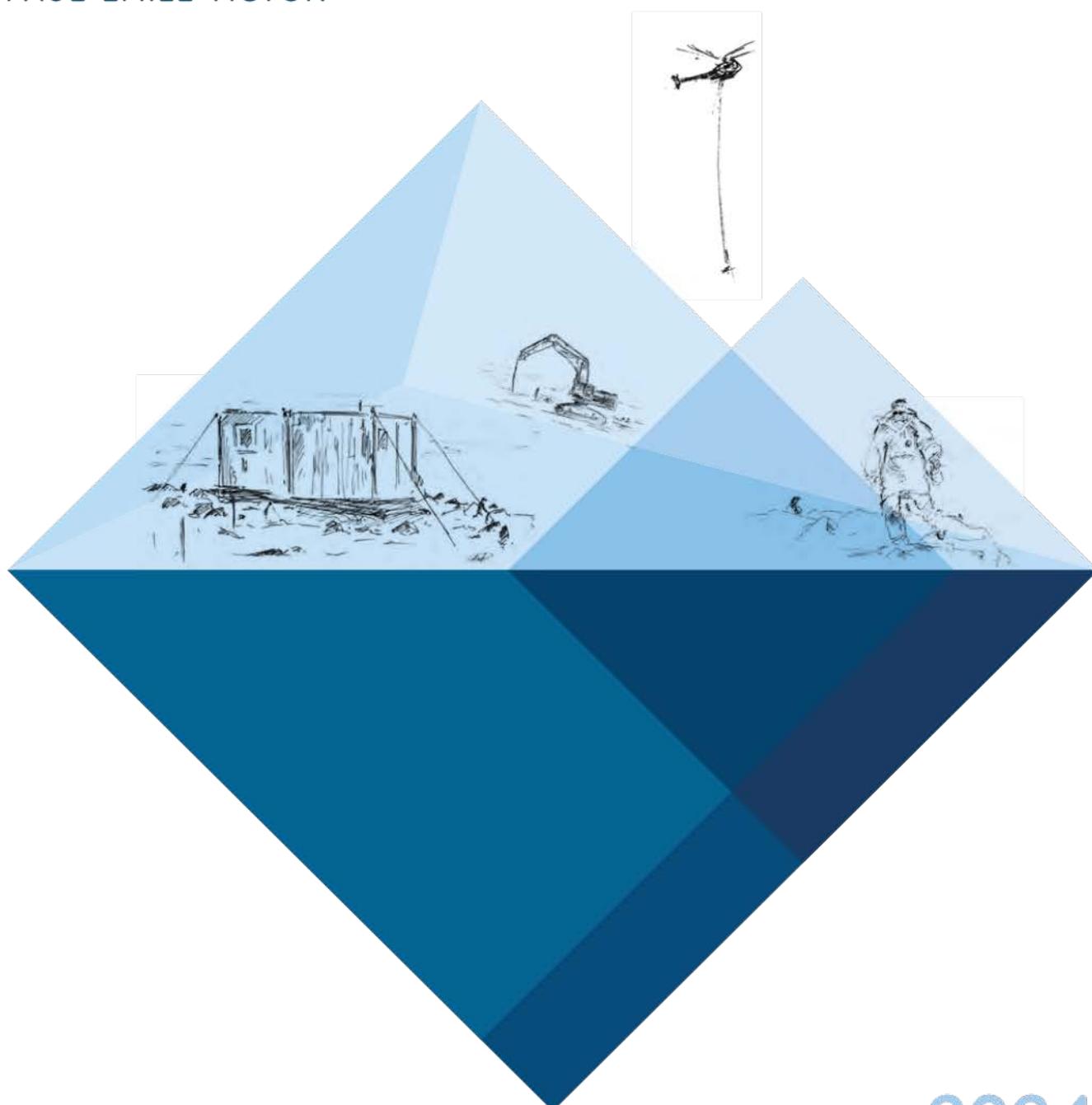


# INSTITUT POLAIRE FRANÇAIS

PAUL-ÉMILE VICTOR



2024  
RAPPORT D'ACTIVITÉ  
CAMPAGNE D'ÉTÉ 23/24



# Sommaire

<b>Editorial</b>	<b>4</b>
<b>Hommage à Claude Lorius</b>	<b>6</b>
<b>Les lieux de missions - cartes</b>	<b>8</b>
<b>L'Institut polaire en un coup d'œil</b>	<b>10</b>
<b>La science soutenue par l'Institut</b>	<b>13</b>
TALISKER - Transferts de fluides et de magmas à travers la lithosphère de Kerguelen	14
ADACLIM - Adaptations des oiseaux marins de l'Arctique aux contraintes environnementales dans le contexte des changements climatiques	26
SEIS-ADELICE : Monitoring de l'activité cryosismique du glacier de l'Astrolabe	34
<b>La logistique</b>	<b>45</b>
<b>Informations générales sur l'Institut</b>	<b>59</b>
Missions	60
Budget	62
Instances & Représentations	63
Organigramme	66
Effectifs & Recrutement	68
Communication	70
<b>Partenaires</b>	<b>79</b>
<b>Projets scientifiques soutenus par l'Institut</b>	<b>83</b>
Nouveaux projets	84
Projets en cours	92

# Océan Atlantique



© CLAIRE LENNE

Nathalie Metzler, directrice adjointe de l'Institut polaire était à Dumont d'Urville avec Jimmy Pahun.



© NATHALIE METZLER



Jimmy Pahun en Antarctique, 2024.

# Editorial

*Jimmy Pahun*

Député du Morbihan

Co-président du groupe d'études Arctique, Antarctique, TAAF et Grands fonds océaniques de l'Assemblée nationale

En 2022, La France a décidé de réaffirmer sa position dans les pôles et l'importance de son savoir-faire pour la compréhension de ces régions. Elle s'est dotée pour la première fois d'une stratégie polaire à horizon 2030, rédigée par l'ambassadeur des pôles et des enjeux maritimes, Olivier Poivre d'Arvor.

L'année suivante, la France a accueilli le One Planet - Polar Summit, lors duquel le Président de la République a précisé cette feuille de route devant l'ensemble de la communauté polaire : la reconstruction des stations de recherche antarctiques Dumont d'Urville et Concordia, la construction d'un navire océanographique à capacité glace, la définition d'un grand programme de recherche sur l'Antarctique Est et, enfin, le renforcement de l'Institut polaire français Paul-Émile Victor, le grand organisateur et logisticien des expéditions polaires françaises.

Ces annonces reprennent les mesures de la proposition de loi de programmation polaire pour les années 2024-2030 travaillée au sein du groupe d'études Arctique, Antarctique, TAAF et Grands fonds océaniques de l'Assemblée nationale, que nous co-présidons avec ma collègue Clémence Guetté. Le texte, co-construit avec la communauté polaire et signé par plus de 300 parlementaires, se veut la traduction budgétaire de la stratégie polaire française qu'il chiffrait à près de 450 millions d'euros. Nous avons aussi des opérations à réaliser à plus court terme, telles que la construction d'un quai à Dumont d'Urville, une rentabilisation de ce qui a déjà été fait sur l'île du Lion pour installer de nouvelles constructions ou encore, se préparer au premier hiver en mer en Antarctique Est.

Comme beaucoup, mon intérêt pour les pôles provient de récits d'enfance. Les livres illustrés de Paul-Émile Victor, l'épopée fantastique des « Damien », Jérôme Poncet et Gérard Janichon ou encore des premières courses autour du monde à la voile où les bateaux descendaient si sud

qu'ils devaient parfois rebrousser chemin pour contourner la banquise. C'est donc par passion, plus de la mer que des pôles au départ, que j'ai rejoint le groupe d'études en 2017.

Nous avons voulu y créer un lien direct avec la communauté polaire, tout spécialement un rendez-vous annuel avec les chercheurs et l'équipe de Yan Ropert-Coudert, Directeur de l'Institut polaire français.

Notre rôle, en tant que parlementaires, est de bien contrôler les lignes budgétaires acquises et promises, et de porter au Parlement et auprès du Gouvernement les messages de l'Institut polaire français. Nous souhaitons ainsi faire valoir son rôle essentiel dans la mise en œuvre de la recherche polaire française.

Les pôles sont des environnements uniques. Rien ne valait un déplacement sur place pour s'en rendre compte... et nous avons vu ! Avec Clémence Guetté, nous sommes partis en mission en terre Adélie, où nous avons découvert la station Dumont d'Urville, construite avec patience et entretenue avec soin. Une fois sur place, après une traversée difficile à bord du fameux Astrolabe, nous avons rencontré une équipe qui, jour après jour, année après année, prend soin de l'héritage transmis et prépare celui à transmettre.

La France est une nation polaire. Elle doit, notamment, ce statut à la science qu'elle déploie en Arctique et en Antarctique. Une science permise par l'important travail réalisé par l'Institut polaire français. Toutefois, l'Institut fait face à des difficultés, que des mesures de court-terme ne suffisent pas à combler. Il nous faut nous battre pour que les ambitions de l'Institut polaire français se réalisent et pour conserver l'équilibre que la cryosphère apporte au monde. La recherche polaire et la France méritent bien ça.

*Les pôles sont des environnements uniques. Rien ne valait un déplacement sur place pour s'en rendre compte... et nous avons vu !*

# Hommage à Claude Lorius

Le glaciologue Claude Lorius  
à la Station Charcot pendant  
l'hivernage 1957



AUTEUR INCONNU © EPF-ARCHIPÔLES

## Cette année, l'Institut polaire français a appris avec tristesse le décès de Claude Lorius.

Profondément liée à la carrière de ce chercheur exceptionnel, l'histoire polaire française de la deuxième moitié de XX<sup>ème</sup> siècle est parsemée par ses exploits : ses hivernages à la station Charcot, en terre Adélie, ses raids de 2 500 kilomètres par -50° C à la découverte de l'immense calotte glaciaire (inlandsis) ou encore son implication dans le grand programme européen de forage glaciaire EPICA -European Programme for Ice-Coring in Antarctica.

Claude Lorius a découvert l'Antarctique en 1957, alors jeune étudiant participant à l'Année Géophysique Internationale (AGI). Il a consacré ses travaux à l'étude de l'évolution du climat et de l'environnement atmosphérique à partir des archives glaciaires de l'Arctique et de l'Antarctique. En trente-huit ans, sa carrière a été ponctuée de dix-sept campagnes polaires, dont deux hivernages en Antarctique. Ses travaux sur les forages profonds dans les calottes glaciaires ainsi que sur les techniques d'analyses en laboratoire, qui ont fait l'objet d'un très grand nombre de publications scientifiques, ont permis aux équipes françaises d'occuper une place de premier plan dans la recherche polaire.

Fasciné par ce continent, Claude Lorius a défendu l'idée de terre internationale dédiée à la paix et à la science, à la recherche et à l'environnement. Le froid

et la glace sont devenus les passions de l'homme et du scientifique, passions partagées avec son grand ami Paul-Émile Victor avec lequel il a œuvré pour la création de l'Institut polaire français.

Ce rôle primordial pour l'Institut a commencé dès la création de l'IFRTP, Institut français pour la recherche et la technologie polaire, en 1992 : Claude Lorius fut nommé président et a piloté le conseil d'administration aux côtés du directeur Roger Gendrin jusqu'en 1997. À cette époque, les statuts de l'Institut confiaient également au président du conseil d'administration le rôle de représentant de la France à l'international. Claude Lorius a rempli cette mission de manière particulièrement active notamment lorsqu'il a assuré la présidence du Comité scientifique de la recherche antarctique (SCAR) de 1986 à 1990.

Ses découvertes concernant la « lecture » des climats du passé à travers la composition des bulles d'air emprisonnées dans la glace et l'étroite corrélation entre les variations du climat au cours des cycles glaciaires - interglaciaires et la teneur en gaz à effet de serre de l'atmosphère sont aujourd'hui encore des éléments clés pour montrer l'importance d'une recherche polaire de pointe.

Claude Lorius aimait raconter cette histoire : « un soir en buvant un whisky, nous avons remarqué que les bulles emprisonnées dans les glaçons explosaient au contact du liquide. Nous nous sommes dit qu'il y avait peut-être une chance pour que ces bulles aient conservé intacte la composition de l'atmosphère. C'était vrai ».

Claude Lorius et ses collègues ont constaté qu'en regardant une carotte de glace par transparence, ils y apercevaient des bulles d'une taille de l'ordre du millimètre de diamètre. Ces bulles constituent des échantillons de l'atmosphère, scellées au moment de la formation de la glace. L'utilisation d'un microscope permet de découvrir de petites poussières de diamètre inférieur au micron (millième de millimètre) : ce sont les aérosols présents dans l'atmosphère au moment où la neige s'est déposée.

Éclairée en lumière polarisée, une lame mince de glace révèle des cristaux de l'ordre du millimètre, colorés en fonction de leur orientation, propriété cruciale pour la déformation de la glace. Les isotopes qui composent cette eau solide ont enregistré la température locale passée. La physique nous apprend que la proportion d'isotopes lourds, deutérium et oxygène 18, dans les molécules d'eau (H<sup>2</sup>O) constituant la glace, dépend notamment de la température à laquelle se forment les précipitations : des concentrations plus appauvries en isotopes lourds indiquent des périodes plus froides.

A partir d'un échantillon de glace qui couvre une durée différente selon la profondeur prélevée sur une carotte (de quelques années en surface à quelques siècles/millénaires au fond), le climat qui régnait et la composition de l'atmosphère lors de son dépôt sur la calotte polaire peuvent être découverts.

Dès 1975, Claude Lorius avait identifié les dômes et plus particulièrement celui de Dôme C comme un lieu parfait pour un carottage profond.

Il y retournera en tant que chef de mission en 1977/1978 pour conduire le premier carottage profond piloté par la France : 902 mètres de profondeur représentant 40 000 ans d'archive climatique. Ce carottage a permis d'obtenir le tout premier enregistrement fiable, démontrant que la teneur en CO<sup>2</sup> dans l'atmosphère en période glaciaire était inférieure à celle de la période interglaciaire qui suivit.

Les mesures satellitaires permettant une cartographie plus précise, le forage profond suivant EPICA et la station Concordia ont été établis sur le dôme topographique (à 70 km du premier forage). Le forage EPICA (projet Européen) a ainsi permis de caractériser le climat sur 800 000 ans.

Aujourd'hui le projet Beyond Epica, dont le but est de prélever des carottes de glaces vieilles de plus d'1,5 million d'années, prouve une nouvelle fois, si cela s'avérait encore nécessaire, la formidable intuition de Claude Lorius.

Les équipes de scientifiques qui partent chaque année en Antarctique assurent la continuité de ces recherches primordiales engendrées par Claude Lorius, l'Institut polaire français mettra tout en œuvre pour continuer à soutenir ces missions indispensables à la construction d'un futur qui aiderait à diminuer les impacts du réchauffement climatique en s'appropriant pleinement les connaissances que Claude et ses successeurs ont offert au monde.



Claude Lorius à l'entrée de la réserve de vivres et de matériel à la station Charcot pendant l'hivernage 1957.



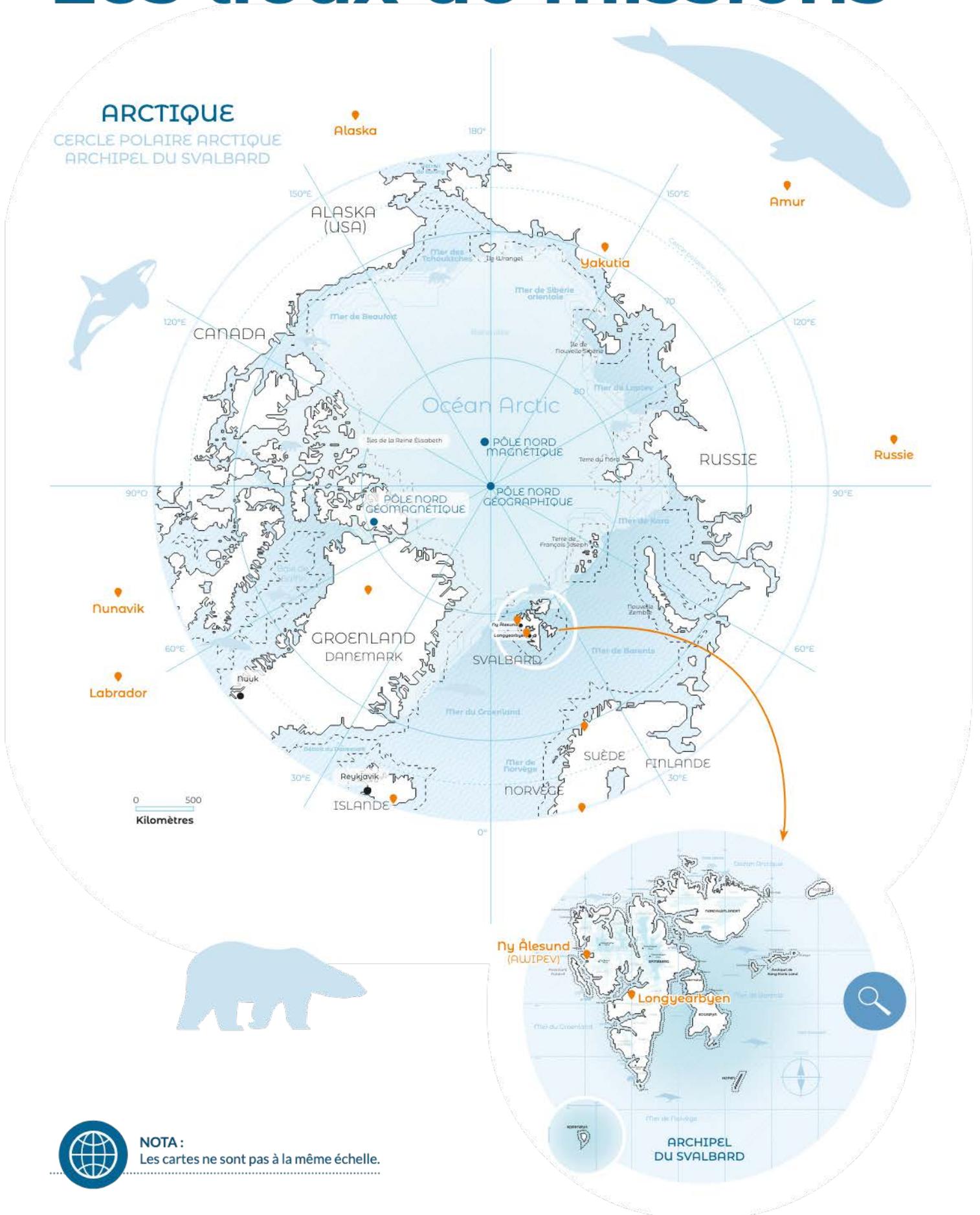
Derniers jours d'hivernage : R. Schlich, J. Dubois et C. Lorius attendent impatiemment la relève retardée par le blizzard...



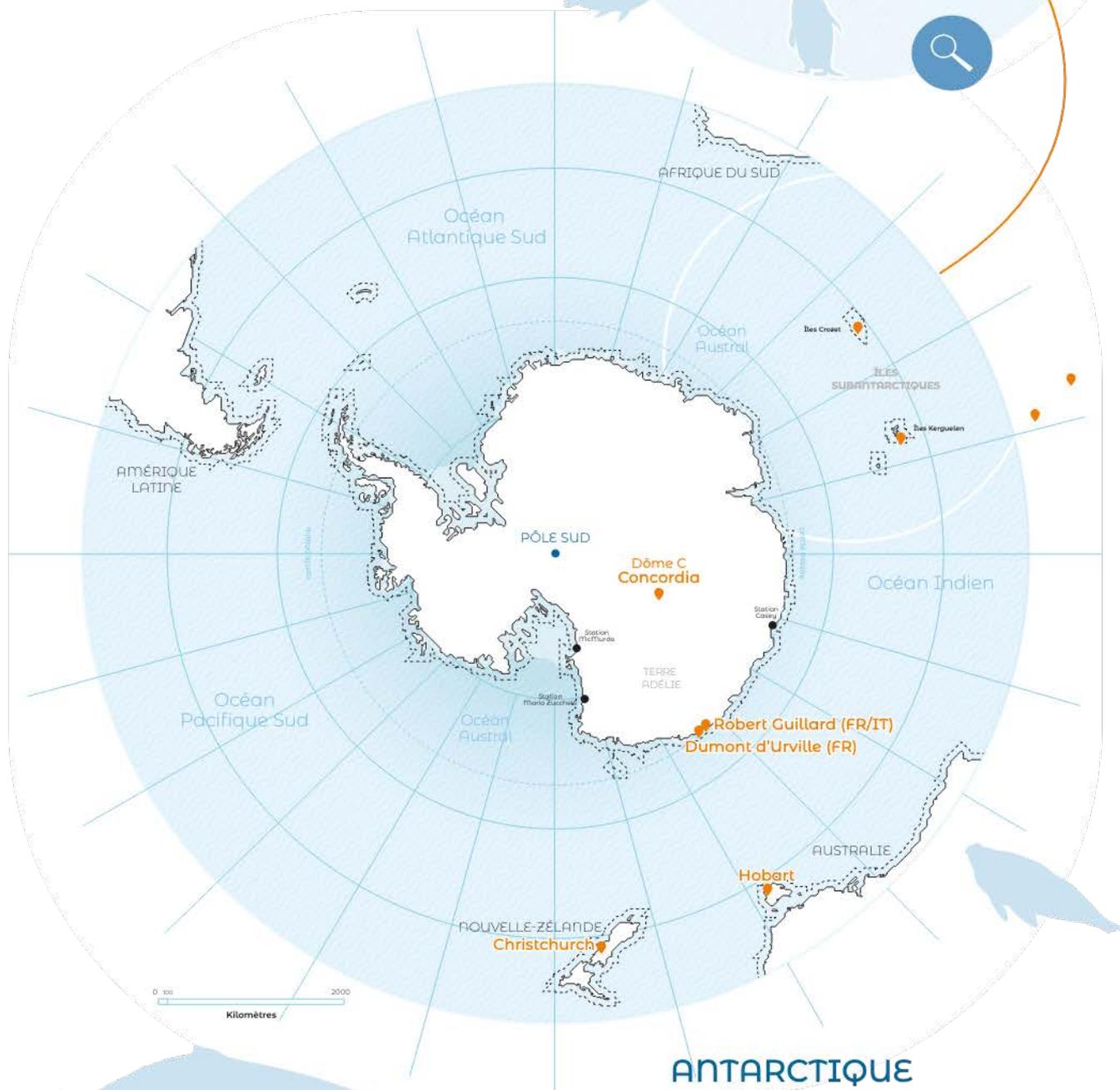
Février 1987 : Réception officielle pour les 40 ans des EPF et les 80 ans de Paul-Emile Victor.

Les équipes de l'Institut polaire français lui rendent hommage.

# Les lieux de missions



**SUBANTARCTIQUE**  
 AMSTERDAM · SAINT-PAUL  
 KERQUELEN · ARCHIPEL CROZET



**ANTARCTIQUE**  
 DUMONT D'URVILLE - CONCORDIA

L'Institut polaire français organise des expéditions scientifiques vers l'Antarctique, l'Arctique et les îles Subantarctiques pour déployer la science dans ces environnements extrêmes.

## Organisation annuelle du terrain polaire

### PERSONNELS

**30**

corps de métiers sur le terrain

**170**

techniciens et logisticiens

dont une aine

**50**

de permanents



jours cumulés par an de mission

**40 000**

### NAVIRES

**2** navires de station  
La Curieuse - Le Chaland



**2** navires ravitailleur  
Le Marion Dufresne - L'Astrolabe



### LE RAID



**400** tonnes de fret/an qui arrivent en Antarctique

ANTARCTIQUE

**40**

containers/an pour l'Antarctique

**6** STATIONS POLAIRES ET SUBPOLAIRES gérées scientifiquement et/ou logistiquement

### CONCORDIA

nombre de scientifiques sur le terrain/an



**2** POUR **3** personnels supports

### DUMONT D'URVILLE



**2** POUR **3,4** personnels supports

### ARCTIQUE

**110** POUR **3** personnels supports

### SUBANTARCTIQUE

**2** POUR **1** personnel support



### REFUGES

îles Subantarctiques

Plus de **40** ravitaillés et entretenus



# Contraintes environnementales polaires

## Ny-Ålesund

Température minimale extrême

**-30°C**



## Crozet

Précipitations **1600 mm** /an en moyenne



## Concordia

Taille couche atmosphérique la plus faible au monde

**-55°C à -83,2°C**



## Dumont d'Urville

Vents catabatiques

Rafales à plus de **250 km/h**



# Science polaire

Dynamique du climat



CHAQUE ANNÉE **360** scientifiques en expédition

**60**

ORGANISMES DE RECHERCHES



Positionnement de la production scientifique française menée dans les régions polaires

**6<sup>e</sup> RANG MONDIAL** sur le nombre de publications Arctique et Antarctique combinées



## PROJETS SCIENTIFIQUES SOUTENUS

PAR ANNÉE

Entre **70** Et **90** projets de recherche/an

DOMAINE SCIENTIFIQUE

	HOMME	UNIVERS	VIE
Antarctique	2	14	1
Arctique	8	17	10
Subantarctique	2	7	11



# La science soutenue par l'Institut

---



# TALISKER

## Transferts de fluides et de magmas à travers la lithosphère de Kerguelen

Retour sur une partie des activités des campagnes d'été 22/23 et 23/24

### Résumé

Kerguelen est une île océanique en grande partie constituée de basaltes mais qui présente la particularité de contenir des syénites, roches que l'on trouve normalement sur les continents. Les autres îles océaniques sur Terre n'en contiennent pas. Cette observation, qui date des premières prospections géologiques, continue d'interroger sur les processus magmatiques et sur la structure interne de la croûte de Kerguelen.

Après avoir étudié en détail la géologie de certaines régions de Kerguelen dont les massifs présentant ces syénites, et dans le but de comprendre la structure interne de cette croûte océanique particulière, les campagnes d'été 2022-2023 et 2023-2024 du programme TALISKER ont été principalement consacrées à la réalisation de mesures de gravimétrie le long de plusieurs profils à travers une partie de l'archipel et à la mise en place d'un réseau de station sismiques autonomes (en collaboration

avec le programme LISISKER et l'équipe de logistique de l'Institut polaire français).

En complément des observations faites sur le terrain depuis de nombreuses années, les données de gravimétrie vont permettre de préciser l'ampleur et la structure des **intrusions magmatiques** en mesurant leur répartition et en quantifiant leur volume relatif au sein de la croûte basaltique. Les données en cours d'acquisition par les stations sismiques permettront ensuite de préciser les profondeurs caractéristiques des variations lithologiques.

Pour ces installations de stations sismiques et la réalisation des profils de mesures de gravimétrie, nous avons parcouru l'archipel du nord au sud et d'ouest en est, de Port Christmas aux Hauts de Hurlevent, de la Plage du Feu de Joie au Mont Campbell et à Pointe Suzanne, avec pas loin de 1000 km parcourus pendant chacune des deux campagnes d'été (Fig. 1).

Publication : Damien GUILLAUME et Hugo RAFFET

### NOTE DES AUTEURS

Il n'est jamais inutile de rappeler ou de préciser que la recherche française réalisée à Kerguelen comme dans les autres districts des Australes, en Antarctique et en Arctique n'est possible que grâce à l'engagement permanent des personnels de l'Institut polaire français, depuis le siège à Plouzané et jusqu'aux équipes talentueuses de la LOG sur les districts, même contre vents mauvais et marées surnoises.



#### INTRUSIONS MAGMATIQUES

Les magmas se forment par fusion partielle d'autres roches, dans le cas des roches océaniques, la source est dans le manteau terrestre. Lorsqu'ils sont suffisamment fluides, les magmas sont amenés jusqu'en surface pour former des coulées de laves (épanchements en surface) ou des cônes volcaniques (explosion et dépôt). C'est le cas des laves qui forment les coulées et les volcans que l'on observe à Kerguelen. Lorsque ces magmas sont trop visqueux, ils ne parviennent pas jusqu'en surface. Ils s'accumulent alors en profondeur dans la croûte où ils refroidissent et cristallisent lentement pour former des masses de roches comme les granites. Ce n'est que l'érosion de plusieurs km d'épaisseur de roche par les glaciers qui nous permet aujourd'hui de les voir, de marcher dessus et les étudier.

## Le projet TALISKER

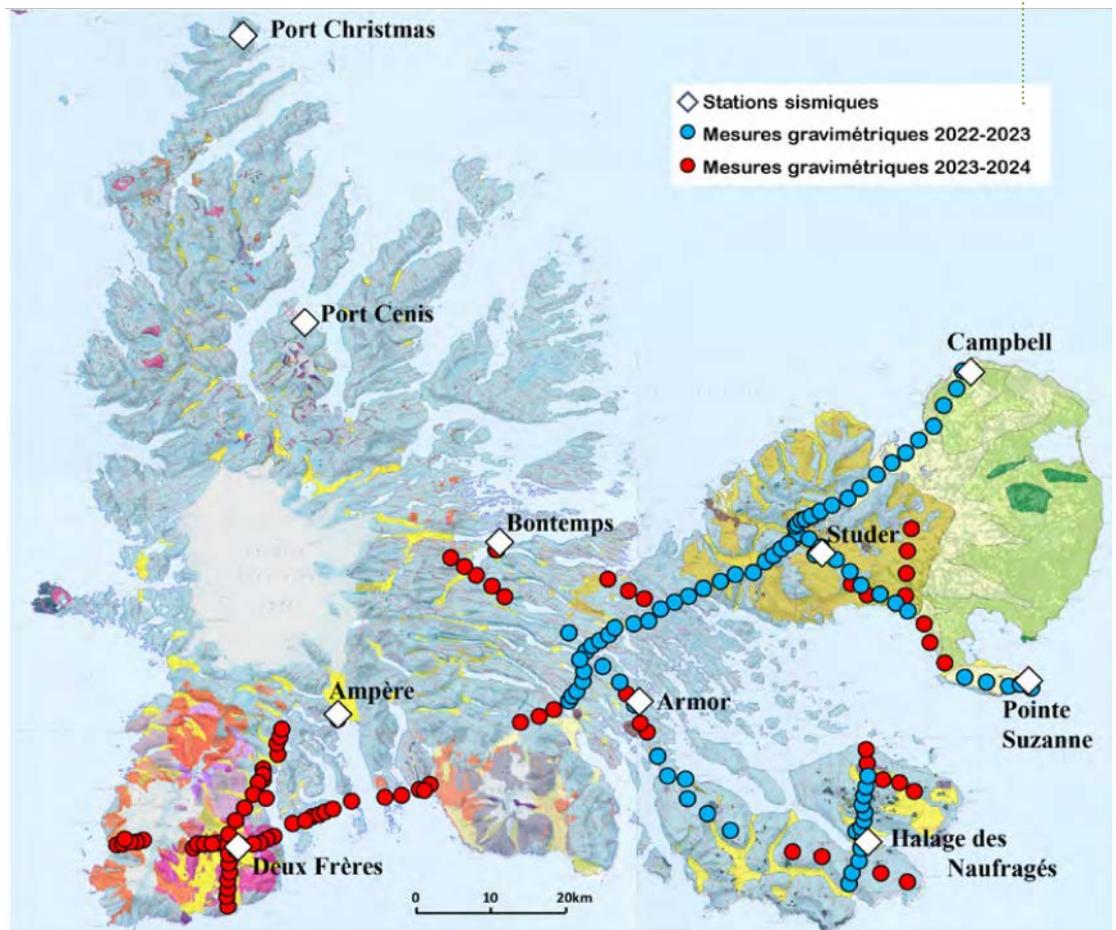
**Talisker est un projet de recherche pluridisciplinaire en géosciences dont l'objectif est d'étudier la spécificité de Kerguelen qui présente une histoire magmatique, un contexte géodynamique et un contexte climatique particuliers.**

Nous nous intéressons aux productions, migrations et mises en place de magmas différenciés en contexte océanique, à la caractérisation des processus d'altération (serpentinisation) et de fertilisation du manteau ainsi qu'aux rôles respectifs des causes locales (magmatisme) et régionales (tectonique, géodynamique profonde) dans la structure et l'évolution du plateau océanique. Nous étudions aussi la géométrie

des différents compartiments lithosphériques par les approches sismologique et gravimétrique et nous travaillons sur les circulations de fluides entre eux pour apporter des contraintes et pour préciser la géodynamique actuelle et le scénario de la formation des premiers continents sur Terre. Enfin, Kerguelen étant une des très rares terres émergées dans les hautes latitudes sud (excepté l'Antarctique), c'est un endroit stratégique pour étudier l'évolution climatique des derniers millions d'années en étudiant les dynamiques d'érosion des roches de l'archipel, en particulier les roches des intrusions magmatiques, ainsi que les transferts de matière vers l'océan.

**FIGURE 1**

Carte géologique de Kerguelen avec localisation des emplacements des 10 stations sismiques autonomes installées ainsi que des profils de mesures de gravimétrie.



**CODE COULEUR FOND CARTE GÉOLOGIQUE**

Blanc : galciers | Jaune au vert : formations sédimentaires  
 Bleu ciel : basaltes océaniques | Violet, rose, rouge : roches magmatiques intrusives  
 Violet foncé & orange : roches volcaniques les plus récentes

© CARTOKER/IPEV

## La nature et la structure interne de la lithosphère de Kerguelen : une question ancienne

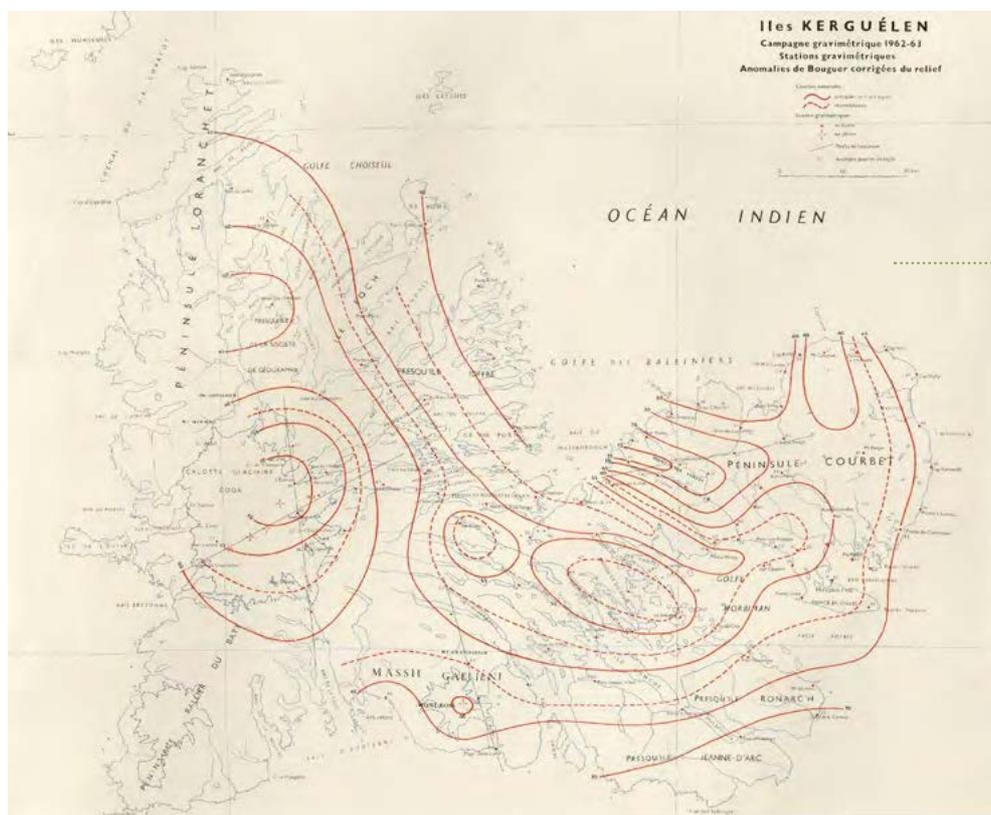
Avant notre interrogation sur la structure interne de la croûte océanique de Kerguelen, une question a tenu en haleine le monde des géosciences à Kerguelen (et dans l'Océan Indien) depuis le XIX<sup>ème</sup> siècle : Kerguelen, une île d'origine océanique ou continentale ?

Les arguments avancés par les géologues étaient contradictoires. Sans être exhaustif, voici quelques jalons intéressants. D'après ses observations de la géologie, de la faune et de la flore de Kerguelen (il n'a en réalité fait qu'une assez courte visite du val qui portera son nom), Studer (1878) concluait à une origine continentale alors que Chun (1900) «croyait» à une origine océanique. Bien plus tard, et notamment grâce aux campagnes de terrain réalisées à partir des années 1960, des arguments apparaissent et si Nougier et Lameyre (1973) ont d'abord considéré la présence de roches plutoniques acides comme un argument pour faire de Kerguelen une île continentale, les travaux suivants, notamment de géochimie pour tracer l'origine isotopique des magmas, permettent

à Giret (1983) de clore le débat en décrivant Kerguelen comme une île océanique de troisième type, combinant dans l'espace et dans le temps le «type Hawaii» et le «type Islande».

D'autres que les géologues et les géochimistes se sont penchés sur cette question pour apporter des arguments de la géophysique. Ainsi, et avec des moyens nautiques et aéroportés à faire rêver les scientifiques du XXI<sup>ème</sup> siècle dans les sub-antarctiques, des campagnes de gravimétrie et de sismique ont été réalisées à Kerguelen :

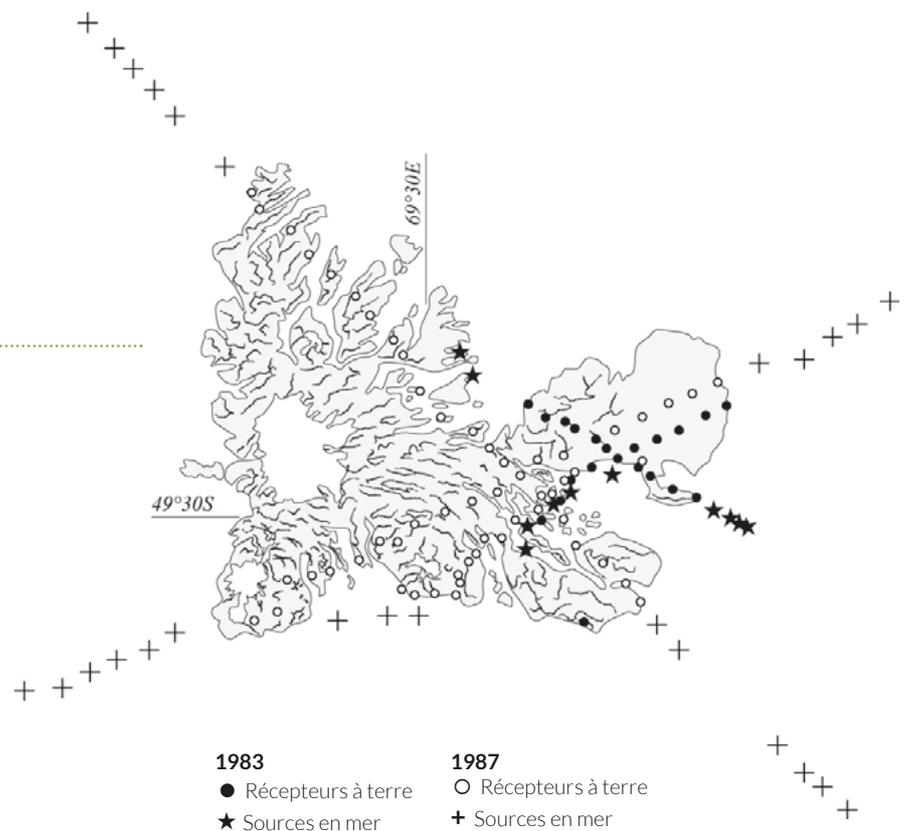
- une campagne de mesures de gravimétrie sur l'archipel en 1962-1963 (Fig. 2)
- une première campagne de sismique réflexion pour réaliser deux profils sur Courbet en mars 1983 (Fig. 3)
- une seconde campagne sismique pour réaliser trois profils à travers Kerguelen, Cap Coupé - Sourcils Noirs, Cap Digby - Rallier du Baty et autour du Mont Ross, en janvier 1987 (Fig. 3).



**FIGURE 2**  
Carte d'anomalie de Bouguer corrigée du relief<sup>1</sup>.

**FIGURE 3**

Localisation des profils de sismique réflexion des campagnes de mars 1983<sup>2</sup> et janvier 1987<sup>3</sup>.



## Alors, Kerguelen, une île d'origine océanique ou continentale ?

La **sismique réflexion** permet d'identifier une lithosphère océanique. La densité calculée à partir des vitesses des ondes sismiques en atteste, mais c'est une lithosphère océanique atypique composée d'une croûte océanique anormalement épaisse, entre 15 et 20 km d'épaisseur selon les régions, et une transition croûte-manteau de plus de 3 km d'épaisseur<sup>4</sup> plutôt qu'un **Moho** classique avec une transition nette comme on l'observe généralement. Les données de gravimétrie de Rouillon (1963) mettent en évidence des anomalies de gravimétrie (dans le secteur des Montagnes Vertes, sur le Plateau Central et le massif du Gallieni) quand bien même le territoire est essentiellement basaltique (les basaltes de type océanique affleurent sur environ 90% de la surface), laissant imaginer une certaine complexité de la croûte océanique de Kerguelen. > suite p.19



### LA SISMIQUE RÉFLEXION

La sismique par réflexion consiste à étudier la propagation des ondes sismiques pour identifier les couches successives de roches de natures différentes. Chaque variation de type de roche (donc de densité) se comporte comme un miroir semi-transparent sur lequel les ondes sont en partie réfléchies. Le temps de trajet des ondes permet de calculer la profondeur et la densité des différentes couches traversées.

A terre, le principe de cette méthode est de disposer des capteurs le long d'un profil pour enregistrer les arrivées des ondes provoquées artificiellement. A Kerguelen lors des études réalisées dans les années 1980, les ondes étaient provoquées par des explosions de dynamite en mer.

### MOHO : OU DISCONTINUITÉ DE MOHOROVIČIĆ

Limite entre la croûte et le manteau terrestre, mise en évidence par Mohorovičić en 1909 par l'étude des ondes sismiques. Cette limite correspond à une brusque accélération des ondes sismiques au passage de cette discontinuité entre les roches de la croûte (basaltes ou granites selon qu'elle est océanique ou continentale) et les roches du manteau (péridotite). Elle s'explique par la différence de composition minéralogique et des propriétés physiques qui en découlent (dont la densité).

1. Rouillon, 1963  
2. Recq et Charvis, 1986  
3. Recq *et al.*, 1990  
4. Charvis *et al.*, 1995

## Une brève histoire de la connaissance de la géologie de Kerguelen

Kerguelen correspond à un contexte géodynamique et une histoire géologique sans équivalent actuellement sur Terre, analogue contemporain de la formation des premiers continents il y a 4 milliards d'années. C'est en tout cas ce que l'on considère aujourd'hui à la lumière des études géologiques menées depuis la découverte de l'archipel en février 1772. C'est plus de 250 ans jusqu'à aujourd'hui mais finalement très peu de temps a été consacré à l'étude géologique du territoire.

Après la découverte par Kerguelen et le passage de Cook en 1776, l'archipel reste très peu décrit et le tracé de ses côtes est très parcellaire. L'exploration ne reprendra que bien plus tard, avec le séjour du H.M.S. Challenger en janvier 1874, la résidence de la corvette SMS Gazelle pour l'étude du transit de Vénus de 1874 à 1876 et le passage du Gauss en station en Baie de l'Observatoire en janvier 1902. La carte géographique de Kerguelen commence alors à approcher la réalité des traits de côtes que l'on connaît. La topographie viendra plus tard encore. La bathymétrie, elle, est encore aujourd'hui très parcellaire.

À partir du début du XX<sup>ème</sup> siècle, quelques résidences plus longues permettront d'engranger les descriptions géologiques avec, en particulier, les séjours des frères Henry et Raymond Rallier du Baty (1908-1909 à bord du J.-B. Charcot puis 1913-1914 à bord de la Curieuse) et du couple Edgar et Andrée Aubert de la Rüe (1928-1929 puis 1931, à bord des navires de la compagnie des frères Bossière). En 1932, Edgar Aubert de la Rüe publiera (sous son seul prénom) la première carte géologique de Kerguelen

qu'il aura la prudence d'intituler «esquisse géologique de l'archipel de Kerguelen». À ce stade, le territoire n'a effectivement été que très partiellement parcouru et décrit mais cette carte met en évidence les grands traits géologiques de Kerguelen : un environnement volcanique, un archipel en grande partie dominé par les roches basaltiques, des occurrences référencées de sources thermales, des gisements de lignite et la présence rare de roches grenues telles que des granites et des syénites.

Les années 1950 et l'installation des premières bases scientifiques permanentes donnent un nouvel élan à l'exploration géologique avec des campagnes de terrain plus longues et le bénéfice des photographies aériennes (couverture IGN/TAAF, 4 missions 1963 à 1966 effectuées à bord d'hélicoptères Alouette II) qui permettent la publication par Jacques Nougier en 1970 d'une véritable carte géologique au 1/200.000e.

Dans les années 1990, le programme CARTOKER a initié une nouvelle dynamique pour aboutir à une nouvelle carte géologique au 1/100.000e bénéficiant des hivernages ayant permis la visite systématique de toutes les régions de Kerguelen tout en profitant de la révision de certains concepts géodynamiques.

Bien que plus fréquente depuis les années 1970, la présence d'équipes de géologues sur le terrain reste cependant très limitée. Pour ne citer que des territoires français, les massifs alpins ou pyrénéens sont occupés par l'Homme et parcourus par des géologues depuis le néolithique et pourtant des controverses perdurent au sujet de leurs histoires géologiques...

Ces travaux pionniers ont apporté des informations importantes sur la structure à grande échelle de la lithosphère océanique de Kerguelen, mais si ce sont des apports considérables, ces données ne permettent pas de préciser sa structure interne. En particulier, la sismique réflexion à grande échelle ne permet pas d'imager la structure fine et doit être complétée par d'autres approches de sismologie. Également, si la carte de Rouillon (1963) est pleine de promesses, les données reportées ne sont pas disponibles, ni les méthodes utilisées, donc difficiles à réinterpréter aujourd'hui\*. La couverture choisie est sans cohérence avec les structures géologiques connues en surface et le pas de mesure de 4 à 5 km dans les zones les mieux couvertes (Courbet) mais seulement entre 7 et 15 km ailleurs, est insuffisant pour permettre d'explorer les structures géologiques. Enfin, une grande partie de l'ouest de l'archipel n'est pas couverte, dont l'ensemble de Rallier du Baty qui présente les corps magmatiques intrusifs les plus significatifs observables sur le terrain.

La structure interne de la croûte océanique de Kerguelen restait donc à investiguer. Nous avons entrepris des acquisitions sismologiques au moyen de 10 stations sismiques réparties sur l'archipel et des acquisitions de gravimétrie sur le terrain le long de plusieurs profils (cf. Fig.1, page 15). Les stations sismiques sont toutes installées. Les données seront disponibles après deux années d'acquisition et le traitement sera effectué conjointement avec le programme LISISKER. Les profils de gravimétrie ont été réalisés durant les campagnes d'été 2022-2023 et 2023-2024. Les données sont en cours de traitement dans le cadre de la thèse de Hugo Raffet.

Dans le cadre du projet TALISKER (démarré en 2013, mais faisant suite à une série de programmes TAAF/Mission de Recherche, IF RTP et IPEV) un des objectifs forts était de reprendre des travaux sur le magmatisme intrusif de Kerguelen et de nous focaliser sur l'origine de ces magmas, les processus de leur mise en place dans la croûte basaltique et la datation de ces épisodes magmatiques particuliers à Kerguelen. Car si le contexte géodynamique intraplaque

océanique du vaste plateau de Kerguelen-Heard laisserait imaginer une lithosphère océanique paisible, les retours des premiers scientifiques embarqués sur les navires d'exploration faisaient état de roche granitiques, incongrues dans un contexte océanique et qui ont longtemps intrigué.

Pendant l'été austral 2013-2014, nous avons réalisé une longue campagne de terrain dans la partie sud de Rallier du Baty, essentiellement en rayonnant depuis un site isolé provisoire (terminologie brevetée LOGIPEV) localisé au lieu-dit des Trois Brigands (terminologie non officielle pour un lieu sans nom mais pas sans intérêt). Nous avons ainsi pu étudier les massifs en détail et échantillonner des roches dans le secteur limité au sud par l'arrête Jérémine, le Mont du Commandant et le Mont de Volz, à l'ouest l'entrée de la Baie de la Mouche, au nord le Mont Charles Vélain, le Pic Chastaing et le lac du glacier Arago, et à l'est les contreforts de la crête reliant le Pic Saint-Allouarn, le Mont Raymond Rallier du Baty, le Mont Erébus et l'Aiguille Noire. Cette campagne était le point de départ de la thèse de Léandre Ponthus, doctorant remarquable par son travail et remarqué à Kerguelen pour son engagement sur tous les fronts. Ses travaux au laboratoire après la campagne de terrain ont démontré que les magmas proviennent tous de la fusion partielle du manteau et que leur mise en place sous forme de plusieurs **laccolithes** successives se fait en moins de 6 Ma entre 13,7 et 7,9 Ma. (Fig.4)

> suite p.20

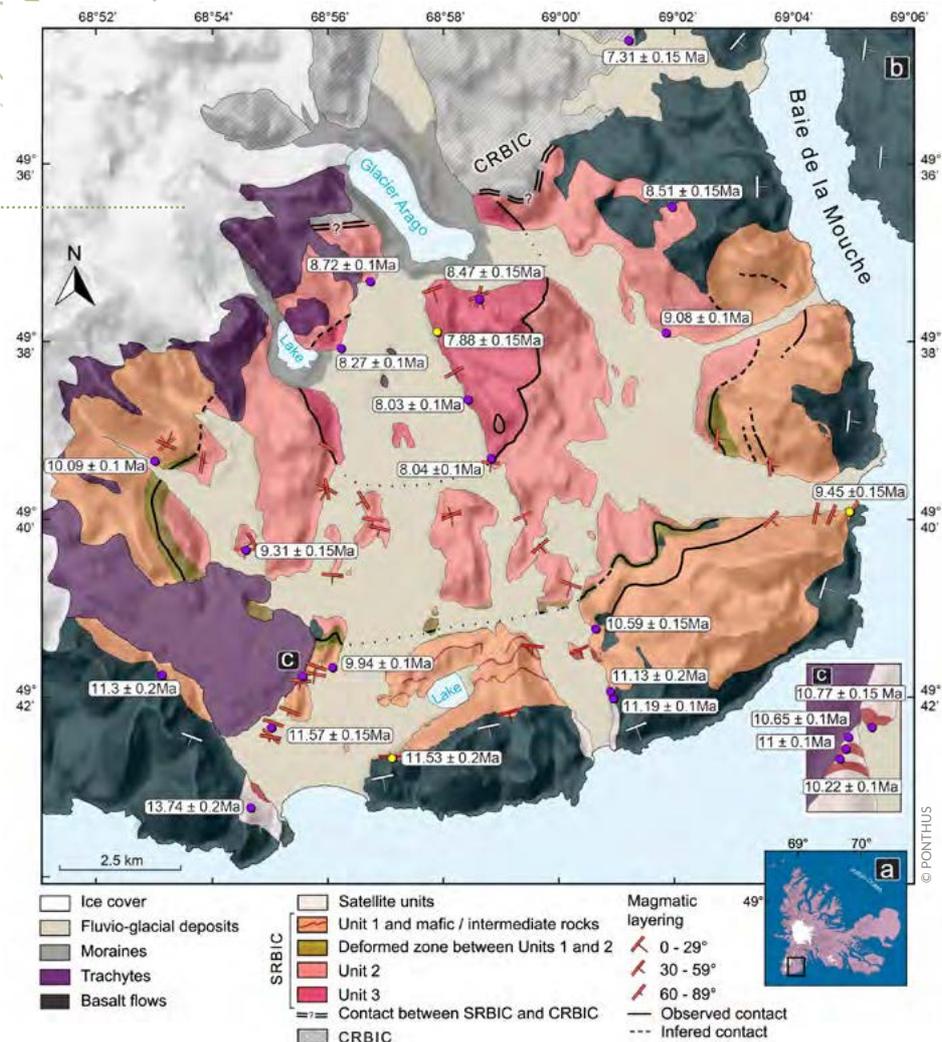


### LACCOLITHE (OU LACCOLITE)

Intrusion magmatique qui se met en place parallèlement à une structure préexistante (ici une couche de lave basaltique) en déformant et en repoussant vers le haut les roches situées au-dessus.

\* Pour tenter de valoriser malgré tout ces données, nous avons pris soin d'inclure dans nos profils des points reprenant certaines mesures de Rouillon. Si les comparaisons sont concluantes, il sera peut-être possible d'intégrer son jeu de données.

**FIGURE 4**  
Carte géologique et géochronologique détaillée de la région sud de Rallier du Baty<sup>5</sup>.



Ce complexe intrusif est un exemple unique connu de mise en place sous forme de laccolithes en contexte intraplaque océanique et ces travaux nous interrogent sur la structure profonde de la croûte océanique de Kerguelen. Une croûte océanique connue pour être anormalement épaisse, entre 15 et 20 km d'épaisseur d'après les profils sismiques réalisés dans les années 1980<sup>6</sup>. Une croûte océanique atypique en raison de la présence de nombreuses intrusions de roches plutoniques de compositions intermédiaires et felsiques<sup>7</sup> mais aussi, parmi les enclaves de manteau échantillonnées, la présence de cumu-

lats basiques rééquilibrés dans le faciès granulitique tel qu'on l'observe classiquement dans la croûte inférieure continentale mais jamais ailleurs dans la croûte océanique<sup>8</sup>.

Des indices mais peu de données. Pour affiner la compréhension de la structure profonde de cette lithosphère particulière et savoir si d'autres endroits de Kerguelen présentent des complexes équivalents bien que peu ou pas observables à l'affleurement, nous avons alors envisagé de nous tourner vers la géophysique pour une double approche sismologique et gravimétrique.

5. Ponthus, 2018 ; Ponthus *et al.*, 2020  
6. Recq et Charvis, 1986 ; Recq *et al.*, 1990  
7. Nougier, 1970  
8. Grégoire, 1994 ; Grégoire *et al.*, 1998

## La mesure de gravimétrie

La gravimétrie est l'étude du champ de gravité terrestre (ou d'une autre planète) par la mesure de la pesanteur. Si la Terre était une sphère parfaite de structure interne strictement concentrique et dans laquelle les masses étaient réparties de façon homogène alors la pesanteur serait uniquement fonction de l'altitude. Plus l'on s'éloigne du noyau terrestre, moins la pesanteur est importante (et au-delà d'une certaine distance à la Terre on échappe à son attraction). Le principe de l'exercice est de mesurer l'attraction d'une masse et on peut schématiser cela par une sphère au bout d'un ressort : plus l'on s'approche du centre de la Terre, plus l'attraction est forte, plus le ressort est étiré.

La Terre n'est pas une sphère mais un sphéroïde, c'est-à-dire une forme proche de celle d'une sphère mais pas tout à fait ; elle est légèrement aplatie aux pôles, avec des boursoufflures ou des dépressions en fonction des structures géologiques et des répartitions de masses en profondeur et à grande échelle. Et la matière n'est pas répartie de façon homogène à l'intérieur de ce sphéroïde. La pesanteur varie donc en fonction de là où l'on se trouve sur Terre, et c'est une chance car cela signifie que pour cette raison, l'environnement local devient un paramètre important influant directement sur le champ de pesanteur, faisant ainsi de la pesanteur un proxy de l'environnement géologique et géodynamique, un indice des variations de masses à l'intérieur de la croûte. C'est la raison pour laquelle nous avons décidé de tenter l'approche gravimétrique pour comprendre la structure interne de la croûte à Kerguelen. Pour reprendre la schématisation, la présence de roches plus denses en profondeur va augmenter l'attraction, la présence

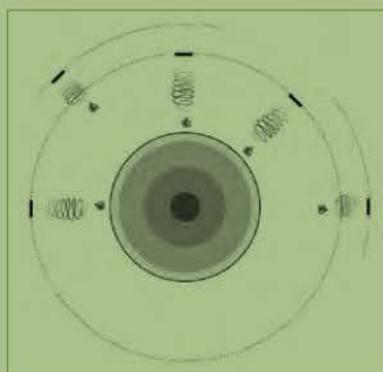
de roches moins denses en profondeur va diminuer l'attraction, la présence d'une montagne à proximité va attirer et dévier le ressort. Il s'agit donc de gravimétrie structurale qui nécessite de parcourir le territoire pour effectuer des mesures réparties et localisées (en x, y et z) qui permettront de connaître les variations de la pesanteur à l'échelle kilométrique, la localisation et la répartition des variations et, nous l'espérons, les relations entre les structures géologiques.

Dans notre travail, outre la nécessité d'obtenir des mesures précises de gravimétrie, la localisation devient extrêmement importante, en particulier l'altitude, et pour cette raison, en absence d'un modèle numérique de terrain (MNT) précis à Kerguelen (précis signifie «à quelques centimètres près»), nous devons prêter beaucoup d'attention à obtenir des localisations par GNSS de haute résolution.

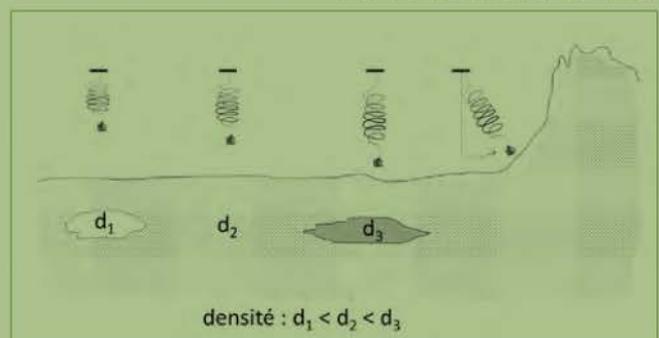
Il existe un point de référence de gravimétrie absolue à Port aux Français. C'est un endroit (anciennement sur la dalle géophysique du bâtiment B1, remplacé par la sacristie de la chapelle suite à la destruction du B1) où les collègues de l'Observatoire de Strasbourg (programme GRAVITE 337 de Jean-Paul Boy) viennent régulièrement faire une mesure avec un gravimètre absolu\*. Nous avons utilisé ce même point comme référence pour toutes nos mesures ; mesuré avant et après chaque série de mesures ailleurs sur l'archipel, et mesuré en continu pendant nos séjours à Port aux Français. N'importe quel point aurait permis de connaître la dérive instrumentale mais celui-ci permet aussi de corriger ensuite toutes nos données pour en faire des données absolues.

\* Une mesure de gravimétrie absolue a été réalisée pendant l'OP1 2023. Elle consiste à mesurer très très précisément la pesanteur. L'appareil qui permet d'effectuer cette mesure n'est pas transportable sur le terrain, mais le fait qu'une mesure existe à Port aux Français nous permet de faire des mesures relatives partout puis d'en faire des mesures absolues en les comparant ensuite aux valeurs mesurées à cet endroit de référence.

### LES VARIATIONS DE LA PESANTEUR EN FONCTION DE LA LOCALISATION PAR RAPPORT AU RELIEF ET À LA RÉPARTITION DES MASSES SOUS LA ZONE DE MESURE



Terre parfaitement sphérique et concentrique : la gravité est uniquement fonction de l'altitude.



Influence de la répartition des masses et de la présence de reliefs sur la mesure de gravité.

# La mesure de gravimétrie à Kerguelen

## 1<sup>ère</sup> étape, le tâtonnement

Le projet d'utiliser la gravimétrie à Kerguelen a commencé à être discuté dès 2014 avec les collègues toulousains spécialistes de gravimétrie (Sylvain Bonvalot, Germinal Gabalda, Lucia Seoane). Beaucoup d'enthousiasme de leur part mais, au fil des discussions, j'ai aussi très vite réalisé la complexité de l'opération. Résumé des contraintes : pour faire de la gravimétrie environnementale il faut enchaîner des mesures couplées gravimétrie - GNSS avec un pas de 500m à 1 km, en bouclant matin et soir avec une mesure sur un point de référence pour pouvoir intégrer la dérive instrumentale. Le gravimètre doit rester alimenté en permanence jusqu'à la fin de la campagne de mesures, donc il faut pouvoir le brancher sur le secteur chaque soir. Le gravimètre ne supporte pas le vent, il consommera plus de batteries s'il fait froid et c'est un appareil fragile qui n'aime pas l'humidité. Le conseil des pros : en hélico c'est bouclé en 8 jours. Sinon en 4x4, ce sera un peu plus long...

Bref, la gravimétrie à Kerguelen était un saut dans l'inconnu et s'annonçait avant tout comme un défi logistique. Il s'est passé du temps avant que l'on se lance, puis le COVID a reporté de deux années supplémentaires. Mais tout ce temps n'était pas de trop pour imaginer comment travailler sur le terrain à Kerguelen, c'est-à-dire sans hélicoptère, sans 4x4, sans revenir chaque soir à Port aux Français pour mesurer sur la base de référence et se brancher sur le secteur, et tout cela en composant avec le climat local.

## 2<sup>ème</sup> étape, le choix du matériel

Sur les conseils des spécialistes, nous avons demandé et obtenu le prêt des instruments les plus adaptés pour notre projet, à savoir un gravimètre Scintrex CG6 et deux GNSS Leica GR50 et leurs antennes AS10 des parcs d'instruments de l'INSU (PIN PGravi et gpsmob Résif). Le CG6 est le dernier modèle développé par le fabriquant Scintrex. Il est compact (important dans notre cas car nous allons devoir le transporter tout le temps), robuste et avec une dérive instrumentale très faible. Le GNSS Leica GR50 couplé à l'antenne AS10 est robuste et simple à utiliser. Pour les deux, nous emmenons beaucoup de batteries de rechange.

## 3<sup>ème</sup> étape, la mise en œuvre

Kerguelen est une île d'une superficie comparable à celle de la Corse, mais la comparaison s'arrête là.

L'époque héroïque des hélicoptères à poste pendant la campagne d'été s'est achevée au début des années 1990 et le réseau routier n'est pas allé plus loin que les rues de Port au Français et les 3km de piste bétonnée menant à Géophy. Il va donc falloir marcher en transportant le matériel et aussi naviguer avec, dans le golfe du Morbihan puis autour de Kerguelen. Le gravimètre et le GNSS ne sont pas extrêmement lourds et nous serons toujours 2 ou 3 pour manipuler mais il fallait préparer une configuration permettant de travailler malgré le climat de Kerguelen. Ces campagnes de mesure de gravimétrie - GNSS le long de profils à travers Kerguelen demandaient donc quelques préparations logistiques. La solution que nous avons trouvée a été de transporter les instruments sur une claie de portage aménagée (avec le soutien de la LOGIPEV). En configuration marche, le gravimètre est sur la claie de portage, à l'abri dans sa housse et calé dans une caisse alu avec les batteries de rechange, le carnet de terrain et les barres de céréales. Un paravent pliable en contreplaqué marine est glissé entre la caisse alu et la claie. Le trépied du gravimètre, le GNSS et son antenne sont dans le sac à dos d'un partenaire ou parfois dans un sac sur la caisse lorsque les trajets sont aussi des transferts d'une cabane à une autre ou bien d'une plage à une cabane un peu éloignée (on doit s'approcher de 15 kg dans ce cas). En configuration acquisition, tout est déployé, la claie sert pour l'antenne du GNSS grâce à un support télescopique (un bâton de marche à 5€) coupé et fixé pour avoir une hauteur constante de l'antenne lorsqu'il est déplié.

La nécessité de conserver le gravimètre toujours alimenté imposait de disposer d'une source d'énergie (groupe électrogène/solaire + batteries) à la cabane pour les recharges et l'alimentation nocturne du gravimètre.

## 4<sup>ème</sup> étape, en route

Nous avons travaillé avec une série de points de mesure prévisionnels. Pour chaque mesure le gravimètre doit être sur un support plat, stable, rocheux, éloigné des reliefs, à l'abri du vent et de la pluie. L'acquisition de la position est longue ; après les premiers jours de mesure nous avons conclu qu'il était prudent de faire des acquisitions de 45 minutes pour obtenir une bonne résolution en altitude. Il faut donc compter environ 1h, déballage-remballage compris, pour effectuer un couple de mesure gravimétrie - GNSS avant de poursuivre le profil.



© DAMIEN GUILLOUVE

## Résultats préliminaires

**Le premier résultat important est que pendant ces deux campagnes d'été nous avons réussi à faire des mesures de gravimétrie et de positionnement de très bonne qualité, ce qui n'était pas garanti.**

### Méthodologie

Les mesures brutes de gravimétrie obtenues sur le terrain ne sont pas interprétables en l'état et doivent être corrigées de la dérive instrumentale, de l'effet de marée et de l'effet de site, trois effets physiques qui influencent le champ de gravité indépendamment des propriétés physiques des roches. La dérive instrumentale est connue (et retirée) en comparant les données obtenues sur la base de référence ou sur des bases secondaires locales, pendant toute la durée des campagnes de mesure. L'effet de la marée est retiré en connaissant l'heure précise de la mesure

et l'effet des variations de pesanteur avec l'altitude. Une fois ces corrections effectuées, les mesures sont prêtes à être utilisées. Il faut noter qu'elles sont aussi affectées par la topographie (montagnes, lacs, rivières...) or, notre objectif est de mesurer l'impact sur la pesanteur d'objets géologiques situés sous la surface. Il faut donc « retirer » l'effet de toute la topographie sur les mesures, c'est ce qu'on appelle le calcul des anomalies.

L'anomalie que l'on cherche à calculer est l'**anomalie gravimétrique de Bouguer**. Elle est calculée en utilisant la densité moyenne des roches couplée à un MNT. C'est comme si l'on rabotait toute la surface et qu'on remesurait la pesanteur. Ainsi, on ne garde des mesures que les effets d'objets souterrains. C'est à partir de l'anomalie de Bouguer que nous travaillons pour faire des déductions et des modélisations.



### ANOMALIE GRAVIMÉTRIQUE DE BOUGUER

Écart entre la valeur du champ de pesanteur mesuré en un point et la valeur théorique en ce même point. Cette notion a été définie par le physicien Pierre Bouguer (1698-1758). Elle tient compte de la masse et de la forme de la Terre, des variations du champ de pesanteur dues à l'altitude, de la topographie environnante et des fluctuations de la pesanteur dues aux marées.

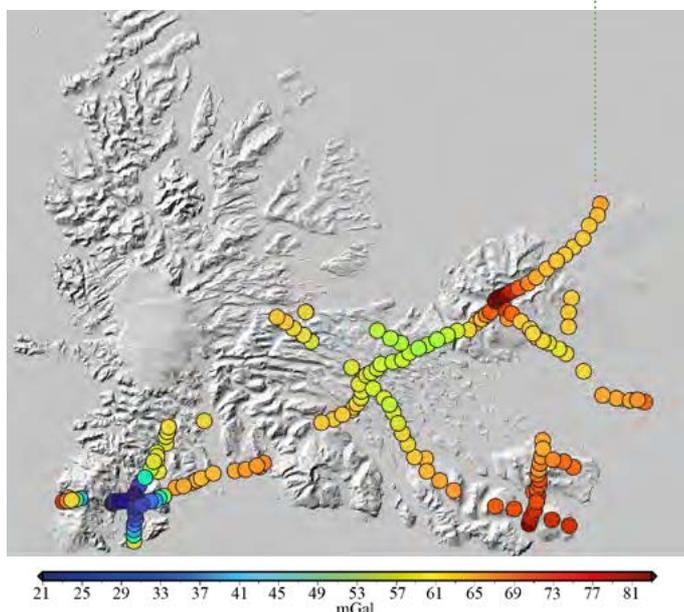
## Premières données

La carte ci-dessous (Fig. 5) montre la répartition de l'anomalie gravimétrique de Bouguer calculée après avoir effectué toutes les corrections. Elle montre clairement la présence de plusieurs anomalies dans les régions des Montagnes Vertes, entre l'est de la presqu'île Jeanne-d'Arc et le sud de Ronarc'h ainsi que dans la partie centrale de la péninsule de Rallier du Baty. Ces anomalies révélées par notre jeu de données sont cohérentes avec ce que l'on connaît de la géologie de ces secteurs ; des intrusions magmatiques ou des volcans, avec des roches de densités différentes de celle du basalte. On retrouve ainsi l'anomalie mise en évidence par Rouillon en 1963 (Fig. 3, page 17), autour des Montagnes Vertes mais pas les anomalies qu'il avait calculées sur le Plateau Central. A l'inverse, il n'avait pas identifié l'anomalie que nous mettons en évidence sur Jeanne d'Arc / Ronarc'h autour du Halage des Naufragés.

Les intensités des anomalies et les gammes de valeurs sont en revanche surprenantes. Les syénites constituant l'intrusion magmatique de Rallier du Baty et celles à l'affleurement sur les Montagnes Vertes ainsi que les phonolites de Jeanne d'Arc et Ronarc'h sont des roches moins denses que les basaltes qui forment leur encaissant. On s'attendrait donc à voir des valeurs d'anomalies assez basses, comme ce que l'on obtient sur Rallier du Baty. Pourtant, pour les secteurs des Montagnes Vertes et de Jeanne d'Arc / Ronarc'h, les valeurs d'anomalies sont supérieures aux valeurs obtenues sur les basaltes du Plateau Central.

**FIGURE 5**

Anomalie gravimétrique de Bouguer calculée à partir des mesures effectuées sur le terrain



## Premières interprétations

Les données obtenues sur le secteur de Rallier du Baty correspondent à ce que nous attendions avec une anomalie assez faible (inférieure aux basaltes encaissants) centrée sur l'intrusion observée à l'affleurement et correspondant à un important volume de syénites intrusives dans les basaltes. Les données structurales obtenues sur le terrain lors de la campagne d'été 2013-2014 nous permettront de contraindre précisément la modélisation des données gravimétriques. La modélisation de la structure de cette intrusion représente un enjeu important ; d'une part il n'existe à ce jour aucun travail de ce type sur une intrusion en domaine océanique, d'autre part elle permettra de trancher entre les deux modèles structuraux qui ont été proposés pour l'intrusion de Rallier du Baty.

Les anomalies observées autour des Montagnes Vertes et dans le secteur Jeanne d'Arc – Ronarc'h sont intéressantes puisqu'elles suggèrent la présence de roches plus denses que les basaltes. Ceci n'est pas compatible avec les roches peu denses observées à l'affleurement (des syénites et des phonolites). Cependant, de nombreux gisements de xénolithes de roches très denses sont répertoriés dans ces secteurs. Ce grand nombre de gisements peut laisser penser que ces roches denses sont aussi présentes en abondance dans la croûte plus profonde dans ces régions. D'autre part, les Mamelles, situées immédiatement à l'est des Montagnes Vertes et probablement en continuité structurale montrent à l'affleurement des gabbros, roches magmatiques plus denses que les basaltes. Ces deux anomalies pourraient donc s'expliquer par la présence, en profondeur, de quantités importantes de roches denses.

Ces anomalies contrastées observées peuvent suggérer plusieurs choses :

- que les intrusions de syénites de l'archipel, malgré leurs ressemblances, se forment par des processus différents ;
- l'existence d'hétérogénéités locales de la croûte océanique ;
- un manteau lithosphérique plus ou moins profond selon les régions de Kerguelen.

La modélisation de l'ensemble de données permettra de tester ces hypothèses.

## LES ÉQUIPES DE TERRAIN TALISKER

Ces deux campagnes de mesures couplées gravimétrie-GNSS ont été réalisées sur le terrain par :

### **Damien GUILLAUME**

Responsable scientifique du programme, LGL-TPE Université de Saint-Étienne

### **Hugo RAFFET**

Doctorant, GET Université de Toulouse

### **Michel de SAINT-BLANQUAT**

GET, Université de Toulouse

Nous étions accompagnés sur le terrain par les participants des campagnes TALISKER :

**Marc Le ROMANCER** - Université de Brest

**Deborah VERFAILLIE** - CEREGE, Aix-Marseille

**Laurent JEANNEAU** - Géosciences, Rennes

## REMERCIEMENTS

Les instruments de terrain - gravimètre Scintrex CG6, GNSS Leica GR50 et antennes AS10 - ont été prêtés par les parcs d'instruments de l'INSU (PIN PGravi et gpsmob Résif). Nous avons bénéficié de l'aide de Germinal GABALDA (GET, IRD Toulouse) et Lucia SEOANE (GET, CNAP Toulouse) pour le contrôle qualité à distance des données au fur et à mesure des séries d'acquisitions.

Ces campagnes ont pu se réaliser grâce au support précieux, indispensable et indéfectible de l'équipe de logistique de l'IPEV que ce soit pour les déploiements des sites isolés ou pour le support logistique/énergie particulièrement critique pour ces campagnes de mesures.

Nous remercions aussi Chloé BAZILE, Pierre ECOIFFIER, Franck FOUCAULT et Axel BRES, résidents de Kerguelen, qui nous ont accompagné lors des sorties sur le terrain et dont l'aide était précieuse tant pour la bonne humeur que pour l'aide au transport du matériel.

Merci à l'équipage de l'Aventure qui, tant bien que mal, a réussi à réaliser les déploiements dans le Golfe du Morbihan pendant la campagne d'été 2022-2023.

Enfin un immense merci à Michel LE GLATIN et tout l'équipage de la Curieuse, en particulier pour l'aide logistique, les transferts doux, les déposes acrobatiques sur les petites plages et dans les petites criques du Sud ainsi que pour les assistances d'urgences pendant la campagne d'été 2023-2024, jusqu'au retour à la Réunion.

## RÉFÉRENCES

Chun C (1900)

Aus den Tiefen des Weltmeeres, Gustav Fisher, Iena.

Giret A (1983)

Le plutonisme océanique intraplaque. Exemple de l'archipel Kerguelen. Terres Australes et Antarctiques Françaises. Thesis, Université Pierre et Marie Curie, Paris.

Grégoire M (1994)

Pétrologie des enclaves ultrabasiques et basiques des îles Kerguelen (T.A.A.F.). Les contraintes minéralogiques et thermobarométriques et leurs implications géodynamiques.

Thèse de Doctorat, Univ. Saint Etienne, 253p.

Grégoire M, Cottin JY, Giret A, Mattielli N & Weis D (1998)

The meta-igneous granulite xenoliths from Kerguelen Archipelago: evidence of a continent nucleation in an oceanic setting.

*Contrib Mineral Petrol*, 133, 259-283

Nougier J (1970)

Contribution à l'étude géologique et géomorphologique des îles Kerguelen (Terres Australes et Antarctiques Françaises)

*Com. Natl. Fr. Rech. Antarct.*, 27, t.1, 440 p., t.2, 256 p.

Nougier J & Lameyre J (1973)

Les nordmarkites des îles Kerguelen (TAAF) dans leur cadre structural. Problème de leur origine et de celle de certaines roches plutoniques alcalines en domaine océanique.

*Bull. Soc. Geol. Fr.*, 7, 306-311

Ponthus (2018)

Origine, évolution et mise en place d'un pluton récent en contexte intraplaque océanique. Exemple du complexe Sud de Rallier du Baty, Kerguelen (TAAF).

Sciences de la Terre, Université Toulouse 3 Paul Sabatier (UT3 Paul Sabatier). Tel-01817935.

Ponthus L, de Saint-Blanquat M, Guillaume D, Le Romancer M, Pearson N, O'Reilly SY & Grégoire M (2020)

Plutonic processes in transitional oceanic plateau crust: Structure, age and emplacement of the South Rallier du Baty laccolith, Kerguelen Islands. *Terra Nova* DOI: 10.1111/ter.12471

Recq M, Brefort B, Malod J & Veinante JL (1990)

The Kerguelen Isles (southern Indian Ocean): new results on deep structure from refraction profiles.

*Tectonophysics*, 182, 227-248

Recq M & Charvis P (1986)

A seismic refraction survey in the Kerguelen Isles, Southern Indian Ocean. *Geophys. J. R. Soc.*, 84, 529-559

Rouillon G (1963)

Bouguer gravity anomaly map of Kerguelen Islands, Terres Australes et Antarctiques Françaises (TAAF)

Unpublished data.

Studer J (1878)

Geologische Beobachtungen auf Kerguelensland

*Z. dt. Geol. Ges.*, 2, 327-350

# ADACLIM

## Les oiseaux marins de l'Arctique face aux changements globaux

### Un observatoire à long terme au Groenland

#### Résumé

**Le programme ADACLIM étudie les conséquences des changements environnementaux sur les oiseaux marins de l'Arctique. Depuis 2005, notre observatoire installé sur la côte est du Groenland, permet une meilleure compréhension des processus écologiques sous l'incidence du réchauffement et des pollutions.**

Nos mesures concernent les mergules nains, l'espèce d'oiseaux marins la plus abondante de l'Arctique et un puissant indicateur écologique de la zone côtière. En étudiant la démographie, la biologie de la reproduction, les comportements de recherche alimentaire, la physiologie et l'écotoxicologie des mergules, nous avons identifié l'étonnante capacité d'adaptation de cette espèce aux changements globaux.

Les mergules modulent notamment leur comportement de recherche alimentaire, qui leur permet d'exploiter efficacement les nouvelles communautés zooplanctoniques qui envahissent l'Arctique. Les oiseaux maintiennent survie et reproduction, mais des points de ruptures existent : les tempêtes, de plus en plus fréquentes et violentes suite au réchauffement climatique, handicapent la reproduction des mergules et les affaiblissent pendant leurs migrations hivernales. Les pollutions, notamment au mercure, diminuent également leur performance physique et leur potentiel adaptatif.

Notre programme groenlandais nous permet désormais de développer des études similaires à l'échelle pan-arctique.

---

**Publication : David Grémillet et Jérôme Fort**



© REGIS CAVIGNAUX

## Contexte

L'Arctique se réchauffe quatre fois plus vite que le reste de la planète, dépassant les prévisions. Ces tendances exceptionnelles ont des conséquences multiples : augmentation des précipitations, des températures de surface de la mer et des tempêtes, déclin de la cryosphère (glace de mer, glaciers et pergélisol), intensification des cycles hydrologiques et forte érosion côtière.

Ces changements affectent la circulation océanique, tant à l'échelle locale que mondiale, avec des effets jusque sur la circulation atmosphérique, les événements climatiques extrêmes et l'élévation du niveau de la mer, également à des latitudes plus basses. En outre, la disparition de la cryosphère entraîne la libération de produits chimiques et de plastiques, dont certains sont toxiques. L'augmentation des activités humaines contribue également à accroître la pollution atmosphérique, avec un transport accru de polluants des nations industrialisées vers l'Arctique. D'un point de vue écologique, les chaînes alimentaires de l'Arctique sont rapidement transformées par l'invasion d'espèces tempérées. Le réchauffement ouvre également la porte à de nouveaux agents pathogènes, parasites et espèces non-indigènes et renforce la connectivité, par exemple par la dispersion de nouvelles espèces entre les océans Pacifique et Atlantique, à travers le bassin arctique.

L'architecture des réseaux alimentaires est ainsi transformée, par de nouvelles relations prédateur-proie, de nouveaux concurrents et des biorhythmes qui changent. Ces modifications environnementales drastiques et rapides ont des effets cumulatifs importants sur la biodiversité à haute latitude, sur le fonctionnement des écosystèmes arctiques et sur l'existence même des peuples premiers. Il est donc urgent de réaliser des études à long terme sur les impacts du changement global sur les processus écologiques en Arctique.

L'Arctique est pour ses deux tiers une région marine, au sein de laquelle les oiseaux marins sont des ingénieurs écosystémiques majeurs : en effet, les dizaines de millions d'oiseaux marins qui nichent dans ces régions polaires, façonnent les paysages

en transportant des nutriments de la mer vers la terre, sous la forme de guano qui permet le verdissement des régions côtières. Les oiseaux marins sont également des indicateurs écologiques reconnus de l'impact des changements globaux sur les écosystèmes polaires, et ils constituent l'un des deux groupes d'oiseaux (avec les perroquets) les plus menacés au monde. Leur étude et leur protection, dans le contexte actuel de changement climatique et d'augmentation des risques de pollution, a été déclarée prioritaire par le Conseil de l'Arctique. Cet organisme intergouvernemental porte la voix des peuples premiers, pour lesquels les oiseaux marins ont une importance bioculturelle majeure, comme source de nourriture et comme élément clé des imaginaires du Nord. Notamment, l'étroite parenté entre les peuples de l'Arctique et les oiseaux marins est soulignée par la légende panarctique de Sedna, déesse de tous les animaux marins, dont le mari est le fulmar boréal (*Fulmarus glacialis*).

**Dans ce contexte, l'objectif de notre observatoire est d'étudier les réponses des oiseaux marins de l'Arctique aux contraintes environnementales dans le cadre des changements globaux.**

Plus précisément :

- 1/ Notre premier objectif est de comprendre le fonctionnement écologique des mergules nains (*Alle alle*), une espèce sentinelle clé d'une région Arctique qui se réchauffe.
- 2/ Nous étudions les impacts combinés de multiples facteurs de stress environnementaux (augmentation de la température, diminution de la glace de mer, événements extrêmes, augmentation de la pollution et réorganisation des réseaux alimentaires) sur cette espèce sensible.
- 3/ Nous utilisons les mergules nains comme indicateurs biologiques des polluants de l'Arctique.
- 4/ Nous élargissons considérablement les échelles taxonomiques, spatiales et temporelles du programme, afin d'étudier l'écologie des communautés d'oiseaux de mer pan-arctiques et leur écotoxicologie.

.....

Les oiseaux marins sont des indicateurs écologiques reconnus de l'impact des changements globaux sur les écosystèmes polaires.

Le mergule nain est un modèle d'étude idéal, pour de nombreuses raisons :

1/ Il s'agit de l'oiseau marin le plus abondant de l'Arctique (population totale estimée à 40-80 millions d'individus) et il joue un rôle important dans le flux d'énergie au sein des réseaux alimentaires marins de l'Arctique.

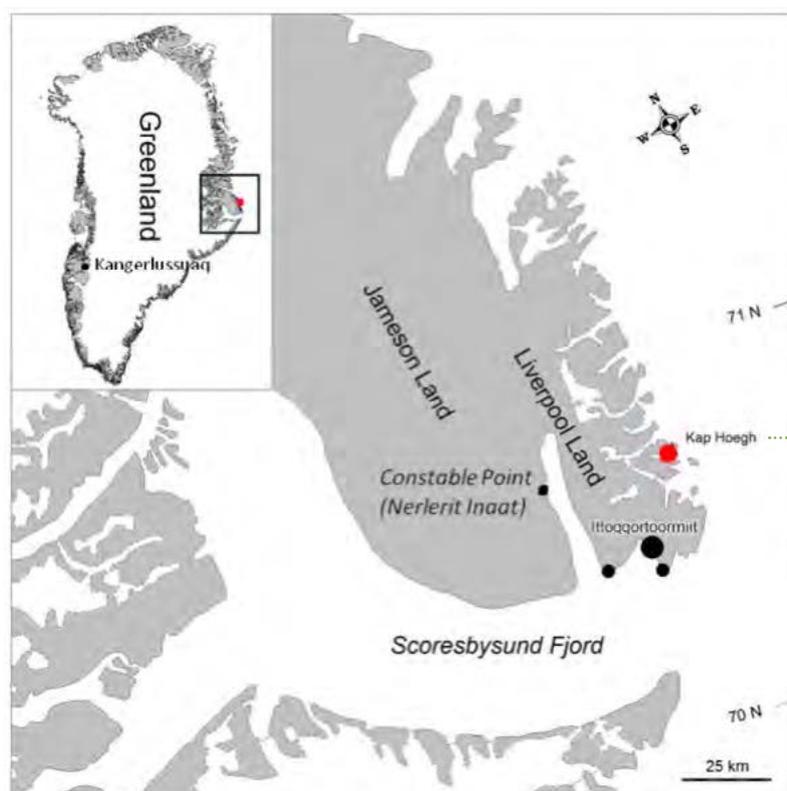
2/ Son aire de reproduction est presque entièrement limitée à la zone marine du Haut-Arctique fortement affectée par le réchauffement, avec les plus grandes colonies situées entre 70-80° N au Groenland, Svalbard et Arctique russe.

3/ Les mergules nains occupent une niche alimentaire spécialisée, se nourrissant presque exclusivement de crustacés planctoniques, et devraient être moins capables de s'adapter aux changements de disponibilité des proies que les espèces ayant un régime alimentaire plus généraliste.

4/ Ils font partie d'un réseau alimentaire arctique court et simple, et exploitent principalement les populations de mésozooplancton (zooplancton dont la taille est comprise entre 0.2 et 20 mm), dont la distribution et l'abondance sont étroitement liées aux températures de l'océan et à la distribution de la glace de mer.

5/ La petite taille des mergules nains et la dépense énergétique intense associée à la plongée et au vol les rendent particulièrement sensibles à la variabilité locale de l'environnement et de la disponibilité des proies.

6/ Les mergules nains ne pondent qu'un seul œuf et ne peuvent donc pas ajuster la taille de leur nichée pour compenser les changements de disponibilité de leur nourriture.



Carte montrant la localisation de la colonie de mergules nains d'Ukaleqarteq (Kap Höegh) au Groenland Est, ainsi que le village le plus proche, Ittoqqortoormiit.



## 20 ANS D'OBSERVATIONS

En place depuis 2005, notre observatoire fête aujourd'hui ses 20 ans d'existence et participe au programme SEE-Life du CNRS Ecologie & Environnement.

Notre suivi à long terme, effectué en partenariat avec la communauté groenlandaise d'Ittoqqortoormiit, dispose également du label "site clé pour le monitoring arctique" du Conseil de l'Arctique, et représente le seul suivi multi-décadale en écologie marine pour toute la côte Est du Groenland. Ce programme livre ainsi des informations précieuses sur l'écophysiologie et l'écotoxicologie des oiseaux marins, bioindicateurs des changements globaux en Arctique.

## La transformation de l'Arctique pousse les mergules nains dans leurs derniers retranchements

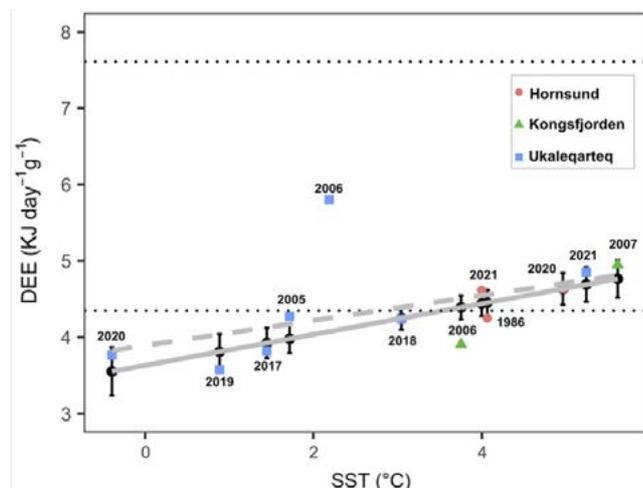
Aux prémices du programme ADACLIM, nos études théoriques (modèles numériques basés sur les changements de températures de surface et sur la physiologie des oiseaux) indiquaient que les mergules nains n'étaient pas en mesure de compenser l'impact des changements globaux pendant leur saison de reproduction en Arctique, et prévoiaient le déclin de leurs populations dans tout l'Atlantique nord.

Dans un premier temps, nos travaux de terrain ont dévoilé l'incroyable capacité des mergules nains à encaisser les conséquences des changements environnementaux, grâce à une très forte plasticité de leur comportement de recherche alimentaire. En effet, au fur et à mesure du réchauffement de la mer du Groenland et de la disparition de la glace de mer, les mergules nains perdent leurs proies favorites ; les copépodes gros et gras qui sont associés aux environnements froids. Ces éléments du zooplancton sont remplacés par des espèces tempérées, plus petites et moins riches en lipides. Selon nos calculs, les mergules doivent capturer chaque jour des milliers de copépodes, un par un, en les picorant sous l'eau. Alors que nous estimions que les mergules étaient d'ores et déjà au maximum de leurs capacités de travail, ils ont compensé les changements écologiques en modifiant leur comportement de vol vers leurs zones de nourrissage, et de plongée à la recherche des bancs de plancton, passant ainsi plus de temps en vol et effectuant des plongées plus profondes et plus longues, au détriment de leur temps au repos. Ainsi, quelles que soient les conditions environne-

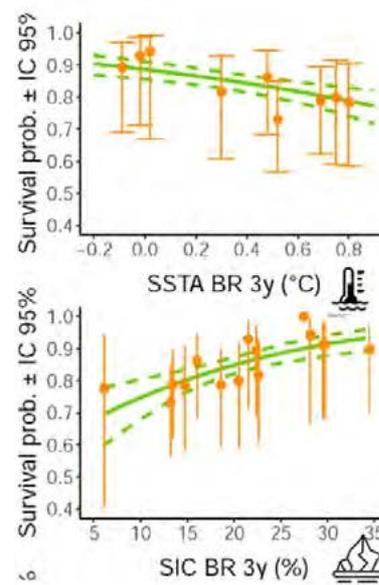
mentales en été, les adultes semblaient maintenir une condition corporelle stable et les courbes de croissance de leurs poussins étaient inchangées.

Pourtant, nos études plus récentes indiquent à quel point les mergules en reproduction sont proches du point de rupture dans le contexte des changements environnementaux, avec une survie impactée par le réchauffement des masses d'eau et la disparition des glaces. Notamment, nos études métaboliques indiquent que la dépense énergétique des mergules a augmenté graduellement au fur et à mesure du réchauffement ; elle atteint désormais des niveaux théoriquement considérés comme physiologiquement insoutenables pour des oiseaux. Le fait que les mergules aient atteint ces niveaux indique qu'ils sont à la limite de leur capacités physiologiques et ne seront donc probablement plus en mesure de répondre aux changements de l'environnement comme ils l'ont fait jusqu'ici.

> suite p.28

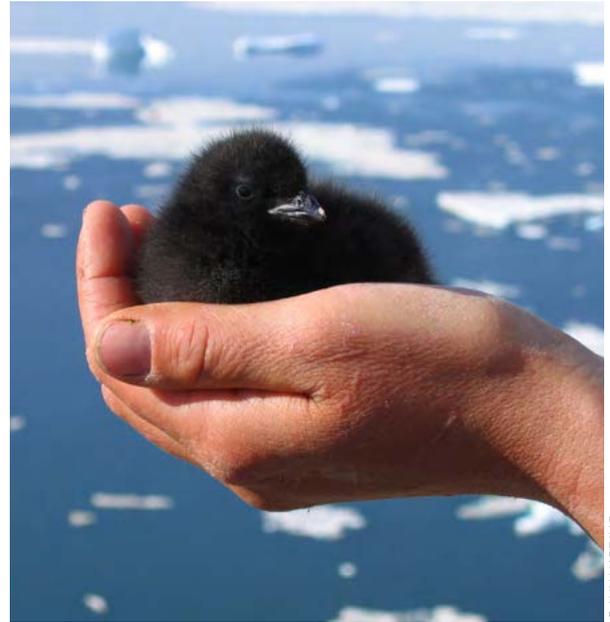


Survie annuelle des mergules nains en fonction des températures de surface de l'océan et des conditions d'englacement pendant la saison de reproduction avec un délais de trois ans.

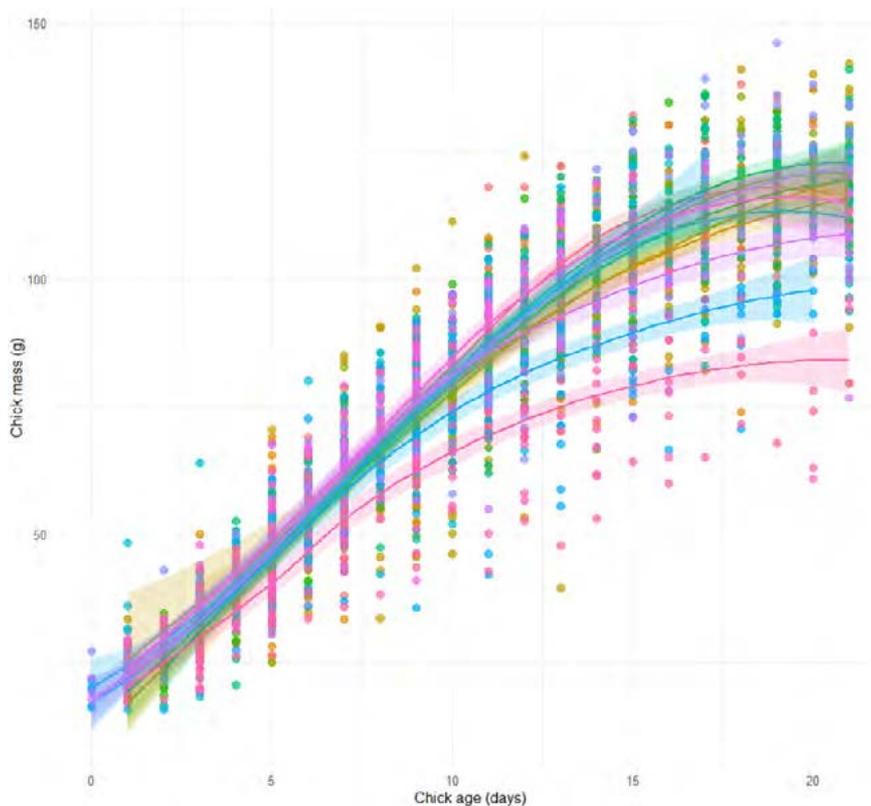


Relation positive et significative entre la dépense énergétique quotidienne moyenne (DEE) des mergules nains et les températures de surface de l'océan au large des colonies sur 12 années entre 1986 et 2021 sur trois principaux sites de reproduction de mergules nains. Incluant notre site d'étude à Ukaleqarteq au Groenland est.

De plus, la disparition de la glace de mer prive les oiseaux de perchoirs très commodes au cours de leurs séjours en mer : alors qu'ils se nourrissaient préalablement dans un paisible jardin de glace, les mergules sont désormais exposés aux conditions beaucoup plus rudes de la mer ouverte. Ces désagréments culminent au cours des tempêtes estivales, de plus en plus fréquentes dans une région arctique qui se réchauffe : alors que la mer du Groenland était une zone de haute pression en été, avec des conditions relativement calmes, des cyclones traversent désormais le bassin de l'Arctique et perturbent la vie des oiseaux marins et des peuples premiers. La faune sauvage, comme les humains, est ainsi gravement affectée par les tempêtes estivales, qui empêchent toute sortie en mer. Les Groenlandais peinent à développer des activités d'écotourisme vitales pour leur survie, et les mergules nains sont incapables de voler dès que la vitesse du vent dépasse 60 km.h<sup>-1</sup>. Les adultes peinent alors à nourrir leurs poussins, et le succès reproducteur des mergules est proche de zéro au cours des étés les plus perturbés.



© ANN HARDING



Croissance annuelle des poussins de mergules nains nichant au Groenland est depuis le début du suivi ADA CLIM en 2005.

Les années 2018 et 2024 se distinguent, avec une croissance des poussins plus faible, due aux tempêtes estivales.

*Le succès reproducteur des mergules est proche de zéro au cours des étés les plus perturbés.*

## Une migration de plus en plus risquée pour les mergules du Groenland

Les progrès technologiques nous permettent, depuis 2009, de suivre chaque hiver la migration des mergules nains depuis notre zone d'étude groenlandaise, grâce à des enregistreurs électroniques miniaturisés fixés sur les bagues qui permettent l'identification des oiseaux. Les mergules groenlandais partent souvent à plus de 4000 km de leur colonie de reproduction, vers les côtes nord-américaines. Nous avons ainsi contribué à identifier un grand rassemblement hivernal d'oiseaux marins, 1500-2000 km au large de Terre-Neuve, composé de millions de mergules et de 20 autres espèces d'oiseaux marins. Grâce aux travaux de recherche, cette zone dispose désormais d'un statut de conservation renforcé dans le cadre de la convention protection de l'environnement marin de l'Atlantique Nord-Est (OSPAR).

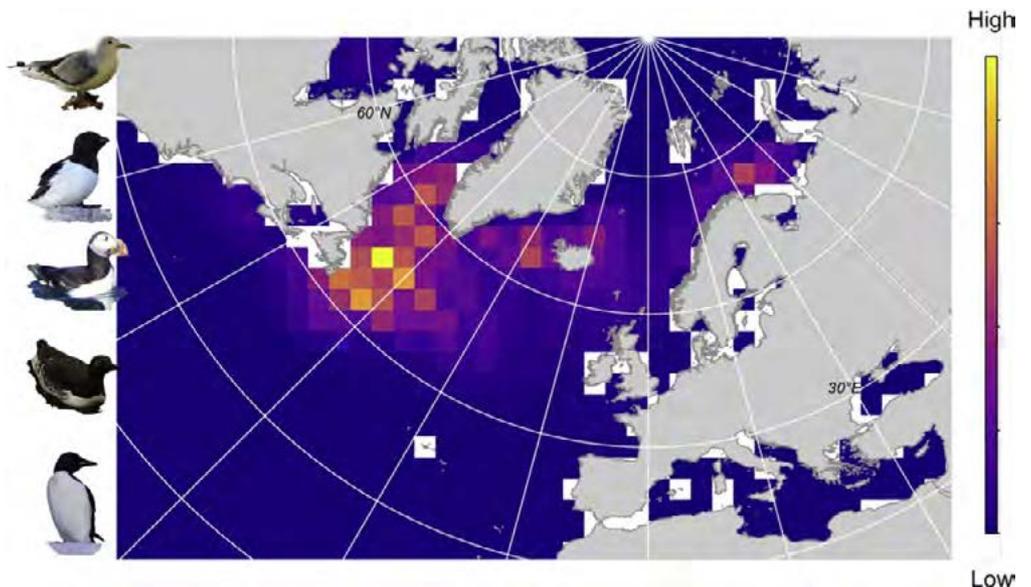
Cette zone migratoire d'importance mondiale est néanmoins touchée par les conséquences du changement climatique : nos calculs indiquent notamment que les distributions hivernales des oiseaux marins se déplaceront avec le changement climatique, en particulier lorsque le réchauffement global dépassera 2°C dans le cadre d'un scénario «sans atténuation».

De telles redistributions pourraient être tempérées par le respect des objectifs de l'accord de Paris, qui limiterait les changements dans la localisation et la taille des habitats sélectionnés par les oiseaux de mer dans l'océan Atlantique Nord au cours du 21ème siècle. Nous fournissons ainsi des informa-

tions essentielles pour la conception d'aires marines protégées adaptatives dans un océan en mutation.

Nos données sur la migration des mergules ont également permis de tester l'impact des tempêtes hivernales sur les populations d'oiseaux marins de l'Arctique. En effet, chaque hiver, l'océan Atlantique Nord est le théâtre de nombreux cyclones, dont les plus violents entraînent des mortalités massives d'oiseaux de mer appelées «naufrages hivernaux». Au cours de ceux-ci, des milliers de carcasses d'oiseaux marins décharnés sont rejetées sur les côtes européennes et nord-américaines. Les cyclones hivernaux peuvent donc influencer la dynamique des populations d'oiseaux de mer en affectant les taux de survie ainsi que l'état corporel des individus survivants et donc leur reproduction future. Cependant, la plupart du temps, les origines géographiques des oiseaux marins touchés et les causes de leur mort sont obscures. Nous avons donc réalisé la première évaluation à l'échelle d'un bassin océanique de l'exposition aux cyclones dans une communauté d'oiseaux marins. Nos analyses à grande échelle suggèrent que les conditions cycloniques n'augmentent pas les besoins énergétiques des oiseaux de mer, ce qui implique qu'ils meurent en raison de l'indisponibilité de leurs proies et/ou de leur incapacité à se nourrir pendant les cyclones. Notre étude fournit ainsi des informations essentielles sur l'exposition des oiseaux marins aux cyclones dans un contexte de changements marqués du régime cyclonique dus au réchauffement climatique.

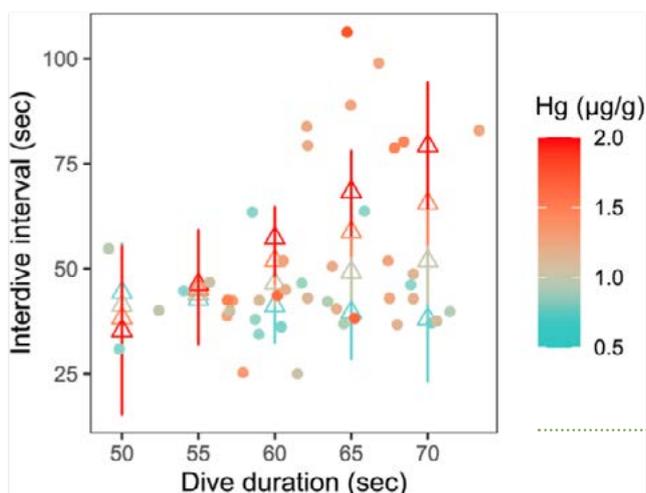
Indice d'exposition moyenne aux cyclones des oiseaux marins (incluant les mergules nains) pendant l'hiver en Atlantique Nord.



## Les mergules nains sous le feu croisé du réchauffement et des pollutions

L'Arctique fait face à une augmentation des risques de contamination environnementale. Celle-ci est d'une part liée à l'émission par les pays de l'hémisphère nord de nombreux contaminants qui sont ensuite transportés vers l'Arctique par les courants atmosphériques et océaniques avant de s'y déposer et d'intégrer les chaînes alimentaires.

Cette contamination globale se combine d'autre part à un risque de contamination locale amplifiée par le développement des activités humaines en Arctique telles que le tourisme ou les industries d'extraction. Parmi les contaminants chimiques qui soulèvent d'importantes inquiétudes environnementales en Arctique, le mercure continue d'augmenter dans certaines régions, en dépit des réglementations internationales visant à en réduire les émissions à l'échelle mondiale. Ainsi, le mercure, connu pour avoir des impacts sur la physiologie et le comportement des organismes, se retrouve à fortes concentrations chez de nombreuses espèces arctiques. Le suivi multi-annuel des concentrations de mercure chez les mergules nains nichant au Groenland Est indique non seulement des concentrations en augmentation au cours de la dernière décennie, mais a également démontré d'une contamination ayant des effets sublétaux sur le comportement et la reproduction. Notamment, les oiseaux présentant les plus fortes concentrations de mercure montrent des modifications de leur comportement de recherche alimentaire, avec plus de temps passé à la surface entre deux plongées, suggérant des limites physiologiques provoquées par le mercure telles que la diminution des capacités de transport d'oxygène.



Dans un contexte où le réchauffement des températures est associé à une augmentation du temps passé par les mergules à s'alimenter (pour répondre à une diminution de la qualité de leurs proies), l'effet du mercure observé sur le comportement des oiseaux pourrait les contraindre dans leur capacité à répondre aux changements environnementaux.

Nos études montrent également que la pollution par les microplastiques a désormais atteint les zones les plus reculées de l'Arctique : en mer du Groenland, nous avons en effet détecté des microplastiques dans l'alimentation de tous les mergules nains étudiés. Nos études indiquent que les mergules ingèrent ces particules en les confondant avec leurs proies principales, les copépodes.

## Une dimension panarctique

Enfin, nos recherches sur la contamination des mergules nains par le mercure ont permis d'initier plusieurs études à grande échelle visant à utiliser les oiseaux marins comme espèces bioindicatrices pour mieux comprendre la distribution du mercure à l'échelle pan-arctique, les risques associés pour les oiseaux et les processus sous-jacents à cette distribution. Notamment, nous avons combiné les données de suivi de 837 oiseaux marins de sept espèces différentes et de 27 colonies de reproduction avec des analyses de Hg dans les plumes représentant la contamination individuelle des oiseaux marins en fonction de leur distribution hivernale. Nos résultats mettent en évidence un gradient est-ouest dans les concentrations de mercure, avec des points chauds autour du sud du Groenland et de la côte est du Canada. Ces mesures, effectuées à une échelle démographique et géographique sans précédent et à haute résolution, fournissent des connaissances essentielles pour les décisions internationales concernant les priorités en matière de réglementation des polluants.

Temps passé à la surface entre deux plongées alimentaires en fonction de l'interaction entre la contamination des oiseaux par le mercure et la durée des plongées.

## ÉQUIPE ADACLIM

### David GRÉMILLET

CEFE, Univ Montpellier, CNRS, EPHE, IRD, Montpellier, France

> david.gremillet@cefe.cnrs.fr

### Jérôme FORT

Littoral, Environnement et Sociétés (LIENSs) – UMR 7266 CNRS / La Rochelle Université

> jerome.fort@univ-lr.fr

## REMERCIEMENTS

Le programme ADACLIM émane de trois décennies d'interactions fructueuses avec les peuples premiers de l'Arctique, et nous tenons à remercier tout particulièrement la communauté d'Itoqqortoormiit pour son accueil, notamment via NANU Travel sous la direction de Mette Pike Barselajsen. Nos recherches au Groenland sont un travail d'équipe, et nous sommes redevables aux dizaines de personnes qui ont participé aux travaux de terrain depuis 2005.

Nous remercions également très sincèrement les équipes administratives de l'IPEV et de nos laboratoires de recherche, pour leur soutien au cours de la préparation souvent extrêmement complexe de 20 expéditions de terrain en milieu polaire isolé. Nous remercions enfin le CNRS et l'ensemble des financeurs associés à ce programme de l'Institut Polaire Français.

## RÉFÉRENCES

Albert, C., et al. (2024)

Seabirds reveal mercury distribution across the North Atlantic

*Proceedings of the National Academy of Sciences*, 121(21), e2315513121

Beaman, J. E., et al. (2024)

Cold adaptation does not handicap warm tolerance in the most abundant Arctic seabird

*Proceedings of the Royal Society B*, 291(2015), 20231887

Grunst, M. L., Grunst, A. S., Grémillet, D., & Fort, J. (2023)

Combined threats of climate change and contaminant exposure through the lens of bioenergetics

*Global Change Biology*, 29(18), 5139-5168

Grémillet, D., & Descamps, S. (2023)

Ecological impacts of climate change on Arctic marine megafauna

*Trends in Ecology & Evolution*, 38(8), 773-783

Clairbaux, M., et al. (2021)

Meeting Paris agreement objectives will temper seabird winter distribution shifts in the North Atlantic Ocean

*Global Change Biology*, 27(7), 1457-1469

Clairbaux, M., et al. (2021)

North Atlantic winter cyclones starve seabirds

*Current Biology*, 31(17), 3964-3971

Davidson, S. C., et al. (2020)

Ecological insights from three decades of animal movement tracking across a changing Arctic

*Science*, 370(6517), 712-715

Keogan, K., et al. (2018)

Global phenological insensitivity to shifting ocean temperatures among seabirds.

*Nature Climate Change*, 8(4), 313-318

Grémillet, D., et al. (2015)

Arctic warming: nonlinear impacts of sea-ice and glacier melt on seabird foraging

*Global change biology*, 21(3), 1116-1123

Fort, J., et al. (2014)

Spatial ecotoxicology: migratory Arctic seabirds are exposed to mercury contamination while overwintering in the northwest Atlantic

*Environmental science & technology*, 48(19), 11560-11567



# SEIS-ADELICE

## Monitoring de l'activité cryosismique du glacier de l'Astrolabe

La calotte glaciaire antarctique s'écoule naturellement vers les océans via des glaciers qui forment des langues de glace flottantes à la surface de l'océan. Pour ces glaciers, les zones d'échouages (Grounding Zone (GZ)) où ils passent de posés sur le continent à flottants sur l'océan, sont des zones clés où la glace commence à subir une importante fonte basale et doit accommoder des déformations complexes induites par l'écoulement du glacier et les mouvements verticaux des marées.

Un objectif du projet SEIS-ADELICE était l'analyse de la déformation de la glace à la GZ du glacier de l'Astrolabe, à partir des données enregistrées par des stations sismiques déployées entre 2020 et 2025 sur et autour du glacier, à terre et en mer.

L'analyse des données Global Navigation Satellite System (GNSS) et de la sismicité induite par l'activité de la glace (ou activité cryosismique) quantifiée par la détection automatique des tremblements de glace (ou « icequakes ») montre un écoulement de la glace accommodé par un petit nombre d'événements de fortes magnitudes le long des zones de cisaillement latérales et de nombreux séismes glaciaires de faibles magnitudes induits par les mouvements verticaux lors des phases montantes et descendantes des cycles de marées. Ces derniers événements sont concentrés sur le glacier et permettent de délimiter spatialement sa GZ. Ils révèlent également un déplacement quotidien de la sismicité vers l'amont et l'aval, au gré des marées et de l'incursion de l'océan sous le glacier, révélant ainsi sa « respiration tidale ».

---

### Publication : Guilhem Barruol

---

#### Les équipes de terrain SEIS-ADELICE

**IGE Grenoble :** Guilhem Barruol, Tifenn Le Bris, Emmanuel Le Meur, Florent Gimbert

**ITES Strasbourg :** Dimitri Zigone, Armelle Bernard, Maxime Bes de Berc, Jean-Yves Thore

**IPG Paris :** Romuald Daniel, Simon Besançon, Tom Dumouch, Denis Lombardi

**VSC DDU :** Paul Michaud, Iban Fernandez, Lucien Goulet, Louis Grauwin, Enzo Tahon, Léonard Barthélémy, Arnaud Reboud, Killian Pareilleux, Aubin Ignazi, Paul Tudes

**Guides ENSA Chamonix :** François Pallandre, Pierre Rizzardo, Fred Valet

**IGE :** Univ. Grenoble Alpes, CNRS, INRAE, IRD, Grenoble INP, IGE, 38000 Grenoble, France

**ITES :** Institut Terre et Environnement de Strasbourg, Université de Strasbourg/CNRS, Strasbourg, France

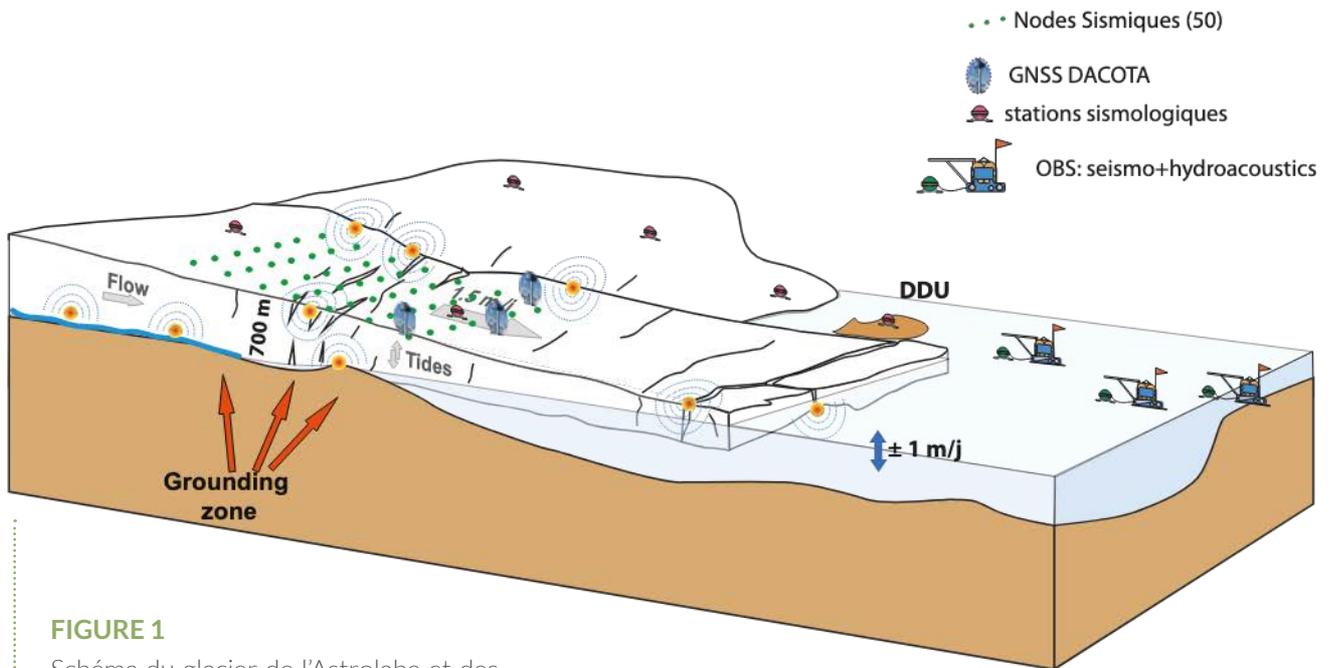
## Contexte

En contact direct avec l'océan qui se réchauffe, les glaciers émissaires de l'Antarctique représentent de véritables sentinelles face au dérèglement climatique global. Le suivi de leur dynamique est essentiel pour aider à comprendre l'impact de ce changement climatique sur la fonte basale des langues flottantes, sur la stabilité de la calotte glaciaire en amont et sur l'élévation du niveau de la mer qui en découlera au cours des décennies et des siècles à venir.

La difficulté à appréhender le comportement d'un glacier côtier réside dans ses multiples interactions

thermiques et mécaniques à ses différentes interfaces : à ses limites basales et latérales où son écoulement est contraint par le socle rocheux et la glace stable avoisinante, à son front où il interagit avec l'océan et la glace de mer, et à sa zone d'échouage (grounding zone) où le glacier passe de posé sur le socle rocheux à flottant sur l'océan et où il doit accommoder le mouvement vertical différentiel, induit par les cycles de marées, entre la glace flottante et la glace échouée.

(Fig. 1)



**FIGURE 1**

Schéma du glacier de l'Astrolabe et des déploiements sismiques sur la zone d'échouage et sur le fond océanique près de son terminus.

## La cryosismologie au service de la dynamique glaciaire

Grâce à l'enregistrement de l'activité sismique de la glace, la cryosismologie offre une capacité unique de détection et de localisation des événements sismiques dans et autour des glaciers. La résolution spatiale de quelques mètres et la variabilité temporelle allant de la seconde à plusieurs saisons en fait un outil précieux, complémentaire des mesures de surfaces (GPS, radar, imagerie satellitaires, etc.) développées traditionnellement en glaciologie, pour caractériser la déformation interne du glacier et comprendre les mécanismes et les forces en jeu<sup>1</sup>. L'activité sismique est composée de signaux de type « stick-slip » où le mouvement se fait par à-coups, accommodant un glissement saccadé du glacier sur son socle rocheux mais également d'événements liés à la fracturation de la glace et à l'ouverture de crevasses en surface. Ce deuxième groupe représente

une source majeure de la sismicité, générant les signaux les plus énergétiques.

Un premier objectif du projet SEIS-ADELICE était d'analyser l'activité cryosismique du glacier de l'Astrolabe en terre Adélie pour préciser les mécanismes glaciaires se produisant à la GZ, lieu clé de la dynamique des glaces polaires manquant cruellement d'observations directes<sup>2</sup>. Notre approche a été de combiner les observations issues des réseaux sismiques à grande et petite échelle, des déploiements à long et court terme, des observations GPS issues du projet DACOTA et de l'observatoire GLACIO-CLIM, et de gagner en résolution spatiale et temporelle en utilisant des réseaux sismiques denses ou bien une fibre optique comme une succession de capteurs sismiques.

### Le glacier de l'Astrolabe

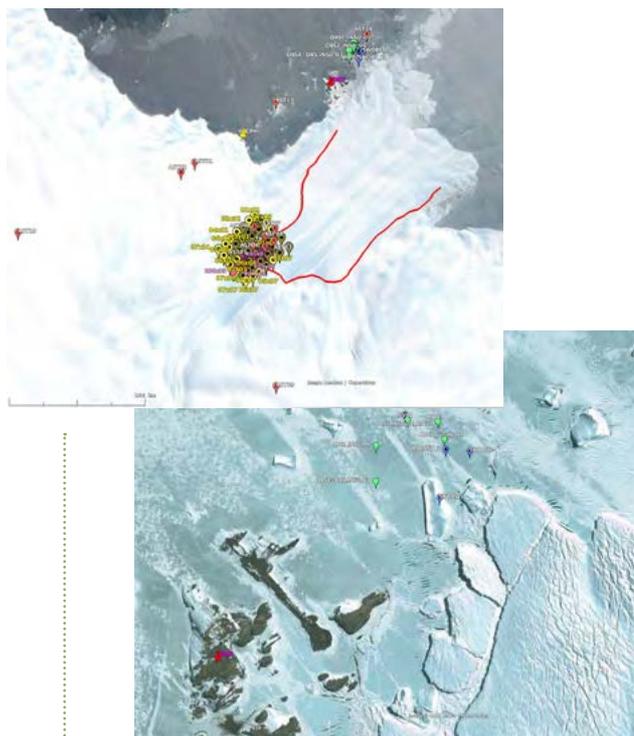
Le glacier de l'Astrolabe en terre Adélie, à proximité immédiate de la station Dumont d'Urville (Fig. 2) a une langue flottante de 4 km de large et 10 km de long, alimentée par un bassin s'étendant sur plus de 200 km à l'intérieur du continent. La glace s'écoule à une vitesse pouvant atteindre 500 m/an<sup>3</sup>.

Sa (relative) petite taille et son accès (relativement) aisé depuis Dumont d'Urville offrent une opportunité unique d'instrumenter l'ensemble d'un système glaciaire antarctique depuis sa zone d'échouage jusqu'à sa terminaison océanique.

La partie flottante du glacier est confinée à l'intérieur d'un fjord. L'épaisseur de glace est estimée à environ 600 m à la GZ puis s'amincit progressivement jusqu'à environ 300 m à son front<sup>4</sup> où la bathymétrie du fjord est supérieure à 1000 m<sup>5</sup>, suggérant la présence d'une grande cavité océanique sous la langue de glace flottante.



**FIGURE 2**  
Instrumentation sismologique sur et autour du glacier de l'Astrolabe (2020-2024).



#### LÉGENDE

##### Points :

- Rouges > stations large bande semi-permanentes
- Jaunes et roses > nodes sismiques déployés sur la GZ (respectivement en 2023 et 2024)
- Vert et bleu > OBS (Ocean Bottom Seismometers) déployés respectivement en 2022 et 2023

##### Lignes :

- Verte > fibres optiques déployées en janvier 2024
- Rouge > ligne d'échouage présumée (Le Meur *et al.* 2014)

La (relative) petite taille du glacier de l'Astrolabe et son accès (relativement) aisé depuis Dumont d'Urville offrent une opportunité unique d'instrumenter l'ensemble d'un système glaciaire antarctique.

## Déploiements sismologiques

Pour investiguer l'activité sismologique glaciaire de l'Astrolabe, plusieurs réseaux de sismomètres ont été déployés sur la période 2020-2024 sur et autour du glacier, sur la glace mobile ou stable, mais également sur des affleurements rocheux, comme les Ilots Gouverneur et Curie.

En janvier 2022, un réseau temporaire de 6 sismomètres large bande a été déployé pendant 3 semaines à la zone d'échouage du glacier (Fig. 2). Simultanément, cinq sismomètres de fond de mer (OBS=Ocean Bottom Seismometers) ont été déployés devant le front du glacier pendant 2 à 3 semaines en janvier 2022 et deux d'entre eux ont été redéployés au début du mois de février 2022 pour une année complète de fonctionnement, puis deux autres l'année suivante, fournissant des observations sismo-hydroacoustiques sur deux hivernages (2022-2023) sous la glace de mer (Fig. 2 et 3).

En janvier 2023 un réseau de 50 stations sismiques autonomes (appelés aussi nodes) a été déployé pendant environ 3 semaines au niveau de la GZ du glacier de l'Astrolabe (Fig. 2 et 3) avec une distance inter-stations d'environ 300 m, couvrant de façon régulière une superficie de  $\sim 2 \times 2$  km<sup>2</sup>.

En 2024, deux fibres optiques de 2 km chacune - équivalent d'un sismomètre tous les 2.5m - ont été déployées en surface du glacier au-dessus de sa GZ, interrogées par un système laser de type Distri-

buted Acoustic Sensing (DAS) et entourées par un réseau de 40 nodes sismiques (Fig. 2 et 3).

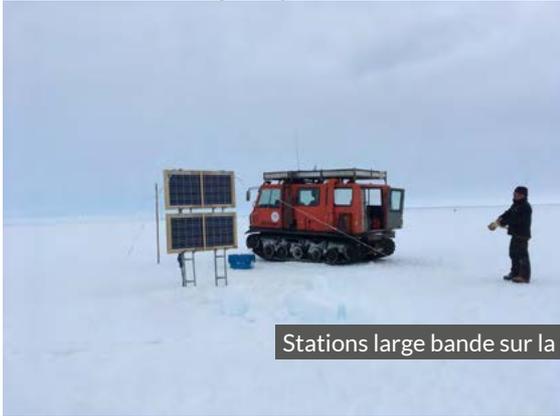
Enfin, en 2025 un réseau de 40 nodes sismiques sera déployé sur la rive ouest du glacier pour étudier la déformation associée à la zone de cisaillement latérale qui accomode le mouvement relatif du glacier par rapport au socle rocheux et à la glace stable.

Pour compléter spatialement les expériences temporaires, nous avons mis à profit les données de la station sismologique permanente du réseau GEOSCOPE (nom de code DRV), installée à Dumont d'Urville depuis 1986 et maintenue par le projet IPEV SISMOLOGIE/OBS.

Tous les déploiements instrumentaux ont été assurés avec le soutien logistique de l'Institut polaire français. Sur le glacier, ils ont été réalisés à pied après dépose des personnels et des équipements par hélicoptère (Fig. 3). En mer, les largages et récupérations des OBS ont été réalisés à partir du navire polaire l'Astrolabe, propriété des TAAF, armé par la Marine Nationale et affrété par l'Institut Polaire français pendant l'été austral, et/ou d'embarcations de plus petites tailles disponibles à Dumont d'Urville (Fig. 3). Enfin, sur la glace stable en bordure du glacier, les installations et maintenances ont été réalisées depuis Cap Prud'homme avec les moyens terrestres de la station Robert Guillard (tracteur, chenillettes, etc.).

FIGURE 3 >>>

1. Podolskiy et Walter, 2016
2. Rignot, 2023
3. Le Meur *et al.*, 2014 ; Provost *et al.*, 2024
4. Le Meur *et al.*, 2014
5. Beaman *et al.*, 2011



Stations large bande sur la glace stable



© IPEV



OBS en mer au Nord de Dumont d'Urville



Station large bande sur le rocher de l'île Curie



Node sismique sur le glacier de l'Astrolabe



Fibre optique sur le glacier de l'Astrolabe

FIGURE 3

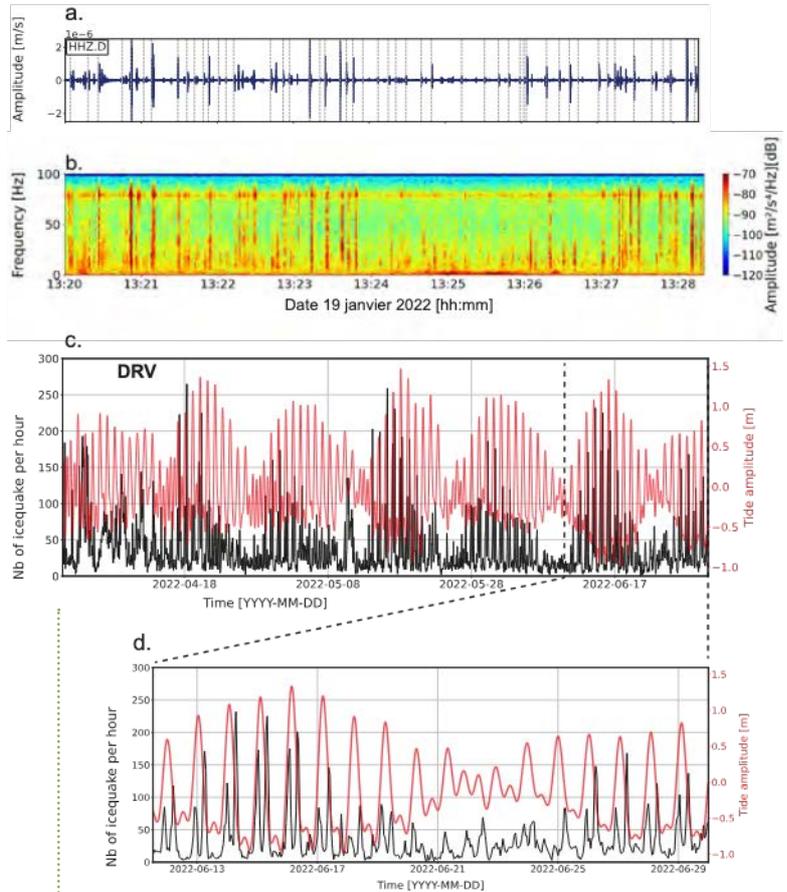
Déploiements sismologiques du projet SEIS-ADELICE.

## Marées et sismicité

Les tremblements de glace, ou icequakes, ont été détectés dans les enregistrements sismiques continus grâce à un algorithme basé sur la méthode STA/LTA (*comparaison de l'amplitude du signal moyen à court et à long terme, exemple Fig. 4*), bien adapté à la détection d'événements impulsifs<sup>6-7</sup>.

En exemple, l'analyse de 3 mois de données à la station DRV (*Fig. 4*) montre une modulation de l'occurrence horaire des icequakes au fil des cycles successifs de marées, avec un nombre d'événements par heure allant de 10 à marée basse à plus de 200 lors de pics d'activité sismique, clairement associés aux marées montantes et descendantes (*zoom Fig. 4*).

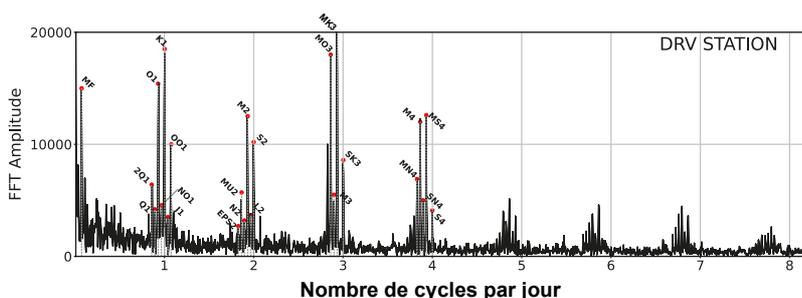
Une analyse spectrale (FFT) de la série temporelle horaire du nombre d'icequakes détectés à la stations DRV permet de retrouver une signature claire des cycles de marées sur la sismicité : à longue période avec les cycles bimensuels et mensuels, à plus courte période avec les cycles diurnes (1 cycle par jour - cpj) et semi-diurnes (2 cpj) (*Fig. 5*) mais également à des fréquences plus élevées (3 et 4 cpj et jusqu'à 8 cpj à DRV) qui pourraient refléter des harmoniques de certaines phases de marée.



**FIGURE 4**

Exemple de détections d'icequakes:

- a. Sismogramme vertical et icequakes détectés (pointillés verticaux) sur une période de 8 min le 19/01/2022 à la station AST03 installée sur le glacier.
- b. Spectrogramme associé.
- c. Occurrence des icequakes détectés à la station Geoscope DRV pour la période d'avril à juin 2022 comparée aux amplitudes locales de marées mesurées au marégraphe de la station Dumont d'Urville.  
En noir : nombre d'icequakes par heure  
En rouge : amplitude des marées en m
- d. Zoom sur la période du 12 au 30 juin 2022



**FIGURE 5**

Spectre d'occurrence des icequakes à la station Geoscope DRV sur l'année 2022 (courbe noire), ainsi que les phases de marées, calculées par T-tide<sup>8</sup>, indiquées par les points rouges et leur code.

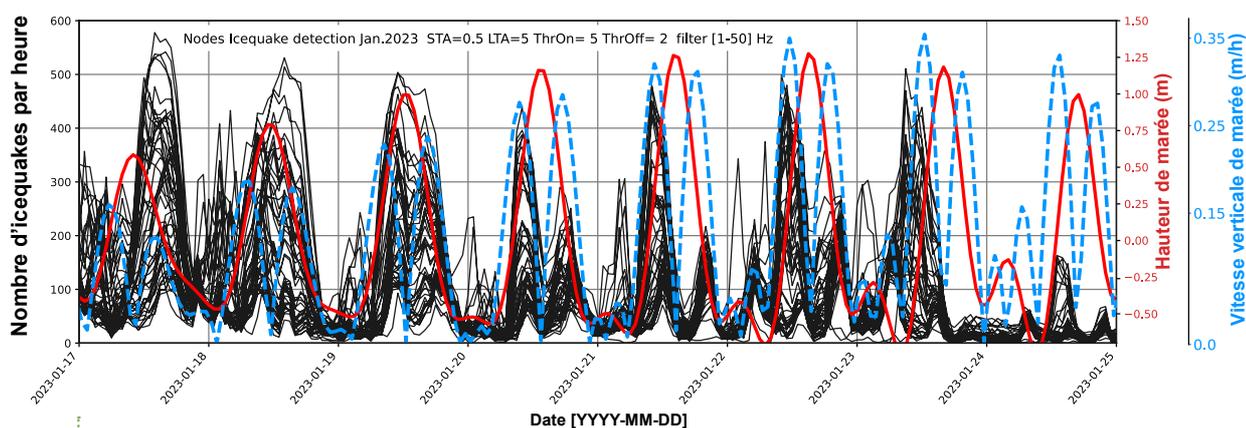
6. Barruol et al., 2013  
7. Le Bris et al., 2024a  
8. Pawlowicz et al., 2002

## Suivi de la sismicité par un réseau dense de nodes sismiques

Afin d'explorer à haute résolution la variabilité temporelle et spatiale de l'activité des tremblements de glace à la GZ du glacier de l'Astrolabe, nous avons utilisé les données acquises en janvier 2023 par le réseau de 50 nodes sismiques (Fig. 2). Les 50 séries temporelles d'icequakes détectés (en noir, Fig. 6), superposées à la hauteur de la surface de la mer mesurée au marégraphe installé à Dumont d'Urville (amplitude de la marée en rouge) et à la vitesse verticale dérivée de la marée (en bleu) mettent en évidence un contrôle des marées sur la sismicité : nous observons tout d'abord une quiescence sismique générale<sup>9</sup> à marée basse et une augmentation d'occurrence

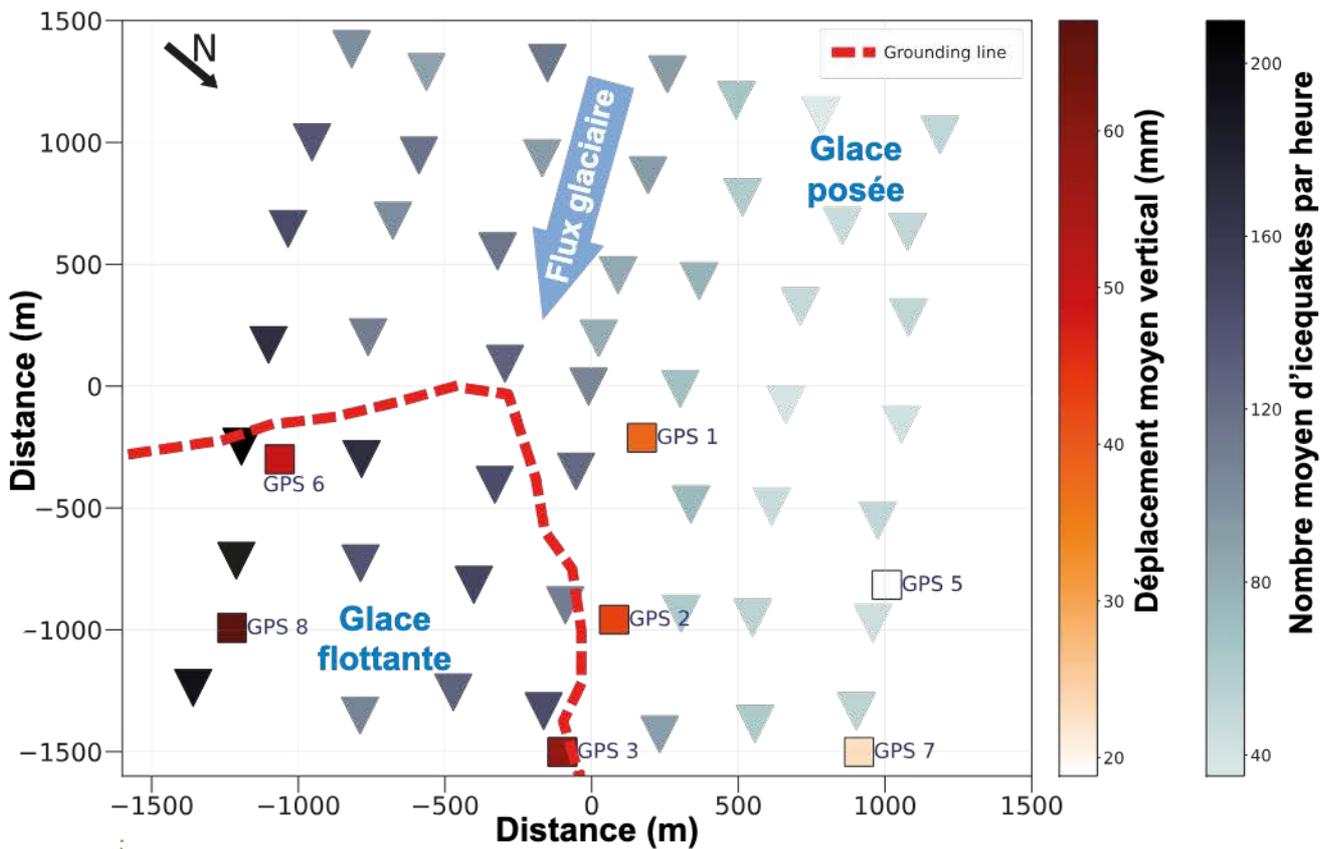
d'icequakes synchronisée avec les cycles de marées, avec des pics de sismicité bien corrélés aux pics de vitesse verticale des marées.

Nous observons également une large variation du nombre de détections selon les stations, variant de moins de 100 à plus de 400 événements par heure. Cette dispersion n'est pas aléatoire mais délimite bien spatialement la géométrie de la zone d'échouage : les régions de glace flottante présentent une activité sismique plus élevée que les zones où la glace est posée, situées dans les parties ouest et sud-ouest du réseau (Fig. 7).



**FIGURE 6**

- ~ Occurrences horaires des icequakes détectés à chacun des 50 nodes sismiques à la GZ du glacier de l'Astrolabe (courbes noires)
- ~ Hauteur de surface de l'océan mesurée au marégraphe Dumont d'Urville (courbe rouge)
- - - Vitesse verticale de marée sur la période du 17 au 25 janvier 2023 (courbe bleue pointillée)



**FIGURE 7**

- ▲ Nombre moyen d'icequakes par heure pour la période du 14 au 24 janvier 2023 à chaque node sismique sur le glacier de l'Astrolabe (triangles gris)
- Déplacements verticaux (carrés orangés, valeur moyenne en mm) mesurés par les stations GNSS
- - - Ligne d'échouage définie par les mesures GNSS

Ces détections sismiques permettent en outre de distinguer deux principaux types de tremblements de glace :

- Un premier groupe d'événements de faibles magnitudes, et de contenus fréquentiels élevés (20-50Hz) caractérisé par de fortes occurrences journalières (jusqu'à 5000 événements/jour à certaines stations). Ces événements présents sur l'ensemble du réseau sont détectés par un petit nombre de stations : 63 % des événements sont enregistrés par moins de 10 stations simultanément. Ils montrent une modulation claire avec la marée, avec des pics à mi-marée montante sur la langue flottante et à mi-marée descendante sur la zone (partiellement) posée en amont de la GZ.
- Un deuxième groupe est composé d'événements de plus fortes magnitudes et de plus larges contenus fréquentiels (1 - 50Hz) et caractérisé par des occurrences beaucoup plus faibles (de l'ordre de 200 événements par jour). Ils représentent un faible pourcentage d'événements (2 %) mais sont détectés simultanément par une grande partie du réseau (plus de 40 stations). Ils sont en grande partie localisés en dehors du réseau, à faible profondeur (<100m), en particulier dans les zones de cisaillement latérales qui accommodent le déplacement du glacier par rapport à la glace stable ou au substratum rocheux sous-jacent, environnant (étoiles jaunes Fig. 8).

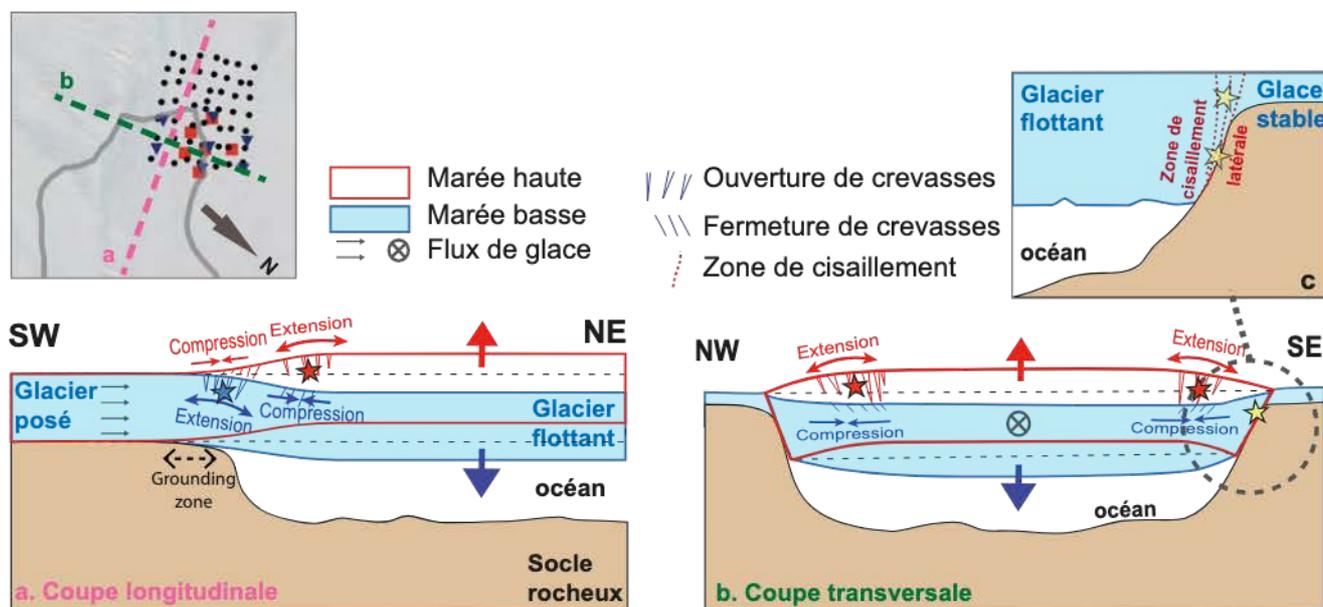
## Sismicité et géométries 3D du système glaciaire à la GZ

Nos observations, et en particulier la présence de deux pics distincts de sismicité lors des phases de marées montantes et descendantes peuvent être expliquées par la géométrie 3D du glacier contraint dans son fjord :

- A marée montante, le « gonflement » du glacier peut générer une extension en « mode I » (fracture

perpendiculaire à la direction principale d'extension) le long de sa GZ, échantillonnée dans notre cas par la partie ouest de notre réseau de nodes (*étoiles rouges Fig. 8*).

- A marée descendante, la flexure du glacier induit de l'extension en surface et une ouverture de crevasses au-dessus de la GZ (*étoiles bleues Fig. 8*).



**FIGURE 8**

Schéma illustrant l'origine possible des icequakes à la GZ du glacier de l'Astrolabe, le long de sections longitudinales (a) et transverses (b et c), liée à la fracturation fragile du glacier en réponse à la variation verticale de la marée.

La haute résolution fournie par les nodes sismiques permet d'analyser la distribution spatiale et temporelle de la sismicité au cours de la journée. Nos observations révèlent pour la première fois une migration quotidienne de la sismicité associée aux marées, vers l'amont à marée montante (*Fig. 9*) et vers l'aval à marée descendante<sup>10</sup>.

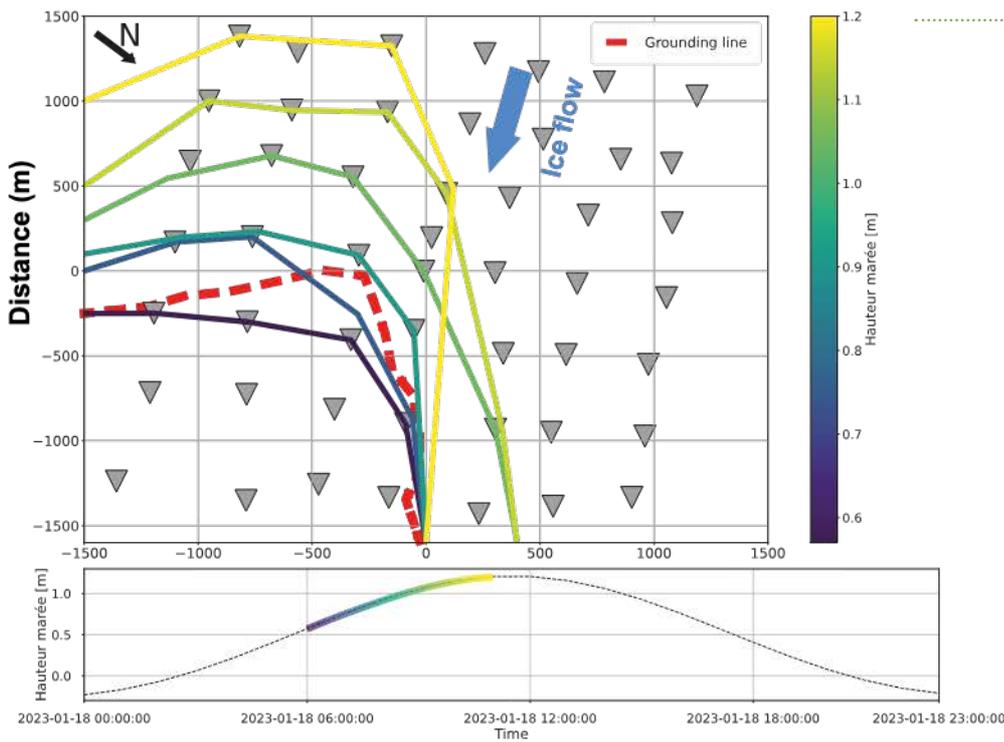
Cette « respiration tidale » du glacier et ces mouvements quotidiens de la GZ induits par l'intrusion de l'océan sous la partie posée du glacier avait été proposée à partir d'intégrations satellitaires pluri-annuelles<sup>11</sup> à quotidiennes<sup>12</sup> mais n'avait jamais été détectée en continu par une mesure géophysique in situ.

10. Le Bris *et al.*, 2024b

11. Freer *et al.*, 2023

12. Rignot *et al.*, 2024

13. Le Meur *et al.*, 2014



**FIGURE 9**

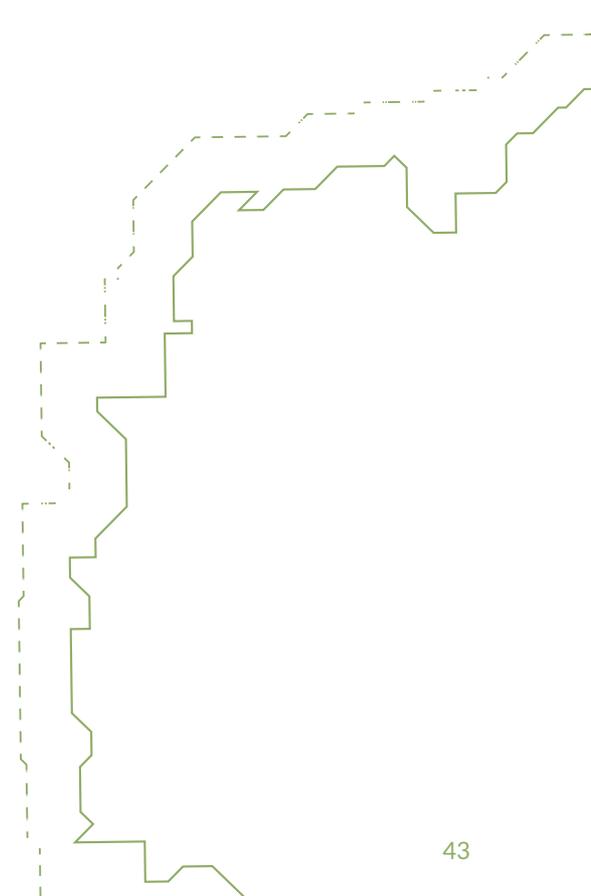
Exemple de migration diurne de la sismicité à la GZ du glacier de l'Astrolabe le 18 Jan. 2023, détectée par le réseau de nodes sismiques<sup>10</sup>. Chaque ligne représente la limite de la sismicité (seuil de 200 événements/hr), la couleur indiquant la hauteur de la marée et l'heure de la journée (diagramme du bas). La ligne rouge pointillée indique la ligne d'échouage déduite par les mesures GNSS<sup>13</sup>.

## Conclusion

En déployant des capteurs sismiques sur des périodes de quelques semaines à plusieurs années sur et autour d'un glacier côtier de l'Antarctique de l'Est, nous quantifions l'activité cryosismique continue à sa zone d'échouage où la glace continentale entre en contact avec l'océan.

Notre expérience montre qu'un réseau bien distribué sur et autour du glacier avec une densité de stations suffisante permet de capturer avec précision les divers signaux générés par l'activité du glacier répondant aux sollicitations de son glissement et des marées océaniques.

Le déploiement d'un réseau dense de nodes sismiques sur la zone d'échouage est particulièrement adapté pour préciser sa géométrie et sa variabilité dans le temps et dans l'espace et nous permet de visualiser pour la première fois la migration quotidienne de la GZ générée par la flexure du glacier induite par la marée et l'intrusion de l'océan sous le glacier, ouvrant de nouvelles perspectives pour étudier la dynamique des glaciers côtiers.



## DONNÉES

L'ensemble des données sismiques du projet SEIS-ADELICE sont disponibles auprès du centre d'archivage de données sismologiques EPOS-France sous le nom de code réseau FDSN ZR :

<https://doi.org/10.15778/RESIF.ZR2020>

Les données de la station sismologique DRV du réseau Geoscope sont disponibles via les web services de l'IPGP :

<https://doi.org/10.18715/GEOSCOPE.G>

ou bien via le centre d'archivage de données sismologiques EPOS-France sous le code réseau FDSN G :

<https://seismology.resif.fr/networks/#/G>

Les données du marégraphe installé et maintenu à la station Dumont d'Urville par le programme NIVMER/ ROSAME sont disponibles à :

<https://doi.org/10.17183/REFMAR#108>

## RÉFÉRENCES

Barruol, G., Cordier, E., Bascou, J., Fontaine, F. R., Legrésy, B., & Lescarmontier, L. (2013)

Tide-induced microseismicity in the Mertz glacier grounding area, East Antarctica.

*Geophysical Research Letters*, 40(20), 5412–5416.

<https://doi.org/10.1002/2013GL057814>

Beaman, R. J., O'Brien, P. E., Post, A. L., & Santis, L. D. (2011)

A new high-resolution bathymetry model for the Terre Adélie and George V continental margin, East Antarctica.

*Antarctic Science*, 23(1), 95–103.

<https://doi.org/10.1017/S095410201000074X>

Freer, B. I. D., Marsh, O. J., Hogg, A. E., Fricker, H. A., & Padman, L. (2023)

Modes of Antarctic tidal grounding line migration revealed by Ice, Cloud, and land Elevation Satellite-2 (ICESat-2) laser altimetry.

*The Cryosphere*, 17(9), 4079–4101.

<https://doi.org/10.5194/tc-17-4079-2023>

Le Bris, T., Barruol, G., Gimbert, F., Le Meur, E., Zigone, D., Togaibekov, A. and Lombardi, D. (2024a)

Spatial and Temporal Variability in Tide-induced Icequake Activity at the Astrolabe Glacier, East Antarctica. *J. Geophys. Res.*

Under reviews, doi:

<https://doi.org/10.22541/essoar.173324864.46462523/v1>

Le Bris, T., Barruol, G., Gimbert, F., Le Meur, E., Zigone, D., Togaibekov, A. and Lombardi, D. (2024b)

Grounding zone dynamics and migration: Insights from seismic monitoring of the Astrolabe glacier, Terre Adélie, Abstract C43H-05, presented at AGU24, Washington, D.C., USA, 9-13 Dec. 2024.

Le Meur, E., Sacchetti, M., Garambois, S., Berthier, E., Drouet, A. S., Durand, G., et al. (2014)

Two independent methods for mapping the grounding line of an outlet glacier – an example from the Astrolabe Glacier, Terre Adélie, Antarctica.

*The Cryosphere*, 8(4), 1331–1346.

<https://doi.org/10.5194/tc-8-1331-2014>

Pawlowicz, R., Beardsley, B. and Lentz, S. (2002)

Classical tidal harmonic analysis including error estimates in MATLAB using T-TIDE.

*Comput. Geosci.*, 28(8): 929–937

[https://doi.org/10.1016/S0098-3004\(02\)00013-4](https://doi.org/10.1016/S0098-3004(02)00013-4)

Provost, F., Zigone, D., Le Meur, E., Malet, J.-P., & Hibert, C. (2024) *Surface dynamics and history of the calving cycle of Astrolabe Glacier (Adélie Coast, Antarctica) derived from satellite imagery.*

*The Cryosphere*, 18(7), 3067–3079.

<https://doi.org/10.5194/tc-18-3067-2024>

Podolskiy, E. A., & Walter, F. (2016)

*Cryoseismology. Reviews of Geophysics*, 54(4), 708–758.

<https://doi.org/10.1002/2016RG000526>

Rignot, Eric. (2023)

*Observations of grounding zones are the missing key to understand ice melt in Antarctica.*

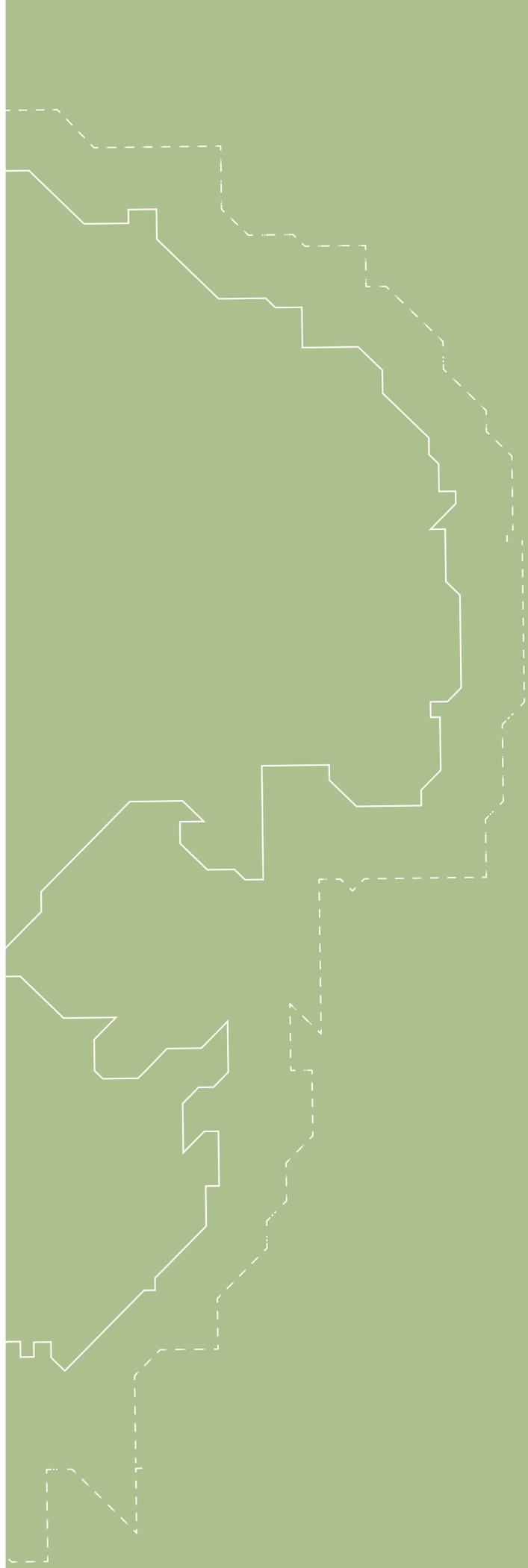
*Nature Climate Change*, 13(10), 1010–1013.

<https://doi.org/10.1038/s41558-023-01819-w>

Rignot, Eric, Ciraci, E., Scheuchl, B., Tolpekin, V., Wollersheim, M., & Dow, C. (2024)

*Widespread seawater intrusions beneath the grounded ice of Thwaites Glacier, West Antarctica.* *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 121(22), e2404766121.

<https://doi.org/10.1073/pnas.2404766121>



# La logistique sur le terrain polaire

.....





## LA LOGISTIQUE MARITIME

### Rotations

La banquise s'est complètement disloquée début août 2023 pour se reformer les semaines suivantes et a bloqué L'Astrolabe à 31 km de Dumont d'Urville imposant un déchargement de R0 exclusivement en hélicoptères. Suite à quelques tempêtes, une houle conséquente et beaucoup de ramming de L'Astrolabe, le navire a fini par se positionner à 13km au nord de Dumont d'Urville pour les deux derniers jours de R0. Après cinq convois de déchargement sur la banquise, 80 heures d'hélicoptère (+200 slings), la rotation R0 a été entièrement déchargée à l'exception des 260 m3 de carburant Diesel Special Antarctic Blend (SAB).

La banquise s'est disloquée rapidement les jours suivant R0, permettant ainsi un déchargement à quai pour toutes les rotations suivantes.



© GREGORY TRAN

### Assistance

Dans le cadre de la collaboration et de l'échange de services avec le partenaire australien, L'Astrolabe est passé par l'île de Macquarie pendant la rotation R1 dans le sens Hobart-Dumont d'Urville pour déposer 7 expéditionnaires sur le trajet Hobart-Ile Macquarie et récupérer 6 expéditionnaires à l'île Macquarie à destination de Hobart, via Dumont d'Urville.

Le Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) a sollicité le soutien de l'Institut polaire durant la campagne d'été 2023-2024 :

- > **27/09/2023** - Récupération d'une balise BGC Argo Float à proximité de l'île de Macquarie lors du transit programmé pour l'AAD sur R1. Finalement, le CSIRO a réussi à récupérer cette balise avec le RV Investigator le 17 octobre 2023.
- > **16/01/2024** - Assistance du navire RV Investigator, bloqué dans une polynie aux alentours du glacier Mertz. L'Astrolabe avait quitté Dumont d'Urville depuis environ une douzaine d'heures au moment de la communication, en direction du Nord. L'Astrolabe s'est donc détourné de sa route pour porter assistance.

Déchargement de L'Astrolabe sur la banquise à R0

## LES VOLS

Le vol d'ouverture Airbus A319 (charter de l'AAD) était planifié pour le 28 octobre 2023 mais a finalement eu lieu le 6 novembre 2023 en raison de plusieurs imprévus :

- > Aléas techniques sur le Basler italien GSU qui a eu un déploiement retardé vers l'Antarctique depuis le Canada. Cela a décalé le déploiement des italiens sur la station Mario Zucchelli (MZS) pour préparer la piste sur la banquise ;
- > Les italiens ont été transférés sur MZS et la piste sur la banquise pour les C130 et A319 a pu être opérationnelle début novembre 2023 ;
- > Un planning de vol prioritaire sur l'A319 de Skytraders/AAD, en direction de la base australienne Casey ;
- > La mauvaise météo qui a reporté le vol au départ de Hobart jusqu'au 06 novembre 2023.

Le premier vol Basler vers Dumont d'Urville et Robert Guillard a eu lieu le 7 novembre 2023 mais a été contraint de faire demi-tour à mi-chemin. Une nouvelle tentative réussie le 8 novembre a marqué le début de la campagne d'été à Dumont d'Urville et Robert Guillard, soit avec 10 jours de retard sur le calendrier prévisionnel.

Le second vol pour Dumont d'Urville n'a pu se faire que le 18 novembre 2023 et 13 passagers ont été contraint de patienter à la station Mario Zucchelli pendant 12 jours.

Le premier vol Basler vers Concordia a eu lieu le 9 novembre, accusant 9 jours de retard sur le calendrier prévisionnel. Sur la saison 2023-2024, 37 vols Basler (GSU/ JKB) sont passés par Concordia.

En raison de travaux de maintenance de la piste de Rothera (station du British Antarctic Survey), une démobilisation anticipée du Basler GSU a été nécessaire entraînant une fin des activités aériennes au 31 janvier 2024, marquant ainsi le début d'hivernage à Concordia.

Les retards accumulés sur le début de saison ont engendré des retards sur tous les vols suivants qui n'ont pu être résorbés qu'au début du mois de décembre 2023.

## LES FAITS MARQUANTS DE LA SAISON 2023-2024

### Visites

M. Olivier Poivre d'Arvor, Ambassadeur des pôles et des enjeux maritimes et M. Thomas Pesquet, Astronaute (European Space Agency) se sont rendu à Concordia et à Dumont d'Urville, tandis que Mme la Préfète des Terres australes et antarctiques françaises, Florence Jeanblanc-Risler, et les députés Jimmy Pahun et Clémence Guetté, co-président du groupe travaillant sur la loi Programmation polaire, se sont rendus à Dumont d'Urville.

La station côtière a aussi reçu l'inspection croisée France / Australie dans le cadre dans le cadre du Traité sur l'Antarctique.

Ces visites ont permis de présenter le quotidien des activités des équipes de l'Institut polaire à Concordia et/ou Dumont d'Urville ainsi que de disposer de moments d'échanges entre ces personnalités et le reste de la station pour les éclairer pleinement sur leurs sujets de travail. Suite à l'inspection australienne à Dumont d'Urville, il est à noter qu'une inspection a eu lieu sur les mêmes sujets sur la station australienne de Casey en février 2024.

### Sécurité

Des exercices de sécurité « SAREX multi victimes » ont été organisés à Dumont d'Urville, Robert Guillard et Concordia pour tester les réponses en cas d'incident grave de crash d'avion afin d'adapter les protocoles, la préparation des personnels et également le matériel à disposition.

### Test Airdrop

Une première opération Test Airdrop a également été mise en œuvre en partenariat avec l'AAD par l'Australian Maritime Safety Authority dans le cadre de futures opérations de Search & Rescue. Cette opération a consisté dans un largage fin janvier 2024 à proximité immédiate de la piste de D10, proche de la station Robert Guillard, depuis un avion arrivant directement d'Australie.

Vol Airdrop en partenariat avec AAD / Maritime Safety Authority



© GREGORY TRAN



© GREGORY TRAN

Thomas Pesquet, Nathalie Metzler et Olivier Poivre d'Arvor devant la station Concordia

L'équipe du raid 2, les députés, la Préfète des TAAF et Nathalie Metzler



© INSTITUT POLAIRE FRANÇAIS

# Travaux

## À CONCORDIA

La campagne d'été 2023/2024 à Concordia est principalement marquée par une diminution importante du temps de travail effectif : 450 Jours. Homme de moins par rapport à la saison précédente. Cette diminution est due à la réduction du temps de présence sur site, liée au démarrage retardé de la saison et à une fin avancée de la campagne et au rapatriement anticipé de deux campagnards d'été. Les chantiers prioritaires ont tout de même pu être menés à leur terme.

### Travaux d'ampleur de la saison 2023/2024

- > Remplacement des caissons isolés d'adduction d'eau douce
- > Enfouissement de lignes électriques, entre « Spoutnik » et « Astronomy »
- > Assemblage et pose du Shelter HF
- > Assemblage du traineau « module eau »
- > Modification du système d'humidification de la station
- > Montage du shelter bois « Simonin »
- > Mise en place d'une ligne électrique 5G16 en prévision de la mise en place du programme LEGACI en pour la campagne d'été 2024/2025
- > Poursuite du travail d'étude pour la refonte des systèmes de sécurité incendie (SSI) et de gestion technique du bâtiment (GTB).

### Principaux supports technique à la science

- > L'assistance au projet Beyond EPICA via l'ouverture et la fermeture du camp Little Dome C et la préparation du module sanitaire ;
- > Le démantèlement du projet SUBGLACIOR ;
- > Le remplacement de l'ancien pilier du télescope dans le cadre du projet ASTEP ;
- > Le ravitaillement en carburant d'un avion du 17 au 23 janvier pour le projet BIOMASS (prises de vue radar).



Installation du shelter HF



Enfouissement des lignes électriques

© KILIAN POUPON

## LES RAIDS

**Deux convois logistiques ont été organisés pour ravitailler Concordia et acheminer l'équipement et les consommables de la station, dont 277 m<sup>3</sup> de carburant Diesel SAB et 26 conteneurs EVP (« Equivalent 20 Pieds »).**

La saison de raid a été condensée dans le temps, et intense car l'équipe Raid est arrivée à Cap Prud'homme avec 10 jours de retard sur le planning prévisionnel et la fermeture précoce de Concordia a induit un retour à la côte plus tôt soit 10 jours de moins par rapport à l'année précédente. De plus, comparée à la saison précédente, la campagne d'été de raid a été réduite de 18 jours, rendant de ce fait un scénario à 3 raids irréalisable et enfin l'équipe Raid / Cap Prud'homme a été eu deux personnels en moins par rapport aux prévisions initiales.



© GREGORY TRAN

Logistiquement, l'accent a été mis sur la livraison des nombreux conteneurs acheminés de la piste du Lion vers le site de Cap Prud'homme durant l'hivernage de la TA73.

Malgré une escale raccourcie entre les 2 raids, la mise en service de la caravane « fourgon » de 50 pieds a pu être réalisée. Ainsi toutes les pièces détachées, l'intendance et le matériel médical ont trouvé place dans la nouvelle caravane.

Les travaux sur les tracteurs et la caravane du raid scientifique ont pu être réalisés. Le matériel qui devrait servir au raid AWACA, dont le premier déploiement est prévu la saison prochaine, a ainsi été préparé.

Le raid SAMBA, dédié au déploiement du projet scientifique éponyme et réalisé tous les ans a mobilisé deux machines et un technicien, en plus des 2 scientifiques durant une dizaine de jours au total dont 6,5 jours de raid effectif.

**Malgré cette saison tronquée, les objectifs de préparation du raid science et de livraison du raid logistique ont été atteints.**

Vue aérienne du raid n°78 au départ de la côte de Terre Adélie

.....  
Station Dumon d'Urville vue du ciel



## LES TRAVAUX À ROBERT GUILLARD

**L'impact d'une campagne plus courte se sera fait davantage sentir sur le programme des travaux de la station Robert Guillard, et notamment sur les travaux d'aménagement du magasin général.**

Les renforts de structure du magasin ont pu être réalisés, afin de permettre la découpe des cloisons intérieures au rez-de-chaussée. La peinture du RDC est également faite et les travaux électriques ont débuté. L'aménagement du 1er étage est achevé et les stocks de pièces y ont été partiellement déménagés. L'objectif de la saison prochaine

sera d'achever les travaux de reprise du sol et de l'électricité au RDC, puis de réintégrer l'ensemble du stock de pièces détachées dans les nouveaux rayonnages.

Dans le bâtiment principal qui constitue la station de Robert Guillard, aucun travail d'ampleur n'a pu être réalisé. La station a une nouvelle fois connu un très fort taux d'occupation durant la saison, hébergeant notamment des équipes scientifiques dès que les convois de raids quittaient la côte.

## LES TRAVAUX À DUMONT D'URVILLE

**Comme sur les autres sites, la saison technique a été bouleversée par son démarrage tardif. Dans les deux semaines qui ont suivi l'arrivée du premier vol, les efforts se sont concentrés sur la préparation du déchargement de L'Astrolabe, et notamment l'organisation des convois sur la banquise.**

L'équipe technique de campagne d'été 2023/2024, majoritairement présente entre R0 et R3, a vu une grande partie de personnels nouveaux faire leurs premiers pas en Antarctique : 62% de l'équipe de contractuels logistiques et techniques de campagne d'été à Dumont d'Urville étaient novices.

En plus des opérations de maintenance et de conduite de la station, l'hivernage 2023 a été l'occasion pour l'équipe de réaliser les principaux travaux suivants :

- > Le remplacement de la sous-station de chauffage du bâtiment B074 Magasin vivres et groupe électrogène de secours.
- > La finalisation du démontage de l'ancienne installation de sécurité incendie de la station, suite à la mise en service du nouveau système lors de la campagne 2022/2023.
- > La modification de l'aménagement du bar au séjour.

Parmi les travaux de maintenance d'ampleur, prévus ou imprévus, de la saison estivale 2023/2024, il est à mentionner :

- > Le remplacement de la conduite d'amenée d'eau du laboratoire Biomar.
- > La réfection complète de la toiture de l'abri de lâcher de ballons Météo.
- > Le remplacement de câbles défectueux des réseaux d'alarme technique de la station.
- > La modification de l'installation électrique de la station de pompage eau de mer.
- > La condamnation et la préparation à l'évacuation des anciennes cuves simple peau encore présentes sur l'île des Pétrels et au Lion.

Les principaux chantiers de développement réalisés sur la période ont concerné :

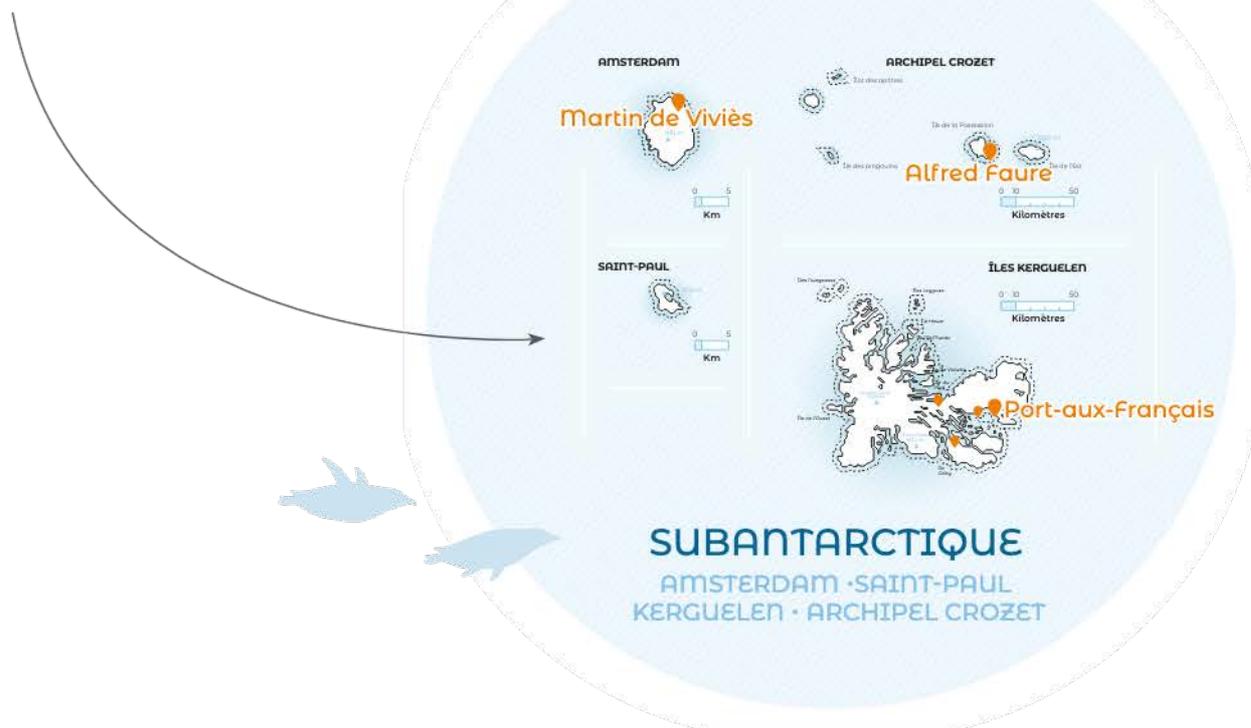
- > La réalisation de l'enveloppe d'un nouveau bâtiment d'environ 20 m<sup>2</sup>, à proximité du séjour, pour y accueillir la chaudière du séjour et le local de stockage des déchets organiques, jusqu'alors stockés dans un conteneur.
- > La poursuite des travaux de tuyauterie pour la mise en service complète du dépôt de carburant du Lion.
- > L'installation d'un système de refroidissement d'un groupe électrogène de la centrale.
- > La création de plateformes et supports pour l'installation future d'instruments du projet scientifique AWACA.



Plateforme équipée du profileur de vent du projet AWACA

© NICOLAS PERNIN

# SUBANTARCTIQUE



Cette année, la mise en œuvre des campagnes a été conditionnée par une diminution de l'équipe et des indisponibilités des moyens nautiques mis à disposition par les Terres australes et antarctiques françaises.

L'implication plus forte des équipes des opérations scientifiques de l'Institut a permis de compenser ces contraintes afin que les chantiers sur les infrastructures et l'appui aux campagnes scientifiques soient assurés.

## Ravitaillement des refuges

**L'Institut polaire assure en particulier le ravitaillement et l'entretien des refuges (50 sites potentiels) dans lesquelles séjournent les scientifiques et les volontaires de service civique tout au long de l'année. La dépose de matériels scientifiques, de nourritures et d'équipements est réalisée exclusivement par hélicoptère.**

En 2023, les approvisionnements héliportés ont été réalisés pendant les 4 rotations annuelles du Marion Dufresne. Ce sont lors des rotations des mois de novembre et décembre que la majorité des refuges, nécessaires aux missions scientifiques, ont été ravitaillés.

L'équipe a effectué des ravitaillements en vivres, en énergie et matériels scientifiques sur les refuges et sites isolés :

### CROZET

La Pérouse, Baie américaine, Pointe basse

### KERGUELEN

Pointe Suzanne Haut, Pointe Suzanne Bas, Estacade, Guetteur, Manchot, Pointe Morne, Baie Charrier, Cap Noir, Cap Cotter, Campbell (nouveau refuge), Val Travers, Cataractes, Sourcils noirs, Phonolite, Port Elisabeth, Studer, Bossière, Mortadelle, Deux-Frères, Molloy, Rivière du Nord et tous les sites d'étude situés dans le Golfe du Morbihan et accessibles par Chaland ainsi que tous les sites accessibles directement via La Curieuse

### AMSTERDAM

Entrecasteaux, Del Cano

## Chantiers sur les sites isolés

### KERGUELEN – DEUX-FRÈRES

De nouveaux modules complémentaires ont été installés sur les sites de Deux-Frères et de Baie Charrier, pour améliorer les conditions de vie et de travail sur ces sites isolés. Ces besoins sont également liés à une augmentation de la fréquentation lors de la campagne d'été 2023-2024.

Site des 2 frères avec le module rajouté au premier plan



### KERGUELEN – BAIE DE LA MOUCHE

Le refuge historique de Baie de la Mouche a été dépoluï lors du passage des agents arrivés à bord du navire La Curieuse puis par hélicoptage. Ce refuge, qui datait des années 90, a été détruit par une forte tempête entre 2020 et 2023.

AVANT



APRÈS



### KERGUELEN – STUDER

Les nécessaires entretien, maintenance et réorganisation logistique du refuge du Val Studer ont permis à l'équipe logistique de l'Institut d'améliorer le système d'émission radio, permettant ainsi de communiquer en toute sécurité avec la base sur le relais 27.

Tri des vivres pour inventaire



### KERGUELEN – MAYES

Ce site a nécessité le réagencement de l'atelier de manipulation des oiseaux suite à une demande des ornithologues (programme 109) et l'adaptation de la cuve à récupération d'eau de pluie.

### KERGUELEN - ILE GUILLOU

Adaptation de la cuve à récupération d'eau de pluie et amélioration du confort de vie intérieur.

Cuve de récupération eau de pluie

1. Rennes emmêlé dans l'haubanage du refuge
2. Exclos protégeant les Rennes et le module



## AMSTERDAM – ENTRECASTEAUX

Le refuge « Des becs jaunes » à proximité des colonies suivies par les projets soutenus par l'Institut est situé sur une zone d'érosion côtière active. Un suivi constant est réalisé depuis 20 ans qui a conduit à un démantèlement du refuge actuel et de la construction d'un nouveau refuge sur une zone plus pérenne.

En 2022, une étude a été menée pour analyser le besoin et le nouveau site de construction. Cette analyse a été réalisée en concertation avec les Terres australes et antarctiques françaises afin de répondre aux contraintes d'impacts dans cette réserve naturelle sur ce site particulièrement protégé.

Le chantier de construction du nouveau refuge d'Entrecasteaux a été réalisé sur cette campagne. Cette construction a impliqué 3 agents sur une période de 8 semaines (morcelée en 3 sessions).

Dans ce même temps, l'ancien refuge a pu être démantelé et regroupé en fardeau pour une évacuation par hélicoptère.

Cependant, cette année, les conditions météorologiques n'ont pas permis d'évacuer totalement les restes de l'ancien refuge. Cette action sera complétée et finalisée lors de la prochaine campagne d'été.

Refuge de principe  
Maison Ossature  
Bois



Capacité  
d'Entrecasteaux  
de 6 personnes  
avec énergie  
photovoltaïque et  
récupération d'eau  
de pluie



## Chantiers sur les bases

### BASE MARTIN DE VIVIÈS AMSTERDAM – POINTE BÉNÉDICTE

**Lors de cette campagne d'été, une équipe de 2 puis 3 personnes a été déployée sur le district d'Amsterdam. En plus de réaliser la construction du nouveau refuge d'Entrecasteaux et d'assurer un soutien global aux missions scientifiques, cette équipe a également pu mettre en œuvre des actions sur base.**

Quelques chantiers réalisés sur base :

- Raccordement et connexion Ethernet dans les manivelles pour la mise en place d'un capteur M27 autonome pour le compte du programme 416 RAMCES
- Installation, aménagement et raccordement d'un nouveau module technique à Pointe Bénédicte sur la dalle Cougnaud afin de permettre le déploiement de 4 nouveaux instruments de mesures, pour la mise en œuvre du système d'observation intégré de l'atmosphère, porté par le programme 1274 Obs4Clim (notamment soutenu par les programmes 1028 GMOStral et 1165 AERONET). Ce module accueille notamment des conduites de prélèvements positionnées au-dessus de la toiture et couplées à des appareils de mesures positionnés à l'intérieur du module.

Pointe Bénédicte avec le  
nouveau module CGT



## BASE ALFRED FAURE À CROZET

Sur cette campagne, aucun chantier n'a été entrepris car aucune équipe de l'Institut n'a été mise en place pour la gestion des activités sur le district de Crozet.

## BASE PORT AUX FRANÇAIS KERGUELEN

**Station principale des îles australes, les équipes des opérations scientifiques de l'Institut polaire français coordonnent la mise en œuvre des projets scientifique quotidiennement et travaillent également sur la coordination logistique des sites isolés.**

Quelques chantiers réalisés sur base :

- Accompagnement et maîtrise d'œuvre du jardin commun financé par le programme PlantADAPT 1116 et réalisé par le service technique des Terres australes et antarctiques françaises
- Remise à niveau des chemins de câble et dépollution pour la pose d'une nouvelle fibre optique reliant les bâtiments de « géophy » et de SUPERDARN
- En soutien au service T2i :
  - Pose de fibre optique entre Biomar et B17 (local technique et logistique de l'Institut sur Kerguelen) puis entre B17 et le P100
  - Identification des fibres IPEV existante et en cours d'utilisation, en prévision du démantèlement de la station 2 GHz du CNES
- Démantèlement et réfection du plancher de la cave Nivmer
- Remise à niveau électrique de la cave sismo
- Tri, réorganisation et dépollution du local B17, dédié aux matériels relatifs à l'entretien et à l'équipement des refuges en site isolé
- Soutien technique et logistique à tous les programmes présents sur Kerguelen :
  - Passage de câble d'acquisition pour le programme Nivmer
  - Installation des stations sismiques pour le programme Lisisker (suite à l'annulation de la mission du personnel de laboratoire durant toute la campagne d'été)
  - Participation et installation des équipements scientifiques sur La Curieuse pour la campagne d'océanographie côtière en Baie Irlandaise pour le programme BINGO 1184
  - Création de support de stockage des plantes extérieures pour le programmes PlantADPAT 1116

- Pilotage des activités de La Curieuse lors de ses 80 jours de présence sur Kerguelen
  - Organisation du programme des activités de La Curieuse en concertation avec les équipes scientifiques des programmes de l'Institut, des thématiques de la Direction de l'Environnement des Terres australes et antarctiques françaises et de l'équipage de La Curieuse
  - Avant chaque mission, animation des réunions avec le commandant, les responsables scientifiques, le chef de district, les médecins et responsables communication de la base
  - Soutien lors des embarquements et débarquements des missions
  - Suivi quotidien des missions avec le commandant via échange mail et téléphone Iridium permettant d'adapter les missions en fonction des aléas terrain rencontrés



La Curieuse

© PIERRE PARENTHOÏNE



# ARCTIQUE

## Station AWIPEV Ny-Ålesund



## Soutien aux projets scientifiques

**En 2023, 9 projets scientifiques français ont été mis en œuvre à la station de recherche AWIPEV pour un total de 45 projets français et allemands.**

Le soutien des trois hivernants de la station AWIPEV aux projets scientifiques a encore été très important (accueil, consignes de sécurité, distribution des vêtements polaires, mises à disposition des moyens nécessaires tels que les laboratoires, logements et véhicules, gestion du transport du matériel scientifique...).

Ils se sont également impliqués de manière importante dans la collecte d'échantillons scientifiques (neige, eau de mer...) ainsi que pour effectuer les lâchers de ballon sonde.

L'équipe AWIPEV a également accompagné de nombreux projets dans le Fjord en pilotant les embarcations pour les projets de biologie marine, d'ornithologie, etc.

## Missions du personnel de l'Institut polaire français

**En avril, nous avons dû faire face à un problème majeur : le bâtiment Laboratoire/Atelier de la station Corbel a brûlé.**

Le personnel logistique de l'Institut a effectué une mission au mois de juin pour sécuriser le site de l'incendie et conditionner tous les déchets dans des contenants étanches afin de limiter la pollution du site avant leur évacuation.

Une deuxième campagne a été effectuée en octobre afin d'installer un système permettant d'économiser au maximum l'énergie pendant l'hiver. En effet, le bâtiment, sinistré par les flammes, était le support de 4KW de panneaux solaires et contenait l'électronique de régulation de la deuxième éolienne.

## CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS DE L'INCENDIE

Le bâtiment Laboratoire/Énergie ayant complètement brûlé, il a été nécessaire de dégager tous les restes et cendres de l'incendie.

Les déchets ont été conditionnés en big-bag suivant leur nature afin d'être traités par la KingsBay après leur rapatriement au village de Ny-Ålesund prévu en début d'année prochaine lorsque la neige sera de retour. Des échantillons de cendre et de sol ont été prélevés pour les analyser et détecter une éventuelle pollution. Ces mesures ont été demandées par le département environnement du gouverneur du Svalbard.

Après le nettoyage du site



Conditionnement des déchets en bigbag



AVANT



APRÈS

Le bâtiment D de Corbel avant et après l'incendie



© SERGE DRAPPEAU

En avril, nous avons dû faire face à un problème majeur : le bâtiment Laboratoire/Atelier de la station Corbel a brûlé.

## RÉINSTALLATION D'UN GESTIONNAIRE D'ÉNERGIE À LA BASE CORBEL

Le bâtiment sinistré contenait également le système de régulation d'énergie d'une des deux éoliennes de la station. En hiver, seules ces éoliennes permettent de produire de l'énergie. L'équipe opérationnelle a donc installé un contrôleur d'énergie pour optimiser au mieux la consommation des équipements électriques. Il s'est avéré par la suite que l'électronique de la première éolienne n'a pas fonctionné pendant tout l'hiver. Les hivernants ont dû faire fonctionner le groupe électrogène régulièrement pour étaler la consommation d'énergie et préserver un état de charge minimum des batteries afin d'éviter leur destruction par le gel.

## POSE D'UNE FIBRE OPTIQUE POUR RÉTABLIR LE RÉSEAU INFORMATIQUE

Le réseau informatique de la base Corbel devait être rétabli car il permet de transférer les données scientifiques et de fournir aux équipes scientifiques un accès à internet durant leur séjour. La difficulté est que le réseau transitait auparavant par le bâtiment incendié. La pose d'une fibre optique et d'un câble énergie entre le pont laser et le bâtiment «énergie» a pu résoudre ce problème.



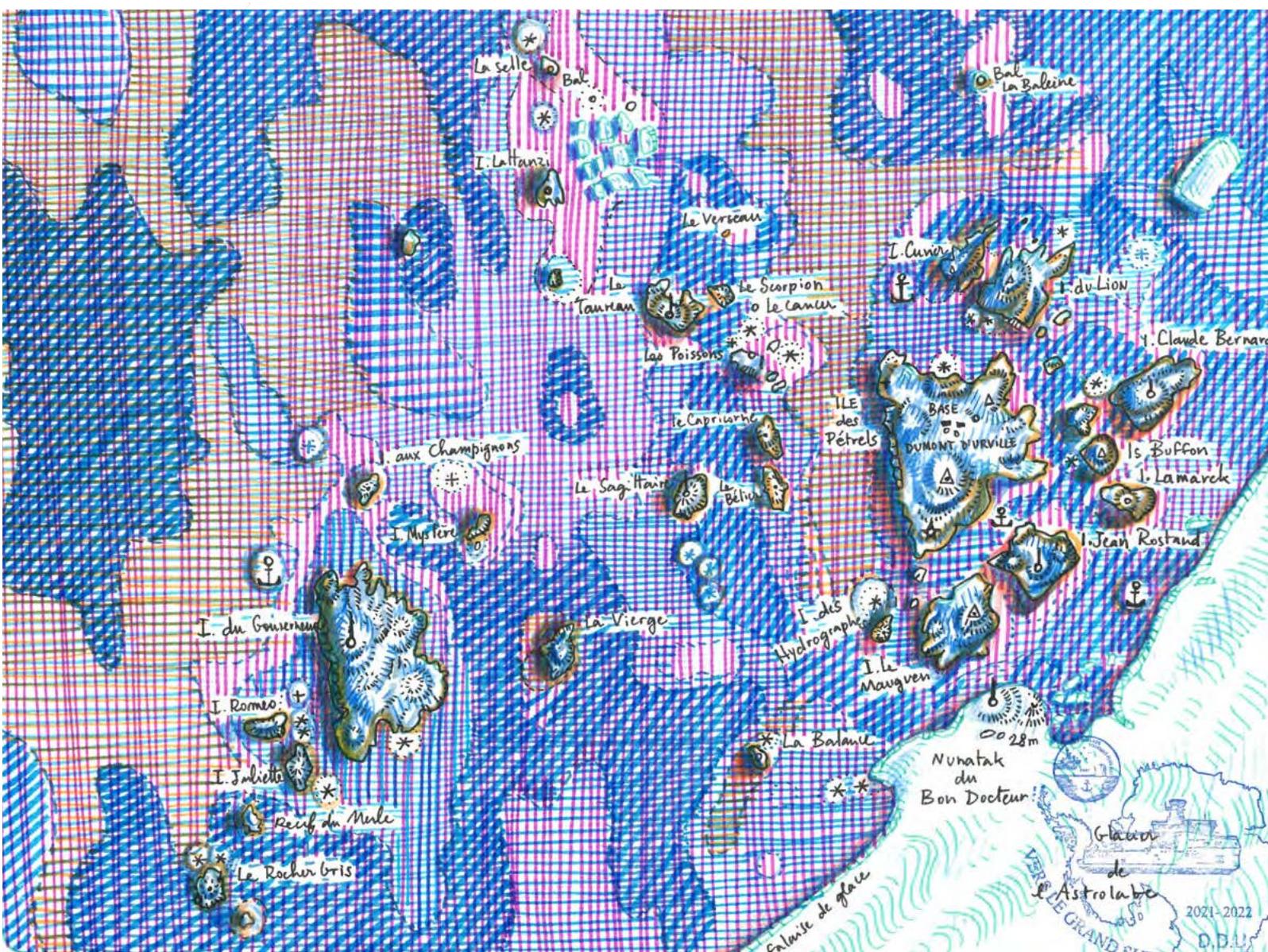
Pont Laser entre Corbel et Ny Alesund

## DIVERS TRAVAUX D'ENTRETIEN SUR LES BATEAUX, VÉHICULES ET OUTILLAGE

Comme chaque année, des opérations de maintenance et d'entretien doivent être effectuées sur les divers équipements mécaniques de la station. La porte latérale du timonier Jean Floch a été remise en place car elle avait été arrachée lors d'une tempête et des opérations de maintenance ont été effectuées sur le groupe hydraulique du bord et sur sa grue. Une maintenance a également été réalisée sur les véhicules électriques, les chariots de mise à l'eau des embarcations, la table de levage nécessaire à l'entretien des motoneiges et le parc des bicyclettes.

# Informations générales sur l'Institut polaire

.....



# MISSIONS

## de l'Institut polaire



### Mise en œuvre de projets scientifiques

L'Institut polaire français a pour vocation la mise en œuvre de projets scientifiques, dans des milieux dont les spécificités (climat, isolement etc.) rendant nécessaires des compétences et technologies adaptées.

#### SÉLECTIONNE

des projets scientifiques : les chercheurs sont invités à déposer des projets qui sont évalués sur des critères d'intérêt scientifique, de calendrier, de coûts par le CPST et de faisabilité par les équipes de l'Institut. Le conseil d'administration valide ensuite la liste des projets sélectionnées suivant les notes données par le CPST.

#### FINANCE

ces projets : une enveloppe est allouée aux porteurs de projets pour couvrir certains frais (achats d'instruments scientifiques etc...).

#### RECRUTE

du personnel pour renforcer l'équipe d'un projet durant tout ou une partie d'une campagne d'été et assurer le travail nécessaire au maintien d'expérimentations scientifiques durant l'hiver. Le personnel recruté peut être affecté à plusieurs projet soutenus.

#### ORGANISE LE TRANSPORT

des équipes de scientifiques depuis leur laboratoire de rattachement jusqu'au lieu de réalisation de leur projet et inversement, les habille, les loge, les nourrit.

#### ASSURE LE FRET

et parfois achète le matériel scientifique nécessaire à la conduite des projets sur le terrain.

#### ADAPTE

les instruments scientifiques aux conditions environnementales du terrain du projet et assure leur entretien.

#### PLANIFIE

les opérations scientifiques et les opérations de logistique scientifique (déplacement d'un instrument, déneigement d'un shelter...).

#### ORGANISE DES EXPÉDITIONS SCIENTIFIQUES

hors des stations > 25 km de Concordia > raids scientifiques > mission à Port-Martin et Commonwealth Bay ...

#### PARTICIPE

à rendre visible ces projets de recherche.

#### GÈRE

une infrastructure de recherche, la station Concordia.

### Concertation scientifique internationale

L'Institut participe à la représentation de la France dans la concertation internationale portant sur les milieux polaires et assure le rayonnement de la recherche polaire française.



#### COLLABORE

avec ses homologues étrangers

#### NOUE DES PARTENARIATS internationaux

#### PARTICIPE À DES RÉUNIONS INTERNATIONALES

de stratégie de la recherche polaire :  
International Arctic Science Committee  
Forum of Arctic Research Operators  
EU-Polarnet  
Ny-Ålesund Science Managers Committee  
Committee for Environmental Protection  
Council of Managers of National Antarctic Programs,  
Scientific Committee on Antarctic Research,  
European Polar Board

#### PARTICIPE AUX RÉUNIONS

du Traité sur l'Antarctique et de son comité pour la protection de l'Environnement (protocole de Madrid)

# Gestion des moyens logistiques nécessaires à la mise en œuvre des projets



Pour assurer la mise en œuvre de projets scientifiques, l'Institut s'appuie sur des moyens, infrastructures et ressources humaines :

## GÈRE SON BUDGET

et recherche des sources de financement.

## RECRUTE

du personnel pour assurer les fonctions de son siège, et celles de ses stations scientifiques.

## ASSURE LA SÉCURITÉ

de son personnel, au siège, comme sur le terrain, et celle des scientifiques en instaurant des règles et en organisation des formations.

## ASSURE LA PROTECTION

des lieux où il exerce ses activités en instaurant des règles.

## DÉVELOPPE

des outils logistiques et technologiques.

## GÈRE DES STATIONS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUES

il les construit, les entretient, assure l'achat et le transport du matériel, des vivres.

## CONSTITUE

des partenariats avec des acteurs des mondes industriels, scientifiques, technologiques et culturels, locaux, nationaux et internationaux.



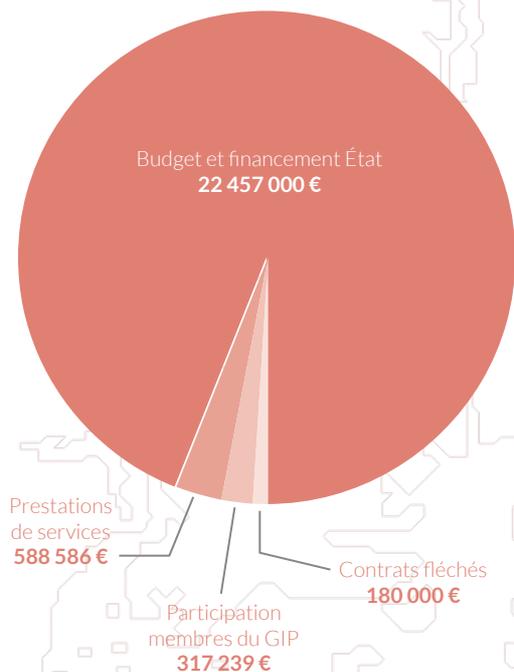
Arrivée du raid à Concordia : un moment attendu ! La mise en œuvre de raids logistiques permet aux scientifiques de mener des projets au cœur de l'Antarctique. Le convoi parcourt 1 100 km pour acheminer nourriture, fioul, matériel logistique et scientifique jusqu'à la station Concordia.



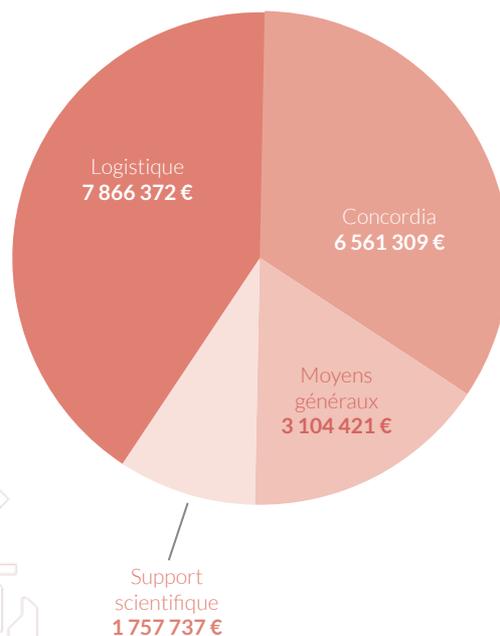
© ARMAND PATOIR

# BUDGET 2023

**Recettes**  
23 542 825 €



**Dépenses**  
19 288 840 €



# INSTANCES & REPRÉSENTATIONS

## Assemblées générales de l'Institut polaire

Ancien conseil d'administration

Le GIP IPEV a été renouvelé et sa convention constitutive modificative a été approuvée en date du 28 juin 2023. Dorénavant, les instances délibératives du GIP IPEV sont des Assemblées Générales.

### PRÉSIDENTE

**Catherine Ritz**

Directrice de Recherche à l'Institut des Géosciences de l'Environnement

### REPRÉSENTANTS DES ORGANISMES MEMBRES DE L'INSTITUT

**Ministère de l'Enseignement Supérieur,  
de la Recherche et de l'Innovation**

Wilfried Sanchez / Alain Lagrange

**Ministère de l'Europe et des Affaires Étrangères**

Mathieu Perrot / Leïla Chabane

**Centre national de la recherche scientifique**

Nicolas Arnaud / Jean-François Doussin

**Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer**

François Houllier / Olivier Lefort

**Centre national d'études spatiales**

Mioara Manda / Eric Fayolle

**Météo France**

Alain Soulan / Marc Pontaud

**Terres australes et antarctiques françaises**

Florence Jeanblanc-Risler / Gilbert Manciet

### PARTICIPANTS AVEC VOIX CONSULTATIVE

**Commissaire du Gouvernement**

Isabelle Delacroix

**Contrôle général économique et financier**

Olivier Caillou / Christophe Villegas

**Commissariat à l'énergie atomique et aux  
énergies alternatives**

Elsa Cortijo / Anne-Isabelle Etievre

**Ministère des outre-mer**

Elodie Sez nec / Pauline Koczorowski

**Ministère de la transition écologique et  
de la cohésion des territoires**

Maude Jolly

**Personnalité extérieure (CNRS - INSU)**

Marie-Noelle Houssais

Yan Ropert-Coudert  
lors du One Planet - Polar Summit,  
novembre 2023



**ASSEMBLÉE GÉNÉRALE  
D'INSTALLATION**  
18/10/2023

**ASSEMBLÉES GÉNÉRALES  
ORDINAIRES**  
12/12/2023  
11/03/2024



# Conseil des programmes scientifiques et technologiques

Mandat 2023-2027

## PRÉSIDENTE

**Adelina Geyr Traver**

Géophysique, Volcanologie, Géologie, Tectonique, Stratigraphie

## VICE-PRÉSIDENTE

**Sophie Laran**

Biologie et écologie marine

- avec une spécialisation sur les modèles cétacés

## MEMBRES NOMMÉS

**Claire Alix**

Ethnologie, Anthropologie

**Fanny Ardhuin**

Observation des couvertures de glace de mer, Observations par images satellitaires, Interfaces Air-Mer

**Aurélien Carbonnière**

Thématicien CNES

**Béatrice Collignon**

Géographie culturelle et sociale

**Bruno Danis**

Ecologie trophique, Open data, Biodiversité Antarctique

**Cécile Engrand**

Système solaire, Poussières et matière cométaires et extra-terrestres, Astéroïdes

**Frédéric Parrenin**

Glaciologie, Reconstruction paléoclimatique (carottes de glace, etc.)

## INVITÉS POUR LA DURÉE DU MANDAT (sans voix délibérative)

### EXPERTS

**Thomas Corpetti**

Analyse d'images pour l'environnement, Observation de la terre, Instrumentation, Télédétection spatiale

**Vinciane Debaille**

Formation et évolution du système solaire, analyses chimiques des poussières de météorites, chimie de l'atmosphère, traçage isotopique

**Michel Grégoire**

Pétrologie, Minéralogie et Géochimie des roches magmatiques et mantelliques

**Virginie Guemas**

Climatologie, Interactions Glaces-Atmosphère, Couvert neigeux, Amplification Arctique

**Martin Holmstrup**

Ecologie & biodiversité terrestre, Invasions biologiques, Changements climatiques, Suivis long-terme

**Dirk Mengedoht**

Science (en général)  
Logistique en Arctique & Station AWIPEV

### MEMBRES

**Philippe BILLET**

Président du Comité de l'Environnement Polaire

**Marie-Noëlle HOUSSAIS**

INSU

**Paul LAFORET**

TAAF

**Gilles PINAY**

INEE

**Virginie VATE-KLEIN**

INSHS

**David RENAULT**

Institut Polaire

**Valérie HADOUX**

Institut Polaire - secrétariat

## Représentation de l'Institut dans les instances nationales & internationales

Avril 2023 à mars 2024

YAN  
ROBERT-COUDERT

### Membre :

- Comité National Français pour la Recherche Arctique et Antarctique (CNFRAA)
  - Comité scientifique du Groupement de Recherche Mers et Océan (GDR OMER)
  - Groupe thématique polaire de l'Alliance Nationale de Recherche pour l'Environnement (AllEnvi)
  - Délégation française aux réunions du Traité Antarctique (RCTA) et suppléant au chef de délégation du comité de protection de l'environnement (CPE)
  - Conseil polaire européen (EPB) - membre titulaire
- Comité directeur de l'IR\* Concordia
  - Délégation française aux réunions de la Commission pour la conservation de la faune et la flore marines de l'Antarctique (CCAMLR)
  - Conseil scientifique de la Fondation Albedo
  - Conseil scientifique du Musée des Armées

### Délégué français :

- Au conseil des managers de programmes antarctiques nationaux (COMNAP) et chef du groupe d'experts « Science Facilitation »

- Aux réunions du Comité Scientifique pour la Recherche Antarctique (SCAR) et membre du groupe permanent du SCAR au Traité sur l'Antarctique

### Représentant :

- De la France au sein du comité des opérateurs scientifiques à Ny-Alesund (NySMAC)
- De la France au sein du forum des opérateurs de recherche en Arctique (FARO)
- De l'Institut au sein de la Fondation internationale Ice Memory

## DAVID RENAULT

### Membre :

- Comité de pilotage des observatoires labellisés *Suivis à Long Terme du Vivant* (CNRS-INEE Ecologie & Environnement)
- Comité de pilotage ACTRIS-FR
- Comité de pilotage de la plateforme française de forage glaciaire F2G (SNO-INSU)
- Groupe thématique polaire de l'Alliance Nationale de Recherche pour l'Environnement (AllEnvi)
- Commission spécialisée Océan – Atmosphère (CNRS-INSU)

### Représentant de la France :

- Au sein du comité des opérateurs scientifiques à Ny-Alesund (NySMAC)
- Au sein du forum des opérateurs de recherche en Arctique (FARO)

## GRÉGORY TRAN

### Délégué adjoint français :

- Au conseil des managers de programmes antarctiques nationaux (COMNAP)

## Participation de la Direction aux réunions européennes ou internationales, rencontres avec les homologues étrangers et actions de l'Institut polaire français

### Avril 2023

Conseil européen polaire, en vidéoconférence

### Avril, juin & novembre 2023

Conseil stratégique de la fondation Ice Memory

### Mai-juin 2023

Réunion consultative du Traité sur l'Antarctique (RCTA) à Helsinki

### Juin 2023

Dîner avec l'Ambassadrice de France en Finlande à Helsinki

Célébration du 20<sup>ème</sup> anniversaire de la station AWIPEV à l'ambassade de France à Berlin conduisant à la signature d'un Memorandum of Understanding entre l'AWI et l'IPEV

Assemblée générale et réunions régionales du conseil des managers de programmes antarctiques nationaux - COMNAP - à Hobart ; avec la nomination du Directeur de l'Ins-

titut polaire à la tête du groupe d'experts Science Facilitation

Tasmanian Polar Network - Hobart Gateway networking function

Jun & oct. 2023 | Janvier 2024  
Comité directeur Concordia

### Août 2023

SCAR Biology Symposium, Christchurch (en visio)

Septembre & Novembre 2023  
Decarbonising Antarctica Discussion Forum initiée par le British Antarctic Survey

### Octobre 2023

Convention sur la conservation de la faune et la flore marines de l'Antarctique - CCAMLR

### Novembre 2023

Participation à la visite d'Etat du Président de la République en Confédération Suisse

One Planet - Polar Summit  
The first international summit dedicated to glaciers and poles

Arctic Conference Canada organisée par l'Ambassade de France au Canada permettant des rencontres avec les représentants des peuples autochtones et le Canada Innovation à Ottawa

### Janvier 2024

Discussions sur les projets d'infrastructures polaires via une visite en du navire australien « Nuyina » et des rencontres avec l'Australian Antarctic Division à Hobart, et une visite des locaux de l'ENEA et de l'Antarctica New Zealand à Christchurch

Évènement polaire à l'ambassade d'Allemagne en France

Decarbonising Antarctica Discussion Forum initiée par le British Antarctic Survey

### Février 2024

Rencontres à Québec avec l'équipe TAKUVIK des acteurs de l'Institut Nordique du Québec et du Centre d'Etudes Nordiques et avec la participation au 44<sup>ème</sup> colloque annuel du Centre d'Etudes Nordiques

### Mars 2024

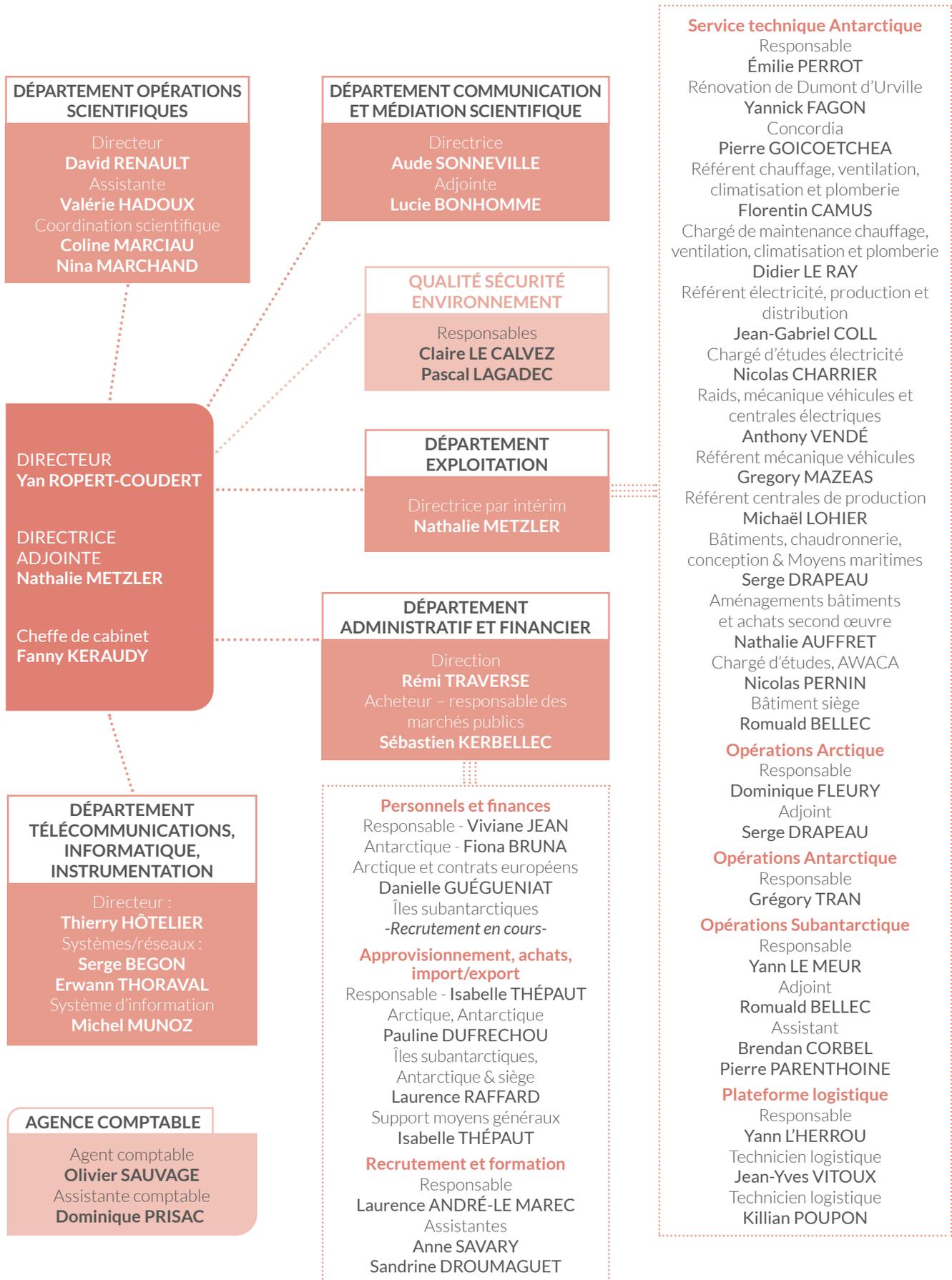
Visite au Japon du National Institute of Polar Research (NIPR) et de la Graduate University for Advanced Studies

Réunion annuelle du Forum des opérateurs de recherche en Arctique, dans le cadre de l'Arctic Science Summit Week, à Edimbourg en Ecosse

Réunion du Ny-Ålesund Science Managers Committee - NySMAC dans le cadre de l'Arctic Science Summit Week, à Edimbourg en Ecosse

# ORGANIGRAMME

En date de Mars 2024





# EFFECTIFS

Au 31 décembre 2023, l'Institut dispose de **53 personnels permanents**.

Le **personnel temporaire** recruté par l'Institut se répartit selon **4 catégories** :

## 1 | PERSONNEL CONTRACTUEL EN ACTIVITÉ AU SIÈGE

**13 salariés en contrat à durée déterminée**

> rémunérés sur la Subvention pour Charges de Service Public (SCSP)

## 2 | PERSONNEL EN CONTRAT D'ALTERNANCE AU SIÈGE DE L'INSTITUT

En 2023, **1 personnel** était en contrat d'alternance au siège de l'Institut.

## 3 | PERSONNEL TECHNIQUE\* EN ACTIVITÉ SUR LES STATIONS

\*contractuels, volontaires de service civique (VSC) et volontaires internationaux (VI)

### > CONCORDIA

Outre la mise en œuvre des projets scientifiques, l'Institut a assuré avec son partenaire italien, le Programma Nazionale di Ricerche in Antartide (PNRA), la gestion logistique et technique de la station. Ces tâches sont assurées par le personnel permanent de l'Institut, secondé par du personnel temporaire dont la durée des missions varie de 3 à 12 mois selon qu'il s'agisse d'une campagne d'été ou d'un hivernage.

En 2023, **62 contractuels techniques** ont séjourné à Concordia.

### > TERRE ADÉLIE

Outre la mise en œuvre des projets scientifiques et le management des équipes IPEV, et en application de la convention TAAF/IPEV, l'Institut assume la responsabilité logistique et technique de la station Dumont d'Urville en Terre Adélie.

Cette responsabilité recouvre les activités suivantes :

- Transport par voie maritime ou aérienne des personnels, des équipements et des approvisionnements ;
- Réalisation et mise en œuvre des moyens de transformation d'énergie y compris les fluides ;
- Réalisation et entretien des infrastructures immobilières, rénovation de la station et de ses dépendances ;
- Fourniture des équipements mobiliers et vestimentaires ;
- Hébergement et restauration.



Travailler dans le froid (Concordia, août 2023)

Les quatre dernières tâches sont assurées par le personnel permanent de l'Institut, secondé par du personnel temporaire dont la durée des missions varie de 4 à 15 mois selon qu'il s'agisse d'une campagne d'été ou d'un hivernage et des VSC.

Pour l'année 2023, **43 contractuels** ont séjourné en Terre Adélie.

### > SUBANTARCTIQUES

Dans les trois districts subantarctiques, les prestations logistiques et techniques sont assurées par les services de l'administration des Terres australes et antarctiques françaises ; la coordination et la mise en œuvre des projets scientifiques sont assurées en majorité par le personnel permanent de l'Institut durant la campagne d'été, par un VSC durant l'hivernage et éventuellement un VSC durant la campagne d'été.

Pour l'année 2023, **2 contractuels** et **7 VSC** ont séjourné dans les districts subantarctiques.

### > ARCTIQUE

En 2003, les moyens de l'Alfred Wegener Institute (AWI) et de l'IPEV ont été mis en commun pour créer au Svalbard une base de recherche commune, la station « AWIPEV ». La coordination, la mise en œuvre des projets scientifiques (logistique générale) et leur suivi y sont assurés saisonnièrement par du personnel permanent de l'Institut et, tout au long de l'année par un VI.

En 2023, **1 personnel temporaire de campagne d'été** a été embauché pendant **3 semaines** pour soutenir le personnel permanent.

## 4 | PERSONNEL SCIENTIFIQUE (VSC ET VI)

Pour l'hivernage 2023, l'Institut a recruté des VSC et a pris en charge le séjour sur le terrain de scientifiques provenant de différents établissements.

### > VSC SUR DES MISSIONS SCIENTIFIQUES

Le recrutement des VSC entre dans le cadre du volontariat civil pour une durée maximale de 24 mois à compter de la date d'affectation. Les VSC scientifiques pour l'hivernage 2023 et la campagne d'été 2023-2024 recrutés début 2023, étaient au nombre de **16 sur les districts subantarctiques et de 4 pour la Terre Adélie.**

### > VOLONTAIRES INTERNATIONAUX SUR DES MISSIONS SCIENTIFIQUES

CONCORDIA : Depuis 2009, le Ministère des Affaires Étrangères accorde annuellement **1 poste de volontaire international pour la station franco-italienne Concordia.**

ARCTIQUE : **1 poste de volontaire international est également affecté pour la station scientifique franco-allemande « AWIPEV » à Ny-Alesund, Norvège.**

### > LES SCIENTIFIQUES

L'Institut organise également les missions des scientifiques appartenant à des organismes de recherche (CNRS, Universités...), qui ont la responsabilité directe des projets scientifiques et technologiques sélectionnés par la commission d'évaluation des projets scientifiques et mis en œuvre par l'Institut ou qui y collaborent directement durant la campagne d'été.

**En 2023, 337 scientifiques ont participé à des projets déployés par l'Institut :**

- 126 dans les îles subantarctiques représentant 4 848 jours de missions ;
- 101 en Antarctique représentant 2 979 jours de missions ;
- 110 en Arctique représentant 3 304 jours de missions.

# RECRUTEMENT

## Candidatures spontanées

Au-delà des appels à candidature ouverts par l'Institut, le département RH a traité

**605** candidatures spontanées sur l'année 2023.

## Candidatures aux postes

Au titre de la campagne 2023/2024 l'Institut a étudié :

**1440** candidatures sur les postes de VSC

**720** candidatures sur les postes de contractuels de terrain

## Jobdating du 19 octobre 2023 aux Capucins (Brest)

Un jobdating a été organisé en marge de l'exposition « Regards Antarctiques » aux Capucins à Brest :

- **137** personnes ont été reçues en entretiens individuels par 6 agents de l'Institut.
- **48 CV** ont été déposés librement.

Cette journée a également été l'occasion pour une multitude de visiteurs de rencontrer des agents de l'Institut.



File d'attente de postulants lors du Job Dating « métiers polaires », le 19 octobre 2023 à Brest

# LA COMMUNICATION

## à l'Institut polaire

### Focus de l'année

#### EXPOSITION « REGARDS ANTARCTIQUES »

**Exposition construite autour de témoignages d'anciens hivernants, de campagnards d'été et d'artistes.**

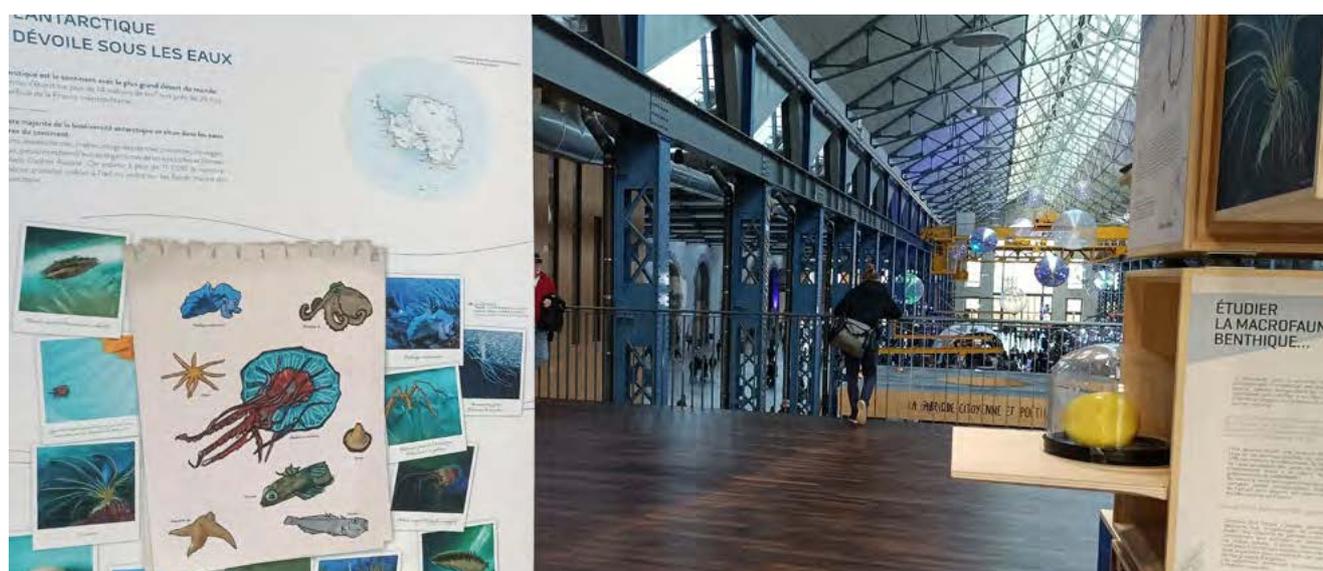
L'idée était de présenter à un public de passage (l'exposition était située à la sortie du téléphérique) les expériences diverses en Antarctique mais aussi de confronter les imaginaires que provoquent l'évocation de ce territoire et les réalités que les gens vivent sur le terrain. En effet, dire que l'Antarctique fascine est une évidence. Pourtant, la vie dans ces territoires peut être rude, âpre, douloureuse... mais tous, ceux

qui partent comme ceux qui restent, portent un regard d'abord fasciné.

L'exposition « Regards antarctiques », créée par le département communication à partir de quelques panneaux de l'exposition du Ministère des affaires étrangères lors de la RCTA 2021, a proposé quelques regards portés sur l'Antarctique. Cette déambulation à travers d'autres yeux proposait de confronter, parfois conforter, nos représentations des mondes polaires avec la réalité du terrain, fil rouge de l'exposition illustrée sous la forme de journaux intimes.

Quand ? 18 octobre 2023 > 14 janvier 2024

Où ? Ateliers des Capucins, Brest



DIRE QUE L'ANTARCTIQUE FASCINE EST UNE ÉVIDENCE.  
POURTANT, LA VIE DANS CES TERRITOIRES PEUT ÊTRE  
RUDE, ÂPRE, DOULOUREUSE...

## VISITES COMMENTÉES DE L'EXPOSITION

Plus de 90 personnes pour des groupes de visites de 15 personnes maximum.

## ATELIERS ARTISTIQUES

### Broderie et dessins *Imagine ton Antarctique*

Des dessins et lettres ont été rédigés par des écoliers à destination des hivernants et ont été envoyés en Antarctique.

## JOB DATING

Une journée de Jobdating et de rencontres avec des professionnels des métiers polaires a attiré plus de 350 personnes.

## ARTISTES, SCIENTIFIQUES ET PÔLES, REGARDS CROISÉS

A l'auditorium de la médiathèque des Capucins, trois conférences entre chercheurs et artistes se sont penchées sur les liens forts qu'il peut y avoir entre l'art et la science pour transmettre une information scientifique parfois complexe sous la forme de créations artistiques qui deviennent alors médiateurs. Une projection du film *White out* de Marjorie Cauwel a clos la journée.

## ARCHIVES POLAIRES, UNE SOIRÉE D'HISTOIRE

65 personnes étaient présentes pour cette soirée de diffusion des films de Mario Marret et de présentation du travail autour des archives polaires par les Archives Nationales de France, la Cinémathèque de Bretagne et l'Institut polaire

## CINÉMA PATHÉ

### Les jeudis des documentaires sur l'Antarctique

- *Le poids de l'Antarctique* de Marjorie Cauwel
- *Antarctique* de Solène Desbois
- *La glace et le ciel* de Luc Jacquet
- *Odyssée Antarctique* de Djamel Tahj

## CURIOSITÉS DE DIALOGUES

Mercredis lectures d'album autour des pôles à la librairie, un jeu de société et des rencontres-dédicaces.

## 70.8, UN MUSÉE POUR L'OCÉAN

Des conférences sur les nouvelles technologies ont été animées par des anciens hivernants de l'Institut.

3 mois d'événements pour faire vivre l'exposition *Regards antarctiques*



Affiche de l'exposition  
*Regards antarctiques*

# Évènements au long de l'année

## EXPOSITION « BREST, CITÉ D'EXPLORATION POLAIRE »

Un regard à la fois historique et actuel sur les zones polaires devenues aujourd'hui des espaces aux multiples enjeux.

**Quand ?** 24 mai au 5 octobre 2023

**Où ?** Service historique de la Défense de Brest

**Qui ?** Collaboration entre les divers acteurs spécialistes des pôles implantés à Brest et sa région : l'Institut polaire français, l'Institut universitaire européen de la mer (IUEM), l'Institut français pour la recherche et l'exploitation de la mer (Ifremer), le Service hydrographique et océanographique de la Marine (Shom) et la Marine nationale.



Présentation d'instruments scientifiques et techniques utilisés lors des expéditions polaires des années 50.

## LES 20 ANS DE LA STATION ARCTIQUE AWIPEV

Un bel évènement d'anniversaire a été organisé à Berlin par le partenaire allemand AWI.

A cette occasion, l'Institut a créé un film avec les collègues allemand.



## ONE PLANET- POLAR SUMMIT

Accueilli par le Forum de Paris sur la paix, le One Planet - Polar Summit s'est tenu du 8 au 10 novembre 2023 à Paris.

Ce premier sommet international consacré aux glaciers et aux pôles avait pour ambition de renforcer la coopération internationale en faveur de la préservation de la cryosphère et de la biodiversité glaciaire et polaire. Il a rassemblé des acteurs majeurs de la communauté scientifique internationale et des dirigeants et représentants politiques dont Emmanuel Macron, président de la République.

# Réseaux sociaux

## À LA UNE



**OUVERTURE**  
du réseau social  
Instagram



**VISITES**  
de Thomas Pesquet et  
Olivier Poivre-d'Arvor  
dans les stations antarctiques



**RENFORCEMENT**  
de l'Institut sur  
LinkedIn

## LINKEDIN



L'Institut a ouvert en début d'année une page LinkedIn principalement destinée à la diffusion d'informations liées à ses recrutements.



**8 243**

Abonnés  
à la page



**15 069**

Couverture\*  
de la page

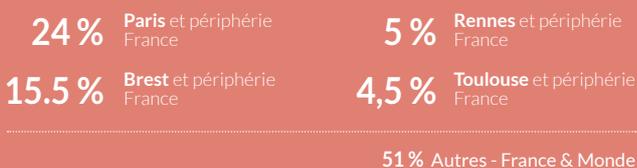


**4 823**

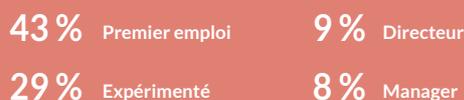
Visiteurs uniques  
sur la page

>> mai > décembre 2023

### Lieu de provenance des abonnés :



### Niveau hiérarchique des abonnés :



### Fonctions principales des abonnés :



### Secteur de provenance des abonnés :



## FACEBOOK



**+ 1 600**

Abonnés  
à la page



**288 600**

Couverture\*  
de la page



**49 900**

Visites  
sur la page

>> janvier > décembre 2023

## INSTAGRAM



**3 100**

Abonnés  
à la page



**17 700**

Couverture\*  
de la page



**16 100**

Visites  
sur la page

>> novembre > décembre 2023

\* nombre de comptes ayant vu notre contenu

**JOB DATING**

**L'Institut polaire français Paul-Emile Victor prépare sa prochaine mission en Antarctique aux Ateliers des Capucins à Brest.**

L'exposition Regards antarctiques aux Ateliers des Capucins a été l'occasion pour l'Institut d'organiser un job-dating qui a dépassé toutes les attentes en matière de candidats ! Plus de 350 personnes ont attendu patiemment (jusqu'à 3h !) de rencontrer un membre de l'équipe de l'Institut polaire pour lui présenter leurs projets professionnels et leur envie d'aller travailler dans les pôles. Des permanents et d'anciens hivernants étaient aussi présents en parallèle pour présenter leurs métiers et leurs expériences du terrain polaire, ils ont permis d'animer la longue file d'attente et de répondre aux premières interrogations des candidats.



© INSTITUT POLAIRE FRANÇAIS

350 personnes sont venues au Job Dating «métiers polaires»

L'évènement a bénéficié de nombreuses retombées dans les médias



**Archives polaires**

Grâce au travail d'une archiviste, de nombreux fonds d'archives ont été traités.

**FONDS MARION DUFRESNE** > déposé aux Archives nationales de France

<b>230</b> PAGES d'instruments de recherches	<b>55</b> MÈTRES LINÉAIRES d'archives traitées	<b>43</b> MÈTRES LINÉAIRES	<b>9</b> MÈTRES CUBES	<b>1 865</b> KILOS	<b>48</b> ANS d'archives
			de documents transférés aux archives nationales		

**FONDS RESSOURCES HUMAINES**

**155**  
MÈTRES LINÉAIRES  
d'archives traitées  
- datées de 1947 à 2023 -

**4000**  
DOSSIERS

**ARCHIVES DE LA DIRECTION**

> préparation pour un versement aux Archives nationales en 2025

**55**  
MÈTRES LINÉAIRES  
d'archives  
- datées de 1992 à 2023 -

**ARCHIVES HISTORIQUES**

**300**  
MÈTRES LINÉAIRES  
de documents  
couvrants presque un siècle d'histoire polaire

**FONDS PRIVÉS**

> issus des dons de 18 donateurs

**30**  
MÈTRES LINÉAIRES  
d'archives  
- datées de 1940 à 2016 -

# Images

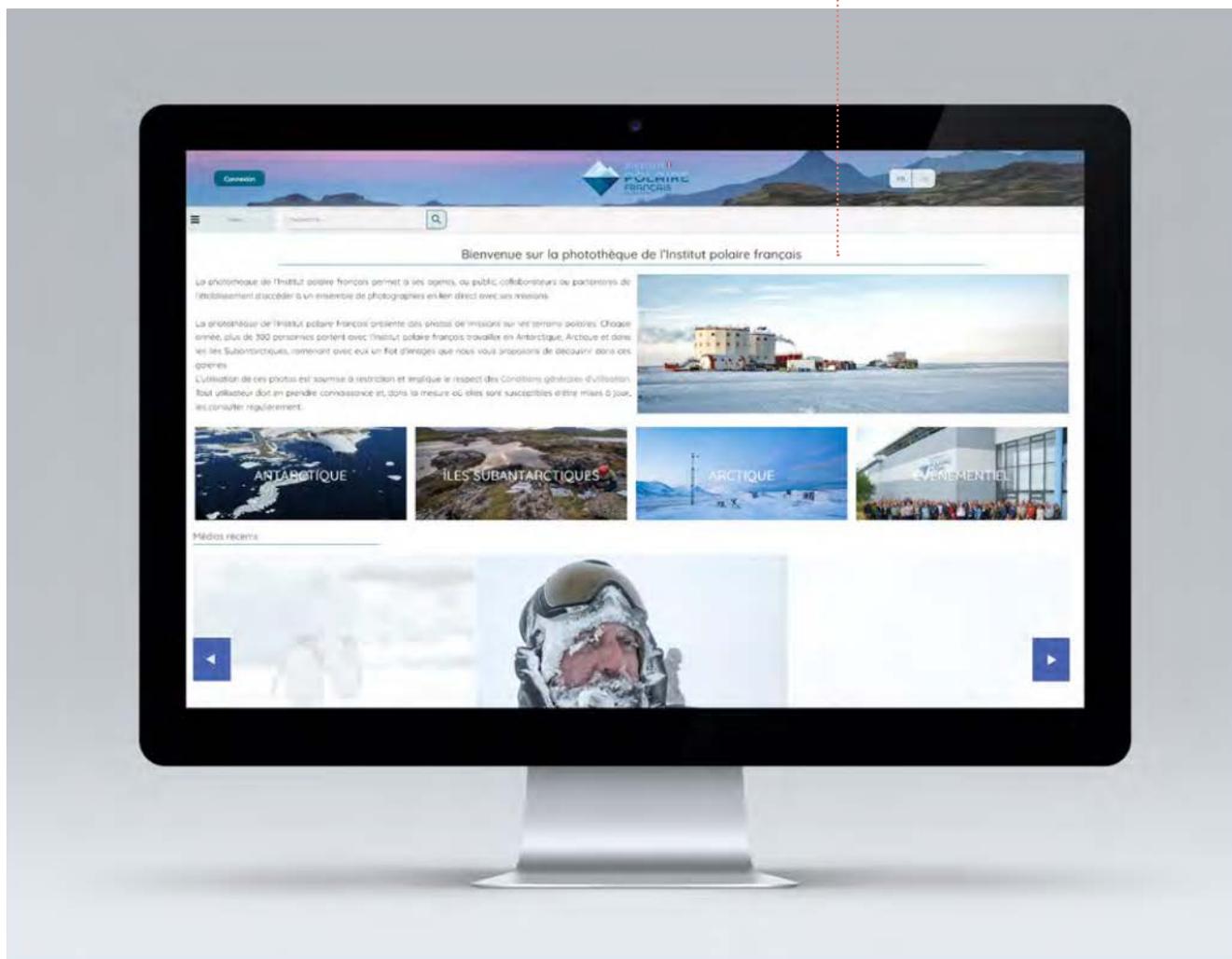
LE FOCUS DE L'ANNÉE

## LANCEMENT D'UNE PHOTOTHÈQUE

**En septembre 2023, l'Institut a ouvert sa photothèque riche de plus de 7000 photos dédiées aux missions !**

Cet outil devenait indispensable tant pour gérer toutes les entrées d'images que les missions rapportent chaque année que pour proposer un outil performant au service de ceux qui cherchent des illustrations précises sur les mondes polaires.

Page d'accueil de la nouvelle photothèque de l'Institut polaire.



L'EXPOSITION REGARDS ANTARCTIQUES AUX TELLERS DES CAPUCINS A ÉTÉ L'OCCASION POUR L'INSTITUT D'ORGANISER UN JOB DATING QUI A DÉPASSÉ TOUTES LES ATTENTES EN MATIÈRE DE CANDIDATS !

# Culture scientifique

## SÉMINAIRE POLAIRE JUNIOR

LE FOCUS DE L'ANNÉE

L'idée du séminaire polaire junior est de faire découvrir la démarche scientifique à des élèves : poser des hypothèses, réfléchir à des expériences pour les vérifier, les tester, rédiger des conclusions, etc.

Avec l'aide d'un scientifique référent, l'enseignant et ses classes définissent un protocole scientifique autour d'une problématique et viennent le présenter à la fin de l'année scolaire aux autres classes dans le grand amphithéâtre d'Océanopolis.

C'est ainsi que l'édition 2022-2023 du séminaire polaire junior a fait vivre à 177 élèves l'exercice de présentation de leur travail lors de ce colloque pour ces futures scientifiques !



© AUDE SONNEVILLE

Élèves dans le grand amphithéâtre d'Océanopolis à Brest, lors du Séminaire polaire Junior 2022/2023

## ÉVÈNEMENTS

### LE VILLAGE DES SCIENCES DE BREST

11 membres du personnel de l'Institut se sont relayés à animer un jeu sur les aléas que l'on rencontre au cours d'une mission en Antarctique, et de sa préparation

**1 580 visiteurs**  
- durant le weekend -

OCÉANOPOLIS | BREST

### SALON DE L'INNOVATION DU PAYS DE REDON

Novembre 2023 : conférence sur les missions et stations de l'Institut polaire français, puis animer une visioconférence entre le public du salon et le personnel présent à la station Concordia.

**+ de 9 000 visiteurs**  
- au salon -

BAINS-SUR-OUST (35)



© LUCIE BONHOMME

### NUIT EUROPÉENNE DES CHERCHEURS

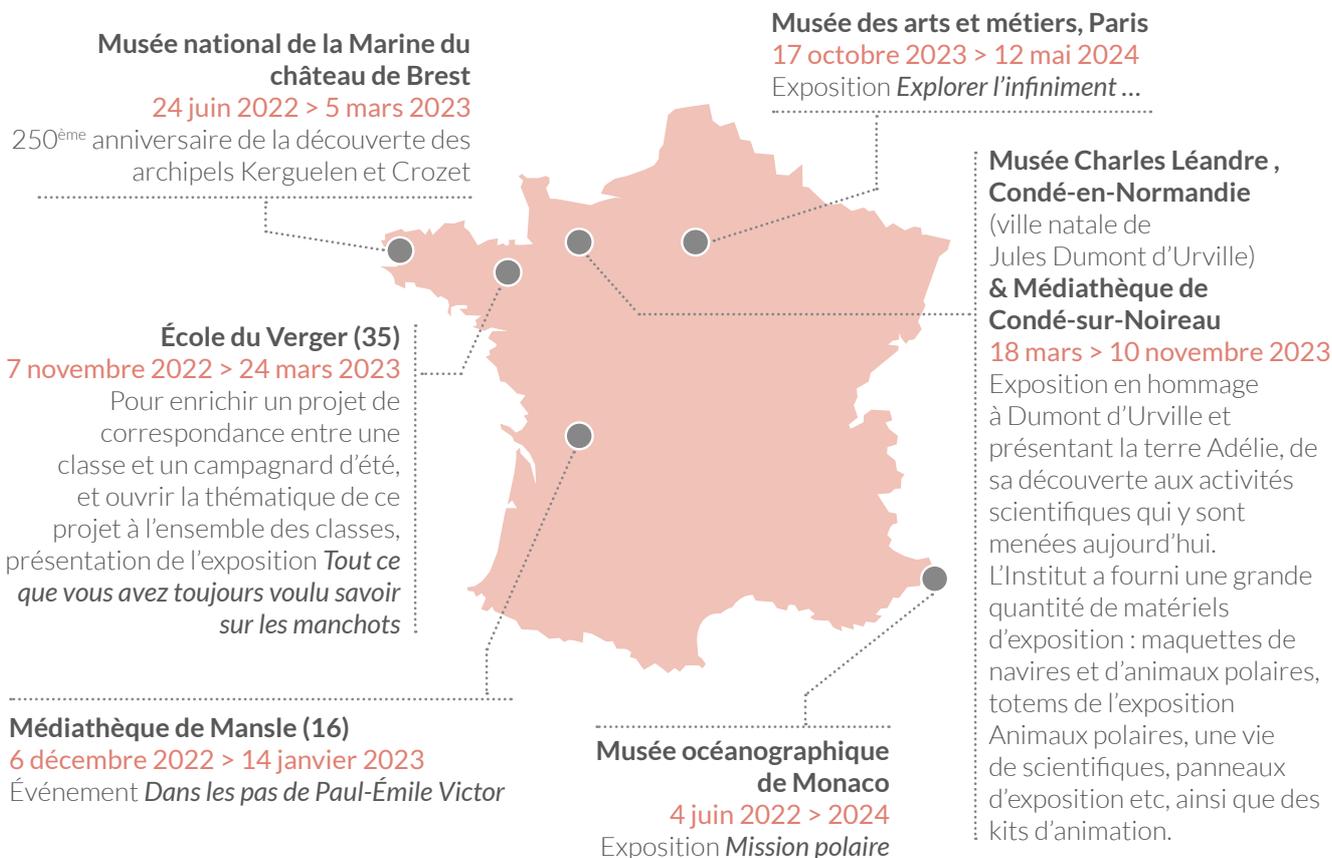
Emilie Gauthier, professeure en archéologie et paléoenvironnement à l'Université de Franche-Comté a présenté son travail de recherche au Groenland.

**+ de 4 000 visiteurs**  
- en une soirée -

OCÉANOPOLIS | BREST

Stand de l'Institut polaire français lors de la Nuit européenne des chercheurs 2023 à Océanopolis.

## PRÊT DE MATÉRIELS D'EXPOSITION



## PROJETS PARTENAIRES

### Projet Métamorphose d'Océanopolis

#### Semaine polaire de l'APECS

20 > 24 novembre 2023

5 webinaires pour 812 élèves, répartis dans 36 classes de 12 académies différentes

#### Appel des pôles 2023/2024

Nathalie Metzler, directrice adjointe avec les classes de 5<sup>ème</sup> du collège Joseph Durand de Montpezat-sous-Bauzon, et Patrice Godon

#### L'Université de Brest Occidentale

- Concours régional *Faites de la Science*.
- Des élèves de collèges et lycées présentent, devant un jury universitaire, un projet scientifique ou technologique réalisé tout au long de l'année.

### Soirée Science en scène

23 juin 2023

A la suite de visioconférences en 2022 entre Nicolas Caillon, glaciologue de l'Institut des Géosciences de l'Environnement (IGE) en mission à Concordia, et une vingtaine de classes de CM1/CM2 soit 500 élèves, le centre pilote *La main à la pâte* organisait une soirée Science en scène, introduite par une conférence/débat animée par Nicolas Caillon suivie du spectacle *Le secret de la glace* présenté par les élèves d'une « Classe climat » de CM1/CM2, visible sur la chaîne Vimeo de l'Institut.

## CONFÉRENCES ET VISIOCONFÉRENCES

16 février 2023  
**FESTIVAL DE CINÉMA  
 JEUNE PUBLIC**  
 Douarnenez  
**INTERVENTION**

Lucas Blijdorp témoigne de son expérience à la station AWIPEV et des missions scientifiques en Arctique  
 - 90 spectateurs -

21 > 24 février 2023

**CINÉMA**  
 Plougonvelin  
**EXPOSITION**

sur l'Institut  
**INTERVENTION**  
 de Nathalie Metzler  
 et Yan Ropert-Coudert

13 avril 2023  
**OCÉANOPOLIS**  
 Brest  
**CONFÉRENCE**

de Lucie Bonhomme à une classe de 2<sup>de</sup> du lycée Renan de Saint-Brieuc pour leur présenter les activités de l'Institut et la science menée en régions polaires

4 mai 2023  
**UNIVERSITÉ DU TEMPS LIBRE**  
 Lesneven  
**CONFÉRENCE**

de Lucie Bonhomme sur l'Antarctique

6 octobre 2023  
**MÉDIATHÈQUE**  
 Condé-sur-Noireau  
**INTERVENTION**

de Patrice Bretel  
**SOIRÉE PROJECTION/DÉBAT**  
 sur le film *l'Odyssée Antarctique*  
 de Djamel Tah

2 décembre 2023  
**SWISS POLAR FESTIVAL**  
 Sion  
**VISIOCONFÉRENCE**

avec la station Concordia  
 - le festival a accueilli 600 personnes -

## PROJETS DE CORRESPONDANCES ENTRE HIVERNANTS/CAMPAGNARDS DE L'INSTITUT

### ÎLE AMSTERDAM

Lucie Gauchet  
 Volontaire de Service Civique  
 hivernante - biologiste

☑ Classe de 6<sup>ème</sup> du collège La Chaume  
 La salle de Vouillé, dans la Vienne

Rémi Dipaola,  
 Volontaire de Service Civique  
 hivernant - informaticien

☑ Classes de 6<sup>ème</sup> du collège de Sangatte

### CONCORDIA

Fanny Larcher  
 Médecin hivernante

☑ Classe de CE2 de l'école Anne Boivent,  
 Saint Brice en Cogles

### RAID

Claire Lenne  
 Campagnarde d'été médecin

☑ Lycée Évariste,  
 La Parly à la Réunion

### AWIPEV

Apolline Pibarot  
 Ingénieure logistique hivernante

☑ les 25 élèves du club environnement  
 du collège du Vizac à Guipavas

### DUMONT D'URVILLE

Lise Moulin  
 Menuisière hivernante

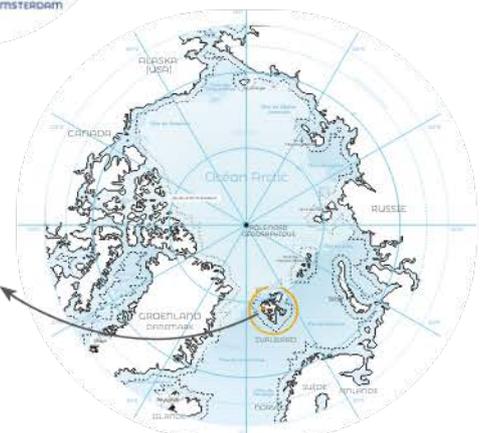
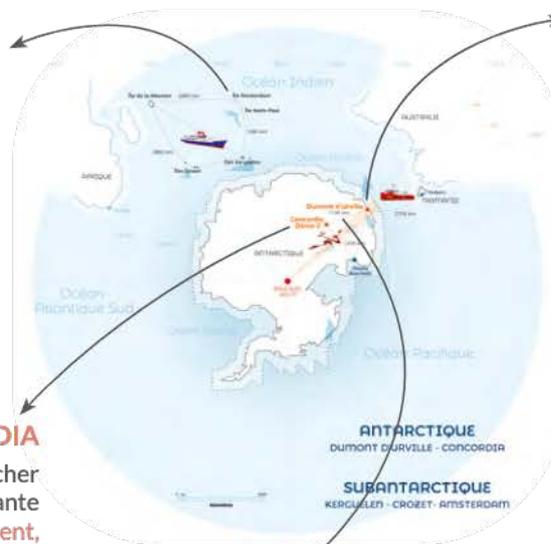
☑ 2 classes de 5<sup>ème</sup> du collège  
 Sainte Marie, Guilers

Florent Tence  
 Optoélectronicien hivernant

☑ Classe de CM1/CM2 de  
 Gattières

Yanis Laur  
 Campagnard d'été  
 Assistant Hygiène-Sécurité-  
 Environnement

☑ CM2 de l'école de la Roche-Maurice



# Partenaire

WI



# UN PARTENAIRE HISTORIQUE EN ARCTIQUE

Alfred Wegener Institute Helmholtz  
Centre for Polar and Marine Research (AWI)

.....  
Une publication de  
**Prof. Dr. Antje Boetius**  
Directrice de l'AWI

**L'Institut polaire français Paul-Emile Victor (IPEV) et l'Institut Alfred Wegener en Allemagne (AWI) peuvent se prévaloir de nombreuses années de coopération logistique fructueuse dans le domaine de la recherche scientifique en Arctique, en exploitant conjointement la base de recherche AWIPEV au sein de la station de recherche de Ny-Ålesund, au Svalbard, en Norvège.**

La coopération AWIPEV a été mise en place en 2003 par les directeurs des deux instituts, Gérard Jugie et Jörn Thiede. Occupée toute l'année, la station sert de plate-forme à court ou à long terme pour des projets de recherche allemands, français, mais aussi néerlandais et d'autres pays, dans les domaines de la biologie marine et terrestre, de la glaciologie, de la géo-

physique et de la recherche atmosphérique, et peut accueillir jusqu'à 25 chercheurs en même temps. En outre, le personnel de la station apporte son soutien aux activités scientifiques sur le terrain, notamment en matière de sécurité et de veille VHF, et s'occupe du fonctionnement technique de la station ainsi que des mesures continues à long terme. Il s'agit là de l'exemple le plus marquant de la collaboration fructueuse entre les instituts polaires des deux pays, mais la France et l'Allemagne ont de nombreuses autres collaborations scientifiques dans d'autres régions polaires. La force de ces collaborations fait que les deux instituts sont souvent associés sur des sujets d'intérêt commun dans les forums internationaux. La signature récente d'un protocole d'accord en est l'illustration.

*Il s'agit là de l'exemple le plus marquant de la collaboration fructueuse entre les instituts polaires des deux pays, mais la France et l'Allemagne ont de nombreuses autres collaborations scientifiques dans d'autres régions polaires.*

.....

Ny-Ålesund, ville la plus septentrionale au monde, où se trouve la station franco-allemande AWIPEV

## 20<sup>ÈME</sup> ANNIVERSAIRE AWIPEV

**En juin 2023, l'Institut polaire français et l'AWI ont commémoré le 20<sup>ème</sup> anniversaire de la base de recherche franco-allemande AWIPEV à l'ambassade de France à Berlin.**

L'événement a permis de présenter les découvertes notables en matière de recherche atmosphérique, glaciaire, sur le permafrost et marine réalisées à l'AWIPEV au cours des vingt dernières années, et qui continuent de prospérer. Il a servi de toile de fond à la signature du protocole d'accord entre l'Institut polaire français et l'AWI, par lequel les deux instituts ont formalisé et manifesté leur volonté de renforcer leur coopération à long terme dans le domaine de la recherche et de la logistique polaires.

Ils coopèrent ainsi pour soutenir la recherche sur l'environnement et le système terrestre dans l'Arctique et l'Antarctique, en couvrant un large éventail de sujets. L'expertise complémen-

taire et les programmes scientifiques développés par l'Institut polaire français et l'AWI permettent des études collaboratives, un partage des ressources et une logistique mutuellement bénéfique. Ensemble, ils soutiennent et facilitent les collaborations internationales dans le domaine de la recherche polaire, marine et côtière et apportent une contribution essentielle aux objectifs de développement durable.

Au niveau européen, l'AWI et l'Institut polaire français coopèrent au réseau d'infrastructures de recherche polaire (POLARIN), un projet financé par Horizon Europe et coordonné par l'AWI. POLARIN fournit un accès transnational à 64 infrastructures aux deux pôles. L'Institut polaire français, en tant que partenaire, contribue à l'accès à la station Concordia et les deux instituts offrent conjointement leur station AWIPEV à Ny Ålesund pour un accès transnational dans le cadre de POLARIN.

## PROJET ANTARCTICA INSYNC.

**Au-delà des collaborations existantes, l'AWI et l'Institut polaire français se tournent également vers l'avenir en organisant conjointement le projet Antarctica InSync.**

Lors de la réunion du traité sur l'Antarctique à Helsinki (2023), l'AWI, en collaboration avec l'Institut polaire français, l'Australian Antarctic Division, le NorskPolar Institute et le British Antarctic Survey, a préparé une proposition de mission internationale d'observation scientifique synchrone, afin de permettre une évaluation circumpolaire des liens entre la glace, l'océan, le climat, l'environnement et la vie, y compris les pressions humaines, et leurs solutions, telles que la protection des mers. Ce projet a récemment été approuvé par l'UNESCO pour un programme régional de la Décennie des Nations unies pour l'océan, qui doit être préparé pour une phase de terrain circum-Antarctique en 2027-2030. Antarctica InSync sera un tremplin vers l'Année polaire internationale, et l'Institut polaire soutient l'AWI dans la coordination de la mission, avec d'autres partenaires de la recherche polaire.

## ONE PLANET POLAR SUMMIT

**Le point culminant de l'excellente collaboration entre les deux institutions est la participation des deux chefs d'institutions au segment de haut niveau du One Planet Polar Summit, organisé pendant le Forum de Paris pour la Paix, les 8 et 9 novembre 2023.**

L'Institut polaire français et l'AWI y ont participé à la préparation de l'atelier scientifique précédant la réunion des chefs d'État (Workshop on Cryosphere sciences calling for international stewardship to limit impacts from melting ice). Des déclarations scientifiques sur les glaciers, la glace de mer, les océans polaires et le pergélisol, ont été préparées pour résumer les perspectives de la science internationale aux chefs d'État de plus de 30 pays qui ont participé au sommet. L'AWI et l'Institut polaire français ont été les porte-parole des scientifiques qui ont

appelé à une action politique et socio-économique urgente et à de nouvelles approches internationales et interdisciplinaires ambitieuses pour réduire les incertitudes et s'attaquer aux inconnues dans les mécanismes de rétroaction entre la cryosphère et la santé de la planète. Ils ont souligné la nécessité de renforcer la coopération entre les agences spatiales, océaniques et polaires afin de distribuer de manière cohérente les données d'observation de la Terre pour les régions polaires, de développer de nouvelles missions, de nouveaux produits et algorithmes, et de mener des activités de recherche et de développement dans les régions polaires.

.....

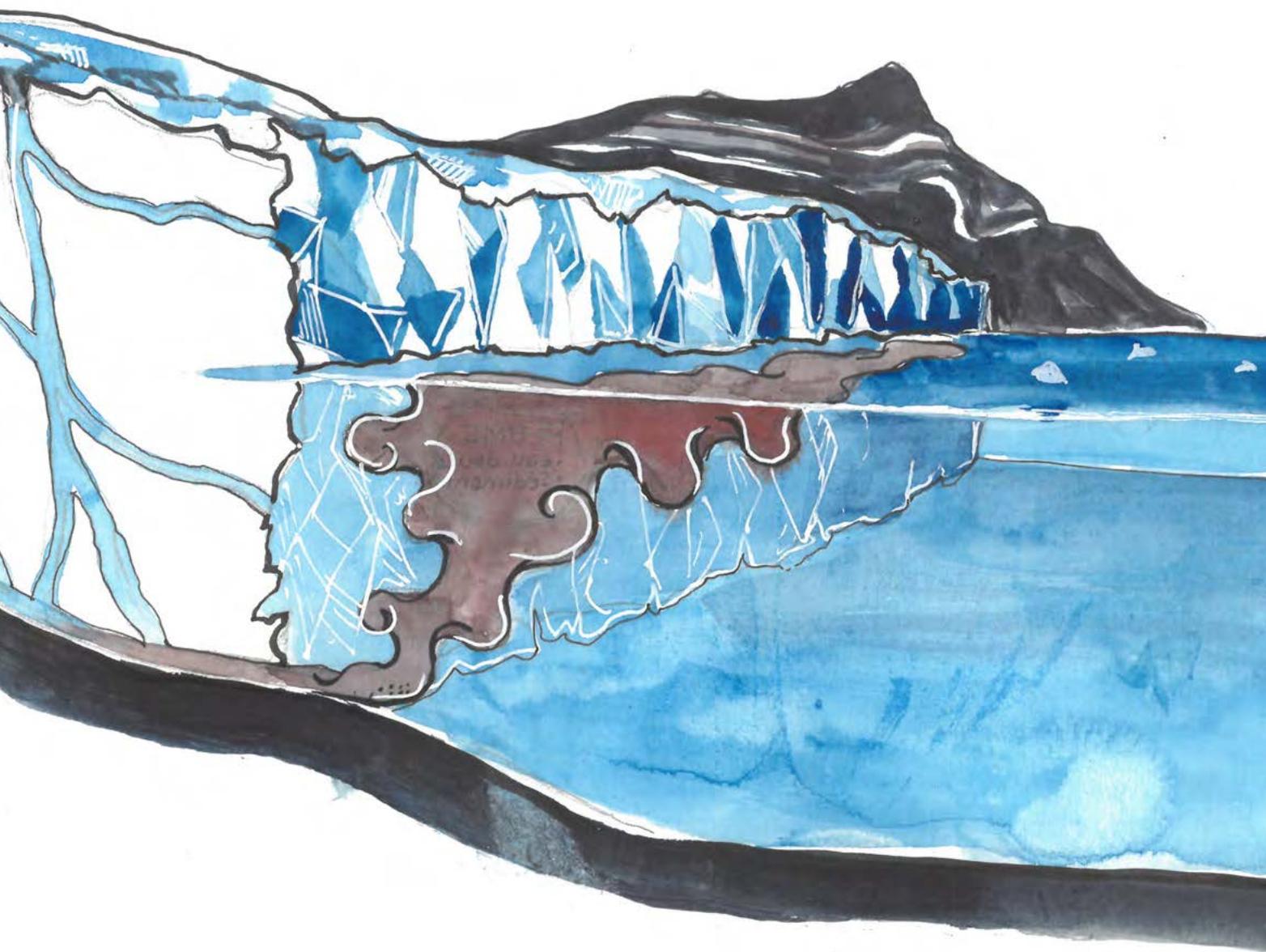
L'Allemagne et la France sont souvent fières d'utiliser les deux instituts polaires comme fleurons pour illustrer les bonnes relations et l'esprit de collaboration entre nos deux pays. Il ne fait aucun doute que cela se poursuivra dans les décennies à venir.



La directrice de l'AWI, Antje Boetius, et le directeur de l'Institut polaire français, Yan Ropert-Coudert, au 20 ans de l'AWIPEV à Berlin.

# Projets scientifiques soutenus par l'Institut

---



# NOUVEAUX PROJETS DE RECHERCHE

## Mis en œuvre en 2023/2024

L'appel à projets annuel 2023 de l'Institut polaire français a permis la mise en œuvre des projets scientifique lors de la campagne d'été 2023/2024 et de l'hivernage 2024 pour l'hémisphère sud et durant l'année 2023 pour l'hémisphère nord.

En raison de l'augmentation des coûts de fret et de carburant, du vieillissement des infrastructures ainsi que des reports multiples des projets 2022/2023 liés à l'impact de la crise sanitaire (covid-19), l'Institut polaire français a été amené à réduire ses capacités de soutien aux projets pour la saison 2023-2024.



© THIBAUT VERGOZ

**100**  
PROJETS INITIAUX



**92**  
ÉVALUÉS PAR  
le CPST

-Conseil des programmes  
scientifiques et techniques-

**7**  
ÉVALUÉS PAR

**l'ESA**  
-European Space Agency-  
**l'Institut polaire  
français**  
et  
**le PNRA**  
-Programma Nazionale di  
Ricerche in Antartide-

**1**  
ÉVALUÉS PAR  
l'Europe



**76**  
PROJETS  
MIS EN OEUVRE

Arctique  
Antarctique  
Subantarctique

## NOUVEAUX PROJETS | ARCTIQUE

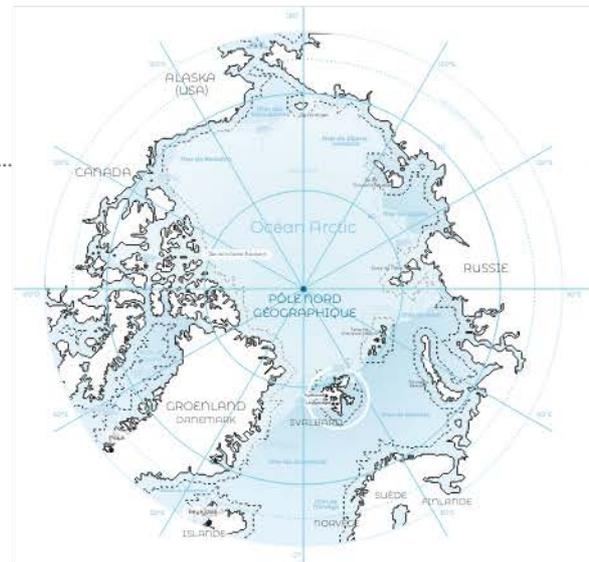
UNIVERS &amp; VIE

## REFUGE-ARCTIC

 Ardyna Mathieu

 CANADA

N°1278



## La mer de Lincoln, dernier refuge de l'océan Arctique en pleine mutation

**L'Océan Arctique (OA) est un élément clé du climat terrestre, agissant comme un réfrigérateur en contribuant à ~10% à la pompe à carbone océanique globale. Sa remarquable capacité à absorber le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) de l'atmosphère provient de ses eaux froides qui favorisent la dissolution du CO<sub>2</sub> et de ses plateaux continentaux très productifs qui aident à séquestrer le carbone.**

Cependant, l'OA se réchauffe à un rythme sans précédent et les conséquences locales et mondiales de son évolution rapide restent incertaines. Au cours des 40 dernières années, l'étendue de la glace de mer de l'OA a diminué de 10-15% par décennie, et la glace pluriannuelle (ayant survécu à au moins un été, excédant généralement 1,5 mètres) a diminué de 70 % sur cette même période, mettant en péril tout un écosystème dépendant de la glace de mer.

"The Last Ice Area" (LIA), considérée comme le dernier sanctuaire de glace de mer pluriannuelle, est située au nord du Canada et du Groenland. La LIA inclut la Mer de Lincoln, qui abrite des écosystèmes endémiques uniques dépendant de la glace de mer. Les propriétés physiques, chimiques et biologiques de la Mer de Lincoln sont très mal connues.

Porté par une initiative franco-canadienne (LRI Takuviq-ISTERRE-DFO), le projet REFUGE-ARCTIC vise à améliorer notre compréhension de la façon dont le changement global influence l'écosystème et les

cycles biogéochimiques de l'OA en s'appuyant sur ce refuge emblématique du changement climatique, la Mer de Lincoln. Ce consortium mènera des camps de glace dans cette région inconnue. La glace de mer, son hydrographie, les cycles biogéochimiques, les nutriments, ainsi que les écosystèmes marins seront documentés simultanément.

Cette initiative, en plus d'établir une base de référence complète, nous permettra d'étudier les processus clés liés aux changements passés, présents et futurs induits par le climat : par exemple, l'augmentation des échanges entre l'océan et l'atmosphère, la diminution de l'étendue et de l'épaisseur de la glace de mer, l'augmentation des apports d'eau douce, les changements de température de l'eau.

REFUGE-ARCTIC contribuera à renforcer la conservation de cette région fragile en aidant :

1. À créer une aire marine protégée permanente soutenue par le Conseil de l'Arctique.
2. À poursuivre et à établir de nouveaux partenariats scientifiques avec les communautés inuites et les parties prenantes.
3. À augmenter la communication auprès du grand public et des jeunes générations sur l'importance, le caractère unique, la beauté et le rôle planétaire de ces fascinants environnements menacés avec le support de réalisations artistiques, entre autres.

## PROTERO-LITHO 2

.....  
👤 **Geoffroy Laurent**

📍 GROËNLAND SUD-OUEST

N°1256  
.....

### La lithosphère continentale au Méso-Protérozoïque : l'exemple du rift de Gardar

**Le projet PROTERO-LITHO a comme principal objectif de caractériser les propriétés mécaniques de la lithosphère continentale à un stade relativement précoce de la Tectonique des Plaques.**

Au sud du Groenland, la province magmatique de Gardar expose un système de rifts intracontinentaux datés du Protérozoïque moyen (~1,3 à 1,1 10<sup>9</sup> ans). Ce système remarquable, peu érodé et exposé dans sa géométrie initiale, déforme une croûte plus ancienne homogène pétrologiquement (granodiorites foliées), d'âge Protérozoïque inférieur. Il présente des caractères inédits relativement aux rifts plus récents d'âge Phanérozoïque, comme l'intrusion de dykes mafiques géants, dont l'épaisseur peut atteindre 600 m. Cette épaisseur est 30 à 200 fois plus

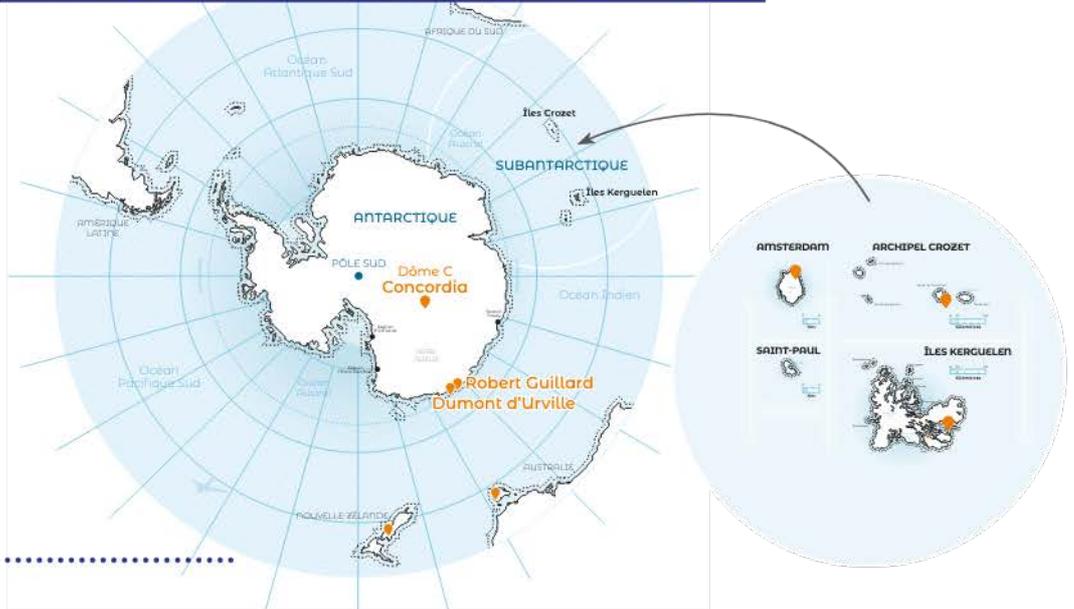
forte que celle observée dans les systèmes volcaniques actifs ou récents. Ceci suggère que la rhéologie de la lithosphère continentale au Proterozoïque était différente de celle des lithosphères actuelles.

Nous proposons d'imager en 3D cette lithosphère au niveau du rift sud de Gardar et de caractériser le mode d'injection et de dilatation des dykes géants.

Notre objectif final est d'inverser ces résultats en terme de rhéologie de la croûte et de la lithosphère continentale protérozoïque. Cette étude, pluridisciplinaire et internationale, contribuera à contraindre l'évolution des propriétés thermomécaniques de la lithosphère continentale dans le contexte du refroidissement progressif de la Terre interne.



## NOUVEAUX PROJETS | ANTARCTIQUE &amp; SUBANTARCTIQUE



UNIVERS

LEGACI

 Savarino Joël

 CONCORDIA

N°1285

## Grande extraction de gaz et de composés de la glace

**Notre projet consisterait à forer deux carottes de glace peu profondes de 10 cm de diamètre jusqu'à ≈300 m de profondeur à Dôme C, en Antarctique, en collaboration avec l'Université de Rochester (US).**

L'air piégé serait extrait de la majeure partie de la glace, sur place, immédiatement après le forage. L'anomalie isotopique de l'oxygène du monoxyde de carbone ( $\Delta 17\text{O}$  du CO), le carbone 14 du CO ( $14\text{CO}$ ) et le méthane ( $14\text{CH}_4$ ) seraient analysés dans les échantillons d'air extraits. Le  $\Delta 17\text{O}$  du CO sera utilisé pour étudier la capacité oxydante passée de l'atmosphère, les mesures du  $14\text{CO}$  seront interprétées à l'aide d'un modèle de production in situ de  $14\text{C}$  cosmogénique dans le névé et la glace et utilisées pour examiner l'histoire du flux de rayons cosmiques galactiques (GCR) au cours des 7000 dernières années. Les mesures du  $14\text{CH}_4$  seront interprétées à l'aide d'un modèle atmosphérique à 1 boîte et utilisées pour limiter la contribution du méthane géologique, du pergélisol et des hydrates de méthane marins au bilan de méthane de l'Holocène. L'eau de fonte obtenue lors de l'extraction du gaz sera filtrée afin de recueillir des micrométéorites pour documenter leur flux au cours de l'Holocène.

Certaines sections des carottes de glace seront conservées pour les nucléides cosmogéniques du

$10\text{Be}$ , de  $^{26}\text{Al}$  et du  $^{36}\text{Cl}$  afin d'étudier leurs taux de production dans l'atmosphère. L'interprétation de ces nouveaux enregistrements de  $10\text{Be}$ ,  $^{26}\text{Al}$  et  $^{36}\text{Cl}$  incorporerait les résultats des mesures in situ du  $14\text{CO}$  et du  $14\text{CO}_2$  dans la même carotte de glace, afin d'utiliser la nouvelle reconstruction du flux de rayons cosmiques galactiques, fournissant, à son tour, une meilleure reconstruction de l'irradiance solaire au cours de l'Holocène. Il est à noter que les carottes de glace sont les seules à permettre de mesurer les nucléides cosmogéniques produits in-situ et dans l'atmosphère, il n'y a rien d'équivalent. L'avantage est qu'aucune hypothèse n'est faite sur les âges et que chaque valeur du flux de rayons cosmiques galactiques basée sur les mesures de  $14\text{CO}$  et  $14\text{CO}_2$ , peut être directement utilisée pour la reconstruction solaire déduite des données de  $10\text{Be}$ ,  $^{26}\text{Al}$  et  $^{36}\text{Cl}$ .

Une utilisation optimale des carottes de glace est prévue, de nombreux laboratoires, dont nos collègues français (A. Landais, LSCE, E. Capron, IGE) et italiens (M. Vecchiato, U. Venice, R. Traversi, U. Firenze, B. Delmonte, U. Milano-Bicocca), travailleront sur ces deux nouvelles carottes de glace, pour des études sur la composition isotopique de  $\text{O}_2$  et  $\text{N}_2$ , sur le contenu en gaz, sur les composés organiques, sur la poussière et sur le sel marin bromé.

## ADAPTICE

.....  
👤 **Nicolas Michel**

📍 **DUMONT D'URVILLE**

N°1273  
.....

### **ADAPTATION psychophysique aux situations de la ICE atmosphérique en région sub-antarctique**

**Thème de recherche fondamental en science depuis Darwin, l'adaptation est plus que jamais devenue une question centrale avec les changements climatiques, environnementaux et sociétaux actuels qui bouleversent l'équilibre des relations entre l'homme et son environnement. L'objectif de ce nouveau programme interdisciplinaire et international est d'étudier les processus d'adaptation psychologique et physiologique aux environnements de la ICE.**

Ce programme s'appuie sur les études antérieures de l'équipe candidate qui possède une expérience scientifique significative dans le domaine de la recherche sur les environnements extrêmes. Dans la continuité de notre précédent projet de recherche ICE-Q avec l'ESA et l'IPEV, les objectifs spécifiques de cette proposition sont les suivants :

**1. Confirmer la structure factorielle du questionnaire ICE-Q et proposer une version courte et numérique de l'ICEQ afin de développer un outil spécifique et prédictif pour l'évaluation des Processus d'Adaptation Psychologique (PAP) dans les ICEs.** Mais aussi d'étudier les différences sociodémographiques, de statut professionnel, de genre et de culture liées à l'adaptation.

Le questionnaire ICE-Q, unique en son genre, que nous avons validé dans le cadre de notre précédent projet de recherche, englobe quatre domaines clés de l'adaptation psychologique et offre une mesure unique qui pourrait faciliter la cohérence des mesures dans les différents environnements des CIE tels que les missions spatiales de longue durée, l'hivernage dans les régions polaires, les missions sous-marines, la navigation en solitaire, la plongée profonde, l'alpinisme, les sites de surveillance météorologique et autres, et certaines missions militaires. L'ICE-Q pourrait être intégré au suivi médical à long terme (LTMS) et au suivi psychologique en tant qu'indicateur d'adaptation et aide au diagnostic et à l'intervention.

**2. Examiner l'évolution dans le temps des 4 grandes dimensions du PAP (occupationnel, social, émotionnel et physique).**

Une attention particulière sera consacrée à :

- La dimension professionnelle, beaucoup moins étudiée dans la littérature malgré son rôle important dans l'adaptation et le fait que les hivernants (scientifiques, personnel) ont un programme de travail important à réaliser.

- La dimension sociale qui s'est avérée être l'une des plus touchées par les situations de ICE.

Très peu d'études, si ce n'est aucune, ont conjointement étudié l'impact des environnements ICE sur ces dimensions professionnelles, sociales, émotionnelles et physiques, les 4 grandes dimensions du PAP pendant un hivernage.

**3. Examiner les relations entre les dimensions du PAP et les variables psychologiques impliquées dans l'adaptation,** y compris :

- Les traits psychologiques : traits de personnalité, résilience et mécanismes de défense,
- Les états psychologiques : stress perçu et contrôle, processus émotionnels (intensité et direction des émotions, intelligence émotionnelle et régulation),
- Variables sociales et professionnelles : leadership, cohésion, soutien social, demande psychologique, latitude décisionnelle, activité contre-productive, qualité du travail,
- Bien-être et performance,
- Leurs résultats en matière de genre et de culture,
- Et, si elles sont disponibles, les mesures standard d'isolement (ISM) et le suivi médical à long terme (LTMS) ou des données physiologiques provenant d'autres projets, afin d'examiner les relations entre les dimensions du PAP et leurs marqueurs physiologiques et biologiques concomitants impliqués dans l'adaptation.

De nombreuses recherches restent à mener dans une approche interdisciplinaire pour mieux comprendre la complexité de l'adaptation d'un point de vue psychologique. La méthodologie utilisée pour la conception de la recherche est une approche mixte qui englobe à la fois des approches quantitatives (questionnaires) et qualitatives (entretiens et journaux individuels). Bien que l'influence mutuelle de ces facteurs socio-environnementaux et professionnels sur les variables individuelles soit reconnue comme une clé cruciale de l'adaptation, peu de protocoles ont étudié ces relations et leur dynamique au cours de situations de ICE écologique à long terme, ce qui pourrait ensuite être fourni aux données du LTMS pour mieux évaluer l'adaptation pendant les hivernages.

## UNIVERS

## BIOMASS Cal/Val

.....  
 👤 Jørgen Dall & Le Meur Emmanuel

📍 CONCORDIA

N°992301  
 .....

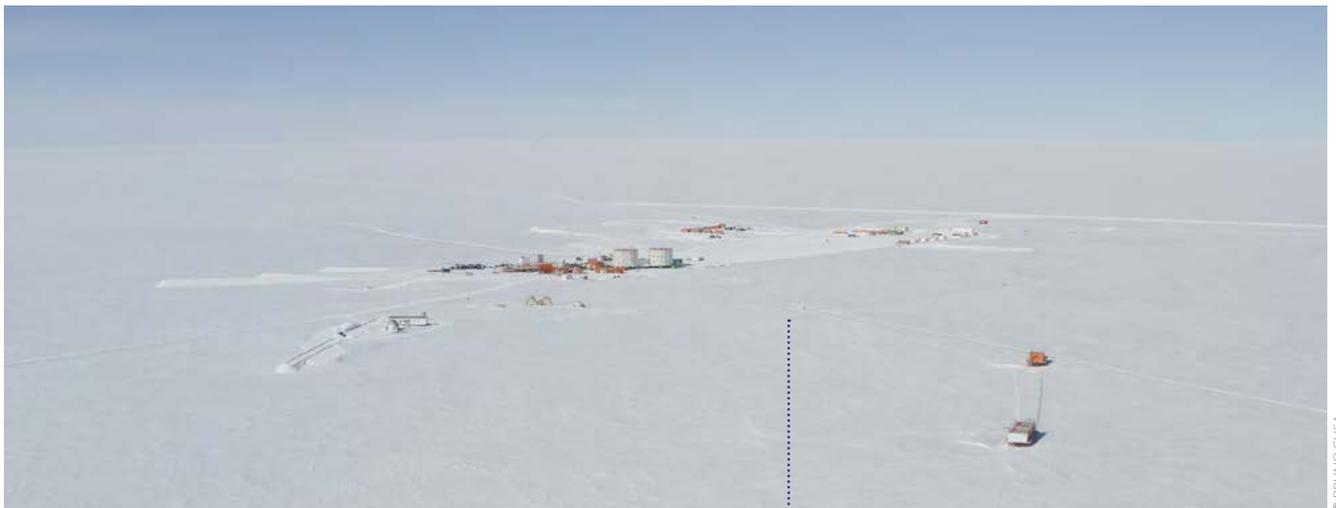
## POLARIS campagne antarctique

Dans le cadre du programme Earth Explorer 7 de l'ESA, le lancement de la mission spatiale BIOMASS est prévu début 2025, laquelle mission s'appuiera sur les résultats d'une mission aéroportée préalable durant la campagne 2024/25 en Antarctique.

Le capteur BIOMASS est un radar à synthèse d'ouverture (SAR) dans la bande P, ainsi la pré-campagne fera usage du radar POLARIS, lui aussi un SAR bande P, mais qui peut en plus être configuré en mode sondeur pour la glace. Les données POLARIS

seront acquises sur la région de Dôme C et sur le Cook ice shelf avec pour but d'estimer (1) le potentiel qu'offre la calotte glaciaire pour calibrer la mesure BIOMASS et (2) la faisabilité de la mesure de la topographie basale des ice shelves en mode tomographie SAR.

Plus généralement, la bande P doit apporter des informations glaciologiques supplémentaires du fait de sa meilleure capacité de pénétration dans le névé et la glace comparée aux fréquences précédemment utilisées à partir de l'espace.



© BRUNO CUSA

Concordia est l'une des trois seules stations implantées à l'intérieur du continent antarctique. C'est un lieu important pour l'observation sismique et géomagnétique de notre planète.

## BIOMÉDICAL

## RELATIVITY

.....  
 👤 Bailey Damian

📍 CONCORDIA

N°992302  
 .....

## Redox-regulation of neurovascular unit function in hypoxia

L'étude intitulée « REdox-reguLAtion of neu-roVascular unIT function in hYpoxia : RELATI-VITY » adopte une approche multidisciplinaire pour mieux comprendre comment le cerveau humain s'adapte au manque d'oxygène et à l'isolement/confinement rencontrés à Concordia.

Cette étude inclut l'imagerie cérébrale grâce à un IRM portable qui a été amené à Concordia pendant la saison d'été 23/24, ce qui implique une logistique difficile. Il s'agit de la première IRM utilisée en Antarctique.

BIOMÉDICAL

## PreGlu

.....  
👤 Heer Martina

📍 CONCORDIA

N°992303  
.....

### Effets des oligosaccharides du lait maternel (HMO) sur le microbiote intestinal, le système immunitaire et le métabolisme des adultes

Les oligosaccharides du lait humain (HMO) sont un composant clé du lait maternel qui soutient le développement du microbiote intestinal des nourrissons et offre une protection contre les infections. Ils ont également des effets immunomodulateurs et peuvent bénéficier à la santé des adultes en favorisant les bactéries bénéfiques, en augmentant les acides gras à chaîne courte (AGCC) et en réduisant l'inflammation.

L'étude PreGlu émet l'hypothèse que la supplémentation en HMO chez les adultes pourrait atténuer les effets négatifs de la microgravité (dans l'espace) et de l'hypoxie (comme à Concordia), tels que l'altération de la fonction immunitaire et de la tolérance au glucose. L'étude implique une augmentation progressive des doses de HMO chez les volontaires, avec des tests réguliers de divers marqueurs de santé tout au long de l'expérience.

BIOMÉDICAL

## SPACE-TIME

.....  
👤 Ogden Ruth

📍 CONCORDIA

N°992304  
.....

### La perception du temps pendant le confinement et l'isolement prolongé

**Le projet SPACE-TIME vise à explorer comment la perception subjective du temps change lors d'une période prolongée d'isolement et de confinement, comme lors d'une expédition à la station Concordia.**

La recherche se concentrera sur cinq objectifs principaux : mesurer comment la perception du temps évolue avec le temps, examiner l'impact de l'humeur

sur ces perceptions, évaluer les effets des distorsions temporelles sur l'humeur et la performance, et utiliser l'analyse thématique pour identifier les circonstances précises et les conséquences de ces distorsions temporelles sur le comportement, les émotions et les interactions sociales. Les données seront recueillies à l'aide de questionnaires mensuels et d'autres mesures enregistrées.



.....  
Ile volcanique aux paysages grandioses, Amsterdam témoigne d'une nature originelle et sauvage.

© CYPRIENGRIGOT

## BIOMÉDICAL

## CHOICEe

.....  
 👤 Chouker Alexander

📍 CONCORDIA

N°992306  
 .....

## Conséquences du confinement à long terme et de l'hypoxie hypobare sur l'immunité dans l'environnement de Concordia en Antarctique

**Les stations polaires, comme la station Concordia, servent d'analogues efficaces pour les missions spatiales de longue durée en raison de leurs stress similaires.**

Des observations issues des expériences sélectionnées par l'ESA (CHOICE I, II et III) menées à Concordia et à la station Neumayer III ont montré que les équipes en hivernage présentent une fonction immunitaire altérée, augmentant leur risque d'infections et de réactions auto-immunes ou aller-

giques. Ces résultats sont en accord avec les rapports de la NASA qui indiquent une augmentation des réactions allergiques chez les membres d'équipage de l'ISS.

L'étude émet l'hypothèse que des conditions d'isolement, de confinement et extrêmes déclenchent ces altérations immunitaires, et vise à approfondir cette hypothèse à travers l'étude CHOICEepidemiology à Concordia.

## UNIVERS

## Obs4Clim-MACA

.....  
 👤 Sellegri Karine

📍 ÎLE AMSTERDAM

N°1274  
 .....

## Observations long terme des propriétés d'intérêt climatique de l'aérosol atmosphérique en région sub-antarctique

**Les aérosols atmosphériques sont une composante importante du système climatique, en interagissant avec les rayonnements solaire et tellurique. Ils servent de noyaux de condensation nuageuse et de noyaux glaçogène, ainsi modifiant les propriétés radiatives des nuages, leur potentiel précipitant et leur temps de vie et répartition spatiale.**

Au-dessus des océans qui constituent la majorité de la surface de l'hémisphère sud, les aérosols sont principalement d'origine marine : ils sont produits en tant qu'embruns ou sont formés par condensation de gaz traces d'origine biogénique.

Les mécanismes d'émission des aérosols marins sont très mal contraints dans les modèles, notamment à

cause du manque de connaissances des interactions avec la biologie marine océanique et le manque d'observations dans des zones géographiques reculées telles que dans l'Océan Austral.

L'objectif de ce projet est d'implémenter des observations des propriétés de l'aérosol pertinentes pour les études climatiques sur une longue période de temps sur la station d'Amsterdam dans le cadre du projet Obs4Clim.

Ces mesures feront de la station une sentinelle du changement climatique qui sera dimensionnée pour héberger, dans le futur, d'autres instruments, notamment pour la réalisation de campagnes intensives plus orientées sur les processus d'interaction océan-atmosphère dans un contexte bien documenté.

# PROJETS DE RECHERCHE EN COURS 2023/2024

**65**  
PROJETS  
EN COURS

**24**  
en ARCTIQUE

**18**  
en ANTARCTIQUE

**15**  
en SUBANTARCTIQUE

**8**  
en ANTARCTIQUE  
& SUBANTARCTIQUE

## Zone Arctique

### SCIENCE DE LA VIE

330	<b>ORNITHO-ENDOCRINO</b>	Conséquences physiologiques et démographiques de l'exposition aux contaminants chez des oiseaux de mer de l'Arctique.
388	<b>ADACLIM</b>	Adaptations des oiseaux marins de l'Arctique aux contraintes environnementales dans le contexte des changements climatiques.
1036	<b>INTERACTIONS-PACS</b>	INTERACTIONS - projet à long terme : Un projet circumpolaire conjoint pour mesurer et prédire les impacts en cascade de la " Trophique indirecte dans les communautés de vertébrés terrestres arctiques ".
1162	<b>SexualRepro Arctic</b>	Stratégies de reproduction chez un oiseau arctique génétiquement monogame.
1190	<b>MAD FOOD 2</b>	Devenir de la matière détritique issue des macroalgues dans les écosystèmes polaires côtiers - Phase 2.
1192	<b>MicroLife 2</b>	Micro-organismes vivant dans l'Arctique.
1210	<b>IVORY-2</b>	À la recherche de la mouette blanche : une espèce sentinelle du changement climatique dans les zones les plus menacées et les plus reculées du Groenland - Phase 2.
1248	<b>ARCTOS2</b>	Effets de multiples facteurs environnementaux sur les organismes et communautés benthiques arctiques.

## SCIENCE DE L'HOMME

1080	<b>ENCHAINEC</b>	Changements environnementaux et activité humaine dans le nord-est du Canada (Nunavik et Labrador) au cours du dernier millénaire.
1213	<b>IMob-Ed</b>	Mobilité Inuit et éducation.
1217	<b>PaletthnoAK</b>	Approche paléthnologique des chasseurs-cueilleurs préhistoriques de la forêt boréale en Alaska.
1241	<b>HERMAN</b>	Herman d'Alaska. Un saint au coeur de multiples revendications.

## SCIENCE DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

1042	<b>ESCAPE-Arctic 3</b>	Rétroactions Ecosystèmes-Neige-Climat-Pergélisol - Phase 3.
1108	<b>PRISM-2</b>	Observation de la cryosphère (permafrost, géomorphologie, neige et glace) dans le bassin glaciaire du glacier Austre Lovén.
1126	<b>ARCSNOW-2</b>	Interactions à long terme entre la neige et l'atmosphère dans l'Arctique - Phase 2.
1216	<b>EVEXTREMIS</b>	Étude de l'impact des événements extrêmes sur les changements morpho-sédimentaires des littoraux sablo-graveleux de l'ouest de l'Islande.
1244	<b>OPTIMISM-SAT</b>	Observation des processus ayant un impact sur le bilan massique de la glace de mer à partir de mesures in situ - Validation SATellite.
1255	<b>SeMPER O18</b>	Mesure en continu sur le long terme (Semper) des isotopes de la vapeur d'eau et des précipitations (O18) à l'est du Groenland.
1264	<b>ICETEPHRA</b>	Tephra des éruptions sous-glaciaires.
1266	<b>PARI</b>	Datation des glissements paraglaciers en Islande.
1268	<b>Bio-SENTINEL</b>	Bio-SENTINEL - Utilisation des microbiomes pour aider à déterminer l'impact de la disparition de la glace de mer sur le climat et les cycles biogéochimiques du Nord Atlantique.

## PLURIDISCIPLINAIRES

1263	SCIENCE DE LA VIE SCIENCE DE L'HOMME <b>AWG 2023</b>	Les Jeux d'hiver de l'Arctique 2023 - Jeunesse, culture et environnement arctiques.
1148	SCIENCE DE L'HOMME SCIENCE DE L'UNIVERS <b>DESIGN2</b>	Géomorphologie des dynamiques de versants et vulnérabilité au Nunavik, Canada.
1223	SCIENCE DE LA VIE SCIENCE DE L'UNIVERS <b>KONBHAS</b>	Nouveaux habitats benthiques du Kongsfjorden.

# Zone Antarctique

## SCIENCE DE LA VIE

- |      |               |  |
|------|---------------|--|
| 1091 | <b>LAMMER</b> | Les manchots Adélie bioplateformes de l'environnement marin.       |
| 1182 | <b>ASSET</b>  | Les phoques de l'Antarctique et l'environnement des glaces de mer. |

## SCIENCE DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

- |        |                                       |   |
|--------|---------------------------------------|---|
| 411    | <b>GLACIOCLIM-SAMBA</b>               | Les Glaciers, un Observatoire du Climat - Bilan de Masse de Surface de l'Antarctique.   |
| 694    | <b>SURVOSTRAL</b>                     | SURVeillance de l'Océan auSTRAL   |
| 910    | <b>HAMSTRAD</b>                       | Radiomètres Micro-ondes Stratosphérique et Troposphérique pour la mesure de la vapeur d'eau en Antarctique.   |
| 1013   | <b>CALVA-ACDC</b>                     | Données in situ pour la CALibration et la VALidation des modèles météorologique et de climat et de la télédétection satellitale, depuis la côte de Terre Adélie jusqu'au Dôme C.                              |
| 1066   | <b>ASTEP+</b>                         | ASTEP+ : Un observatoire des exoplanètes en Antarctique.  |
| 1110   | <b>NIVO</b>                           | Evolution de la neige en Antarctique dans un climat en changement.  |
| 1202   | <b>SUBGLACIOR - BE-OI</b>             | Essais de la sonde SUBGLACIOR.  |
| 1205   | <b>ADELISE</b>                        | Mieux contraindre l'évolution du bilan de masse et l'évolution récente du climat et du cycle hydrologique en Terre Adélie et à l'île d'Amsterdam via l'apport des isotopes de l'eau.                          |
| 1214   | <b>SEIS-ADELICE</b>                   | Monitoring sismologique de la dynamique glaciaire en Terre Adélie, Est-Antarctique.   |
| 1251   | <b>AWACA</b>                          | Cycle de l'eau atmosphérique au-dessus de l'Antarctique, passé, présent et futur.   |
| 1253   | <b>Hodeglace</b>                      | Déglaciation Holocène en Terre Adélie à partir de datations cosmogéniques $^{10}\text{Be}$ .  |
| 1262   | <b>SOCISSE</b>                        | Les changements de surface dans l'Océan Austral révélés par les isotopes : évolution de la salinité estivale.   |
| 992305 | <b>BEOI - Beyond Epica Oldest Ice</b> | Obtention d'informations quantitatives à haute résolution sur les carottes de glace concernant les changements climatiques et environnementaux survenus au cours des 1,5 derniers millénaires en Antarctique. |

## SCIENCE DE L'HOMME

- 1237 **HABIT-ANT ?** Habiter l'Antarctique ? Étude préliminaire : analyse anthropologique et recherche-action participative.
- 1238 **ESBA** Ethnographie d'une base scientifique en Antarctique.

## BIOLOGIE HUMAINE

- 1199 **PAHPA ICE** Activité physique et santé : approche pluridisciplinaire en conditions d'isolement et de confinement.

## BIOMÉDICAL

- 991729 **WINTERBRAIN** Neuroimagerie infrarouge pour l'étude des performances et des fonctions cérébrales pendant un hivernage en Antarctique.

Coupoles des télescopes de Concordia



# Zone Subantarctique



## SCIENCE DE LA VIE

119	<b>ECONERGY</b>	Réponse des oiseaux marins aux changements environnementaux : adaptations et limites physiologiques.
136	<b>SUBANTECO</b>	Biodiversité subantarctique, effets des changements climatiques et des invasions biologiques sur la biodiversité terrestre.
354	<b>ETHOTAAF</b>	Ecologie comportementale des oiseaux subantarctiques.
394	<b>OISEAUX PLONGEURS OIPLO</b>	Ecologie Alimentaire des Oiseaux Plongeurs et Variabilité Climatique.
1044	<b>PROTEKER</b>	Impact du changement global sur les habitats marins côtiers des Iles Kerguelen. Etablissement d'une ligne de base pour le suivi écologique et génétique, la protection et la conservation.
1116	<b>PlantADAPT</b>	Adaptation des plantes subantarctiques au changement climatique et dynamique et trajectoires sol-plante.
1151	<b>ECOPATH</b>	Circulation d'agents infectieux en sub-Antarctique dans les populations de vertébrés coloniaux : surveillance, compréhension des processus et implications pour la gestion.
1201	<b>CYCLELEPH</b>	Cycle de vie des éléphants de mer austraux : adaptations énergétiques, physiologiques et comportementales aux contraintes environnementales.
1231	<b>SEKMET</b>	Diversité des communautés microbiennes des écosystèmes géothermiques de Kerguelen et Saint-Paul, analogues d'environnements extraterrestres.

## SCIENCE DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

416	<b>SNO-AMS / ICOS-France</b>	Evolution des concentrations des gaz à effet de serre à l'île d'Amsterdam.
1028	<b>GMOSTral 4</b>	Une contribution aux observations mondiales du mercure dans les terres australes françaises.
1077	<b>TALISKER</b>	Transferts de fluides et de magmas à travers la lithosphère de Kerguelen.
1165	<b>AERONET</b>	Surveillance des aérosols à l'aide d'un photomètre solaire sur l'île d'Amsterdam (station AERONET/PHOTONS).
1239	<b>LISISKER</b>	Etude des structures de la lithosphère et de la sismicité de Kerguelen.

## PLURIDISCIPLINAIRES

1184	SCIENCE DE LA VIE SCIENCE DE L'UNIVERS <b>BINGO2</b>	Biodisponibilité du fer contenu dans les nanoparticules d'origine glaciaire.
------	--	--

# Zone Antarctique & Subantarctique

## SCIENCE DE LA VIE

109	<b>ORNITHOECO</b>	Oiseaux et mammifères marins sentinelles des changements globaux dans l'océan austral.
137	<b>ECOPHY - ANTAVIA</b>	Stratégies adaptatives et dynamique spatio-temporelle des populations de prédateurs marins face aux changements rapides de leur environnement.

## SCIENCE DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

133	<b>SISMOLOGIE/OBS</b>	GEOSCOPE - EOST : Observatoire Sismologique Global
139	<b>GEOMAGNETISM/OBS</b>	Cinq observatoires magnétiques français des Terres Australes et d'Antarctique (Amsterdam, Crozet, Concordia, Dumont d'Urville et Kerguelen).
209	<b>NDACC Antarctica</b>	NDACC Antarctique
227	<b>RAYCO</b>	Observation de la composante nucléonique du rayonnement cosmique.
688	<b>NIVMER</b>	NIVeau de la MER
1177	<b>CAPOXI 35-75</b>	Capacité oxydante de l'atmosphère 35-75°S.

---

**Directeur de la publication**

Yan Ropert-Coudert

**Directeur Coordination**

Aude Sonneville

*Département communication et médiation scientifique  
de l'Institut polaire français*

**INSTITUT POLAIRE FRANÇAIS PAUL-ÉMILE VICTOR**

Technopôle Brest-Iroise CS 60 075

29280 Plouzané | France

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

Tel. +33 (0)2 98 05 65 00

---

**Graphisme & mise en page**

Paulina Wiśniewska @ Studio Cerisegriotte

**Illustrations couverture**

Liz Hascoët

**Infographie p.10-11 et toutes cartes des régions polaires**

Gévodan Design graphique

**Dessins manchots p. 60-61**

Jeanne Gourves

**Pictogrammes divers**

Adobe Stock

---

ISBN 2-910180-89-1





© MARIE DÉTRÉE

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

