



HAL
open science

Concordia : une station scientifique dans le froid extrême de l'Antarctique

Philippe Ricaud, Aude Sonneville

► **To cite this version:**

Philippe Ricaud, Aude Sonneville. Concordia : une station scientifique dans le froid extrême de l'Antarctique. *La Météorologie*, 2023, 123, pp.059. 10.37053/lameteorologie-2023-0095. hal-04297097

HAL Id: hal-04297097

<https://hal.science/hal-04297097>

Submitted on 29 Dec 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Concordia : une station scientifique dans le froid extrême de l'Antarctique

Philippe Ricaud^{1*}, Aude Sonnevile²

1. Centre national de recherches météorologiques, Météo-France / CNRS, Toulouse

2. Département Communication et médiation scientifique, Institut polaire français, Plouzané

Résumé

La station Concordia (75,1° S ; 123,35° E) est située sur le plateau antarctique oriental à 3 233 mètres d'altitude et à peu près 1 100 km de la côte. Ouverte en 2005, elle est cogérée par la France (Institut Paul-Émile Victor, Ipev) et l'Italie (Programme national antarctique italien, PNRA). Comme les stations américaine Amundsen-Scott du pôle Sud et russe de Vostok à l'intérieur du continent, elle est ouverte toute l'année. Du fait de sa situation exceptionnelle, de nombreux projets scientifiques y sont déployés, notamment sur les sciences de l'univers (météorologie, climatologie, glaciologie, astronomie, géophysique, etc.) et la biologie médicale liée à l'altitude élevée, aux températures extrêmes, au confinement, etc. Ces projets exigent une organisation logistique exceptionnelle au sein du « système Concordia » : 1) la station Robert Guillard sur la côte continentale au voisinage de la station Dumont d'Urville, 2) les raids logistiques terrestres de Robert Guillard à Concordia et 3) Concordia. Une rénovation et des actions pour réduire son empreinte carbone sont planifiées pour les années à venir afin que la station reste une vigie dans les questionnements clés des sciences de l'univers, du climat et des activités biomédicales liées aux vols habités interplanétaires.

Abstract – The Concordia Antarctic station

The Concordia Station (75,1° S; 123,35° E) is located on the East Antarctic Plateau at an altitude of 3 233 m and approximately 1 100 km from the coast. Opened in 2005, it is co-managed by France (Paul-Émile Victor French Polar Institute, Ipev) and Italy (Italian National Antarctic Program, PNRA). Like the American Amundsen-Scott South Pole and Russian Vostok stations inside the continent, it is open all year round. Due to its exceptional location, numerous scientific projects are deployed there, particularly on the sciences of the universe (meteorology, climatology, glaciology, astronomy, geophysics, etc.) and medical biology linked to high altitude, extreme temperatures, confinement, etc. These projects require an exceptional logistical organization within the "Concordia System": 1) the Robert Guillard station on the continental coast near the Dumont d'Urville station, 2) logistical traverses from Robert Guillard's station to Concordia, and 3) Concordia. A renovation and actions to reduce its carbon footprint are planned for the years to come so that the station remains a lookout in key questions in the sciences of the universe, climate and biomedical activities linked to interplanetary manned flights.



Lâcher de ballon météo. Photo : Philippe Ricaud.

*philippe.ricaud@meteo.fr

L'Antarctique est un continent situé autour du pôle Sud et entouré par l'océan Austral dont la limite nord est fixée au 60° parallèle sud. Il couvre une superficie de plus de 14 000 000 km², qui double en hiver avec la banquise se formant jusqu'à 800 km du rivage. Le continent est divisé en deux par la chaîne transantarctique située près de la péninsule antarctique entre la mer de Ross et la mer de Weddell. La partie faisant face aux océans Atlantique et Indien est appelée Antarctique orientale ; elle forme un plateau recouvert de glace d'environ 10 millions de km² et culmine à 4 030 mètres environ au centre du plateau. L'Antarctique occidentale comprend la péninsule antarctique, qui remonte vers le Chili, où se trouve la majeure partie de la surface non englacée du continent et qui est entourée de nombreuses îles. Environ 98 % de l'Antarctique est couvert par l'inlandsis¹

d'une épaisseur moyenne de 1,6 km. Le massif Vinson, point culminant de l'Antarctique avec 4 892 mètres d'altitude, est situé dans les monts Ellsworth.

L'épaisseur moyenne de l'inlandsis est de 1 300 mètres en Antarctique occidental et de 2 200 mètres en Antarctique oriental. Son épaisseur maximale approche les 5 000 mètres. Il est alimenté par les chutes de neige qui sont plus importantes sur les régions côtières. Les précipitations à l'intérieur du continent sont inférieures de moitié à celles reçues par les déserts les plus chauds. Année après année, la neige s'accumule et se transforme en glace compacte. Sous l'effet de cette surcharge et de la gravité, la glace s'écoule du centre de la calotte vers la périphérie du continent. Ces déplacements, très faibles au centre

1. Glacier continental très étendu, appelé aussi calotte polaire.

de l'inlandsis, quelques dizaines de centimètres par an, sont plus rapides, de l'ordre de la centaine de mètres par an, pour les grands glaciers qui, au niveau de la côte, drainent vers l'océan les glaces continentales.

La station Concordia

Le projet d'une nouvelle station de recherche au Dôme C a été initié par les Expéditions polaires françaises (EPF) dans les années 1980. L'étude initiale, comprenant les installations nécessaires, le système de transport et le camp de base côtier, fut achevée en 1991. À cette époque, le Programme national antarctique italien (PNRA) exprima son intérêt pour le développement de la recherche scientifique et technologique en Antarctique et pour la participation au projet Dôme C. L'intérêt de collaborer à un tel projet était évident et un

accord a été signé le 9 mars 1993 entre le PNRA et l'IFRTP (Institut français de recherche et technologie polaire) ancien nom de l'Institut polaire français (encadré 1) issu de la fusion des EPF et de la mission scientifique des Terres australes et antarctiques françaises (Taaf). Cet accord établit les deux opérateurs nationaux comme partenaires égaux dans la construction et l'exploitation de la station de Dôme C, appelée Concordia.

L'installation sur le Dôme C commence lors de la saison 1998-1999 et se poursuit pendant plusieurs campagnes d'été pour l'acheminement des 3 000 tonnes de matériel et la construction de la station. Le premier hivernage aura finalement lieu en 2005. Il permettra de mettre au point les fonctions techniques de la station, la mise en service de l'unité de traitement des eaux notamment et de valider les qualités astronomiques du site.

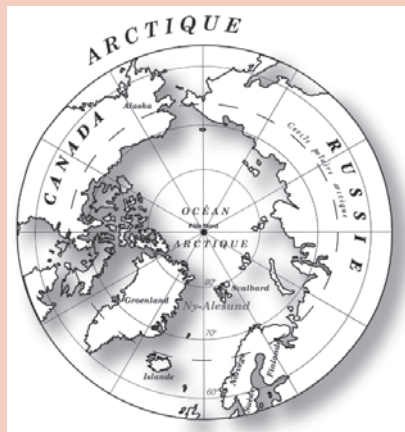
Concordia est construite sur le site du Dôme C, sur une calotte glaciaire de 3 233 m d'épaisseur qui permet, à travers des carottages de glace, de retracer le climat terrestre des années passées. Le forage Epica a permis de lire le climat des 800 000 dernières années et les prochains carottages (Beyond Epica) visent à dépasser le million d'années. En plus de son altitude élevée, la faible humidité de l'air, les faibles pollutions lumineuse et atmosphérique font d'elle un site idéal pour l'astronomie et les études de physico-chimie de l'atmosphère.

La France et l'Italie ont signé un accord de coopération scientifique pour leurs activités de recherche en Antarctique et notamment l'exploitation de la station Concordia. Les Italiens ont principalement la charge de l'acheminement du matériel et du personnel par voie aérienne et les télécommunications, tandis que les Français gèrent, entre autres,

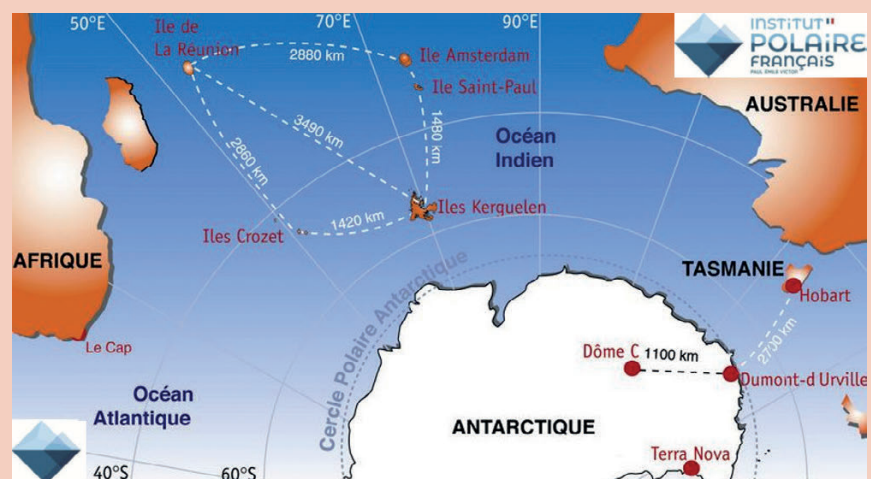
1. L'Institut polaire français

L'Institut polaire français Paul-Émile-Victor (Ipev) a le statut de groupement d'intérêt public et a pour vocation la mise en œuvre de projets scientifiques, dans des milieux dont les spécificités (climat, isolement, etc.) rendent nécessaires des compétences et technologies adaptées. Il est situé à Plouzané, à proximité de Brest, où une cinquantaine de permanents sont présents en moyenne, à l'intérieur d'un site géré par l'Ifremer. L'Ipev sélectionne des projets scientifiques : les chercheurs sont invités à déposer des projets qui sont évalués sur des critères d'intérêt scientifique, de calendrier et de coûts par le Conseil des programmes scientifique et technologiques polaires (CPST) et de faisabilité par les équipes de l'Institut. Le conseil d'administration valide ensuite la liste des projets sélectionnés suivant les notes données par le CPST et l'Institut finance ensuite ces projets.

L'Institut polaire français est implanté sur trois zones géographiques.



Localisation de Ny-Ålesund (figure issue de la page web de l'Institut).



Les îles subantarctiques, Dumont d'Urville et le Dôme C (figure issue de la page web de l'Institut).

En Arctique, à Ny-Ålesund, village scientifique international situé dans le nord-ouest du Svalbard, l'Ipev dispose d'infrastructures permettant la réalisation de projets de recherche. L'Institut allemand Alfred Wegener pour la recherche polaire et marine (AWI) et l'Ipev exploitent une station de recherche commune franco-allemande appelée Awipev.

La France possède également trois groupes d'îles subantarctiques situés à la limite des océans Indien et Austral : Crozet, Kerguelen et Amsterdam-Saint-Paul. Ces îles organisées en trois districts ont le statut de territoire d'outre-mer. La représentation de l'État est assurée par l'administration des Terres australes et antarctiques françaises (Taaf). Une base est présente dans chacun de ces districts, sans population permanente.

En Antarctique, Dumont d'Urville est la station historique française. Ouverte en 1956, Dumont d'Urville porte le nom du premier Français à avoir posé le pied en Antarctique. L'île des

Pétrels, sur laquelle la station fut construite, se situe sur la côte de la terre Adélie, un territoire administré par les Taaf. La station Robert Guillard est localisée sur le continent antarctique et sert essentiellement de station de départ des expéditions terrestres vers Concordia. Elle fait par conséquent partie du « système Concordia ».

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. Il noue des partenariats internationaux et participe à des réunions internationales de stratégie de la recherche polaire : International Arctic Science Committee, Forum of Arctic research operators, Council of Managers of National Antarctic Programs (Comnap), Scientific Committee on Antarctic Research (Scar), European Polar Board, Traité sur l'Antarctique et Protocole de Madrid.

les expéditions logistiques et le parc de véhicules. Les membres de l'équipe d'hivernage sont donc français et italiens, parfois d'autres nationalités recrutées par l'un des deux pays. Un équilibre est traditionnellement respecté entre les deux pays quant aux programmes scientifiques et au personnel présent sur la station, quelle que soit la saison considérée.

Habitée en continu depuis 2005, c'est l'une des trois stations permanentes installées à l'intérieur du continent, avec la station américaine Amundsen-Scott installée au pôle Sud (90° S ; 0° E ; 2 860 m) et la station russe Vostok (78,47° S ; 106,50° E ; 3 489 m). Elle est à 1 100 km de la station côtière française Dumont d'Urville (66,40° S ; 140,83° E ; 20 m) et à 1 200 km de la station côtière italienne Mario Zucchelli (74,7° S ; 164,12° E ; 15 m). Concordia est située sur le plateau Antarctique Est à 3 233 mètres d'altitude, sur une épaisseur de 4 000 mètres de glace. Du fait de l'altitude et de l'amincissement de la couche atmosphérique au-dessus des pôles, la pression atmosphérique (de l'ordre de 650 hPa) donne une altitude ressentie d'environ 3 500 m.

La température moyenne annuelle à Concordia est de -55 °C. Elle varie entre -20 et -40 °C en été et peut atteindre -80 °C en hiver. Le vent, même très faible (maximum de 8 à 10 m s⁻¹), influence fortement la température ressentie.

La station est composée de deux tours (figures 1 et 2), l'une accueillant les activités « calmes » (chambres, laboratoires, hôpital), l'autre les activités « bruyantes » (cuisine, séjour, salle de sport, ateliers...) et des bâtiments techniques. Pendant les campagnes d'été, une partie du personnel est logée au camp d'été, un ensemble de bâtiments et de tentes situé à 500 mètres de la station. Autour, différents bâtiments hébergent des installations scientifiques. Une occupation nominale de 65 personnes a été fixée durant les campagnes d'été qui durent de début novembre à début février.

La réalisation de la station a fait appel à des concepts architecturaux et technologiques innovants et conformes aux recommandations du traité sur l'Antarctique (encadré 2). Les eaux grises (issues des douches, des baignoires, des lavabos, des lave-linges, des éviers et des lave-vaisselles) sont recyclées par une unité de traitement développée en collaboration avec l'Agence spatiale européenne (ESA). Les eaux



Figure 1. La station Concordia. Photo : Philippe Ricaud, Institut polaire français.

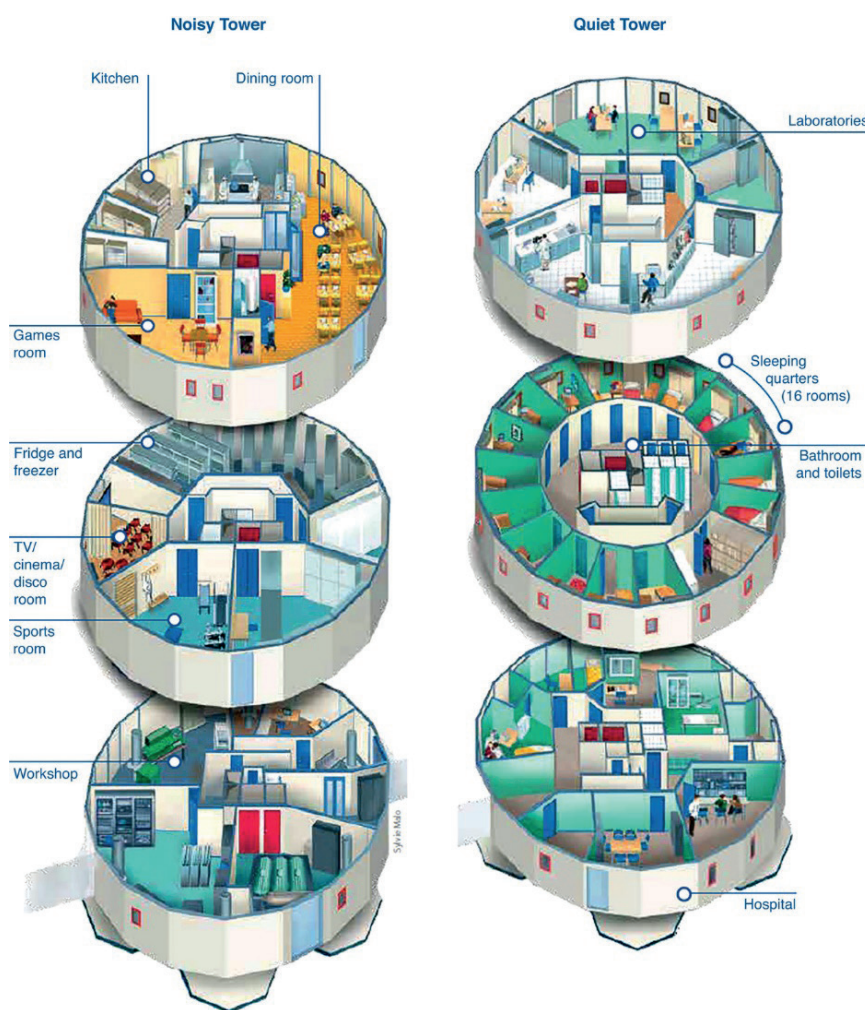


Figure 2. Représentation schématique de la station Concordia (Agence spatiale européenne). Dessin réalisé par Sylvie Malo pour l'Institut polaire français.

noires (issues du réseau d'évacuation des eaux domestiques contenant des sous-produits de la digestion tels que les matières fécales et l'urine) ne sont pas recyclées. Le chauffage est produit par cogénération (production simultanée dans la même installation d'énergie thermique à flamme et d'énergie mécanique) lors du fonctionnement de la centrale électrique à base de fioul. Les déchets organiques sont transformés en

compost par un digesteur, les autres déchets sont triés et reconditionnés pour être retraités à l'extérieur du continent.

Il est intéressant de noter que, vu les contraintes logistiques liées à un trajet d'Europe vers Concordia via entre autres des transports en avion et en bateau, une mission à Concordia revient à presque 3 000 €/jour. Ceci intègre l'ensemble des coûts mobilisés pour

vivre sur le terrain : frais de mission, de recrutement, d'habillement, logistiques, d'hébergement, d'alimentation, de fonctionnement de la station, de fonctionnement médical, et les salaires nécessaires pour faire fonctionner les installations. À titre d'information, en 2022, les coûts mobilisés pour les autres stations sont aux alentours de 400 €/jour en Arctique, 700 €/jour dans le Subantarctique et de 2 000 €/jour à Dumont d'Urville.

Le « système Concordia »

Du fait de sa localisation extrême, la station Concordia ne peut pas être autonome : accès, énergie, ressources humaines, etc. Afin que la station puisse être maintenue ouverte sur toute l'année, un concept (le système Concordia) a été développé essentiellement basé sur la station Robert Guillard et une expédition terrestre reliant 2 à 4 fois par été

Robert Guillard à Concordia. Le fret (nourriture, énergie, logistique, etc.) provenant d'Europe, ainsi que les moyens humains, arrivent à Hobart (île de Tasmanie, Australie), puis atteint la station de Dumont d'Urville via le navire

L'Astrolabe (figure 3). Après une traversée de 5 à 6 jours en moyenne, le fret à destination de Concordia est envoyé sur la station Robert Guillard. Une série de tracteurs spécialement conçus et aménagés pour les contraintes antarctiques



Figure 3. *L'Astrolabe* à quai vu de la station de Dumont d'Urville. Photo : Philippe Ricaud, Institut polaire français.

2. Traité sur l'Antarctique

Le Traité sur l'Antarctique a été signé à Washington le 1^{er} décembre 1959 par les douze pays dont des scientifiques s'étaient livrés à des activités dans et autour de l'Antarctique pendant l'Année géophysique internationale (AGI) 1957-1958. Il est entré en vigueur en 1961. Depuis, un nombre élevé d'autres nations y ont adhéré pour porter à 56 aujourd'hui le nombre total des Parties. Au nombre des dispositions importantes du traité figurent :

Seules les activités pacifiques sont autorisées dans l'Antarctique. (Article premier).

La liberté de la recherche scientifique dans l'Antarctique et la coopération à cette fin... se poursuivront (Article II).

Les observations et les résultats scientifiques de l'Antarctique seront échangés et rendus librement disponibles (Article III).

Parmi les signataires du traité se trouvaient sept pays (Argentine, Australie, Chili, France, Norvège, Nouvelle-Zélande et Royaume-Uni) ayant des revendications territoriales qui se chevauchent parfois. D'autres pays ne reconnaissent aucune revendication. Les États-Unis et la Russie maintiennent une « base de revendication ». Toutes les positions sont explicitement protégées dans l'article IV qui préserve le *statu quo* :

Aucun acte ou activité intervenant pendant la durée du présent Traité ne constituera une base permettant de faire valoir, de soutenir ou de contester une revendication de souveraineté territoriale dans l'Antarctique, ni ne créera des droits de souveraineté dans cette région. Aucune revendication nouvelle, ni aucune extension d'une revendication de souveraineté territoriale précédemment affirmée, ne devra être présentée pendant la durée du présent Traité.



Figure 4. Raid terrestre associé au « système Concordia ». Photo : Pierre Katell, Institut polaire français.



Figure 5. Avion ayant atterri à la station de Concordia. Photo : Philippe Ricaud, Institut polaire français.

tirent alors des containers et des citernes montés sur des sortes de skis sur une dizaine de jours (sur 1 100 km donc en moyenne 100 km par jour) (figure 4). En plus de ce système, des avions gros porteurs (Hercules C-130 ou bien Airbus A319-115LR) peuvent aussi amener du personnel et du matériel (figure 5) : de l'Australie (Hobart) vers une station australienne en Antarctique (Casey) ou de la Nouvelle-Zélande (Christchurch) vers une station américaine (McMurdo) ou italienne (Mario Zucchelli) en Antarctique. Une fois sur le continent antarctique, hommes et cargo sont amenés sur Concordia via des avions plus légers de type Twin Otter DHC-6 (environ 10 places) et Bassler BT-67 (conçu sur la base du Douglas DC-3, environ 18 places).

La science

Le Dôme C a été initialement choisi pour la qualité du ciel favorable aux observations astronomiques en hiver et pour les forages profonds pouvant permettre de retracer l'histoire du climat au-delà des 500 000 dernières années. Les projets scientifiques franco-italiens déployés depuis l'ouverture de la station en 2005 s'articulent autour de thématiques liées aux sciences de l'univers (glaciologie, sismologie, géomagnétisme, météorologie de l'espace, astronomie, météorologie, etc.), aux sciences de la vie (projets biomédicaux), mais ne comprennent, du fait du positionnement de la station, d'étude sur la flore et la faune, irrémédiablement absentes. Les programmes scientifiques peuvent s'insérer dans le cadre d'observatoires labélisés des sciences de l'univers (services nationaux d'observation) et correspondre à des observations sur le long terme ou bien être limités à des campagnes spécifiques (par exemple aéroportées) sur un seul été. Ils peuvent être financés par l'Institut polaire ou par des cofinancements français (Insu, ANR, etc.) et/ou internationaux (ERC, collaborations internationales, etc.). En parallèle, du fait des contraintes extrêmes rencontrées à Concordia, l'ESA finance depuis quelques années des programmes biomédicaux et technologiques. Ainsi, Concordia constitue un site incomparable pour évaluer les techniques et les procédures de futurs travaux sur d'autres planètes et tester l'adaptation de petits groupes d'individus évoluant dans des conditions proches de celles rencontrées dans les engins spatiaux ou les stations orbitales avec des études de suivi physiologique et psychologique.

Glaciologie et paléoclimatologie

Les 3 200 mètres de glace accumulée ont fait l'objet du programme de forage glaciaire européen Epica (European Project for Ice Coring in Antarctica) qui, en permettant la reconstruction du climat des 800 000 dernières années, joue un rôle majeur dans les travaux du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (Giec) sur les changements climatiques à l'échelle planétaire. Les lacs sous-glaciaires, nombreux dans le secteur, offrent également une voie de recherche intéressante. À la suite des études menées pour localiser, à proximité de la station, un site favorable à un forage glaciaire (figure 6), le site de Little Dome C

(LDC) a été choisi pour permettre des forages afin de reconstituer le climat sur plus d'un million et demi d'années (programme européen Beyond Epica Oldest Ice Core).

Chimie et physique de l'atmosphère

De même, l'isolement extrême du site et sa position sous le vortex polaire lui confèrent un intérêt unique pour les études sur l'atmosphère (nuages d'eau surfondue, précipitations, rivières atmosphériques, cycle de l'eau), l'évolution de la couche d'ozone, la circulation générale des polluants et des aérosols (figures 7, 8, 9). De plus, les observations de paramètres météorologiques

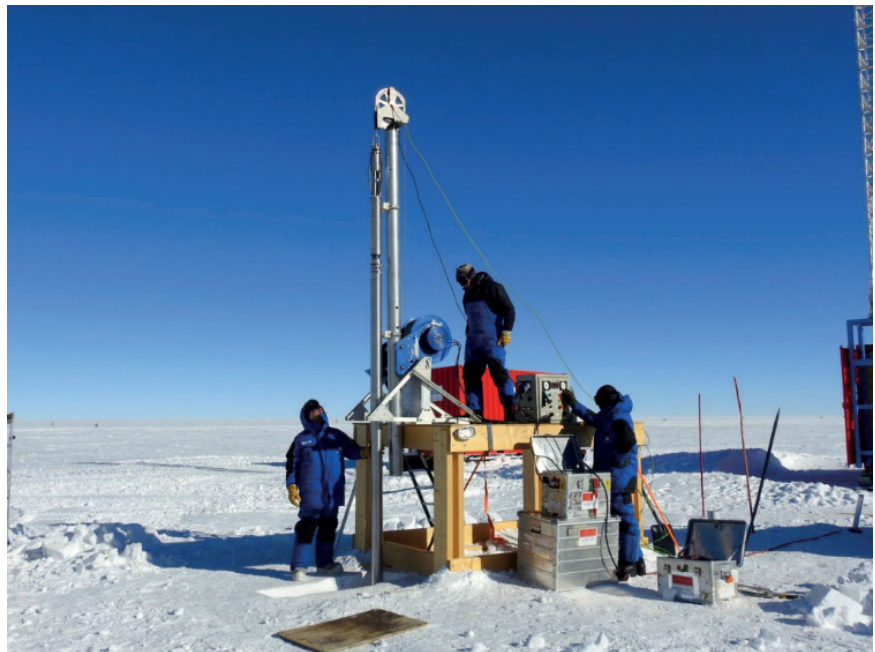


Figure 6. Forage glaciaire à Concordia. Photo : Lucie Maignan, Institut polaire français.



Figure 7. Laboratoire de chimie de l'atmosphère/glaciologie installé au dernier étage de la tour calme. Photo : Philippe Ricaud, Institut polaire français.



Figure 8. Container Atmosphère. Photo : Institut polaire français.

sur presque deux décennies participent à la quantification de l'évolution du climat sur le plateau Antarctique oriental.

À titre d'exemple, le conteneur « Physique » contient différents instruments liés à l'observation des sciences de l'univers : pour la météorologie, on

dénombre un radiomètre micro-onde (Hamstrad), un lidar aérosol, un radiomètre infrarouge, un micro-radar, un scanner de cristaux de glace ; pour la couche d'ozone, un instrument Saoz (Système d'analyse par observation zénitale) et un lidar stratosphérique ; et enfin, pour la météorologie de l'espace, une mesure de spectres de neutrons (Chinstrap).

Astronomie

Les études de la qualité du site menées à Concordia montrent que la situation du Dôme C est particulièrement favorable pour les observations astronomiques en raison de sa position géographique originale (proche du pôle et élevée en altitude) et de son atmosphère extrêmement sèche, froide, raréfiée et très stable (figure 10). Ce site est donc complémentaire d'autres sites (comme au Chili, par exemple) et bien sûr il est beaucoup moins coûteux que des télescopes spatiaux. Les études autour des planètes extrasolaires sont ainsi particulièrement actives à Concordia et viennent compléter les observations spatiales du télescope James Webb.



Figure 9. Vol de drone. Photo : Philippe Ricaud, Institut polaire français.

Observatoire de la Terre

Compte tenu de la quasi-absence de stations à l'intérieur du continent antarctique, la station Concordia offre un nœud singulier au maillage des observatoires de la planète, particulièrement lâche dans cette région du monde, que ce soit dans le domaine de la météorologie, la sismologie, le magnétisme terrestre, la chimie de l'atmosphère, etc.

Projets biomédicaux

Les séjours prolongés dans des environnements isolés, confinés et extrêmes (Isolated, Confined and Extreme,



Figure 10. Container Astronomie. Photo : Institut polaire français.

ICE) comme l'Antarctique sont associés à toute une série de défis psychologiques et physiologiques. Ainsi, les séjours d'hivernage en Antarctique constituent une opportunité importante pour acquérir des connaissances sur les changements physiologiques et psychologiques qui surviennent lors d'un séjour en ICE. L'ESA est particulièrement intéressée par la conduite de recherches dans un tel environnement, car il s'agit d'une occasion unique de transposer ces résultats aux équipages spatiaux qui font face à des problèmes très similaires. Ainsi, au cours des deux dernières décennies, l'ESA a soutenu une quarantaine de projets de recherche biomédicale à la station Concordia, en collaboration avec les instituts polaires français et italiens. Plus précisément, des études dans les domaines de la médecine, de la psychologie, des neurosciences, de la physiologie du sommeil, de la physiologie cardiovasculaire, de l'immunologie et de la psychologie ont été menées dans la station. Ces études peuvent aider à mieux préparer l'exploration humaine de l'espace et à identifier des contre-mesures pour minimiser les effets néfastes des environnements spatiaux sur la santé des astronautes et quantifier leurs implications pour les vols spatiaux habités.

Futur de la station

La station Concordia arrive aujourd'hui à un tournant dans son évolution, tant sur les aspects technologiques que scientifiques et politiques. En effet, elle va bientôt fêter son vingtième anniversaire en fonctionnement hivernal. Un plan de rénovation est en cours d'implantation pour l'installation d'un camp de secours en cas d'incident dans la station en plein hiver, rattaché à une unité d'eau indépendante (toilette, douche, etc.), ainsi qu'un nouveau camp d'été à moyen terme. Le « système Concordia » est en cours d'élargissement à l'international (par exemple l'Union européenne avec le programme Polarini) afin que la station puisse accueillir des chercheurs et leurs programmes scientifiques associés venant d'autres horizons que la France et l'Italie. Aux thématiques scientifiques clairement établies depuis deux décennies vont ou pourront venir s'ajouter d'autres thèmes et/ou outils comme l'intelligence artificielle, les drones, les cerfs-volants, etc. L'empreinte carbone de la station est par définition très élevée du fait de sa localisation au plus profond du plateau Antarctique oriental via l'utilisation du fioul comme matière première pour générer de l'énergie sur site, et pour envoyer ce fioul d'Australie vers

la station au moyen de *L'Astrolabe* et des expéditions terrestres. Néanmoins, des études pour limiter ce paramètre clé ont déjà permis de déployer des panneaux solaires, de recycler les eaux usées, de séparer les déchets et éventuellement de produire du compost, ainsi que des études préliminaires d'installation hydroponique pour obtenir en plein hiver des légumes frais. Cependant, les évolutions récentes du prix des matières premières et de l'énergie impactent très fortement le budget de l'Institut et pourraient mettre en péril certains programmes scientifiques. Malgré tout, la station Concordia devrait encore rester pour quelques décennies une vigie pour suivre l'évolution du climat et permettre de répondre aux questions scientifiques clés qui sont en train de voir le jour en science de l'univers et dans les études biomédicales en contraintes extrêmes.

Remerciements

Les auteurs souhaitent remercier tous les membres de l'Institut polaire ayant de près ou de loin été impliqués dans le « système Concordia », ainsi que nos collègues (scientifiques et logisticiens) français et italiens.