

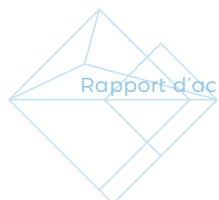


INSTITUT
POLAIRE
FRANÇAIS
PAUL-ÉMILE VICTOR

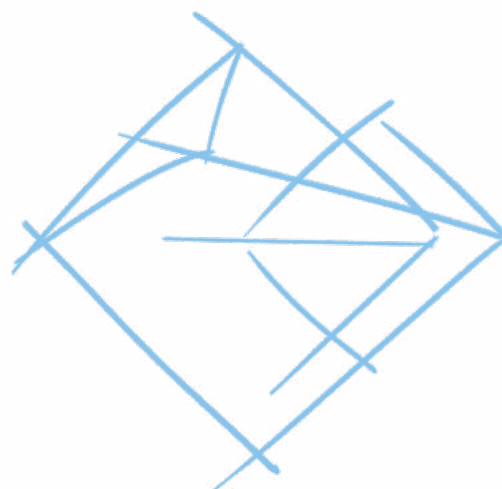
Rapport d'activité

CAMPAGNE D'ÉTÉ

2019
2020



INSTITUT 
POLAIRE
FRANÇAIS
PAUL-ÉMILE VICTOR



DIRECTEUR DE LA PUBLICATION :

JÉRÔME CHAPPELLAZ

Directeur de l'Institut polaire français

COORDINATION

AUDE SONNEVILLE

Département communication et médiation scientifique de l'Institut polaire français

CRÉATION GRAPHIQUE

PASCAL BUSTO

 *Gévodan, animal créatif, www.gevodan.com*

ISBN 2-910180-85-9

INSTITUT POLAIRE FRANÇAIS PAUL-ÉMILE VICTOR

**Technopôle Brest-Iroise CS 60 075
29280 Plouzané • France**

**www.institut-polaire.fr
Tel. +33 (0)2 98 05 65 00**

© photos :

Virgil Decourteille : Couverture, p. 3, 8, 52, 54, 55, 59, 70, 93, 95, 96, 98, 100, 107
Sébastien Chastanet : p. 4, 9, 18, 55, 91, 106, 120, 122
Gregory Tran : p. 9, 10, 11, 46, 51, 72, 73, 74, 75, 79, 80, 83, 84, 87, 89
Yann L'Herrou : p. 12, 66, 69
Gaëlle Sellin : p. 13
Patrice Godon : p. 13
Fabien Arnaud : p. 14, 25
David Gallien : p. 15
Baptiste Camus : p. 15
Charline Guynemer : p. 17, 33
Jostein Bakke : p. 20, 21, 23
Charline Giguet : p. 24
Eivind Støren : p. 25, 28
Art Verhage : p. 29
Ludovic Ravanael : p. 30
Joel Savarino : p. 34, 45
Andrea Spolaor : p. 35
Graziano Larocca : p. 37
Sandrine Galipot : p. 65
Rodolphe Merceron : p. 90
Cyprien Griot : p. 94, 113
Mervyn Ravitchandirane : p. 68, 98, 102, 103, 107, 110
Pierre Parenthoine : p. 101, 120
Lucie Maignan : p. 105, 109, 114, 117.

© illustrations :

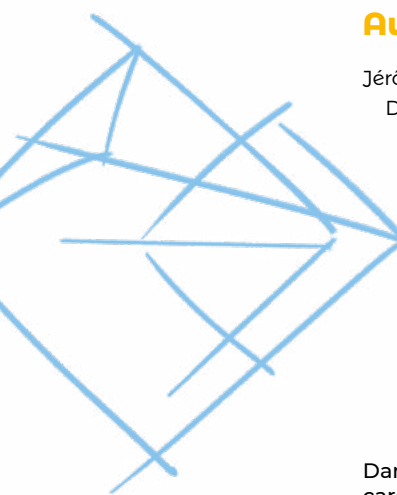
Pascal Busto. www.gevodan.com





Une année contrastée de joie et de difficultés

ÉDITO



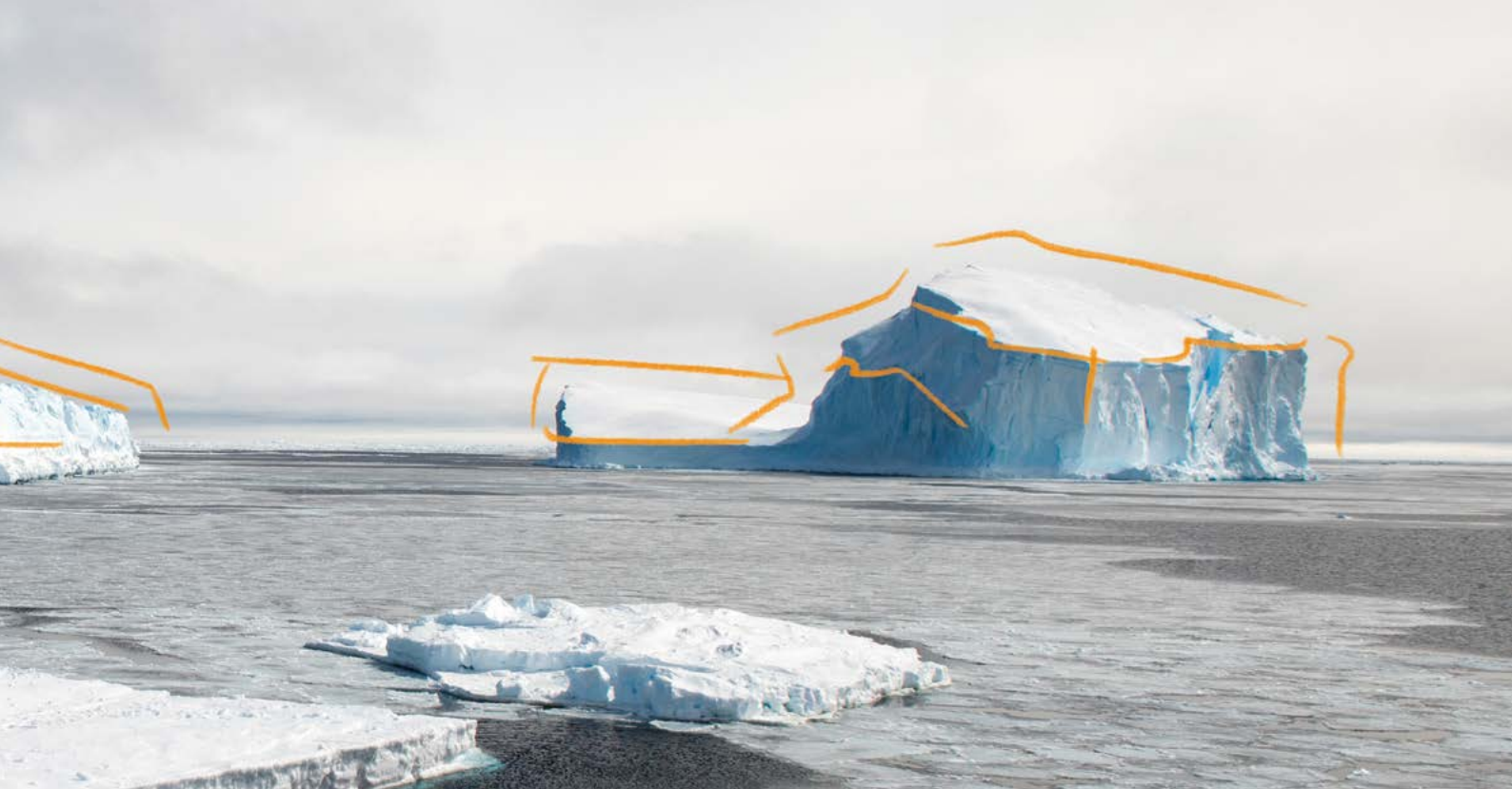
Auteur

Jérôme CHAPPELLAZ
Directeur

Le temps est venu de présenter le nouveau rapport d'activité de l'Institut polaire français, couvrant l'année civile 2019 ainsi que la campagne d'été austral 2019-2020. Avec un bilan contrasté, fait de joies et de déboires.

Commençons par les joies, celles que l'histoire de l'Institut retiendra car la mémoire possède heureusement la sélection heureuse. Honneur aux projets de recherche, raison d'être de l'Institut qui les soutient. Parmi les 74 projets et 108 campagnes de terrain mis en place sur les différents districts arctiques, subantarctiques et antarctiques, cet exercice se caractérisait par l'implémentation de trois d'entre eux dans l'hémisphère sud sortant largement du dimensionnement habituel : dans le domaine subantarctique, il s'agissait du projet franco-norvégien PALAS 2 visant à carotter les sédiments de plusieurs lacs très difficiles d'accès, localisés dans le secteur ouest des îles Kerguelen ; en Antarctique, la glaciologie était à l'honneur avec d'une part la mise en place d'un camp de carottage sur le site de Little Dome C (situé à environ 40 km de la station Concordia) au bénéfice du nouveau projet européen Beyond EPICA, et d'autre part le raid scientifique EAIIST dans le secteur inexploré séparant Concordia du Pôle Sud.

Dans les trois cas, le succès fut total. L'équipe PALAS 2 parvenait à extraire un total de 127 m de carottes lacustres, obtenues sur 6 lacs différents et 14 sites de carottage. Leurs analyses fourniront un regard exceptionnel sur l'évolution climatique et environnementale de ce secteur très peu documenté de la planète. Pour Beyond EPICA, les éléments principaux du camp ont pu être installés, défi logistique considérable car il faudra être en mesure d'y faire vivre une équipe d'une quinzaine de personnes en autonomie totale sur près de 60 jours consécutifs chaque saison et sur un enchaînement de 5 campagnes d'été. Enfin le raid EAIIST a poursuivi de la meilleure façon qui soit le renouement avec les grands raids scientifiques d'exploration, pour lesquels l'Institut polaire s'est équipé au début des années 2010. Quatrième du genre pour l'Institut, il a permis de parcourir plus de 1300 km en territoires inconnus, au centre du plateau antarctique constitué notamment de mégadunes et de surfaces « vitrées ». Parmi les nombreux travaux conduits sur le terrain, près de 1000 m cumulés de carottes de neige et de glace ont été collectés, qui permettront de mieux comprendre l'origine de ces structures uniques sur Terre mais aussi de quantifier la contribution de ce large secteur antarctique à l'évolution globale du niveau des mers. Aussi bien pour PALAS 2 que pour EAIIST, le rapport d'activité 2019-2020 comprend un focus scientifique détaillé, rédigé par leurs coordinateurs scientifiques dès leur retour du terrain et je les en remercie vivement.



Les réjouissances de ce dernier exercice, c'est aussi d'avoir pu amener la ministre chargée de la recherche, Frédérique Vidal, ainsi que le PDG du CNRS, Antoine Petit, découvrir le mythique continent blanc et une partie de nos infrastructures. Une première pour un ministre en fonction comme pour le patron du navire-amiral de la recherche française. Un plan d'action a été discuté à cette occasion, au bénéfice de la recherche, des infrastructures et de la logistique nationale aux pôles. J'espère que les mois qui viennent en verront la concrétisation car le sous-dimensionnement actuel de l'Institut en personnels pèse en particulier sur les ambitions françaises.

2019, ce fut aussi une année d'initiatives internes et externes : mise en place d'une « Gestion prévisionnelle des emplois et des compétences » et d'un diagnostic du fonctionnement de l'Institut, création d'un département à l'innovation ayant permis d'initier de nombreux contacts industriels mais aussi de lancer le « Bilan carbone© » de l'Institut (une première pour un opérateur polaire), application de la nouvelle charte graphique et création de nouveaux films institutionnels, alimentation et gestion de la plateforme d'archives nationales Archipôles, mise en place d'un comité scientifique bilatéral pour Concordia ainsi que d'un comité managérial tripartite avec l'Agence Spatiale Européenne, organisation à Brest de l'assemblée générale de l'European Polar Board, pour ne citer que quelques exemples.

Les déboires, ce fut principalement l'avarie du navire L'Astrolabe, découverte par son armateur – la Marine nationale – mi-novembre 2019 alors qu'il allait quitter Hobart en Tasmanie pour assurer sa première mission de soutien à notre logistique antarctique. Tandis que le navire prenait finalement la direction d'un chantier australien pour

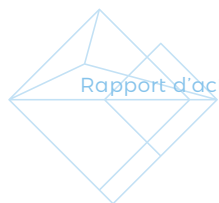
réparation, l'Institut polaire a dû aux Australiens de sauver la campagne et nos deux stations antarctiques par la même occasion : nos homologues de l'Australian Antarctic Division acceptaient en effet au pied levé de mettre à disposition leur propre brise-glace pour assurer le ravitaillement, impactant leur campagne d'une quinzaine de jours. Formidable solidarité entre opérateurs polaires ! Nous devons également aux talents de nos équipes opérationnelles le fait que les dommages collatéraux de cette mésaventure technique soient les plus limités possibles : réorganisation en quelques heures de plusieurs centaines de tonnes de fret, changement immédiat des acheminements des personnels, organisation de trois rotations-éclair de L'Astrolabe en deuxième moitié de saison une fois le navire réparé... Mais la solidarité internationale et le talent de nos agents n'ont pas suffi. Dans ce contexte exceptionnel, l'Institut polaire a eu heureusement son lot de chance grâce à des conditions météorologiques et de glace de mer exceptionnellement bonnes lors des escales à Dumont d'Urville. Il ne faudra évidemment pas compter dessus chaque année.

En juin 2021, la France présidera à Paris la réunion annuelle du Traité sur l'Antarctique, 32 ans après la dernière fois.

J'émet le vœu qu'avec cette perspective géopolitique, nous saurons collectivement insuffler une nouvelle dynamique nationale au bénéfice de la recherche en milieux polaires.

La lecture des pages qui suivent devraient aider tout lecteur à se convaincre d'une telle nécessité car notre nation n'a pas à rougir des travaux qu'elle y conduit.

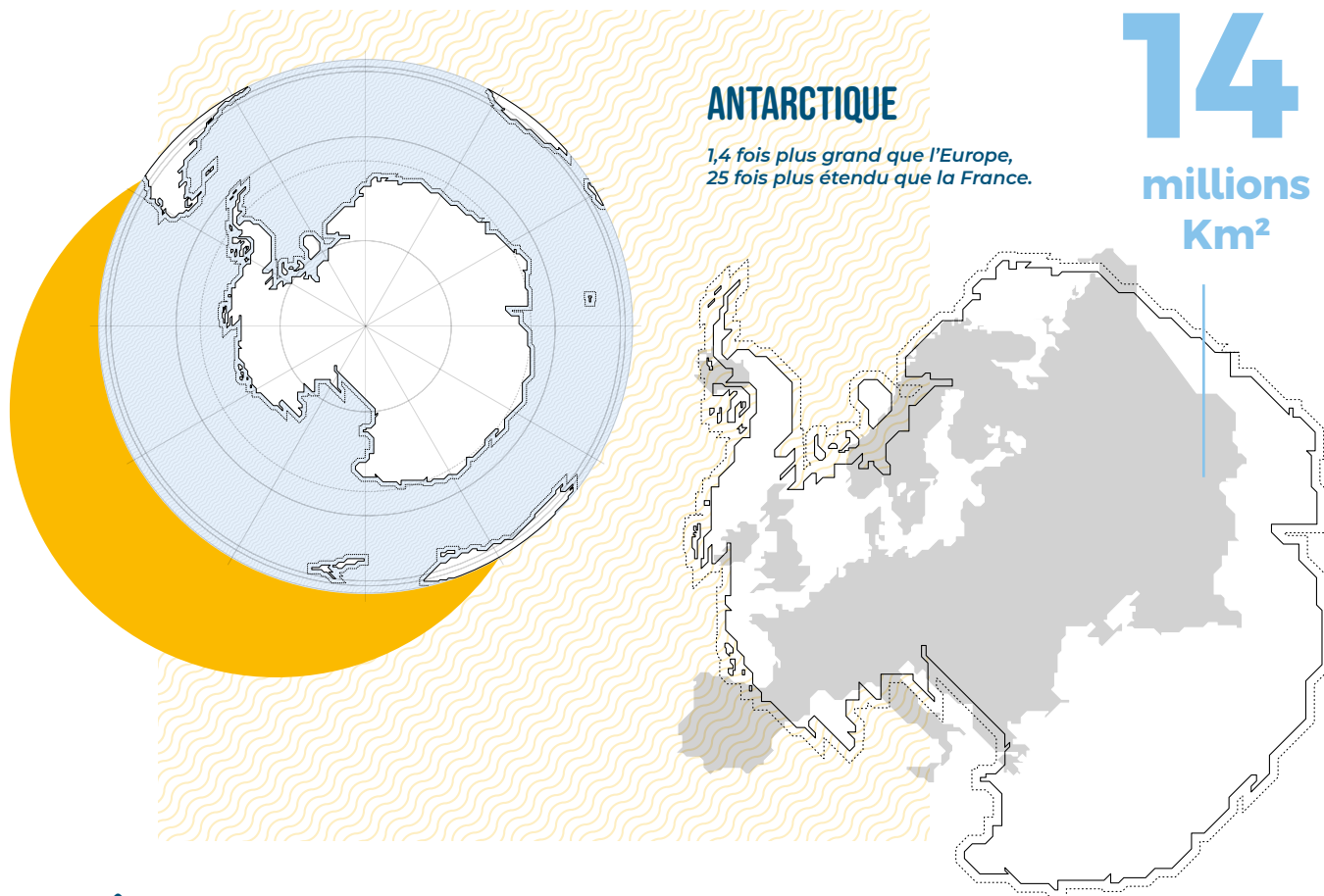
En l'état, la France « puissance polaire », selon les termes de l'ancien ministre Hervé Gaymard, ne le demeurera pas sans engagements forts et dans la durée actés par nos décideurs.



ANTARCTIQUE

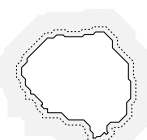
1,4 fois plus grand que l'Europe,
25 fois plus étendu que la France.

14
millions
Km²



ÎLES SUBANTARCTIQUES

ARCHIPEL DE CROZET



Île aux Cochons



Île de la Possession



Île de l'Est

Base Alfred Faure

46°25'S - 51°51'E
934 m d'altitude (Pic du Mascarin)
1er hivernage en 1962
Environ 25 hivernants
et jusqu'à 50 personnes en été



ARCHIPEL DE KERQUELEN



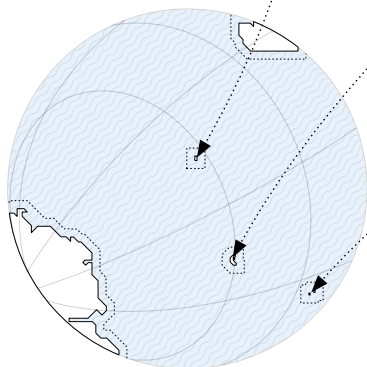
Station de Port-aux-Français

48°27' - 50°00' S, 60°27' - 70°35' E
1800 m d'altitude (Mont Ross)
1er hivernage en 1949
Environ 50 hivernants
et jusqu'à 100 personnes l'été

ÎLES AMSTERDAM ET SAINT PAUL

Base Martin-de-Viviès

37°50'S - 77°32'
881 m d'altitude (Mont de la Dives)
1er hivernage en 1950
Environ 25 hivernants
et jusqu'à 50 personnes en été

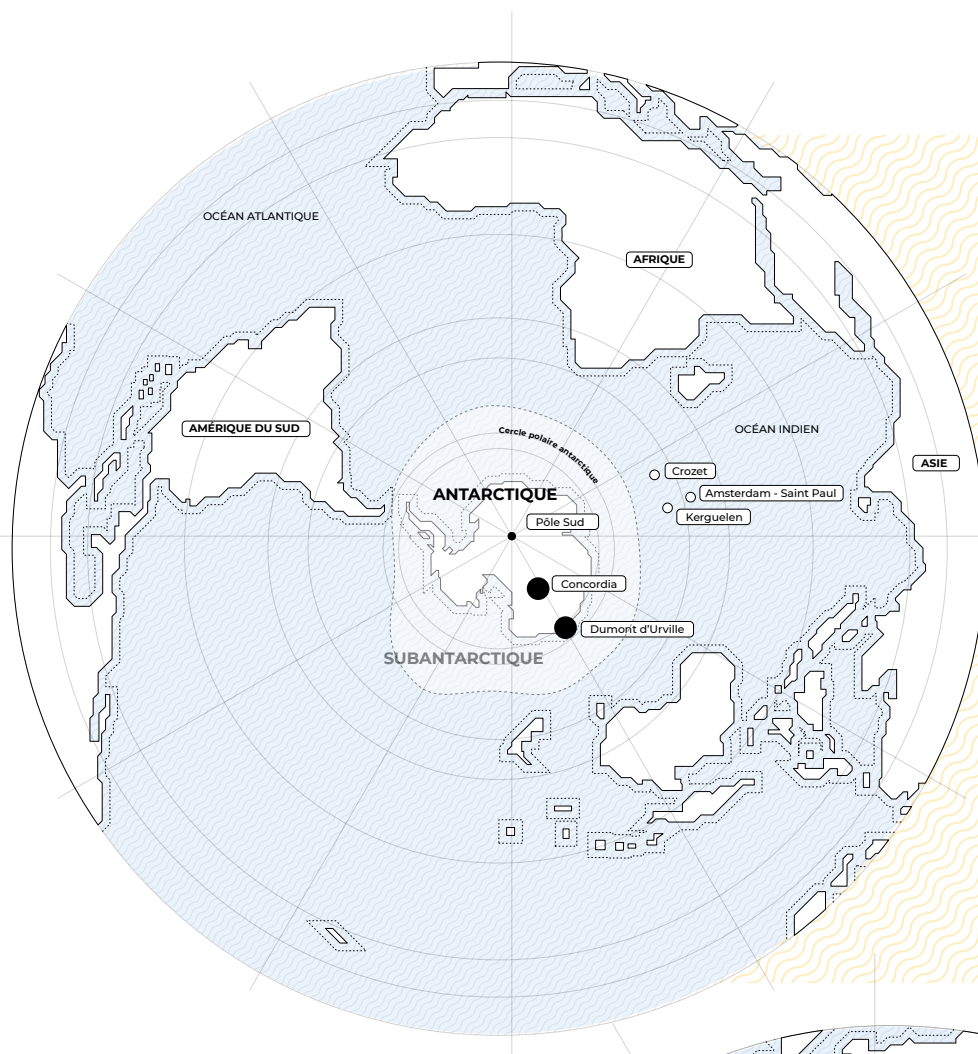


Île Amsterdam

Île Saint Paul

Île Amsterdam

Île Saint Paul



ANTARCTIQUE SUBANTARCTIQUE

Station Concordia

75°06'S - 123°21'E
3200 m d'altitude
1^{er} hivernage en 2005
12 à 15 hivernants
et de 50 à 70 personnes en été

Station Dumont d'Urville et la station annexe de Cap Prud'homme

66°40'S - 140°01'E
20 m d'altitude
1^{er} hivernage en 1952
25 à 35 hivernants
et jusqu'à 100 personnes en été

ARCTIQUE

Station arctique AWIPEV

Position (79°N - 12°E)
Températures moyennes :
en été : +4°C
en hiver : -12°C



SOMMAIRE



10

UNE ANNÉE SUR LE TERRAIN

P. 11 LOGISTIQUE ARCTIQUE

P. 12 LOGISTIQUE ANTARCTIQUE

P. 14 LOGISTIQUE
SUBANTARCTIQUE



52

INFORMATIONS GÉNÉRALES

P. 54 LES MISSIONS DU GIP

P. 55 GP&C

P. 58 DONNÉES

P. 60 LES CHIFFRES

P. 62 COMMUNICATION



18

LA SCIENCE

P. 20 PALAS

P. 34 E&IIST

P. 46 MICROLIFE





70

66

PROJETS SCIENTIFIQUES

P. 72 SOUTENUS ARCTIQUE

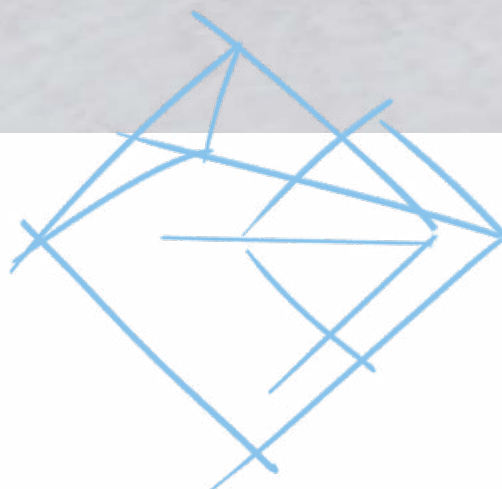
P. 93 SOUTENUS ANTARCTIQUE,
SUBANTARCTIQUE

PARTENAIRE

P. 68 L'AUSTRALIAN ANTARCTIC
DIVISION



Une année sur le terrain



SOUTIEN AUX PROJETS SCIENTIFIQUES

Auteur

Dominique FLEURY

10 projets scientifiques français ont été soutenus au sein de la station AWIPEV par l'Institut, couvrant les thématiques en biologie marine, ornithologie, glaciologie, science ionosphérique et physico-chimie de l'atmosphère.

Installation du treuil électrique sur le timonier *Jean Flo'h*

Le treuil et la grue hydraulique du navire *Jean Flo'h* sont très utilisés pour toutes les manip à la mer. Cette combinaison est très pratique pour mettre des charges assez lourdes à la mer mais manque de souplesse et de rapidité pour de petits capteurs ou systèmes de prélèvements légers. Le treuil électrique du second bateau de l'AWIPEV donnant entière satisfaction pour cette utilisation, le même modèle a été installé sur *Jean Flo'h*. Nous avons ainsi une redondance et une vitesse de profils de la masse d'eau plus adaptée. Les embases des moteurs HB ont été rapatriés en fin de saison pour une révision complète chez un professionnel à Brest.



Pose d'un lest de stabilisation sur le véhicule électrique Goupil



Après quelques années d'utilisation de ce véhicule, il est apparu que le Goupil chargé a une meilleure adhérence sur la glace et la neige. Un lest à demeure a donc été posé sur le châssis du véhicule pour améliorer la sécurité des passagers lors de son utilisation.

Installation d'un circuit d'air comprimé dans l'atelier scooter

L'atelier de mécanique générale appelé le 'scooter garage' possède maintenant un circuit d'air comprimé muni d'un compresseur de 150L (Nettoyage des pièces mécaniques, gonflage de roues...). Il possède également un touret à meuler et un poste à souder (TIG acier/inox/alu et électrodes enrobées).

STATION CORBEL



Installation d'un nouveau système de régulation de charge pour l'éolienne de Corbel

En 2018, une nouvelle éolienne a été installée à la station Corbel. Celle-ci a fonctionné quelques mois sur l'ancien système de régulation de charge électrique des batteries. Mais au début de cette année, cette électronique est tombée en panne. Un nouveau système de charge a été donc acheté au constructeur de l'éolienne et installé lors de la campagne d'automne.

Création d'une fenêtre spéciale et installation d'un escalier

Cette année, des chercheurs souhaitent l'installation d'un équipement scientifique mesurant le rayonnement auroral à la station Corbel. Cet équipement étant très sensible aux lumières parasites, le site de Corbel en hiver est un endroit idéal car il n'y a aucune pollution lumineuse. L'installation de cet équipement a nécessité la création d'une fenêtre dans le bâtiment laboratoire/atelier. Elle est inclinée vers le ciel et possède une vitre de qualité optique avec un système antigivre.

Un escalier extérieur a également été fabriqué afin d'atteindre la plateforme du toit en toute sécurité pour faire des séries de mesures à l'aide de l'instrument à 360°.

ACTIVITÉS SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES EN ANTARCTIQUE

Auteurs

Gaëlle SELLIN, Doris THUILLIER

Cette campagne d'été austral 2019-2020 a connu, en début de saison, des conditions générales environnementales favorables avec une météo clémente et une banquise praticable à moins de 35 km de Dumont d'Urville. Les premières arrivées avion sur Dumont d'Urville et Dôme C ont été réalisées aux dates convenues, 2 - 8 novembre, permettant l'ouverture des stations et le départ des raids EAIIST et logistiques dans les temps.

Cependant, des conditions climatiques difficiles sont arrivées dès le mois de janvier, marqué par 16 jours de chutes de neige, le double des valeurs normales de saisons, rendant toutes les opérations plus hasardeuses.

La difficulté majeure de la saison a été l'avarie sur les paliers immergés des lignes d'arbres de l'*Astrolabe* dès la rotation R0. Cette panne a durablement impacté la campagne d'été et a obligé à une réorganisation complète des entrées et sorties ainsi que des agendas prévisionnels logistiques et techniques.

Heureusement, grâce au soutien exceptionnel de l'Australian Antarctic Division, l'affrètement du navire polaire *Aurora Australis* du 11 décembre à Dumont d'Urville et les trois rotations express de l'*Astrolabe* réparé organisées entre fin janvier et fin février ont permis de livrer le cargo prioritaire dont la nourriture, les pièces détachées, le carburant et les fluides essentiels au maintien des stations.

Enfin, la dernière rotation a permis la livraison de certains matériaux de construction et de carburant pour la campagne suivante, pérennisant l'approvisionnement de Concordia via le premier raid 2020 même si les stocks de sécurité n'ont pu être entièrement complétés.

En dehors des programmes scientifiques, l'avarie de l'*Astrolabe* a provoqué des impacts notables sur plusieurs postes logistiques et techniques.

En ce qui concerne l'énergie, 300 m³ de carburant SAB (Special Antarctic Blend, carburant utilisé en Antarctique) n'ont pas pu être livrés. L'autonomie des stations est tout de même assurée jusqu'à début janvier 2021 mais le stock de sécurité n'a pas été reconstitué. 30 m³ de carburant pour les aéronefs manquent, soit 23% en moins de l'approvisionnement global. Une des conséquences directe de ce manque durant cette saison a été la suppression du projet aéroporté Iccap dans un souci d'économie d'aérocaburant. Enfin, 50 % de l'approvisionnement en essence pour les véhicules n'a pas pu être réalisé.



Déchargement de l'*Aurora Australis* sur glace de mer.

De manière générale, l'ensemble des stocks de sécurité de carburant SAB des stations a été utilisé pour couvrir les conséquences de l'avarie de l'*Astrolabe*.

Pour les chantiers, la réfection du magasin vivre de Concordia et les travaux du « shelter » de l'hélicoptère (helipad) sud ont été reportés car le matériel n'a pas pu être livré. La réfection du bardage du hangar engins N° 57 de Dumont d'Urville a été reportée, le matériel n'ayant été livré qu'à la rotation R4 et le bardage du magasin prud'homme a également été décalé dans la saison.

Suite à l'annulation de la rotation R0, et donc de la venue des personnels scientifiques, c'est l'équipe technique qui a dû apporter son soutien aux travaux scientifiques au mois de novembre et au début décembre. Certains travaux ont par conséquent été ralentis.

La passation entre hivernants entrants et sortants a eu lieu en une journée et demie au lieu de 7 jours (en moyenne). Certaines passations plus spécifiques nécessitant un temps plus long (télécommunication-radio, glaciologie, centrale électrique) prévues habituellement sur un mois n'ont pas eu lieu. La conséquence a été une passation moins poussée des informations nécessaires pour l'équipe entrante, entraînant des difficultés à la prise de poste et une passation réduite sur l'environnement polaire.

L'Institut a opéré avec la nouvelle compagnie d'hélicoptère (Canadian Helicopters - HN2), lauréate de l'appel d'offre réalisé l'année dernière. Un hélicoptère a été présent toute la saison et une deuxième machine est arrivée avec le navire *Aurora Australis* pour fluidifier le déchargement ainsi qu'à la rotation R4. La collaboration est tout à fait satisfaisante et l'investissement en matériel de la compagnie très pertinent.

DUMONT D'URVILLE

TRAVAUX ET LOGISTIQUE

Malgré le décalage des livraisons, les travaux d'équipement à la station et à Cap Prudhomme ont pu se dérouler grâce aux matériels livrés durant la campagne précédente. Le travail principal a consisté en la couverture complète du magasin des pièces de rechanges pour le raid à Cap Prud'homme.

La campagne a été également marquée par de nombreux travaux moins spectaculaires mais tout aussi nécessaires à la bonne gestion technique du site : fin de la couverture latérale du bâtiment 25 laboratoire N°1, rénovation de la chaufferie du bâtiment 31 séjour-réfectoire, remplacement du tunnel sous la route pour les conduites et les câbles électriques au sud de l'île des Péterles.

RAID : CONVOIS DUMONT D'URVILLE / CONCORDIA

Malgré les perturbations logistiques de la campagne, les 5 raids prévus (3 logistiques et 2 scientifiques, EAIIST et SAMBA) ont pu être réalisés et atteindre tous leurs objectifs respectifs. Les caravanes ont ainsi parcourus pas moins de 10 760 Km en 3 mois. A la côte, la maintenance habituelle ainsi que les travaux spécifiques tel que le bardage extérieur du magasin ont également été réalisés. La météo perturbée et les températures relativement élevées ont impacté fortement les liaisons aériennes entraînant parfois jusqu'à 10 jours de retard dans les transferts.

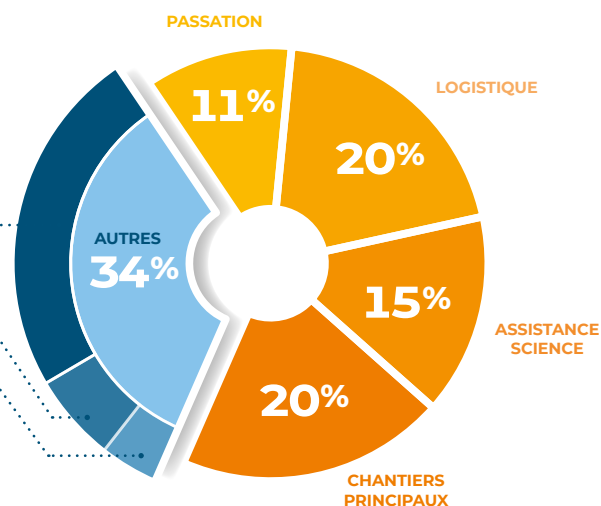


STATION FRANCO-ITALIENNE CONCORDIA

VUE GÉNÉRALE DE LA SAISON

Les missions du bureau technique sont réparties entre la passation aux hivernants entrants, la maintenance et l'entretien des installations, la logistique (réception, envoi, manutention, répartition et stockage des colis), l'assistance aux opérations scientifiques et les chantiers et travaux neufs à réaliser.

Maintenance, travaux mineurs, relevés **24%**
Ménage **6%**
Acclimatation **4%**



CHANTIERS ET MAINTENANCE EXCEPTIONNELLE

Les grands chantiers de l'année ont débuté avec la réfection du fond plat de la tour bruyante, la refonte du système de traitement des eaux grises (GWTU) et l'habillage du magasin général.

Les travaux d'assistance aux programmes scientifiques se sont globalement bien déroulés. La collaboration entre la coordination scientifique et la coordination technique en amont, mais aussi sur le terrain, a permis de synchroniser et de lisser la charge de travail.

Un enjeu majeur a été de fournir une assistance au projet Beyond Epica (BEOL), qui a occupé plus de

la moitié du temps technicien alloué à la science. Le raid EAIIST a demandé un appui important lors de leurs deux passages à Concordia mais les demandes de travaux avaient bien été anticipées. Enfin, le projet Subglacior a aussi occupé une place importante lors de la première partie de la saison.



LA LOGISTIQUE DANS LES ÎLES SUBANTARCTIQUES

La mise en place des hivernages et des campagnes d'été sur le plan scientifique et logistique est la mission principale de l'Institut polaire français dans les îles australes.

Pour des raisons météorologiques, ces missions sur le terrain se déploient entre les mois de novembre et mars.

Auteurs

Yann LE MEUR ,
Romuald BELLÉC

RAVITAILLEMENT DES REFUGES

L'Institut polaire français assure en particulier le ravitaillement et l'entretien des refuges, à savoir 50 sites potentiels, où séjournent les scientifiques et les volontaires de service civique tout au long de l'année. La dépose de matériels scientifiques, nourritures et équipements se fait principalement par hélicoptère et par chaland.

En 2019, les approvisionnements héliportés ont été réalisés pendant les rotations de novembre et décembre du Marion Dufresne. La récupération du matériel scientifique et outillage (logistique) s'effectue sur la rotation de Mars-Avril (OPI).

Durant la campagne d'été austral 2019-2020, l'équipe logistique de l'Institut polaire français a effectué des ravitaillements en vivres, en énergie et matériel scientifique sur les refuges et sites isolés suivants :

CROZET : La Pérouse, Baie américaine, Pointe basse **KERGUELEN** : Pointe Suzanne, Estacade, Ratmanoff, Pointe Morne, Val Studer, Baie Charrier, Cap Noir, Cap Cotter, Cataractes, Sourcils noirs, Phonolite, Bossière, Port Elisabeth, Gazelle, Port Couvreux. Mortadelle et les 6 sites isolés du projet PALAS (Nord de Kerguelen)

AMSTERDAM : Entrecasteaux et Del Cano



CHANTIERS SUR LES SITES ISOLÉS

CROZET

Au cours de la campagne 2019, une équipe logistique a été déployée pour réaliser un chantier de rénovation du refuge de Pointe Basse. L'objectif prioritaire du chantier était d'intervenir sur les parties vieillissantes de la structure afin d'assurer la sécurité des usagers et la pérennité de l'ouvrage notamment. La partie la plus importante a concerné le renforcement de la structure du radier, support des refuges, et des espaces de circulation. Sur l'arbec rouge, situé à côté du refuge, une réorganisation des espaces de stockage et de travail a permis d'optimiser le lieu.

Le refuge Baie Américaine a fait l'objet cette année d'un état des lieux en prévision d'un chantier de rénovation pour les années prochaines. Cependant, quelques aménagements ont été réalisés tel que la sécurisation temporaire de l'auvent et l'entretien courant, le tri et le nettoyage intégral du refuge.





Refuge d'Estacade.

KERGUELEN

L'intérieur du refuge de Estacade a été rénové pour permettre l'accueil d'une équipe de 4 scientifiques sur des périodes longues avec notamment la mise en place de l'autonomie énergétique par le solaire et l'aménagement de 4 couchages, d'un coin cuisine et d'un atelier pour les activités scientifiques.

Le refuge de Pointe Morne a été entièrement rénové avec la mise en place d'un bardage extérieur sur l'ensemble du refuge et l'installation d'une nouvelle toiture. Des systèmes de récupération d'eau de pluie et d'énergie autonome photovoltaïque ont aussi été installés.

Poursuite du chantier pluriannuel sur le refuge de Studer : Après avoir réalisé une dépollution lourde sur ce site qui date des années 1980 et les aménagements intérieurs, couchage et stockage, un travail important a été réalisé pour consolider les fondations et entretenir le refuge.

L'ancien atelier, local scientifique, du Refuge de Ile Verte a été démoli et dépollué. Un nouveau module a été héliporté sur l'île et aménagé dans la foulée par l'équipe logistique.

Atelier pour le refuge de l'île Verte



Refuge de Pointe Morne.



Réhabilitation du radier au refuge de Studer.

Le Refuge de Korrigan a été mis en hivernage car il n'y a pas de fréquentation programmée sur 2020.

Un revêtement étanche sur les deux fillods du refuge Mortadelle a été installé afin de pérenniser le refuge. La station météo a été contrôlée par les volontaires au service civique du département informatique de l'Institut polaire et les données envoyées pour un projet scientifique de l'IGE.

À proximité du glacier, le camp avancé du refuge Mortadelle a été démantelé puis évacué lors de l'OPI du Marion-Dufresne car il n'était plus utilisé.

De nouvelles implantations de sites isolés ont été réalisées pour permettre aux projets scientifiques de s'implémenter sur de nouveaux sites :

Pour le projet scientifique Palas (voir encart), quatre sites ont été installés avec du matériel et deux sites ont été organisés en camps de vie avec l'installation de cabanes en bois permettant de dormir et manger dans de bonnes conditions. Plusieurs autres sites étaient équipés de matériels de camping légers et transportables qui donnaient une plus large autonomie pour prospecter d'autres lieux à carotter dans la zone autour des lacs sans repasser systématiquement par l'un des camps de base.

Pour le projet Talisker, un camp avec 2 modules héliportables ont été positionnés sur la zone Nord de la Presqu'île de la société de Géographie, sur le site de Port Cenis.



Refuge de Port Cenis.

CHANTIERS SUR LES STATIONS

CROZET, ALFRED FAURE

Le soutien pour les projets scientifiques pendant

la campagne d'été reste l'activité principale des équipes de l'Institut polaire. Il y a également des chantiers spécifiques qui sont menés pour l'entretien des structures logistiques et scientifiques de la base.

Cette année, une équipe a été déployée sur la station de Crozet dans le but d'entamer la réorganisation du laboratoire Biomar afin de le rendre plus opérationnel et fonctionnel.

Le Shelter Science de l'Univers a été libéré grâce au transfert des serveurs au Biomar. Ce local est maintenant utilisé comme zone de stockage long terme pour le matériel logistique et scientifique.

KERGUELEN, PORT AUX FRANÇAIS

Pour l'installation d'une nouvelle toiture sur la plateforme logistique B17 de l'Institut polaire, le déménagement du matériel a permis un tri et une réorganisation totale de l'atelier.

Pour le projet Palas, en complément de la commande de grands modules, 2 petits modules de stockage ont été fabriqués au format caisse bois héliportable.

SUPPORTS ET MOYENS SPÉCIFIQUES DE SOUTIEN À L'ACTIVITÉ SCIENTIFIQUE



Depuis plusieurs années, l'Institut polaire déploie en co-affrètement avec les TAAF, un navire de 25 m, La Curieuse, qui permet la mise en œuvre de projets scientifiques mais également un déploiement des activités de prospection et l'entretien des sites isolés côtiers sur l'ensemble du district de Kerguelen.

Cette année, La Curieuse a permis de réaliser de nombreuses missions scientifiques autour de Kerguelen. Le navire était présent sur la première période de l'année du 1^{er} janvier jusqu'au 24 janvier puis du 26 novembre jusqu'au 31 décembre 2019.

Il a assuré la mission de support sécuritaire pour la mission Palas et permis le déploiement des missions terrestres autour de Kerguelen pour les projets Enviker, Bingo, Talisker, Cycleleph, Salmevol, Subanteco ainsi que le suivi du milieu marin avec le projet Proteker qui pratique des plongées sous-marine autour de Kerguelen et dans le Golfe du Morbihan.

Dans le cadre de la maintenance décennale du Projet Superdarn, projet d'observation labellisé, une nacelle de 18 m a été installée en 2019 et a permis aux équipes scientifiques de mener à bien le plan de jouvence et de garantir la continuité opérationnelle de cet outil.

Site de Guynemer.

MISSION PALAS 2

Durant cette campagne 2019, l'équipe logistique a mis en œuvre le projet *Paleoclimate from Lake sediments on Kerguelen archipelago 2* (Palas 2) dans la partie nord de l'Archipel de Kerguelen. L'objectif était de collecter des échantillons de sédiments lacustres afin de reconstituer à haute résolution les fluctuations climatiques passées. Son déploiement autour des lacs de glaciers sur la zone nord de Kerguelen a nécessité un gros investissement logistique, à un niveau jamais atteint depuis ces deux dernières décennies !

- La mise en place d'une mission autonome pour une équipe de 8 scientifiques composée de 4 français et de 4 norvégiens sur une durée d'un mois. Afin de garantir la sécurité de la mission, de nouvelles procédures communication ont été utilisés avec des GPS permettant l'envoi de messages même en cas de non couverture par le réseau.

- L'installation de matériels et de refuges sur 6 sites isolés à proximité des lacs sélectionnés pour effectuer les opérations de carottages lacustres. Ces refuges ont été construits, aménagés puis implantés sur site temporairement le temps de la mission.

L'ensemble du matériel logistique (refuges, vivres, énergie, etc.) et scientifique (barge de carottage, sonar, etc.) représentait un total de 17 tonnes : 31 charges héliportables. Ce qui a nécessité le déploiement exceptionnel d'un hélicoptère écureuil de type B3 pour la récupération ;



La principale difficulté de cette opération reposait notamment sur la très courte fenêtre opérationnelle disponible pour réaliser l'installation à OP3, puis la récupération à OP4 des hommes, des échantillons et du matériel sur une vaste zone géographique : Environ 3 jours d'hélicoptère ont été nécessaires, 1,5 jours à la dépose + 1,5 jours à la récupération pour environ 10h/jour d'hélicoptère. Cette durée est équivalente ou supérieur au déploiement d'une opération à Crozet ou Amsterdam toutes opérations confondues (TAAF, Institut polaire français, Réserve naturelle) lors des rotations de ravitaillement du Marion Dufresne. Une grosse préparation a été nécessaire en amont entre l'équipe scientifique et logistique pour mener à bien ce projet.

EN MOINS D'UN MOIS DE CAMPAGNE, LES 6 LACS SÉLECTIONNÉS ONT PU ÊTRE ÉCHANTILLONNÉS. CELA REPRÉSENTE 14 POINTS DE PRÉLÈVEMENTS POUR UN TOTAL DE PLUS DE 120 MÈTRES DE CAROTTES SÉDIMENTAIRES.



La science





MISSION

PALAS 2 20

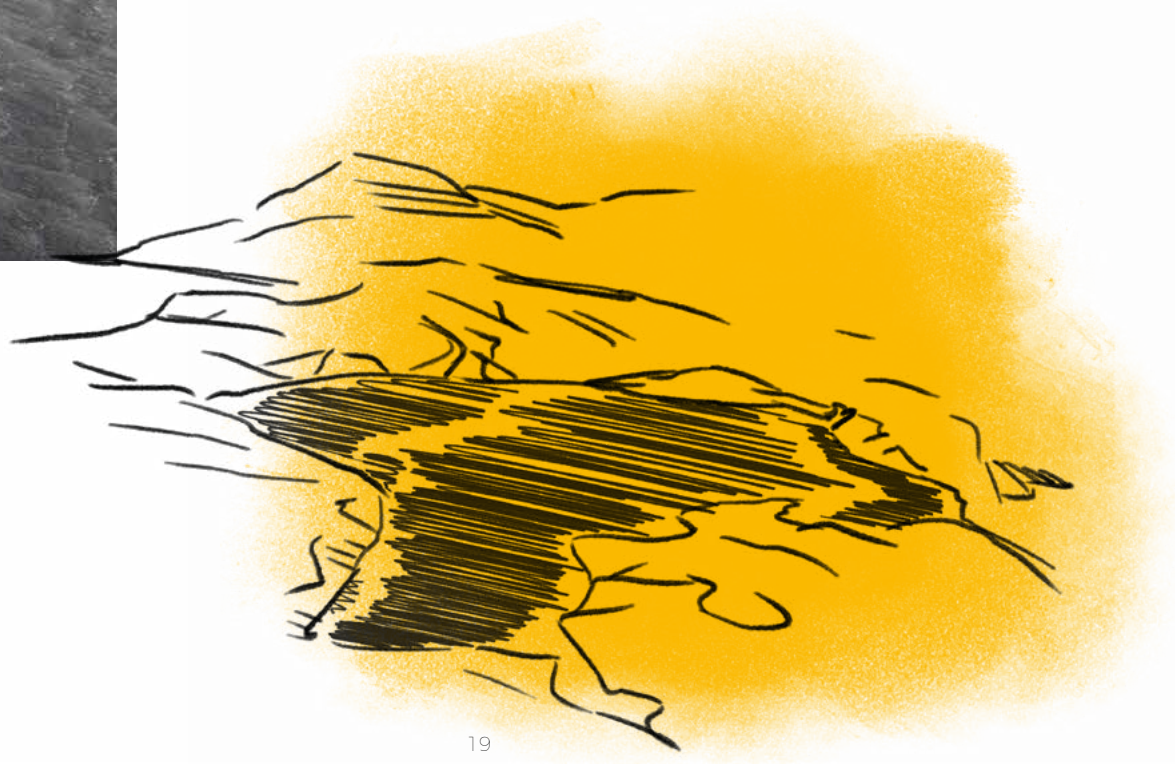
PALÉOCLIMAT À PARTIR DES SÉDIMENTS LACUSTRES
DE L'ARCHIPEL DE KERGUELEN

EAIIST 34

EAST ANTARCTIC INTERNATIONAL ICE SHEET TRAVERSE

MICROLIFE 46

LA VIE MICROSCOPIQUE DANS LA NEIGE AU SVALBARD



Mission PALAS 2019

PALÉOCLIMAT À PARTIR DES SÉDIMENTS LACUSTRES
DE L'ARCHIPEL DE KERQUELEN

Auteurs

Charline GIGUET-COVEX, Philip DELINE, Ludovic RAVANEL,
Pierre SABATIER et Fabien ARNAUD

Laboratoire EDYTEM Univ. Grenoble Alpes,
Univ. Savoie Mont Blanc, CNRS,
EDYTEM, 73000 Chambéry, France

RÉSUMÉ

L'archipel de Kerguelen se situe dans la zone latitudinale de fluctuations des vents d'ouest qui jouent un rôle majeur dans le fonctionnement du système climatique global. Presque aussi étendue que la Corse, il présente

une multitude de lacs d'origine glaciaire. Les sédiments déposés au fond de ces lacs sont de précieuses archives du climat et des environnements passés. Lors de la mission PALAS 2019, les sédiments de six de ces lacs, situés entre la calotte glaciaire Cook et la Presqu'île de la Société de Géographie, ont été carottés. Avec des carottes longues de 5 à 10 m, nous espérons couvrir plusieurs milliers d'années d'histoire de ces environnements. Les marqueurs glaciaires autour des lacs ont aussi été cartographiés et échantillonnés. Dans le cadre du projet « Southsphere », piloté par Jostein Bakke de l'Université de Bergen (Norvège), des analyses sédimentologiques et géochimiques « classiques » seront réalisées sur les carottes. Il est également prévu d'appliquer des méthodes en plein essor, comme la tomographie 3D, l'analyse de l'ADN sédimentaire lacustre ou encore celle des composés lipidiques spécifiques aux membranes bactériennes, dépendants de la température. La mesure de la concentration en isotopes cosmogéniques des échantillons prélevés sur les moraines, les blocs erratiques et les roches moutonnées permettra de dater les extensions glaciaires. L'ensemble de ces résultats inédits permettra in fine de reconstituer les fluctuations des glaciers pendant l'Holocène et les changements climatiques qui les ont contrôlés, encore mal connus dans cette région très reculée.

farines glaciaires

Les farines glaciaires sont constituées de particules fines (argileuses) formées par l'action abrasive des glaciers sur la roche.

cosmogéniques

Des isotopes cosmogéniques se forment lors de l'interaction entre le rayonnement cosmique de haute énergie et le noyau d'un atome. Ils sont produits dans l'atmosphère ainsi que, pour certains, dans les roches et les sols exposés à ce rayonnement.

INTRODUCTION

L'archipel des Kerguelen se situe à 49°S, c'est-à-dire dans la zone du front polaire antarctique qui sépare les eaux froides polaires, des eaux tempérées des régions sub-antarctiques. Aujourd'hui, cette zone, aussi dite de « convergence antarctique », oscille entre 48° et 61° de latitude selon la saison. Elle est marquée par de très forts vents d'ouest ; Cette zone des vents d'ouest est équivalente à celle que l'on rencontre aux mêmes latitudes dans l'hémisphère nord, mais les vents sont ici plus violents du fait de l'absence de continent dans cette bande de latitude. Dans l'hémisphère sud, ils sont particulièrement violents en raison de l'absence de continents pour les freiner (Figure 1). Ce sont les fameux '40° rugissants' et '50° hurlants' des navigateurs ; pour les climatologues, ils sont un objet d'étude privilégié en raison du rôle essentiel qu'ils jouent dans la régulation du climat de la Terre. En effet, ils isolent l'Antarctique de la chaleur des basses latitudes, stimulent la circulation océanique mondiale via le courant circumpolaire antarctique et régulent l'absorption du CO² dans l'océan Austral. Cette position dans la zone de convergence antarctique fait de Kerguelen un site clé pour la compréhension du système climatique global et de son évolution.

Malgré l'importance de cette bande de latitudes dans le fonctionnement du climat à l'échelle globale, nos connaissances des changements climatiques passés y sont très limitées. Ce contexte s'explique par la forte proportion d'océan par rapport aux continents, rendant difficile l'acquisition d'archives climatiques. Quelques enregistrements ont été obtenus grâce aux moyens de carottages marins, ainsi que sur des archives continentales, principalement en Patagonie puis en Tasmanie, Nouvelle-Zélande et Géorgie du Sud¹. Dans les Terres Australes et Antarctiques Françaises (TAAF), les premières études sur des archives continentales sont très récentes. À Amsterdam par exemple, l'analyse des flux et de l'origine des poussières piégées dans de la tourbe a permis de proposer une reconstitution de la dynamique passée des vents d'ouest au cours des derniers 6600 ans. Elle met notamment en évidence une alternance entre des phases de renforcements et/ou déplacement des vents vers l'équateur et des phases d'affaiblissement et/ou déplacement plutôt vers le pôle².



À Kerguelen, une étude de géomorphologie glaciaire a permis de retracer les grandes fluctuations des glaciers au cours des derniers 24 000 ans³. Par ailleurs, à partir d'une approche de modélisation (intégrant des données instrumentales de la station de Port au Français), cette même équipe a montré que le déplacement vers le pôle du front polaire, en entraînant une baisse des précipitations à Kerguelen, expliquait en grande partie le recul spectaculaire de la calotte Cook depuis les années 1960⁴. Il existe donc une relation entre les fluctuations du front polaire et donc des vents d'ouest, et celles des glaciers de Kerguelen, via les précipitations.

La mission PALAS 2019 a été imaginée pour compléter ces connaissances encore lacunaires des fluctuations glaciaires et climatiques passées dans cette région du globe. Pour cela, l'objectif était de recueillir un maximum d'archives sédimentaires lacustres en connexion avec la calotte Cook (Figure 2), afin d'étudier de manière indirecte (i.e., via les processus glaciaires), la dynamique des vents d'Ouest. En effet, les lacs alimentés par des glaciers présentent un fort potentiel d'enregistrement du signal glaciaire au cours du temps, puisqu'une grande partie de leur sédimentation vient de la production de farines glaciaires⁵. Afin de valider ces reconstitutions et de mieux les contraindre dans l'espace, les moraines et autres formes glaciaires autour des lacs ont été cartographiées et échantillonnées lors de la mission de manière à réaliser des datations par isotopes cosmogéniques.

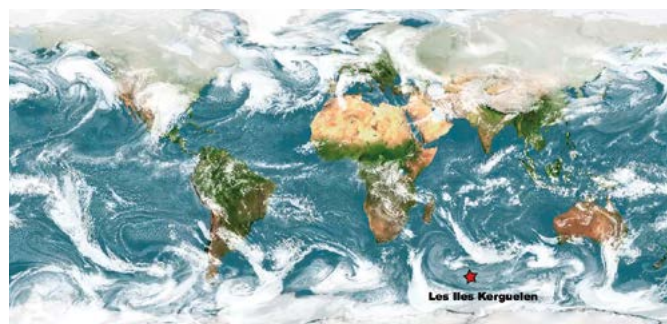


Figure 1. **Illustration de la circulation atmosphérique** (source : Nasa) ; l'évolution de la circulation au cours du temps peut être visionnée ici : <https://svs.gsfc.nasa.gov/3723>

¹ Dätwyler et al., 2018; Fletcher et Moreno, 2011; Kilian et Lamy, 2012; Oppedal et al., 2018; Saunders et al., 2012; Shulmeister et al., 2004

² Li et al., 2020

³ Jomelli et al., 2017

⁴ Favier et al., 2016

⁵ Nesje et al., 1991

De plus, pour déterminer le rôle des températures et des précipitations dans les fluctuations de la calotte Cook, une approche multi-indicateurs est prévue sur les carottes dans le cadre du projet « Southsphere », piloté par Jostein Bakke de l'Université de Bergen (Norvège). Les indicateurs ciblés sont les isotopes de l'hydrogène pour retracer les précipitations et des biomarqueurs lipidiques pour les températures. Les analyses sédimentologiques et géochimiques seront quant à elles utilisées pour retracer les fluctuations des glaciers. Des analyses de restes de végétaux terrestres, de pollens et d'ADN de plantes seront également effectuées pour étudier les fluctuations du couvert végétal, en termes d'étendue et de composition, en lien avec les changements climatiques. Si des pollens exotiques sont retrouvés, ils pourront être utilisés comme indicateurs de changements dans la position des vents d'ouest. Enfin, sur le lac Cartographie (Figure 2), autour duquel un nombre important de lapins a pu être observé lors de la mission, des analyses d'ADN de mammifères et de plantes sont prévues afin de retracer la dynamique des espèces invasives et leur impact sur l'environnement, dans cette zone très éloignée de leur point d'introduction.

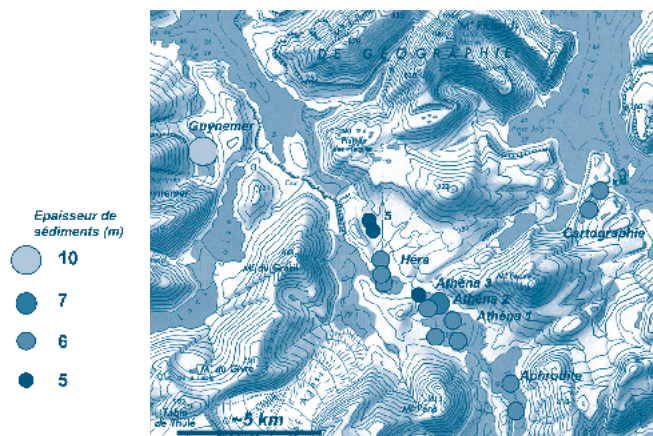


Figure 2. Répartition des sites de carottages et longueurs des carottes prélevées lors de la mission PALAS 2019.

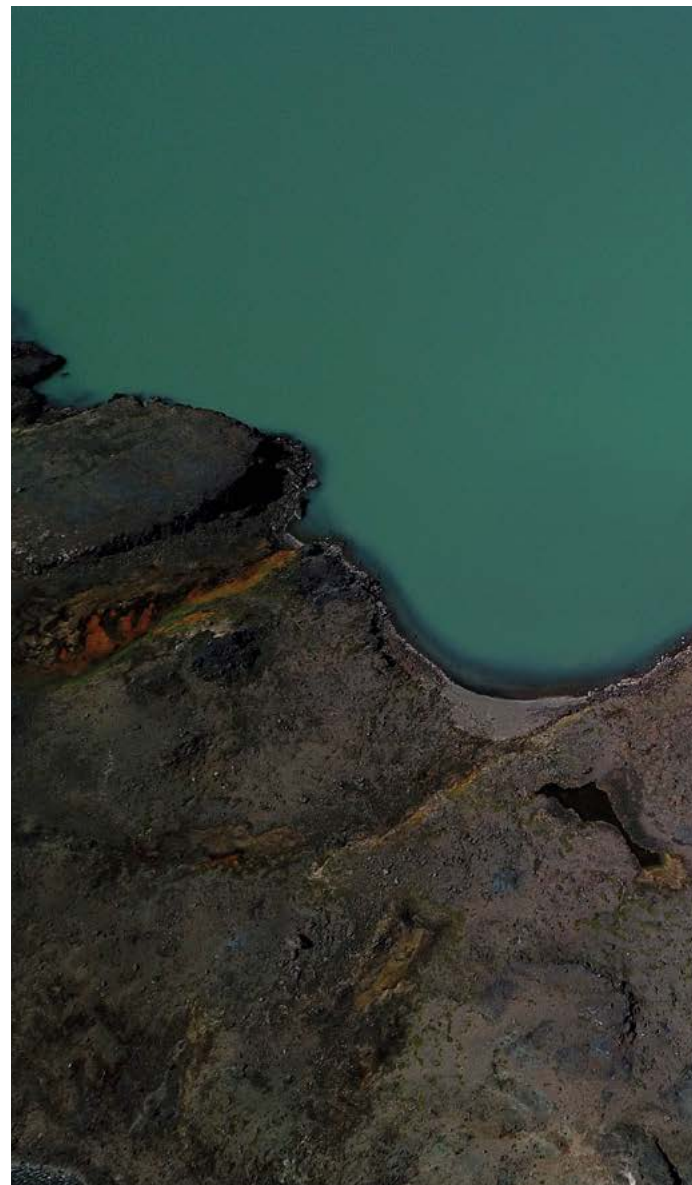


Figure 3. Illustration des techniques appliquées pour le carottage.

A) Photos de la plateforme de carottage utilisée à Guynemer et d'une des carottes prélevées au carottier Nesje. Le schéma de carottier illustre le système de carottier à piston développé par Niederrieter et utilisé à Guynemer ainsi qu'à Athéna pour réaliser les carottes > à 6m de long (par section de 2 ou 3 m).

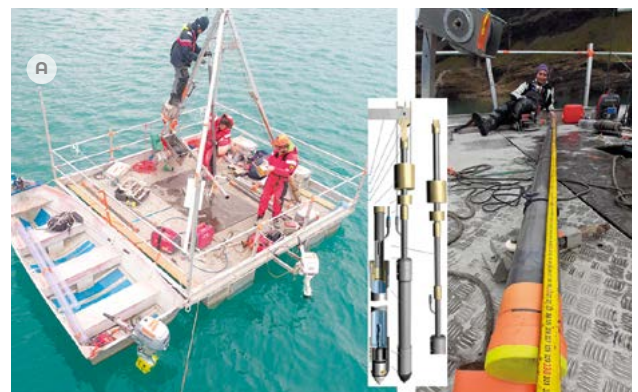
B) Schéma de carottage fourni par l'application « corebook ». Cette application utilisée sur le terrain permet de rentrer les coordonnées du carottage et de représenter la position de chacune des sections en temps réel. Ceci permet d'évaluer les pertes de sédiments et ainsi d'aider le carottier à obtenir toute la séquence de remplissage sédimentaire (i.e. un taux de recouvrement entre les sections de 100%).

<https://svs.gsfc.nasa.gov/3723>

biomarqueurs lipidiques

Les biomarqueurs lipidiques sont des molécules organiques spécifiques qui permettent notamment de tracer l'origine de la matière organique.

© Nesje et al., 1991

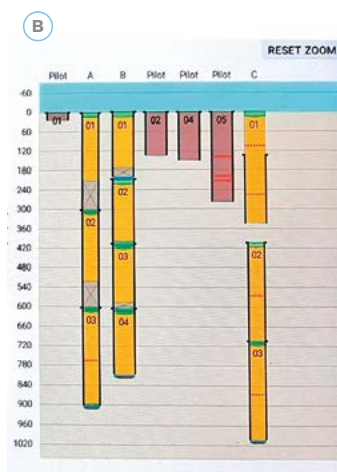


1. MÉTHODES

1.1. ÉVALUATION DE LA BATHYMÉTRIE DES LACS, REMPLISSAGES SÉDIMENTAIRES ET CAROTTAGES

Afin de déterminer la ou les zones de prélèvements des carottes sédimentaires, il est nécessaire de connaître la bathymétrie des lacs. En complément de la morphologie du bassin lacustre, il peut être intéressant de déterminer l'épaisseur du remplissage sédimentaire et d'étudier l'agencement des dépôts. Pour cela, les sédimentologues utilisent un équipement de sismique réflexion qui, grâce aux vitesses de propagation différentes des ondes en fonction des matériaux rencontrés, permet de révéler les couches de sédiments. Les zones les plus profondes, planes et éloignées des deltas sont souvent privilégiées par les paléo-environnementalistes/climatologues. En effet, ce sont les zones les moins affectées par des dépôts de glissements sous-lacustres provenant des pentes du bassin. Ces dépôts instantanés peuvent présenter de fortes épaisseurs et avoir érodé une partie des dépôts antérieurs. Par ailleurs, ces zones présentent des accumulations de sédiments plus faibles, ce qui permet de maximiser la profondeur temporelle couverte par l'archive.

		NEW RUN	NEW PILOT	
GUY : Recovery core I, Hole C (last core : GUY19-I-C-03)				
Name	>01	Pil-05	Pil-04	B-1
Coordinates	1:18	Acq 12:43	Acq 17:57	Acq 14:11
Tool config.	N..	1..	1..	2
Suggested Shift	26,0	N/A	N/A	200
Shift (cm)	12,0	N/A	N/A	200
Water (cm)	0,0	N/A	N/A	N
Lost Bottom	0,0	N/A	N/A	0
Material (cm)	29,0	277,5	150,0	185
Cap to cap	30,0	282,0	154,0	191
Top Material	14,0	N/A	N/A	620
Bottom Mat.	13,0	N/A	N/A	805
Bottom Liner	13,0	N/A	N/A	805
Bottom Run	13,0	N/A	N/A	817
Piston (cm)	14,0	N/A	N/A	620
Core-Catcher Samp.	☐	☐	☐	☐



Lors de la mission PALAS 2019, trois techniques de carottages différentes ont été mises en œuvre. Sur chacun des lacs, des carottages « courts » gravitaires (carottier UWITEC), associant pour la plupart du martelage afin d'augmenter l'épaisseur de sédiments récoltée, ont été effectués. Cette technique de carottage permet de prélever les sédiments sans perturber l'interface et fournit donc des enregistrements indispensables pour bien documenter la sédimentation récente. Sur le lac Guynemer, l'objectif était de prélever la séquence la plus longue possible. Pour cela, nous avons utilisé une plateforme et un carottier à piston stationnaire UWITEC développé par Richard Niederrieter (uwitec.at). Ce type de carottier (Figure 3A) permet de prélever les sédiments par tronçons de 2 (90 mm de Ø) ou 3 m de long (63 mm de Ø). Le principe consiste à descendre le carottier depuis la plateforme à la profondeur désirée puis à bloquer le piston pour pouvoir débiter le carottage en percutant à l'aide de marteaux. Une fois le tube de 2 ou 3 m rempli de sédiments, le carottier est remonté à la surface à l'aide de treuils puis la carotte récupérée. Ensuite, le carottier est renvoyé 2 ou 3 m plus bas afin de prélever la section suivante et ainsi de suite. Un système de « core catcher » hydraulique ou une « peau d'orange » est installé à la base du carottier afin d'éviter la perte de sédiments lors de la remontée de la carotte. Même si ces systèmes fonctionnent correctement, du sédiment correspondant à la place prise par le piston stationnaire, est perdu entre chaque section. Afin de combler cette perte et obtenir 100 % de la séquence sédimentaire, un second carottage (Trou B, Figure 3B) débutant à une profondeur décalée est réalisé juste à côté du premier (Trou A). Le schéma de carottage est construit en temps réel sur le terrain grâce à l'application « Corebook » développée au Laboratoire EDYTEM (Figure 3B). Le troisième système de carottage utilisé est celui développé par Atle Nesje⁶. C'est un système également à piston stationnaire qui permet de prélever en martelage jusqu'à 6 m de sédiment en une fois. Il a été déployé sur l'ensemble des lacs.

⁶ Nesje, 1992



1.2. CARTOGRAPHIE GÉOMORPHOLOGIQUE ET PRÉLÈVEMENTS POUR DATATION

CARTOGRAPHIE

La reconnaissance des extensions passées des glaciers combine l'observation et la cartographie des formes et des formations d'origine glaciaire. L'observation est conduite à plusieurs échelles spatiales et temporelles. Avant la mission terrain, elle a été permise par l'utilisation d'images satellite. Celles disponibles sur Google Earth présentent une résolution satisfaisante depuis 2017, mais la partie la plus à l'Est de notre secteur d'étude (Pic Guynemer) est complètement enneigée car couverte par une image d'août 2006. Cette ressource a permis de reconnaître quelques moraines d'autant plus apparentes que récentes, en particulier dans le secteur de Guynemer. Du fait des conditions de nébulosité et d'enneigement qui caractérisent la région, nous n'avons acquis une couverture tri-stéréo Pléiades que le 16 janvier 2019, près d'un an après leur commande auprès d'Airbus DS dans le cadre du programme ISIS. Le report d'une année de la mission PALAS à l'OP3 de 2019 a donc été, de ce point de vue, bienvenu : le MNT et l'ortho-photographie élaborés à partir de ces images satellite ont en effet favorisé nos observations préalables à la mission. De nombreuses moraines ont pu être reconnues, ainsi que des secteurs à roches moutonnées avec leurs blocs erratiques abondants, jusqu'à de potentiels chenaux d'écoulement des eaux

glaciaires, une reconnaissance qui a guidé l'organisation de la mission terrain. Outre qu'elle a permis de reconnaître, en l'absence du moindre sentier et avec de nombreux cours d'eau infranchissables à pied, des cheminement possibles sur le terrain, cette ressource géomatique a constitué la base du Système d'information géographique (SIG) dans lequel ont été reportées quotidiennement les observations de terrain sous la forme de la carte géomorphologique (cf. : Encadré 1) - laquelle a également bénéficié des images à très haute-résolution acquises par drone dans plusieurs secteurs.

La cartographie géomorphologique vise la reconstitution spatiale des extensions glaciaires holocènes voire tardiglaciaires⁷. Les moraines frontales et latérales témoignent de la géométrie 2D du glacier (et de ses variations temporelles), à partir de laquelle le volume de ce glacier peut être modélisé et des paramètres glaciologiques déduits - l'altitude de la ligne d'équilibre glaciaire et son évolution sont ainsi des indicateurs paléo-climatiques. Un secteur de roches moutonnées indique une extension minimale du glacier en longueur et en altitude ; un bloc erratique, une position du glacier pendant une phase de retrait.

MNT



Le MNT (Modèle Numérique de Terrain) est une représentation de la topographie. Les ortho-photographies sont des images de la surface terrestre (satellites ou aériennes) dont la géométrie a été rectifiée afin de pouvoir se superposer à une cartographie plane.

⁷ Jomelli et al., 2017

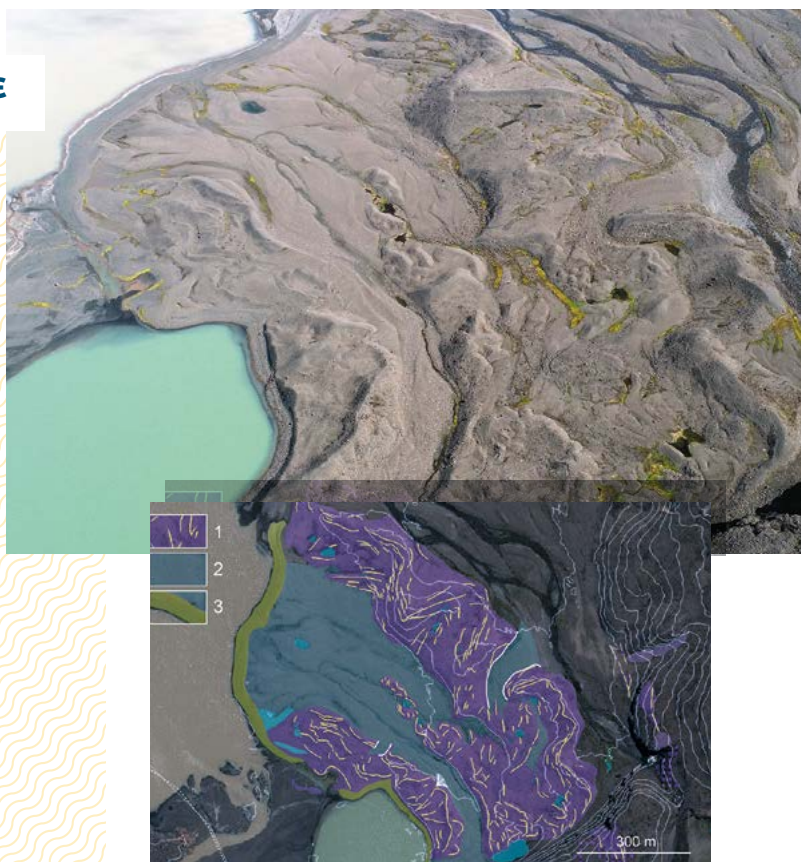
encadré 1.

CARTOGRAPHIE GÉOMORPHOLOGIQUE

Le principe de cette cartographie est de représenter l'ensemble des formes (e.g., moraine, talus d'éboulis, etc.) et formations (e.g., till, remplissage glacio-lacustre...) d'un secteur d'étude, en les associant aux processus qui les ont engendrées (e.g., processus glaciaires, périglaciaires, etc.) tout en intégrant la chronologie (au moins relative) de leur mise en place.

L'objet de notre étude explique que les marqueurs géomorphologiques de la dynamique glaciaire ont été privilégiés - seules quelques formes/formations non-glaciaires ont été cartographiées quand elles participent de la reconnaissance/identification des formes glaciaires (e.g., ravinement et dépôt associé qui affectent une moraine, ou dépôt d'écroulement rocheux qui la jouxte).

Cette figure présente une partie du complexe morainique du glacier Agassiz. On distingue sur la photo prise par drone (haut ; autorisation 2019-158) trois ensembles principaux de moraines. Par le croisement des images satellite (bas) et drone et des observations et photos de terrain, ils ont fait l'objet d'une cartographie détaillée dont témoigne la multiplicité des crêtes (N.B. : les moraines n'ont pas été hiérarchisées ici en fonction de leurs dimensions). L'emprise et la distribution des larges chenaux d'écoulement témoignent de la vigueur des remaniements qui ont affecté à au moins deux reprises ce complexe morainique. Le fetch induit par la taille des lacs, parcourus par des vents fréquents et intenses, et les variations saisonnières de leur niveau expliquent le développement des plages sur leurs rives.



1: moraine et crête morainique ; 2: chenaux d'écoulement ; 3 : plage lacustre (N.B. : d'autres formes représentées ne sont pas explicitées ici). La ligne en pointillé blanc représente la position du front du glacier en 1963. Equidistance de isohypses : 50 m. Orthophoto : Pléiades, 16/01/2019



dendrochronologie

La dendrochronologie est une méthode de datation qui repose sur le comptage et l'analyse de la morphologie des cernes de croissance des arbres.

fetch

Le fetch est le temps et la distance parcourue par un même vent sur un plan d'eau sans obstacles. Au bout de cette zone « d'élan » l'eau va se lever pour former une vague : plus le fetch sera important, plus la vague sera haute.

⁸ e.g., Le Roy et al., 2015

⁹ e.g., Le Roy et al., 2017

PRÉLÈVEMENTS D'ÉCHANTILLONS POUR DATATION COSMOGÉNIQUE

À cette dimension spatiale des paléo-englacements que donne à voir la carte doit être associé un calage chronologique non seulement relatif mais aussi absolu. Dans la plupart des massifs de montagne, la présence de bois dans les moraines a permis d'établir des chronologies des fluctuations glaciaires par dendrochronologie et datation radiocarbone^a. Faute d'arbres à Kerguelen, c'est la datation par isotopes cosmogéniques (cf. : encadré 2) produits in situ qui a été mise en œuvre⁹ ; (cf. : Encadré 2). Pour cela, des échantillons ont été prélevés sur les complexes morainiques, dans des secteurs de roches moutonnées et sur des blocs erratiques. Ces datations permettront de retracer la dynamique passée des différents glaciers (Guynemer, Agassiz et Chamonix).

Au total, deux dépôts d'origine glaciaires, 10 surfaces de roches moutonnées, 23 blocs erratiques et 75 blocs sur moraines ont été échantillonnés à la disqueuse et au marteau-burin (Figure 4). Ces 110 échantillons de 1 à 2 kg ont été prélevés sur des basaltes (100), dont la calcite permet la production de ^{36}Cl , et sur des filons et géodes de quartz (10) pour y mesurer la concentration en ^{10}Be .

encadré 2.

DATATION PAR ISOTOPES COSMOGÉNIQUES PRODUITS IN SITU

L'interaction du rayonnement cosmique primaire avec les constituants de l'atmosphère crée des nucléides cosmogéniques qui s'adsorbent ensuite à la surface des minéraux dans les roches, en y induisant des réactions nucléaires. Des nucléides cosmogéniques (^{14}C , ^{26}Al , ^{36}Cl , ^{10}Be) commencent alors à y être produits, in situ. La mesure de leur concentration donne une durée de l'exposition de la surface rocheuse, compte tenu du taux de production du nucléide (qui dépend du temps, de l'altitude...), de la topographie locale (masque) et du taux d'érosion éventuel de cette surface. La datation par exposition en surface avec les nucléides cosmogéniques nécessite de prélever un échantillon sur une épaisseur maximale de 3-5 cm, en privilégiant le centre de blocs plats de grande dimension, sur la crête pour une moraine, et les plus stables possible, en relevant leurs dimensions, leur altitude et le masque topographique (Figure 4). L'échantillon fait ensuite l'objet d'une préparation mécanique puis géochimique en laboratoire, longue pour le ^{10}Be : broyage et tamisage, purification, séparation et dissolution avec l'acide fluorhydrique (HF), puis substitution de l'HF, et enfin extraction de l'oxyde de béryllium (BeO) - une préparation beaucoup plus rapide pour le ^{36}Cl . La mesure du rapport isotopique peut alors être réalisée par Spectrométrie de masse par accélérateur (AMS), en France sur l'instrument national ASTER (LN2C, CEREGE). Ce rapport est ensuite converti en concentration, à partir de laquelle est calculé avec un ordinateur en ligne un âge d'exposition, associé à une incertitude (analytique et sur le taux de production) généralement < 5% sauf pour les surfaces très jeunes (derniers siècles).



Figure 4. **Prélèvements d'échantillons** de basalte pour datation de l'exposition de surface par ^{36}Cl . a : prélèvement sur un bloc erratique du replat supérieur ouest du bassin de Guynemer (325 m d'alt.) ; b : échantillon Ker 1991 prélevé sur un bloc de la moraine latéro-frontale Ma-1 (la plus externe) du complexe Agassiz (70 m) ; c : prélèvement et mesure de l'écrantage sur un bloc de la moraine frontale Ma-3 du complexe Agassiz (75 m) ; d : prélèvement sur une roche moutonnée du Mont Fauve (515 m).

2. RÉSULTATS

2.1. BATHYMÉTRIE ET REMPLISSAGE SÉDIMENTAIRE

La bathymétrie du Lac Guynemer est relativement simple avec un bassin unique et très profond (90 m). Par contre, celles du lac Héra et des autres lacs Mythos sont beaucoup plus complexes avec plusieurs bassins et parfois des structures « mamelonnées » que l'on peut voir sur les profils sismiques (Figure 5A). Cette complexité est probablement liée à des apports de sédiments provenant des différents glaciers (Agassiz, Chamonix et Pointu) connectés aux lacs par le passé et à des glissements subaquatiques. Dans ce contexte sédimentaire, on comprend la nécessité de l'équipement de sismique pour définir les zones de carottage les plus appropriées, c'est-à-dire présentant une sédimentation non-perturbée (conservation de l'ordre chronologique des dépôts et sans hiatus), et ainsi pouvoir traiter notre question scientifique.

2.2. BILAN DES PRÉLÈVEMENTS, PREMIERS RÉSULTATS ET PERSPECTIVES

À Guynemer, 10 m de sédiments par sections de 3 m de long et sur 3 trous (A, B et C) ont été prélevés (Figure 3B). De plus, trois autres carottes de 1,40 à 2,90 m de long ont été réalisées à l'aide du système de carottier Nesje. Les carottes seront étudiées à Bergen et Chambéry à partir de juin 2020. Cependant, des observations ont déjà pu être réalisées. En effet, sur les ancrs utilisées pour stabiliser la plateforme de carottage, une quinzaine de centimètres de sédimentation bien préservée et laminée a été remontée lors des manœuvres de désancrage (Figure 6). Ces sédiments montrent de manière claire un changement de couleur marquant une modification récente du type de sédimentation. Dans l'ancre située au sud, au pied du delta constitué par les apports glaciaires du Pic Guynemer (1088 m), a été observé un dépôt glissé et enroulé sur lui-même, typique des glissements de sédiments sous-lacustres. À l'autre bout du lac, dans les sédiments remontés avec l'ancre, un dépôt atypique a aussi été observé, riche en débris végétaux, alors que la profondeur d'eau (80 m) interdit le développement in situ de plantes aquatiques. De futures études permettront de déterminer si ces dépôts sont synchrones

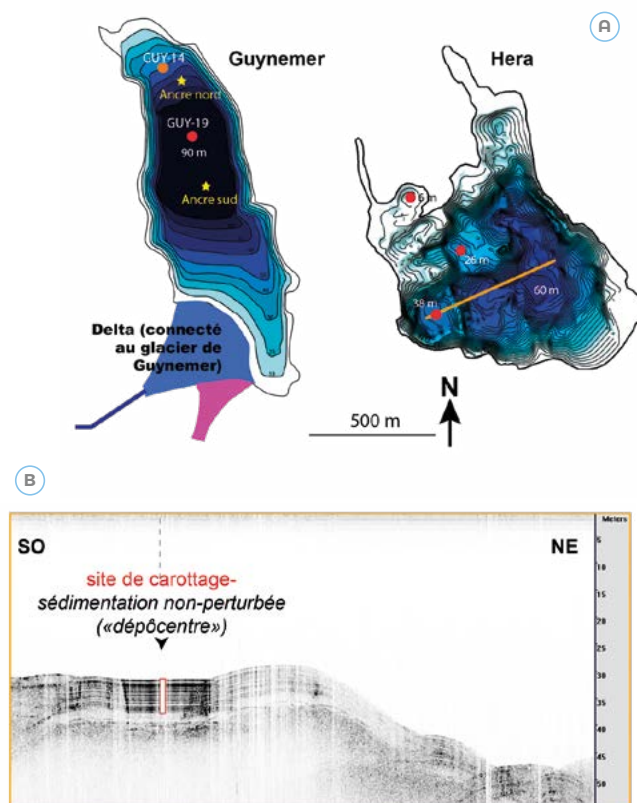
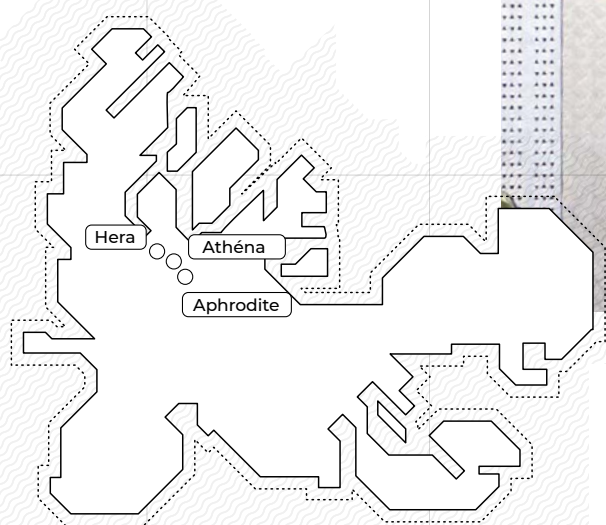
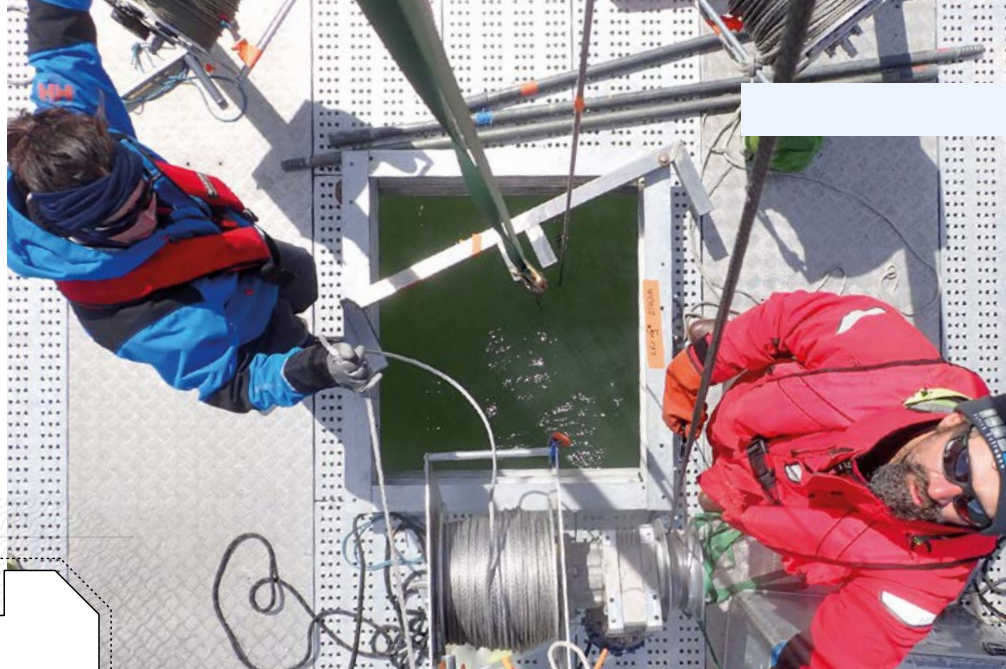


Figure 5. **Bathymétrie et sismique.**
A) Cartes bathymétriques des lacs de Guynemer et Héra illustrant différentes topographies subaquatiques rencontrées sur les lacs situés au nord de la calotte Cook. Les zones de carottage de 2014 et 2019 sont représentées par les points orange et rouge, respectivement. Les positions des ancrs nord et sud, installées pour stabiliser la plateforme lors du carottage, sont représentées par des étoiles jaunes.
B) Profil sismique correspondant au transect SO-NE en orange sur la carte bathymétrique d'Héra. Il met notamment en évidence un petit bassin perché à la sédimentation non-perturbée (contrairement à la zone plus profonde) et dans lequel une carotte de 6 m a été prélevée au carottier Nesje (Nesje, 1992). Sur la partie Nord-Est du transect, des structures « mamelonnées » apparaissent.

et d'en interpréter l'origine. L'une des hypothèses serait qu'un séisme ait déclenché une déstabilisation de la partie aquatique du delta, engendrant un tsunami à l'autre extrémité du lac. Une telle mise en évidence d'une activité sismique récente serait une découverte importante, Kerguelen n'étant pas connue pour être une zone très active sismiquement. Elle viendrait compléter une étude récente menée par notre équipe, qui a mis en évidence dans les sédiments du lac d'Armor les dépôts associés à 8 éruptions volcaniques importantes ayant eu lieu sur la péninsule Rallier du Baty, au cours des 11000 dernières années¹⁰.

¹⁰ <https://eartharxiv.org/5jnu6/>



Sur les lacs dits « Mythos » (i.e., Héra, Athéna 5 et Aphrodite) et un des lacs « Cartographie » (Figure 2), des carottes de 5 à 6 m de long ont été prélevées à l'aide du système Nesje. À Athéna 2, une carotte de 7 m de long a également été prélevée avec le système Nesje jusqu'à 6 m puis avec le système « Niederrieter » jusqu'à 7 m.

Sur les 6 lacs, un total de 14 sites a été carotté, représentant un cumul de 127 m de carottes (Figure 2). Parmi les analyses prévues pour retracer les changements climatiques passés, des analyses d'ADN sédimentaire lacustre seront réalisées. Elles permettront également de traiter des questions de paléocéologies telles que les interactions entre une espèce invasive, le lapin, et l'environnement (cf. : Encadré 3).

Comme pour toutes les archives, l'étape indispensable à l'obtention de reconstitutions paléoclimatiques et paléocéologiques est la datation. Pour les sédiments lacustres couvrant plusieurs milliers d'années, elle s'appuie en grande partie sur les analyses radiocarbone (14C) de macro-restes de végétaux. Cependant, en milieu glaciaire, il peut être difficile de trouver des restes végétaux dans les carottes. La chronologie des éruptions volcaniques, récemment établie par notre équipe sur les sédiments du Lac d'Armor¹¹, pourra être utilisée pour apporter des éléments de datation supplémentaires.

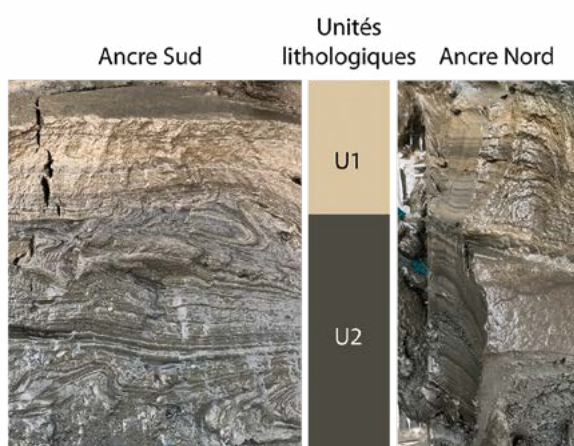
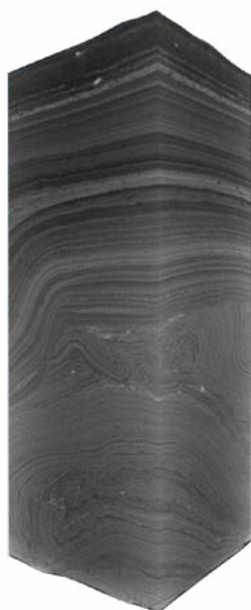


Figure 6. Illustration de la sédimentation du lac de Guynemer.

La partie de gauche de la figure présente une image tomographique (CT-scan) en 3 dimensions de la carotte de sédiments prélevée dans l'ancre située au sud du lac. Elle fait ressortir les sédiments argileux plus denses (en noir), les silts et sables moins denses (en blanc) et met en évidence les déformations en 3 dimensions causés par un glissement subaquatique. La partie de droite montre des photos prises sur le terrain des sédiments remontés des ancrs sud et nord et leur découpage en unité lithologiques.

¹¹ Arnaud et al., 2020



encadré 3.

HISTOIRE DE L'INVASION DES LAPINS À KERGUELEN ET IMPACT ÉCOLOGIQUE

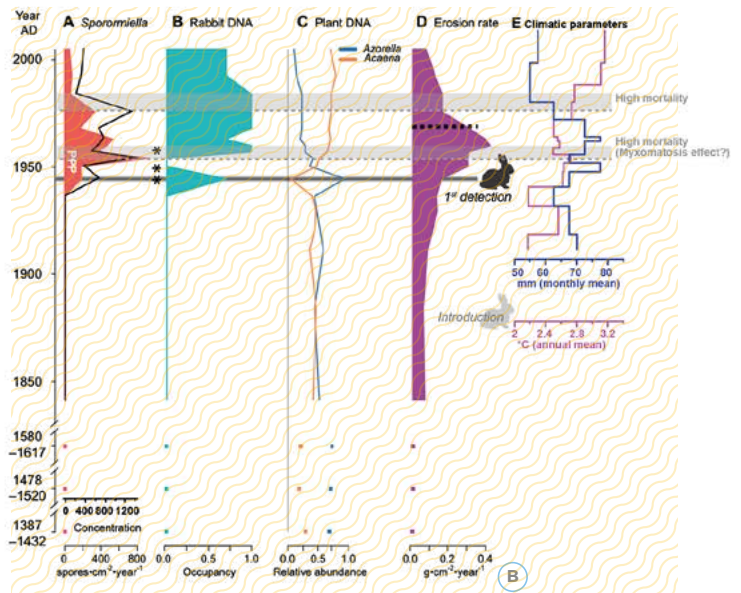
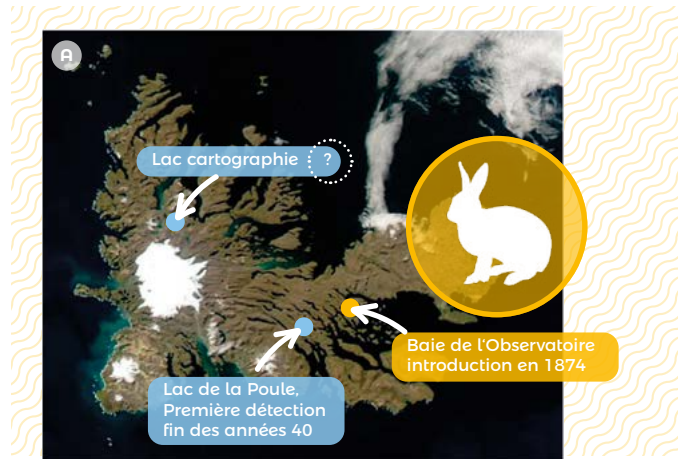
Les lapins ont été introduits dans la Baie de l'Observatoire en 1874 par les navigateurs britanniques de l'HMS Volage. L'objectif était de garantir, notamment en cas de naufrage, une ressource de nourriture sur cette île dépourvue de mammifères. L'introduction a été un succès dans le sens où les lapins ont bel et bien pullulé. En revanche, elle a entraîné une crise écologique majeure. En effet, au cours des missions scientifiques qui ont suivi, c'est tout d'abord l'effet sur la flore endémique, avec la quasi-disparition du chou de Kerguelen (*Pringlea antiscorbutica*), le remplacement des tapis d'*Azorella Selago* par les *Acaena Magellanica*, qui ont été observés, puis l'effet de la dégradation du couvert végétal sur l'érosion des sols.

Bien que les impacts de l'introduction de cette espèce invasive aient été décrits à de multiples reprises, nos connaissances sur la dynamique temporelle de l'invasion et les réponses de l'écosystème sont encore limitées. Les archives sédimentaires lacustres constituent l'unique moyen de remonter le temps pour retracer ces dynamiques.

Lors de la précédente mission PALAS en 2014, les sédiments d'une carotte prélevée dans le lac de la Poule ont fait l'objet d'analyses d'ADN de plantes et de mammifères (Fig. A). Celles-ci ont permis de mettre en évidence l'arrivée du lapin dans le bassin versant vers la fin des années 1940, c'est-à-dire environ 70 ans après leur introduction sur l'île à une dizaine de kilomètres à vol d'oiseau (Fig. B). Cette présence est confirmée par l'observation de spores de champignons coprophiles (*Sporomielia* sp.) se développant sur les déjections des herbivores. L'invasion du lapin provoque très rapidement une crise érosive qui perdure jusqu'au milieu des années 1960. Si l'érosion baisse depuis cette période, le changement de communauté végétale, c'est-à-dire la disparition progressive des *Azorella* au profit des *Acaena*, perdure encore aujourd'hui. Le pic d'*Azorella* dès l'arrivée des lapins s'explique très probablement par la dégradation massive de ces plantes en coussins liée à la construction des terriers (la mobilisation des fragments de coussins étant alors facilitée lors des pluies). Au milieu des années 1950, la forte mortalité des lapins suggérée par les données (chute de la concentration de *Sporomielia* et pic d'ADN dues aux cadavres), pourrait refléter l'introduction de la myxomatose en 1955-1956¹². Une seconde phase de mortalité importante est enregistrée dans les années 1975. Elle pourrait avoir été causée par le virus, la baisse des ressources de nourriture ou une autre raison. Il est intéressant de noter que la baisse de l'érosion intervient avant ce déclin important de la population de lapins, mais qu'elle est concomitante à la baisse des précipitations. La crise érosive lors de l'arrivée du lapin pourrait aussi avoir été accentuée par l'augmentation des précipitations (Fig. B).

Autour des lacs Guynemer et Mythos, seuls quelques lapins vivants ou morts ont été observés lors de notre mission PALAS 2019. Le chou de Kerguelen y est encore relativement abondant et les coussins d'*azorella* également. En revanche, près des lacs Cartographies ou sur les côtes de la baie

du Repos, plus éloignés de la calotte Cook, nous avons pu observer des populations de lapins significatives. Combien de temps a-t-il fallu aux lapins pour coloniser cette zone très éloignée de la Baie de l'Observatoire ? Quelle est l'ampleur de l'impact sur l'érosion et la végétation ? Quelles sont les dynamiques temporelles des réponses de l'écosystème mais aussi des populations de lapins (sommes-nous en phase de déclin comme autour du lac de La Poule ?) ? L'application des analyses ADN sur les sédiments du lac Cartographie permettront d'apporter des réponses à ces questions.



A) Localisation 1) des lacs ciblés pour étudier l'invasion des lapins et ses effets sur l'écosystème (en bleu) et 2) de la baie de l'Observatoire où les lapins ont été introduits (en jaune).

B) Évolution temporelle des spores de *Sporomielia* (A), de l'ADN de lapin (B), d'*Acaena* et *Azorella* (C) et du taux d'érosion dans la carotte de sédiment du lac de La Poule (D)¹³. Les courbes (E) représentent l'évolution des températures (moyenne annuelle) et des précipitations (moyenne mensuelle) depuis 1912 (interpolation à partir de données de stations météo à l'échelle mondiale de l'Université de Delaware)¹⁴.

¹² Chappuis et al., 1995

¹³ Ficetola et al., 2017

¹⁴ Nickl et al., 2014



2.3. CARTOGRAPHIE DES MORAINES ET PRÉLÈVEMENTS POUR DATATION : RÉSULTATS PRÉLIMINAIRES SUR LA MARGE PROGLACIAIRE DE GUYNEMER

Le glacier de Gwynemer actuel est divisé en quatre parties de dimension inégale, avec une superficie totale de c. 1.4 km². Les deux secteurs inférieurs (0.25 km²) se tiennent 100 à 250 m en contrebas des secteurs supérieurs dont ils sont séparés par des parois non englacées ; leurs fronts descendent jusqu'à 340 et 395 m d'altitude.

La partie du complexe morainique de Gwynemer située à l'amont du cône-delta est très riche : outre les trois principales moraines latéro-frontales (Mg-4 à 6) à l'aval du lac supérieur, entre lesquelles des cordons généralement moins continus sont présents, de très nombreux cordons encadrent ce lac, en particulier sur sa rive nord, marqueurs du retrait glaciaire depuis 1963 ; le flanc interne de la plus grande de ces moraines, dont la partie apparente domine le lac de 30 m, est soumise à un ruissellement actif (Figure 7a). Quelques cordons perchés à > 300 m sur la rive sud sont possiblement raccordés à l'ensemble Mg4-6.

Trois moraines sont présentes autour du lac Gwynemer inférieur : Mg-3 sur le replat intermédiaire de la rive ouest, entre 165 et 200 m d'alt., Mg-2 à son extrémité nord, quelques m au-dessus du lac, et Mg-1 sur un replat de la rive est, à 190 m. 40 échantillons ont été prélevés pour la datation cosmogénique de Mg-1 (2), Mg-2 (3), Mg-3 (3), Mg-4 (7), Mg-5 (8), Mg-6 (5) et sur 12 blocs erratiques distribués à différentes altitudes (maxi : 305 m) autour du lac inférieur y compris sur le seuil qui se tient vers 150 m d'alt. entre les lacs Louise et de Gwynemer.

La même approche cartographique et de prélèvements a été appliquée dans les marges proglaciaires Agassiz (Figure 7b) et de Chamonix. Des échantillons ont également été prélevés sur des roches moutonnées et des blocs erratiques le long d'un transect altitudinal de 500 m entre le Lac Athéna 2 et le sommet du Mont Fauve (Figures 2 et 7c). Ces travaux permettront de documenter des phases d'extension des glaciers Agassiz et de Chamonix.

superficie totale de c.



c. = circa, c'est-à-dire « environ »

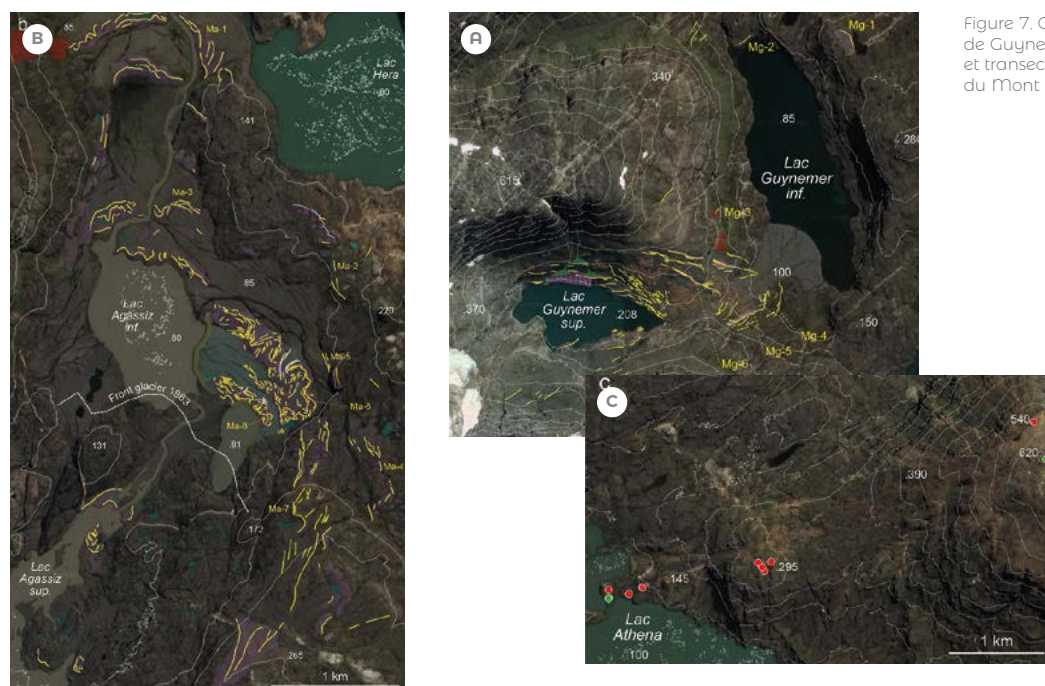


Figure 7. Complexes morainiques de Guynemer (a) et Agassiz (b), et transect d'échantillonnage du Mont Fauve (c).

CONCLUSION

Le travail de cinq carotteurs et trois géomorphologues pendant un mois sur le terrain et la logistique mise en place par l'Institut polaire français ont permis le prélèvement d'une quantité incroyable d'échantillons : 127 m de sédiments et 110 fragments de roches.

Les résultats préliminaires de cette mission ont déjà fourni une cartographie des formations glaciaires de la zone d'étude, située entre la calotte Cook et la presqu'île de la Société de Géographie. Les premières analyses de deux carottes courtes provenant du lac Guynemer montrent déjà des changements récents dans la dynamique de sédimentation et soulèvent des questions sur l'enregistrement potentiel de l'activité sismique en lien avec le volcanisme. La datation de ces carottes permettra d'apporter des réponses à ces questions. L'étude des autres carottes débutera en juin 2020 et les analyses des isotopes cosmogéniques pour dater les formations glaciaires sont en cours. Des reconstitutions des fluctuations des glaciers et paléoclimatiques arriveront donc prochainement.

REMERCIEMENTS

Toute l'équipe PALAS remercie l'Institut polaire sans lequel la campagne PALAS 2019 n'aurait tout simplement même pas pu être imaginée. En particulier, l'équipe de la logistique subantarctique nous a accompagné dès la conception de la campagne. Son professionnalisme et son dévouement total sur le terrain, au service de la science, ont sans nul doute rendu possible ce qui semblait à beaucoup impossible.

RÉFÉRENCES

Arnaud, F., Pierre, S., Leloup, L., Servettaz, A., Moine, B., Develle, A.L., Guédron, S., et al. 2020.

"Holocene Tephrochronology of Kerguelen Archipelago, Subantarctic Indian Ocean."
EarthArXiv. May 20. doi:10.31223/osf.io/5jnu6.

Dätwyler, C., Neukom, R., Abram, N.J., Gallant, A.J.E., Grosjean, M., Jacques-Coper, M., Karoly, D.J., Villalba, R., 2018.

Teleconnection stationarity, variability and trends of the Southern Annular Mode (SAM) during the last millennium. *Clim. Dyn.* 51, 2321–2339.
<https://doi.org/10.1007/s00382-017-4015-0>

Favier, V., Verfaillie, D., Berthier, E., Menegoz, M., Jomelli, V., Kay, J.E., Ducret, L., Malbêteau, Y., Brunstein, D., Gallée, H., Park, Y.-H., Rinterknecht, V., 2016.

Atmospheric drying as the main driver of dramatic glacier wastage in the southern Indian Ocean. *Sci. Rep.* 6, 32396.
<https://doi.org/10.1038/srep32396>

Ficetola, G. F., Poulenard, J., Sabatier, P., Messenger, E., Gielly, L., Leloup, A., Etienne, D., Bakke, J., Malet, E., Fanget, B., Storen, E., Reyss, J.-L., Taberlet, P., Arnaud, F., 2018.

DNA from lake sediments reveals long-term ecosystem changes after a biological invasion. *Sci. Adv.* 4, eaar4292

Fletcher, M.-S., Moreno, P.I., 2011.

Zonally symmetric changes in the strength and position of the Southern Westerlies drove atmospheric CO₂ variations over the past 14 ky. *Geology* 39, 419–422.
<https://doi.org/10.1130/G31807.1>

Jomelli, V., Mokadem, F., Schimmelpfennig, I., Chapron, E., Rinterknecht, V., Favier, V., Verfaillie, D., Brunstein, D., Legentil, C., Michel, E., Swingedouw, D., Jaouen, A., Aumaitre, G., Bourlès, D.L., Keddadouche, K., 2017.

Sub-Antarctic glacier extensions in the Kerguelen region (49°S, Indian Ocean) over the past 24,000 years constrained by 36 Cl moraine dating. *Quat. Sci. Rev.* 162, 128–144.
<https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2017.03.010>

Kilian, R., Lamy, F., 2012.

A review of Glacial and Holocene paleoclimate records from southernmost Patagonia (49–55°S). *Quat. Sci. Rev.* 53, 1–23.
<https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2012.07.017>

Le Roy, M., Deline, P., Carcaillet, J., Schimmelpfennig, I., Ermini, M., 2017.

¹⁰Be exposure dating of the timing of Neoglacial glacier advances in the Ecrins-Pelvoux massif, southern French Alps. *Quat. Sci. Rev.* 178, 118–138.
<https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2017.10.010>

Le Roy, M., Nicolussi, K., Deline, P., Astrade, L., Edouard, J.-L., Miramont, C., Arnaud, F., 2015.

Calendar-dated glacier variations in the western European Alps during the Neoglacial: the Mer de Glace record, Mont Blanc massif. *Quat. Sci. Rev.* 108, 1–22.
<https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2014.10.033>

Li, C., Sonke, J.E., Le Roux, G., Van der Putten, N., Piotrowska, N., Jeandel, C., Mattioli, N., Benoit, M., Wiggs, G.F.S., De Vleeschouwer, F., 2020.

Holocene dynamics of the southern westerly winds over the Indian Ocean inferred from a peat dust deposition record. *Quat. Sci. Rev.* 231, 106169.
<https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2020.106169>

Nesje, A., 1992.

A Piston Corer for Lacustrine and Marine Sediments. *Arct. Alp. Res.* 24, 257.
<https://doi.org/10.2307/1551667>

Nesje, A., Kvamme, M., Rye, N., Løvlie, R., 1991.

Holocene glacial and climate history of the Jostedalsgreen region, Western Norway; evidence from lake sediments and terrestrial deposits. *Quat. Sci. Rev.* 10, 87–114.
[https://doi.org/10.1016/0277-3791\(91\)90032-P](https://doi.org/10.1016/0277-3791(91)90032-P)

E. Nickl, C. J. Willmott, K. Matsuura, S. M. Robeson, 2010.

Changes in annual land-surface precipitation over the twentieth and early twenty-first century. *Ann. Assoc. Am. Geogr.* 100, 729–739

Oppedal, L.T., Bakke, J., Paasche, Ø., Werner, J.P., van der Bilt, W.G.M., 2018.

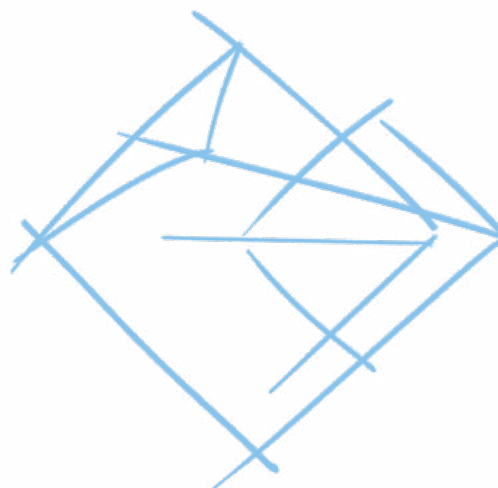
Cirque Glacier on South Georgia Shows Centennial Variability over the Last 7000 Years. *Front. Earth Sci.* 6, 2.
<https://doi.org/10.3389/feart.2018.00002>

Saunders, K.M., Kamenik, C., Hodgson, D.A., Hunziker, S., Siffert, L., Fischer, D., Fujak, M., Gibson, J.A.E., Grosjean, M., 2012.

Late Holocene changes in precipitation in northwest Tasmania and their potential links to shifts in the Southern Hemisphere westerly winds. *Glob. Planet. Change* 92–93, 82–91.
<https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2012.04.005>

Shulmeister, J., Goodwin, I., Renwick, J., Harle, K., Armand, L., McGlone, M.S., Cook, E., Dodson, J., Hesse, P.P., Mayewski, P., Curran, M., 2004.

The Southern Hemisphere westerlies in the Australasian sector over the last glacial cycle: a synthesis. *Quat. Int.* 118–119, 23–53.
[https://doi.org/10.1016/S1040-6182\(03\)00129-0](https://doi.org/10.1016/S1040-6182(03)00129-0)







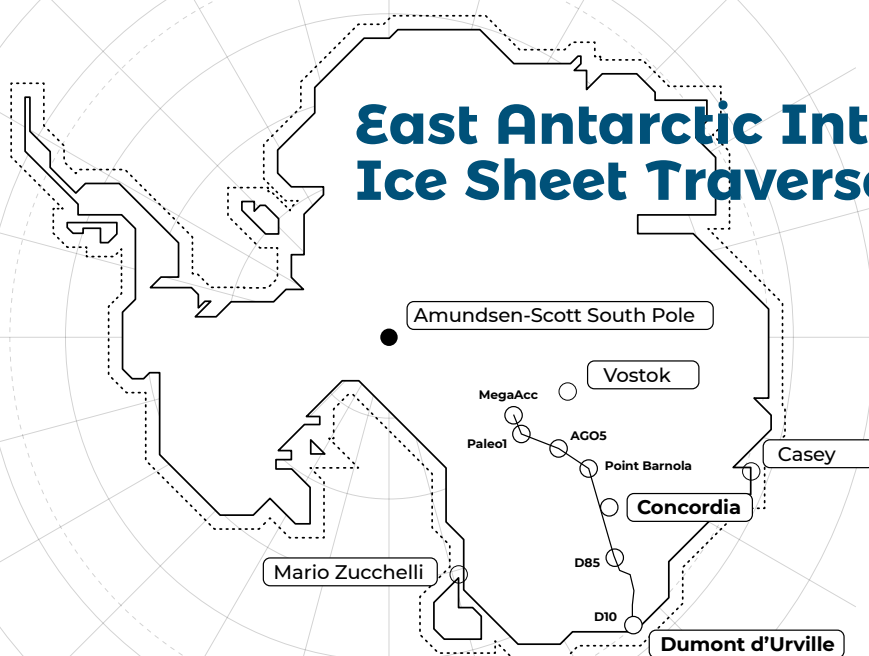
ÉAIIST

East Antarctic International Ice Sheet Traverse

Auteur

Joël SAVARINO

Coordinateur programme ÉAIIST.
Grenoble



INTRODUCTION

UNE COURTE ET FORCÉMENT INCOMPLÈTE HISTOIRE DES RAIDS TERRESTRES EN ANTARCTIQUE.

Henry Shackleton. L'expédition *Imperial Trans-Antarctic Expedition* de 1914, plus connue sous le nom du navire qui fût englouti par les glaces, l'*Endurance*, avait pour objectif de traverser le continent antarctique, de la mer de Weddell à la mer de Ross en passant par le pôle Sud. L'équipe de Shackleton devait utiliser des traîneaux tirés par des chiens et s'appuyer sur une seconde équipe logistique déployée en mer de Ross. Elle devait constituer des points de vivre sur la dernière partie du trajet, ce qu'elle fera mais déplorera le décès de trois membres de cette seconde équipe.

À tout seigneur tout honneur, le premier à avoir imaginé, pensé, organisé et tenté de réaliser un raid terrestre sur le continent antarctique est l'incroyable Ernest



Les « polaires » connaissent tous cette histoire incroyable de l'Endurance, ce monument épique de la survie en milieu polaire et hostile, de la traversée inconcevable en barque entre l'île inhospitalière et glacée de l'Éléphant et la Géorgie du Sud. Cette expédition fût une prouesse (une histoire de survie exemplaire sous le commandement de Shackleton) dans un échec.

Il faudra attendre près de 50 ans et la troisième année polaire internationale de 1957-1958 pour que le premier raid terrestre visant une traversée intégrale du continent antarctique ait lieu en 99 jours et 3500 km parcourus. C'est l'explorateur britannique *Vivian Fuchs* et son équipe partie de la mer de Weddell qui traverseront les premiers l'Antarctique en Tucker Sno-cat et Bombardier Muskeg. Ils seront aidés par une équipe de soutien conduite par l'illustre Sir *Edmund Hillary* qui traça la dernière section du trajet entre la mer de Ross et le pôle Sud.

Deux ans plus tard, après son hivernage à la station Charcot en 1957, le glaciologue Français *Claude Lorius* effectuera un raid mécanisé, invité par une équipe américaine pour la *Victoria Land Traverse*, et co-découvrira une chaîne de montagne alors non-mentionnée dans les relevés topographiques. Fort de son expérience polaire, *Claude Lorius* sera à l'initiative de l'*International Antarctic Glaciological Project* (IAGP) avec des collègues russes, américains, australiens et anglais. Ce programme de glaciologie qui a couru de 1969 à 1980 avait pour but d'étudier et de comprendre l'histoire, l'évolution, l'écoulement, la topographie de surface et du socle rocheux de la calotte polaire de l'Antarctique de l'Est grâce aux raids terrestres et sondages aériens¹. Ce programme fût très certainement le premier à utiliser les raids terrestres comme un outil de recherche complet et non plus uniquement d'exploration avec quelques mesures scientifiques à la clef, avec un programme scientifique complet incluant de la géodésie, de la géophysique, de la sismologie, l'analyse des propriétés physique et chimique de la glace,

un programme de forage. C'est à partir des données acquises durant l'IAGP que sera déterminé entre autres l'emplacement des forages profonds à D47 et au Dôme C (données radar aériennes pour le forage Dôme C 78) et par voie de conséquence l'emplacement de la station Concordia.

Point ici n'est besoin de détailler tous les raids qui ont suivis, notons tout de même que 10 ans après la fin du programme IAGP, l'initiative *International Trans-Antarctic Scientific Expedition* (ITASE), coordonnées par les USA a été lancée encore une fois en France, à Grenoble et a réuni 20 nations. Ce programme international, qui a perduré jusqu'à l'horizon 2010, a permis l'exécution de plusieurs raids scientifiques dont le but était de spatialiser les données climatiques, météorologiques, géophysiques, chimiques.

C'est dans le cadre d'ITASE que la France s'est relancée dans l'aventure des raids scientifiques. Fort de 20 ans d'expériences acquises avec le raid logistique alimentant la station Concordia et suite au renouvellement d'une partie du parc de véhicules, l'Institut polaire français a acquis de nouvelles capacités de raids scientifiques, avec une caravane vie et énergie, des laboratoires mobiles et des traîneaux, 30 ans après le programme IAGP. Les scientifiques ont ainsi pu conduire depuis 2010 une série de raids scientifiques comme le programme VANISH (raid aller/retour Concordia-Vostok), ABN (raid franco-australien Dumont d'Urville-Aurora Basin North) ou ASUMA (raid côtier autour de Dumont d'Urville). Tous ont plus ou moins suivi un programme scientifique identique, proche des préconisations de l'IAGP. Un raid scientifique bien que moins cher qu'une campagne océanographique ou aéroportée reste tout de même un effort financier conséquent et tous tentent d'y inclure un maximum d'expérience scientifique afin de valoriser au mieux les investissements. Le raid EAIIST qui a eu lieu durant la campagne d'été 2019-2020 n'a pas échappé à cette logique. En voici le récit.



PRÉPARATIFS

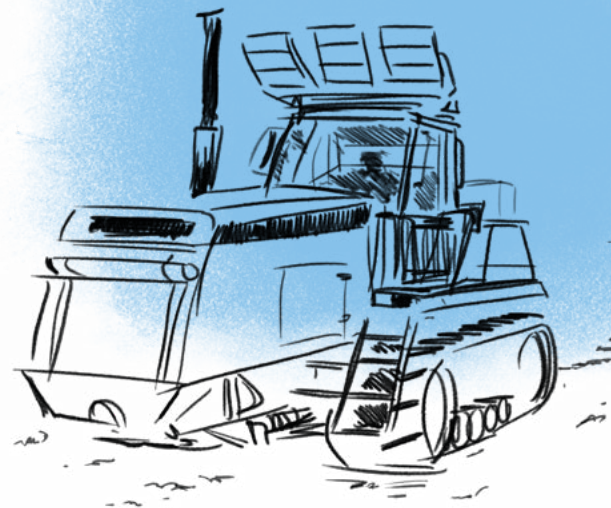


CONSTRUCTION DU PROJET ET FINANCEMENT

Dans la lignée des projets passés et devant l'absence de données de surface sur un tronçon Dôme C - Pôle Sud qui correspond au basculement de l'écoulement de la glace vers la partie ouest de l'Antarctique, l'idée a germé d'effectuer un raid scientifique sur ce tronçon. Profitant d'un passage à McMurdo en 2012, j'ai pu m'entretenir avec la responsable du programme de glaciologie de la *National Science Foundation* (NSF) de l'époque, *Julie Palais*, pour connaître son sentiment sur l'idée d'un raid Dôme C - Pôle Sud en collaboration avec des équipes américaines. Suite à ses encouragements, les premiers contacts ont été formalisés avec des équipes italiennes et américaines puis, par la suite, avec des chercheurs australiens.

Un premier workshop fût organisé à Grenoble en septembre 2014, suivi par la rédaction d'un livre blanc où était consigné les questions scientifiques, les participants, le trajet, le plan de financement et le calendrier envisagé. Compte tenu des distances à parcourir en deux mois de raid, ce trajet (3 300 km aller/retour) ne pouvait s'effectuer qu'en deux saisons : Dôme C-Pôle Sud à l'année n avec hivernage des véhicules à Pôle Sud et le retour à l'année n+1. Ce schéma imposé par la distance à parcourir présentait aussi le double avantage de traverser des structures topographiques particulières comme les mégadunes ou les surfaces « vitrées » et de pouvoir laisser sur les sites visités une série d'expériences avec récupération l'année suivante lors du retour sur Concordia. Cela nécessitait donc un soutien logistique (fuel, hivernage des véhicules, maintenance) de la part de la station Pôle Sud. Malheureusement, une difficulté majeure dans ce type de projet est très vite apparue : celui de coordonner le soutien logistique et financier de plusieurs nations, aucun pays ne dis-

posant des mêmes moyens, procédures et structures de financement de sa recherche polaire. Au fil du temps, la NSF est devenue de plus en plus réticente à accueillir le raid à Pôle Sud pour des raisons internes. De surcroît, le projet américain a été systématiquement mal évalué par le comité de sélection des projets sur lequel s'appuie la NSF pour financer ou non un projet. Il s'en est suivi un long parcours de dépôt de dossier et rejet du côté américain pour finalement aboutir au retrait des équipes US en 2018 et à une participation des Australiens sans implication sur le terrain. Les Italiens ayant obtenu leur financement via leur Programme national de recherche antarctique (PNRA) ainsi que les équipes françaises grâce aux financements de l'Agence nationale de la recherche, de la fondation BNP-Paribas et de l'Institut polaire français, deux workshops en octobre 2018 et 2019 et de multiples échanges avec les instituts polaires ont permis de jeter les bases du raid : le parcours (aller/retour au point médian Concordia-Pôle Sud), les activités de recherche et les participations au raid.



OBJECTIFS SCIENTIFIQUES

Au cours des premières réunions, trois questions scientifiques ont été retenues.

La première est celle du bilan de masse de l'Antarctique qui touche directement l'élévation du niveau des mers. Les projections du rapport spécial sur les océans et la cryosphère du GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) indique une forte augmentation du niveau des mers à l'horizon 2100 de 20 à plus de 100 cm. Cette large fourchette est en grande partie due à l'incertitude pesant sur le bilan de masse de l'Antarctique. Or, si les côtes perdent de plus en plus de glace, qu'en est-il du plateau antarctique ? Dans un climat plus chaud, l'atmosphère contiendra plus d'humidité et il est attendu une augmentation des précipitations neigeuses sur le continent antarctique qui, à défaut de renverser la tendance pourrait ralentir la vitesse d'augmentation du niveau des mers. 1 % de perte de masse du continent antarctique se traduit par une augmentation de 70 cm du niveau de l'océan.

mégadunes

Ondulation de la surface d'une amplitude de quelques dizaines de mètres pour une longueur d'onde de quelques km. Structure qui se forme par l'effet combiné du vent, de l'accumulation et de la pente de la surface.

vitrées

Surface durcie par le vent présentant très peu de relief de surface, ne permettant pas à la neige de se déposer.



Avec 10 % de la population mondiale vivant à moins de 10 m d'altitude de la mer, les conséquences seront catastrophiques pour les sociétés et la biodiversité marine. Il est donc essentiel de mesurer l'évolution des taux d'accumulation de neige sur les parties centrales de l'Antarctique et de les replacer dans un contexte historique sur les derniers milliers d'années pour obtenir les meilleures projections futures possibles.

La deuxième question portée par le projet EAIIST touche à la qualité des enregistrements glaciologiques contenus dans la glace. Sur les sites de forage profond comme Vostok ou Concordia, durant les périodes glaciaires l'accumulation de neige était environ deux fois inférieure à ce qu'elle est en période chaude. Or dans les zones hyperarides de l'Antarctique, il peut se former des structures de surface tout à fait particulières comme les mégadunes où l'accumulation de neige est très variable (perte sous le vent et gain au vent de la dune) et peut conduire à des biais d'enregistrement des signaux climatiques et chimiques. Aller étudier ces zones de mégadunes et autres surfaces où l'accumulation de neige subit des phénomènes d'ablation permet de mettre le pied sur des terrains analogues à ce qui a pu se passer en période glaciaire à Vostok ou Concordia et de voir comment les signaux s'enregistrent.

La dernière question abordée par EAIIST touche à la représentativité des mesures faites actuellement à proximité de stations de recherche comme Concordia. L'activité d'une station fonctionnant au fioul génère inmanquablement une pollution locale de la neige dont les conséquences sont parfois difficiles à évaluer : contamination de la neige, structure thermique du manteau neigeux, redistribution de la neige par le vent, absence de marquage des zones d'échantillonnage, passage des véhicules non répertoriés, etc.. La possibilité de conduire des expériences en terrain vierge permet alors d'évaluer l'impact et les biais que l'activité d'une station peut générer.

Enfin, notons que EAIIST a obtenu le label *Year Of Polar Prediction* (YOPP), une initiative internationale coordonnée par l'Organisation mondiale de la météorologie dont le but est de promouvoir la recherche coopérative internationale permettant le développement de meilleurs services de prévisions météorologiques et environnementales pour les régions polaires, sur des échelles de temps allant des heures aux saisons. EAIIST a donc prévu de mettre à disposition de la communauté l'ensemble de ses données météorologiques.



LE CONSORTIUM

Le projet a rassemblé une vingtaine d'équipes, avec la participation des laboratoires LSCE, CEREGE, IPGS, IGE pour la France, l'INGV, le CNR, l'ENEA, les universités de Venise, Bologne, Florence pour l'Italie, l'AAD pour l'Australie auxquels il faut bien sûr ajouter l'Institut polaire français et le PNRA pour les aspects logistiques. De ces équipes viendront les participants au raid.



LE PARCOURS SOUHAITÉ

Ayant intégré la non-participation américaine au projet, une nouvelle route a été définie avec la contrainte de pouvoir faire l'aller/retour dans la même saison puisque plus aucun support n'était possible à Pôle Sud. Avec la volonté de préserver les objectifs initiaux du projet, il a été finalement décidé d'aller jusqu'aux zones de mégadunes, à quelques 640 km de Concordia. Cette distance à faire en aller/retour, possible en une saison, permettait aussi la récupération par voie aérienne ou terrestre d'une partie de l'équipement scientifique que le raid laisserait sur place pour couvrir une année complète d'enregistrement. Sur la base des questions scientifiques et des cartes satellites, cinq lieux ont été définis (Tableau 1).

	POINT BARNOLA	AGOS	PALÉO	WIND	MEGA accumulation	MEGA érosion
Coordonnées	75°42'33"S 123°15'30"E	77°14'17"S 123°28'35"E	79°38'47"S 126°8'15"E	80°47'58"S 122°10'38"E	80°34'15"S 121°38'33"E	80°34'39"S 121°47'58"E
Distance Concordia / km	68	239	512	637	613	612
Intérêts	Proche de Concordia sans pollution	Station géophysique américaine, zone à accumulation régulière	Zone à l'accumulation régulière	Surface vitrée probablement en ablation	Zone de mégadunes en accumulation	Zone de mégadunes en érosion

tableau 1 . Lieux définis pour des arrêts prolongés « science ».

PROGRAMME SCIENTIFIQUE

Comme mentionné plus haut, l'organisation d'un raid scientifique en milieu hostile, isolé, contraignant tant pour les machines que pour les hommes, présente des coûts significatifs qu'il convient de minimiser en maximisant les retours scientifiques possibles, tout en répondant aux questions scientifiques. Avec cette ligne directrice, les activités scientifiques envisagées étaient les suivantes (ci-dessous). Toutes ces tâches étant inégalement réparties suivants les sites visités.

PHYSIQUE DE LA NEIGE

- **ALBÉDO SPECTRAL** pour le bilan d'énergie
- **STRUCTURE DE LA NEIGE ET RUGOSITÉ DE SURFACE** pour le bilan d'énergie et comparaison avec les mesures micro-ondes satellites
- **DENSITÉ DE LA NEIGE** pour le bilan d'énergie et d'accumulation
- **GRADIENTS THERMIQUES et PÉNÉTRATION DE LA LUMIÈRE DANS LE MANTEAU NEIGEUX** pour le bilan d'énergie
- **DÉPÔT DE BALISES** pour mesurer l'accumulation

CHIMIE DE LA NEIGE

- **PUITS DE NEIGE** pour la mesure des enregistrements glaciologiques de surface
- **NEIGE DE SURFACE** pour la variabilité spatiale de l'enregistrement
- **FORAGES** pour les mesures d'accumulation et la variabilité spatiale et historique de l'enregistrement

GÉOPHYSIQUE

- **RADAR DE SURFACE** pour déterminer l'empilement des couches de neige et suivre spatialement l'évolution de l'accumulation
- **STATIONS SISMIQUES** pour sonder les soubresauts du glacier et son épaisseur
- **STATIONS GPS** pour déterminer les directions et vitesses d'écoulement

PHYSIQUE DE L'ATMOSPHÈRE

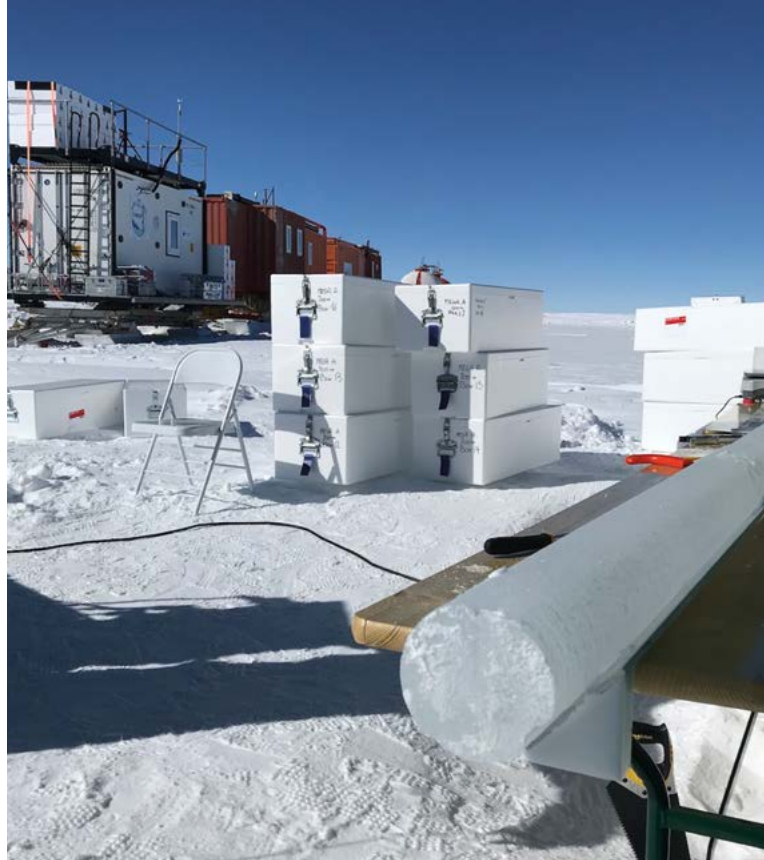
- **TEMPÉRATURE, HUMIDITÉ, PRESSION, VITESSE ET DIRECTION DU VENT, RADIATION SOLAIRE, ACCUMULATION** pour le bilan de masse et la météorologie

CHIMIE DE L'ATMOSPHÈRE

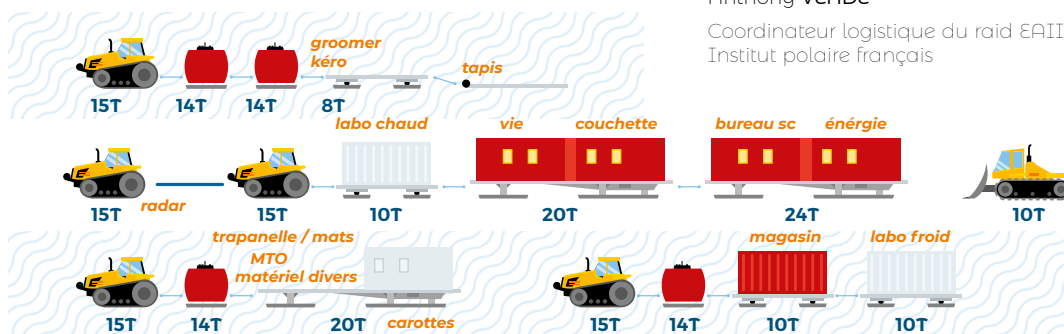
- **ISOTOPES DE LA VAPEUR D'EAU** pour les fonctions de transfert air-neige
- **MASSE ET DISTRIBUTION EN TAILLE DE L'AÉROSOLS** pour comparaison avec Concordia et pour le transport des masses d'air
- **COLLECTE D'AÉROSOLS** pour comparaison avec Concordia et fonction de transfert air-neige
- **OXYDES D'AZOTE** pour comparaison avec Concordia et fonction de transfert air-neige

ORGANISATION

Fort de ce programme scientifique, les différentes réunions de travail ont permis d'établir un chronogramme, la configuration du raid, une répartition des tâches et la rotation du personnel. Une saison sur le plateau antarctique n'ouvre qu'une soixantaine de jours d'activités scientifiques en saison d'été. En tenant compte des préparatifs nécessaires, c'est au final cinquante jours de raid qui étaient disponibles pour réaliser EAIIST. À ces cinquante jours sur le plateau antarctique, il fallait ajouter 2 x 10 jours de conduite pour acheminer les véhicules de la côte à Concordia et les redescendre. Pour permettre à toutes les expériences scientifiques d'être réalisées, une rotation de personnel devait s'effectuer sur la zone des mégadunes permettant ainsi à 15 personnes en tout de participer alors que le raid ne peut accueillir que 10 couchages.



CONSTITUTION DU RAID



UNE LOGISTIQUE À LA MESURE DE L'AMPLEUR DU PROJET EAIIST

La préparation d'un raid de cette envergure commence bien en amont avec les premières réunions incluant l'Institut polaire en 2014. La logistique terrain qui a commencé à l'année N-2 pour avoir le matériel disponible durant l'année N-1 et pouvoir réaliser le programme dès le début de campagne N.

EAIIST a mobilisé une équipe logistique pendant toute une campagne d'été : le personnel EAIIST est arrivé sur site dès le début de campagne quelques jours après les techniciens ouvrant la station Robert Guillard de Cap Prud'homme, et le retour pour la France s'est fait juste avant la fermeture de cette station à R3, après avoir conditionné les échantillons retour et rangé le matériel.

En plus des 4 logisticiens mobilisés pendant toute la saison d'été, une assistance ponctuelle mais importante des personnels de Cap Prudhomme et de Concordia a été nécessaire pour la préparation du départ, la maintenance durant les escales et le rangement de fin de saison.

La circulation du convoi de 262 tonnes au départ de Dôme C a été plutôt fluide durant le raid et la

Auteur

Anthony VENDÉ

Coordonnateur logistique du raid EAIIST,
Institut polaire français

51T

84T

98T

243T

concordance avec les avions pour les échanges de personnel et de matériel scientifiques bien orchestrée malgré les conditions polaires. Ainsi pendant les 42 jours en autonomie sur le plateau Antarctique, l'équipe EAIIST a pu réaliser toutes les mesures scientifiques et les forages prévus au programme.

Mais la rudesse de l'environnement a quand même provoqué quelques avaries techniques à la fin du raid avec un moteur cassé sur un tracteur et des réparations lourdes sur le traineau du laboratoire chaud.

La logistique EAIIST s'est terminée avec la livraison des échantillons scientifiques à Grenoble et les scientifiques ont encore beaucoup de travail pour extraire le maximum d'informations sur les mesures effectuées et échantillons prélevés !

FIN DU RAID EAIIST : 75 JOURS D'AVENTURE DONT 10 JOURS D'ESCALE À CONCORDIA, 3657 KMS PARCOURUS, 905 MÈTRES DE CAROTTES DE GLACE PRÉLEVÉS, L'INSTALLATION DE 2 STATIONS NEIGE, 2 STATIONS MÉTÉO ET 5 STATIONS SISMO !

LE RAID

L'ÉQUIPE ET LES ASPECTS HUMAINS

La composition d'une équipe pour raid isolé en quasi autonomie n'est pas une tâche à prendre à la légère. Même si la dynamique d'un groupe vivant quasiment les uns sur les autres est difficilement prévisible, il est des atouts qu'il faut mieux mettre dans sa poche avant de partir en procession. Les contraintes de départ étaient d'avoir à bord un personnel technique compétent et expérimenté composé d'un chef de raid, deux mécaniciens et d'un docteur. Les six places restantes pour les scientifiques devaient là aussi être occupées par du personnel expérimenté connaissant parfaitement le terrain et ses conditions difficiles, être adaptable et multitâche. Il fallait aussi prendre en compte une participation franco-italienne au raid. Je souhaitais de plus la présence de femmes autant que possible, afin d'avoir des points de vue variés et complémentaires sur les sujets qui pourraient être abordés au cours des 70 jours de confinement volontaire.

L'équipe technique a été établie par l'Institut polaire. Elle était composée de Anthony Vendé, chef de raid, Alexandre Leluc et Quentin Celle, mécaniciens et Nicolas Rombauts médecin urgentiste occasionnel et cuisinier désigné.

Pour les scientifiques, les différentes réunions ont permis de dégager une équipe complémentaire et expérimentée composée de Joël Savarino (IGE), coordinateur scientifique et chimiste, de Nicolas Caillon (IGE), ingénieur chimiste, Pete Akers (IGE), chercheur post doctorat chimiste, Mathieu Casado (AWI), chercheur post doctorat chimiste, Andrea Spolaor (U. Venise), chercheur chimiste, Graziano Larocca (INGV), ingénieur géophysicien, Emmanuel Le Meur (IGE), maître de conférence géophysicien, Fanny Larue (IGE) chercheuse post doctorat physicienne (seule présence féminine à mon grand regret), Vincent Favier (IGE), physicien des observatoires, Laurent Arnaud (IGE), ingénieur physicien, Ghislain Picard (IGE), professeur physicien et Philippe Possenti (IGE), ingénieur d'étude, foreur.

Toutes ces personnes comptabilisaient des années d'expérience polaire dans toutes les configurations possibles (travail en station de recherche, en camp isolé, en raid, en milieu alpin) avec des spécialités scientifiques purement polaires. Comme cité plus haut, s'il est difficile de prédire la dynamique d'un groupe, j'ai le sentiment que l'entente a été excellente quelle que fût la composition des équipes. Chacun a su amener une personnalité, un regard complémentaire au groupe. Je n'ai ressenti que très peu de tension entre nous, chacun faisant l'effort d'être le plus accommodant possible tout en maintenant un esprit chaleureux, amical et bienveillant. Je n'ai eu quasiment aucune plainte en tant que coordinateur et celles qui ont pu remonter à mes oreilles étaient très secondaires. Les

Amundsen-Scott South Pole

MegaAcc

Paleol

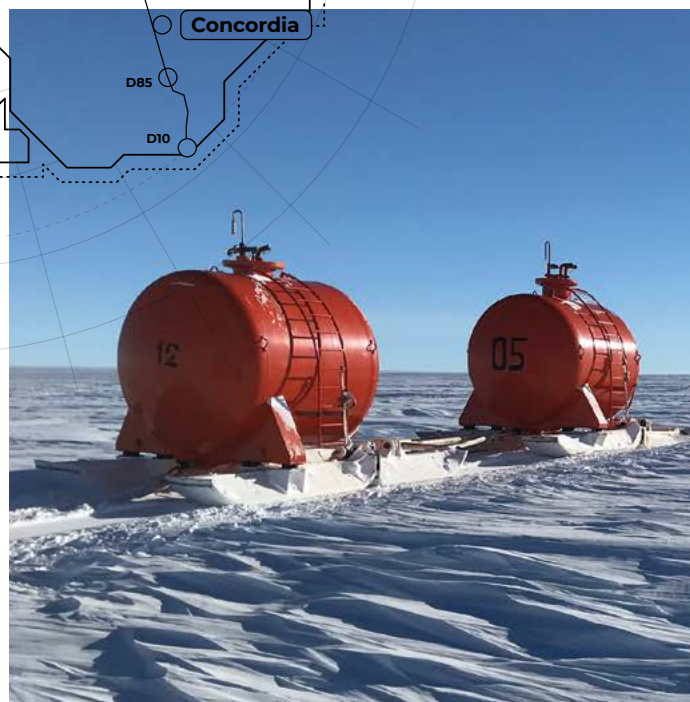
AGO5

Point Barnola

Concordia

D85

D10



rencontres avec le raid logistique alimentant la station Concordia sur les portions de route communes ont été des moments très forts du raid. Ce n'est pas vraiment l'endroit où on imagine croiser quelqu'un sur sa route. Se retrouver en toute amitié, au milieu de nulle part, prendre l'apéritif, partager un repas entre les « scientos » et les « technos » restera un moment fort du raid, tout comme le fût l'échange de personnel aux mégadunes.



- 1 - Nicolas Rombauts, notre doc
- 2 - Graziano Larocca, dépose des sismomètres
- 3 - Anthony Vendé, chef de raid
- 4 - Emmanuel Le Meur, radar de surface
- 5 - Ghislain Picard, propriétés physique et optique de la neige
- 6 - Quentin Celle, mécanicien
- 7 - Andrea Spolaor, chimiste de la neige
- 8 - Philippe Possenti, foreur
- 9 - Vincent Favier, données météo et accumulation de neige
- 10 - Laurent Arnaud, ingénieur instrumentaliste
- 11 - Alexandre Leluc, mécanicien
- 12 - Nicolas Caillon, ingénieur chimiste
- 13 - Pete Akers, géochimiste
- 14 - Joël Savarino, coordinateur scientifique et chimiste atmosphère et neige
- 15 - Fanny Larue, propriétés physique et optique de la neige
- 16 - Mathieu Casado, climat et isotopes de l'eau

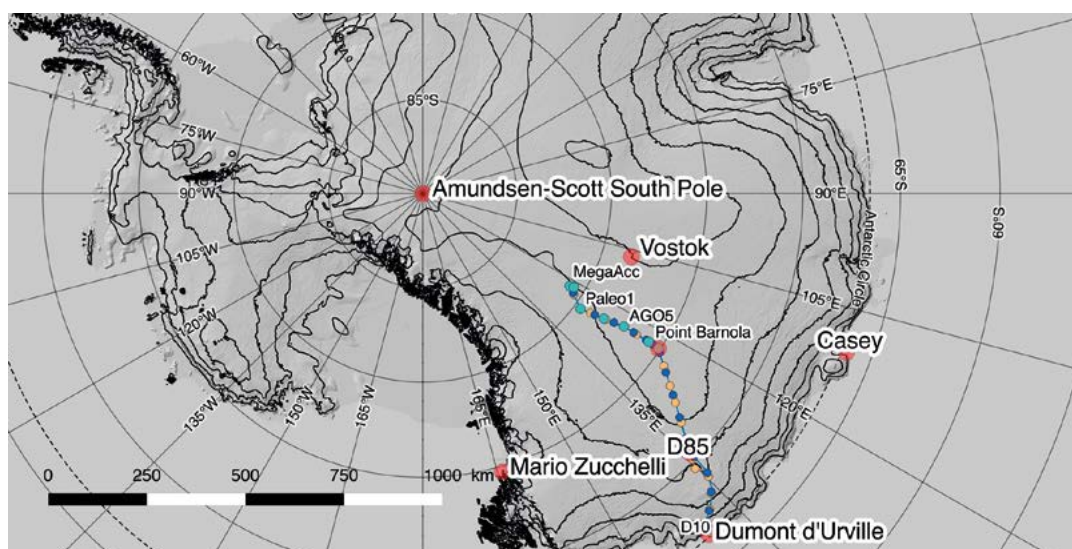


LE TRAJET

Le raid EAIIST s'est déroulé du 23 novembre 2019 au 5 février 2020. Le trajet, établi à partir de l'analyse de cartes satellites, s'est décomposé en 34 jours de conduite (comptant le temps d'acheminement) à 12 km/h de moyenne, 19 jours d'arrêt technique à Cap Prud'homme et Concordia et 26 jours d'arrêts « science ».

Sur la figure 2 est représentée la trace GPS du parcours suivi par le raid EAIIST avec les arrêts du soir et les sites visités (Tableau 1). Le trajet a pu suivre fidèlement le parcours envisagé. L'échange de personnel a été très fluide et s'est déroulé aux jours convenus. Très peu de soucis techniques sont venus entraver la progression du raid. On notera tout de même le dysfonctionnement d'une centrale hydraulique sans conséquence, une casse moteur sur un challenger obligeant à une nouvelle répartition des charges mais fort heureusement ayant eu lieu sur le parcours retour et à 100 km de Concordia. Survenu plus tôt cela aurait posé de sérieux problèmes. Suivra la casse d'un timon, le remplacement d'un axe de patin de traîneau, le bris d'une vitre de la dameuse comme autres soucis mécaniques, tous ont pu être gérés sans retarder la progression du raid. L'excellente ambiance qui a régné tout au long du raid résulte aussi de cette excellente progression. Profitant d'un retour sur la côte sans pression et en avance sur le calendrier, un détour a été fait pour repasser sur un site visité par le raid ASUMA en 2017 pour réparer une station météo tombée en panne.

Figure 2. **Trace GPS du parcours suivi par le raid EAIIST** avec les arrêts du soir et les sites visités.



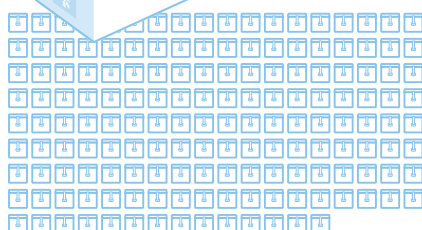
LA MISSION

906
MÈTRES DE CAROTTES

3657 km
de raid

158

CAISSES
ISOTHERMES
RAPATRIÉES



2

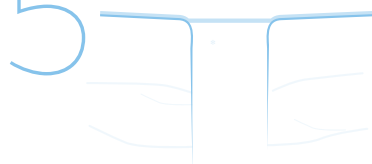
STATIONS
NEIGE

installées fonctionnant
en autonomie

2

STATIONS
MÉTÉO

5 puits à neige



GPS

L'ensemble des carottages a pu être conduit. Aucun souci majeur n'est venu entraver le déroulement des programmes scientifiques. Tout comme la logistique, la science n'a eu à gérer que des petits soucis sans conséquence pour les expériences. On mentionnera un dysfonctionnement par très basse température du compteur de particules qui a conduit à ne pas obtenir de données lors du préacheminement Prud'homme – Dôme C. Une fois transféré à l'intérieur du laboratoire chaud CLIMCOR, ce dernier a fonctionné en continu. L'embarquement du moniteur de NOx sur la portion Dôme C – Prud'homme a permis de garantir un minimum de données pour cette tâche. Une panne sur site, à Concordia, de la lampe UV ne nous a malheureusement pas permis de l'embarquer sur le raid EALIST, la lampe UV de réparation n'étant arrivée qu'en toute fin de saison estivale.

Compte tenu de la difficulté à faire fonctionner le carottier FELICS dans le laboratoire CLIMCOR froid par du personnel non expérimenté, il a été décidé d'embarquer un foreur (Philippe Possenti) dès le début de l'expédition. Ce choix s'est avéré déterminant pour la réussite du programme de forage. La rapide exécution de certains forages a permis de faire gagner un temps précieux. Chaque responsable de projet a vu ses expériences déployées sur le terrain et aura matière à travailler (Tableau 2). On peut sereinement s'attendre à ce que la moisson de données conduise à des publications de premier ordre. L'analyse de ce corpus d'expériences prendra du temps et il n'est pas encore possible à cette heure de présenter des résultats concrets répondant aux questions scientifiques posées au départ du projet.

À titre d'illustration la figure 3 (page suivante) présente les premières données météo transmises par la station mégadunes et analysées par Laurent Arnaud. Au vu du bilan des données et échantillons acquis, je considère que tous les objectifs scientifiques impartis au raid ont été atteints voire dépassés pour certains.

	Activités annexes	Mesures continues	Dispositifs fixes et ponctuels	Forages	Puits	Surface	Problèmes Réparations
PRÉPARATION	Chargement matériel	Mise en service moniteur isotope et collecteur aérosol					Pb Compteur de particule
PRUD-DC	Relève balises ASUMA	· Isotope eau · Collecte aérosols		À chaque arrêt · 1 carotte 1.3m	À chaque arrêt · 1 éch neige à 1m	À chaque arrêt · 1 échantillon de neige isotope · 1 échantillon de neige chimie	Pb Compteur de particule
DC	· Chargement matériel · Test carottier · Chargement personnel	· Isotope eau · Collecte aérosols · Compteur particule					Pb Carottier FELICS Réparation compteur
DC-AGOS		· Isotope eau · Collecte aérosols · Compteur particule · Radar surface · Mesure rugosité	À point Barnola · Station sismo FR · Station GPS	Tous les 20kms · 2 carottes 1.5m · 1 échantillon de neige	À chaque arrêt · 1 éch neige à 1m	À chaque arrêt · 1 échantillon de neige isotope · 1 échantillon de neige chimie · Albédo spectral · Taille grain	
AGOS	· Installation carottiers · Piste avion	· Isotope eau · Collecte aérosols · Compteur particule · Radar surface transect · Mesure rugosité · Albédo spectral	· Station sismo IT · Orientation sastrugi	· 2x48m · 2x18m · 2x8m · Densité/taille 8m · Température 10m · Mesure conductivité 8m	· 2m chimie · 1m isotope N	· 1 échantillon de neige isotope · 1 échantillon de neige chimie · Albédo spectral · Taille grain	
AGOS-PALEO		· Isotope eau · Collecte aérosols · Compteur particule · Radar surface · Mesure rugosité	Au point median · Station sismo FR · Station GPS · Mesure aldébo spectral · Transect SOLAB	Tous les 20kms · 2 carottes 1.5m · 1 éch neige	À chaque arrêt · 1 éch neige à 1m	À chaque arrêt · 1 échantillon de neige isotope · 1 échantillon de neige chimie · Albédo spectral · Taille grain · Photogrammétrie	
PALEO	· Installation carottiers · Piste avion	· Isotope eau · Collecte aérosols · Compteur particule · Radar surface transect · Mesure rugosité · Albédo spectral	· Station sismo IT · Station GPS · Orientation sastrugi	· 2x48m · 1x18m · 2x8m · Densité/taille 8m · Température 10m · Mesure conductivité 8m	· 2m chimie · 1m isotope N	· 1 échantillon de neige isotope · 1 échantillon de neige chimie · Albédo spectral · Taille grain · Multiphoto	· Pb GPS sur SOLAB · Pb vent sur forage
PALEO-WIND		· Isotope eau · Collecte aérosols · Compteur particule · Radar surface · Mesure rugosité		Tous les 20kms · 2 carottes 1m · 1 échantillon de neige	À chaque arrêt · 1 échantillon de neige à 1m	À chaque arrêt · 1 échantillon de neige isotope · 1 échantillon de neige chimie · Albédo spectral · Taille grain	
WIND	· Test radar italien · Installation carottiers · Piste avion	· Isotope eau · Collecte aérosols · Compteur particule · Radar surface transect · Mesure rugosité · Albédo spectral	· Station sismo IT · Station GPS · CMP radar sur forage · Pose Balise accu	· 2x50m · 2x20m · 2x8m · Densité/taille 8m · Température 10m · Mesure conductivité 8m	· 2m chimie · 1m isotope N	· 1 échantillon de neige isotope · 1 échantillon de neige chimie · Albédo spectral · Taille grain · Multiphoto	Pb Carottier ForPossum
MÉGAACC	· Changement personnel · Installation carottiers · Piste avion	· Isotope eau · Collecte aérosols · Compteur particule · Radar surface transect · Mesure rugosité · Albédo spectral	· Station sismo FR · Station GPS · CMP radar sur forage · Station neige · Station météo	· 1x162m · 1x50m · 1x20m · 2x8m · Densité/taille 8m · Température 10m · Découpe IC 8m	· 2m chimie · 1m isotope N	· 1 échantillon de neige isotope · 1 échantillon de neige chimie · Albédo spectral · Taille grain · Multiphoto	Abandon conductivité remplacé par découpe pour IC Rep : Tambour ForPossum
MégaEro	· Changement personnel · Installation carottiers	· Isotope eau · Collecte aérosols · Compteur particule · Radar surface transect · Mesure rugosité · Albédo spectral		· 1x50m · 1x20m · 2x8m · Densité/taille 8m · Température 10m · Découpe IC 8m	· 2m chimie · 1m isotope N	· 1 échantillon de neige isotope · 1 échantillon de neige chimie · Albédo spectral · Taille grain	
MégaEro-PALEO		· Isotope eau · Collecte aérosols · Compteur particule	· Récupération Station GPS		À chaque arrêt · 1 échantillon neige à 1m	À chaque arrêt · 1 échantillon de neige isotope · 1 échantillon de neige chimie	

tableau 2 . ensemble des expériences qui ont été conduites aux différents points du raid EAIIST.

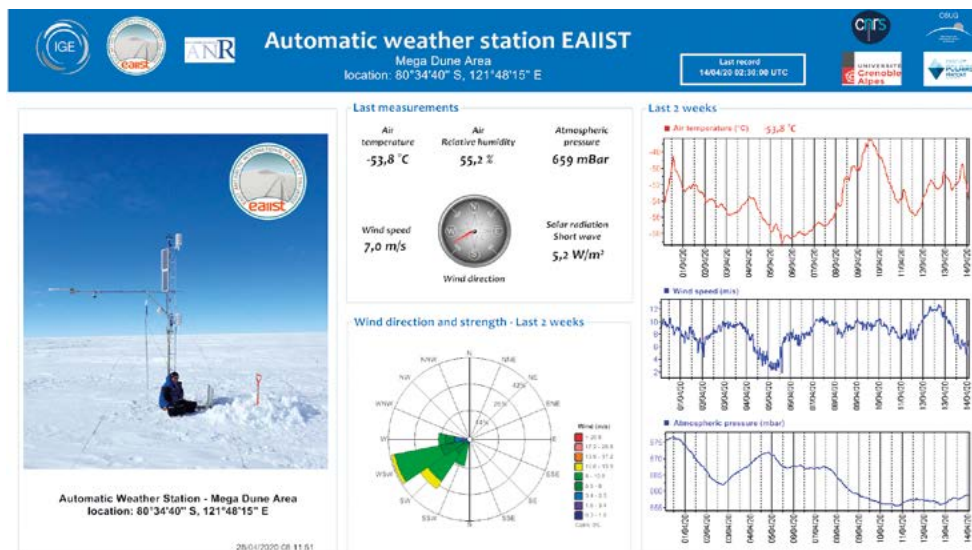


Figure 3. premières données météo transmises par la station mégadunes et analysées par Laurent Arnaud.

CONCLUSION ET PROSPECTIVES

À l'heure du bilan d'une telle opération et bien conscient que beaucoup de travail scientifique reste à faire, je mesure l'effort qu'il a fallu développer à tous les niveaux. Près de 8 ans de préparation ont été nécessaires, ponctués d'innombrables réunions, d'échecs, d'échanges, de crises aussi (une expérience riche en émotion) et pourtant malgré toute la préparation minutieuse, je mesure à quel point la chance doit aussi être au rendez-vous. Que la casse moteur ait lieu en plein milieu du programme scientifique et ce sont toutes les cartes du jeu qui sont rebattues. Et que dire de l'émergence d'une pandémie comme le monde n'en a pas connu depuis la grippe espagnole ? Oui, il est absolument nécessaire de préparer très en amont ce type de projet complexe par la nature du terrain, l'architecture du programme scientifique et la sécurité des personnels qu'il implique mais la chance doit aussi vous accompagner. Il ressort de cette expérience qu'une préparation longue, bien en amont et minutieuse, par des personnels aguerris et expérimentés est une condition sine qua non pour la réussite d'une telle entreprise mais pas suffisante. Elle réduit les aléas mais ne peut les éliminer. Je mesure aussi l'effort et la masse de travail nécessaire pour préparer et mettre en œuvre un tel raid. L'interdépendance de personnes aux profils variés est probablement ce qui symbolise le mieux cette classe de projet.

Enfin sur un aspect plus prospectif, les raids scientifiques en tracteur restent des outils fantastiques d'exploration mais des infrastructures lourdes, peu agiles, manquant de souplesse et d'adaptabilité. S'il convient parfaitement à des raids où les opérations scientifiques nécessitent une charge utile importante, sa « lourdeur » peut aussi devenir un handicap. Une réflexion à l'institut en concertation avec les scientifiques est en cours sur les moyens de disposer d'une infrastructure plus légère capable de parcourir de grandes étendues en peu de temps tout en garantissant sécurité et autonomie. Disposer d'une telle infrastructure représenterait un intérêt majeur pour l'étude des forts gradients d'altitude, d'accumulation, de température, de vent, d'humidité, d'écoulement que l'on observe le long de l'axe Dumont d'Urville - Concordia.

Enfin, je regrette de ne pas avoir eu sur le raid une équipe de tournage comme initialement prévue en prévision de la réalisation d'un documentaire sur EAIIST. Il faudra faire avec des images amateurs et sous une autre forme de narration. Quoiqu'il en soit, aidé par la chance (temps favorable, neige portante, peu de soucis), EAIIST reste une grande réussite à la fois scientifique et logistique et s'inscrit pleinement dans l'esprit initié par l'IAGP.



REMERCIEMENTS

Je tiens ici à renouveler mes sincères remerciements à toutes les équipes qui ont permis la réalisation de ce raid, qu'elles aient été sur le terrain ou non. À nos soutiens financiers, l'Agence nationale de la recherche (convention ANR-16-CE01-0011-01) et la Fondation BNP-Paribas (convention de mécénat 2017-6639) sans qui ce raid n'aurait pu avoir lieu. À toutes les équipes de l'Institut polaire français et du PNRA, directions, administratifs, services communications, logisticiens, techniques qui permettent à la recherche polaire d'exister et qui n'ont pas compté leurs heures. Je renouvelle aussi ma gratitude à nos tutelles CNRS, Université Grenoble Alpes pour leur soutien en nature et les derniers mots iront pour l'équipe EAIIST, des hivernants aux équipes technique et de recherche, ce fût une expérience enrichissante et une belle réussite grâce à un formidable travail collectif.



MicroLIFE SVALBARD

LA VIE MICROSCOPIQUE DANS LA NEIGE AU SVALBARD

Auteurs

C. LAROSE, T. M. VOGEL,

Environmental Microbial Genomics,
Laboratoire Ampère, Ecole Centrale de Lyon,
Université de Lyon, Ecully, France.

A. DOMMERGUE

Institut des Géosciences de l'Environnement,
Univ Grenoble Alpes, CNRS, IRD, Grenoble INP,
Grenoble, France.

RÉSUMÉ

Les microorganismes du manteau neigeux, leur structuration en communautés microbiennes et les fonctions ont été longtemps sous-estimées et donc inexplorées. Grâce à notre approche **metagénomique/metatranscriptomique**, nous avons pu mettre en évidence que les communautés microbiennes de la neige sont actives, qu'elles semblent refléter une signature spécifique de la neige en termes de composition taxonomique et de capacités fonctionnelles, ce qui implique une adaptation aux conditions de l'environnement. Cependant, de nombreuses questions demeurent concernant l'activité microbienne et les interactions complexes de communautés incluant le rôle des virus, surtout en période d'obscurité, et l'implication microbienne dans la production de gaz à effet de serre et l'adaptation aux changements climatiques.

metagénomique

La composition taxonomique et fonctionnelle des microorganismes est déterminée via le séquençage direct de leur ADN extrait de la neige.

metatranscriptomique

Étude de l'ensemble des gènes et des fonctions transcrites par les différents microorganismes

LE MANTEAU NEIGEUX COMME HABITAT

Faisant preuve d'une extraordinaire diversité et capacité d'adaptation, les microorganismes ont colonisé tous les milieux sur terre, même les plus extrêmes comme la neige en Arctique. Compte tenu de leur couverture massive à l'échelle mondiale (la neige en hiver peut couvrir jusqu'à 12% de la surface de la Terre, soit environ 61 millions de km²)¹, la neige pourrait avoir un rôle important et sous-estimé dans les cycles biogéochimiques globaux². Pourtant, en raison des conditions extrêmes de température et de la présence restreinte d'eau liquide et de nutriments, la neige a longtemps été considérée simplement comme un piège à microorganismes, au mieux conservés dans un état végétatif après avoir été transportés dans l'atmosphère par des particules minérales. Ainsi, la diversité des microorganismes du manteau neigeux, leur structuration en communautés microbiennes et les fonctions qu'ils pouvaient être amenés à exprimer au sein même de ces écosystèmes ont été longtemps sous-estimées et donc inexplorées. Depuis 2007, nous avons effectué des études sur les manteaux neigeux et leur connexion avec l'atmosphère à Ny-Ålesund grâce à des projets soutenus par l'Institut polaire français (Chimerpol I-III, Alchemi, MicroLife 1 et 2) afin de comprendre comment les microorganismes interagissent avec les fluctuations des conditions abiotiques et par ce



fait, transforment leur habitat. Du fait de leurs spécificités physico-chimiques, leur extrême sensibilité aux changements anthropiques et climatiques, leur forte dynamique, les manteaux neigeux arctiques constituent des modèles extraordinaires pour appréhender le potentiel évolutif et adaptatif des microorganismes.

Le 1^{er} objectif des travaux de recherche était de répertorier les lacunes concernant l'écologie microbienne au sein de la neige. Par exemple, un des premiers résultats originaux a été de montrer que les communautés microbiennes de la neige étaient non seulement actives à des températures en dessous de 0°C, mais aussi dynamiques et en interaction avec leur milieu chimique³. Ces résultats ont contribué à montrer que le compartiment biotique de la neige en Arctique avait un rôle crucial dans la production, la dégradation, et la transformation des contaminants et nutriments. Le caractère novateur de ces travaux a largement été reconnu et a conduit à l'acceptation de plusieurs projets nationaux (ex., ANR InHAle, Chantier Arctique PARCS) et Européens (ITN TrainBiodiverse, ITN MicroArctic, SIOS et SSF).

LA COLONISATION DES MANTEAUX NEIGEUX : UN LIEN AVEC L'ATMOSPHÈRE

La neige est formée par l'accumulation de cristaux de glace déposés sur une surface puis subit des modifications post-déposition. Les microorganismes sont transportés par flux atmosphériques, parfois sur de longues distances et sont déposés durant ces chutes de neige et des événements de dépôt sec, c'est-à-dire des processus qui ne dépendent pas de précipitations comme par exemple la sédimentation. L'atmosphère joue donc un rôle important dans la composition tant chimique que biologique des manteaux neigeux. L'atmosphère a été cependant très peu étudiée en termes de microorganismes. Grâce à des mesures pluriannuelles conduit sur le site de Gruvebadet à Ny-Ålesund en collaboration avec l'AWIPEV (Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research (AWI) et l'Institut polaire français) et H.W. Jacobi de l'Institut des Géosciences de l'Environnement), le NP (Norsk Polar Institute, J. Kohler et JC Gallet) et le CNR (E. Barosa, A. Spolaor), nous avons pu mettre en place un suivi chimique, physique et microbiologique de l'atmosphère et du manteau neigeux. Des études menées en collaboration avec des chercheurs au CNR (E. Barbaro, A. Spolaor et M. Feltracco) ont démontré une saisonnalité dans la communauté microbienne atmosphérique avec une baisse significative en diversité microbiologique au mois de mai (Figure 1). En mars et avril, il s'agit surtout d'un apport lié au transport longue distance, alors qu'en mai, une influence marine proche domine, ce qui démontre l'importance des sources sur la structuration des communautés microbiennes atmosphériques. Ces études ont également montré un lien significatif entre le transport de particules, soit des sels marins ou du carbone suie, un agrégat polluant de composés chimiques, et la quantité de microorganismes dans les manteaux neigeux (Figure 2). Parmi les microbes apportés par le vent et déposés dans la neige avec de la poussière ou les flocons, certains pourraient ne pas être en mesure de croître dans la neige, dont les caractéristiques sont trop différentes par rapport aux environnements dont ils sont issus. Par exemple, les agents pathogènes de plantes tels que des

¹ Estilow et al., 2015

² L arose et al., 2013

³ Bergk-Pinto, 2019, Maccario, 2014

organismes associés à *Agrobacterium* ont été détectés dans la neige fraîchement tombée, mais ne sont plus détectés après le dépôt⁴. Une fois déposés dans les manteaux neigeux, les microorganismes sont confrontés à des conditions environnementales spécifiques telles que des concentrations faibles en nutriments, la dessiccation, c'est-à-dire des conditions qui mènent à une diminution excessive de l'eau, des cycles de gel-dégel, une obscurité complète durant l'hiver, de fortes radiations solaires en été et de ce fait une photochimie hautement réactive, en plus d'une température basse. Des processus de sélection et d'adaptation post-déposition pourraient alors se produire dans la neige pour former une communauté microbienne adaptée⁵.

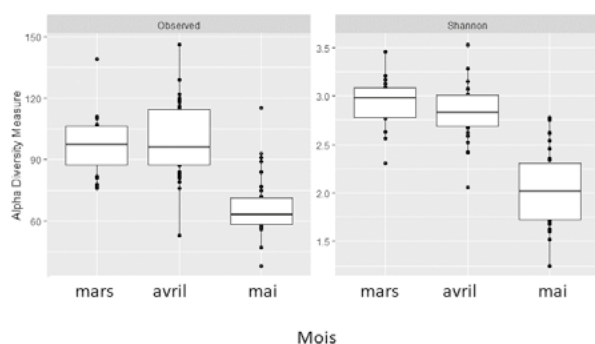


Figure 1. Variabilité de la diversité microbiologique atmosphérique au printemps en 2018. Les indices (observées et Shannon) de diversité, basés sur la diversité des séquences du gène qui code pour une partie de la ribosome (16S ARNr), sont comparés par mois de prélèvement.

ADAPTATION DES COMMUNAUTÉS MICROBIENNES DANS LA NEIGE : LE LIEN AVEC LE MILIEU PHYSICO-CIMIQU

Si les communautés microbiennes sont actives, elles devraient présenter des caractéristiques spécifiques du fait de leur adaptation aux conditions spécifiques de leur habitat. Afin de mettre en évidence l'évolution et l'adaptation des communautés microbiennes dans les manteaux neigeux, nous avons suivi la variation dynamique de la structure des communautés microbiennes et de leurs fonctions métaboliques en fonction de la saison, la localisation dans le manteau neigeux et l'emplacement géographique. Des échantillons de neige ont été collectés et la composition taxonomique et fonctionnelle des microorganismes, déterminée via le séquençage direct de l'ADN extrait de la neige (approche metagénomique) ainsi que les paramètres environnementaux ont été comparés. La neige abrite des habitants microbiens avec une grande diversité et une abondance relativement élevée bien que moins qu'un sol mais beaucoup plus que l'atmosphère. En outre, les communautés microbiennes de la neige semblent refléter une signature spécifique de la neige en termes de composition taxonomique et de capacités fonctionnelles par rapport à d'autres environnements. De plus, le potentiel fonctionnel des communautés microbiennes est fortement corrélé aux variations chimiques mesurées dans les manteaux neigeux⁶, ce qui soutient l'hypothèse d'une communauté microbienne dynamique qui répond efficacement aux changements des conditions environnementales de son habitat. Afin de fournir de nouveaux

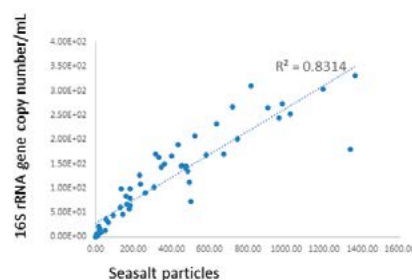
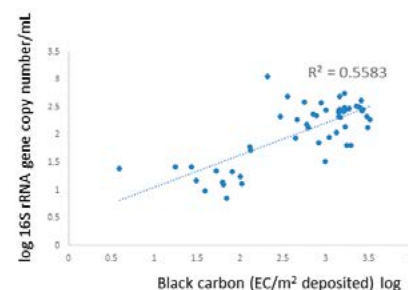


Figure 2. Corrélations entre la quantité de particules marines ou de carbone suif et la quantité de bactéries estimée par des mesures de quantité (réaction quantitative en chaîne par polymérase) du gène qui code pour la 16S ARNr dans la neige (en moyenne, une bactérie a quatre copies du 16S ARNr).



arguments en faveur de l'activité de ces microorganismes du manteau neigeux dans l'Arctique, d'autres expériences ont été mises en place, tel que des analyses d'activité par l'ARN via la métatranscriptomique, une technique qui permet d'étudier l'ensemble des gènes et les fonctions transcrites par les différents microorganismes au moment de l'échantillonnage. Bien que des limitations conceptuelles et techniques persistent, les méthodes de séquençage haut-débit basées sur les molécules d'ARN sont des outils prometteurs pour décrire les réponses à court terme des communautés microbiennes du manteau neigeux aux variations des conditions environnementales. A titre d'exemple, nous pouvons illustrer la réponse active des microorganismes à la présence de contaminants dans les manteaux neigeux (Figure 3). La courbe et les points noirs représentent respectivement les concentrations du mercure et du méthyle mercure en fonction du temps dans la neige de surface au Svalbard. Étant donnée la toxicité du mercure et de sa forme organique, le méthyle mercure, les microorganismes ont développé des résistances pour l'évacuer de leurs cellules. Cette résistance est encodée par le système de gènes mer. Nous observons une augmentation de la transcription des gènes mer, représentée par les histogrammes, suite au dépôt des diverses formes de mercure. C'est-à-dire que la communauté microbienne répond activement à la contamination de son milieu, même à des températures inférieures à 0°C. Nous avons également observé des interactions similaires avec d'autres molécules chimiques, qu'elles soient azotées ou carbonées.

⁵ Maccario et al., 2015

⁶ Maccario et al., 2014, Bergk-Pinto et al., 2019

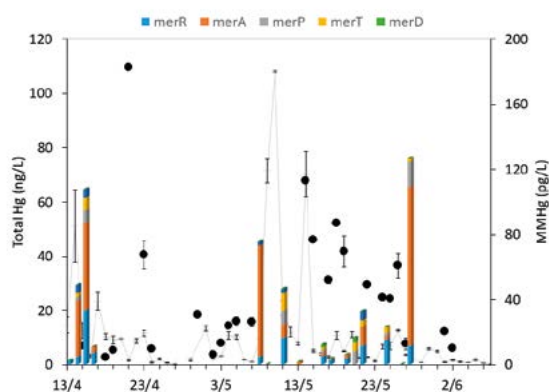


Figure 3. Réponse active des microorganismes aux concentrations de mercure (Hg) et de méthyle mercure (MMHg) dans les manteaux neigeux du Svalbard. La courbe représente les variations de concentrations du Hg, alors que les points représentent les concentrations de MMHg. Les histogrammes représentent la transcription de gènes *mer*.

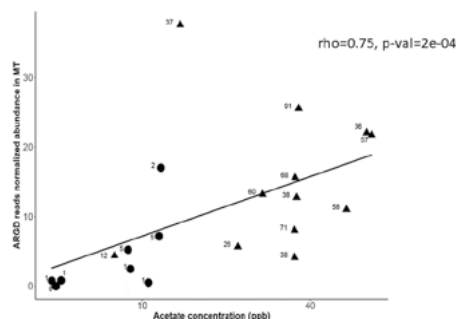


Figure 4. Corrélation entre la quantité et la diversité de gènes de résistances aux antibiotiques et la concentration d'acétate dans les manteaux neigeux du Svalbard.

ADAPTATION DES COMMUNAUTÉS MICROBIENNES DANS LA NEIGE : LES INTERACTIONS BIOTIQUES

La variabilité en teneur de nutriments peut également avoir un effet sur la structure des communautés microbiennes⁷, notamment sur les interactions entre microorganismes. En effet, les microorganismes ne sont pas des unités indépendantes, ils forment des communautés qui peuvent être considérées comme des réseaux d'individus en coopération et/ou en compétition. Si les microorganismes peuvent coopérer lorsqu'il y a très peu de nutriments, on peut imaginer que cela pourrait fournir un avantage sélectif. À l'inverse, la compétition pour des nutriments pourrait aussi avoir un impact, avec la perte d'espèces non-compétitives. Nous avons émis l'hypothèse selon laquelle l'augmentation de la teneur en substrats organiques (représentés par l'acétate) dans les manteaux neigeux pourrait modifier les interactions bactériennes et conduire à une transition de la coopération vers la compétition. Un des marqueurs de compétition est la production d'antibiotiques. En effet, les microorganismes ont la capacité de produire des molécules bioactives pour éloigner, voir tuer, d'autres microorganismes tout en produisant des gènes de résistance à ces antibiotiques (ARGD, « antibiotic resistance gene determinants ») pour se protéger eux-mêmes. Nous avons observé une corrélation entre la quantité et la diversité de gènes de résistance aux antibiotiques transcrits activement par des communautés microbiennes et les teneurs en acétate dans les manteaux neigeux (Figure 4). La transcription de ces gènes de résistance aux antibiotiques se fait lorsque les microorganismes détectent des antibiotiques dans leur habitat.

Les résultats des analyses metagenomiques et metatranscriptomiques ont révélé qu'il existe une grande variabilité entre les communautés présentes et potentiellement actives au sein du manteau neigeux. Via ces études, nous avons pu mettre en évidence que les communautés bactériennes possédaient des potentialités d'adaptation tout aussi efficaces et rapides que celles d'environnements tempérés même quand elles sont soumises à des stress très importants comme peuvent l'être une contamination de type mercure, la présence de composés azotés, et sous des conditions de très basse température et de rayonnement UV important et de plus en conditions oligotrophiques. Toutes ces approches en « omics » et « meta-omics » vont permettre d'aborder le volet mécanistique de l'évolution et l'adaptation microbienne, l'importance du transfert horizontal de gènes, le recours à des populations rares stimulées par de nouvelles conditions environnementales, l'expression sélective de gènes adaptatifs etc. Elles vont ouvrir la voie à la caractérisation de bio-indicateurs des modifications physico-chimiques du milieu, de l'ampleur de leur impact mais permettront aussi de prendre en compte le rôle que vont y jouer ces microorganismes, non pas simples sentinelles des changements mais acteurs à part entière des évolutions climatiques soit pour en tamponner ou au contraire en accentuer les effets (Figure 5). De nombreuses questions demeurent concernant l'activité microbienne et les interactions complexes de communautés, surtout en période d'obscurité, notamment sur l'implication microbienne dans la production de gaz à effet de serre et l'adaptation aux changements climatiques.

oligotrophique



Un milieu oligotrophe est particulièrement pauvre en éléments nutritifs.

⁷ Campbell et al., 2010

CE QUE L'ON SAIT POUR L'INSTANT

- La neige est un écosystème
- Une forme de sélection façonne les communautés microbiennes et leurs fonctions.

LES VEROUS SCIENTIFIQUES

- Les microorganismes semblent réagir à des changements de leur environnement, peuvent-ils modifier de façon significative les cibles biogéochimiques ?
- D'où viennent ces microorganismes et comment évoluent-ils ?
- Quels sont les mécanismes d'adaptation ?

Figure 5. Verrous scientifiques.



RÉFÉRENCES

Bergk Pinto B, Maccario L, Dommergue A, Vogel TM and Larose C (2019).

Do Organic Substrates Drive Microbial Community Interactions in Arctic Snow? Microbiol. 10:2492. doi: 10.3389/fmicb.2019.02492

Campbell, B. J., Polson, S. W., Hanson, T. E., Mack, M. C., and Schuur, E. A. G. (2010).

The effect of nutrient deposition on bacterial communities in Arctic tundra soil. Environ. Microbiol. 12, 1842–1854. doi: 10.1111/j.1462-2920.2010.02189

Estilow TW, Young AH, Robinson DA.

A long-term Northern Hemisphere snow cover extent data record for climate studies and monitoring. Earth Syst Sci Data. 2015;7:137-142. doi:10.5194/essd-7-137-2015

Larose, C., Dommergue, A., Vogel, T.M.

The Dynamic Arctic Snow Pack: An Unexplored Environment for Microbial Diversity and Activity. Biology, 2013, 2 (1), pp. 317-330. <http://dx.doi.org/10.3390/biology2010317>

Maccario, L., Carpenter, S.D., Deming, J.W. Vogel, T.M., Larose, C. 2019.

Sources and selection of snow-specific microbial communities in a Greenlandic sea ice snow cover. Sci Rep 9, 2290 doi:10.1038/s41598-019-38744-y

Maccario L, Sanguino L, Vogel TM, Larose C., 2015.

Snow and ice ecosystems: not so extreme. Res Microbiol.166(10):782-95. doi: 10.1016/j.resmic.2015.09.002.

Maccario L, Vogel T.M. and Larose C 2014

Potential drivers of microbial community structure and function in Arctic spring snow. Front. Microbiol. 5:413. doi: 10.3389/fmicb.2014.00413

Sanguino, L. Franqueville, L., Vogel, TM., Larose, C. 2015.

Linking environmental prokaryotic viruses and their host through CRISPRs. FEMS Microbiol. Ecol. 91: 10.1093/femsec/fiv046.





l'Institut polaire français

LES MISSIONS 54

FOCUS
SUR LA NOUVELLE ORGANISATION **55**

DONNÉES 56

CHIFFRES 60

COMMUNICATION 62



Mission du GIP

L'Institut polaire français Paul-Émile Victor est un organisme public chargé de la mise en œuvre de la recherche française dans les régions polaires.

Parce que l'accès et le séjour dans ces régions sont difficiles, l'Institut polaire déploie des moyens spécifiques et conséquents, des technologies dédiées avancées et emploie les compétences et connaissances spécifiques de son personnel pour rendre possible une recherche scientifique d'excellence dans ces milieux aux conditions extrêmes.

**L'INSTITUT
POLAIRE
FRANÇAIS**

ACHEMINE fret et personnel entre la métropole et leurs lieux de destination

ASSURE l'entretien de stations de recherche

DÉVELOPPE de nouvelles technologies pour la logistique et les infrastructures polaires

DIFFUSE l'information scientifique relative à ces milieux

FOURNIT les infrastructures pour la vie dans ces milieux

ORGANISE et planifie les chantiers techniques et les recherches scientifiques

RECRUTE le personnel nécessaire au maintien de ces stations et à la continuité des études scientifiques pendant l'hiver austral

SÉLECTIONNE des projets scientifiques grâce à un comité d'experts, les finance pour la partie opérationnelle de terrain et organise les expéditions

VEILLE à la formation et à la sécurité de tous

focus GPEC

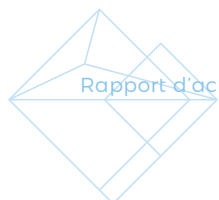
GESTION PRÉVISIONNELLE DES EMPLOIS ET COMPÉTENCES

En accord avec le conseil d'administration, la Direction de l'Institut a mis en place un diagnostic GPEC, confié à un consultant extérieur. Ce diagnostic visait à établir une cartographie des métiers et des compétences, des outils RH en place, des liens hiérarchiques et fonctionnels et de leur mise en œuvre en vue de proposer des pistes d'amélioration. Sur la base de ce diagnostic, la Direction peut optimiser les profils de nouveaux postes mais aussi faire évoluer les compétences des agents en fonction pour répondre au mieux aux missions et à la stratégie de l'Institut.

Construit à partir d'entretiens avec l'ensemble des agents sur la période août-septembre 2019, ce diagnostic a fait l'objet d'un rendu en assemblée générale le 15 octobre 2019. Il a abouti à des recommandations sur trois axes majeurs :

- La formalisation du projet stratégique construit par la Direction et l'établissement d'une culture managériale commune,
- L'obtention de nouvelles ressources humaines, complétée toutefois d'un travail sur les procédures et système d'information,
- Une organisation interne repensée autour du cœur de mission de l'Institut, à savoir les opérations, tout en développant une culture « projet » systématique dans le fonctionnement.





CONSEIL D'ADMINISTRATION DE L'INSTITUT POLAIRE

MARS 2020

Président

Yvon LE MAHO
Institut Pluridisciplinaire
Hubert Curien

Représentants des organismes membres de l'Institut

Marie-Hélène TUSSEAU-VUILLEMIN
Alain LAGRANGE
Ministère de l'Enseignement Supérieur,
de la Recherche et de l'Innovation

Dominique WAAG, Edwige CAVAN
Ministère de l'Europe et des Affaires Étrangères

Nicolas ARNAUD, Cyril MOULIN
CNRS

François HOULLIER
IFREMER

Elsa CORTIJO, Marie-Thérèse MENAGER
CEA

Juliette LAMBIN
CNES

Alain SOULAN
Météo France

Evelyne DECORPS
TAAF

Jean-Claude DUPLESSY
EPF

Participants avec voix consultative

Isabelle DELACROIX
Commissaire du Gouvernement

Éric PREISS, Adrien THIERRY
Contrôle général économique et financier

Christiane LAURENT-MONPETIT
Ministère de l'Outre Mer

Clémentine RENEVIER, Carole SEMICHON
Ministère de la Transition écologique et solidaire

Fatima LAGGOUN
Personnalité extérieure (CNRS - INSU)

REPRÉSENTATION DANS LES INSTANCES INTERNATIONALES

D'AVRIL 2019 À MARS 2020

Jérôme CHAPPELLAZ

- Membre de la délégation française aux réunions du Traité Antarctique (RCTA) et du comité de protection de l'environnement (CPE)
- Délégué français au conseil des managers de programmes antarctiques nationaux (COMNAP)
- Membre titulaire du conseil polaire européen
- Représentant de la France au sein du comité des opérateurs scientifiques à Ny-Alesund (NySMAC)
- Représentant de la France au sein du forum des opérateurs de recherche en Arctique (FARO) et membre du comité exécutif depuis mars 2020
- Représentant de la France au sein du comité scientifique international pour l'Arctique (IASC)
- Membre du comité directeur de la TGIR Concordia
- Participant au projet européen EU-PolarNet
- Participant au projet européen Beyond EPICA

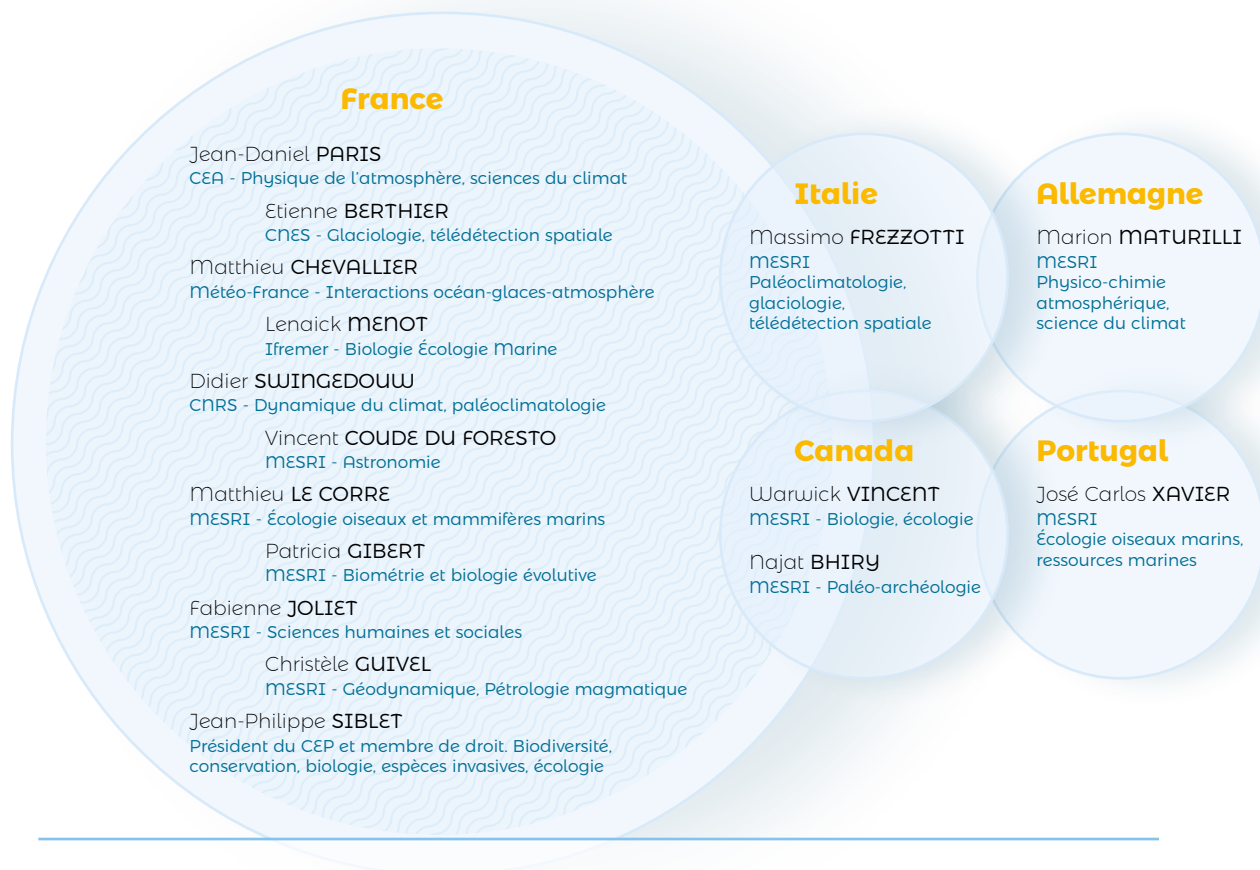
Christine DAVID-BEAUSIRE

- Membre suppléant du conseil polaire européen
- Représentant de la France au sein du comité des opérateurs scientifiques à Ny-Alesund (NySMAC)
- Représentant de la France au sein du forum des opérateurs de recherche en Arctique (FARO)

Gaëlle SELLIN

- Déléguée-adjointe française au conseil des managers de programmes antarctiques nationaux

COMPOSITION DU CONSEIL DES PROGRAMMES SCIENTIFIQUES ET TECHNOLOGIQUES



PARTICIPATION AUX RÉUNIONS EUROPÉENNES OU INTERNATIONALES

Jérôme **CHAPPELLAZ**

Christine **DAVID-BEAUSIRE**

- Réunion annuelle de l'European Geosciences Union (EGU)
"Official launch of Beyond Epica Project" à Vienne • **AVRIL 2019**
- Comité directeur Concordia à Paris • **AVRIL 2019**
- Réunion diplomatique «les enjeux de l'Arctique» à Reykjavik • **MAI 2019**
- Conseil polaire européen – Assemblée plénière à Arkhangelsk • **MAI 2019**
- Comité des opérateurs scientifiques à Ny-Alesund (NySMAC) à Arkhangelsk • **MAI 2019**
- Comité scientifique international pour l'Arctique à Arkhangelsk • **MAI 2019**
- Forum des opérateurs de recherche en Arctique (FARO) à Arkhangelsk • **MAI 2019**
- Comité pour la Protection de l'Environnement et Réunion Consultative du Traité sur l'Antarctique à Prague • **JUILLET 2019**
- Concordia Science Committee à Rome • **JUILLET 2019**
- Comité directeur Concordia Rome • **JUILLET 2019**
- Assemblée générale et symposium du conseil des managers de programmes antarctiques nationaux COMNAP à Plovdiv • **JUILLET 2019**
- Meeting pré-campagne Concordia à Tréminis • **SEPTEMBRE / OCTOBRE 2019**
- Workshop Franco-Russie sur la Sibérie à Paris • **OCTOBRE 2019**
- Assemblée générale du conseil polaire européen à Brest • **OCTOBRE 2019**
- Visite officielle de la Ministre de la Recherche en Antarctique • **NOVEMBRE 2019**
- Rencontre polaire France-Canada à Québec • **DÉCEMBRE 2019**
- Comité de pilotage du projet européen Beyond EPICA, en vidéoconférence • **DÉCEMBRE 2019**
- Réunion avec la direction de l'Institut Alfred Wegener (AWI) à Hambourg • **FÉVRIER 2020**
- Comité de pilotage du projet européen Beyond EPICA, en vidéoconférence • **MARS 2020**
- Comité de pilotage du projet Ice Memory, en vidéoconférence • **MARS 2020**
- Assemblée plénière du conseil polaire européen, en vidéoconférence • **MARS 2020**
- Comité scientifique international pour l'Arctique, en vidéoconférence • **MARS 2020**
- Forum des opérateurs de recherche en Arctique, en vidéoconférence • **MARS 2020**
- Ny-Alesund Science Managers Committee (NySMAC), en vidéoconférence • **MARS 2020**

- Comité des opérateurs scientifiques à Ny-Alesund (NySMAC) à Arkhangelsk • **MAI 2019**
- Forum des opérateurs de recherche en Arctique (FARO) à Arkhangelsk • **MAI 2019**
- Assemblée générale et symposium du conseil des managers de programmes antarctiques nationaux COMNAP à Plovdiv • **JUILLET 2019**
- Comité des opérateurs scientifiques à Ny-Alesund (NySMAC) à Oslo • **NOVEMBRE 2019**
- Réunion avec la direction de l'Institut Alfred Wegener (AWI) à Hambourg • **FÉVRIER 2020**
- Comité des opérateurs scientifiques à Ny-Alesund (NySMAC) visioconférence • **MARS 2020**

ORGANIGRAMME GÉNÉRAL

EN VIGUEUR EN MARS 2020

Direction

Jérôme CHAPPELLAZ
Directeur

Christine DAVID-BEAUSIRE
Directrice adjointe

Fanny KERAUDY
Assistante de direction

dirpol@ipev.fr

Département communication et médiation scientifique

Aude SONNEVILLE
Responsable communication

Lucie MAIGNAN
Adjointe

Mathilde DERIEN
Assistante

Département stratégie et innovation

Patrice BRETEL
Directeur de l'innovation

Agence comptabilité

Olivier SAUVAGE
Agent comptable

Dominique PRISAC
Assistante comptable

Département opérations scientifiques

Christine DAVID-BEAUSIRE
Directrice scientifique

Valérie HADOUX
Assistante de direction

Arctique

Dominique FLEURY
Responsable

Serge DRAPEAU
Adjoint

Sub antarctique

Yann LE MEUR
Responsable

Romuald BELLEC
Adjoint

Antarctique

Doris THUILLIER
Responsable

Gaëlle SELIN
Soutien Dumont d'Urville

Département télécommunications, informatique instrumentation

Thierry HÔTELIER
Responsable

Serge BEGON
Stations de recherche

Gilbert CALVEZ
Siege

Michel MUNOZ
SI Infrapol

Thierry LEMAIRE
SI Science

infrapol@ipev.fr

Département infrastructures et logistique polaires

Gaëlle SELLIN
Responsable des opérations antarctiques

Rémi FOLETTO
Concordia

Michel MUNOZ
Dumont d'Urville et gestion des fluides

Jean-Gabriel COLL
Électricité, production et distribution

Anthony VENDÉ
Raids, mécanique véhicules et centrales électriques

Serge DRAPEAU
Bâtiments, chaudronnerie, conception

Nathalie AUFFRET
Aménagements bâtiments et achats second œuvre

Département administratif et financier

Catherine MOCQUARD
Directrice administrative et financière

Gestion RH et finances

Martine GODEC
Responsable

Viviane JEAN
Antarctique

Danielle GUÉGUENIAT
Arctique et contrats européens

Annie JAOUEN
Îles subantarctiques

Ressources humaines

Laurence ANDRÉ-LE-MAREC
Responsable

Sandrine DROUMAGUET
Assistante

Logistique et approvisionnement

Isabelle THÉPAUT
Responsable

Pauline DUFRECHOU
Arctique, Antarctique

Laurence RAFFARD
Îles subantarctiques

Pool des expéditions

Yann L'HERROU
Responsable

Jean-Yves VITOUX
Killian POUPON

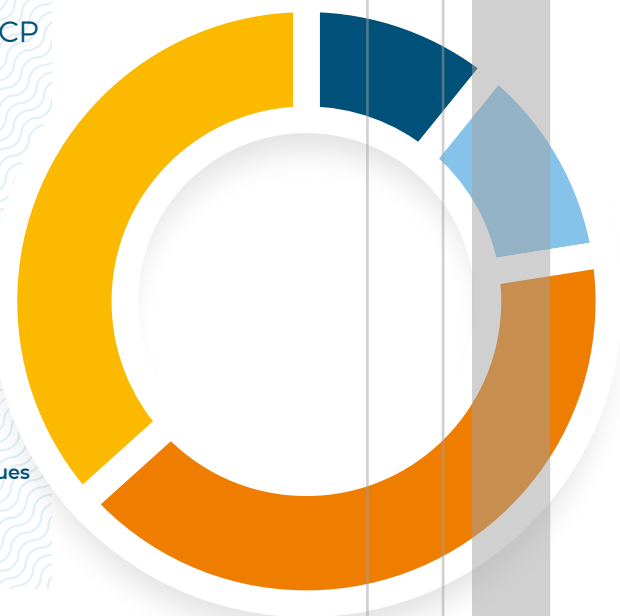


BUDGET

DÉPENSES PAR SECTEUR D'ACTIVITÉS EN CP



EXÉCUTION BUDGÉTAIRE 2019



1 599 576 €
DÉPENSES EN CRÉDITS DE PAIEMENT

RECETTES
1 685 852 €

SOUTIEN AUX PROJETS SCIENTIFIQUES

NOMBRE DE CAMPAGNES MISES EN ŒUVRE *

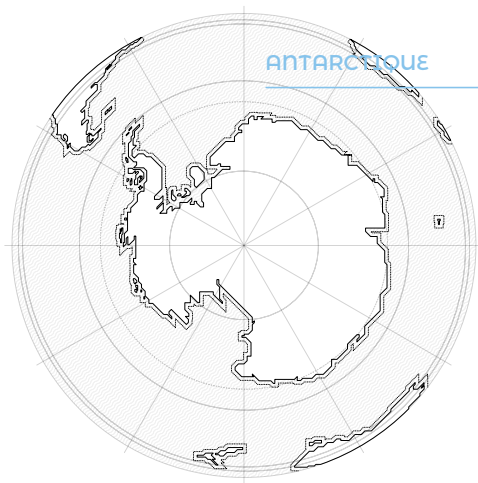
386 052 €	8	Sciences humaines et sociales
9 514 401 €	66	Sciences de l'univers
3 956 842 €	30	Sciences de la vie
303 873 €	8	Biologie humaine
1 063 563 €		Divers

* chiffres pris dans la présentation faite au CA juin 2020

PERSONNES AYANT SÉJOURNÉ DANS LES STATIONS EN 2019

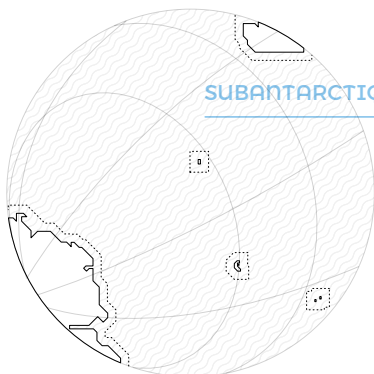
EFFECTIFS

ANTARCTIQUE



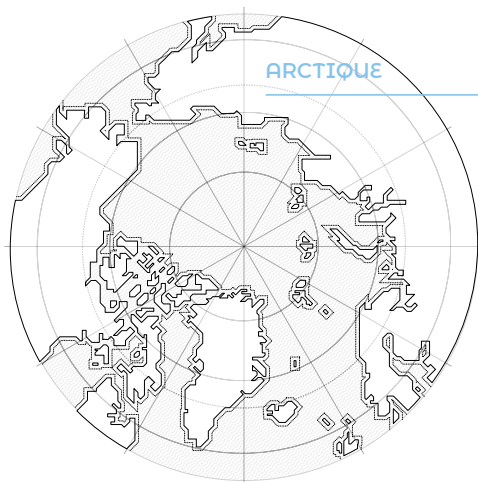
	Nombre de personnes	Nombre de jours missions
Personnel permanent du siège campagne d'été	20	973
Personnel contractuel campagne d'été Dumont d'Urville	22	1 218
Personnel contractuel campagne d'été Concordia	39	2 121
Personnel contractuel Hivernant Dumont d'Urville	15	2 059
Personnel contractuel Hivernant Concordia	13	1 594
Personnel scientifique Hivernant Concordia	4	436
Personnel scientifique campagne d'été Dumont d'Urville	44	1 297
Personnel scientifique campagne d'été Concordia	46	1 673
VSC techniques Dumont d'Urville	18	2 075
VSC scientifiques Dumont d'Urville	21	2 736
VI scientifiques Concordia	3	382
Autre scientifique campagne d'été Concordia (programmes ESA)	1	19
Autre scientifique Dumont d'Urville	30	1 043
Autre campagne d'été (SAF, contractants, visiteurs)	15	2 774
Autre hivernant Dumont d'Urville (TAAF, météo)	12	2 481
	303	22 881

SUBANTARCTIQUE



Personnel permanent du siège campagne d'été	9	514
Personnel contractuel campagne d'été Kerguelen	1	59
Personnel contractuel campagne d'été Crozet	1	55
Personnel scientifique campagne d'été Kerguelen	61	2 869
Personnel scientifique campagne d'été Crozet	16	875
Personnel scientifique campagne d'été Amsterdam	5	341
Personnel scientifique campagne d'été Interdistrict	2	38
VSC techniques Kerguelen	5	568
VSC scientifiques Kerguelen	22	2 923
VSC scientifiques Crozet	22	2 815
VSC scientifiques Amsterdam	17	2 524
	161	13 581

ARCTIQUE



Norvège (Svalbard-AUJPEV)	64	1 392
Personnel permanent du siège (campagne d'été)	7	121
Personnel communication	2	65
Personnel scientifique (campagne d'été)	53	804
Volontaire international	2	402
Groenland	13	481
Islande	2	14
Russie	19	544
Suède	5	42
Alaska	16	593
Canada	41	1 335
	160	4 401



LA COMMUNICATION À L'INSTITUT POLAIRE

En 2019, la place et la visibilité de l'Institut ont été renforcées sur des outils peu ou pas utilisés jusqu'à présent, les réseaux sociaux et les archives polaires françaises, afin de poursuivre sa mission de mise à disposition de contenus travaillés, vérifiés et diversifiés sur les mondes polaires.

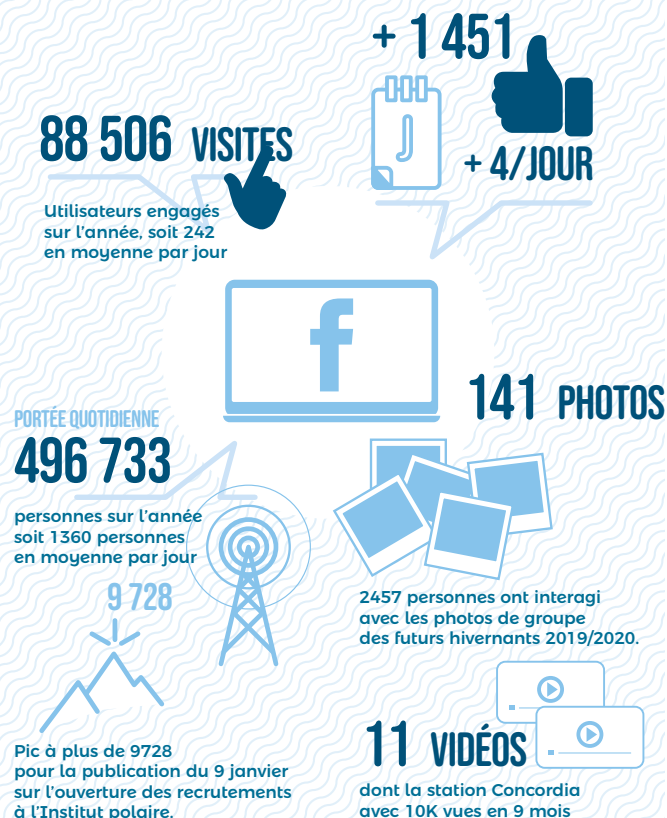
Une partie du travail de refonte des outils se porte sur la mise à jour des contenus : toute l'information imprimée, plaquettes, flyers, expositions... et en ligne a été ou va être retravaillée. C'est aussi l'ensemble des contrats, conventions et autres outils juridiques permettant une politique de communication plus efficace pour l'Institut qui sont en cours de rédaction avec l'aide des acteurs compétents sur ces domaines.

Le rapport d'activité connaît cette année une distribution essentiellement numérique. Une version plus courte en anglais nous permet désormais une distribution plus internationale.

LE 22 MARS 2019, OUVERTURE DU COMPTE **TWITTER**



FACEBOOK



PARTENARIAT PRIVÉ

L'Institut est de plus en plus sollicité pour des partenariats en communication avec le secteur privé. De plus, la création d'un département Innovation au sein de l'Institut renforce ces nouveaux liens. Sous l'impulsion du Ministère de la recherche, l'Institut a tenu un stand deux jours aux Rendez-vous Carnot à Paris pour y présenter les spécificités qu'offrent les stations polaires.

COMMUNICATION SUR LES GRANDS PROJETS SCIENTIFIQUES

Le raid EAIIST (présenté dans les projets scientifiques de ce rapport d'activité) a permis de mettre en avant les raids logistiques et scientifiques, une spécificité de l'Institut polaire depuis des années. Une campagne de communication a été construite durant plusieurs mois sur les outils de l'Institut en plus de la communication organisée avec les partenaires du projet (CNRS, UGA, Fondation BNP, PNRA). Par exemple, pour valoriser le projet et le savoir-faire de l'Institut, le département communication a créé deux films :

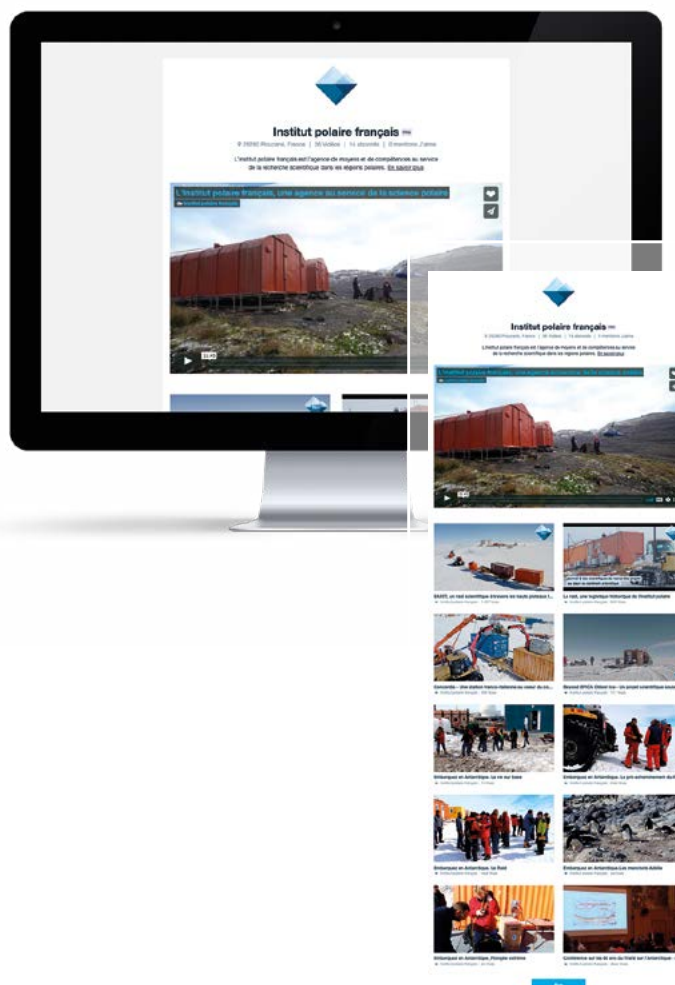
« **EAIIST, un raid scientifique à travers les hauts plateaux les plus arides de l'Antarctique** » et « **Le raid, une logistique historique de l'Institut polaire** » visibles sur sa chaîne Vimeo.

Autour du projet Beyond Epica – Oldest Ice, Le département, en plus de sa participation à la communication, a créé un film à partir des images tournées sur le terrain durant la dernière campagne 2018-2019 présentant les tests de sondes :

« **Beyond EPICA Oldest Ice - Un projet scientifique soutenu par l'Institut polaire français** ».

FILMS INSTITUTIONNELS

Un nouveau film de présentation de l'Institut a mis en scène le personnel de l'Institut. Une partie des images venaient du travail de la chargée de communication accompagnée d'un vidéaste partis durant la saison 2018-2019 à Concordia. En plus des films sur le raid EAIIST, Be-OI et les raids historiques à l'Institut, la station Concordia est présentée dans le film « **Concordia - Une station franco-italienne au cœur du continent Antarctique** ».

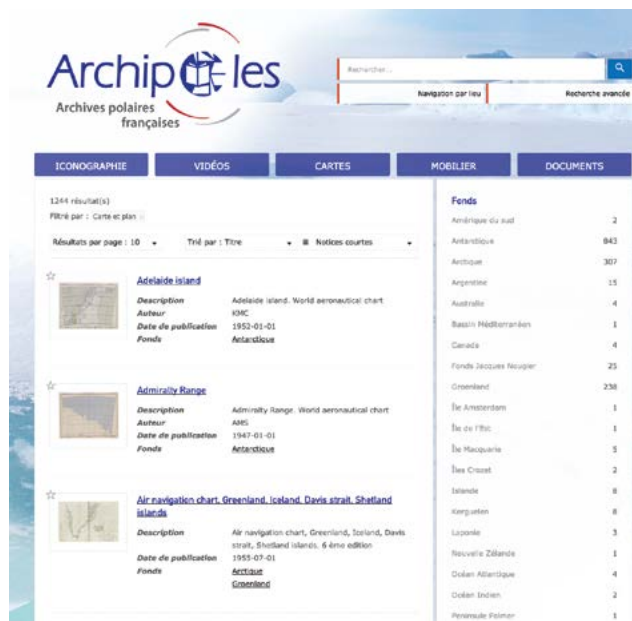


ARCHIVES POLAIRES

Fin 2018, juste après l'ouverture d'Archipôles, les archives polaires françaises, une personne était recrutée pour assurer l'inventaire des fonds privés donnés à l'Institut polaire. En 2019, le fonds Christian Grevisse a ainsi été versé sur le site d'Archipôles soit 1340 images inventoriées et numérisées concernant les îles subantarctiques et la terre Adélie.

Le traitement, inventaire, tri et description du fonds Corbel, lié à la présence scientifique française en Arctique, a commencé en 2019 et concerne plus de 3000 documents, iconographies, lettres, notes, cartes, etc. Le versement à numérisation est prévu pour 2020.

En décembre 2019, 1400 cartes couvrant une grande partie des mondes polaires et sur une période de 1932 à 1986, et appartenant à l'Institut ont été inventoriées par une société extérieure puis numérisées et versées sur le site Archipôles.



légende ?



légende ?



EDITION

A la demande de l'Institut français de la Mer pour son ouvrage « Découvrir le monde, Brest port d'explorateurs », un article de 6 pages consacré à l'Institut polaire retrace un récit des débuts de l'exploration des pôles jusqu'aux nouveaux types d'exploration d'aujourd'hui : la recherche scientifique, et les moyens logistiques sur lesquels elle s'appuie dans le cadre des missions de l'Institut polaire.

INTERNATIONAL

Lors de la XXXIe assemblée générale du COMNAP en Bulgarie, durant l'atelier « éducation et sensibilisation », le département a présenté les activités et les objectifs développés en matière d'éducation au monde polaire et de culture scientifique.



FOCUS SUR LA CULTURE SCIENTIFIQUE À L'INSTITUT

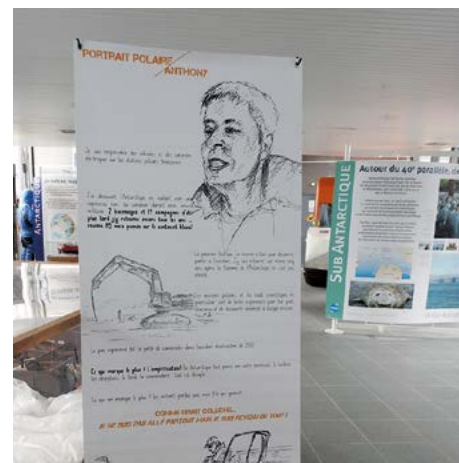
« Encourager le développement de la connaissance scientifique et technologique et susciter l'intérêt du public pour les régions polaires arctiques ou antarctiques, pour les zones subarctiques et subantarctiques » est une des missions de l'Institut polaire.

À ces fins, l'Institut polaire s'implique dans de nombreux événements de culture scientifique et met à disposition son expertise, son réseau et ses ressources pour des projets culturels et éducatifs à destination de publics variés.

Biodiversité, études scientifiques, métiers, histoire et géopolitique ... les ressources proposées par l'Institut permettent d'aborder de nombreux sujets en lien avec les régions polaires via des supports variés.

Parmi ces ressources, on trouve des expositions, des éléments de décors pour les rendre plus vivantes, agrémenter un espace de discussion ou promouvoir en extérieur son événement. L'Institut dispose notamment d'une riche collection d'instruments scientifiques d'archives particulièrement indiqués pour faire voyager le public à travers l'histoire de la recherche polaire française.

En 2019, le département Communication et médiation scientifique a créé une nouvelle exposition nommée Portraits polaires. Cette série de 10 portraits, illustrés par l'artiste Liz Hascoët, présente les femmes et les hommes scientifiques, ingénieurs ou techniciens qui participent à la recherche en Antarctique. Portraits polaires a été labellisée «80 ans du CNRS» par la direction de la Communication du CNRS. (photo ci-contre)



Ces 4 dernières années, plus d'une vingtaine de lieux à travers la France, mais également en Suisse et en Belgique, ont accueilli du matériel d'exposition de l'Institut apportant ainsi les régions polaires au plus large public.

Entre janvier 2019 et mars 2020 : 6 lieux différents ont accueilli des éléments d'exposition de l'Institut. Sur l'intégralité de cette période, pas un jour ne s'est déroulé sans que l'Institut polaire soit représenté quelque part.

L'Institut dispose également d'une collection de films qui peuvent être diffusés au sein d'une exposition, faire l'objet d'une projection-débat, ou enrichir une séquence d'enseignement. De la même manière qu'il s'attache à compléter le catalogue des expositions, le département Communication et médiation scientifique enrichit régulièrement la chaîne Vimeo de l'Institut avec de nouvelles vidéos tournées dans les régions polaires.

La chaîne Vimeo de l'Institut héberge actuellement 36 vidéos dont 4 films présentant l'Institut et ses stations, 14 des projets scientifiques, une série de 6 portraits d'hivernantes et 11 vidéos à visée pédagogique sur des sujets divers.

Conscient des enjeux que recouvre l'éducation du jeune public, l'Institut s'investit dans des projets pédagogiques et accompagne notamment de nombreux projets de correspondances entre des classes et les hivernants ou campagnards scientifiques qui partent en mission en Arctique, Antarctique ou dans les îles subantarctiques. Point d'orgue d'un projet de correspondance ou d'un événement culturel, des visioconférences en direct avec les stations sont organisées.

En 2019, une vingtaine d'hivernants ont participé à des projets de correspondances avec des classes et 6 visioconférences ont été organisées avec la station Concordia. Réalisation de films, d'exposition, création d'un journal ou de maquettes : ces projets avec le public scolaire aboutissent à de nombreuses créations qui révèlent leurs apprentissages dans des disciplines qui peuvent être la géographie, les sciences mais également l'étude de l'image ou la technologie.

L'Institut polaire met également à profit son personnel et son réseau pour répondre à des demandes de conférences, et participe tous les ans aux événements de culture scientifiques nationaux et européens que sont la Fête de la science et la Nuit européenne des chercheurs. À Brest, ces deux événements ont rassemblé, en 2019, plus de 13 000 visiteurs.

Toutes ces propositions, création d'exposition ou de film, conférence, projet de correspondance etc. sont construites en collaboration avec leurs futurs usagers. Le département Communication et médiation scientifique de l'Institut polaire s'attache à proposer gracieusement au plus grand nombre toujours plus de ressources, matérielles ou humaines, en étant particulièrement attentif à la qualité de ses propositions et à leur adéquation avec les besoins du public.



8 séries de panneaux d'expositions, une vingtaine d'impressions sur de grandes bâches, une vingtaine de types d'objets de décors, plus de 150 instruments et objets scientifiques d'archive.



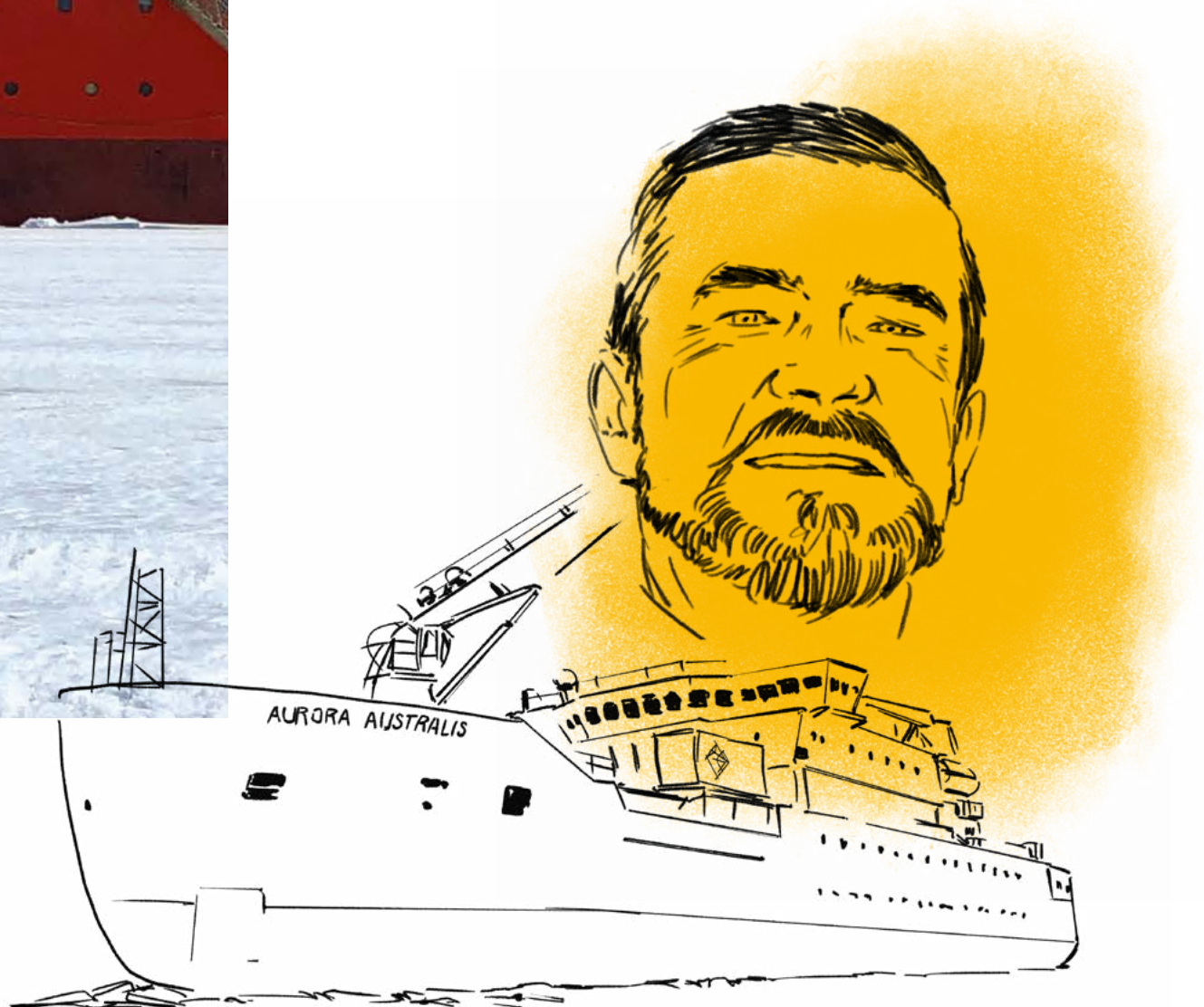
Partenaire





L'AUSTRALIAN ANTARCTIC DIVISION

AAD 68



L'Australian Antarctic Division



Auteur

Kim ELLIS,

Directeur
Australian Antarctic Division

L'Australie et la France entretiennent depuis longtemps des relations amicales en Antarctique et dans les régions subantarctiques. Ces liens étroits ont été mis en évidence cet été lorsque l'Institut polaire français a demandé l'aide des Australiens. L'Australian Antarctic Division (AAD) a ainsi pu réapprovisionner la station antarctique française, Dumont D'Urville et transporter une nouvelle équipe d'expédition vers le sud.

Le brise-glace australien, l'*Aurora Australis*, a ainsi permis le dépôt des expéditionnaires, de fret et de 250 000 litres de carburant à la station.



Cette assistance s'inscrit dans l'esprit de coopération qui existe en Antarctique, mais elle reflète également l'étroite et longue relation qui unit l'Australie et la France.

En tant que premiers signataires du Traité sur l'Antarctique, nous avons une histoire forte et partagée, notamment en tant que principaux promoteurs du Protocole sur la protection de l'environnement du Traité sur l'Antarctique (Protocole environnemental), qui interdit indéfiniment l'exploitation minière en Antarctique. Nos deux pays sont également géographiquement voisins en Antarctique, et nous avons des zones économiques exclusives (ZEE) adjacentes sur le plateau subantarctique des Kerguelen.

Grâce à nos collaborations scientifiques sur l'écosystème marin et la recherche halieutique sur le plateau des Kerguelen, nous avons adopté des approches complémentaires pour l'évaluation des stocks de légines dans nos ZEE. Cette approche a été saluée par la Commission pour la conservation de la faune et de la flore marines de l'Antarctique - l'organe clé responsable de la conservation des écosystèmes marins et de la gestion des pêches dans l'océan Austral.

L'AAD et l'Institut polaire français collaborent également étroitement dans le cadre de divers accords qui témoignent de notre engagement commun en faveur de la bonne gouvernance, de la protection de l'environnement et de l'excellence scientifique.

CES ACCORDS SONT LES SUIVANTS :

- **La déclaration d'intention sur la relation Australie-France** signée en mai 2018 par le Premier ministre Malcolm Turnbull et le Président Emmanuel Macron. Cette déclaration comprend une section sur la coopération en l'Antarctique et dans l'océan Austral qui reconnaît l'engagement des dirigeants à travailler ensemble pour faire progresser les objectifs communs en matière de politique, de science et de logistique.
- **Un traité entre le gouvernement australien et le gouvernement français sur la coopération dans les zones maritimes adjacentes aux Terres australes et antarctiques françaises, à l'île Heard et aux îles McDonald**, entré en vigueur le 1^{er} janvier 2005. Ce traité encourage, entre autres, la recherche scientifique sur les ressources marines vivantes.
- **Le protocole d'accord de 2012 sur la coopération antarctique entre l'AAD et l'Institut polaire français.**
- **Un accord non contraignant sur la coopération concernant la science antarctique, la coordination, le partage des données et le partage optimal de la logistique.**
- **Les accords de «Quid-pro-quo» entre l'AAD et l'Institut polaire français**, qui prévoient le partage des capacités logistiques antarctiques sur une base annuelle. Par exemple, l'Institut polaire a déjà fourni à l'Australie un soutien maritime à l'île Macquarie, tandis qu'en 2019-2020, l'AAD a aidé la France à la suite des dommages subis par l'Astrolabe.

En 2019-2020, les deux pays ont fait avancer la recherche visant à découvrir des archives climatiques de plus d'un million d'années dans des carottes de glace. La France en finalisant la sélection du site et en installant un camp de forage près de Concordia en collaboration avec des collègues du consortium européen ; l'Australie en travaillant sur le développement des techniques de forage, la planification générale et la préparation de l'équipement de raid. Ces deux projets de carottage de glace, l'un mené par l'Australie et l'autre par le consortium européen, seront fortement collaboratifs et s'inscriront dans le cadre des partenariats internationaux noués autour du carottage glaciaire.

Nous nous réjouissons de la poursuite de cette collaboration dans le cadre de notre vision commune de l'excellence et de l'innovation en matière de science, de gouvernance et de protection de l'environnement en Antarctique et dans la région subantarctique.



Projets scientifiques Soutenus



SOUTENUS
ARCTIQUE 72

SOUTENUS
ANTARCTIQUE 93
SUBANTARCTIQUE





330

ORNITHO ENDOCRINO

CONSÉQUENCES PHYSIOLOGIQUES ET PHYSIQUES DE L'EXPOSITION ÉMERGENTE AUX CONTAMINANTS CHEZ LES OISEAUX DE MER DE L'ARCTIQUE

Dans le cadre du projet ORNITHO-ENDOCRINO, nous souhaitons étudier les conséquences physiologiques et démographiques de l'exposition aux composés poly-et perfluorés (PFASs) chez les mouettes tridactyles du Svalbard. Les PFASs, très utilisés comme agents de surface pour un grand nombre d'applications industrielles, sont désormais les contaminants les plus abondants chez les oiseaux marins de l'Arctique, mais leurs effets sont très peu connus. Dans ce projet, nous allons :

- Étudier l'influence de PFASs sur les mécanismes endocriniens impliqués dans l'effort reproducteur (corticotérostérone, LH, prolactine)

- Explorer, via l'étude de la dynamique des télomères, l'impact de la contamination par les PFASs sur le vieillissement des individus

- Évaluer les conséquences ultimes de l'exposition PFASs sur le succès reproducteur et la survie.



AWIPEV - Ny Alesund
ARCTIQUE



Chastel Olivier

333

PARASITO ARCTIQUE

INTERACTIONS HÔTE-PARASITE DANS L'ESPACE : DISPERSION ET INTERACTIONS LOCALES CHEZ LES OISEAUX DE MER ARCTIQUES.



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 et d'arbovirus. 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.



Norvège
ARCTIQUE



Boulinier Thierry

ADAPTATION DES OISEAUX MARINS DE L'ARCTIQUE AUX CONTRAINTES ENVIRONNEMENTALES DANS LE CONTEXTE DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Il est essentiel d'aboutir à une meilleure compréhension des processus écologiques en Arctique, alors que cette zone est frappée de plein fouet par les changements globaux. A ce titre, nous étudions l'écophysiologie des mergules nains (Alle alle), les oiseaux marins les plus abondants de l'Arctique et des bioindicateurs avérés de l'impact des changements environnementaux sur les écosystèmes marins à l'échelle de l'Atlantique nord. Par le biais d'un projet d'étude à long terme des mergules nicheurs au Groenland est (Terre de Liverpool) en place depuis 2005, mais aussi de travaux de biologie expérimentale, de modélisation et de mise en réseau de données à l'échelle de la communauté des oiseaux marins de l'Arctique, nous testons les hypothèses suivantes :

Les changements environnementaux en cours affectent le statut trophique, l'écologie de la recherche alimentaire, la performance de reproduction, la condition corporelle et la survie multi-annuelle des mergules nains pendant la saison de reproduction.

Les changements climatiques en cours affectent l'écophysiologie de la migration chez les mergules nains au cours de leur hivernage en Atlantique nord.

L'énergétique du vol et de la plongée conditionne l'écologie fonctionnelle des mergules nains - parmi les plus petits homéothermes plongeurs marins au monde.

Le réchauffement climatique de l'Arctique génère un stress thermique pour les oiseaux marins et diminue leur performance reproductive.

Les contaminants environnementaux impactent l'écophysiologie, le comportement et la performance reproductive des mergules nains, avec des conséquences à long terme pour leurs populations.

La communauté des oiseaux marins de l'Arctique fonctionne comme un réseau naturel de suivi des contaminants historiques et émergents. L'ensemble de nos travaux participent au Circumpolar Biodiversity Monitoring Programme (CBMP) du groupe Conservation of Arctic Flora and Fauna (CAFF) du Conseil de l'Arctique, et correspondent ainsi étroitement aux souhaits des peuples de l'Arctique en matière de recherche environnementale.



Groenland
ARCTIQUE



Gremillet David

1036

INTERACTIONS

**IMPACTS DIRECTS ET INDIRECTS DES DIFFÉRENTES INTERACTIONS
PARASITE-PRÉDATEUR-PROIE SUR LA DYNAMIQUE CYCLIQUE D'UNE COMMUNAUTÉ
DE VERTÉBRÉS TERRESTRES ARCTIQUES SOUMISE À DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES**

L'Arctique se réchauffe plus rapidement que toute autre région de la planète et prédire la réponse de la biodiversité aux changements climatiques (CC) est devenue un domaine de recherche extrêmement actif. La plupart des études concernant les impacts du CC sur la biodiversité se sont jusqu'à présent concentrées sur des réponses au niveau individuel, principalement sur la phénologie, la physiologie ou les changements de répartition des espèces. Cependant, il est reconnu que les interactions biotiques sont à l'origine des processus écologiques et évolutifs clés, et influencent les réactions des écosystèmes aux CC. Ainsi, prévoir les effets des CC dépend de notre capacité à comprendre les interactions entre espèces les plus vulnérables aux changements climatiques et les plus déterminantes au niveau de la structure et du fonctionnement des communautés.

Les interactions prédateur-proie (PPI) jouent un rôle majeur dans la structuration des communautés des vertébrés terrestres arctiques. Il est donc essentiel de comprendre comment l'intensité de ces interactions varie en fonction des contraintes du CC pour évaluer les changements en cours de la biodiversité arctique.

Si les PPI sont principalement perçues comme des interactions trophiques directes (létales) entre les espèces de proies et de prédateurs, elles peuvent également prendre différentes formes au niveau de la communauté. Ainsi, les PPI peuvent être non trophiques/non létales lorsque les prédateurs induisent des réponses anti-prédateurs (effets du risque) chez les proies, n'impactant pas nécessairement leur présente abondance mais plutôt leur survie à long terme et / ou leur reproduction.

Ce projet s'inscrit dans la continuité de notre projet « Interactions-1036 » financé par l'Institut Polaire Français-IPEV entre 2011 et 2014 et prolongé en 2015-2018. Dans nos projets précédents, nous avons approfondi notre compréhension des interactions directes et indirectes entre les lemmings, les limicoles et leurs prédateurs communs. Le nouveau projet INTERACTIONS (2019-2022) visera désormais à capitaliser sur cette expertise afin de l'élargir aux interactions interspécifiques plus complexes, impliquant deux objectifs :

Des observations à plus grande échelle temporelle sur les sites précédemment étudiés afin de mieux apprécier l'effet des fluctuations annuelles ;

L'extension à l'étude des réponses individuelles des proies et des prédateurs selon l'intensité de leurs interactions.

L'originalité de notre nouveau projet consiste en l'étude mutuelle des réponses comportementales des proies et des prédateurs aux variations d'intensité de leurs interactions et des conséquences pour la dynamique et la répartition des différentes populations.

Une meilleure compréhension de l'évolution des interactions prédateurs-proies dans les écosystèmes terrestres arctiques pourrait avoir de fortes répercussions sur notre capacité à comprendre les effets du CC sur l'évolution de la biodiversité.



Groenland
RUSSIE

Bollache Loïc



1166

ARTICLOCK

ÉTUDE DES HORLOGES CIRCADIENNES ET CIRCULAIRES DU PÉTONCLE CHLAMYS ISLANDICA ET DE LA MOULE MYTILUS EDULIS VIVANT DANS LE GRAND NORD.

Ce projet est la suite du projet IPEV 1166 obtenu en 2017 et est adossé à l'ANR WAQMOS (2015-2020). Il vise à étudier par une approche de chronobiologie comportementale et moléculaire, les mécanismes de l'horloge circannuelle et circadienne du pecten arctique *Chlamys islandica* ainsi que de la moule *Mytilus edulis*, en particulier pendant la nuit polaire. Le contexte scientifique est que depuis peu, la période de nuit polaire ne serait plus perçue comme une période de dormance ou de repos mais au contraire pourrait être une période d'intense activité métabolique. Dans ce cadre-là, nous avons déjà montré que le rythme circadien d'activité valvaire était maintenu même pendant la nuit polaire. Nous voulons maintenant étudier :

- Les mécanismes d'origines endogènes sous-jacents à ces rythmes circadiens
- Leur synchronisation par les variations d'intensité lumineuses
- Le rythme circannuel.

Le fonctionnement de l'horloge sera mis en parallèle du comportement valvaire et de la croissance. Enfin, cette étude sera mise en perspective du réchauffement global exacerbé aux pôles, qui modifie les cycles de vie entre les bivalves et leurs nourritures comme le phytoplancton.



AWIPEV - Ny Alesund
ARCTIQUE



Tran Damien



1190

MAD FOOD 2

DEVENIR DES DÉTRITUS DE MACROALGAE COMME SOURCES ALIMENTAIRES DANS LES ÉCOSYSTÈMES CÔTIERS POLAIRES. PHASE 2

La côte occidentale du Spitzberg est l'une des zones les plus impactées dans le monde par le changement climatique. En effet, cette zone est le lieu où se rencontrent et se mélangent les masses d'eau d'origine atlantique, arctique et issues des glaciers. Ainsi, l'étude du fonctionnement du Kongsfjorden apparaît comme particulièrement pertinente pour mieux comprendre et prédire quel sera le devenir des écosystèmes côtiers polaires dans le futur. Ces écosystèmes sont le lieu d'une très forte production de macroalgues (i.e. kelps) mais la plupart de cette production n'est pas utilisée à l'état frais par les consommateurs. Cette matière organique est ainsi probablement exportée vers d'autres habitats parmi lesquels les vasières subtidales, dans lesquels cette matière est sans doute piégée dans le sédiment. L'objectif de ce projet est de déterminer dans quelles proportions les habitats de type vasières subtidales participent au piégeage de la matière détritique issue des macroalgues et de définir quel est le devenir de cette matière dans la chaîne alimentaire, et ceci à deux saisons : en été, quand la production primaire (i.e. macroalgues, phytoplancton) est élevée, et en hiver, quand la production primaire est au plus bas, et que les consommateurs utilisent très probablement de la matière d'origine détritique. Pour atteindre ces objectifs, nous déterminerons et comparerons la structure des communautés de la faune benthique pendant ces deux saisons et nous déterminerons le rôle de la matière détritique issue des macroalgues dans le fonctionnement des réseaux trophiques dans une vasière subtidale, en utilisant des traceurs de la matière (i.e. isotopes stables, acides gras). Les résultats obtenus fourniront ainsi des informations sur la connectivité entre deux habitats majeurs des écosystèmes polaires côtiers : les ceintures de macroalgues et les vasières subtidales.



AWIPEV Ny-Ålesund, Svalbard
ARCTIQUE



Lebreton Benoît

1192

MICROLIFE 2

MICRO-ORGANISMES VIVANT
DANS L'ARCTIQUE

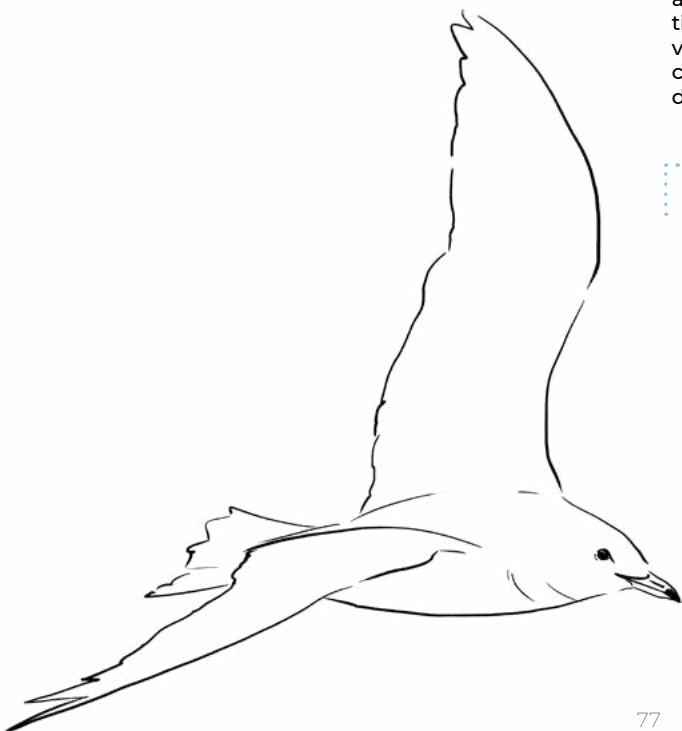
L'Arctique est une région d'importance stratégique croissante pour l'Europe. En conséquence, il devient nécessaire d'estimer l'impact que les changements environnementaux vont avoir sur l'Arctique et notre planète. La neige saisonnière est l'une des composantes les plus critiques et les moins étudiées de la cryosphère arctique. Après l'océan, la neige est la deuxième plus grande interface entre l'atmosphère et la Terre. Étant donné que la neige est en constante évolution en fonction de la température, c'est un indicateur très sensible des conditions climatiques. Afin de déterminer l'impact des changements climatiques, il faut des séries temporelles intégrant différents types de données (physiques, chimiques et biologiques). De nombreux échantillons doivent être collectés, y compris l'échantillonnage des précipitations. Avec le projet pluriannuel Micro Life2, nous proposons de fournir de telles données afin de répondre à une série de questions liées à l'écologie microbienne ainsi qu'à l'adaptation au changement. La connaissance de l'importance relative des processus de colonisation, de la sélection post-dépôt, de l'activité hivernale et de la redistribution microbienne dans les accumulations de neige est essentielle afin de mieux évaluer et prédire le rôle des microorganismes dans les environnements arctiques.



AWIPEV Ny-Ålesund, Svalbard
ARCTIQUE



Larose Catherine



1210

IVORY

À LA RECHERCHE DE LA MOUETTE
BLANCHE : UNE ESPÈCE SENTINELLE
DU CHANGEMENT CLIMATIQUE DANS LES
RÉGIONS LES PLUS MENACÉES ET LES PLUS
RECULEES DU GROENLAND.

Les espèces vivant dans l'Arctique sont confrontées à des changements environnementaux forts. Afin de prédire l'impact de ces changements sur les espèces endémiques de l'Arctique, une meilleure compréhension de leur biologie et de leur écologie est nécessaire. Un nombre limité d'espèces arctiques associées à la glace de mer peut agir comme espèces sentinelles de ces changements globaux, dont les réponses écologiques aux modifications environnementales méritent une attention particulière. C'est le cas de la Mouette ivoire (*Pagophila eburnea*), une espèce qui complète entièrement son cycle de vie dans l'Arctique et qui doit donc directement faire face aux changements profonds qui affectent l'Arctique. Ici, nous nous proposons d'utiliser des approches complémentaires pour étudier les tendances démographiques, les changements d'utilisation de l'espace et la charge en contaminants des espèces arctiques sous l'influence des changements climatiques et autres modifications environnementales (par exemple, une augmentation de l'exposition des oiseaux aux contaminants), avec la Mouette ivoire comme espèce modèle. Nous allons combiner des approches de génomique (séquençage à haut débit) pour déduire la dynamique de la population et la structure génomique de la population, avec le suivi d'animaux équipés de GPS afin d'explorer les mouvements et le choix de l'habitat de la mouette ivoire sur l'ensemble de son aire de distribution. En outre, nous évaluerons les charges en contaminants des mouettes ivoire dans ses derniers bastions de reproduction au Groenland. Notre approche complémentaire produira des informations biologiques fondamentales pour la conservation de la mouette ivoire dans le contexte du changement climatique et de l'exploitation prévue de ses zones d'alimentation en haute mer.



Groenland, station Nord
ARCTIQUE



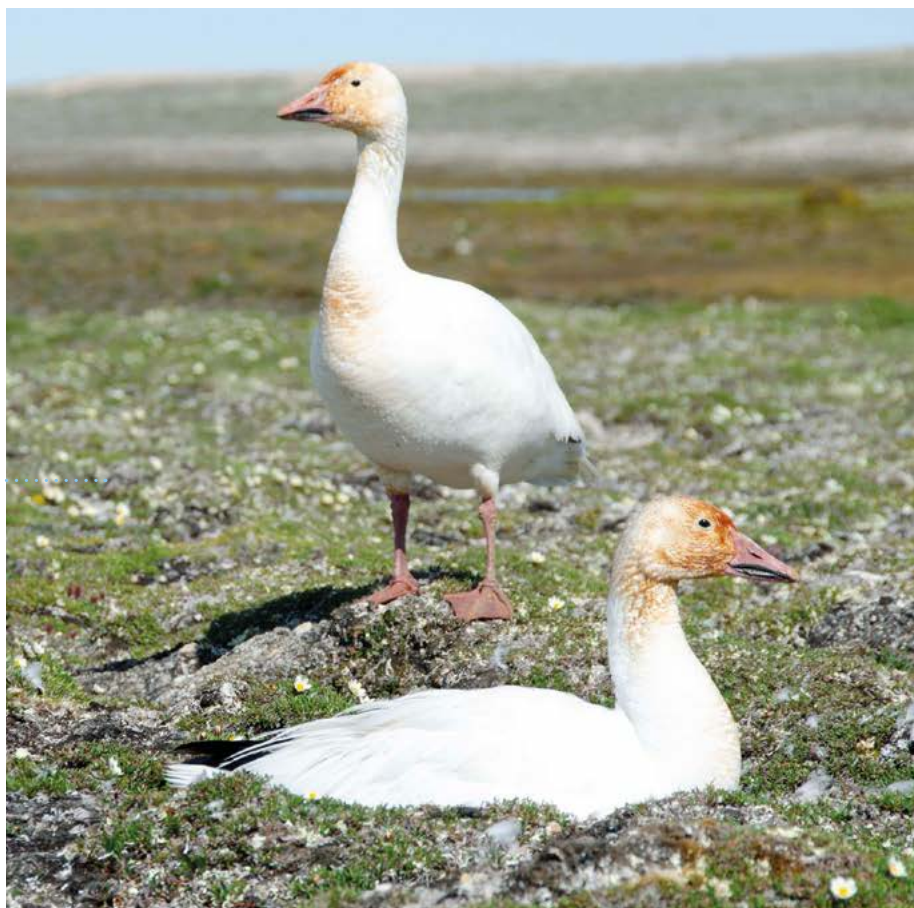
Yannic Glenn

1218

HYPERGEESE

HYPER-ABONDANCE DES OIES ARCTIQUES ET LE DÉCLIN DES LIMICOLES DANS L'ARCTIQUE CANADIEN, UN TEST EMPIRIQUE

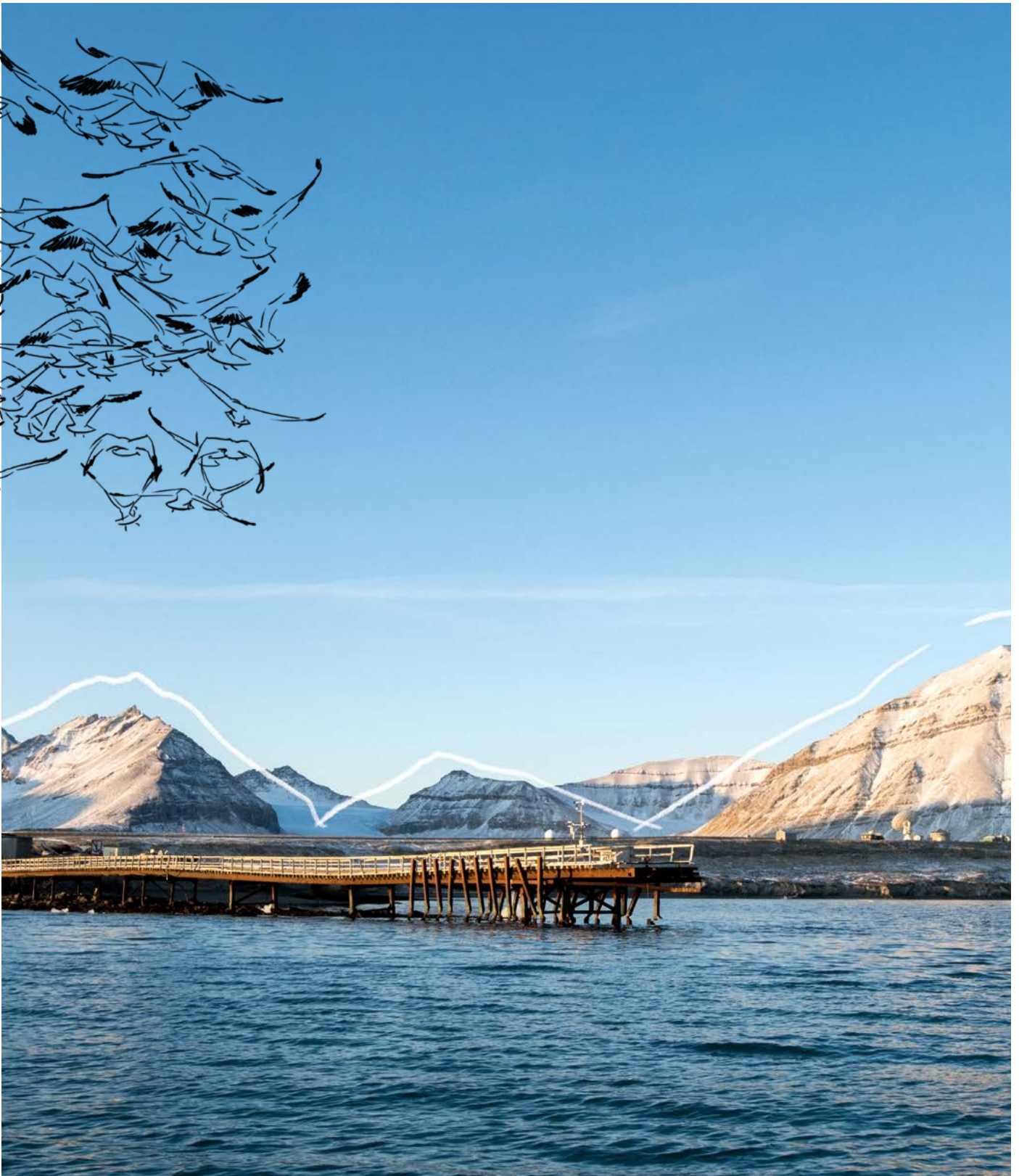
Les écosystèmes arctiques, du fait de leur isolement et de la faible densité du peuplement humain, paraissent devoir être à l'abri des effets directs induits par la population humaine sans cesse croissante. Cependant, et ironiquement, ces écosystèmes sont aujourd'hui ceux où l'on observe les changements les plus rapides et les plus radicaux en lien avec les activités humaines. Ceci est en particulier le cas du fait de leur sensibilité aux changements climatiques causés par les activités humaines. Ces modifications ont à juste titre attiré l'attention des scientifiques, mais cela s'est fait au détriment de recherches sur les autres formes de perturbations anthropiques affectant l'Arctique. Un des exemples les plus extrêmes est l'explosion des populations d'oies des neiges nichant dans l'Arctique. Leurs populations sont passées de moins de 100 000 individus à plus de 10 millions en tout juste quelques décennies à la suite de changements de pratiques agricoles et à la capacité de ces espèces de changer leurs habitats d'hivernage pour exploiter ces milieux cultivés. Le focus de ce projet est de revisiter 22 ans plus tard le même site d'étude dans l'Arctique canadien pour y répéter un ensemble d'observations quantitatives et semi-quantitatives permettant d'évaluer l'ampleur et le rôle respectif joué par la forte augmentation de l'abrutissement par les oies et le climat dans les cascades d'effets affectant ces milieux et leurs avifaunes.



Canada
ARCTIQUE



Martin Jean-Louis



SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

1026

POLARLIS3

POLARISATION DE LA RAIE ROUGE AURORALE THERMOSPHERIQUE AU SVALBARD

Après une série de découvertes et un premier suivi en hiver à Ny-Alesund, il est maintenant souhaitable d'effectuer des mesures à long terme de la polarisation de la raie rouge aurorale. Cela signifie au moins sur un $\frac{1}{2}$ cycle solaire (environ 6 ans) à partir de la même position d'observation. L'objectif est de relier la polarisation à l'activité solaire pour en faire une nouvelle fenêtre de météo de l'espace sur notre environnement spatial. Nous avons déjà quelques mois de données à Hornsund, et quelques mois depuis Ny-Alesund. Nous proposons ici de compléter cette série d'observations pendant les 4 prochaines années à Ny-Alesund.



AWIPEV Ny-Ålesund, Svalbard
ARCTIQUE



Lilensten Jean



1042

ESCAPE2-ARCTIC

ÉCOSYSTÈMES - NEIGE - CLIMAT
RÉTROACTIONS DU PERGÉLISOL

Le pergélisol représente 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 :

- Notre prédiction de l'évolution du régime thermique du pergélisol
- 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 du projet. 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.

Canada, Nunavut et Nunavik
ARCTIQUE

Domine Florent

1126

ARCSNOW

INTERACTIONS SUR LE LONG TERME
ENTRE LA NEIGE ET L'ATMOSPHÈRE
DANS L'ARCTIQUE

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 ont révélé plusieurs autres rétroactions qui jouent aussi un rôle. Celles-ci comprennent les effets dus aux propriétés thermiques de la glace de mer, à des changements dans le transport de l'énergie vers les pôles et les changements associés aux tempêtes, à la vapeur d'eau et aux nuages. Ces résultats sont principalement fondés 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 très controversé. Ce projet vise à étudier plus en détail 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. 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 humides et le recyclage des polluants à l'interface atmosphère/neige.

AWIPEV Ny-Ålesund, Svalbard
ARCTIQUE

Jacobi Hans-Werner



1141

AWIPEV-CO2

SUIVI DE LA CHIMIE DES CARBONATES À L'OBSERVATOIRE SOUS-MARIN À L'AWIPEV

Durant sa première phase, le projet AWIPEV-CO2 a mis en place une série de mesure de la chimie des carbonates à Ny-Alesund. Il s'agit de la première (et la seule) série temporelle de ce type dans l'Arctique. Ces mesures sont indispensables pour estimer les flux de CO₂ à l'interface air-mer, 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. Un projet ERC a été soumis. Quatre instruments ont été installés dans l'observatoire sous-marin d'AWIPEV : capteur pCO₂ (2015), alcalinité totale (2016), pH in situ (2017) et pH dans la ferrybox (2017). Ces opérations ont également bénéficié du soutien financier de l'AWI et du projet Européen INTAROS. Parallèlement des mesures discrètes hebdomadaires de carbone inorganique dissous et d'alcalinité et mensuelles de pH sont réalisées à des fins de validation et de calibration des capteurs. Les données sont disponibles en temps quasi-réel (http://www.obs-vlfr.fr/~gattuso/data/awipeco2_web.html). L'objectif de la présente demande est la poursuite de ce suivi.



AWIPEV Ny-Ålesund, Kongsfjord
ARCTIQUE



Gattuso Jean-Pierre

1180

EGRIP-FRANCE

FORAGE DE GLACE AU GROENLAND PROJET EGRIP-FRANCE

Ce projet représente la contribution française au projet international de forage profond EGRIP (East Greenland Ice coreProject) 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.



Groenland
ARCTIQUE



Gillet-Chaulet Fabien





1206

INTAROS-SVALBARD

CONTRIBUER À UN SYSTÈME D'OBSERVATION : ARTIC INTEGRATED AUTOUR DE SVALBARD

L'Arctique a subi lors des deux dernières décennies des changements majeurs, marqués notamment par une réduction de la couverture de glace et une augmentation plus marquée de la température de l'air que dans le reste du globe. Ces changements affectent dès à présent les écosystèmes et pourraient avoir un impact sur la circulation atmosphérique et le climat de l'Europe. La mise en place de systèmes d'observations est donc un enjeu majeur, d'autant plus que les observations sont rares étant donné la difficulté d'accès aux hautes latitudes. Le projet INTAROS-Svalbard s'inscrit dans cette optique et a pour objet de renforcer la mise en œuvre de mesures intensives dans la région autour du Svalbard, un des super sites définis dans le projet européen (H2020) INTAROS (INTEgrated ARctic Observing System). Cette région est une région clé pour l'équilibre de l'Arctique car elle est un des points d'entrée majeurs de l'eau chaude en provenance de l'Atlantique à l'origine de très fortes interactions de surface entre l'océan, d'une part, et l'atmosphère ou la glace, d'autre part. En tant que zone de transition entre les bio-provinces arctique et atlantique, elle est aussi particulièrement sensible aux effets du changement climatique.

Les objectifs du projet INTAROS-Svalbard sont de mieux décrire et comprendre :

Les conditions qui contrôlent la redistribution de la chaleur de la veine d'Eau Atlantique lors de son entrée dans l'océan Arctique, son lien avec la glace de mer et la structure thermohaline de l'océan de surface

Les interactions entre les vagues et la glace dans les zones côtières à l'ouest du Svalbard en se concentrant sur un des principaux fjords, Kongsfjord, la réponse de la biologie et des populations benthiques à l'évolution de la glace de mer et des propriétés des masses d'eau dans ce fjord.

Pour atteindre ces objectifs, le projet s'appuiera sur le déploiement en été de gliders dans le détroit de Fram et au nord du Svalbard. Ces mesures haute résolution permettront de caractériser la structure tridimensionnelle du courant Atlantique et des tourbillons. Des mouillages au nord du Svalbard fourniront des séries multi-annuelles du courant (vitesse, température salinité) et de la distribution de la glace de mer, et serviront à analyser le lien entre la glace et la stratification et les échanges entre le plateau et la pente. Dans le Kongsfjord, l'enregistrement des signaux acoustiques ambiants par des hydrophones permettra, en parallèle avec des mesures par accéléromètre de l'activité biologique des bivalves et des paramètres environnementaux, d'analyser cette activité en rapport avec l'environnement et notamment l'évolution de la glace de mer. Les signaux acoustiques permettront par ailleurs de mieux comprendre les interactions entre les vagues et la glace.



AWIPEV Ny Alesund,
Kongsfjord, Svalbard
ARCTIQUE



Houssais Marie-Noëlle

1207

MESSI

ISOTOPES STABLES AU MERCURE DANS L'ATMOSPHÈRE ARCTIQUE

Le mercure, toxine sévère pour la faune et pour l'Homme, intègre les écosystèmes arctiques via les apports atmosphériques, fluviaux et océaniques. Dans le cadre des projets ERC, CAF, et H2020 récents nous avons pu explorer des aspects critiques du cycle du mercure en milieu arctique : nous avons fourni les premiers suivis saisonniers de ce polluant dans les fleuves russes, dans l'intérieur de l'Océan Arctique, et dans la toundra. Ceci a permis de dresser un nouveau bilan du cycle du mercure en Arctique, et le développement d'une nouvelle génération de modèles numériques dans le but de comprendre les effets du réchauffement arctique sur le cycle du mercure. Parmi les zones d'ombres, à la fois non expliquées et mal reproduites par les modèles, l'augmentation brutale des niveaux de mercure atmosphérique pendant l'été arctique est une question ouverte. L'objectif principal du projet MESSI sera de faire des observations inédites sur les signatures isotopiques du mercure atmosphérique, afin de mieux comprendre l'origine des émissions estivales (terrestres, océaniques, banquise ?). Dans un deuxième temps nous revisiterons la dynamique saisonnière du mercure réactif (HgII) dans l'atmosphère arctique en intercomparant des nouvelles méthodes de prélèvement à des sites instrumentés. L'ensemble des observations permettra une meilleure paramétrisation des modèles 3D couplés.



AWIPEV / Ny-Alesund,
Greenland / Station Nord, Océan Arctique
ARCTIQUE



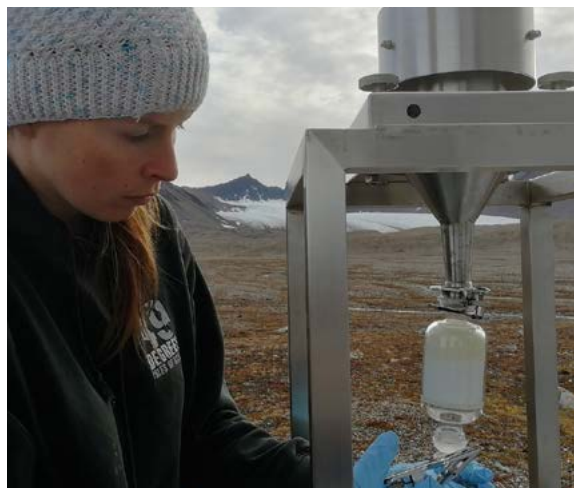
Sonke Jeroen

1215

ALPACA

ANALYSE DE LA POLLUTION DE L'AIR HIVERNAL EN ALASKA ET CHIMIE-CLIMAT EN ARCTIQUE

L'objectif principal du projet ALPACA (Pollution Alaskienne et Analyse Chimique) est d'acquérir de nouvelles connaissances sur les processus régissant la formation et la distribution des aérosols provenant de sources locales de pollution dans l'Arctique en hiver et au début du printemps. A cette fin, ce projet apporte une contribution majeure et bénéficie d'une importante campagne internationale sur le terrain prévue à Fairbanks, en Alaska, pendant les hivers 2019/20 et 2020/21 dans le cadre du projet international ALPACA (supporté par IGAC/IASC PACES). Une combinaison de données collectées sur le terrain, d'analyse de composition chimique en laboratoire, d'analyse d'observations et de modélisation atmosphérique sera utilisée pour mieux comprendre et simuler les sources d'aérosols en Arctique, les interactions entre les processus chimiques et dynamiques (couche limite) qui influencent les aérosols, et les impacts des aérosols de sources anthropiques locales sur le climat par rapport aux sources éloignées de polluants transportés des latitudes moyennes (Arctic Haze). Ce projet réunit 7 groupes français complémentaires travaillant sur la chimie et la dynamique de l'atmosphère ainsi que des géochimistes travaillant sur les isotopes. Ce projet nécessite un soutien pour les campagnes de terrain en Alaska.



Alaska
ARCTIQUE



Law Kathy

1216

EXTREMEVENT

**ETUDE DE L'IMPACT DES ÉVÈNEMENTS
EXTRÊMES SUR LES CHANGEMENTS
MORPHO-SÉDIMENTAIRES
DES LITTORAUX ISLANDAIS**

Le projet EXTREMEVENT s'inscrit dans la problématique du changement climatique global qui aurait pour impacts supposés, une augmentation de la fréquence et/ou de l'intensité des événements tempétueux extrêmes aux moyennes et hautes latitudes. Dans ce contexte, l'étude des processus morphodynamiques côtiers de la péninsule de Reykjanes (sud-ouest de l'Islande) est proposée. Elle repose sur un suivi annuel d'une douzaine de sites littoraux correspondant à des côtes rocheuses où des dépôts tempétueux de sommet de falaise (CTSDs) sont accumulés, et des formes d'accumulation correspondant à des plages de blocs et des dunes. Ainsi, l'arrachage, le transport et le dépôt des CTSDs, et l'érosion des plages de blocs et des dunes, sont interprétés comme des indicateurs des événements extrêmes sur la dynamique des littoraux islandais. Des comparaisons avec les dynamiques observées aux latitudes plus basses de la Bretagne sont réalisées au travers du Service National d'Observation français DYNALIT CNRS-INSU. Ce travail de recherche repose sur un suivi topo-morphologique annuel à partir d'images aériennes acquises par cerf-volant (KAP) ou par drone (UAV), et par mesures DGPS sur le terrain ; il repose également sur l'analyse des conditions hydrodynamiques en utilisant des données de vague et de marée mesurées. Ce projet a été demandé sur une période de 3 ans – 10 jours de terrain durant le printemps (mi-mai 2020, 2021, et 2022), afin de couvrir la plus longue période d'observation. Il s'inscrit dans la continuité du projet précédemment financé par l'IPEV pour l'année 2019. La mission dans sa globalité mobilise 5 personnes sur le terrain. De ce projet de recherche, des valorisations scientifiques originales (articles et conférences) sur des aspects qui ne sont pour l'instant pas étudiés en Islande, et le renforcement des collaborations scientifiques et pédagogiques avec l'Université des fjords de l'ouest (University Centre of The Westfjords), sont attendus.



Islande, Péninsule de Reykjanes
ARCTIQUE



Suanez Serge

1222

ICEWAVEGUIDE

**SURVEILLANCE DE L'ÉPAISSEUR ET
DE LA RÉSILIENCE DE LA GLACE DE MER
À L'AIDE DE BRUITS SISMQUES :
UNE PREUVE DE CONCEPT À SVALBARD**

Le déclin de la banquise Arctique est l'une des signatures les plus spectaculaires du réchauffement climatique. Les études convergent sur le fait que ce déclin n'a fait qu'accélérer lors des 4 dernières décennies, à un rythme que les modèles prévisionnels n'ont pas réussi à anticiper. Afin d'améliorer ces modèles, il est nécessaire de pouvoir compter sur des données plus précises et plus complètes. Alors que l'étendue de la banquise et sa concentration peuvent être surveillées avec une bonne précision à partir d'imagerie par micro-ondes, nous manquons toujours de données concernant son épaisseur. De plus, les modèles pourraient être améliorés en prenant en compte de nouveaux observables qui rendent compte de la capacité qu'a la banquise à résister à la fissuration, et à se reformer après fissuration. Pour répondre à ces besoins, le projet ICEWAVEGUIDE introduit une nouvelle méthodologie basée sur les ondes sismiques, dans le but de compléter les connaissances actuelles acquises via des données issues de mesures par sonar et radar. En enregistrant de façon continue et passive le bruit sismique ambiant avec un réseau de géophones, le projet ICEWAVEGUIDE démontrera que la propagation d'ondes guidées dans l'épaisseur de la glace peut être mesurée. Puisque ces ondes sont sensibles aux propriétés géométriques et mécaniques du guide d'ondes, les mesures seront inversées afin d'identifier d'importants marqueurs de la résistance mécanique de la glace, tels que son épaisseur, ses constantes élastiques et son niveau d'endommagement. Cette nouvelle méthodologie a récemment été testée avec succès sur des données de laboratoires. L'expérience a consisté à faire grossir une couche de glace à la surface d'un réservoir d'eau, dans une chambre froide. Au fur et à mesure que la glace a épaissi, des ondes guidées ultrasonores ont été générées dans la glace à l'aide d'une source piézoélectrique. Les mesures ont ensuite été inversées pour estimer les variations d'épaisseur de la couche de glace ainsi que celle de ses propriétés mécaniques avec une grande précision. Le but de ce projet est de faire la preuve de ce nouveau concept à l'échelle géophysique, sur des données acquises pendant l'hiver 2019 sur lagon de Vallunden à Svalbard (Norvège).



Svalbard, Vallunden,
Svea dans le Fjord de Van Mijen
ARCTIQUE



Moreau Ludovic

1224

(MPC)2

CARACTÉRISATION MICROPHYSIQUE DES NUAGES EN PHASE MIXTES DANS L'ARCTIQUE EUROPÉEN.

Les observations météorologiques montrent que les hautes latitudes se réchauffent au moins deux fois plus vite que la moyenne mondiale (phénomène d'amplification arctique). Les nuages et en particulier les nuages bas en phase mixte (MPC) caractérisés par une coexistence d'eau surfondue et de cristaux de glace jouent un rôle primordial sur le bilan radiatif en Arctique de par leur persistance, leur ubiquité et leurs propriétés microphysiques particulières. De nombreuses incertitudes accompagnent nos connaissances sur les rétroactions liées aux aérosols ainsi que sur les nombreuses interactions entre les différents processus dynamiques, radiatifs, microphysiques et de surface associés aux MPC. Ce complexe entrelacs de rétroactions et d'interactions à différentes échelles reste encore très mal représenté dans les différents modèles limitant notre capacité à prédire les effets du changement climatique dans ces régions. Dans le cadre du projet MPC2 nous nous proposons de collecter et d'analyser un jeu de données sans précédent afin d'étudier l'impact des propriétés microphysiques des MPC sur le bilan radiatif à la surface ainsi de contribuer à une meilleure compréhension du cycle de vie de ces nuages. Nous nous appuierons sur l'analyse statistique des propriétés microphysiques et optiques des MPC mesurées lors des campagnes aéroportées ALOUD 2017, AFLUX 2019 et MOSAIC 2020 réalisées dans la région du Svalbard. Une combinaison de mesures in situ des aérosols et des nuages et d'observations par télédétection sera mise en œuvre pour établir des statistiques représentatives des propriétés microphysiques des nuages en fonction des conditions météorologiques, de l'état de surface et des propriétés des aérosols. Ces mesures nous permettront également d'étudier la variabilité spatiale et saisonnière des profils verticaux des propriétés microphysiques et optiques. Ce jeu de données contribuera au développement de nouvelles paramétrisations nuageuses pour les modèles et les algorithmes d'inversion satellitaires ainsi qu'à l'amélioration de nos connaissances sur les processus microphysiques liés à la phase mixte des nuages.



AWIPEV Ny-Ålesund, Svalbard
ARCTIQUE



Jourdan Olivier

1227

PIM

PARTICIPATION DE L'IAOOS À MOSAIC

Dans le cadre du projet EQUIPEX IAOOS, nous avons mis au point des plateformes permettant d'effectuer des mesures autonomes dans l'océan, la glace et l'atmosphère tout au long de l'année sur l'océan Arctique. Ces systèmes permettent une étude approfondie des processus locaux. Les observations par satellite permettent un aperçu synoptique supplémentaire et sont en outre nécessaires pour connecter les échelles d'observation. Dans le cadre de la prochaine campagne internationale MOSAIC (suivi de l'arctique engagé avec SHEBA il y a 20 ans), un déploiement scientifique unique sera réalisé en accompagnement de la dérive du Polarstern de la mer de Sibérie au Svalbard en 2019 et 2020. Nous participerons à MOSAIC avec les plateformes IAOOS et nous intégrerons de nouveaux instruments pour étudier les principaux processus locaux et régionaux (combinant l'IAOOS avec des observations par satellite) d'interaction entre les trois milieux océan-glace-atmosphère. L'objectif principal de la présente proposition est de soutenir notre participation, le transfert et l'archivage de données et l'analyse des vastes ensembles de données au sein de cette collaboration internationale. L'Année de la prévision polaire (YOPP) et les projets de l'UE tels que APPLICATE sont des partenaires importants pour la collaboration avec la modélisation à grande échelle.



Arctique central
ARCTIQUE



Provost Christine

SCIENCES DE L'HOMME ET DE LA SOCIÉTÉ



1038

PALAEOMICS

DÉVOILEMENT DES CONSÉQUENCES BIOLOGIQUES DU CONTACT AVEC LA POPULATION ET DES CHANGEMENTS DE MODE DE VIE QUI EN RÉSULTENT DANS LE NORD-EST DE LA SIBÉRIE : UNE APPROCHE ARCHÉOLOGIQUE, PALÉOGÉNOMIQUE, ÉPIPROTÉOMIQUE ET MICROBIENNE

Notre projet intéresse les changements génétiques, épigénétiques et microbiologiques qu'ont connus les lakoutes de Sibérie orientale après le contact avec les Russes à partir de 1632. Il a déclenché une série de transformations profondes dans la société qui s'est poursuivie avec la montée de l'Union soviétique et l'émergence des antibiotiques après 1950. En 2018, nous avons réalisé : (i) La fouille de 18 tombes gelées dans deux régions : l'une dans le cimetière du clan Meginzy dont l'expansion a conduit à l'occupation d'une grande partie de la Yakoutie au 18ème siècle avec un endroit proche qui a fourni des tombes antérieures au 17ème siècle. L'organisation du cimetière clanique commence à être comprise et selon les époques, les sujets ont des morphologies très différentes. Des cas de tuberculose et de lèpre ont été diagnostiqués sur les os. Nous avons fouillé dans une région du nord-ouest inexplorée où a vécu une tribu qui n'a jamais été étudiée et qui pourrait avoir des origines différentes des autres lakoutes. Il existe des différences économiques dans les tombes avec des importations plus rares que dans les lieux déjà explorés. Des pratiques funéraires exceptionnelles ont été

prises en évidence, notamment un cas d'endocannibalisme qui démontre des contacts avec des populations du nord et une tombe de chaman, parfaitement conservée. (ii) L'étude génomique de plus de 100 sujets a été réalisée, ainsi que l'étude de l'évolution dans le temps des produits de dégradation du tabac et du thé. Ces résultats seront présentés début 2019. En 2019, les fouilles seront poursuivies mais nous réaliserons également une campagne de printemps pour collecter les populations autochtones. Les demandes aux comités d'éthique sont en cours.



Russie
ARCTIQUE



Crubezy Éric

1080

ENCHAINEC

CHANGEMENTS ENVIRONNEMENTAUX ET ACTIVITÉ HUMAINE DANS LE NORD-EST DU CANADA (NUNAVIK ET LABRADOR) AU COURS DU DERNIER MILLÉNAIRE

Le projet ENCHAINEC est centré sur la vulnérabilité, la résilience et l'adaptation de sociétés humaines nordiques face aux changements globaux. L'actuel réchauffement rapide du climat arctique a déjà entraîné de nombreux changements dans les comportements sociaux, économiques et culturels des populations habitant ces régions et plus de changements sont à venir. Ces changements perturbent le fragile équilibre entre sociétés et environnement. Les populations arctiques doivent faire face à ces challenges et, dans un tel contexte, observer et étudier les événements du passé donnent l'opportunité d'explorer les relations complexes entre climat, écologie et sociétés humaines, qui peuvent aider à proposer des scénarios d'évolution selon certaines prévisions. Le cadre chronologique de ce projet couvre le dernier millénaire, une période assez bien documentée. La région d'étude concerne le nord-est du Canada (Nunavik et Labrador-Nunatsiavut). Il y a environ 1000 ans cal. AD, des chasseurs-cueilleurs-pêcheurs vivaient sur les côtes du Nunavik et du Labrador. Dans ces secteurs d'étude, notre but est de documenter 1000 ans d'interactions entre les Thule/Inuit (Dorset pro parte) et leur environnement à travers une approche interdisciplinaire exploitant toute une variété d'archives sédimentaires. L'exploitation des archives pédo-sédimentaires (dépôts lacustres et tourbeux, cryosols, sols anthropisés) et les analyses multiproxies paléoenvironnementales renseigneront sur l'évolution paysagère et sur la part prise par les forçages climatiques et anthropiques sur les processus écologiques. Les sites archéologiques

et plus spécifiquement les sols archéologiques, les écofacts et artefacts trouvés en leur sein livreront de précieuses informations sur la nature de ces interactions. En parallèle quand cela sera possible, une approche en géographie culturelle sera conduite selon des interviews semi-dirigés pour enquêter sur la mémoire humaine des aînés, la perception et les perspectives en matière de changements environnementaux et sociaux.

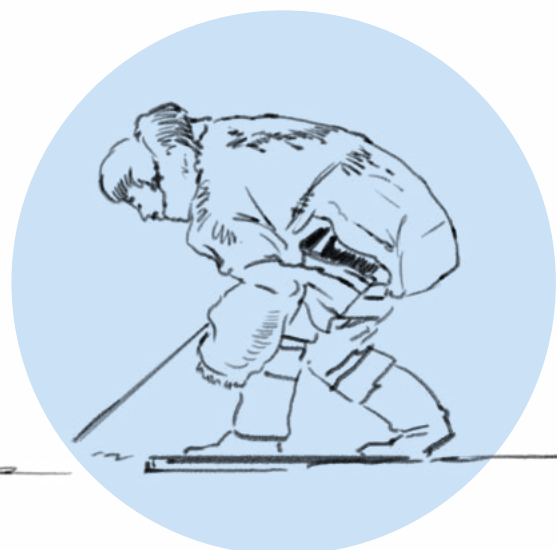
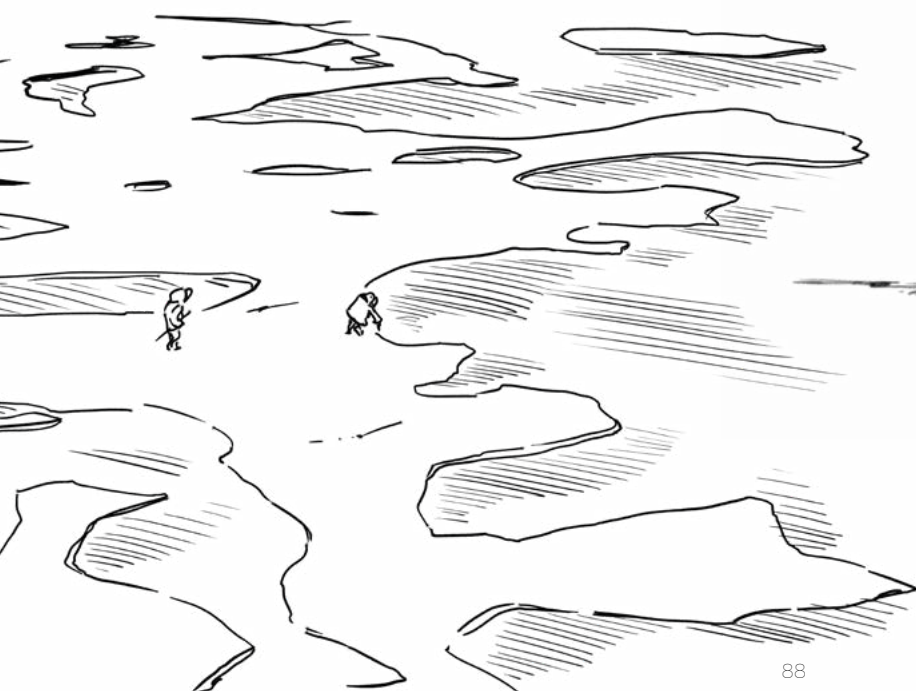
Plusieurs modes de diffusion des connaissances acquises par ENCHAINE-Canada sont identifiés et adaptés aux diverses audiences et partenaires : académiques (communications dans colloques, et articles dans revues internationales), communautés et autorités locales. C'est une priorité pour nous de disséminer les résultats de nos travaux sur le terrain et en laboratoire auprès d'un public non-spécialiste, tout particulièrement en direction de la jeunesse vivant dans les communautés Inuit, selon un site web interactif et une page Facebook.



Canada / Nunavik, Labrador
ARCTIQUE



Marguerie Dominique



1108

AUSTRE LOVÉNBREEN - SNOW AND ICE (ALSI)

AUSTRE LOVÉNBREEN - NEIGE ET GLACE

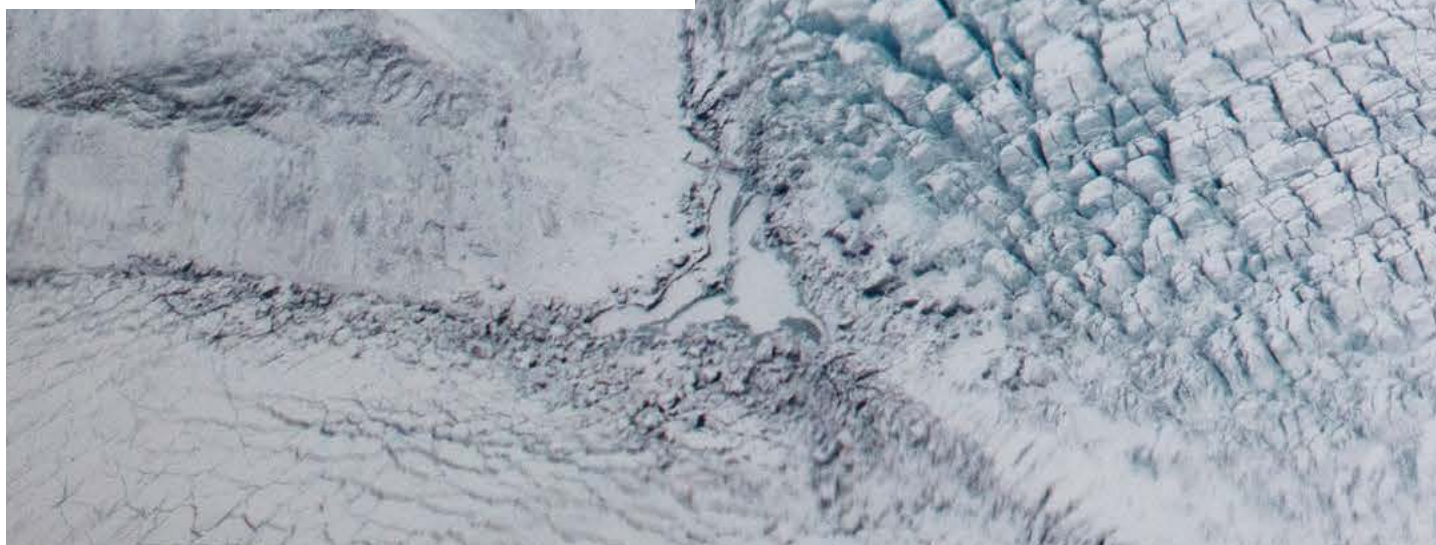
Le projet ALSI vise à consolider le statut d'observatoire de long terme du bassin glaciaire de l'Austre Lovén. De tels observatoires sont rares dans l'Arctique et les données qu'ils fournissent n'en sont que plus précieuses. Alors que les premières observations dans ce bassin versant ont été menées dans les années 60, notre équipe a pu renouveler ces efforts de manière continue, aboutissant cette année à une décennie de données. Ce travail a consisté en partie à appliquer des protocoles standards de mesure du bilan de masse des glaciers, et pour une autre partie à mener des expérimentations et des développements instrumentaux comme des appareils photo automatiques par exemple. A ce jour, les mesures récurrentes menées sur le glacier viennent abonder au niveau national le SOERE CRYOBS-CLIM, intégré dernièrement à la toute récente IR OZCAR, et au niveau international à la base de données du World Glacier Monitoring Service (WGMS). Le réseau d'observation est maintenant en place sur le terrain et notre équipe a 10 ans d'expérience. Nous sommes encouragés par la communauté scientifique internationale de nos collègues glaciologues et nivologues à continuer nos efforts, et ce d'autant plus que les caractéristiques spécifiques du bassin de l'Austre Lovén en font un site particulièrement intéressant du point de vue glaciologique et hydrologique.



AWIPEV, Ny Alesund / Kongsfjorden area,
Austre Lovén glacier catchment
ARCTIQUE



Bernard Éric





1127

BRISK'S OBS ENV

**OBSERVATOIRES POUR RAPPROCHER
LES CONNAISSANCES AUTOCHTONES
ET SCIENTIFIQUES SUR LES CHANGEMENTS
ENVIRONNEMENTAUX DANS L'ARCTIQUE :
ADAPTATION ET VULNÉRABILITÉS DE
L'ENVIRONNEMENT ET DES SOCIÉTÉS CONNEXES**

BRISK's OBS ENV est la continuation de BRISK's OBS (2014-2017). Il est constitué de 4 observatoires transdisciplinaires en Sibérie chez les Evenks, éleveurs de rennes et citoyens. L'installation, le développement, la production et les analyses de données sont réalisés collectivement par les scientifiques (SHS et SciEnv) et les autochtones. Il évalue les changements environnementaux locaux et leurs impacts socio-économiques dans le contexte actuel d'interactions entre la crise environnementale globale, les intérêts géopolitiques pour les ressources arctiques et la pollution croissante en Arctique.

Basé sur la complémentarité des savoirs autochtones et scientifiques, et conformément à l'accord de la COP21, il veut construire des synergies entre sciences environnementales et sociales, entre sciences et savoirs autochtones, entre communauté autochtone, scientifiques et décideurs politiques. Cette méthodologie innovante permet la co-production de savoirs qui contribuent à lever des verrous de connaissance sur l'environnement arctique et ses changements actuels. Les méthodes classiques d'anthropologie y étudient les impacts socio-économiques sur les sociétés concernées, et leurs stratégies d'adaptation.

Il comporte une étude des changements de la biodiversité (apparition et disparition ou croissance ou diminution d'espèces animales ou végétales). Il considère de plus la pollution au travers des perceptions humaines, mais aussi des nouvelles maladies des rennes et de l'évolution des lichens. Il produit enfin un atlas des nuages afin de documenter la couverture nuageuse arctique et la pollution de l'air.



Russie
ARCTIQUE

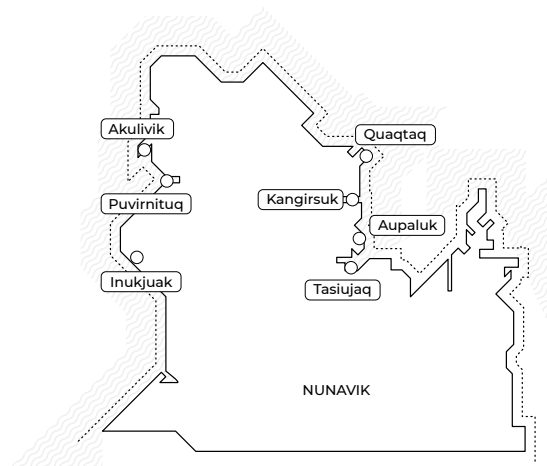


Lavrillier Alexandra

1148

DESIGN

**GÉOMORPHOLOGIE DYNAMIQUE
DE PENTE ET VULNÉRABILITÉ
AU NUNAVIK, CANADA**



Plusieurs villages et parcs de Nunavik (nord du Québec, Canada) sont situés à proximité de hauts reliefs dont les versants enregistrent de fréquents mouvements gravitaires. La documentation de la mise en place des modèles créés, leur dynamique et les risques que l'aléa fait peser sur une population locale en constante croissance et des touristes de plus en plus nombreux au sein des parcs est requise. Le premier objectif du projet DeSIGN vise à améliorer la connaissance des géodynamiques de pente et leur activité sur le long terme, le moyen et le court terme dans un contexte de réchauffement climatique. Le second objectif est la caractérisation de l'aléa et des situations de vulnérabilité, afin d'être en mesure de définir et de quantifier le risque que représentent les aléas gravitaires. Pour atteindre ces objectifs, nous privilégions une méthodologie fondée à la fois sur des travaux de terrain en géomorphologie et stratigraphie et sur des analyses en laboratoire (datations, sédimentologie, dendrochronologie).



Canada
ARCTIQUE



Decaulne Armelle

1208

BOAZU**PROJET DE RECHERCHE MENÉ À L'INITIATIVE DU SAMEBY QUI ÉTUDIE
LES EFFETS CUMULATIFS DES CHANGEMENTS ENVIRONNEMENTAUX ET SOCIAUX
SUR L'ÉLEVAGE DES RENNES ET L'AVENIR DES JEUNES SÂMES.**

Les éleveurs de rennes sont confrontés à de nombreux défis comprenant les changements climatiques (printemps tardifs et étés froids), un taux important de prédation, et un accès de plus en plus restreint à la terre en grande partie liés à des projets de développement comme les mines, les barrages hydroélectriques, et le tourisme. Au vu de ces préoccupations concernant leur avenir, les éleveurs Saamis souhaitent mieux comprendre comment les effets cumulés de ces changements affectent l'élevage de rennes, l'économie, les styles de vie, le territoire, la culture et la langue Saami. Quand les jeunes Saamis finissent l'école secondaire, il leur faut faire des choix en tenant compte de ce que le futur leur réserve. Est ce que le meilleur choix est d'aller à la mine ou dans l'industrie touristique, ou vaut il mieux combiner l'élevage de rennes avec d'autres métiers ? Pour répondre à ces défis, un premier projet préliminaire a été esquissé en juillet 2017 à travers plusieurs ateliers de travail sur le camp de marquage des rennes de Arasluokta. Ce projet qui vise à explorer les options et les scénarios du futur, sera entièrement conduit par les membres du Sameby et les élèves de l'école Saami de Jokkmok, travaillant de concert avec une équipe de chercheurs issus des universités de Suède, Norvège, Finlande et France. L'école Saami (primaire et adulte) ainsi que les universitaires vont travailler ensemble pour développer un programme de recherche action participatif,

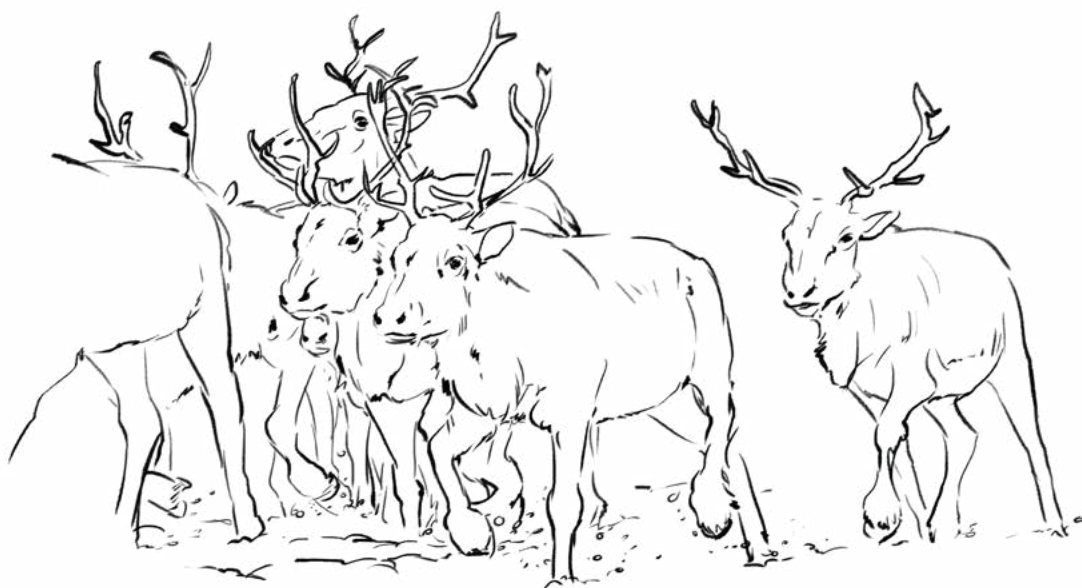
interdisciplinaire, intégré, collaboratif qui vise à explorer les défis, les priorités et à développer un plan d'action. Cette approche permettra de mutualiser les expertises locales et les connaissances scientifiques afin de mieux connaître l'amplitude des changements, d'analyser leurs impacts et de développer des scénarios du futur. Les Saamis de Sapmi souhaitent construire une vue d'ensemble des changements qui ont lieu plutôt que de traiter une seule question de recherche à la fois. BOAZU veut dire «rennes» en Saami.



Suède / Jåkkåaska sameby
ARCTIQUE



Blangy Sylvie



1213

IMOB-ED

MOBILITÉ INUIT ET ÉDUCATION DES INUITS

L'objectif de ce projet de recherche est d'étudier les conditions d'accès et de réussite universitaires des étudiant.e.s groenlandais.e.s en situation de migration hors de l'Arctique à partir d'une enquête essentiellement qualitative. S'intéressant aux modalités de la mobilité (comment on se déplace pour faire ses études et quels en sont les effets), l'enquête repose sur une méthodologie double, articulant analyse d'un corpus d'entretiens et observation participante.

On partira des trajectoires et expériences vécues par les étudiant.e.s inuit et groenlandais.e.s dans la capitale du Danemark (Copenhague) afin de comprendre quels processus de subjectivation et d'émancipation sont à l'œuvre, dans un contexte historique et actuel de domination de populations placées dans un rapport colonial de dépendance, de subjectivation racialisée et culturalisée ; mais aussi, à l'échelle globale, de marchandisation de l'enseignement supérieur et d'inclusion différentielle des personnes en situation de mobilité. Dans ce contexte double, nous verrons comment les étudiant.e.s résistent aux normes, créent des brèches, mobilisent réseaux sociaux et politiques de soutien à la mobilité pour élaborer leurs parcours. Ce projet entend ainsi faire une géographie de l'accès au diplôme universitaire pour des groupes en situation minoritaire tant au sein des Etats dont ils dépendent que dans les institutions universitaires.

Les enquêtes de terrain seront conduites d'une part sur le lieu d'arrivée - Copenhague, d'autre part sur le lieu de départ, et de retour - Nuuk (Groenland). Afin de mettre cette étude en perspective, une recherche secondaire sera conduite sur la situation des étudiant.e.s inuit canadiens, principalement sous la forme d'une analyse de données quantitatives publiquement disponibles. On y associera cependant une petite enquête de terrain à l'automne 2020 auprès des jeunes Inuit canadiens qui choisissent d'aller étudier au Yukon College de Whitehorse et avec lesquels seront conduits une série d'entretiens approfondis.



Groenland, Nuuk
ARCTIQUE



Collignon Béatrice

1217

PALETHNOAK

APPROCHE PALÉTHNOLOGIQUE DES CHASSEURS-CUEILLEURS PRÉHISTORIQUES DE LA FORÊT BORÉALE EN ALASKA

La vallée de Nenana près de Healy, en Alaska, a été l'objet de plusieurs décennies de recherches archéologiques préhistoriques axées sur la transition Pléistocène/Holocène, documentant ainsi les premières occupations des groupes préhistoriques dans le Nouveau Monde. Les nouvelles recherches sur le site de Little Panguingue Creek (HEA-038) nous fourniront des informations importantes sur les activités humaines du Pléistocène/Holocène dans la vallée de la Nenana. Ce site à niveaux multiples est situé sur une terrasse, surplombant le ruisseau Little Panguingue. Un nouveau programme de fouilles pluriannuel, entamé en 2015, a révélé la présence d'un campement datant d'il y a environ 9 600 ans cal BP, ainsi qu'une composante plus ancienne datant de c. 11 150 ans cal BP. Les recherches en cours sur le site approfondiront notre compréhension de la technologie, de la subsistance et de la colonisation humaine dans la vallée de Nenana (et au-delà) au cours de la transition Pléistocène/Holocène. L'un des principaux objectifs de ce projet est de développer une approche paléoethnologique de ce site. En d'autres termes, ne pas simplement documenter les complexes chrono-culturels présents, mais comprendre ce campement en détail. Pour ce faire, nous avons prévu des fouilles extensives, de nouvelles techniques de prospections (géoradar, magnétique, etc.) et l'application de disciplines spécifiques (technologie lithique, détermination des matières premières, tracéologie, analyse spatiale, remontages, etc.).



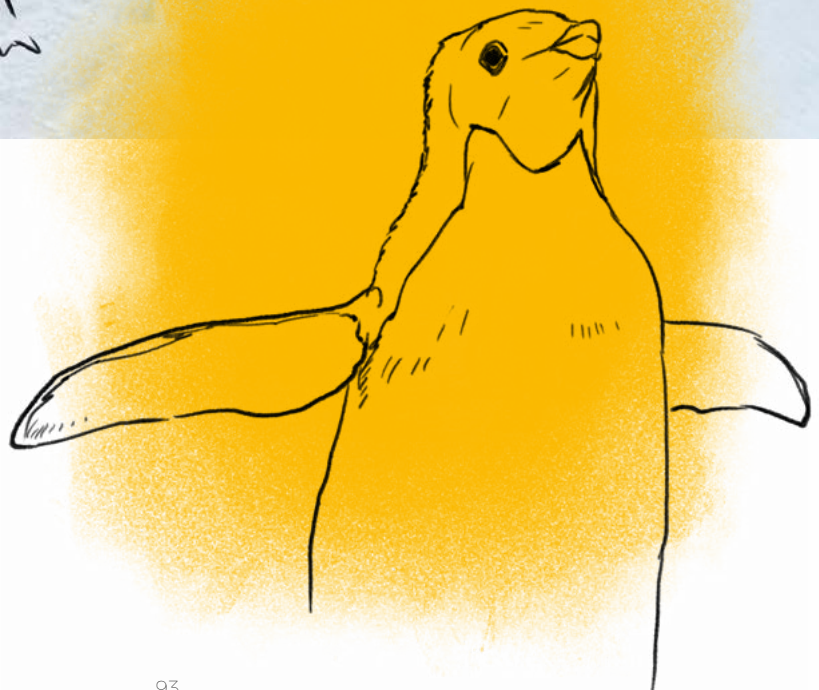
Alaska
ARCTIQUE



**Coutouly Gomez
Axel Yan**

Antarctique Subantarctique

SCIENCES DU VIVANT

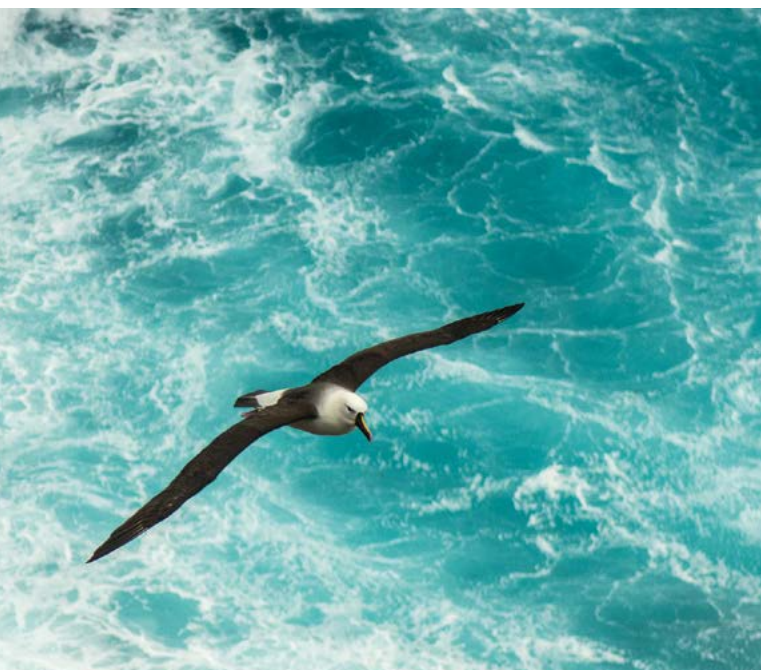


109

ORNITHOECO

OISEAUX ET MAMMIFÈRES MARINS SENTINELLES DES CHANGEMENTS GLOBAUX DANS L'OcéAN AUSTRAL

Le projet 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, associées à des études annuelles, notamment sur l'écologie alimentaire des espèces, 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 projet intègre également l'effet des pêcheries afin de proposer des mesures de conservation.



Terre Adélie, Amsterdam
St Paul, Crozet, Kerguelen,
ANTARCTIQUE, SUBANTARCTIQUE



Weimerskirch Henri

119

ECONERGY

CONTRAINTES LIÉES AU CYCLE DE VIE À TERRE DES MANCHOTS : ADAPTATIONS ÉNERGÉTIQUES ET COMPROMIS ÉVOLUTIFS (ECONERGIE)

Notre projet 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.



Crozet
SUBANTARCTIQUE



Robin Jean-Patrice

131

PHYSIONERGY

DÉFIS ÉNERGÉTIQUES CHEZ LES PINGOUINS : AJUSTEMENTS PHYSIOLOGIQUES, BIOÉNERGÉTIQUES ET MOLÉCULAIRES

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



Crozet
SUBANTARCTIQUE



Roussel Damien



136

SUBANTECO

CHANGEMENTS CLIMATIQUES, ACTIONS ANTHROPIQUES ET BIODIVERSITÉ DES ÉCOSYSTÈMES TERRESTRES SUBANTARCTIQUES

Les îles subantarctiques sont géographiquement isolées des continents et constituent les seuls habitats terrestres présents à ces latitudes. Notre connaissance de la biodiversité subantarctique et de l'écologie des espèces est encore incomplète, alors que l'environnement subit des modifications liées aux changements climatiques et aux invasions biologiques. L'évaluation de la sensibilité et de la vulnérabilité des organismes et des écosystèmes aux changements climatiques et aux invasions biologiques doit être menée, afin de prévoir au mieux les évolutions possibles de la biodiversité subantarctique. Les insectes et plantes exotiques peuvent par ailleurs représenter des éléments clés modulant la nature des communautés et leur diversité fonctionnelle. Les modifications

des communautés de plantes peuvent notamment affecter les réseaux d'interactions multi-trophiques, avec des effets significatifs sur les animaux terrestres en termes d'abondance, de diversité taxonomique et fonctionnelle. Dans ce projet, nous étudions les variations spatio-temporelles de la biodiversité subantarctique, les processus d'invasions biologiques, les effets des variations environnementales sur l'écologie et la physiologie des espèces, ainsi que la perception de la biodiversité dans un contexte non marchand.



Crozet, Kerguelen
SUBANTARCTIQUE



Renault David

137

ECOPHY - ANTAVIA

STRATÉGIES ADAPTATIVES ET DYNAMIQUE SPATIO-TEMPORELLE DES POPULATIONS DE PRÉDATEURS MARINS FACE AUX CHANGEMENTS RAPIDES DE LEUR ENVIRONNEMENT

Dans le cadre des changements globaux attendus, il est urgent d'appréhender le devenir des écosystèmes et de la biodiversité qu'ils hébergent. L'étude des conséquences des fluctuations environnementales sur les traits phénotypiques des organismes, ainsi que celle des stratégies adaptatives et de la dynamique des populations qui en découle, sont fondamentales. Grâce aux suivis à long-terme électroniques (Observatoires du Vivant de l'évolution des écosystèmes) et/ou télémétriques des manchots (royal, Adélie et empereur) et des océanites de Wilson des archipels subantarctiques et antarctique de Crozet, Kerguelen et Pointe Géologie (Antarctique), le projet 137 a pour principal objectif la compréhension des processus écologiques et évolutifs qui façonnent les populations, et notamment les capacités d'adaptation des organismes face aux contraintes de leur environnement. Nous nous intéressons donc à la plasticité phénotypique et aux mécanismes microévolutifs, deux processus par lesquels les traits phénotypiques au sein d'une population sont capables de s'ajuster aux changements du milieu. Nous disposons maintenant de bases de données sans équivalent sur les manchots, car sans le biais du baguage alaire nous avons des informations sur leurs principaux traits d'histoire de vie à l'échelle des populations (e.g. 22 cohortes pour un total de 13000 individus suivis sur plus de 20 ans chez le manchot royal). Cela nous permet par exemple d'étudier les liens entre la variabilité environnementale (naturelle et anthropique) et la survie, la phénologie, et les performances reproductrices et de recherche alimentaire des différentes cohortes d'individus, selon leur âge, leur statut ou expérience, leur qualité, ou d'autres traits phénotypiques (morphologiques, physiologiques et comportementaux ; traits dont la plasticité et l'héritabilité sont aussi étudiées). Le développement de dispositifs de suivis automatisés par caméras HR et de véhicules radiocommandés va en outre permettre de comprendre comment les colonies se structurent, c'est-à-dire comment les couveurs se localisent en fonction de leur histoire individuelle et des différentes contraintes environnementales (structure sociale, parasitisme, prédation, conditions météorologiques locales, etc., mais aussi contraintes phylogénétiques).



Cette structuration, ainsi que la diversité et les flux génétiques entre les colonies et archipels, sont également étudiés via l'utilisation de techniques moléculaires innovantes. La dynamique spatio-temporelle des populations est donc traitée à différentes échelles, de la colonie aux écosystèmes. A l'interface entre l'écologie évolutive, la génétique et la dynamique des populations, le projet 137 favorise le développement de modèles mathématiques globaux. Ces derniers permettent de comprendre les liens existants entre les modifications survenant dans l'environnement et les trajectoires spatio-temporelles de ces populations. Les modèles prédictifs obtenus nous informent sur l'évolution de la composante biologique de l'océan Austral et nous permettront à terme de mettre en place des stratégies de conservation et de gestion durables de la biodiversité et des ressources naturelles.



Dumont d'Urville,
Crozet, Kerguelen
ANTARCTIQUE, SUBANTARCTIQUE



Le Bohec Céline



354

ETHOTAAF

ÉCOLOGIE COMPORTEMENTALE
DES OISEAUX MARINS SUBANTARCTIQUES

Les individus sont programmés pour survivre, se reproduire et optimiser leur fitness. Pour accomplir ces tâches, leur comportement se modifie en réponse aux interactions avec leurs congénères, avec d'autres organismes et avec les éléments de leur environnement. Le comportement est ainsi la ligne de base de toutes les activités des animaux et devrait être continuellement ajusté à l'environnement qui entoure l'individu. Notre projet, centré sur le comportement animal et l'écologie sensorielle, vise à étudier les différents facteurs agissant sur le comportement des oiseaux de mer. Parmi ces facteurs, les signaux provenant d'autres individus apportent d'importantes informations pour la communication. Nous nous intéresserons particulièrement aux signaux impliqués dans le processus de choix du partenaire. Chez les pétrels, ce processus comportemental passe par des signaux acoustiques et olfactifs donnant des informations sur des avantages directs ou indirects (respectivement) qu'un partenaire potentiel peut apporter à la descendance. Mais les signaux provenant d'autres individus peuvent également influencer sur le comportement des animaux sans qu'une communication réelle entre individus soit impliquée. Cela pourrait être le cas pour les manchots royaux, chez lesquels l'orientation au sein d'une colonie pourrait se faire en s'aidant du paysage acoustique formé par tous les appels des manchots au sein d'une colonie. Dans ce cas, ce qui est utilisé n'est pas l'information qui passe entre deux individus, mais le bruit constant que tous les chants forment dans l'environnement. Pour tester cette hypothèse nous étudierons comment ce paysage acoustique est formé et s'il est effectivement utilisé pour s'orienter. Toutefois, l'orientation et le positionnement dans, et de, la colonie peut également être influencé par des signaux liés à la présence de prédateurs ou à d'autres éléments de l'environnement (vagues, température, pluie, inondations, etc.). La structuration de la colonie reflètera la façon dont les individus réagissent à l'ensemble de ces informations. Comprendre les mécanismes de formation et de la dynamique de ces colonies, permettra de mieux comprendre la structuration de son paysage sonore et être, de ce fait, un élément déterminant pour comprendre les mouvements individuels dans ces environnements surpeuplés.



Kerguelen
SUBANTARCTIQUE



Bonadonna Francesco

394

OISEAUX PLONGEURS

STRATÉGIE ÉNERGÉTIQUE DES OISEAUX
PLONGEURS ET VARIABILITÉ PHYSIQUE
ET TROPHIQUE DE L'Océan AUSTRAL.

L'objectif du projet IPEV « Oiseaux Plongeurs » 394 est d'étudier les stratégies alimentaires et énergétiques d'oiseaux marins s'alimentant par plongée (manchots, cormorans, pétrels) jouant un rôle clé dans les chaînes alimentaires de l'océan austral. Une approche pluridisciplinaire basée sur le « bio-logging » est menée :

Sur le plan des déplacements en mer dans les 3 dimensions (plongée) et des relations avec l'environnement océanique et des habitats marins prioritaires pour les colonies

De l'énergétique des déplacements en mer

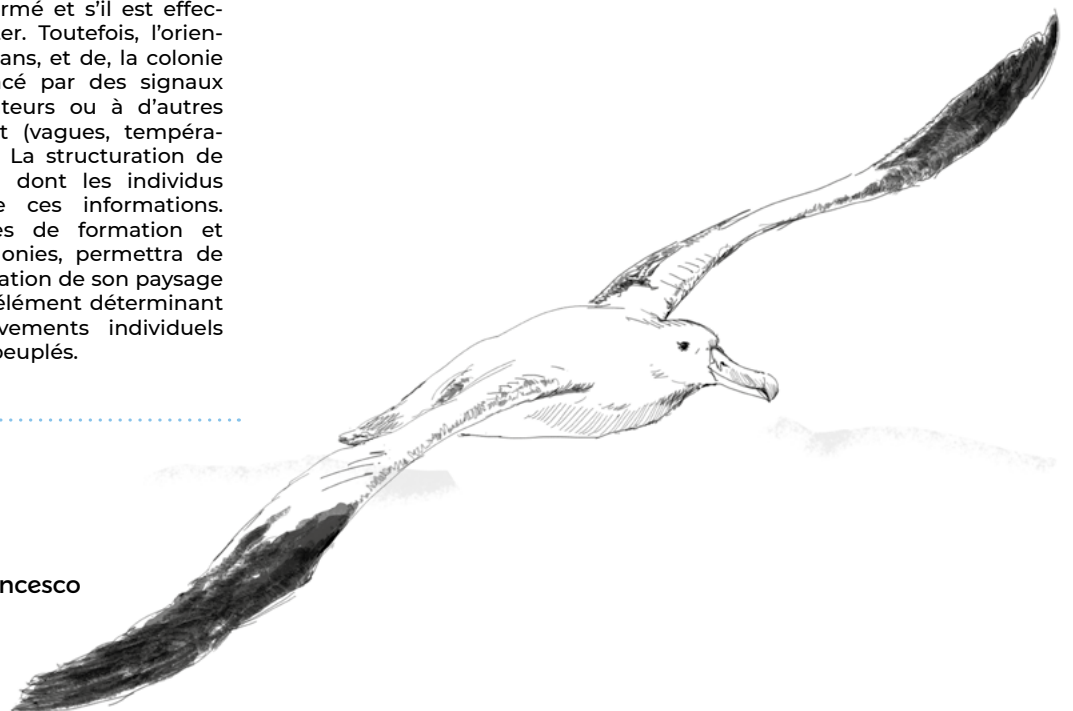
Sur le potentiel bio-indicateur des prédateurs plongeurs vis à vis de la disponibilité des ressources et des conséquences biologiques des changements climatiques sur les écosystèmes marins.



Crozet, Kerguelen, Amsterdam
SUBANTARCTIQUE



Bost Charles-André



1044

PROTEKER

**EFFETS DU CHANGEMENT
PLANÉTAIRE SUR LES HABITATS
MARINS CÔTIERS DES ÎLES KERGUELEN.
ÉTABLISSEMENT D'UNE LIGNE DE BASE
POUR LA SURVEILLANCE, LA PROTECTION
ET LA CONSERVATION ÉCOLOGIQUES ET
GÉNÉTIQUES**

Dans le contexte actuel de changement climatique, les variations de température et de salinité de l'eau de mer, l'élévation du niveau de la mer et les déplacements latitudinaux des courants et des fronts hydrologiques risquent d'impacter la biodiversité marine des îles subantarctiques, et en particulier dans les zones côtières, où de nombreuses espèces sont vulnérables. Caractériser l'impact du changement climatique sur les communautés marines implique que les données environnementales soient enregistrées en continu et sur le long terme pour interpréter les changements écologiques, prévoir leurs impacts potentiels sur les communautés marines et établir des plans de gestion appropriés. Ces objectifs ne peuvent être atteints que par la mise en place d'un système d'observation et de suivi pluridisciplinaire et sur le long terme. Dans ce but, le projet IPEV n° 1044 PROTEKER est un projet pluridisciplinaire comprenant des mesures océanographiques, des études de dynamique benthique, ainsi que des analyses génétiques, trophiques et écophysiologiques. Le principal objectif du projet est d'établir une ligne de base pour le suivi de l'impact du changement climatique sur les écosystèmes marins côtiers des îles Kerguelen grâce à un suivi écologique et génétique à des stations de référence. Le but est de pouvoir prévoir les changements dans les écosystèmes côtiers marins, évaluer leur vulnérabilité et planifier des actions de gestion appropriées. À terme, le projet vise à fournir aux gestionnaires des réserves naturelles et aux décideurs des données scientifiques pour la protection et la conservation de ces écosystèmes marins côtiers. Le projet contribue également au réseau international de systèmes d'observation littoraux dans l'océan Austral (SCAR ANTOS Expert et groupes d'action de l'AISS, Centre IDEAL au Chili).



Kerguelen
SUBANTARCTIQUE



Saucède Thomas

1091

L'AMMER

**LES MANCHOTS ADÉLIE BIOPLATEFORMES
DE L'ENVIRONNEMENT MARIN**

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

- La disponibilité des ressources marines
- 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, CCMALR) et seront comparées avec celles de manchots d'autres régions de l'Antarctique en collaboration avec les équipes de recherche australiennes et japonaises. Dans la lignée des recommandations faites par les institutions susnommées, une attention particulière sera portée à l'étude de l'impact des activités humaines sur les performances de manchots grâce à des suivis écophysiologiques et comportementaux.



Terre Adélie
ANTARCTIQUE



Ropert-Coudert Yan



1151

ECOPATH

**CIRCULATION DES TIQUES
INFECTIEUSES DIRECTEMENT
TRANSMISES DANS LES POPULATIONS
DE VERTÉBRÉS COLONIALES SUBANTARCTIQUES
ET ANTARCTIQUES : SURVEILLANCE,
COMPRÉHENSION ET IMPLICATIONS DE GESTION**

La description et la compréhension des facteurs qui affectent la circulation d'agents infectieux dans les populations animales et leurs effets sur leur démographie 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 de continuer 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 (à l'aide de vaccins notamment) de terrain et le développement de modèles. Des techniques de biologie moléculaires modernes et des loggers seront notamment utilisés. Le projet bénéficiera des résultats obtenus par l'équipe du projet ces quatre dernières années, notamment sur le cholera aviaire sur l'île d'Amsterdam. L'acquisition de données et d'échantillons reposera en partie sur des collaborations avec des projets IPEV déjà en place dans des sites clefs. Le travail sera conduit en coordination avec la Réserve Naturelle Nationale des Terres Australes, notamment dans le cadre du Plan National d'Action Albatros d'Amsterdam et du Plan de Gestion de la Réserve. 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 projet de surveillance et de gestion.



Crozet, Kerguelen, Amsterdam
SUBANTARCTIQUE



Boulinier Thierry

1182

ASSET

**LES PHOQUES DE L'ANTARCTIQUE
ET L'ENVIRONNEMENT DES GLACES DE MER**

Les zones englacées sont particulièrement sensibles au réchauffement global (IPCC 2013), et il est nécessaire de déterminer comment les prédateurs de la banquise utilisent leur environnement physique et biologique pour comprendre et prédire leur réponse au changement climatique dans les différentes régions antarctiques. Les événements brutaux comme le vêlage de grands icebergs fournissent le cadre idéal d'expériences naturelles pour étudier les conséquences de modifications d'habitat sur l'écologie des prédateurs marins. De plus, les modèles climatiques prédisent l'augmentation de la fréquence des vêlages en réponse au réchauffement global, et il devient opportun d'étudier leurs conséquences sur l'océanographie et les écosystèmes de la banquise. Nous proposons de tirer partie de l'occasion unique offerte par le récent vêlage du glacier du Mertz (2010), qui a bouleversé les conditions de glace et la circulation en Terre Adélie, pour en étudier les conséquences sur l'écologie en mer des phoques de Weddell, pour lesquels nous disposons déjà d'une série d'observation pré-vêlage (2006-2009). En utilisant des profils verticaux de T/S/Fluo et d'accélérométrie collectés par les phoques en hiver, nous allons relier leur comportement de recherche alimentaire aux conditions hydrographiques avant et après le vêlage du Mertz, et étudier l'impact de cet événement sur les interactions glaces/océan et production primaire et sur les performances alimentaires des phoques de Weddell. Nous comptons aussi compléter notre série temporelle sur l'écologie en mer pendant l'été (après la reproduction) pendant laquelle la fonte des glaces stimule la production primaire. Enfin, nous comptons développer et tester pendant la période de reproduction de nouveaux capteurs embarqués par les phoques et collectant des paramètres clés mais largement sous échantillonnés de la banquise, tels que son épaisseur et sa biomasse d'algues de glace.



Dumont d'Urville
ANTARCTIQUE



Charrassin Jean-Benoît



1201

CYCLELEPH

CYCLE DE VIE DES ÉLÉPHANTS DE MER AUSTRAL : ÉNERGÉTIQUE ET PERSONNALITÉ

Influence de la personnalité sur les ajustements bio-énergétiques et comportementaux des éléphants de mer en réponse aux variations des conditions environnementales au cours des phases terrestres et marines de leur cycle annuel.

Les changements climatiques et environnementaux influencent la dynamique et la structure des écosystèmes marins, affectant la distribution et l'abondance des espèces marines. Les éléphants de mer austral (Mirounga leonina) peuvent être particulièrement affectés par cette variabilité spatiale et temporelle, ceux-ci alternant des périodes de recherche alimentaire en mer avec des périodes de jeûne à terre. Différentes stratégies de recherche alimentaire peuvent influencer l'efficacité de recherche alimentaire et de plongée, celle-ci étant la clé de leur succès de reproduction et de mue à terre. Ce travail vise 1) à lier les conditions environnementales et les contraintes énergétiques d'un prédateur marin au cours de son cycle de vie, alternant périodes à terre et en mer, 2) à déterminer si les stratégies individuelles en lien avec les traits de personnalité pourraient influencer le succès de chasse, la vitesse de mue, et de manière ultime l'énergétique et la fitness des individus, et 3) à étendre le jeu de données environnementales et de comportement des éléphants de mer dans le cadre SO-MEMO. En liant l'étude de paramètres proximaux (stratégies physiologiques, comportementales et énergétiques des individus) et ultimes (succès de chasse, succès reproducteur, vitesse de mue), ce projet permettra de mieux comprendre comment les stress environnementaux tels que le réchauffement des océans peut influencer la dépense énergétique, l'énergie ingérée et ainsi la balance énergétique de ce prédateur marin plongeant à d'importantes profondeurs, et comment les traits de personnalité individuels peuvent déterminer les adaptations des populations.



Kerguelen
SUBANTARCTIQUE



Gilbert Caroline

SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

133

SISMOLOGIE/OBS

**GEOSCOPE - EOST :
OBSERVATOIRE SISMOLOGIQUE GLOBAL**

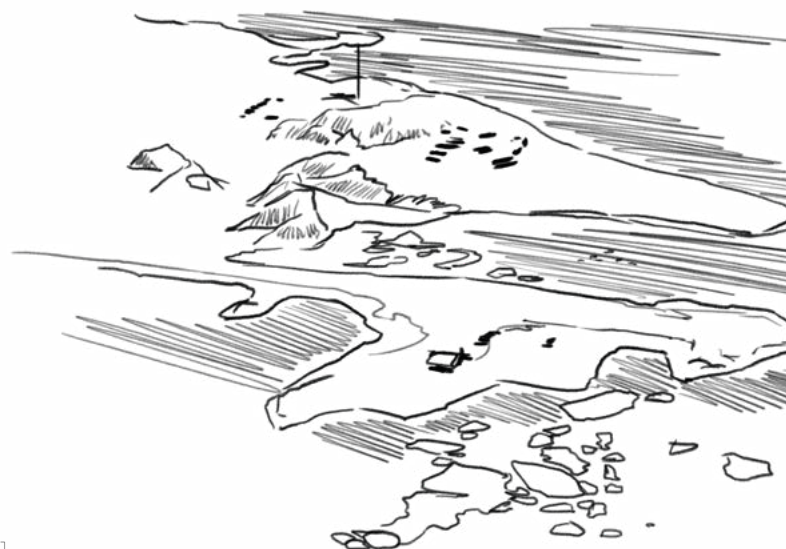
L'objectif principal du projet «SISMOLOGIE/OBS» est l'observation à très large bande et à grande dynamique des mouvements du sol, avec un fort accent sur les hautes latitudes de l'hémisphère sud, habituellement peu échantillonnées. Les données enregistrées et validées (contrôle de qualité) sont mises gratuitement à disposition de la communauté scientifique internationale en temps réel et/ou différé. Nos données contribuent tout autant aux études tomographiques de l'hémisphère sud, qu'aux études de sismicité ou de bruit micro-sismique. Nous prévoyons de maintenir ou améliorer la qualité des données, améliorer la robustesse des chaînes d'enregistrement et distribution des données, et améliorer leur valorisation nationale et internationale.



Concordia, Terre Adélie, Amsterdam,
Crozet, Kerguelen, St Paul
ANTARCTIQUE, SUBANTARCTIQUE



Zigone Dimitri



139

GEOMAGNETISM/OBS

**BCMT-EOST: LES 5 OBSERVATOIRES
MAGNÉTIQUES FRANÇAIS DES TERRES
AUSTRALES ET D'ANTARCTIQUE
(AMS, CZT, DMC, DRV & PAF)**

Les 5 observatoires magnétiques permanents (Amsterdam, Crozet, Dôme/Concordia, Dumont d'Urville et Kerguelen) sont localisés dans des lieux éloignés et isolés. Ils se révèlent donc capitaux pour l'observation du champ magnétique interne mais également pour l'étude des phénomènes engendrés par le vent solaire à la surface du globe (géoefficacité).

Ces 5 observatoires répondent aux normes et standards internationaux de plus haute qualité grâce aux développements de procédures et chaînes d'acquisitions spécifiques. Le champ magnétique de la Terre est enregistré en continu avec des taux d'échantillonnage de 1 seconde. Les mesures manuelles absolues des composantes du champ magnétique sont également effectuées journalièrement tout au long de l'année. Le traitement des données et, leur diffusion, auprès du Bureau Central de Magnétisme Terrestre (SNO-BCMT) comme auprès des centres mondiaux de données géophysiques (WDC pour le géomagnétisme - World Data Centers, INTERMAGNET) sont effectuées toutes les 12h UT grâce au système d'acquisition intégrant des protocoles d'expéditions.

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.

Nous prévoyons de maintenir ou améliorer la qualité des données, améliorer la robustesse des chaînes d'enregistrement et distribution des données, et améliorer leur valorisation nationale et internationale.



Concordia, Terre Adélie, Amsterdam
Crozet, Kerguelen
ANTARCTIQUE, SUBANTARCTIQUE



Chambodut Aude

209

NDACC ANTARCTICA

**SUIVI À LONG-TERME DE L'UTLS
ET DE L'OZONE STRATOSPHERIQUE,
INTERACTIONS STRATOSPHERE-CLIMAT :
COMPOSANTE ANTARCTIQUE DU RESEAU
NDACC-FRANCE.**

Les objectifs du projet 209 "NDACC Antarctique" consistent en la surveillance à long terme et des études de processus et climatologiques sur les populations de particules (aérosols, cirrus, 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, de Kerguelen et de Concordia. 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 erythémal. Ce projet d'observations fait partie, au niveau français, du Service d'Observation NDACC-France.



Dumont d'Urville, Concordia,
Kerguelen
ANTARCTIQUE, SUBANTARCTIQUE



Jumelet Julien



227

RAYCO**OBSERVATOIRE DE LA COMPOSANTE
NUCLÉONIQUE DU RAYONNEMENT COSMIQUE.**

Observation continue de la composante nucléon-
nique du rayonnement cosmique :

Comme participation française au réseau
international des moniteurs à neutrons et
à NMDB

Pour étudier l'accélération de protons re-
lativistes dans les éruptions solaires et les
événements solaires à particules de façon
générale

Pour fournir les données nécessaires et
améliorer les modèles utiles au système
Sievert (DGAC - Direction générale de
l'Aviation Civile; IRSN - Institut de Radio-
protection et de Sécurité Nucléaire).



Terre Adélie, Kerguelen
ANTARCTIQUE, SUBANTARCTIQUE



Klein Karl-Ludwig



312

SUPERDARN KER

SUPERDARN KERGUELEN

L'activité solaire est la source première de nombreux processus affectant l'environnement terrestre. Le vent solaire, flux permanent de particules chargées issues de la couronne solaire confine le champ magnétique terrestre dans une cavité de grandes dimensions, la magnétosphère. À l'intérieur de la magnétosphère, l'électrodynamique du gaz ionisé (plasma) est fortement contrainte par les conditions imposées par le vent solaire aux limites de la magnétosphère. Les interactions affectant la frontière de la magnétosphère se « projettent » le long des lignes de champ magnétique à basse altitude dans l'ionosphère, (la partie ionisée de la haute atmosphère), vers 300 km, principalement dans les régions de haute latitude. Ces régions constituent les zones aurorales, sortes de couronnes autour des pôles magnétiques Nord et Sud où sont observées les aurores boréales et australes, et les calottes polaires à l'intérieur de ces couronnes.

Les radars haute fréquence (H.F.) permettent d'étudier les mouvements de l'ionosphère. Ils émettent des ondes radioélectriques, de fréquence ajustable entre 8 et 20 MHz, qui sont réfractées dans l'ionosphère. Une partie de l'énergie est rétrodiffusée par la structure irrégulière du plasma et revient vers le radar. L'onde rétrodiffusée subit par Effet Doppler un changement de fréquence proportionnel à la composante radiale de la vitesse du plasma. Afin de mesurer à la fois l'intensité et la direction de la vitesse du plasma, on dispose deux radars sur des sites distants, et couvrant le même champ de vue. Le faisceau radar est orientable dans un angle azimutal de 53° avec une portée supérieure à 3500 km.

Au total 35 radars sont actuellement répartis en longitude dans les hémisphères Nord et Sud, ceinturant ainsi les zones aurorales et polaires. De nouveaux radars sont également installés depuis peu à moyennes latitudes. Ils forment le réseau SuperDARN (Dual Auroral Radar Network) développé en coopération internationale. Le radar de Kerguelen représente la contribution française à ce réseau.

La convection constitue la réponse primaire de la magnétosphère aux sollicitations du milieu interplanétaire, et aux divers mécanismes de couplage se produisant à l'interface entre le vent

solaire et la magnétosphère. Leur étude est l'objectif principal du réseau SuperDARN. Par son caractère global, le réseau SuperDARN permet d'aborder de nombreux thèmes de recherche connexes, comme la conjugaison entre les hémisphères Nord et Sud, les oscillations de la magnétosphère, l'estimation de la densité électronique ionosphérique ou les transferts d'énergie depuis l'atmosphère ionisée vers l'atmosphère neutre. Le réseau SuperDARN contribue ainsi à une meilleure connaissance de la haute atmosphère, cette région de notre environnement où s'exercent des activités humaines de plus en plus nombreuses. Par sa couverture globale, et grâce à la mise à disposition des données en temps réel, il constitue un outil privilégié de la « météorologie de l'espace ».



Kerguelen
SUBANTARCTIQUE



Marchaudon Aurélie



411

GLACIOCLIM-SAMBA

LES GLACIERS, OBSERVATOIRE
DU CLIMAT, COMPOSANTE ANTARCTIQUE

Ce projet constitue le renouvellement du projet GLACIOCLIM SAMBA initié en 2004 qui est le volet Antarctique du SNO 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.



Concordia, Terre Adélie
ANTARCTIQUE



Favier Vincent

414

CESOA

ÉTUDE DU CYCLE ATMOSPHÉRIQUE
DU SOUFRE EN RELATION AVEC LE CLIMAT
AUX MOYENNES ET HAUTES LATITUDES SUD

Le cycle atmosphérique du Soufre aux hautes latitudes Sud : variabilité interannuelle des émissions biogénique marines (glace de mer, température de l'océan, chlorophylle de l'océan, variabilité climatique liée à IENSO) et réponse future au changement climatique global. Le programme poursuit le suivi pluriannuelle des aérosols soufrés à DDU.



Dumont D'Urville
ANTARCTIQUE



Legrand Michel



416

SNO-AMS / ICOS-FRANCE

ÉVOLUTION DES CONCENTRATIONS
DES GAZ À EFFET DE SERRE
À L'ÎLE D'AMSTERDAM

Le projet 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 de l'hémisphère sud pour l'atmosphère (site de fond), 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. Pour les quatre prochaines années, nous souhaitons maintenir le suivi atmosphérique à Pointe Bénédicte avec les mesures en continu de CO_2 , CH_4 , CO , N_2O et O_3 . Les prélèvements d'air en flacons (CO_2 , CH_4 , CO , N_2O , SF_6 , H_2) utilisés pour le contrôle qualité d'une part et les mesures de Radon-222 et des paramètres météorologiques qui permettent de bien caractériser l'origine des masses d'air d'autre part seront poursuivies. Une jouvence de ces deux systèmes (mallette de prélèvement et analyseur radon) est à prévoir au cours des quatre prochaines années.

Nous envisageons également d'ajouter un FTIR portable sur l'île Amsterdam afin de caractériser la colonne totale atmosphérique de CO_2 et les paramètres associés.



Crozet, Amsterdam, St Paul,
SUBANTARCTIQUE



Delmotte Marc



665

MINERVE

Le but du projet MINERVE (Mesures à l'Interface Eau-air de la Variabilité des Echanges de CO₂), qui s'appuie sur des campagnes de valorisation de transit, est d'observer et de comprendre les variabilités saisonnières de la pression partielle de CO₂ (pCO₂) et du Carbone Inorganique Total dans les eaux de surface en association avec les mesures hydrologiques et biogéochimiques in-situ et avec l'aide de données satellitaires (température, couleur de la mer). Les parcours logistiques de l'*Astrolabe*, permettent d'accéder à des zones très peu étudiées et de les documenter afin de comprendre les processus qui expliquent les variations spatio-temporelles de pCO₂ à moyenne échelle dans les régions océaniques australes. Les données récoltées durant ces campagnes servent de base pour faire des estimations de la variabilité interannuelle et de la variation moyenne (tendance) du flux net de CO₂ à l'interface océan-atmosphère. En identifiant et quantifiant des sources et puits de CO₂, les observations recueillies lors des campagnes MINERVE servent également à d'autres équipes pour contraindre des modèles atmosphériques et à valider des modèles biogéochimiques basés sur des modèles de circulation générale océanique qui tentent de simuler le cycle du carbone océanique à moyen et à long terme.



Astrolabe
ANTARCTIQUE



TOURATIER Franck

688

NIVMER

NIVEAU DE LA MER

Le projet NIVMER consiste au suivi, au développement et à la maintenance des stations marégraphiques du réseau ROSAME de l'observatoire SONEL (SNO INSU et composante de l'IR ILICO) dans le cadre scientifique du programme international de suivi du niveau de la mer GLOSS. Ce projet vient aussi en accompagnement de programmes de recherche et de surveillance, nationaux et internationaux, 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, études des variations séculaires du niveau de la mer...). Les quatre sites d'intervention du projet NIVMER (Crozet, Kerguelen, St-Paul et Dumont d'Urville) sont la contribution française dans ce secteur au réseau mondial de surveillance du niveau de la mer GLOSS.



Dumont d'Urville/Cap Denison,
Kerguelen, Amsterdam - Saint-Paul
ANTARCTIQUE, SUBANTARCTIQUE



Testut Laurent

694

SURVOSTRAL

L'objectif principal du projet SURVOSTRAL est de SURVeiller différents paramètres physiques dans l'Océan AuSTRAL avec les mesures hydrologiques à long terme. SURVOSTRAL a débuté en 1992-1993, et mesure depuis régulièrement sur une ligne répétée (6-10 fois par an) entre la Tasmanie et l'Antarctique, le contenu thermique de l'océan dans les premiers 800 m et la salinité de surface. Ces mesures forment la plus longue série temporelle des variations saisonnières et interannuelles de ces paramètres dans l'océan Austral, donc elles constituent une valeur incontournable pour quantifier les changements océaniques dans cette région clé pour le climat.

Les objectifs généraux sont les suivants :

Un suivi de la variabilité saisonnière, interannuelle et décennale du contenu thermique de l'Océan Austral et sa réponse aux changements de flux de chaleur atmosphérique.

Etude de la salinité de surface, et sa relation avec le bilan de l'eau douce dans l'océan austral.

Etude du transport et de la structure du Courant Circumpolaire Antarctique (CCA).

Etude de la variation des différents fronts thermiques et halins.

Etude du rôle des tourbillons océaniques dans le flux de masse, de chaleur et de sel à travers le CCA.

Le projet SURVOSTRAL utilise les rotations régulières du navire ravitailleur l'*Astrolabe* entre Hobart et la Terre Adélie. Ce projet de valorisation de transit est fondé sur des mesures à haute résolution spatiale d'XBT et de thermosalinographe. Participent à ce projet soutenu par l'IPEV et le LEGOS (France), le CSIRO (Australie) et la Scripps Institution of Oceanography (USA). SURVOSTRAL est actuellement intégré à CLIVAR et la valorisation scientifique est financée par le TOSCA (CNES).



Astrolabe
ANTARCTIQUE



MORROW Rosemary

910

HAMSTRAD

H2O RADIOMÈTRES ANTARCTIQUE À MICRO-ONDES STRATOSPHERIQUE ET TROPOSPHERIQUE

Le radiomètre HAMSTRAD est un instrument micro-onde original 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 la vapeur d'eau troposphérique (profil et eau précipitable). Il a été installé au Dôme C en 2009 et fonctionne en mode nominal depuis 2010. L'objectif initial du projet HAMSTRAD était de mesurer les tendances des profils de vapeur d'eau et de température depuis la partie inférieure de la troposphère jusqu'à la partie inférieure de la stratosphère et leurs liens avec le changement climatique. Couplé à d'autres instruments fonctionnant au Dôme C (p. ex. un Lidar aérosol), le projet HAMSTRAD vise également à étudier la genèse des nuages épais et des poussières de diamant (particules de glace) au-dessus de la station Dôme C en utilisant les informations issues des mesures (in situ et télédétection à la station, satellites) et des analyses météorologiques de différents paramètres : température, vapeur d'eau, glace, précipitation, AOD, rayonnement, particules, etc.



Concordia
ANTARCTIQUE



Ricaud Philippe



1013

CALVA

CALIBRATION VALIDATION DE MODÈLES MÉTÉOROLOGIQUES ET CLIMATIQUES ET DE RESTITUTIONS SATELLITALES, DE LA CÔTE ANTARCTIQUE JUSQU'AU DÔME C

CALVA s'attache à obtenir sur le terrain, en Terre Adélie et au Dôme C, des observations suivies et non disponibles par ailleurs pour mieux évaluer et améliorer les modèles météorologiques et les modèles de climat sur la région Antarctique, ainsi que les approches de télédétection.

En Terre Adélie, CALVA s'intéresse en particulier aux nuages et précipitations, aux couches limites atmosphériques extrêmement dynamiques (vents catabatiques), et à la neige soufflée. Au Dôme C, CALVA s'intéresse également à la couche limite, extrême en termes de température et d'inversion, aux précipitations et aux nuages, et aux flux d'échange avec la surface de neige. Ce sont des éléments encore mal connus, et mal ou pour certains (neige soufflée) pas représentés dans les modèles mis en œuvre pour les prévisions climatiques de type GIEC. Les données obtenues visent 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.



Dumont d'Urville,
Concordia
ANTARCTIQUE



Genthon Christophe





1028

GMOSTRAL 3

OBSERVATIONS MONDIALES SUR LE MERCURE : SURVEILLANCE DE L'ATMOSPHÈRE ET ÉTUDES DES PROCESSUS ATMOSPHÉRIQUES DANS LES RÉGIONS SUBANTARCTIQUES ET LES TERRES ANTARCTIQUES

Le mercure (Hg) est un composé neurotoxique important globalement dispersé dans l'atmosphère. La population humaine est principalement exposée au mercure via l'alimentation (produits de la mer principalement). En 2017, la Convention internationale de Minamata est entrée en vigueur. Celle-ci vise à limiter l'utilisation, les émissions et les effets sur la santé du mercure à l'échelle mondiale. L'efficacité de la Convention à réduire (i) les émissions de mercure, (ii) les concentrations de celui-ci dans l'environnement et finalement (iii) l'exposition humaine au mercure devra être évaluée au fil du temps. Comment la communauté scientifique peut-elle contribuer à évaluer l'efficacité de la convention et des politiques gouvernementales mises en œuvre ?

GMOSTRAL-3 propose de travailler à l'amélioration de la connaissance des processus et des outils de décision tels que les modèles par :

- Une surveillance continue du mercure atmosphérique (mise en œuvre depuis 2012) dans des sites clés de l'hémisphère sud (station Concordia - district Antarctique - et l'île d'Amsterdam - district Sub-Antarctique) ;

- Le développement de stratégies alternatives pour surveiller ce composé (et d'autres contaminants) à moindre coût ;

- Une meilleure paramétrisation des voies d'oxydation du mercure par une approche innovante (étude des isotopes, spéciation des espèces oxydées du mercure) visant à améliorer les modèles ;

- La mise en œuvre et coordination de campagnes de terrain intensives ciblées sur l'étude des oxydants atmosphériques (exemple des halogènes).



Concordia, Amsterdam
ANTARCTIQUE, SUBANTARCTIQUE



Magand Olivier

1053

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

Afin de mesurer et mieux comprendre la dynamique des glaciers émissaires de l'Antarctique de l'Est, la zone atelier du glacier de l'Astrolabe a été sélectionnée. Elle contribue aux données de l'observatoire fédérateur CRYOBS-CLIM (<https://cryobsclim.osug.fr/>) dont le but est de mieux cerner la relation entre les changements environnementaux (plus spécifiquement ceux du climat) et l'évolution résultante des glaciers et calottes. Cette relation opère à deux niveaux principaux :

Les changements climatiques génèrent des changements dans le bilan de masse en surface, lequel impacte indirectement sur l'environnement

Ces mêmes changements climatiques constituent la condition aux limites principale dans l'évolution des masses glaciaires.

Si le premier volet est essentiellement traité par l'observatoire GLACIOCLIM (Projet IPEV 411), le présent projet quant à lui s'intéresse à ces changements dynamiques induits par le bilan de masse en surface et aussi, dans une moindre mesure, par certaines variables climatiques directes (essentiellement la température) et apparaît ainsi très complémentaire du projet GLACIOCLIM. Parce que dans son cheminement à la mer, plus de 80 % de la glace continentale antarctique transite par les glaciers émissaires de l'Est, comprendre le fonctionnement et être capable de modéliser le comportement présent et futur de ces glaciers est fondamental dans le cadre de l'étude du niveau

des mers. L'approche présentée ici est double en proposant dans un premier temps un suivi exhaustif du glacier échole afin de saisir les particularités de la dynamique des glaciers émissaires marins et alimenter les modèles d'écoulement correspondants. Les résultats qui s'en suivront seront ensuite dans un second temps appliqués à la modélisation plus large échelle des glaciers de l'ensemble du secteur de Wilkes - Terre Adélie, dont la contribution au niveau des mers est majeure et doit être mieux contrainte. Le gros des activités de terrain proposées dans le cadre du présent projet concerne le premier volet de suivi intensif du glacier de l'Astrolabe. Pour ce qui est du second volet, il est réalisé en collaboration avec l'Université du Texas sous la forme de campagnes géophysiques aéroportées. Les mesures correspondantes permettent de caractériser l'environnement des gros glaciers émissaires (topographies de surface et du fond rocheux, délimitation des zones respectivement flottantes et posées..) afin de pouvoir modéliser le comportement futur de l'ensemble de la zone concernée.



Terre Adélie
ANTARCTIQUE



Le Meur Emmanuel



1066

ASTEP+

**ASTEP+ :
TÉLESCOPE ANTARCTIQUE
DE PHOTOMÉTRIE AUSTRALE**

Le nombre d'exoplanètes détecté augmente régulièrement. La plupart de ces détections nécessitent un suivi afin d'être confirmées. Le suivi au sol de candidats exoplanètes sera encore plus pertinent avec l'explosion du nombre de candidats exoplanètes qui seront détectées par les futures missions spatiales TESS et JWST. Dans ce domaine, le potentiel d'un télescope robotique de petite taille (30 à 80 cm) a été démontré par TRAPPIST au Chili avec la caractérisation de plus de 90 exoplanètes. De même, les résultats obtenus concernant la caractérisation des oscillations de Scuti de l'étoile beta Pictoris nous ont permis de démontrer que des observations photométriques d'excellente qualité peuvent être menées en mode automatique depuis Concordia.

Nous proposons de poursuivre les observations avec ASTEP en 2019 et au-delà. Le cœur du projet ASTEP+ ne requiert que du travail de maintenance pour maintenir la monture, le télescope et les systèmes de support opérationnels et fiables. Des ajustements mineurs sont proposés pour améliorer la résolution spatiale et pour un contrôle plus complet de l'instrument.

ASTEP+ fonctionnera en coordination avec TRAPPIST. Il permettra d'observer les transits des planètes détectées par vitesse radiale, de caractériser des systèmes planétaires et plus généralement des objets à fort impact scientifique. ASTEP+ sera également dédié au suivi photométrique des candidats planètes détectés par le satellite TESS.



Concordia
ANTARCTIQUE



Guillot Tristan

1077

TALISKER

**TRANSFERTS DE FLUIDES
ET DE MAGMAS À TRAVERS
LA LITHOSPHERE DE KERGUELEN**

Kerguelen correspond à un contexte géodynamique et une histoire géologique spécifiques, sans équivalent actuellement sur Terre, analogue contemporain de la formation des premiers continents il y a 4 milliards d'années. L'étude des productions, des migrations et des mises en place de magmas différenciés en contexte océanique, la caractérisation des processus d'altération (serpentinisation) et de fertilisation du manteau, les rôles respectifs des causes locales (magmatisme) et régionales (tectonique, géodynamique profonde) dans la structure et l'évolution du plateau océanique ainsi que l'étude de la géométrie des différents compartiments lithosphériques par les approches sismologique et gravimétrique et des circulations de fluides entre eux permettent d'apporter des contraintes pour préciser la géodynamique actuelle et le scénario de la formation des premiers continents sur Terre. La situation géographique actuelle est aussi stratégique pour contraindre l'évolution climatique des derniers millions d'années en étudiant les dynamiques d'érosion des roches de l'archipel et les transferts de matière vers l'océan.



Kerguelen
SUBANTARCTIQUE



Guillaume Damien



1094

PALAS2

PALÉOCLIMAT DES SÉDIMENTS DU LAC SUR L'ARCHIPEL DE KERGUELEN

Ce projet est proposé conjointement par EDYTEM (Université Savoie Mont Blanc/CNRS) et le département des Science de la Terre de l'Université de Bergen. Les objectifs principaux sont de réaliser plusieurs séquences sédimentaires holocènes à partir de lacs localisés dans le Sud et le Nord de l'île de Kerguelen dans le but de reconstituer à haute résolution et en continu les fluctuations climatiques passées à l'aide de marqueurs sédimentologiques et géochimiques. Cette proposition est complémentaire à un projet en cours à l'Université de Bergen, où des sites similaires dans l'hémisphère Nord ainsi qu'en Géorgie du Sud et dans le sud de l'océan Atlantique sont étudiés avec les mêmes méthodes. Dans le cadre de ce projet focalisé sur les Kerguelen nous souhaitons mettre en place deux approches complémentaires :

Dans le lac d'Armor, dépourvu de glacier dans son bassin versant, à l'aide des flux érosifs nous reconstituerons les variations hydrologiques en liens avec les précipitations (carottage déjà réalisé en 2014, analyses en cours)

Dans des lacs possédant un glacier dans le bassin versant (région des lacs Guynemer et Aphrodite), l'identification des flux érosifs permettra de reconstituer les fluctuations glaciaires (objet de cette demande).

A l'aide de ces deux enregistrements nous souhaitons à terme appréhender les déplacements ou les changements d'intensité des vents d'Ouest au cours de l'Holocène. Ces approches seront aussi complétées par une reconstitution des aérosols marins à l'aide de la géochimie élémentaire.



Kerguelen
SUBANTARCTIQUE



Sabatier Pierre

1110

NIVO

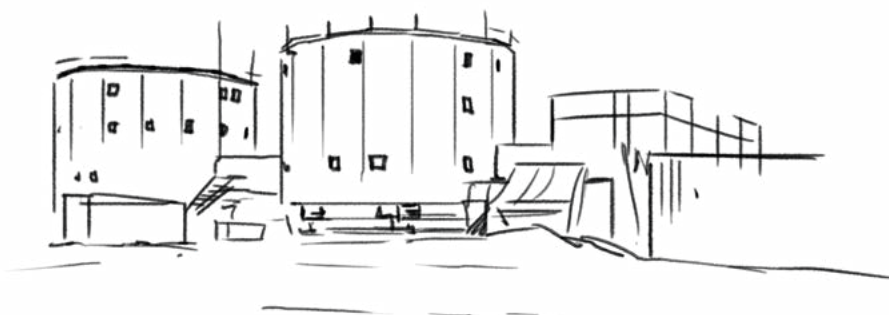
Le projet NIVO porte sur l'évolution de la neige à la surface aux échelles de temps horaires à inter-annuelles et vise à comprendre le rôle de la neige dans le système climatique. La neige en surface échange de l'énergie, de la quantité de mouvement, de la vapeur d'eau (comprenant différents isotopes stables de l'eau) avec l'atmosphère ce qui induit des rétroactions impliquant de nombreux processus (radiatif, aérodynamique, turbulent...). Afin de comprendre et paramétrer ces processus et rétroactions dans les modèles de neige et de climat, le projet NIVO met en œuvre un ensemble d'instruments automatiques et assure la collection de mesures manuelles permettant de caractériser la neige à la surface et jusqu'à quelques dizaines de mètres de profondeur. L'objectif pour les quatre années de ce projet est d'étudier la variabilité inter-annuelle de la taille des grains de neige, de la masse volumique, l'albédo, la température et la composition isotopique; de comprendre l'évolution de la rugosité de surface; et de faire des progrès sur les lois de métamorphisme à basse température. Enfin un dernier objectif est de fournir des informations sur la microstructure de la neige et les propriétés électromagnétiques de la glace nécessaire à l'analyse des données de télédétection, ce qui permet ensuite d'exploiter les observations satellite pour surveiller l'évolution de la neige au-delà de Dôme C.



Concordia
ANTARCTIQUE



PICARD Ghislain





1112

CHINSTRAP

**ÉTUDE DU SPECTRE DE RAYONNEMENT
CONTINU DE NEUTRONS HAUTE ALTITUDE
EN ANTARCTIQUE**

Le Projet CHINSTRAP vise à installer et à exploiter scientifiquement un spectromètre à neutrons étendus 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 Pico dos Dias 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 de coupler leurs analyses à celles issues d'autres sites de mesures.



Concordia
ANTARCTIQUE



Hubert Guillaume

1165

AERONET

**SURVEILLANCE DES AÉROSOLS
À L'AIDE D'UN PHOTOMÈTRE SOLAIRE
SUR L'ÎLE D'AMSTERDAM**

Ce projet vise à maintenir les mesures du réseau AERONET sur l'île d'Amsterdam. Ces mesures fournissent les propriétés optiques et microphysiques des aérosols dans la colonne atmosphérique. Très peu de stations «marines propres» sont actuellement en service 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 ce nouveau projet IPEV. L'essentiel des travaux sur site concerne l'installation (une fois / an) et le suivi (maintenance, données) des mesures fournies par un photomètre solaire CIMEL. Les données sont partagées et accessibles au public en temps quasi réel dans la base de données AERONET. Ce projet était auparavant géré par le projet Institut polaire français AEROTRACE (415) dirigé par Jean Sciare (LSCE).



Amsterdam
SUBANTARCTIQUE



Goloub Philippe

1169

EAIIST

RAID INTERNATIONAL DE L'INLANDSIS DE L'ANTARCTIQUE DE L'EST

Des scientifiques Italiens, Américains et Français unissent leurs connaissances et savoir-faire pour étudier l'intérieur du plateau Antarctique entre les stations Concordia (75°S, 123° E) et la station américaine de Pôle Sud (90°). Les objectifs scientifiques du projet EAIIST sont d'étudier les zones englacées du continent Antarctique dans ces parties les plus arides. Ces zones largement inexplorées et méconnues offrent des caractéristiques morphologiques uniques et extraordinaires : présence de méga-dunes, de surfaces vitrées de glace, de fissures, structures probablement analogues à la période glaciaire sur les sites de forage profonds comme Dôme C ou Vostok. Un consortium de chercheurs des trois nations, Italie, France, Etats-Unis, s'est construit autour de l'idée d'explorer et d'étudier les dimensions géophysiques (physique de la neige, bilan de masse, densité, température, sismicité, etc.), géochimiques (impuretés, aérosols, transfert air-neige, isotopes de l'eau, etc.) et météorologiques (station météo automatiques, dynamique atmosphérique) de ces régions les plus inhospitalières, reculées et méconnues de la planète au moyen d'une traverse scientifique terrestre et autonome.



Concordia
ANTARCTIQUE



Savarino Joël



1177

CAPOXI 35-75**CAPACITÉ OXYDANTE
DE L'ATMOSPHÈRE 35-75 °S**

Le projet CAPOXI 35-75 vise à documenter la capacité oxydante de l'hémisphère Sud selon un gradient Nord-Sud, s'étalant de l'île d'Amsterdam (37°S) à la station Concordia (75°S) en passant par la station côtière Dumont d'Urville (67°S). Ce projet s'attachera à résoudre plusieurs incohérences observées ces dernières années sur les sites Antarctique. S'il est bien admis aujourd'hui que le fort pouvoir oxydant en été de l'atmosphère des régions centrales de l'Antarctique trouve son origine dans l'émission oxydes d'azote par le manteau neigeux, il est en revanche difficile de réconcilier nos connaissances actuelles de la chimie de l'atmosphère et les mécanismes d'oxydation observés sur le terrain. Cette méconnaissance du fonctionnement de l'atmosphère polaire limite singulièrement notre capacité d'interprétation de l'information contenue dans les carottes de glace. Il est proposé dans ce projet de revisiter plusieurs sites expérimentaux pour résoudre les hiatus observés. Pour ce faire, nous nous appuierons sur les moyens logistiques uniques de l'institut polaire Français. Par la gestion de bases scientifiques couvrant les latitudes 37°S à 75°S, l'IPEV offre la possibilité d'étudier la capacité oxydante de l'atmosphère dans des environnements très contrastés permettant une mise en relief plus aisée des interactions entre les espèces réactives de l'atmosphère. Le projet se focalisera sur la chimie des espèces réactives azotées et halogénées en lien avec le bilan chimique de l'ozone. Pour atteindre les objectifs fixés, plusieurs collaborations internationales seront tissées au cours du projet permettant l'accès au dosage d'espèces chimiques et à la modélisation chimique.



Concordia
ANTARCTIQUE



Savarino Joël

1184

BINGO**BIODISPONIBILITÉ DU FER CONTENU
DANS LES NANOPARTICULES D'ORIGINE
GLACIAIRE**

L'océan Austral est un acteur majeur de la régulation du CO₂ atmosphérique et donc du climat. Cependant l'absorption de CO₂ par l'activité biologique est largement limitée par la carence en fer du phytoplancton. Il existe cependant quelques oasis naturellement fertilisés en fer qui représentent des laboratoires naturels pour l'étude de la fertilisation. Le plateau de Kerguelen et les eaux s'étendant vers l'est en sont un bel exemple. L'objectif du projet BINGO est d'étudier un aspect non encore exploré de la fertilisation dans cette région : le rôle de la fonte des glaciers en tant que source de fer. BINGO propose d'aborder cette question en se focalisant sur la fonte de la calotte de Cook. L'enjeu est de détecter la présence de nanoparticules de fer dans les eaux de fonte et d'en évaluer leur biodisponibilité pour le phytoplancton. Pour cela BINGO repose sur une expédition à Kerguelen en deux étapes la collecte des particules au voisinage du glacier Ampère et la réalisation d'incubations avec du phytoplancton antarctique limité en fer à Port aux Français. Cette double approche géochimique et biologique devrait produire des résultats inédits représentant une avancée importante pour mieux appréhender le futur de l'océan austral notamment dans le contexte la fonte calottes glaciaires.



Kerguelen
SUBANTARCTIQUE



Blain Stéphane



1200

ENVIKER

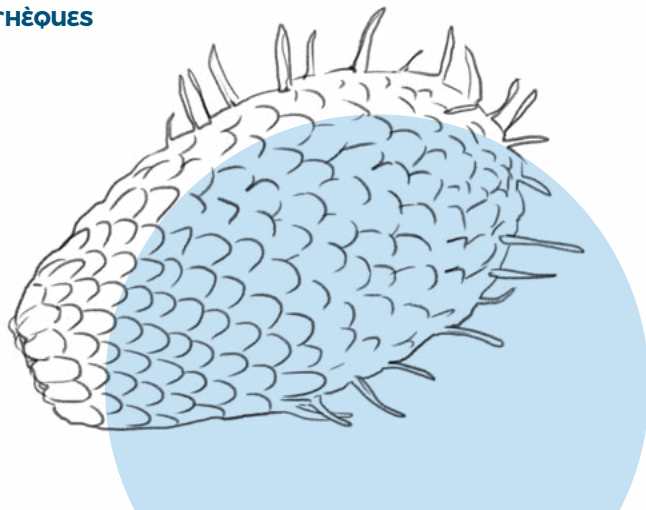
CARACTÉRISATION ET SUIVI DES ENVIRONNEMENTS ET PALÉO-ENVIRONNEMENTS DES KERGUELEN AU MOYEN DES AMIBES À THÈQUES

En raison de leur position géographique, sous l'influence des vents d'ouest de l'hémisphère Sud et sous l'influence du courant circumpolaire Antarctique, les îles subantarctiques des Kerguelen sont un site d'expérimentation naturel parfait pour l'enregistrement des changements environnementaux récents.

Les amibes à thèques ont été étudiées en Antarctique et dans les îles subantarctiques au travers d'une petite centaine d'études. Dans l'archipel des îles de Kerguelen, elles sont décrites dans quatre études assez extensives en 1904, 1908, 1912 et 1981. Ces études révèlent la présence d'espèces cosmopolites avec quelques rares d'une distribution plus restreinte. Les proportions des différentes espèces et la composition des communautés dépendent du degré hygrométrique, du pH, de la température et de facteurs biogéographiques. D'autre part, les squelettes de ces amibes se préservent et sont donc des témoins des environnements du passé.

Ainsi, en caractérisant les contraintes environnementales des communautés d'amibes à thèques moderne, en définissant des espèces indicatrices de tous les sous-environnements identifiables, il est possible de reconstituer les paléo-environnements récents et modéliser les changements importants opérant au cours des dernières décennies. Ainsi, le projet à long terme consiste en la mise en place d'un outil de caractérisation des changements environnementaux enregistrés dans les îles du subantarctique, basé sur l'observation des amibes à thèques préservées. Les objectifs du projet EnviKer sont ainsi de :

- Proposer une cartographie plus dense et plus exhaustive des communautés d'amibes à thèques dans les différentes unités du paysage des îles de Kerguelen tout en suivant, un gradient de précipitations Est-Ouest, un gradient de qualité et de quantité du substrat organique et inorganique. Le projet se concentrera tout particulièrement sur des analyses minéralogiques et de géochimie moléculaire pour définir de manière précise les caractéristiques du milieu. La diversité des amibes à thèques sera estimée tant par les techniques génétiques que des observations plus classiques. Pour chaque unité environnementale, nous définirons les espèces indicatrices. Les différentes interactions sont résumées dans la figure présentée dans le paragraphe d'objectifs.



Proposer une reconstitution des paléo-environnements sur la base statistique de l'analyse des espèces indicatrices d'amibes à thèques extraites de carottes de sédiments. Dans les environnements lacustres les carottes étudiées sont celles récupérées par les projets PALAS et TALISKER pilotés par le Laboratoire EDYTEM sous la direction de Fabien Arnaud. Ces carottes bénéficiant de nombreuses analyses tant du point de vue de la chimie organique, moléculaire et inorganique, nous bénéficierons d'une base de données efficace pour l'inter-comparaison des paléo-environnements que nous reconstituerons avec les amibes à thèques. Nous compléterons les prélèvements avec des carottages courts dans les tourbières, sols et végétaux en cousins dans lesquels nous déploierons toutes les analyses possibles.



Kerguelen
SUBANTARCTIQUE



Armynot du Châtelet Éric

1202

BE-OI

BEYOND EPICA : OLDEST ICE, PHASE DE RECONNAISSANCE

BE-OI est un projet européen H2020 (Coordination and Support Action, l'IPEV, le PNRA et le CNRS en sont des partenaires officiels) visant à localiser en Antarctique des sites optimaux où une opération de forage profond pourrait être conduite durant la décennie 2020. L'objectif est d'obtenir une séquence stratigraphique continue des conditions climatiques et environnementales remontant à 1,5 millions d'années dans le passé, recouvrant ainsi la transition climatique du mi-Pléistocène lorsque le rythme des cycles glaciaire-interglaciaires a basculé d'une périodicité de 40000 à 100000 ans. La question fondamentale derrière cet objectif concerne le rôle joué par les gaz à effet de serre dans ce changement climatique majeur.

Du côté français et italien, ce travail de reconnaissance de site pour BE-OI prend place dans le secteur de Concordia. En 2016/2017, le site de « Little Dome C », situé environ 40 km à l'ouest de Concordia le long de la ligne de partage d'écoulement en direction de Vostok, a vu la conduite de profils radar, des premières mesures avec un radar de phase, du positionnement GPS ainsi que les premiers tests du système anglais de forage rapide RAID. A Concordia même, les premiers tests de la sonde de reconnaissance très innovante SUBGLACIOR étaient réalisés. En 2017/2018, une deuxième saison de tests de SUBGLACIOR a été conduite, ainsi qu'un deuxième déploiement de RAID, des mesures GPS et des mesures de radar de phase à Little Dome C.

La composante BE-OI faisant l'objet du projet soumis ici comprend les activités prévues pour les saisons 2018/2019 et 2019/2020 : le déploiement de la sonde SUBGLACIOR au site optimal défini à Little Dome C durant la saison 2017/2018, ainsi que des mesures additionnelles de déformation et le premier déploiement sur le terrain de l'instrument suisse de reconnaissance rapide RADIX. En 2019/2020, le projet verra soit la répétition

des activités sus-listées, ou bien le début de la construction du camp temporaire en anticipation de la future opération de forage profond. En complément, nous anticipons de tester de nouveaux outils de log (notamment un logger sonique) dans le trou de forage EPICA à Concordia durant ces deux saisons de terrain, avant leur déploiement dans les trous de forage de reconnaissance BE-OI à Little Dome C.

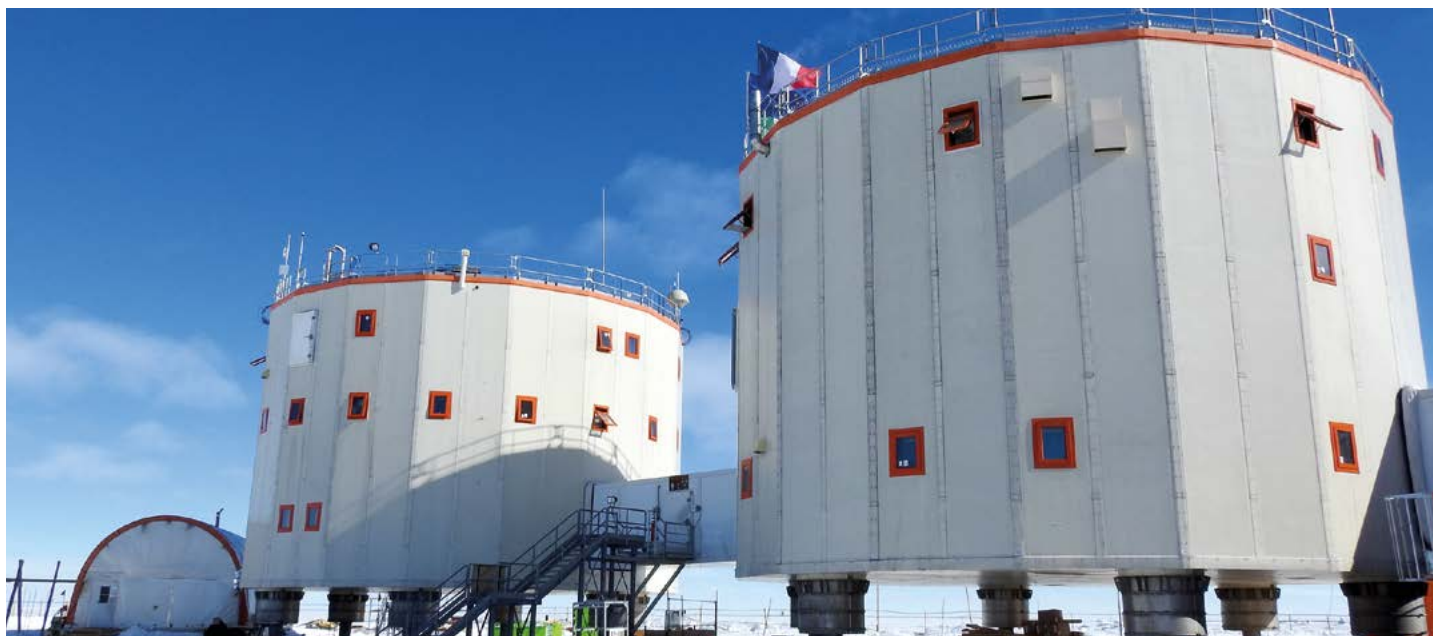
Le projet IPEV BE-OI représente donc la majeure partie de la déclinaison française et italienne (+ une partie de la contribution suisse) du projet européen BE-OI. Pour les saisons de terrain 2016/2017 et 2017/2018, elles étaient intégrées dans deux projets IPEV : SUBGLACIOR-1119 et GLACIOLOGIE-CONCORDIA-902. A la demande de l'IPEV et pour un suivi plus aisé par le CPST, les deux saisons suivantes ont vu la fusion des deux projets (pour 902, une partie seulement) dans un seul projet, dénommé BE-OI.



Concordia
ANTARCTIQUE



Alemany Olivier



1203

ARCHIVE EPICA

GESTION DE LA CAROTTE DE GLACE
EPICA-DC ENTREPOSÉE À CONCORDIA



La carotte de glace EPICA, forée à Dôme C et longue de 3260 m, permet de retracer le climat sur les derniers 800 000 ans et il s'agit donc d'une archive particulièrement précieuse. Un quart de la carotte de glace (sur toute la longueur) a été conservé sur place, dans une cave où la température moyenne annuelle est de -55°C . La raison de ce stockage sur place est en effet de garder cette glace à très basse température comme requis par certaines mesures. Le reste de la carotte soit a été distribuée aux divers partenaires d'EPICA, soit est conservée dans des chambres froides à -25°C , près de Grenoble. L'objectif de ce projet concerne le management de l'archive restée à Concordia. Il s'agit :

- De répondre aux demandes d'échantillonnage venant de divers groupes nationaux ou internationaux (une fois avalisées par le Steering Committee d'EPICA)
- De finir le changement de caisses dans lesquelles sont stockées les carottes (si ce n'est pas fini en 2017-2018)
- De préparer le cahier des charges de la future cave EPICA, en tenant compte des interactions avec le projet de cave « ice memory ».

Ce projet propose donc un service pour la communauté des carottes de glace plutôt qu'un projet scientifique en lui-même.



Concordia
ANTARCTIQUE



Teste Gregory

1205

ADELISE

MIEUX CONTRAINDRE L'ORIGINE DE L'ACCUMULATION EN SURFACE ET L'ÉVOLUTION CLIMATIQUE RÉCENTE EN TERRE ADÉLIE VIA L'APPORT DES ISOTOPES DE L'EAU (ADELISE)

Quantifier les flux de neige et de vapeur d'eau à la surface de l'Antarctique ainsi que les liens avec les variations climatiques constitue un enjeu majeur pour les projections climatiques et l'évolution de l'organisation du cycle hydrologique dans cette région. Cependant, de larges incertitudes subsistent. D'une part, la quantité de précipitation neigeuse est difficile à estimer à cause de l'influence du vent, ce phénomène étant particulièrement important dans les régions côtières à cause des forts vents catabatiques. D'autre part, il est très difficile d'estimer la part des échanges directs avec l'atmosphère (sublimation/condensation) à cause de la dynamique mal connue de la couche limite (présence de neige soufflée, de sursaturation, impact de la turbulence...). Enfin, les variations climatiques sur les dernières dizaines à centaines d'années sont souvent mal documentées à cause du manque d'instrumentation dans cette région.

La mesure des isotopes de l'eau sur des carottes courtes de neige ou de glace en Antarctique est actuellement un des meilleurs outils pour reconstruire la variabilité climatique (température, accumulation) en l'absence de mesures instrumentales. En effet, à cause de l'appauvrissement en isotopes lourds des masses d'eau lors de la distillation des basses vers les hautes latitudes, il est possible de lier les variations de températures saisonnières et interannuelles aux variations de composition isotopique. Cependant, la composition isotopique de la neige est sensible à de nombreux autres effets lors de la formation et déposition de la neige (effet de fractionnement cinétique, ré-évaporation) ainsi qu'après sa déposition (diffusion, sublimation et dépôt de givre). Si ces effets rendent plus complexe l'interprétation directe des isotopes de l'eau en termes de variations de température du passé, ils permettent aussi d'obtenir d'autres informations sur les conditions de déposition de la neige et les flux de vapeur d'eau à la surface des calottes de glace.

Dans le cadre de ce projet, nous proposons d'effectuer des mesures isotopiques à la fois dans la vapeur d'eau, dans les précipitations, dans la neige soufflée et dans la neige de surface sur la base de Dumont d'Urville avec un suivi continu en été et en hiver. Les mesures isotopiques compléteront les mesures effectuées sur les instruments LIDAR, RADAR et pluviomètre en place sur cette station pour mieux caractériser les processus et flux liés au cycle de l'eau sur toute la colonne atmosphérique et à l'interface neige – vapeur atmosphérique. Les mesures isotopiques seront combinées à des mesures chimiques obtenues sur le long terme dans le cadre du projet CESOA (et de sa suite à partir de 2020) pour comprendre la signature des arrivées d'air marin ainsi que l'influence de la glace de mer et permettront d'interpréter plus finement les enregistrements chimiques et isotopiques des carottes de glace et neige courtes issues du récent projet ASUMA en Terre Adélie. Finalement, le déploiement d'un système parallèle de mesures isotopiques de surface à la station Antarctique de Dôme C à la même période permettra d'estimer la fonction de transfert isotopique entre la côte et le plateau Est Antarctique et une meilleure interprétation des profils isotopiques de la carotte profonde de Dôme C.

Enfin, ce projet intégrera une part importante de modélisation grâce au modèle atmosphérique régional MAR déjà largement appliqué pour la Terre Adélie et pour lequel l'implémentation des isotopes de l'eau est en cours.



Terre Adélie, Autre
ANTARCTIQUE



Landais Amélie



BIOLOGIE HUMAINE



1170

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

Le protocole d'évaluation de la perception sensorielle ERSI, 2e année, volet PerSens, vise à étudier les modifications de perception sensorielles éventuelles qu'ont à connaître les personnels en mission/séjour de longue durée en environnements extrêmes & inhabituels (EUE – ex. : bases antarctiques/subantarctiques – jusqu'à 14 mois sur le terrain) ou isolés & confinés (ICE – ex. : sous-marine de la Marine nationale – embarqués de 70 à 90 jours).

Si, dans la littérature scientifique, il existe des pistes qui indiquent que les sens, considérés indépendamment les uns des autres, sont éprouvés par de telles expériences, aucune recherche holistique n'a pour le moment permis de mesurer quel est réellement l'impact d'un séjour de longue durée en ICE/EUE sur la perception sensorielle des individus et, par voie de conséquence, l'impact de ces éventuelles modifications de perception sur leur moral, leur niveau de stress et/ou leur performance.

Cette étude s'attachera à l'évaluation des perceptions (1) visuelle, (2) olfactive, (3) gustative, (4) tactile, (5) auditive des individus ainsi qu'à l'évaluation de leur proprioception et prise en compte de leur schéma corporel, sur un schéma d'investigation « en t débüt », « au cours », « à la fin » de mission/séjour.



Dumont D'Urville, Kerguelen,
Amsterdam, Crozet
ANTARCTIQUE, SUBANTARCTIQUE



Trousselard Marion

1219

ANTARCV

**MODIFICATIONS DU VOLUME TOTAL
DES GLOBULES ROUGES ET DU VOLUME
PLASMATIQUE PENDANT UN CONFINEMENT D'UN
AN EN ANTARCTIQUE : EFFET DE L'HYPOXIE**

Introduction: Le vol spatial de courte durée induit une altération des volumes sanguins circulants, qualifiée d'« anémie du vol spatial » et caractérisée par une diminution du volume des globules rouges (RCV) et du volume plasmatique (PV). Cette altération hématologique est susceptible de perdurer lors d'une mission spatiale de longue durée et d'impacter la santé des astronautes, toutefois cette question reste inexplorée. D'autre part, lors de missions spatiales de longue durée, l'utilisation de l'hypoxie est envisagée pour des raisons techniques, cependant la sécurité de l'hypoxie doit d'abord être vérifiée car cette condition environnementale provoque de nombreuses modifications physiologiques chez l'homme, en particulier une modification des volumes sanguins susceptible d'interagir avec les effets hématologiques des vols spatiaux. **Objectif :** En utilisant le modèle du confinement en Antarctique comme un analogue terrestre de haute fidélité pour les missions spatiales de longue durée, nous émettons l'hypothèse que :

Le confinement au niveau de la mer réduit le volume sanguin en diminuant simultanément RCV et PV

L'hypoxie chronique compense la diminution de RCV et exacerbe la diminution de PV induites par le confinement.

Méthodes :

En utilisant une technique innovante et automatisée de rebreathing au monoxyde de carbone utilisable par les personnels hivernants, les volumes sanguins seront mesurés de façon répétée chez deux groupes de sujets hivernant à Dumont d'Urville (DDU) (groupe niveau de la mer) ou à Concordia (3200m, groupe altitude).



Dumont D'Urville, Concordia
ANTARCTIQUE



Robach Paul



1220

SLEEPCOUNT

**SOMMEIL ET TROUBLES
NEUROCOGNITIFS : CONTRE-MESURES ET OUTILS
D'INVESTIGATION INNOVANTS DANS DES CONDITIONS
POLAIRES EXTRÊMES EN ANTARCTIQUE**

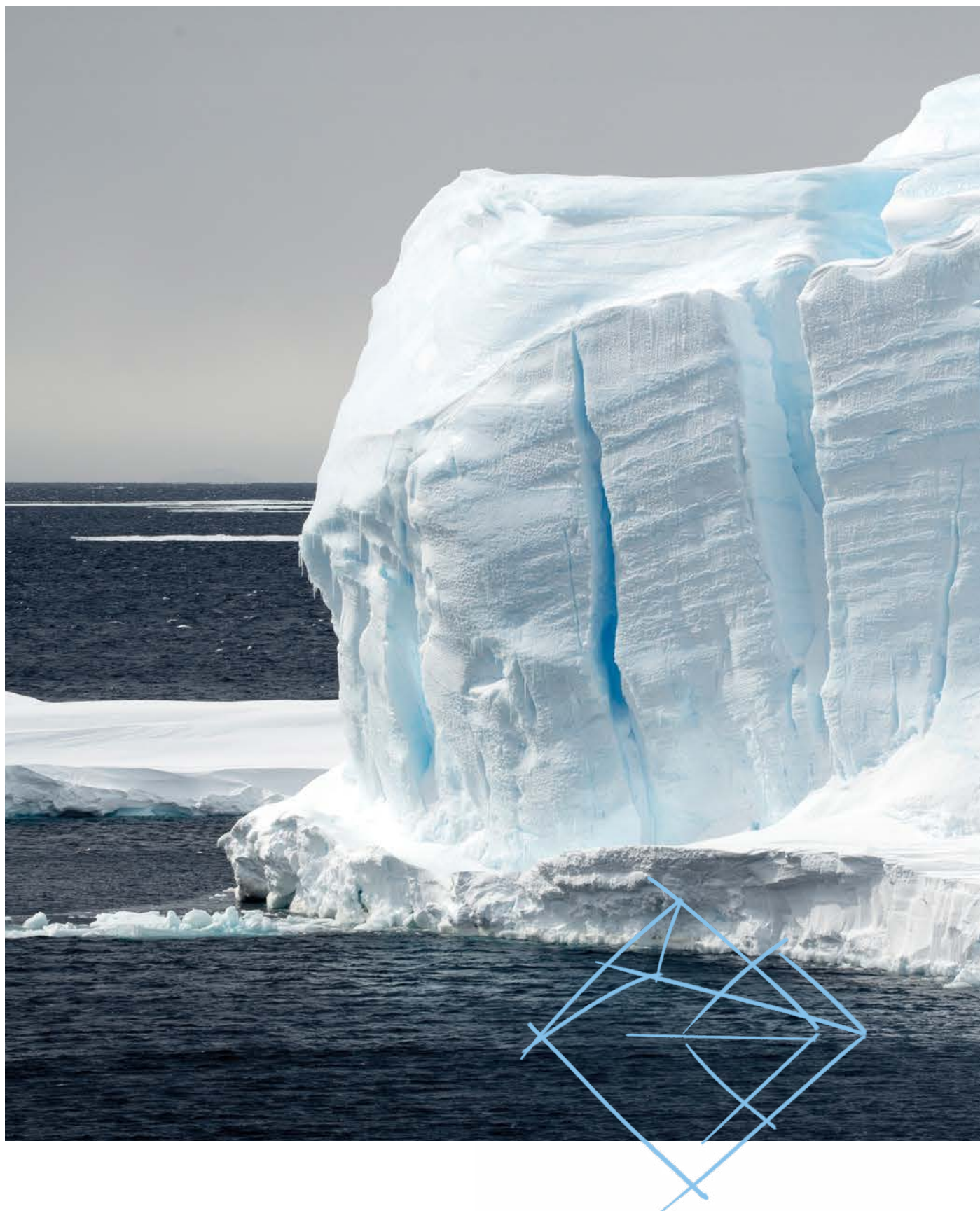
Des altérations profondes de la quantité et de la qualité du sommeil sont rapportées en conditions polaires. Les principales altérations du sommeil consistent en une augmentation du temps d'endormissement, une fragmentation du sommeil et une réduction du sommeil à ondes lentes. Une désynchronisation circadienne associée avec une exposition à la lumière altérée, à l'isolement, au confinement et dans certaines stations, à une exposition à l'hypoxie hypobarique d'altitude, sont considérés comme les principaux facteurs associés aux perturbations du sommeil dans les stations d'Antarctique. Les perturbations du sommeil et la désynchronisation des rythmes circadiens peuvent induire des perturbations sérieuses sur les plans cardiovasculaires, cognitifs, émotionnels et sociaux associées à une altération de la santé, de la sécurité et de la réussite de l'équipe en mission. Des contre-mesures améliorant la qualité du sommeil constituent ainsi un intérêt majeur pour les missions polaires mais également spatiales, du fait que ces deux environnements partagent plusieurs facteurs responsables d'altérations du sommeil importantes. Des dispositifs compacts et faciles d'utilisation sont également requis pour évaluer le sommeil pendant la durée des missions avec un minimum de contraintes pour l'utilisateur. Ce projet a pour objectif tout d'abord de quantifier les effets des altérations du sommeil sur les fonctions psycho-cognitives et la désynchronisation chronobiologique ainsi que leurs liens avec la santé cardiovasculaire et métabolique des personnels en mission à Concordia (en haute altitude) et à Dumont d'Urville (au niveau de la mer), permettant ainsi d'isoler le facteur altitude (hypoxie) en comparant les résultats obtenus dans ces deux stations. L'équipe de Concordia étant soumise à des conditions hypoxiques sévères et spécifiquement à une hypoxie intermittente nocturne du fait de l'apnée du sommeil qui représente un facteur de risque majeur pour la santé et les activités professionnelles, une meilleure compréhension des mécanismes susceptibles d'altérer la santé et les capacités fonctionnelles dans cette base en comparaison aux conditions de Dumont d'Urville au niveau de la mer est requise. Ce projet vise également à évaluer l'efficacité de nouvelles contre-mesures non invasives pour restaurer le sommeil, la santé et des fonctions cognitives optimales. La méthodologie de ce projet s'appuie sur des dispositifs biotechnologiques innovants pour le suivi sur le terrain du sommeil, de la cognition et des émotions permettant au personnel d'accéder à un feedback individuel sur son état de santé et fonctionnel.



Dumont D'Urville, Concordia
ANTARCTIQUE



Vergès Samuel





RETROUVEZ-NOUS SUR



Institut polaire français Paul-Émile Victor

www.institut-polaire.fr



Technopôle Brest-Iroise CS 60 075
29280 Plouzané • France