Institut des Géosciences de l'Environnement, Grenoble

📍 Antarctique ; Dumont d'Urville, Concordia

Ce projet constitue le renouvellement du programme GLACIOCLIM SAMBA initié en 2004 qui est le volet Antarctique du SO/ORE GLACIOCLIM, destiné à détecter, surveiller et comprendre l'évolution du climat et du bilan de masse en milieu glaciaire. Il s'agit d'assurer la pérennité de réseaux 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 156 km (1 relevé/an), et à Concordia (1 relevé/an minimum), et le maintien des instruments météorologiques déployés à proximité de CP. Des campagnes spéciales d'observation météorologiques et glaciologiques seront organisées afin de préciser les processus physique d'accumulation et d'ablation.

The glaciers, an observatory of climate, Antarctic component

This project is the renewal of GLACIOCLIM SAMBA program, which was initiated in 2004. GLACIOCLIM SAMBA is the Antarctic component of the GLACIOCLIM SO/ORE, in order to detect, monitor and understand climate and mass balance variability and change in the glacial environment. The program proposes surveying and maintaining the surface mass balance networks at Cap Prud'homme (CP, summer and winter surveys), along a 156 km transect (1 survey/yr), and at Concordia (1 survey/year or more) and the meteorological instruments deployed near CP. Special meteorological and glaciological observing periods are also planned in order to analyze particular meteorological processes.



© Vincent Muniier / WT

414 • CESOA

Étude du cycle atmosphérique du soufre en relation avec le climat aux moyennes et hautes latitudes sud

👤 Legrand Michel

🏠 IGE, Institut des Géosciences de l'Environnement, Grenoble

📍 Antarctique, Subantarctique ; Dumont d'Urville, Amsterdam, Concordia

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. Le programme réalise un suivi du DMS et des aérosols soufrés à DDU, Amsterdam et Dôme C, ainsi que l'étude du DMS dans l'eau de mer collectée occasionnellement lors des rotations de bateaux dans les districts.

Atmospheric Sulfur Cycle in relation with climate at mid and high Southern latitudes

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

416 • RAMCES-AMS/ORE

Évolution des concentrations des gaz à effet de serre à l'île d'Amsterdam

👤 **Delmotte Marc**

🏠 **LSCE, Laboratoire des Sciences et du Climat et de l'Environnement, Gif-sur-Yvette**

📍 **Subantarctique ; Amsterdam St-Paul, Crozet**

Le programme de mesure des gaz à effet de serre (GES) sur l'île Amsterdam a pour but de contribuer au suivi à long terme de l'atmosphère dans le cadre du Service National d'Observation ICOS-France et du réseau international GAW (Global Atmospheric Watch) de l'Organisation Météorologique Mondiale. L'île Amsterdam constitue un site de référence pour l'atmosphère (site propre), les mesures qui y sont conduites permettent en particulier de mieux quantifier le rôle de l'océan austral en tant que puits de carbone et de mieux comprendre les mécanismes associés. Le site permet également de tracer le transport des émissions d'Afrique Australe le cas échéant. En plus des mesures en continu de CO_2 , CH_4 , et des prélèvements flacons hebdomadaires (CO , H_2 , N_2O , isotopes du CO_2) conduites depuis plusieurs années, nous proposons d'ajouter les mesures continues de CO et N_2O et de reprendre celles de O_3 durant les 4 prochaines années. Les mesures de Radon-222 et des paramètres météorologiques qui permettent de bien caractériser l'origine des masses d'air seront poursuivies. Afin de parfaire la caractérisation du puits de carbone de l'océan austral nous envisageons également le déploiement d'un analyseur continu et haute précision de l'oxygène atmosphérique.

Greenhouse gas monitoring at Amsterdam Island

The goal of the greenhouse gases measurement program at Amsterdam Island is to contribute to long term atmospheric monitoring within the framework of the ICOS-France National Observation Service and the international GAW (Global Atmospheric Watch) network from World Meteorological Organization. Amsterdam Island is a reference site for atmospheric watch (clean site), and measurements conducted in-situ enable us to better estimate the austral ocean impact as a carbon sink and better understand the associated mechanisms. This location is also well suited to trace emission transport coming from South Africa. In addition to continuous CO_2 and CH_4 measurements and weekly flask sampling [CO , H_2 , N_2O , CO_2 isotopes] conducted since several years, we propose to set up continuous CO and N_2O measurements and to restart the O_3 monitoring over the next 4 years. The 222-Radon measurements as well as meteorological parameters which enable an accurate air mass origin characterization will be continued. In order to further increase our knowledge about the Austral Ocean carbon sink, we think about setting up a continuous and high precision atmospheric oxygen analyzer.

452 • ALBION

Interactions eau/glace de mer dans l'Océan en Terre Adélie

👤 **Houssais Marie-Noëlle**

🏠 **LOCEAN, Laboratoire d'Océanographie et du Climat : Expérimentations et Numériques, Paris**

📍 **Antarctique ; Terre Adélie**

Le projet ALBION, initié en 2006 dans le cadre de l'Année Polaire Internationale, vise à documenter la formation des Eaux de Fond en Terre Adélie, troisième source d'Eau de Fond formée sur le plateau de l'Antarctique de l'Est au large de la Terre Adélie. La répétition régulière chaque été d'un réseau de stations hydrographiques et de carottes sédimentaires, associée à la surveillance en continu de sites clés pour la formation et l'export des eaux denses, doit nous permettre de comprendre la formation et la circulation des eaux sur le plateau, et son impact sur la variabilité de l'export d'eau dense dans le processus de sédimentation.

Adélie Land Bottom Water and Ice Ocean Interactions

The ALBION project, launched in 2006, aims at documenting the formation of the Adélie Land Bottom Water, the third source of Antarctic Bottom Water formed on the eastern Antarctic shelf off the George V Land / Adélie Land Coast. Regular summer hydrographic and sediment coring surveys together with continuous monitoring of the key formation and export areas should help understanding the general circulation on the shelf, its link to the sediment dynamics and its impact on the interannual variability of the dense water export.



© Leticia Kernaléguen

688 • NIVMER

Niveau de la Mer

- 👤 **Testut Laurent**
- 🏠 **LEGOS, Laboratoire d'Études en Géophysique et Océanographie Spatiales, Toulouse**
- 📍 **Antarctique, Subantarctique ; Dumont d'Urville, Kerguelen, Crozet, Amsterdam St-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 -<http://www.legos.obs-mip.fr/fr/observations/rosame/> - sur les quatre sites de : Crozet, Kerguelen, St-Paul et Dumont d'Urville. Ce programme vient en accompagnement des programmes de recherche-faisant usage des observations des variations du niveau de la mer, dans le secteur péri-antarctique de l'Océan Indien : traitement et validation des mesures altimétriques satellitaires, surveillance des tsunamis, suivi du Courant Circumpolaire Antarctique et étude des variations séculaires du niveau de la mer. Ces quatre stations font partie du réseau de surveillance mondial de niveau de la mer GLOSS.

NIVMER

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.



© Thibaut Vergoz

902 • GLACIOLOGIE CONCORDIA

Études glaciologiques à Dôme Concordia

- 👤 **Ritz Catherine**
- 🏠 **IGE, Institut des Géosciences de l'Environnement, Grenoble**
- 📍 **Antarctique ; 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 "enregistrements glaciaires), (coordonnés 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 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.

Glaciological studies at Dome Concordia

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 Vargoz

903 • CHIMIE ATMO DC

Chimie de la Basse Atmosphère Passée, Présente et Future dans le Centre Antarctique : cycle du soufre

Legrand Michel
IGE, Institut des Géosciences de l'Environnement, Grenoble
Antarctique ; Concordia

Le programme 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.

Chemistry of the Lower Atmosphere over Central Antarctica

The program 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

Mesures radiomètres des micro-ondes de vapeur d'eau stratosphérique et troposphérique en Antarctique

Ricaud Philippe
CNRM, Centre National de Recherches Météorologiques, Toulouse
Antarctique ; Concordia

Le radiomètre HAMSTRAD est un instrument micro-onde à l'état de l'art dédié à la détection de (1) la raie d'oxygène à 60 GHz pour mesurer le profil de température troposphérique, et (2) la raie de vapeur d'eau à 183 GHz pour obtenir H₂O troposphérique de la surface à environ 10 km d'altitude, avec une résolution temporelle d'environ 7 minutes. En janvier 2009, HAMSTRAD a été installé à l'extérieur au Dôme C pendant 12 jours. Le radiomètre a été définitivement déployé à l'intérieur d'un shelter dédié en Janvier 2010 et est opérationnel depuis lors, sauf pendant la période Juin 2011-Février 2012 en raison d'une défaillance de l'instrument. L'instrument entièrement automatisé a besoin d'un étalonnage à l'azote liquide, une à deux fois par an. Les données enregistrées depuis 2009 ont été intensivement analysées et des résultats scientifiques ont été publiés (10 articles dans des revues de rang A). L'objectif du projet HAMSTRAD est de mesurer les tendances de la vapeur d'eau et de la température de la basse troposphère à la basse stratosphère et leurs liens avec le changement climatique. Il est également destiné à étudier le budget de l'eau (solide / liquide et vapeur) au-dessus du Dôme C en combinant différentes mesures effectuées à la station et à proximité (satellites) et des sorties de modèles.

H₂O Antarctica Microwave Stratospheric and Tropospheric Radiometers

The HAMSTRAD radiometer is a genuine state-of-the-art microwave instrument dedicated for the detection of (1) the 60-GHz oxygen line to measure tropospheric temperature profile, and (2) the 183-GHz water vapour line to get tropospheric H₂O from the surface to about 10 km altitude with a time resolution of about 7 minutes. In January 2009, HAMSTRAD was installed outdoor at Dome C for 12 days. The radiometer has been definitively deployed inside a dedicated shelter in January 2010 and is working since then except during the period June 2011-February 2012 due to an instrument failure. The fully automated instrument needs a liquid nitrogen calibration once/twice per year. Data recorded since 2009 have been intensively analyzed and scientific results have been published (10 peer-reviewed papers). The aim of the HAMSTRAD project is to measure the trends in water vapour and temperature profiles from the lower part of the troposphere to the lower part of the stratosphere and their links with climate change. It is also intended to study the water budget (solid/liquid and vapour) above Dome C combining different measurements performed at the station and in the vicinity (satellites) and models.



© Thibaut Vergoz

1011 • SUNITE DC

Évolution du sulfate et du nitrate de l'air et de la neige à Dôme C

👤 Savarino Joël

🏠 IGE, Institut des Géosciences de l'Environnement, Grenoble

📍 Antarctique ; 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).

Sulfate and Nitrate Evolution in Dôme C air and snow

The SUNITE DC projet 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 constrains 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.) .



© Vincent Munier / WT

1013 • CALVA

Calibration - validation de modèles météorologiques et climatiques et de restitutions satellitaires, de la Côte Antarctique jusqu'au Dôme C

 **Genthon Christophe**
 **IGE, Institut des Géosciences de l'Environnement, Grenoble**
 **Antarctique ; Dumont d'Urville, Concordia**

CALVA s'attache à obtenir sur le terrain, en Terre Adélie et au Dôme C, des observations suivies et actuellement manquantes pour mieux évaluer et améliorer les modèles météorologiques et les modèles de climat sur la région Antarctique, ainsi que les approches de télédétection de la précipitation. En Terre Adélie, CALVA s'intéresse en particulier aux précipitations, aux couches limites atmosphériques extrêmement dynamiques (vents catabatiques), et à la neige soufflée. Au Dôme C, CALVA s'intéresse aussi à la couche limite, extrême en termes de température et d'inversion, et aux précipitations. Ce sont des éléments encore mal connus, et mal ou pour certains (neige soufflée) pas représentés dans les modèles mis en oeuvre pour les prévisions climatique de type GIEC. Les données obtenues vise donc à améliorer la qualité des ces prévisions, en particulier du bilan de masse de surface de la calotte et son impact sur le niveau global des mers.

Calibration, validation of meteorological and climate models and satellite retrieval, Antarctic coast to Dome C

The aim of CALVA is to gather series of in-situ observations in Adélie Land and at the Dome C, which are needed to better evaluate and improve Antarctic meteorological models and global climate models over Antarctica. The observations also aim to contribute to improve remote sensing of precipitation. In Adélie Land, CALVA focuses on precipitation, extreme dynamic atmospheric boundary layer (catabatic winds) and drifting and blowing snow. At Dome C, CALVA also focuses on the boundary layer, which is extreme here in terms of temperature and inversions, and on precipitation. These are poorly known aspects of the Antarctic meteorology and climate, which are consequently poorly represented or simply ignored (blowing snow) in the models used for IPCC climate change predictions. The observation thus aim to improve those prediction, in particular those of the surface mass balance of the ice sheet and impact on sea-level.



1028 • GMOSTRAL

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

 **Dommergue Aurélien**
 **IGE, Institut des Géosciences de l'Environnement, Grenoble**
 **Antarctique, Subantarctique ; Dumont D'Urville, Concordia, Amsterdam**

GMOstrat découle d'une initiative lancée par le programme européen GMOS (Global Mercury Observation System) qui coordonne un réseau planétaire d'observations du mercure atmosphérique. Les données collectées sur la cyber-infrastructure permettent de mettre en oeuvre et valider les modèles atmosphériques régionaux et mondiaux dans l'optique de motiver et orienter les futures réglementation concernant ce polluant global. Dans ce cadre, nous avons mis en place 3 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. Après 4 années d'efforts et de mesure, nous proposons de poursuivre sur deux sites les mesures atmosphériques et dans les précipitations (AMS et DMC) afin de : fournir des données de grande fiabilité, accessibles à la communauté, dans un cadre international (convention internationale dite de Minamata) et d'un réseau mondial de mesure du mercure obtenir des plus grandes séries de données (8 ans) afin de travailler sur les saisonnalités des sources et des réactions, et documenter les tendances à moyens termes. En filigrane, nous devons pouvoir évaluer si les réglementations internationales vont mener à une décroissance des niveaux atmosphériques ou est-ce que ces tendances seraient masquées par des émissions ou ré-émissions naturelles (océans, feux de biomasse) Améliorer nos connaissances sur le transport et les mécanismes réactionnels en utilisant le modèle global de chimie transport GEOSChem 3D.

Global Mercury Observation system in austral and antarctic lands

The GMOstrat is initiated by a European project GMOS (Global Mercury Observation System), which is developing a coordinated global observation system for the global pollutant, atmospheric mercury (Hg). Through a cyber-infrastructure it provides with 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 have implemented three Hg monitoring stations in sub-Antarctic and Antarctic sites (AMS, DDU and DMC) 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. After 4 years of successful measurements, we propose to extend these monitoring activities on 2 sites (AMS and DMC) in order to provide with high quality data of atmospheric Hg that are freely accessible in the frame on an international convention (Minamata convention) and a global monitoring network acquire longer data set (up to 8 years of continuous data) in order to document the seasonality of Hg compounds and short term variation. Are the international regulations leading to decreasing atmospheric trend in the Southern Hemisphere or are the trends offset by increasing natural emission (from oceans or biomass burning) ? improve our knowledge on the transport and reaction pathways of mercury using GEOSCHEM 3D model.



© Thibaut Vergoz

1 048 • KESAACO

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

👤 Favier Vincent

🏠 IGE, Institut des Géosciences de l'Environnement, Grenoble

📍 Subantarctique ; Kerguelen

Le projet de recherche exploratoire à Kerguelen, KESAACO (2009-2014) avait pour but la mise en place et le développement d'un réseau de mesures glaciologiques sur l'archipel de Kerguelen (49°S, 69°E) 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. Dans ce cadre une station hydrologique et une station météorologique autonomes ont été installées à proximité de la Mortadelle. Parallèlement, dans le cadre d'un programme (KCRuMBLE) associé financé par le programme LEFE, 4 stations ont été installées sur les sites de Port Christmas, Sourcils Noirs, Cap Cotter et le Lac d'Armor. Le présent projet vise à organiser la décharge des données par les personnels IPEV s'ils sont amenés à travailler à proximité des stations météorologiques dans le cadre de leurs missions de maintenance des cabanes dans ces secteurs précis de l'archipel.

Kerguelen Surface Ablation, Accumulation and Climate Observation

In the framework of the exploratory program KESAACO, it was proposed to develop a glaciological and meteorological networks on Kerguelen archipelago (49°S, 69°E) according to GLACIOCLIM Observatory. GLACIOCLIM is a French observatory to globally detect, monitor and understand climate and mass balance variability in the glacial environment. In this framework, 1 automatic weather station (AWS) and 1 hydrological station were installed close to the Mortadelle hut. In the framework of a collaborating program (LEFE-KCRuMBLE) 4 additional AWS were set up on the archipelago at Port Christmas, Armor Lake, Sourcils Noirs, and Cap Cotter sites. Present project aims to define the necessary logistics to allow downloading of the AWS by IPEV staff in case of potential maintenance visits at the hut located close to the AWS.

1 053 • DACOTA

Dynamique des glaciers côtiers et rôle sur le bilan de masse global de l'Antarctique, zone atelier du glacier de l'Astrolabe, Terre Adélie

👤 Le Meur Emmanuel

🏠 IGE, Institut des Géosciences de l'Environnement, Grenoble

📍 Antarctique ; Dumont D'Urville

Dans sa logique de zone atelier-observatoire, les objectifs du programme restent les mêmes à savoir une pérennisation des mesures de terrain déjà initiées (afin de dégager des tendances significatives) et proposer, lorsque possible, de nouvelles mesures innovantes sur le glacier école de l'Astrolabe. L'objectif est double; (i) mieux comprendre à la lecture directe de ces données les caractéristiques et le fonctionnement du glacier, (ii) utiliser ces mêmes données dans des entreprises de modélisation numérique afin d'être capable de reproduire la dynamique du glacier et son comportement futur dans le cadre d'un changement environnemental.

Les résultats obtenus sur la zone école (emprise géographique raisonnable + facilités logistiques) ont ensuite pour vocation d'être généralisés au secteur bien plus vaste du WAL (Wilkes Adélie Land), sur lequel des mesures géophysiques aéroportées ont été et seront encore effectuées dans le cadre du projet (Collaboration avec l'Université du Texas). Ces mesures, bien que moins exhaustives que celle de la zone école, serviront à un travail de modélisation large échelle permettant d'affiner les prédictions de la future contribution future de tout ce secteur de l'Antarctique au niveau des mers.

Dynamics of coastal outlet glaciers and implications on the overall mass balance of the East Antarctic ice sheet

Because of the test zone - observatory structure of the glacier, the objectives of the program remain the same by maintaining measurement protocols started (in order to detect significant trends) and also by proposing innovative measurements. The aim is twofold ; (i) directly use these data to improve our knowledge of the glacier (structure, dynamics..), (ii) use these data to feed numerical ice flow models in order to reproduce the glacier dynamics and its future behaviour in a changing environment. Results obtained over the test zone (reasonable extent, logistical facilities) are then intended to be generalized over the much wider WAL (Wilkes, Adélie Land) over which geophysical airborne have been undertaken and will be pursued in the framework of the project (Collaboration with the University of Texas). Although less exhaustive than those of the test zone, these measurements will serve for a larger-scale modelling effort aiming at refining the prediction of the future contribution of this entire sector to the sea level.

1 077 • TALISKER

Transferts dans la Lithosphère de Kerguelen ; géologie, géochimie des roches, géochimie des fluides

👤 **Guillaume Damien**
🏠 **LMV, Laboratoire Magmas et Volcans, St-Étienne**
📍 **Subantarctique ; 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.

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

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.



1 096 • PAIX

Mesures des courbes de lumière d'étoiles pulsantes par spectroscopie haute résolution en Antarctique

👤 **Chadid Merieme**
🏠 **Laboratoire JL Lagrange / Observatoire de la Côte d'Azur, Nice**
📍 **Antarctique ; Concordia**

Notre demande vise (1) 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, (2) 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. Il doit nous conduire à une meilleure connaissance de la physique des étoiles pulsantes, leur atmosphère en connexion avec des phénomènes hydrodynamiques, et leur évolution. EXPLORER servira aussi à caractériser en longueur d'onde les événements de type « exoplanète » détecté par le photomètre à transit ASTEP. Dès la détection d'une exoplanète par ASTEP, EXPLORER pourra valider la découverte. Il est à souligner que, pour l'instant, aucun satellite n'est programmé sur un tel but scientifique.

Photometer Antarctic extinction; Exoplanets, Pulsation ; high resolution spectroscopy

Our proposal aims are focussed on: (1) to modify the current PAIX photometer status from Astro-Concordia program (Site characterization) to a new and purely astrophysical status. (2) to perform and install a new instrument, a high resolution spectrograph EXPLORER (EXoplanets, PuLsatiOn amp; high REsolution spectRoscOpy). 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. EXPLORER allows us to collect long and uninterrupted spectroscopic data-bases which until now has never been done even with space telescope. EXPLORER will complete and challenge the space mission GAIA. EXPLORER will make a major contribution in stellar pulsation and evolution in resolving some enigmas connected to Blazhko modulations, hydrodynamical and loss-mass phenomena in evolved stars (pulsation period more than 100 days) which remains a great mystery, and to complement PAIX in studies of the pulsation mode detection of P-mode in red giant stars. EXPLORER will also complement the spectroscopic observation of the GAIA mission on the topic of determining the basic parameters and chemical abundances of stars with long pulsation period and galactic distances. EXPLORER will allow us as well to better characterize the transit detection made with ASTEP. Once a transit is detected by ASTEP, EXPLORER will help to validate the existence of a new exoplanet.



© Thibaut Vergoz

1110 • NIVOLOGIE

Étude de l'évolution des propriétés de la neige dans le changement climatique en Antarctique

👤 **Picard Ghislain**

🏠 **IGE, Institut des Géosciences de l'Environnement, Grenoble**

📍 **Antarctique ; Cap Prudhomme, 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 oeuvre 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.

Snow properties evolution in a changing climate in Antarctica

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.

1112 • CHINSTRAP

Étude du spectre de rayonnement continu de neutrons haute altitude en Antarctique

👤 **Hubert Guillaume**

🏠 **ONERA, Office National d'Études de Recherches Aéropatiales, Toulouse**

📍 **Antarctique ; 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 à comprendre l'impact des singularités magnétiques (SAA, pôle) sur la dynamique du spectre des neutrons atmosphériques.

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

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.

1119 • SUBGLACIOR

Sondage de la glace de glacier in situ pour une meilleure compréhension de la réponse orbitale du climat

👤 **Chappellaz Jérôme**

🏠 **IGE, Institut des Géosciences de l'Environnement, Grenoble**

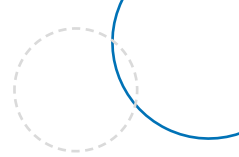
📍 **Antarctique ; Concordia**

Le projet IPEV SUBGLACIOR est le pendant "logistique terrain" des projets suivants déjà financés scientifiquement : (1) le projet européen ERC Advanced Grant ICE&LASERS 2012-2017 (porteur J. Chappellaz), (2) le projet ANR Blanc SUBGLACIOR 2012-2016 (porteur O. Alemany), (3) le soutien en mécénat de la Fondation BNP Paribas (SUBGLACIOR 2011-2013, porteur J. Chappellaz) et (4) 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 cœur des 4 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).

In-Situ probing of Glacier Ice for a better understanding of the Orbital Response of climate

The IPEV SUBGLACIOR project makes the logistical counterpart of the following scientific projects already funded : (1) the European ERC Advanced grant project ICE&LASERS 2012-2017 (coordinator : J. Chappellaz), (2) the French ANR "Blanc" project SUBGLACIOR 2012-2016 (coordinator : O. Alemany), (3) the sponsoring of the BNP Paribas foundation (SUBGLACIOR 2011-2013, coordinator : J. Chappellaz), and (4) 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).



© Delphine Six

1 143 • APRES3

Précipitations Antarctique : télédétection à partir de la surface et de l'espace

 **Genthon Christophe**
 **IGE, Institut des Géosciences de l'Environnement, Grenoble**
 **Antarctique ; Dumont D'Urville**

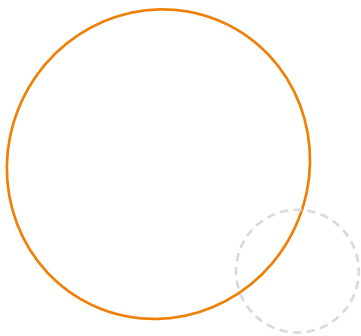
La région antarctique reste Terra Incognita dans les bases de données mondiales pour ce qui concerne la précipitation. La 1^{re} climatologie qui ne repose pas sur des résultats de modèles vient d'être publiée (2014). Elle est obtenue par télédétection spatiale radar. Le projet vise le déploiement d'une 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'École Polytechnique Fédérale de Lausanne, des lidars de détection des hydrométéores (suisse 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.

Antarctic Precipitation : Remote Sensing from Surface and Space

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.



© Vincent Lecomte



1 145 • SOLARICE

Étude du forçage solaire sur l'Holocène à partir d'un nouveau forage glaciaire à Dôme C

- 👤 **Baroni Mélanie**
- 🏠 **CEREGE, Centre Européen de Recherche et d'Enseignement de Géosciences de l'Environnement, Aix-en-Provence**
- 📍 **Antarctique ; Concordia**

Le forçage solaire est l'un des principaux forçages climatiques naturels avec les gaz à effet de serre, l'insolation ou le forçage volcanique. Au cours du dernier millénaire, les minima d'activité solaire coïncident souvent avec des périodes d'activité volcanique intense rendant ambiguë, l'attribution des variations climatiques à l'un ou à l'autre (IPCC, 2013). Ceci ne devrait pas être le cas pour les millénaires précédents. Les informations recueillies sur la variation du forçage solaire dans le passé et jusqu'à aujourd'hui, peuvent être utilisées dans les modèles climatiques et ainsi permettre de mieux contraindre la part du changement climatique actuel d'origine naturelle et celle d'origine anthropique. Il existe différents indicateurs de l'activité solaire tels que les valeurs d'irradiance mesurées par satellite depuis 30 ans ou les taches solaires observées à la surface du Soleil depuis le début du 17^{ème} siècle mais pour les époques plus lointaines, seuls les isotopes cosmogéniques tels que le béryllium-10 (10Be), peuvent fournir des indications sur l'activité solaire passée. L'objectif de ce projet est de proposer une nouvelle reconstruction de l'activité solaire au cours de l'Holocène, notre interglaciaire actuel. Cette reconstruction sera basée sur un enregistrement de 10Be à haute résolution à partir d'une nouvelle carotte de glace de 350m forée sur le site de Concordia-Dôme C. Pour que cet enregistrement devienne une référence, nous mettrons en oeuvre une nouvelle approche basée sur l'étude croisée de nombreux indicateurs enregistrés dans la glace et examinés à une résolution temporelle rarement atteinte par le passé. De nombreuses données seront collectées sur les variations de concentrations en gaz traces (monoxyde de carbone, méthane), les variations de température locale, les sources d'humidités, le forçage volcanique, la fréquence des feux de biomasse, les sources de poussières ou l'origine des masses d'air qui atteignent la base de Concordia-Dôme C. Les équipes expertes dans chacun de ces domaines interviendront dans ce projet grâce à la mise en place d'une collaboration franco-italienne impliquant trois laboratoires français, le CEREGE, le LGGE et le LSCE, et quatre instituts de recherche italiens (Trieste, Milan, Venise, Rome). Ce projet contribuera aux priorités du consortium IPICS (past 2kr), Antarctique 2k (PAGES 2K) et pourrait apporter des éléments de réponses à deux des six questions scientifiques récemment soulevées par le Comité Scientifique de Recherches en Antarctique (SCAR) (question 1 : définir la portée globale de l'atmosphère de l'Antarctique et de l'océan Austral et la question 3 : révéler l'histoire de l'Antarctique). Le projet IPEV SolarIce se déroulera sur deux saisons. Le forage de 350m est prévu pendant la saison 2015/2016. La carotte de glace serait placée au repos pendant un an dans les glaciers de Concordia-Dôme C. La découpe des échantillons pour les différentes équipes impliquées sera faite sur place pendant la saison 2016/2017 et les caisses d'échantillons seront rapatriées en 2017.



Study of the Solar Forcing over the Holocene from a new Dome C Ice Core

Solar forcing is one of the main natural climate forcings with greenhouse gas emissions, insolation or volcanic forcing. During the last millennium, solar minima often coincide with periods of enhanced volcanic forcing, making the attribution of climate variations to one or the other cause ambiguous (IPCC, 2013) ; this should not be the case for earlier millenia and it has to be tested on expanded records. In addition, the information collected on the variation of solar forcing in the past until today, can be used in climate models and allow to better constrain the part of the current climate change that is of natural origin and that of anthropogenic origin. There are various indicators of solar activity such as irradiance values measured by satellite for 30 years, sunspots observed on the Sun's surface since the early 17th century but for longer timescales, only cosmogenic isotopes such as beryllium-10 (10Be) can provide information on past solar activity. The objective of this project is to propose a new reconstruction of solar activity during the Holocene, our current interglacial. This reconstruction will be based on a 10Be record at high resolution obtained from a new 350 m ice core drilled on the Concordia-Dome C site. In order to make a reference of this record, we will implement a multiproxy approach at a resolution rarely achieved in the past. Many data will be collected to characterize the evolution of the past atmospheric composition (carbon monoxide and methane), the variation of local temperature, humidity sources, volcanic forcing, biomass burning, the dust sources and the origin of air masses that reach Concordia-Dome C. The teams that have an expertise in each of these areas will be involved in the project through a Franco-Italian collaboration involving three French laboratories (CEREGE, LGGE, LSCE) and four Italian research institutions (Trieste, Milan, Venice, Rome). The project will constitute an important contribution to the IPICS priorities (past 2k), the Antarctic 2k (within PAGES 2K). It will also provide elements on two of the six priorities for Antarctic science as recently stated by the Scientific committee on Antarctic Research (question 1 : define the global reach of the Antarctic atmosphere and Southern Ocean and question 3 : reveal Antarctica's history). The IPEV SolarIce project will take place over two seasons. The drilling of the 350m ice core is planned for the season 2015/2016. The ice core will be left for a year in the EPICA buffer to relax, the processing would happen the season after, in 2016/2017, and the samples will be back to Europe during the spring 2017.

1 154 • ASUMA-ITASE

Amélioration de la précision des bilans de masse de surface de l'Antarctique - International Trans-Antarctic Scientific Expedition

👤 Favier Vincent

🏠 IGE, Institut des Géosciences de l'Environnement, Grenoble

📍 Antarctique ; Dumont D'Urville

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.

Improving the Accuracy of the Surface Mass balance of Antarctica International Trans-Antarctic Scientific Expeditions

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.



© Vincent Munier / WT



© Thibaut Vergoz

1 165 • AERONET

Surveillance des aérosols à l'aide
d'un photomètre solaire à l'île d'Amsterdam

👤 **Philippe Goloub**
🏠 **LOA, Laboratoire d'Optique
Atmosphérique, Villeneuve d'Ascq**
📍 **Subantarctique ; Amsterdam**

Ce projet vise à maintenir les mesures AERONET sur l'île d'Amsterdam. Ces mesures fournissent des propriétés optiques et microphysiques des aérosols dans la colonne atmosphérique. Très peu de stations "nettes" sont actuellement en exploitation dans le réseau AERONET. Les observations initiées depuis 2002 sur l'île d'Amsterdam représentent donc une composante importante d'AERONET et se poursuivront dans le futur.

La plupart des travaux sur le site concernent l'installation (une fois par an) et la surveillance (maintenance, données) des mesures fournies par un climatiseur au sol CIMEL. Les données sont partagées et accessibles au public en temps quasi réel dans la base de données AERONET. Ce projet a déjà été géré par le programme IPEV AEROTRACE (415) dirigé par Jean Sciare (LSCE).

Aerosol Monitoring using sun photometer at Amsterdam Island (AERONET/PHOTONS station)

This project aims to maintain the AERONET measurements at Amsterdam Island. These measurements provide optical and microphysical properties of aerosols in the atmospheric column. Very few "clean marine" stations are currently in operation in the AERONET network. Observations initiated since 2002 at Amsterdam Island thus represent an important component of AERONET and will continue in this new IPEV project. Most of the work on site concerns for the installation (once / year) and monitoring (maintenance, data) of the measurements provided by a sunphotometer CIMEL. Data is shared and publicly accessible in near real time in the AERONET database. This project was previously managed by the IPEV program AEROTRACE (415) led by Jean Sciare (LSCE).

1 179 • BETA PIC

Caractérisation de l'étoile Beta Pic depuis Concordia

👤 **Guillot Tristan**
🏠 **Laboratoire JL Lagrange / Observatoire de la Côte d'Azur, Nice**
📍 **Antarctique ; Concordia**

L'étoile BETA Pic est célèbre: c'est la première étoile pour laquelle on a pu imager un disque protoplanétaire en 1984. C'est aussi autour de cette étoile que l'on a déduit pour la première fois la présence d'"exocomètes". En 2008, une planète a été découverte à environ 8 au de son étoile (à peu près la distance de Saturne au Soleil). L'étude de cette planète, Beta Pic b, et du disque de poussière autour de l'étoile, est une source d'information unique pour comprendre ces systèmes très jeunes et la formation des planètes. Comme en 1981, la planète va repasser devant son étoile entre avril 2017 et janvier 2018. Cette opportunité ne se reproduira pas avant 18 ou 36 années. La détection d'un transit (la planète passant exactement devant l'étoile) serait une révolution dans le domaine car elle permettrait pour la première fois d'avoir toutes les caractéristiques physiques d'une exoplanète. Elle permettrait aussi d'observer des anneaux, un disque autour de l'étoile et/ou des lunes, ce qui n'a encore jamais été fait! Or, entre avril et septembre 2017, seuls les télescopes en Antarctique sont bien placés pour observer BETA Pic. .

Characterization of Beta Pic from Concordia

The star BETA Pic is famous: it is the first star for which it was possible to image a protoplanetary disk in 1984. It is also around this star that we deduced for the first time the presence of "exocomets". In 2008, a planet was discovered about 8 at its star (roughly the distance from Saturn to the Sun). The study of this planet, Beta Pic b, and the dust disk around the star, is a unique source of information to understand these very young systems and the formation of planets. As in 1981, the planet will go back in front of its star between April 2017 and January 2018. This opportunity will not recur before 18 or 36 years. The detection of a transit (the planet passing exactly in front of the star) would be a revolution in the field because it would allow for the first time to have all the physical characteristics of an exoplanet. It would also allow to observe rings, a disc around the star and / or moons, which has never been done before!



© Thibaut Vergoz



Sciences du vivant

109 • ORNITHOECO

Oiseaux et mammifères marins sentinelles des changements globaux dans l'océan austral

👤 Weimerskirch Henri

🏠 CEBC, Centre d'Etudes Biologiques, Chizé

📍 Antarctique, Subantarctique ; Dumont d'Urville, Crozet, Kerguelen, Amsterdam St-Paul

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

Seabirds and marine mammals as sentinels of global changes in the Southern Ocean

The program uses seabirds and marine mammals as indicators of global changes in the marine ecosystems of the southern ocean. Through a network of 4 observatories from the Antarctic to sub-tropical biomes, the populations of 25 species of marine top predators and their distribution at sea are monitored since 50 years. These individually based long term information, combined with shorter term studies carried out on an annual base, especially on the foraging ecology of the species, are used to understand the processes through which climate affects marine ecosystems, and to make predictions on the effects of future changes in these ecosystems, as well as to propose conservation measures to limit the impact of fisheries on populations.

119 • ECONERGIE

Contraintes liées au cycle de vie à terre des manchots : adaptations énergétiques et compromis évolutifs

👤 Robin Jean-Patrice

🏠 IPHC, Institut Pluridisciplinaire Hubert Curien, Strasbourg

📍 Subantarctique ; Crozet

Notre programme de recherche ECONERGIE 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. Pour répondre à nos questions nous réalisons des études intégrant l'animal et son environnement au sens large.

Mediators of individual quality : proximate aspects and fitness consequences

*Our research program ECONERGY 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. To answer our questions we realized studies via the study of the animal in his environnement with an ecophysologist approach.*

131 • PHYSIONERGIE

Thermorégulation et énergétique chez les manchots en milieu polaire

👤 **Roussel Damien**

🏠 **LEHNA, Laboratoire d'Écologie des Hydrosystèmes Naturels et Anthropisés, Lyon**

📍 **Subantarctique, Antarctique ; Crozet, Dumont d'Urville**

Notre programme de recherche PHYSIONERGY 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.

Energetic challenges in penguins: Physiological, Bioenergetics and Molecular Adjustments

*Our research program PHYSIONERGY 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, nutrient while fasting during winter or molt, carotenoids).*



© Hélène Demeringo

136 • SUBANTECO

Changement climatiques, actions anthropiques et biodiversité des écosystèmes terrestres subantarctiques

👤 **Renault David**

🏠 **ECOBIO, Écosystèmes, Biodiversité, Évolution, Rennes**

📍 **Subantarctique ; Kerguelen, Crozet, Amsterdam St-Paul**

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.

Subantarctic biodiversity, effects of climate change and biological invasions on terrestrial biota

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.



© Vincent Munier / WT



137 • ECOPHY

Stratégie alimentaire et mécanismes d'adaptation comportementale et physiologique des manchots face à la variabilité climatique: limites et impact sur la dynamique des populations

👤 **Le Bohec Céline**

🏠 **IPHC, Institut Pluridisciplinaire Hubert Curien, Strasbourg**

📍 **Subantarctique, Antarctique ; Crozet, Kerguelen, Dumont D'Urville**

L'objectif est d'évaluer les capacités d'adaptation des manchots royaux, Adélie et empereurs aux changements globaux à travers l'étude des mécanismes fonctionnels et des processus microévolutifs. Notre exceptionnelle base de données sans le biais du baguage va nous 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). Nous étudierons 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, nous mènerons une analyse prospective des tendances démographiques des populations en fonction des scénarios climatiques.

Adaptive strategies and population dynamics of penguins under environmental constraints

*Assessing the ongoing and future adaptive capacities of populations to cope with global changes is a major challenge. Relying on multi- and trans-disciplinary expertise, P137 has selected three main animal models (and phylogenetically-related top-predators): king penguins *Aptenodytes patagonicus*, Adélie penguins *Pygoscelis adeliae*, and emperor penguins *Aptenodytes forsteri*, to investigate the impact of climate on Southern Ocean ecosystems. Our unique database, without the biasing effects of flipper bands, allows us to study two contrasting, but nonexclusive, mechanisms that can explain their population responses to environmental variability (natural and anthropic): (i) phenotypic plasticity responses and (ii) microevolutionary processes. In addition to determine and monitor the flexibility and plasticity of numerous phenotypic traits (morphological, physiological, phenological and behavioural; accounting for sex, age, experience, condition, etc.), we also study the spatial structuration of the colonies according to different constraints (social structure, parasitism, predation, local meteorological conditions, etc., but also phylogenetic constraints). We also aim to evaluate the genetic basis of phenotypic traits and their plasticity, and assess genetic diversity and gene flow between colonies within and between archipelagos to gauge their adaptive capacities. The development of new predictive models of population responses to ecosystem changes (models integrating individual-based models within demographic-selection modelling framework, based on scenarios forecast by the IPCC 2014) will be precious tools for population conservation measures and ecosystem management. As never done before, we also propose to develop cutting edge technological innovations to minimize experimental disturbances and resulting scientific bias, such as mobile Radio Frequency Identification antennas on remote-operated vehicles (ROVs), automatic weighing and camera-tracking systems, or networked implanted micro-loggers. In return, it will open new opportunities for science, bringing new research questions that could not have been addressed without these innovations.*



© Leatitia Kermaleguen

279 • POPCHAT

Déterminants biotiques et abiotiques de la dynamique des populations de chats de la Grande Terre de l'archipel des Kerguelen

👤 **Pontier Dominique**

🏠 **LBBE, Laboratoire de Biométrie et Biologie Évolutive, Villeurbanne**

📍 **Subantarctique ; Kerguelen**

L'objectif est de comprendre différents aspects de l'intégration du chat dans l'écosystème de la Grande Terre (île principale de l'archipel des Kerguelen), en combinant des approches empiriques et théoriques. Une première partie comprend l'étude de facteurs biotiques (lapins, oiseaux) et abiotiques (conditions climatiques : température et précipitations) qui déterminent la dynamique des populations de chats et le patron de synchronie des fluctuations d'abondance/densité entre les différents sites d'étude. Plusieurs hypothèses permettant d'expliquer la synchronie des fluctuations d'abondance/densité sont abordées. Elles nécessitent d'étudier la structuration spatiale des populations de chats à partir de l'étude de l'organisation de la variabilité génétique spatiale de ces populations. Une deuxième partie explore plus spécifiquement les interactions prédateur-proie et en particulier le degré de spécialisation du régime alimentaire des chats en fonction des caractéristiques des sites d'étude en termes de diversité de proies et de la variabilité temporelle de la disponibilité en proies. Elle permettra de déterminer les espèces d'oiseaux marins les plus menacées par la prédation. La dernière partie du programme vise à développer un modèle de dynamique de populations de chats qui intègre l'ensemble des connaissances qui seront acquises sur les interactions prédateur-proie, afin de prédire l'abondance des chats en fonction des variables qui se révéleront pertinentes. Ce modèle sera utile dans le cadre d'actions qui pourront être mises en place par les gestionnaires de la réserve pour contrôler les populations de chats sur certains sites sensibles.

Assessing the anatomy of predator-prey relationships to manage reliably cat populations in the ecosystem of Kerguelen

The objective is to understand various aspects of the structure and functioning of feral cat populations and predator-prey interactions in the ecosystem of Grande Terre (the main island of the Kerguelen archipelago), combining empirical and theoretical approaches. More specifically we aim to understand: (1) the biotic (prey availability) and abiotic (climatic conditions) determinants of cat population dynamics and in particular the influence of density-dependent and density-independent factors on the synchronization of the fluctuations in cat numbers; (2) the role of prey and predator behaviour in driving cat-rabbit interactions. The rabbit is the most consumed prey by cats, especially in winter when most seabirds have left their colonies and remain at sea. We will focus on both cat (prey selection, activity, home-range patterns) and rabbit (vigilance, feeding site selection) behaviour. Expected results should help managers in the prioritization and optimization of management efforts towards invasive species on Grande Terre.



© Fabien Egal

354 • ETHOTAAF

Écologie comportementale des oiseaux marins subantarctiques

- 👤 Bonadonna Francesco
- 🏠 CEFE, Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive, Montpellier
- 📍 Subantarctique ; 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 oeuvre 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.

Behavioural ecology of subantarctic birds

Since ever humans observed animals because their lives depended on knowledge of animal behaviour. Today knowledge on behaviour of protected species may enable conservationists to design adequate actions, reducing significantly involuntarily threats to a given species, or waste of time and money, with not completely under control conservation programs. Our project ETHOTAAF aims at studying those cues and clues coming from the surrounding environment influencing seabirds' behaviour. We will consider both signals coming from other individuals, influencing pair formation in the sexual selection framework, and cues coming from the inanimate environment which birds need to use in navigational tasks. We will study essentially burrowing petrels and king penguins, tackling different senses (olfaction, hearing, sight) alone, step by step, or in synergy. The originality of our approach is that the sensorial modalities involved in the perception of the external cues are often the same and that the study of one framework (e.g. navigation) suggests the original solutions adopted by individuals in the other framework (e.g. sexual selection) and vice versa.

394 • OISEAUX

PLONGEURS

Stratégie énergétique des oiseaux plongeurs et variabilité physique et trophique de l'Océan Austral

- 👤 Bost Charles André
- 🏠 CEBC, Centre d'Études Biologiques, Chizé
- 📍 Subantarctique ; Kerguelen, Crozet

L'objectif du programme IPEV "Oiseaux Plongeurs" est d'étudier les stratégies énergétiques d'oiseaux marins s'alimentant par plongée (manchots, cormorans, pétrels) qui jouent un rôle majeur dans les chaînes alimentaires de l'Océan Austral. Une approche pluridisciplinaire basée sur le "bio-logging" est menée (1) sur le plan de l'écologie en mer de ces prédateurs, avec l'étude des déplacements alimentaires dans les 3 dimensions et des habitats marins prioritaires pour les colonies; (2) de l'écophysologie de la plongée à grande profondeur et du bilan énergétique en mer; enfin (3) sur le potentiel bio-indicateur des prédateurs plongeurs vis à vis de la disponibilité des ressources et des conséquences de la variabilité climatique sur des chaînes alimentaires "clés".

Foraging Ecology and Energetic of Southern Diving Predators in Relation to Climatic Variability

The objectives of this proposal are to study the foraging strategies and energetics of the main diving birds of the Southern Ocean (especially penguins) that play in major role in food webs through a pluri-disciplinary study involving ecologists, physiologist and oceanographers and using bio-logging developments. We want to determine (1) their foraging strategies : key at-sea habitats and environmental variables driving their movements at-sea, (2) their at-sea energetics , from the individuals to the population; (3) investigate the role of quality, age and experience in the foraging efficiency. The applied issues concerns the determination of important at-sea birds areas and the use of penguins as indicators of the impact of climatic variability, at short and long term, on some poorly known food webs of the South Indian ocean.

1 037 • HENERGES

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

👤 Gilbert Caroline

🏠 EnvA, École nationale Vétérinaire d'Alfort, Maisons-Alfort

📍 Subantarctique ; Kerguelen

Comme beaucoup d'autres oiseaux ou mammifères marins, les éléphants de mer austraux (*Mirounga leonina*) sont confrontés à des périodes contrastées en terme de balance énergétique. Ils alternent en effet des périodes de recherche alimentaire en mer, pendant lesquelles ils restaurent leurs réserves énergétiques, avec des périodes de jeûne à terre, sur la colonie où ils viennent se reproduire ou muer. Lors de la mue, une phase coûteuse en énergie, les éléphants de mer sont observés en groupes, les individus étant plus ou moins agrégés densément selon les conditions climatiques locales. Le comportement de thermorégulation sociale est une stratégie d'économie d'énergie largement utilisée dans le monde animal, par les oiseaux comme les mammifères confrontés à de fortes dépenses énergétiques. Cependant, ce comportement et les bénéfices associés n'ont encore jamais été étudiés chez les éléphants de mer. Ce projet repose ainsi sur l'étude du comportement de thermorégulation sociale, stratégie d'économie d'énergie utilisée par les éléphants de mer au cours de leur période de mue sur la colonie. Nous supposons que les adaptations comportementales et physiologiques liées aux agrégations plus ou moins denses des éléphants de mer au cours de leur mue pourraient être influencées par leur condition corporelle ainsi que les contraintes climatiques. Les agrégations pourraient ainsi permettre aux individus de minimiser le temps passé à terre à jeûner, nécessaire au renouvellement de leur peau et fourrure lors de leur mue. Plus précisément, nos principaux objectifs sont de déterminer comment se comportent les éléphants de mer pendant la mue (regroupement, posture, habitat utilisé, déplacements, etc.) et de déterminer comment ils font face à ce stress énergétique (évolution de la composition corporelle, de la température corporelle, des flux de chaleur par photos à thermographie infrarouge, etc.) en fonction des conditions climatiques environnementales. Nos premiers résultats montrent en effet une utilisation spécifique de l'habitat par les éléphants de mer en fonction du stade de mue (d'où des contraintes énergétiques en termes de pertes thermiques), ainsi qu'une adaptation du comportement d'agrégation en fonction des conditions météorologiques et corporelles. Ils se regroupent plus densément lors de conditions météorologiques défavorables (en fonction de l'habitat), et les individus à plus faible indice de masse corporelle se regroupent plus souvent. De plus, nous avons mis en évidence grâce aux premières données que le comportement d'agrégation permet le maintien d'un gradient de température indépendant de la température ambiante, ainsi qu'une optimisation de la température de mue, ceci pouvant permettre ainsi d'accélérer la mue. Ces premiers résultats semblent ainsi confirmer nos hypothèses. Cette étude nous permettra ainsi d'explorer l'écologie thermique d'une espèce soumise à de fortes contraintes énergétiques, afin de mieux comprendre comment les organismes sont capables de s'adapter à leur environnement dans le contexte des changements climatiques actuels.

Henerges Huddling Energetics of moulting Elephant Seals : thermal ecology of moulting elephant seals

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 hypothesise 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. Our preliminary results seem to confirm the above hypotheses. Elephant seals indeed aggregated as a function of meteorological conditions and their stage of moult, using different habitats (grass, wallows and beach). They aggregated more densely on days of bad weather (depending on habitat type) and individuals with a poorer body condition (lower body mass index) tended to aggregate more frequently. Moreover, elephant seals gained a thermal benefit from aggregations (surface temperature of aggregated individuals being higher when in the centre and more constant within aggregations). These thermal benefits would permit them to accelerate their moult, and thus optimise the energy allocated to their moult. This study will permit us to examine the thermal ecology of a species facing challenging energetic constraints, in order to better understand how organisms are able to cope behaviourally and physiologically with critical periods in their lifecycle in relation to changing environmental conditions.

1 041 • SALMEVOL

Écologie évolutive de la colonisation des îles Kerguelen par les salmonidés

👤 Gaudin Philippe

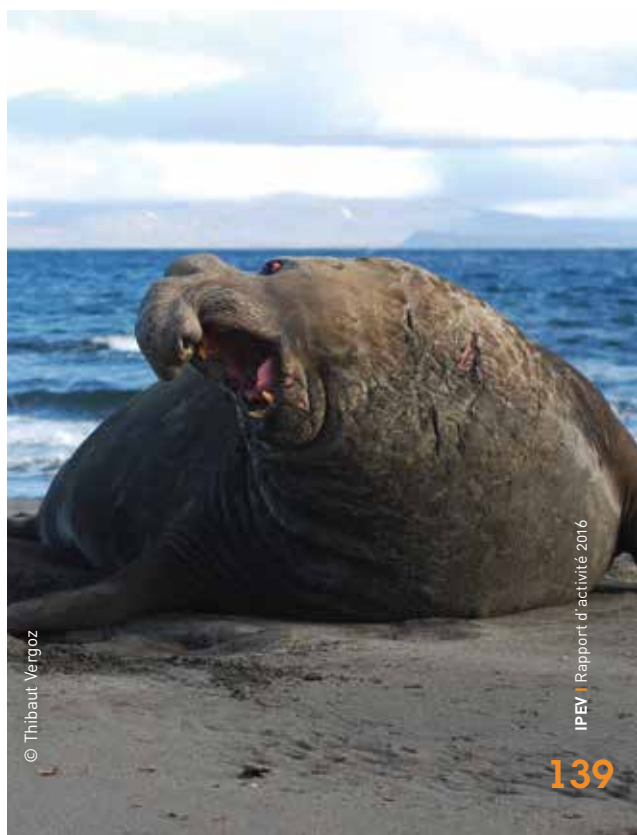
🏠 ECOBIOP, Écologie comportementale et Biologie des Populations de Poissons, St-Pée sur Nivelle

📍 Subantarctique ; 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 recueillies 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 le changement rapides de leur environnement.

Evolutionary ecology of salmonids colonization of the Kerguelen Island

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.



1 044 • PROTEKER

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

👤 **Saucède Thomas**

🏠 **Laboratoire Biogéosciences, Dijon**

📍 **Subantarctique ; Kerguelen, Crozet**

Le projet PROTEKER est un programme pilote qui a pour objectif de constituer une ligne de base pour le suivi et l'évaluation des changements climatiques attendus sur les écosystèmes marins côtiers de Kerguelen. Dans toutes les mers du monde, ces écosystèmes, généralement riches d'une forte biodiversité, sont particulièrement impactés par les changements environnementaux. Les écosystèmes marins côtiers de Kerguelen ont été relativement peu étudiés et sont encore mal connus et inventoriés de nos jours. Le projet PROTEKER doit permettre l'inventaire et les suivis écologique et génétique de ces écosystèmes et a aussi pour ambition finale de fournir des critères scientifiques pour les politiques de protection et de conservation des environnements côtiers de Kerguelen. La première phase du projet (2011-2014) a permis de réunir toutes les anciennes données disponibles et de sélectionner et instrumenter des stations de référence pour la mise en œuvre d'une seconde phase opérationnelle. Cette seconde phase consistera en une approche pluridisciplinaire qui intégrera l'étude de tous les niveaux de la biodiversité, des espèces aux communautés, par l'analyse des paramètres abiotiques de l'environnement, la cartographie d'habitats, la génétique des populations, la génomique, les analyses d'écologie fonctionnelle et macro-écologiques (modèles de niche). Les résultats attendus devront permettre de produire des modèles de distribution de la biodiversité marine côtière à Kerguelen et de sensibilité aux changements environnementaux attendus.

Effects of global change on coastal marine life in Kerguelen Islands. Establishment of a base line for ecological and genetic monitoring, protection and conservation

The PROTEKER project is a pilot program that aims to establish a base line for assessing the impact of climate change in coastal marine ecosystems of Kerguelen islands by ecological and genetic monitoring at reference sites. The rich biodiversity of coastal marine ecosystems is usually strongly impacted by environmental changes over the planet. In Kerguelen, such environments were little investigated compared to open sea areas, and are still poorly known. The project should provide stakeholders and decision makers with scientific criteria for protection and conservation of Kerguelen coastal marine ecosystems. The PROTEKER first phase (2011-2014) aimed at assembling together and merging all available data from previous programs, selecting, and setting up monitoring stations for completion of the present proposal required for 2015-2018. During this second, operational phase, scientific investigations will integrate all levels of marine biodiversity, from species to community levels and will consist in a pluri-disciplinary approach including monitoring of abiotic parameters, habitat mapping, population genetics, genomics, functional ecology (physiological/trophic analyses), and macroecological analyses (ecological niche modelling). Expected results should provide with integrative models of Kerguelen coastal marine life distribution and sensitivity to environmental changes.



1 091 • L'AMMER

Les manchots Adélie bioplateformes de l'environnement marin

👤 **Ropert-Coudert Yan**

🏠 **CEBC, Centre d'Études Biologiques, Chizé**

📍 **Antarctique ; Dumont D'Urville, autre**

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 (1) la disponibilité des ressources marines et (2) leurs aptitudes à la pêche qui dépendent de la qualité individuelle. En partenariat avec le WWF, ces données s'intégreront dans les grands programmes internationaux de bio-régionalisation (Census of Antarctic Marine Life, SCAR) et seront comparées avec celles de manchots d'autres régions de l'Antarctique en collaboration avec les équipes de recherche australiennes et japonaises. En parallèle seront réalisés un suivi à terre (adultes et poussins) ainsi que des expériences ciblées visant à tester des hypothèses émises suites aux données recoltées grâce à l'Observatoire.

Adelie penguins as Monitor of the Marine Environment

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 is linked to physical parameters of their environment and to resource availability. The data collected will consist in identifying the preferred foraging zones of Adélie penguins in Dumont d'Urville, Adélie Land and quantifying the hunting effort according to (1) the availability of their main prey, (2) their own ability to find and capture prey, which depends on their individual quality. In partnership with the WWF, these data will be included in the databases of international programs of eco-regionalization (Census of Antarctic Marine Life, SCAR). Comparisons with Adélie penguins' performance in other regions of the East Antarctic sector will be conducted, in collaboration with colleagues from Australian and Japanese polar institutes. In parallel, a monitoring of the on-land breeding activities (adults and chicks) will be conducted. A series of experiments will also be performed in order to test the hypotheses that emerge from the data collected in the Observatory phase.



1 102 • POLARIS

Polymorphisme adaptatif, alerte climatique et résilience des espèces d'annélides en Antarctique

👤 Hourdez Stéphane
🏠 GAME, Génétique de l'Adaptation aux Milieux Extrêmes, Roscoff
📍 Antarctique ; Dumont D'Urville

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 3 campagnes à Dumont d'Urville. La première année, nous échantillonnerons des populations de 2 groupes d'espèces proches pour 2 familles d'annélides (total de 4 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-jacents utilisés en génétique des populations (Tajima, HKA, MK).

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

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 3 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 4 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.

1 116 • PLANTEVOL

La biodiversité végétale dans les îles Subantarctiques : évolution, passée et future, dans les environnements changeants

👤 Hennion Françoise
🏠 ECOBIO, Écosystèmes, Biodiversité, Évolution, Rennes
📍 Subantarctique ; 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.

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

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 program 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.

1 124 • REVOLTA

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

-  Eleaume Marc / Cyril Gallut
-  BOREA, Biologie des Organismes
et Écosystèmes Aquatiques, Concarneau
-  ISYEB, Institut de Systématique, Évolution, Biodiversité, Paris
Antarctique; Dumont D'Urville

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, poïkilothermes 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.

Ecological Resources and valorisation using an Long Term Observatory in Terre Adélie

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 exceptionnally 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.

1 142 • ICO²TAKS

Observations intégrées de l'océan côtier
en Terre Adélie

-  Koubbi Philippe
-  BOREA, Biologie des Organismes
et Écosystèmes Aquatiques, Paris
-  Antarctique; Dumont D'Urville, Astrolabe

La motivation du projet ICO²TAKS est de collecter, grâce à un programme pluridisciplinaire, des informations utiles à l'étude des variations spatiales et temporelles des espèces marines de divers secteurs de l'océan Austral. Les principaux objectifs seront de compléter l'écorégionalisation de ces zones pour le plancton et les poissons, d'étudier le fonctionnement du réseau trophique pélagique et de déterminer les indicateurs qui devront être suivis pour comprendre les conséquences des changements environnementaux. Trois zones seront étudiées (1) le plateau continental de la mer de Dumont d'Urville dans l'Est Antarctique, une zone étudiée par nos programmes précédents, (2) la zone côtière subantarctique des îles Kerguelen et (3) la région de la mer de Scotia et de la Péninsule Antarctique qui sera étudiée chaque hiver austral grâce à l'invitation du programme US-AMLR (Antarctic Marine Living Resources) de la NOAA. Les campagnes d'été alterneront entre la mer de Dumont d'Urville et la zone côtière des Kerguelen.

Integrated Coastal Ocean Observations in Terre Adélie

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.

1 151 • ECOPATH

Circulation d'agents infectieux au sein et entre populations de vertébrés coloniaux subantarctiques et antarctiques: surveillance, compréhension et implications pour la gestion

Personne Boulinier Thierry
Adresse CEFE, Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive, Montpellier
Localisation Subantarctique; Amsterdam St-Paul

La description et la compréhension des facteurs qui affectent la circulation d'agents infectieux dans les populations animales sont importantes d'un point de vue fondamental, mais aussi appliqué. Les populations de vertébrés sauvages vivant dans les zones polaires de l'Hémisphère Sud sont de plus en plus sujettes à des menaces dues à des maladies infectieuses, en plus d'autres menaces environnementales, et il est primordial de disposer de données de base sur l'état éco-épidémiologique de ces systèmes et de comprendre leurs dynamiques. Les populations de vertébrés se reproduisant en colonies sont particulièrement importantes à étudier dans ce contexte car elles peuvent subir des épisodes de mortalités pouvant atteindre des centaines voire des milliers d'individus, et elles sont distribuées en unités discrètes au sein et entre lesquelles la transmission d'agents infectieux peut être affectée par différents processus complexes. Dans ce projet, nous nous proposons d'explorer comment les processus de dispersion à grande échelle et les interactions locales entre hôtes et parasites peuvent affecter la circulation d'agents infectieux et ses conséquences possibles. Afin de faire cela, nous combinerons des analyses de laboratoire sur des échantillons prélevés sur le terrain dans le cadre de suivi à long-terme et/ou dans un contexte spatialisé, la conduite d'expérimentations de terrain et le développement de modèles. Des techniques de biologie moléculaires modernes et des loggers seront notamment utilisés. Pour l'acquisition de données et d'échantillons, le programme reposera en partie sur les programmes IPEV déjà en place dans des sites clefs. Le travail sera conduit en coordination avec la Réserve Naturelle des Terres Australes et Antarctiques. Un axe spécifique sera développé sur les tiques et agents infectieux transmis par les tiques; un autre axe concernera les agents infectieux transmis d'une façon directe entre individus et potentiellement responsables d'épidémies, tel que l'agent du Cholera aviaire. Enfin, un axe se focalisera sur l'optimisation de la mise en place de programme de surveillance et de gestion.

Circulation of directly transmitted and tick-borne infectious agents in sub-Antarctic and Antarctic colonial vertebrate populations

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 that 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.



© Laurent Balesista / WT

1 167 • BIODIV_AMS

Biodiversité des milieux terrestres et d'eaux douces de l'île d'Amsterdam et de l'île St-Paul

Personne Lebouvier Marc
Adresse ECOBIO, Écosystèmes, Biodiversité, Évolution, Rennes
Localisation Subantarctique; Amsterdam St-Paul

Le programme 1167 BIODIV_AMS est basé sur une campagne d'été qui permettra de compléter les inventaires de la faune (invertébrés terrestres et d'eau douce) et de la flore (algues, champignons, bryophytes, lichens, ptéridophytes, phanérogames) des îles Saint-Paul et Amsterdam (TAAF, océan Indien Sud), à la fois pour améliorer les connaissances sur la biodiversité de ces îles (statut des espèces, niveau d'endémisme, besoins éventuels de protection selon leur abondance et leur répartition) et aussi pour intégrer pleinement ces îles dans les études et débats sur les processus de dispersion et de colonisation, les particularités biogéographiques, la réponse aux changements climatiques passés et actuels dans l'Hémisphère Sud.

Terrestrial and freshwater biodiversity of île Amsterdam and île Saint-Paul

The program 1167 BIODIV_AMS is based on a summer campaign that will complete inventories of fauna (terrestrial invertebrates and freshwater) and flora (algae, fungi, bryophytes, lichens, ptéridophytes, phanerogams) of île Saint-Paul and île Amsterdam (TAAF, Southern Indian Ocean), both to improve knowledge on the biodiversity of these islands (species status, level of endemism, possible need of protection depending on the abundance and distribution of species) and also to fully integrate these small isolated islands in studies and debates on the processes of dispersal and colonization, biogeographic peculiarities, response to past and current climate change in the southern hemisphere.

Responsables de programmes

BABIN MARCEL

Laboratoire international Takuvik, Laval
✉ marcel.babin@takuvik.ulaval.ca

BARONI MÉLANIE

CEREGE, Centre Européen de Recherche et d'Enseignement de Géosciences de l'Environnement, Aix-en-Provence
✉ baroni@cerege.fr

BESNARD STÉPHANE

COMÈTE, Mobilités : Attention, Orientation, Chronobiologie, Caen
✉ besnard-s@phyco.org

BEYRIES SYLVIE

CEPAM, Cultures et Environnements. Préhistoire, Antiquité, Moyen-Âge, Nice
✉ sylvie.beyries@cepam.cnrs.fr

BLANGY SYLVIE

CEFE, Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive, Montpellier
✉ sylvie.blangy@cefe.cnrs.fr

BOLLACHE LOÏC

Laboratoire Chrono-Environnement, Besançon
✉ bollache@u-bourgogne.fr

BONADONNA FRANCESCO

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

BOST CHARLES ANDRÉ

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

BOULINIER THIERRY

CEFE, Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive, Montpellier
✉ thierry.boulinier@cefe.cnrs.fr

CHADID MERIEME

Laboratoire JL Lagrange / Observatoire de la Côte d'Azur, Nice
✉ chadid@unice.fr

CHAMBODUT AUDE

EOST, École et Observatoire des Sciences de la Terre, Strasbourg
✉ aude.chambodut@unistra.fr

CHAPPELLAZ JÉRÔME

IGE, Institut des Géosciences de l'Environnement, Grenoble
✉ jerome@lgge.obs.ujf-grenoble.fr

CHASTEL OLIVIER

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

CRUBEZY ÉRIC

AMIS, Anthropologie Moléculaire et Imagerie de Synthèse, Toulouse
✉ crubezy.eric@free.fr

DELMOTTE MARC

LSCE, Laboratoire des Sciences et du Climat et de l'Environnement, Gif-sur-Yvette
✉ marc.delmotte@lsce.ipsl.fr

DOMINÉ FLORENT

Laboratoire international Takuvik, Laval
✉ florent.domine@takuvik.ulaval.ca

DOMMERGUE AURELIEN

IGE, Institut des Géosciences de l'Environnement, Grenoble
✉ aurelien.dommergue@univ-grenoble-alpes.fr

ELEAUME MARC

CYRIL GALLUT
BOREA, Biologie des Organismes et Écosystèmes Aquatiques, Concarneau
ISYEB, Institut de Systématique, Évolution, Biodiversité, Paris
✉ marc.eleaume@mnhn.fr
✉ cyril.gallut@upmc.fr

FAVIER VINCENT

IGE, Institut des Géosciences de l'Environnement, Grenoble
✉ vincent.favier@univ-grenoble-alpes.fr

GATTUSO JEAN-PIERRE

LOV, Laboratoire d'Océanographie, Villefranche-sur-Mer
✉ gattuso@obs-vlfr.fr

GAUDIN PHILIPPE

ECOBIOIP, Écologie comportementale et Biologie des Populations de Poissons, St-Pée sur Nilleville
✉ gaudin@st-pee.inra.fr

GENTHON CHRISTOPHE

IGE, Institut des Géosciences de l'Environnement, Grenoble
✉ christophe.genthon@univ-grenoble-alpes.fr

GILBERT CAROLINE

EnvA, École nationale Vétérinaire d'Alfort, Maisons-Alfort
✉ cgilbert@vet-alfort.fr

GILLET-CHAULET FABIEN

IGE, Institut des Géosciences de l'Environnement, Grenoble
✉ fabien.gillet-chautlet@univ-grenoble-alpes.fr

GREMILLET DAVID

CEFE, Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive, Montpellier
✉ david.gremillet@cefe.cnrs.fr

GUILLAUME DAMIEN

LMV, Laboratoire Magmas et Volcans, St-Étienne
✉ damien.guillaume@univ-st-etienne.fr

GUILLOT TRISTAN

Laboratoire JL Lagrange / Observatoire de la Côte d'Azur, Nice
✉ tristan.guillot@oca.eu

HENNION FRANÇOISE

ECOBIO, Écosystèmes, Biodiversité, Évolution, Rennes
✉ francoise.hennion@univ-rennes1.fr

HOUREZ STÉPHANE

GAME, Génétique de l'Adaptation aux Milieux Extrêmes, Roscoff
✉ hourdez@sb-roscoff.fr

HOUSSAIS MARIE-NOËLLE

LOCEAN, Laboratoire d'Océanographie et du Climat : Expérimentations et Numériques, Paris
✉ marie-noelle.houssais@locean-ipsl.upmc.fr

HUBERT GUILLAUME

ONERA, Office National d'Études de Recherches Aérospatiales, Toulouse
✉ guillaume.hubert@onera.fr

JACOBI HANS-WERNER

IGE, Institut des Géosciences de l'Environnement, Grenoble
✉ hans-werner.Jacobi@univ-grenoble-alpes.fr

JOLIET FABIENNE JEANNE

INHP, Institut National d'Horticulture et du Paysage, Angers
✉ fabienne.joliet@agrocampus-ouest.fr

JUMELET JULIEN

LATMOS, Laboratoire Atmosphères, Milieux, Observations Spatiales, Paris
✉ julien.jumelet@latmos.ipsl.fr

KLEIN KARL-LUDWIG

LESIA, Laboratoire d'Études Spatiales et d'Instrumentation en Astrophysique, Meudon
✉ ludwig.klein@obspm.fr

KOUBBI PHILIPPE

BOREA, Biologie des Organismes et Écosystèmes Aquatiques, Paris
✉ philippe.koubbi@mnhn.fr

LAMBERT JEAN-LUC

GSRL, Groupes, Sociétés, Religions, Laïcités, Paris
✉ jeanluc.lambert@ymail.com

LAVRIILLIER ALEXANDRA

CEARC, Cultures, Environnement, Arctique, Représentations, Climat, Versailles-St-Quentin,
✉ alexandra.lavrillier@uvsq.fr

LE BOHEC CÉLINE

IPHC, Institut Pluridisciplinaire Hubert Curien, Strasbourg
✉ celine.lebohec@iphc.cnrs.fr

LE MEUR EMMANUEL

IGE, Institut des Géosciences de l'Environnement, Grenoble
✉ emmanuel.lemeur@univ-grenoble-alpes.fr

LEBOUVIER MARC

ECOBIO, Écosystèmes, Biodiversité, Évolution, Rennes
✉ marc.lebouvier@univ-rennes1.fr

LECLAIRE SARAH

EDB, Évolution et Diversité Biologique, Toulouse
✉ sarah.leclaire@univ-tlse3.fr

LEGRAND MICHEL

IGE, Institut des Géosciences de l'Environnement, Grenoble
✉ michel.legrand@univ-grenoble-alpes.fr

LILENSTEN JEAN

IPAG, Institut de Planétologie et d'Astrophysique de Grenoble, Grenoble
✉ jean.lilensten@univ-grenoble-alpes.fr

**MAGGI ALESSIA
DIMITRI ZIGONE**

EOST, École et Observatoire des Sciences de la Terre, Strasbourg
✉ zigone@unistra.fr

MARCHAUDON AURELIE

IRAP, Institut de Recherche en Astronomie et Planétologie, Toulouse
✉ aurelie.marchaudon@irap.omp.eu

MASSON-DELMOTTE VALÉRIE

LSCE, Laboratoire des Sciences et du Climat et de l'Environnement, Gif-sur-Yvette
✉ valerie.masson@lsce.ipsl.fr

MERCIER DENIS

UFR de Géographie et d'Aménagement, Paris
✉ denis.mercier@paris-sorbonne.fr

OLIVIER FRÉDÉRIC

BOREA, Biologie des Organismes et Écosystèmes Aquatiques, Concarneau
✉ folivier@mnhn.fr

PHILIPPE GOLOUB

LOA, Laboratoire d'Optique Atmosphérique, Villeneuve d'Ascq
✉ philippe.goloub@univ-lille1.fr

PICARD GHISLAIN

IGE, Institut des Géosciences de l'Environnement, Grenoble
✉ ghislain.picard@ujf-grenoble.fr

PONTIER DOMINIQUE

LBBE, Laboratoire de Biométrie et Biologie Évolutive, Villeurbanne
✉ dominique.pontier@univ-lyon1.fr

RENAULT DAVID

ECOBIO, Écosystèmes, Biodiversité, Évolution, Rennes
✉ david.renault@univ-rennes1.fr

RICAUD PHILIPPE

CNRM, Centre National de Recherches Météorologiques, Toulouse
✉ philippe.ricaud@meteo.fr

RITZ CATHERINE

IGE, Institut des Géosciences de l'Environnement, Grenoble
✉ catherine.ritz@univ-grenoble-alpes.fr

ROBIN JEAN-PATRICE

IPHC, Institut Pluridisciplinaire Hubert Curien, Strasbourg
✉ jean-patrice.robin@iphc.cnrs.fr

ROPERT-COUDERT YAN

CEBC, Centre d'Études Biologiques, Chizé
✉ yan.robert-coudert@cebc.cnrs.fr

ROUSSEL DAMIEN

LEHNA, Laboratoire d'Écologie des Hydrosystèmes Naturels et Anthropisés, Lyon
✉ damien.rousseau@univ-lyon1.fr

SAUCÈDE THOMAS

Laboratoire Biogéosciences, Dijon
✉ thomas.saucede@u-bourgogne.fr



© Eduardo Da Forno

SAVARINO JOËL

IGE, Institut des Géosciences de l'Environnement, Grenoble
✉ joel.savarino@univ-grenoble-alpes.fr

SCHNEIDER JEAN-LUC

EPOC, Environnements et Paléoenvironnements Océaniques et Continentaux
✉ jl.schneider@epoc.u-bordeaux1.fr

STÉPANOFF CHARLES

LAS, Laboratoire d'Anthropologie Sociale, Paris
✉ charles.stepanoff@dephe.sorbonne.fr

TESTUT LAURENT

LEGOS, Laboratoire d'Études en Géophysique et Océanographie Spatiales, Toulouse
✉ laurent.testut@legos.obs-mip.fr

TOLLE FLORIAN

THEMA, Théoriser et Modéliser pour Aménager, Besançon
✉ florian.tolle@univ-fcomte.fr

TROUSSELARD MARION

IRBA, Institut de recherche biomédicale des Armées, Bretigny-sur-Orge
✉ marion.trousselard@gmail.com

VATÉ VIRGINIE

GSRL, Groupes, Sociétés, Religions, Laïcités, Paris
✉ virginie.vate@gsrl.cnrs.fr

VIVIER FRÉDÉRIC

LOCEAN, Laboratoire d'Océanographie et du Climat : Expérimentations et Numériques, Paris
✉ frederic.vivier@locean-ipsl.upmc.fr

WEIMERSKIRCH HENRI

CEBC, Centre d'Études Biologiques, Chizé
✉ henriw@cebc.cnrs.fr

Les sigles

ANR	Agence Nationale de la Recherche
AWI	Alfred Wegener Institute
BAS	British Antarctic Survey
CEA	Commissariat à l'Énergie Atomique
CEBC	Centre d'Études Biologiques de Chizé
CEFE	Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive
CEP	Comité Environnement Polaire
CEREGE	Centre Européen de Recherche et d'Enseignement des Géosciences de l'Environnement
CETP	Centre d'études des Environnements Terrestres et Planétaires
COI	Comission Océano Intergouvernementale
CNES	Centre National d'Études Spatiales
CNRS	Centre National de la Recherche Scientifique
COMNAP	Council of Managers of National Antarctic Programmes
CPE	Comité pour la Protection de l'Environnement (RCTA)
CPST	Conseil des Programmes Scientifiques et Technologiques
CSNSM	Centre de Spectrométrie Nucléaire et de Spectrométrie de Masse
ECOBIO	Écosystèmes, Biodiversité, Évolution
EPB	European Polar Board
EPF	Expéditions Polaires Françaises
EPRD	État 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'Études en Géophysique et Océanographie Spatiales
LEMAR	Laboratoire des Sciences de l'Environnement Marin
LESIA	Laboratoire d'Études Spatiales et d'Instrumentation en Astrophysique
IGE	Institut des Géosciences
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, Directeur de l'Institut polaire français Paul-Émile Victor, IPEV

Coordination : Aude Sonnevile, Département communication de l'Institut polaire français Paul-Émile Victor, IPEV

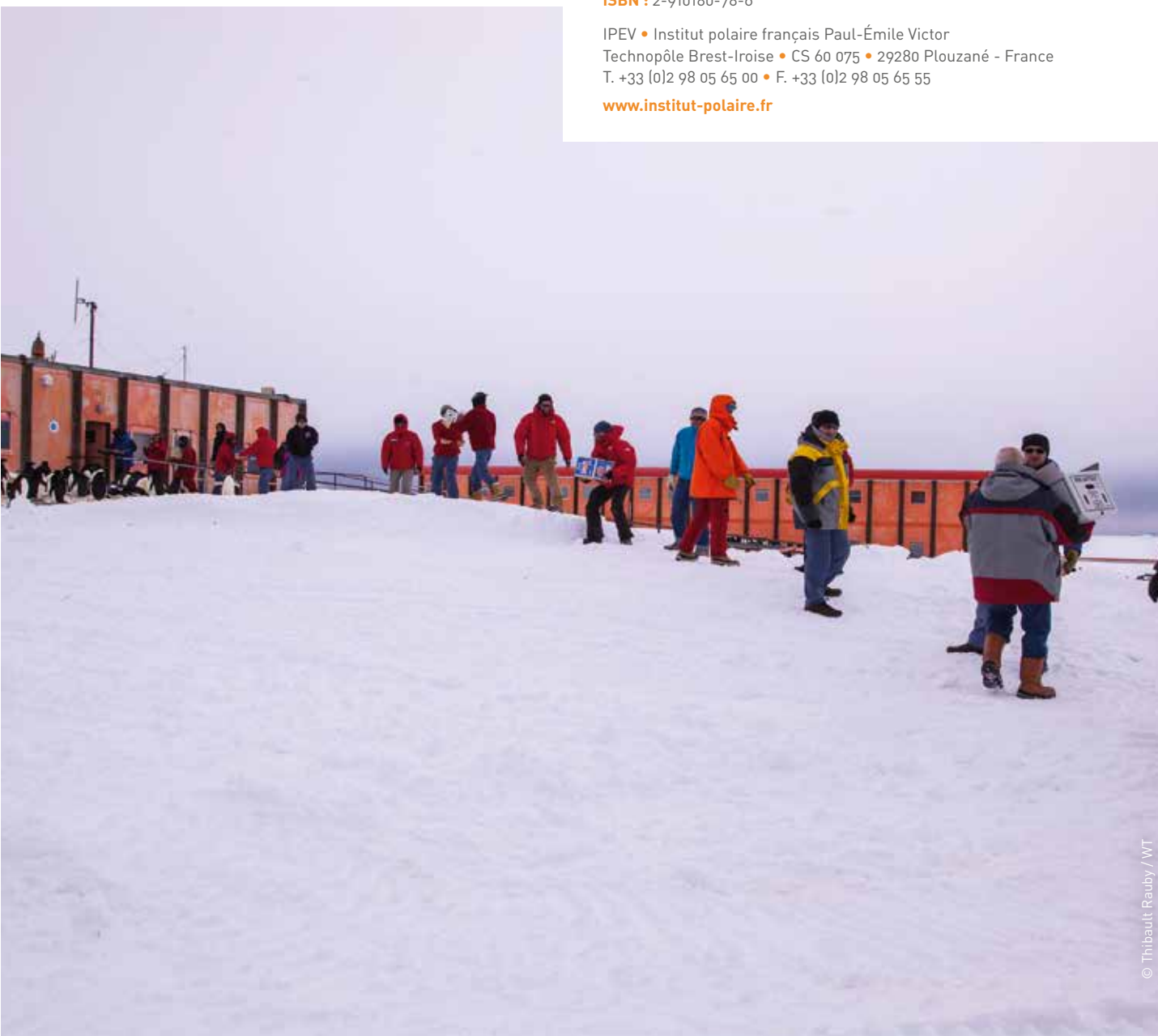
Création graphique : d'une idée l'autre / 02 98 00 07 63

Impression : Caligraphy

ISBN : 2-910180-78-6

IPEV • Institut polaire français Paul-Émile Victor
Technopôle Brest-Iroise • CS 60 075 • 29280 Plouzané - France
T. +33 (0)2 98 05 65 00 • F. +33 (0)2 98 05 65 55

www.institut-polaire.fr





IPEV • Institut polaire français Paul-Émile Victor
Technopôle Brest-Iroise • CS 60 075
29280 Plouzané - France
T. +33 (0)2 98 05 65 00

www.institut-polaire.fr