

Rapport d'Expédition Informe de Expedición



ULTIMA PATAGONIA 2019

EXPEDITION GÉOGRAPHIQUE ET SPÉLÉOLOGIQUE FRANCO-CHILIENNE EN PATAGONIE - JUILLET - FÉVRIER 2019

ISLA MADRE DE DIOS ARCHIPIÉLAGO DE LA PATAGONIA CHILENA

ILE MADRE DE DIOS ARCHIPEL DE PATAGONIE CHILIENNE

WWW.CENTRE-TERRE.FR



Bernard TOURTE
Chef d'expédition UP2019
Président Centre Terre
Natalia MORATA
Coordination Centre Terre & Expéditions Chili
Richard MAIRE
Responsable scientifique
Président Adjoint
Stéphane JAILLET
Responsable scientifique

Bernard TOURTE
Jefe de expedición UP2019
Presidente de Centre Terre
Natalia MORATA
Coordinación Centre Terre
Expedición Chile
Richard MAIRE
Responsable científico
Presidente adjunto de Centre Terre
Stéphane JAILLET
Responsable científico

△ Carte intitulée "Tabla Geographica del Reyno de Chili" où est dessinée l'île de Madre de Dios. Elle date de 1646! Le nord est sur le côté gauche de la carte.

Archive communiquée par Pilar Orche Amaré
 △ Mapa titulado "Tabla Geographica del Reyno de Chile" donde aparece Madre de Dios ya en 1646. El norte se encuentra a la izquierda del mapa.
 Archivo comunicado por Pilar Orche Amaré

Coordination du rapport / Coordinación del informe
 Arnauld Malard.
Coordination scientifique / Coordinación científica
 Richard Maire, Stéphane Jaillet, Arnauld Malard
Relecture / Relectura
 Georges Marbach, Natalia Morata, Didier Lamotte, Danièle Cohen, Arnauld Malard
Traduction / Traducción
 Natalia Morata et Arnauld Malard
Mise en page / Paginación
 Serge Caillault/Spéleo magazine
Photo de couverture / Foto de portada
 Un des fameux champignons de île de Madre de Dios.
 Photo Stéphane Jaillet

<<< Prospection autour du Camp Altitude III
 <<< Prospección creca del Campamento Altitud III
 📷 Bernard Tourte/©Centre Terre

ISBN : 978-2-9552565-0-10



Le code de la propriété intellectuelle interdit les copies ou reproductions destinées à une utilisation collective. Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite par quelque procédé que ce soit, sans le consentement de CENTRE TERRE ou de ses ayants cause, est illicite et constitue une contrefaçon sanctionnée par les articles L.335-2 et suivants du code de la propriété intellectuelle.

SOMMAIRE

SUMARIO

L'équipe Centre Terre au Complet	6 - 7	<i>Los miembros de la expedición al completo</i>
EDITORIAL	8 - 11	EDITORIAL
RÉCIT DE L'EXPÉDITION	12 - 13	RELATO DE LA EXPEDICIÓN
Pré-expédition	12	Pre- expedición
Deux mois de vivres	14 - 15	<i>Viveres para dos meses</i>
En bateau dans les canaux	16 - 18	En barco por los canales
Puerto Eden et la communauté Kawésqar	19 - 20	<i>Puerto Eden y la comunidad Kawésqar</i>
Traversée sud-nord de l'île de Madre de Dios	22 - 23	<i>Travesía sur-norte de la isla Madre de Dios</i>
Les travaux d'extension de la base logistique	24 - 27	<i>Los trabajos de ampliación de la base logística</i>
Reconnaissance au glacier Témpanos	28 - 41	Reconocimiento del glaciar Témpanos
La cueva Esperanza	29	<i>La cueva Esperanza</i>
La grotte du Rêve Bleu	34	<i>La cueva del Mundo Ideal</i>
Le complexe Témpanos	37	<i>El complejo Témpanos</i>
Plongée sous glace au lac Bleu	40 - 41	<i>Buceo bajo el hielo del Lago Azul</i>
Les explorations au Barros Luco	42 - 45	Las exploraciones en el Barros Luco
Le projet éducatif scolaire 2019	46 - 49	<i>El proyecto educativo escolar 2019</i>
Camp Sumidero 2	50 - 53	<i>Campamento Sumidero 2</i>
La communication en expédition	52	<i>La comunicación en expedición</i>
Le gouffre de Lagrimas de la Madre	54 - 55	<i>La sima Lágrimas de la Madre</i>
Camp Altitude 3	56 - 62	<i>Campamento Altitud 3</i>
Le gouffre Paraíso de las Duchas	58 - 59	<i>La sima Paraíso de las Duchas</i>
Le gouffre Halal	61	<i>La sima Hala</i>
Le gouffre des Gaugés	62	<i>La sima Chapoteo</i>
Camp Grand Cirque	64 - 71	<i>El campamento Gran Circo</i>
Le gouffre Jackpot	67 - 71	<i>La sima Jackpot</i>
Des explorations littorales	72 - 89	<i>Las exploraciones del litoral</i>
Raid à la résurgence Ouest	72 - 75	<i>Raid a la resurgencia Oeste</i>
La grotte des Trois Entrées Plus Une	76 - 79	<i>La cueva de las Tres Entradas Más Una</i>
La grotte de Punta Blanca : une grotte aux multiples jonctions	80 - 86	<i>La cueva de la Punta Blanca: una cueva con múltiples conexiones</i>
La résurgence Hongo	82	<i>La resurgencia Hongo</i>
2019, une année calme au plan médical grâce à des soins précoces	87	<i>2019 un año médicamente tranquilo gracias a los cuidados precoces</i>
Plongée à la Petite Chinoise	88 - 89	<i>Buceando en la Petite Chinoise</i>
Le retour	90 - 91	El regreso
Valorisation et médiatisation d'Última Patagonia 2019	92 - 93	<i>Difusión y cobertura informativa de Última Patagonia 2019</i>
SYNTHÈSE DES CAVITÉS EXPLORÉES	94 - 95	SÍNTESIS DE LAS CAVIDADES EXPLORADAS
MADRE DE DIOS, UN FUTUR BIEN UNESCO	96 - 101	MADRE DE DIOS, FUTURO PATRIMONIO DE LA HUMANIDAD
Origine du Ministère des Biens Nationaux et des territoires de l'État	102 - 103	<i>Origen del Ministerio de Bienes Nacionales y los territorios fiscales de la nación</i>
LE CAHIER SCIENTIFIQUE	104	CUADERNO CIENTÍFICO
Éditorial.	104 - 105	Editorial
Sciences de la Terre.	106 - 137	Ciencias de la Tierra
Synthèse et nouvelles observations géologiques concernant Madre de Dios.	106 - 108	<i>Recopilación y nuevos antecedentes geológicos de la Isla Madre de Dios</i>
Héritages glaciaires et sédimentation détritique endokarstique.	109 - 115	<i>Legados glaciares y sedimentación detrítica endokárstica</i>
Le climat passé de Madre de Dios à partir de l'étude des spéléothèmes.	116 - 119	<i>El clima pasado de Madre de Dios a partir del estudio de espeleotemas</i>
Premières carottes lacustres sur Madre de Dios : le lac José	120 - 122	<i>Primeros testigos lacustres de Madre de Dios: el lago José</i>
Une analyse 3D des champignons et comètes de Madre de Dios.	123 - 127	<i>Un análisis 3D de los champiñones y cometas de Madre de Dios</i>
Retrait et dynamique du glacier Témpanos.	128 - 131	<i>Retroceso y dinámica del glaciar Témpanos</i>
Le glacier Témpanos ; contexte et indicateurs de fonte rapide	132 - 137	<i>El glaciar Témpanos; contexto e indicadores de deshielo rápido</i>
Sciences du Vivant.	138 - 159	Ciencias Naturales
Observation de la faune présente dans le secteur nord-est de l'île Madre de Dios	138 - 141	<i>Observación de la fauna presente en el sector noreste de Isla Madre de Dios</i>
Étude sur la diversité des chauves-souris sur l'île Madre de Dios et le glacier Témpanos	142 - 144	<i>Diversidad de murciélagos en isla Madre de Dios y glaciar Témpanos</i>
Une approche du monde végétal : les bryophytes de l'archipel Madre de Dios	145 - 149	<i>Una aproximación al micro mundo vegetal: las briófitas del archipiélago Madre de Dios</i>
Géomicrobiologie sur l'île Madre de Dios: depuis la surface jusqu'aux profondeurs	150 - 153	<i>Geomicrobiología en Isla Madre de Dios: desde la superficie a las profundidades</i>
Première signalisation de corail rouge Errina antarctica dans le Barros Luco	154 - 156	<i>Primera detección de coral rojo Errina antarctica (Gray, 1872) en el seno Barros Luco</i>
Adaptation de la vie marine aux conditions environnementales particulières à proximité du glacier Témpanos	157 - 159	<i>Adaptación de la vida marina a condiciones medioambientales particulares cerca del glaciar Témpanos</i>
Sciences de l'Homme	160	Ciencias del Hombre
Aperçu des découvertes archéologiques fortuites réalisées lors des expéditions Centre Terre (2000-2019) dans l'archipel Madre de Dios	160 - 167	<i>Retrospectiva de los hallazgos arqueológicos fortuitos en las expediciones de Centre Terre (2000-2019) en el archipiélago Madre de Dios</i>
CONCLUSION	168	CONCLUSIÓN
REMERCIEMENTS	170	AGRADECIMIENTOS

◀ Arnauld et Laurence en prospection sur le glacier du Témpano, Chili.
 ◀ Arnauld y Laurence están explorando el glaciar Témpano, Chile.

📷 Denis Morales/©Centre Terre

Les membres de l'expédition au complet

Los miembros de la expedición al completo

(1) Stéphane Jaillet, (2) Serge Caillault, (3) Loïc Perrouelle, (4) Jérémie Prieur Drevon, (5) Catherine Huerta, (6) Nicolás Bruna, (7) Pilar Orche Amaré, (8) Jean Francois Pernette, (9) Kateryna Medvedieva, (10) Michel Philips, (11) Richard Maire, (12) Bernard Tourte, (13) Luc Henri Fage, (14) Natalia Morata Calvo, (15) Wilfredo Sepúlveda, (16) Didier Lamotte, (17) Yanick Dumas, (18) Christian Chauvin, (19) Georges Castello, (20) Jean Francois Bonjour, (21) Franz Kroeger, (22) Laurent Mestre, (23) Stéphane Maifret, (24) Charlotte Honiat, (25) Clément Chaput, (26) Bertrand Delapierre, (27) Jean Philippe Toustou, (28) Jean Marc Honiat, (29) Denis Morales, (30) Yannick Carfantan, (31) Lionel Ruiz, (32) Cyrielle Jac, (33) Ronald Larenas, (34) Carlos Placido, (35) Gilles Santantonio, (36) Mehdi Boukhal, (37) Pedro Pablo Drapela, (38) Jaime Neira, (39) Laurent Morel, (40) Philippe Auriol, (41) Sébastien Verlhac, (42) Sylvain Boutonnet, (43) Florian Chenu, (44) Laurence Boudoux d'Hautefeuille, (45) Arnaud Malard

ci-dessous Marius Schaefer, Masahiro Minowa, et Shuntaro Hata (Glaciologues présents sur le glacier du Témpanos)
siguiente Marius Schaefer, Masahiro Minowa, et Shuntaro Hata (Glaciólogos que nos acompañaron en el glaciar Témpanos)



ÉDITORIAL

Richard Maire & Bernard Tourte

Última Patagonia 2019 constitue la 9^{ème} expédition de Centre Terre dans les archipels de Patagonie chilienne depuis 1995, et la 6^{ème} à Madre de Dios depuis 2000. Ce qui frappe d'emblée, c'est la continuité et la constance d'une équipe centrée sur un noyau dur qui s'entoure de nouvelles recrues passionnées, avec toujours la volonté de croiser les compétences et les générations: l'âge s'échelonne de 23 à 69 ans. Seule cette continuité permet une accumulation de connaissances sur laquelle il devient possible de capitaliser. Motivée au départ par l'exploration spéléologique et scientifique dans les territoires karstiques les plus extrêmes de l'hémisphère sud, ces connaissances patiemment capitalisées servent maintenant de fondement pour le projet chilien d'inscription de Madre de Dios au patrimoine mondial UNESCO.

La direction de l'expédition 2019 est assurée, comme auparavant, par Bernard Tourte, avec l'aide de Natalia Morata pour la partie chilienne. La responsabilité scientifique est placée sous l'autorité de Stéphane Jaillot et de Richard Maire.

UP2019 comportait une nouveauté: une équipe de spéléologues et de glaciologues est partie en janvier étudier le glacier Témpanos situé plus de 120 km au nord-est de Madre de Dios, sur le Campo de Hielo Sur, avec la collaboration de la CONAF (Corporación Nacional Forestal) et du Parc National Bernardo O'Higgins, qui a mis un de ses refuges à notre disposition. Le but était d'ouvrir de nouvelles perspectives d'exploration et de recherches en cavités intra-glaciaires et sous-glaciaires, permettant ainsi de mieux comprendre la fonte actuelle. Cette mission offrait aussi l'opportunité de préciser le rôle de la fonte massive des glaciers qui recouvraient les « glaciers de marbre » il y a 15 000 – 20 000 ans, fonte responsable de l'enneigement complet des gouffres et des grottes, dont les principaux témoins sont les remarquables dépôts de varves de la grotte de Punta Blanca.

Souignons dès à présent la très grande complexité logistique d'une telle expédition et son coût – notamment la location de bateaux - car en parallèle de la mission « glaciologie », les explorations se poursuivaient dans le nord de Madre de Dios à partir de la base construite en 2017. Celle-ci a été complétée en janvier 2019 par la construction d'une annexe destinée au rangement du matériel sensible. L'approche par mer, en longeant la côte rocheuse très hostile du Pacifique, a encore compliqué l'organisation. Pour pouvoir regagner la base de Guarello depuis le Barros Luco en cas de gros temps, il a donc fallu prévoir deux « issues de secours »: au nord par le Seno Egg et au sud-est du Barros Luco, par le Seno Norte.

Pendant le mois de janvier, toujours en parallèle des explorations menées au Témpanos et au Barros Luco, une équipe de trois spéléologues accompagnée d'un cinéaste a réussi en trois jours la traversée centrale de Madre de Dios, depuis le fond du seno Soplador jusqu'au fjord Barros Luco, dans le but de relever précisément en 3D et de filmer les célèbres champignons de roche du camp 2, découverts en 2010. Début février, lors du croisement des deux équipes, une cérémonie symbolique a été organisée:

EDITORIAL

Última Patagonia 2019 es la 9ª expedición de Centre Terre al archipiélago patagónico chileno desde 1995 y la 6ª a Madre de Dios desde 2000. Lo que llama la atención es la continuidad y constancia de un equipo conformado por un núcleo duro, que se complementa con nuevos miembros entusiastas con el fin de entrelazar competencias y generaciones. El rango de edades va de los 23 a los 69 años. Esta perseverancia es la que ha permitido ir acumulando conocimientos sobre los que podemos seguir construyendo. Lo que partió con el acicate de la exploración espeleológica y científica en los territorios kársticos más extremos del hemisferio sur ha resultado en conocimientos pacientemente atesorados que, ahora, sirven de base para el proyecto de inscripción de Madre de Dios al patrimonio mundial de la UNESCO por parte de Chile.

Al igual que en las pasadas ediciones, la dirección de la expedición de 2019 ha estado a cargo de Bernard Tourte, asistido por Natalia Morata del lado chileno, y la dirección científica, bajo la tutela de Stéphane Jaillot y de Richard Maire.

Última Patagonia 2019 presentó una novedad. En enero, un equipo de estudio conformado por espeleólogos y glaciólogos se dirigió al glaciar Témpanos, a más de 120 km al noreste de Madre de Dios, en Campo de Hielo Sur, con la colaboración de la CONAF (Corporación Nacional Forestal) y, concretamente, del Parque Nacional Bernardo O'Higgins, que nos prestó su refugio. El objetivo era abrir nuevos terrenos de exploración y buscar cavidades intra-glaciares y sub-glaciares, con el fin de comprender mejor el deshielo actual. Esta misión brindó también la posibilidad de precisar el papel del deshielo masivo de los glaciares que recubrían los "glaciares de mármol" hace 15 000-20 000 años, derretimiento responsable de la inundación completa de las simas y cuevas, cuyos principales testigos son los increíbles depósitos de varvas de la cueva de la Punta Blanca.

Nótese desde ya la enorme complejidad logística y el costo de una expedición de tal envergadura (sobre todo, el flete de los barcos), dado que, a la vez que se desarrollaba la misión "glaciar", las exploraciones continuaban en el norte de Madre de Dios desde la base construida en 2017. En enero de 2019 ésta se completó con la construcción de un anexo donde almacenar el material sensible. La aproximación por mar, bordeando la rocosa y tremendamente hostil costa del Pacífico, complicó aun más la organización. Para llegar a la base de Guarello desde el Barros Luco en caso de mal tiempo, hubo que anticipar dos "salidas de emergencia": una por el seno Egg (en el norte) y otra por el seno Norte (al sureste del seno Barros Luco).

Durante el mes de enero, en paralelo a las exploraciones en el Témpanos y en el Barros Luco, tres espeleólogos, acompañados por un cineasta, completaron en tres días la travesía del centro de Madre de Dios (desde el fondo del seno Soplador hasta el seno Barros Luco) para realizar un levantamiento preciso en 3D y filmar los famosos champiñones de roca del campamento 2, descubiertos en 2010. A principios de febrero, momento en que coincide todo el equipo de expedición, se organizó una ceremonia simbólica en memoria de Lucas Baldo y José Mulot, nuestros dos amigos y compañeros fallecidos y que



il s'agissait de rappeler la mémoire de Lucas Baldo et José Mulot, nos deux amis et compagnons disparus, qui étaient encore avec nous lors de l'expédition 2017.

Le deuxième mois a été marqué par la poursuite des découvertes spéléologiques sur le nord de Madre de Dios. L'exploration de la grotte des Trois entrées Plus Une a été poursuivie et son karst de surface prospecté. À l'ouest du Barros Luco, la grotte de Punta Blanca a été portée à 3,5 km de développement, notamment grâce à une jonction effectuée par une équipe entre le réseau noyé de la résurgence et la grotte elle-même. Punta Blanca est désormais la cavité karstique la plus longue du Chili! Pour couronner le tout, en fin d'expédition, une prospection au-dessus du Grand Cirque a permis d'explorer le gouffre du Jackpot jusqu'à -265 m; et le réseau continue!

Parallèlement à ces recherches, des travaux scientifiques ont été menés en paléoclimatologie et paléoenvironnement à partir de la datation de stalagmites, d'étude de varves fluvio-glaciaires et de carottes lacustres. Le site des comètes de roche de Tarlton a été instrumentalisé début janvier avec la récolte des données début mars (vitesse et direction du vent). La partie Sciences de la Vie n'a pas été oubliée, d'une part avec l'étude par Cyrielle Jac de la faune sous-marine, en particulier le corail rouge d'eau froide situé à faible profondeur dans les fjords. D'autre part, sur le glacier Témpanos, nous avons pu reconnaître la présence de micro-algues contenant un pigment rouge, et d'insectes plécoptères adaptés à la glace, les fameux « dragons de Patagonie » (*Andiperla willinki*). Au niveau botanique, Pedro Drapela a récolté sur l'île 400 échantillons de mousses et hépatiques qui sont actuellement en cours de détermination.

À mi-séjour, la venue de Franz Kroeger et Ronald Larenas, deux membres du Ministère des Biens Nationaux du Chili, a été une initiative forte utile pour montrer la nécessité de l'étude globale et de la protection de l'environnement de Madre de Dios,

formaron parte de la expedición de 2017.

El segundo mes estuvo marcado por una serie de descubrimientos espeleológicos en el norte de Madre de Dios. Se continuó con la exploración de la cueva de las Tres Entradas Más Una y se prospectó su karst de superficie. Al oeste del Barros Luco, se aumentó a 3,5 km el desarrollo de la cueva de la Punta Blanca, sobre todo, gracias a la unión realizada por un equipo de buzos de la parte inundada de la resurgencia y la cueva propiamente tal. Punta Blanca es, actualmente, la cavidad kárstica más larga de Chile. Como colofón, al final de la expedición una prospección sobre el Gran Circo permitió explorar la sima Jackpot hasta -265 m y ¡la cavidad continúa!

A la par que estas investigaciones, se realizaron trabajos científicos en paleoclimatología y paleoambiente mediante la datación de stalagmitas, el estudio de varvas fluvio-glaciares y testigos lacustres. El sitio de los cometas de roca de Tarlton se instrumentalizó a principios de enero y los datos se colectaron a principios de marzo (velocidad y dirección del viento). En el ámbito de las Ciencias Naturales, Cyrielle Jac realizó un estudio de la fauna submarina, en particular, del coral rojo de agua fría que habita a poca profundidad en los fiordos. Por otro lado, en el glaciar Témpanos, pudimos detectar la presencia de microalgas que contienen un pigmento rojo e insectos plecópteros adaptados al hielo, los famosos "dragones de la Patagonia" (*Andiperla willinki*). En el área de la botánica, Pedro Drapela recolectó en la isla 400 muestras de musgos y hepáticas que, actualmente, están en proceso de identificación.

La visita por unos días de Franz Kroeger y Ronald Larenas, funcionarios del Ministerio de Bienes Nacionales de Chile, sirvió para mostrar la necesidad del estudio global y de la protección del entorno de Madre de Dios, en particular, de su singular relieve y su bosque magallánico. El fruto de esta estadia fue la propuesta hecha por el Ministerio a la Asociación Espeleológica de Patagonia (creada al alero de Centre Terre) para gestionar el área de más de 400 hectáreas

△ La Grande Barrière, Madre de Dios

△ La Gran Barrera, Madre de Dios

📷 Serge Caillault/©Centre Terre.



◁ Vue aérienne de l'île Madre de Dios.

◁ Vista aérea de la isla Madre de Dios.

📷 Bertrand Delapierre/©Centre Terre

notamment son relief unique et sa forêt magellanique. Le fruit de cette visite a été la proposition faite par le Ministère à la Asociación Espeleológica de Patagonia (mise sur pied grâce à Centre Terre) de gérer le territoire de plus 400 hectares correspondant au bassin versant grésocalcaire situé autour du camp de base. Cette initiative représente une grande responsabilité, mais elle est aussi une belle reconnaissance du travail bénévole effectué depuis si longtemps par Centre Terre.

Durant ces deux mois, un film documentaire de 92 minutes a été réalisé par Gilles Santantonio ; il a été diffusé le 12 octobre 2019 sur la chaîne franco-allemande Arte où il a rencontré l'intérêt de près d'un million de téléspectateurs en France. Il est difficile d'imaginer la réalisation d'un tel film sans une collaboration étroite entre l'équipe cinéma et celle des explorateurs. Une des séquences fortes a été réalisée à Puerto Eden chez Gabriela Paterito fin janvier, avec un retour sur la vie de la communauté Kawésqar (Nomades de la Mer) et sur le drapeau dont elle s'est dotée, où figurent la rouelle solaire et l'anthropomorphe découverts par Centre Terre sur une paroi de la grotte du Pacifique en 2006. Cette mise en lumière des racines d'un peuple oublié, qui a ainsi retrouvé sa fierté, voilà qui est unique dans l'histoire des Amérindiens du Chili.

Le bilan logistique, exploratoire et scientifique de l'expédition est donc très positif.

Découvrir, explorer, partager reste bien l'ADN de Centre Terre. En plus de la diffusion du film, notre équipe a pu, une fois de plus, échanger avec le milieu scolaire français à propos des découvertes de cette année, via le projet éducatif mis en place avec l'Éducation Nationale. Ultima Patagonia 2019 a ainsi été inscrite au programme scolaire d'une centaine de classes, du primaire au lycée, réparties sur tout l'hexagone, dans le droit fil de l'œuvre initiée par José Mulot dès 2010. Enfin, le journal de bord de l'expédition a été diffusé en direct chaque semaine sur notre site internet durant les deux mois de l'expédition. Ces plus de cent pages mises en ligne ont nécessité dans l'ombre un travail de forçat : écrire au quotidien, mettre en forme, illustrer et traduire les résultats bruts rapportés par les équipes sur le terrain, pour le plus grand plaisir des douze mille utilisateurs qui nous ont suivis en visitant soixante-cinq mille pages en janvier-février.

Notre patient travail sur Madre de Dios va se poursuivre, car l'inventaire des richesses de l'île est encore loin d'être achevé : un nouveau projet Centre Terre est sur les rails pour 2021.

que correspondent a la cuenca hidrológica arenisco-calcaica situada en torno al campamento base. Esta iniciativa entraña una gran responsabilidad, pero es también un bello reconocimiento al trabajo desinteresado efectuado desde hace tanto tiempo por Centre Terre.

Durante dos meses, Gilles Santantonio realizó un film documental de 92 minutos. El estreno, el 12 de octubre de 2019, en el canal francoalemán ARTE alcanzó a casi medio millón de espectadores en Francia. Es difícil imaginar la realización de una película de esta índole sin la estrecha colaboración entre el equipo de cine y los exploradores. Una de las escenas más potentes se rodó a fines de enero en Puerto Eden, en casa de Gabriela Paterito, en la que nos cuenta sobre la vida de la comunidad Kawésqar (Nómadas del Mar) y sobre su bandera, en la que figuran la rueda solar y la figura antropomorfa descubiertas por Centre Terre en una pared de la cueva del Pacífico en 2006. Esta puesta en valor de las raíces de un pueblo olvidado, dignificándolo, es algo único en la historia de los pueblos amerindios de Chile.

El balance logístico, exploratorio y científico de la expedición es, pues, muy positivo.

Descubrir, explorar y compartir sigue estando en el ADN de Centre Terre. Además de la difusión de la película, nuestro equipo ha podido, una vez más, intercambiar impresiones con el medio escolar francés sobre los descubrimientos de este año a través del proyecto educativo desarrollado con el Ministerio de Educación de Francia. Última Patagonia 2019 se incluyó en el programa escolar de un centenar de clases, desde primaria a secundaria, repartidos por todo el territorio francés, siguiendo la obra iniciada por José Mulot en 2010. Finalmente, la bitácora de la expedición se fue publicando en directo semanalmente en nuestra web durante los dos meses de expedición. Las más de cien páginas encierran un enorme trabajo : escribir el diario, darle forma, ilustrarlo y traducir los resutados brutos aportados por los equipos en terreno, para el deleite de los doce mil usuarios que nos han seguido y visitado sesenta y cinco mil páginas en enero y febrero.

Nuestro paciente trabajo en Madre de Dios continuará. El registro de las riquezas de la isla dista de ser completo. Por ello, Centre Terre ya trabaja en un nuevo proyecto para 2021.



◁ Puerto Eden où vit la communauté Kawésqar (Nomades de la Mer). △ En Puerto Eden reside parte de la comunidad Kawésqar.

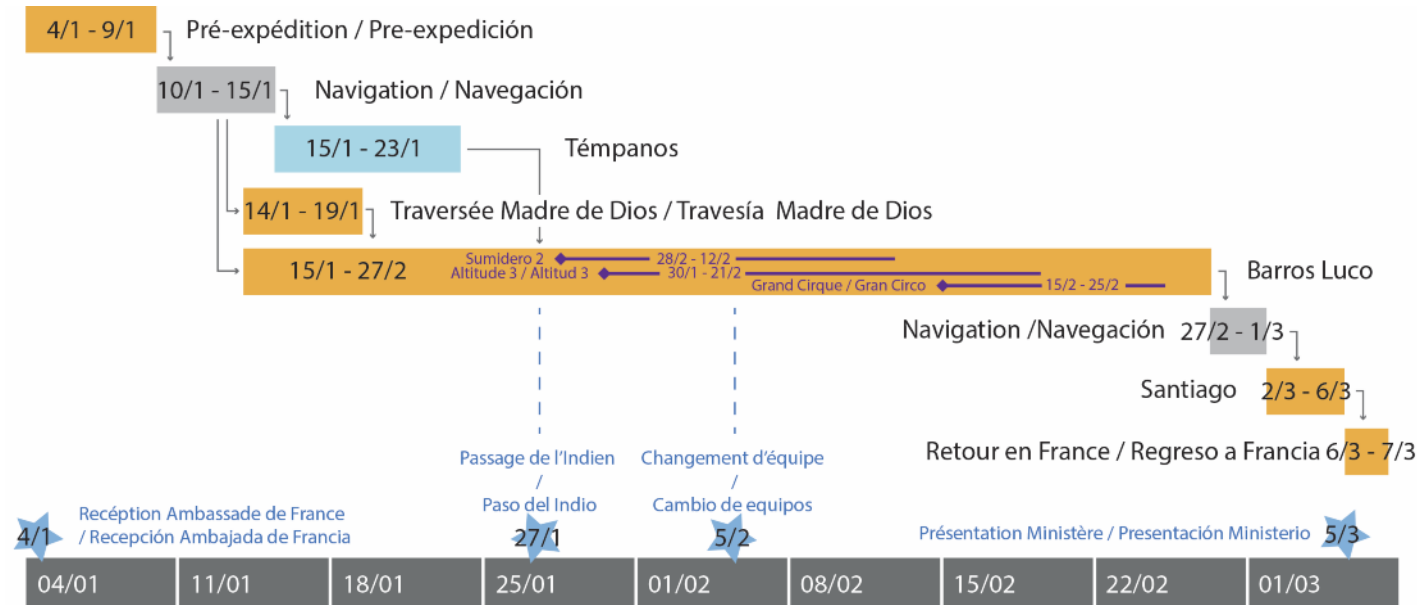
◁ À Santiago de Chili, lors de la conférence de Presse au Ministère des Biens nationaux. ◁ Firma del convenio de colaboración en Santiago de Chile durante la conferencia de prensa en el Ministerio de Bienes Nacionales.

📷 Serge Gaillault/©Centre Terre



RÉCIT DE L'EXPÉDITION

RELATO DE LA EXPEDICIÓN



Pré-expédition

Vendredi 4 janvier, les membres de l'équipe de pré-expédition (Bernard, Laurence, Sylvain, Georges, Sébastien, Florian, Carlos) atterrissent sur le sol chilien. A peine débarqués, ils retrouvent Natalia qui vient chercher Bernard, tandis que le reste de l'équipe se réenvole pour le sud. Bernard et Natalia ont rendez-vous avec M. Roland Dubertrand, ambassadeur de France, qui propose d'organiser une conférence de presse à la fin de l'expédition, en coordination avec le Ministère des Biens Nationaux. S'ensuit un entretien au Ministère des Biens Nationaux avec Angélica Palacios, cheffe de la Division des Biens Nationaux et Sebastián Seisdedos, chef de l'Unité de Gestion du Territoire et du Patrimoine.

À Punta Arenas, sous la direction de Laurence, la galère des courses au supermarché commence (cf. page 14). Quatre jours entiers seront nécessaires pour choisir les produits, passer en caisse puis entasser les 4 tonnes de vivres dans l'appartement loué pour l'occasion chez Martita.

Le 7 janvier l'équipe est reçue par la Seremi des Biens Nationaux, Francisca Rojas Philippi. Après 3 mois de navigation et un passage en douane presque en douceur, le container est déposé chez un transitaire en banlieue de Punta Arenas. En moins d'une heure, il est déchargé sur le parking en terre battue. Il faut trier le matériel en quatre tas en fonction des destinations respectives - le plus gros étant destiné au camp de base du Barros Luco. Au milieu des bouteilles de plongée, canots pneumatiques, compresseurs, tentes, cordes, bidons personnels et autres effets, l'équipe cinéma en profite pour récupérer les 30 caisses de matériel vidéo qu'il faut également répartir en fonction des objectifs. Le matériel est ensuite déposé sur

Pre-expedición

Viermes 4 de enero. Los miembros del equipo de pre-expedición (Bernard, Laurence, Sylvain, Georges, Sébastien, Florian, Carlos) aterrizan en suelo chileno. A su llegada la aguarda Natalia, que viene a buscar a Bernard, mientras el resto del grupo toma el vuelo de conexión hacia el sur. A Bernard y Natalia los espera Roland Dubertrand, embajador de Francia, quien les propone organizar una conferencia de prensa al final de la expedición en coordinación con el Ministerio de Bienes Nacionales. Luego, en el Ministerio de Bienes Nacionales, los recibe Angélica Palacios, jefa de la División de Bienes Nacionales, y Sebastián Seisdedos, jefe de la Unidad de Gestión Territorial y Patrimonio.

En Punta Arenas, bajo la batuta de Laurence, empieza el calvario de las compras de supermercado (cf. página 14). Tomará cuatro días completos seleccionar los productos, pasar por caja y, luego, empaquetar las 4 toneladas de víveres en la casita arrendada para la ocasión en el hostel Martita.

El 7 de enero el equipo es recibido por la Seremi de Bienes Nacionales, Francisca Rojas Philippi. Luego, tras 3 meses de navegación y el proceso de internación, los espera el contenedor en las dependencias de un operador logístico a las afueras de Punta Arenas. En menos de una hora se descarga el contenido en el estacionamiento de tierra batida. Hay que separar el material en cuatro lotes en función de los respectivos destinos; el mayor será el del campamento base del Barros Luco. Entre botellas de buceo, botes neumáticos, compresores, tiendas, cuerdas, bidones personales y otros efectos, el equipo de cine aprovecha para recuperar sus 30 cajas de material de video, que también hay que distribuir según los objetivos. Luego, todo se carga en un remolque de 12 m de largo. Otros proveedores vienen a entregar dos vigas de metal de 6 metros

un porte-char de 12 m de long. D'autres transitaires viennent livrer deux poutrelles métalliques de six mètres de long et quelques mètres cubes de bois et contreplaqué qui vont servir à l'extension de la cabane et des plateformes pour les tentes. Enfin, la société "Indura GrupoAir Products" livre trois bouteilles de 75 litres, deux d'oxygène et une d'hélium, destinées aux mélanges trimix des plongeurs. Le tout est chargé au fur et à mesure sur le porte-char et finalement bâché. À 20 heures, l'équipe quitte le dépôt pour revenir le lendemain charger les dernières commandes et arrimer l'ensemble plus fortement pour le convoyage vers Puerto Natales.

Dans l'après-midi du mardi 8 janvier, Natalia et Bernard tiennent une réunion avec le capitaine de corvette Jaime Mansilla de l'Armada de Chile. Via l'Autorité maritime de Punta Arenas, l'Armada propose le soutien de sa frégate rapide pour assurer le transfert, à mi-parcours, des équipiers qui ne restent qu'un mois. Cette aide précieuse est bien évidemment soumise à de possibles aléas météo...

Le mercredi 9 janvier au matin, tandis qu'un bus est affrété pour amener l'équipe et une bonne partie de la nourriture de la pré-expédition à Puerto Natales, 250 km au nord, l'équipe de janvier au grand complet atterrit à Santiago. Les problèmes commencent à la douane lorsqu'il s'agit de faire passer la valise médicale et le matériel vidéo des cinéastes. A 13 heures, tous embarquent pour Punta Arenas sauf Lionel, Christian, Richard et Clément, pour cause de surbooking. Ils ne décolleront qu'à 19 heures. À Punta Arenas, l'équipe termine de charger les derniers vivres. A minuit, une fois les retardataires enfin arrivés, tout le monde embarque en bus pour 4 heures de route vers Puerto Natales. (suite page 16).

de largo y algunos metros cúbicos de madera y contrachapado, que servirán para la extensión de la cabaña y de las tarimas para las carpas. Finalmente, la empresa Indura GrupoAir Products nos entrega las tres botellas de 75 litros (dos de oxígeno y una de helio) que usarán los buzos para mezclas trimix. Todo se va cargando en el remolque que, finalmente, se tapa bien con una lona. A las 20h, el equipo abandona el depósito para regresar el día siguiente a cargar las últimas compras y estibar todo bien para el transporte hasta Puerto Natales.

Por la tarde del martes 8 de enero, Natalia y Bernard se reúnen con el capitán de corbeta Jaime Mansilla de la Armada de Chile. La Gobernación Marítima de Punta Arenas coordina el apoyo de la lancha de servicios generales para trasladar, a media expedición, los participantes que se quedan un solo mes. Esta valiosa ayuda queda supeditada, evidentemente, a las condiciones meteorológicas.

El miércoles 9 de enero a media mañana, mientras que el equipo y gran parte de la comida de la pre-expedición es trasladado en un bus fletado a Puerto Natales (250km más al norte), el equipo de enero al completo aterriza en Santiago. Los problemas empiezan en aduanas al pasar con la valija de telemedicina y el equipo de video de los cineastas. A las 13h, todos embarcan hacia Punta Arenas salvo Lionel, Christian, Richard y Clément que se quedan en tierra por over-booking. No saldrán hasta las 19h. En Punta Arenas, el equipo acaba de cargar los últimos víveres. A media noche, una vez llegan los últimos, todo el mundo se sube al bus y emprenden las 4 horas de viaje hacia Puerto Natales. (viene página 16).

▽ Direction l'île Madre de Dios
▽ Rumbo a Madre de Dios
📷 Laurent Morel/©Centre Terre



Deux mois de vivres

Laurence Boudoux d'Hautefeuille

Nourrir trente-cinq personnes pendant deux mois: des sportifs, dans un milieu hostile, avec plusieurs équipes séparées, sans moyen de ravitaillement ni de conservation, en limitant le gaspillage et en respectant le budget: voilà le challenge auquel nous sommes confrontés en début d'expédition.

Pour l'expédition 2019, les vivres doivent couvrir 1 607 jours-personnes! Une liste est préparée plusieurs mois en avance pour qu'aucun achat ne soit oublié pendant la pré-expédition. Cette liste est adaptée au fur et à mesure des années, selon les objectifs, le nombre de participants et les retours de l'expédition précédente.

La liste doit comporter tous les vivres pour l'ensemble du séjour, car on ne sait jamais si les conditions météorologiques seront favorables lors du changement d'équipe – seul moment où un ravitaillement serait possible, à condition que les bateaux puissent accéder au Barros Luco.

Cette année, la difficulté, outre le nombre important de participants, est l'éclatement des équipes dès le départ de Puerto Natales. L'une se dirige vers le glacier Témpanos, l'autre vers Guarello puis le Barros Luco. Il faut donc que chaque équipe soit autonome en vivres, boissons et ustensiles de cuisine (288 jours-personnes pour l'équipe Glacier et 1 319 jours-personnes pour l'équipe Barros Luco). Sans compter l'équipe de Stéphane, Charlotte, Laurent Mo et Bertrand qui réalise la traversée sud-nord de Madre de Dios en complète autonomie pendant quatre jours. Au moment des achats, il est donc nécessaire de tout répartir en lots distincts qui seront chargés sur les bons bateaux.

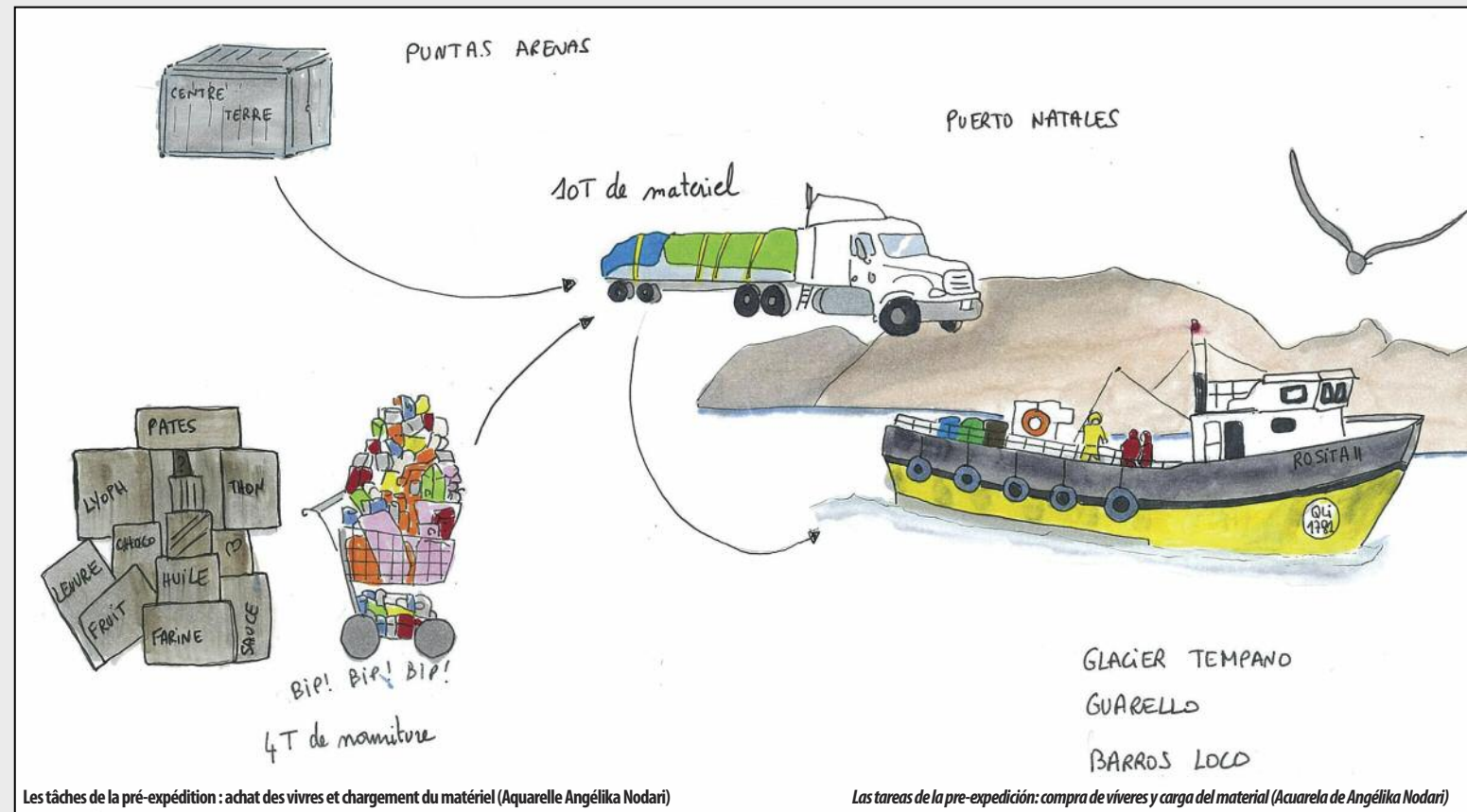
Pour gagner du temps lors des achats sur Punta Arenas, nous envoyons la liste quelques jours avant notre arrivée au magasin et nous lui demandons qu'il prépare ce qu'il a en stock. Quand les articles ne sont pas disponibles, nous cherchons dans d'autres enseignes. Cette méthode permet de faire les provisions plus rapidement – en nous concentrant sur six magasins différents en cinq jours.

Il faut toutefois rester vigilant et vérifier la nature et la quantité des produits livrés. Les erreurs sont fréquentes, notamment quand certains articles sont remplacés par d'autres – typiquement le papier toilette en paquets de 32 rouleaux remplacé par le même nombre de paquets, mais de 12 rouleaux seulement! Les quantités sont telles qu'il ne faut rien oublier pendant l'acheminement. Lors des achats de conserves en zone franche, nous avons failli oublier un caddie entier d'articles (plusieurs dizaines de boîtes de conserves) qui n'avait pas passé la caisse!

La base de notre alimentation reste: les pâtes (75 kg) et le riz (22 kg), que nous varions avec de la polenta (5 kg), de la purée en flocons (13 paquets) et des fèves tels que les haricots blancs (8 kg), les pois chiches (8 kg) ou les lentilles (12 kg). A ceci s'ajoute la charcuterie (30 kg + 4 jambons à l'os entiers), les saucisses industrielles (28 kg) et les chorizos à cuire (24 kg).

Pour accompagner les pâtes, nous embarquons de la sauce tomate et du pesto (30 kg), ainsi que beaucoup d'olives (65 kg)! En bons français, nous achetons également pas mal de fromage: 60 kg!

Les fruits et légumes frais sont achetés en petite quantité. Ils ne supportent que difficilement le transport dans la cale des bateaux et les conditions d'humidité omniprésentes à terre. Par contre, à chaque expédition, nous testons de nouveaux fruits et légumes. Ainsi nous savons que les citrouilles (5 pièces) sont difficiles à trouver mais se conservent plus d'un mois, tout comme les



Les tâches de la pré-expédition: achat des vivres et chargement du matériel (Aquarelle Angélica Nodari)

Las tareas de la pre-estadía: compra de víveres y carga del material (Aquarella de Angélica Nodari)

pommes de terre (50 kg). Les oranges et pamplemousses (50 kg) sont également difficiles à dénicher à cette époque de l'année, mais ce sont les fruits qui se gardent le plus longtemps, mieux que les pommes par exemple (20 kg).

Les conserves restent une valeur sûre, pour des raisons de transport, de conservation et de coût: fruits au sirop pour les desserts (50 kg); légumes type maïs, haricots vert, betteraves, tomates, petits pois, macédoines, poivrons (67 kg); fruits de mer tels les moules, calamars, crevettes (30 kg), thon et sardines (26 kg).

À propos des en-cas, nous avons le choix entre des mélanges de graines et fruits secs (40 kg), des barres de céréales (900 unités, soit 18 kg), des paquets de gâteaux (50 kg) et du chocolat (200 tablettes, soit environ 25 kg)!

Pour le petit déjeuner, la liste comprend: céréales (22 kg), thé, lait et chocolat en poudre, café (22 kg de moulu et 10 kg de soluble), confitures diverses (40 kg), pâtes à tartiner (14 kg), miel (5 kg) et l'incontournable confiture de lait, la dulce de leche (22 kg).

Concernant le pain, nous embarquons 75 kg de farine et levure pour en confectionner sur place, ce qui nous permettra de changer des biscottes (200 paquets), peu appréciées, de temps en temps!

Nous essayons de varier les vivres au maximum, afin que les repas restent des moments agréables, mais il faut quand même s'adapter aux conditions d'expédition et aux produits localement disponibles, tout en respectant le budget. Vivres, boissons et petits ustensiles de cuisine représentent un montant d'environ 13 000 € et un poids de quatre à cinq tonnes.

En ce qui concerne la conservation des vivres sur place, que ce soit au glacier Témpanos, ou au Barros Luco, les aliments sont stockés à l'air libre. Au glacier, ils sont entreposés dans des caisses à la base de la CONAF. Au Barros Luco, c'est une grande tente qui sert de magasin. Les vivres sont stockés dans des caisses ou suspendues aux armatures de la tente, mais toujours à l'abri des rats!

Vivres para dos meses

Laurence Boudoux d'Hautefeuille

el mismo número de paquetes, pero de solamente 12 rollos). Las cantidades son tan grandes que es fácil olvidarse de algo en el trayecto. De hecho, durante las compras de las conservas en la zona franca, nos olvidamos de un carro entero de artículos (varias decenas de latas de conservas), que no llegó a pasar por caja.

La base de nuestra alimentación contempla pastas (75 kg) y arroz (22 kg), que alternamos con polenta (5 kg), puré deshidratado (13 paquetes) y legumbres como porotos blancos (8 kg), garbanzos (8 kg) y lentejas (12 kg). A ello se suman la charcutería (30 kg + 4 jamones), salchichas industriales (28 kg) y chorizo para cocinar (24 kg).

Para acompañar las pastas, embarcamos varios tipos de salsas de tomate y de pesto (30 kg) y gran cantidad de aceitunas (65 kg). Como buenos franceses, no escatimamos en queso: 60 kg, ni más ni menos.

Las frutas y verduras frescas se compran en pequeñas cantidades porque no aguantan bien el transporte en las bodegas de los barcos y las condiciones de humedad omnipresentes en terreno. En contrapartida, en cada expedición probamos nuevas frutas y verduras. Por ello, sabemos que, aunque sea difícil de encontrar, la calabaza (5 piezas) se conserva por más de un mes, al igual que las papas (50 kg). Naranjas y pomelos (50 kg) también escasean en esta época del año, pero son las frutas que aguantan por más tiempo; mucho mejor que las manzanas, por ejemplo (20 kg).

Las conservas siguen siendo una apuesta segura, tanto por motivos de transporte, conservación como costo: fruta en almibar para los postres (50 kg); verdura como maíz, porotos verdes, betarraga, tomates, arvejas, menestra, pimientos (67 kg); frutos del mar como cholgas, calamars, camarones (30 kg), atún y sardinas (26 kg). Para las raciones de marcha, consideramos mezclas de frutos secos y deshidratados (40 kg), barras de cereales (900 unidades, es decir, 18 kg), paquetes de galletas (50 kg) y chocolate (200 tables, es decir, 25 kg).

Para desayunar, la lista comprende cereales (22 kg), té, leche y chocolate en polvo, café (22 kg molido y 10 kg soluble), mermeladas diversas (40 kg), terrinas para untar (14 kg), miel (5 kg) y el infaltable dulce de leche (22 kg).

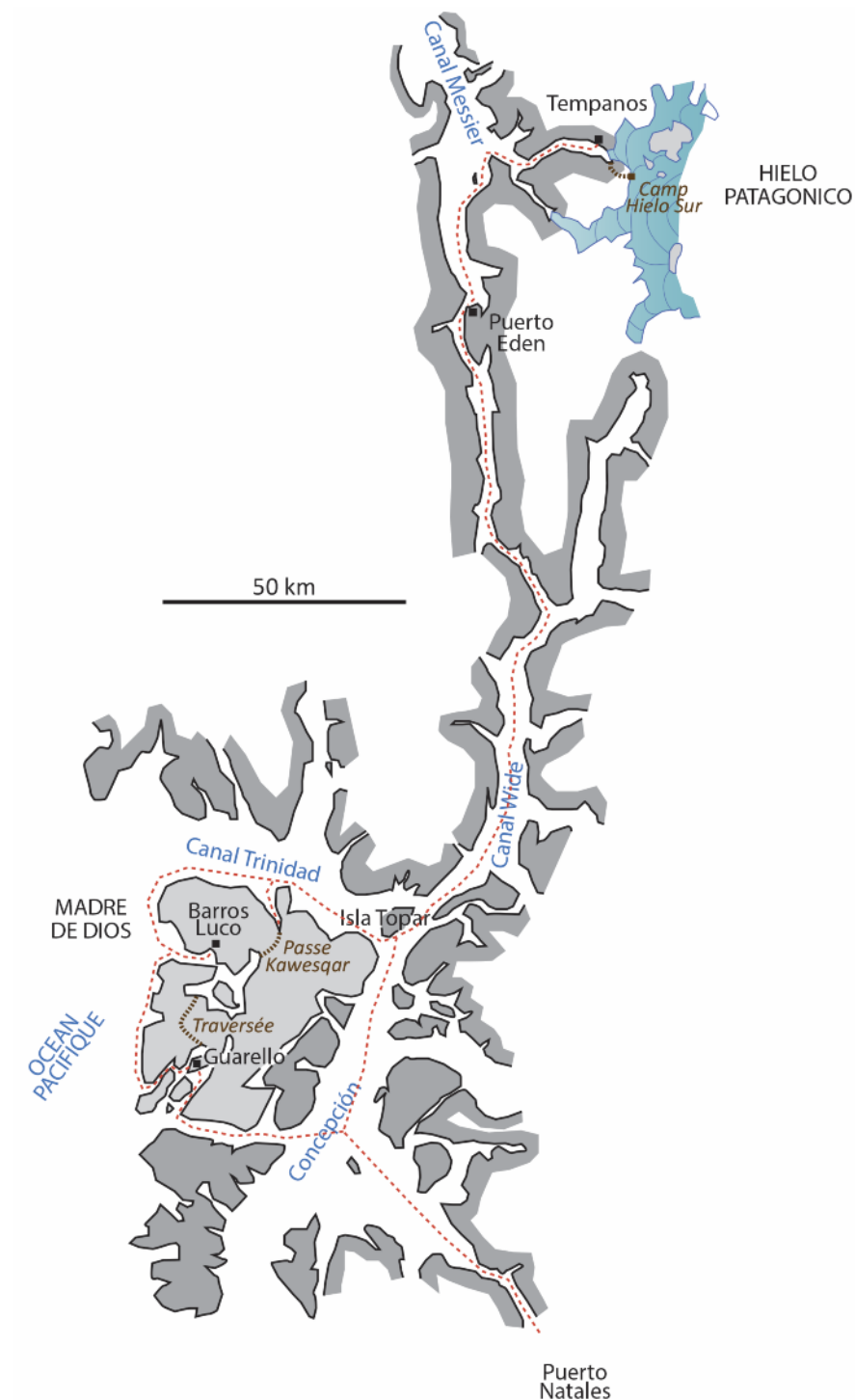
En cuanto al pan, llevamos 75 kg de harina y levadura para hacerlo nosotros mismos, lo que nos permite variar de vez en cuando de las poco apreciadas galletas de salvado.

Intentamos variar la alimentación en todo lo posible, para que las comidas sigan siendo momentos de placer, pero hay que adaptarse a las condiciones de expedición y a los productos disponibles localmente, sin exceder el presupuesto. Vivres, bebidas y los pequeños utensilios de cocina ascienden a unos 13 000 euros (10-12 Mio de pesos chilenos) y a un peso de cuatro a cinco toneladas.

En cuanto a la conservación de los alimentos en terreno, ya fuera en el Témpanos o en el Barros Luco, los productos se almacenan al aire libre. En el glacier, se guardaron en cajas en la guardería de CONAF. En el Barros Luco, una gran carpa hace de bodega. Los comestibles se almacenan en cajas o suspendidos en los hierros de la carpa. ¡Lo importante es que queden fuera del alcance de los ratones!

En bateau dans les canaux

En barco por los canales



△ Carte des déplacements en bateau
△ Mapa de los desplazamiento en barco
Croquis Arnaud Malard

Jeuvi 10 janvier, très tôt le matin, l'équipe de janvier retrouve les membres de la pré-expédition sur le port de Puerto Natales. Les trois bateaux prévus pour la traversée, le *Valparaiso*, le *Rosita* et le *Don Arturo*, sont à quai. Mais les pronostics météorologiques sont mauvais et le port est fermé... Il faut attendre. Initialement il était prévu de partir avec quatre bateaux, mais l'armateur ayant décidé d'augmenter ses tarifs quelques semaines avant le départ, il a fallu repenser toutes les manœuvres avec seulement trois navires. Malgré la consigne de fermeture du port, Bernard et Natalia tentent de convaincre les autorités de nous laisser partir. Nous possédons un atout car nous naviguons en convoi

E jueves 10 de enero, de madrugada, el equipo de enero se reúne con el grupo de pre-expedición en el terminal pesquero de Puerto Natales. Los tres barcos previstos para la travesía, la *Valparaíso*, la *Rosita* y la *Don Arturo*, están en el muelle. Pero los pronósticos meteorológicos son malos y el puerto está cerrado... Toca esperar.

En un principio estaba previsto partir con cuatro lanchas, pero como el armador decidió aumentar las tarifas pocas semanas antes de nuestra partida, hubo que volver a planificar todas las maniobras con solo tres naves.

Pese a que el puerto está cerrado, Bernard y Natalia intentan convencer a las autoridades marítimas para que nos den el zarpe. A nuestro favor juega el hecho de que partimos en convoy hasta Madre de Dios, con lo que se respetan las reglas de seguridad. Pero, no hará falta jugar esa baza. El capitán de puerto nos conoce por las expediciones anteriores y firma inmediatamente la autorización de zarpe para las 14 horas. A primera hora de la tarde, los 3 barcos largan amarras y ponen rumbo hacia el paso Kirke. Pero, a pocas millas del puerto, empieza a sonar una extraña alarma en el puente de la *Don Arturo*, a lo que sigue un paro de motor tras reiniciarlo. Nos enteramos de que la caja de cambio se ha sobrecalentado. Mientras las otras dos lanchas siguen su camino, la *Don Arturo* debe regresar a puerto.

A pocas millas después del paso Kirke, es la *Valparaíso* la que presente problemas de motor. Los síntomas son idénticos: la caja de cambio se sobrecalienta. Al poco, el grupo eléctrico deja de funcionar y el barco, acompañado de la *Rosita*, debe hacer puerto en una caleta. Se coordina con la *Don Arturo* que traerán los insumos para repararla cuando ésta esté lista para zarpar... Las dos lanchas pasan la noche haciendo puerto.

El viernes 11 de enero nos enteramos de que la pieza de recambio tiene que ser enviada por avión desde Santiago, así que no llegará hasta la noche... Nuestra principal preocupación es saber si la autorización que habíamos obtenido para zarpar seguía vigente. De hecho, el puerto seguía cerrado por mal tiempo y, como los dos primeros barcos ya estaban lejos, el tercero ya no iría en convoy.

En los canales, la *Valparaíso* consigue arrancar. Se dirige con la *Rosita* hacia isla Topar, en la desembocadura del canal Trinidad, lugar acordado para recibir las piezas de recambio. Por desgracia, a primera hora de la tarde, la *Valparaíso* sufre otro sobrecalentamiento, lo que la obliga a detenerse. La *Rosita* prosigue sola la navegación en dirección a Madre de Dios. Gracias a una reparación provisional de la caja de cambio efectuada por Florian, la *Valparaíso* podrá retomar la navegación, pero a poca velocidad.

En Puerto Natales, a las 23 horas, en cuanto llega la pieza de recambio, la tripulación se pone manos a la obra en la *Don Arturo*. A las 3:30 horas, tras varios intentos, la lancha parece

jusqu'à Madre de Dios – les règles de sécurité sont donc respectées. Au final il ne sera pas utile de jouer cet atout: à force d'expéditions successives, le capitaine du port nous connaît et signe immédiatement l'autorisation de sortie pour 14 heures.

En début d'après-midi, les 3 bateaux larguent les amarres et se dirigent vers le détroit du Kirke. Mais à quelques encablures seulement du port, une étrange sonnerie retentit dans le poste de pilotage du *Don Arturo*, suivie d'une coupure du moteur, puis d'un redémarrage. On apprend que la boîte de vitesses est en surchauffe. Tandis que les deux autres bateaux continuent leur course, le *Don Arturo* doit faire demi-tour.

Quelques miles nautiques après le passage du Kirke, c'est au tour du *Valparaiso* de rencontrer des problèmes de moteur! Les symptômes sont identiques, la boîte de vitesse est en surchauffe. Peu de temps après, le groupe électrogène rend l'âme à son tour et le bateau, accompagné du *Rosita*, doit se mettre à l'abri dans une crique. Il est convenu par téléphone que le *Don Arturo* lui apportera de quoi réparer quand il sera lui-même en état de repartir... Les deux bateaux passent la nuit dans la crique.

Le vendredi 11 janvier, on apprend que la pièce de rechange doit venir de Santiago par avion... Elle ne sera pas sur place avant la soirée. Notre principale inquiétude est de savoir si l'autorisation que nous avons obtenue pour quitter le port est encore valable. En effet, le port est toujours fermé pour raisons météorologiques et les deux premiers bateaux étant loin, la notion de convoi se discute pour le troisième...

Dans les canaux, le *Valparaiso* a réussi à repartir. Avec le *Rosita*, il se dirige maintenant vers l'Isla Topar, au débouché du canal Trinidad, lieu convenu pour réceptionner les pièces de rechange. Malheureusement, en début d'après-midi, le *Valparaiso* connaît une nouvelle surchauffe, l'obligeant à s'arrêter. Seul, le *Rosita* continue sa navigation en direction de Madre de Dios. Grâce à une réparation provisoire de la boîte de vitesse effectuée par... Florian, le *Valparaiso* pourra repartir de nouveau, mais à petite vitesse.

À Puerto Natales, à 23 heures, dès l'arrivée de la pièce de rechange, l'équipage se met au travail sur le *Don Arturo*. À 3 h 30 du matin, après quelques essais, le navire semble de nouveau opérationnel. Complétant son stock de fuel, il reprend enfin la mer le samedi 12 janvier, avec deux jours de retard. Il embarque une nouvelle boîte de vitesse et un groupe électrogène pour le *Valparaiso*. La mer est agitée, le bateau passe le détroit du Kirk vers 12 heures et remonte les canaux vers le nord...

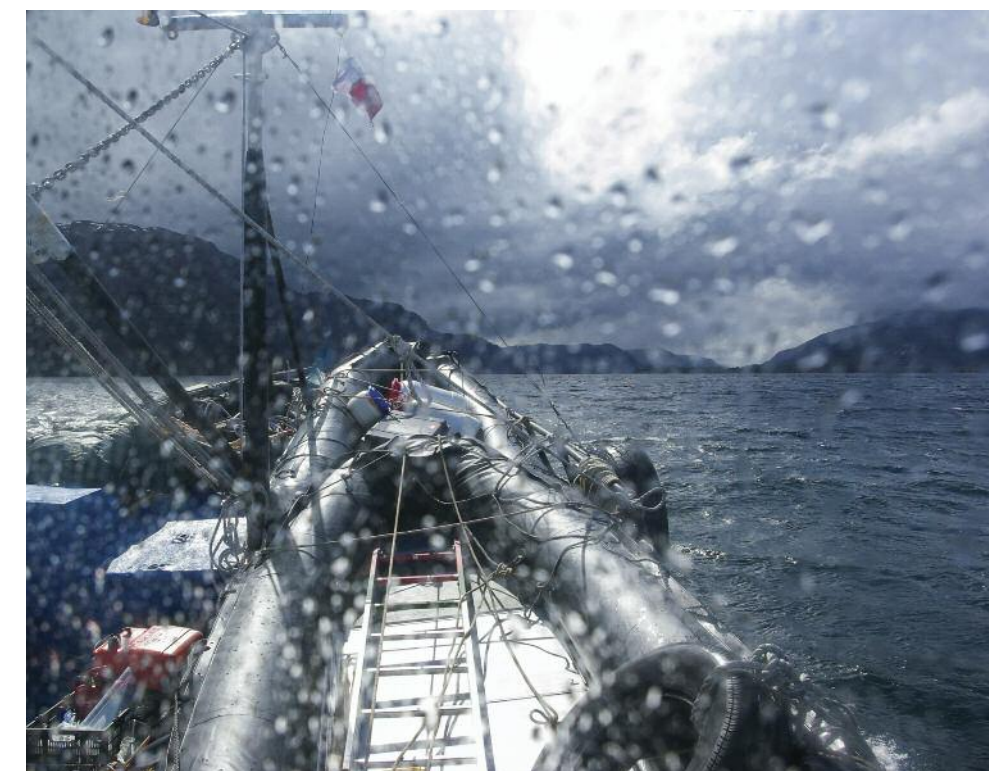
En fin de matinée, le *Rosita* entre dans le port de Guarelo, non sans quelques soucis car son moteur ne tient plus le ralenti. Décidément... Il aura fallu 43 heures de navigation depuis Puerto Natales contre les 25 heures envisagées dans

volver a estar operativa. Tras completar el depósito de diésel, finalmente, se hace a la mar el sábado 12 de enero, con dos días de retraso. A bordo llevan una caja de cambio nueva y un grupo eléctrico para la *Valparaíso*. La mar está agitada, la lancha pasa el Kirke sobre las 12 horas y empieza a remontar los canales hacia el norte.

Avanzada la mañana, la *Rosita* llega al puerto de Guarelo, no sin problemas, ya que su motor no funciona a ralentí. Lo que faltaba... Finalmente, se habrá tardado 43 horas de navegación desde Puerto Natales contra las 25 horas previstas en el planning. La escala en la base de Imopac no puede exceder los dos días para aprovechar la ventana de buen tiempo. Por su lado, la *Valparaíso* recibe la orden de esperar a la *Don Arturo* haciendo puerto en isla Topar. El recibimiento en la base de Guarelo es cálido, como de costumbre. Por la noche, Bernard presenta el proyecto de expedición a los mineros y se proyecta la película de 2017, titulada en español.

El domingo 13 de enero la *Don Arturo* entra en la caleta de isla Topar sobre las 16 horas. Hace buen tiempo, sin pizca de viento. La caja de cambio y el grupo eléctrico nuevos se cargan a bordo de la *Valparaíso*. Tras una reparación provisional, podrá remontar el canal Trinidad y pasar la noche en el seno Wolsey, última escotadura antes del océano Pacífico. Si el tiempo se mantiene y el oleaje es aceptable, debería estar llegando al campamento del Barros Luco lunes o martes en la mañana con Laurence, Sébastien, Sylvain, Florian, Jean-Marc, Jean-Philippe y Georges a bordo.

Por su lado, la *Don Arturo* pasa de largo el canal Trinidad en dirección a Puerto Edén y, de ahí, hacia el glaciar. Les tomará



Centre Terre UP2019 Rapport/Informe

▽ La navigation dans les canaux patagon n'est pas toujours de tout repos!
▽ La navegación por los canales patagónicos no es siempre calma.
Georges Castello/©Centre Terre

le planning... L'escalade à la base d'IMOPAC ne peut plus durer que deux jours en raison de la fenêtre météo. De son côté, le *Valparaíso* a reçu l'ordre d'attendre le *Don Arturo* à l'abri dans la crique de l'Isla Topar. L'accueil à la base de Guarello est chaleureux, comme à l'accoutumée. Le soir, Bernard présente le projet d'expédition aux mineurs et projette le film de 2017 sous-titré en espagnol.

Le dimanche 13 janvier, le *Don Arturo* entre dans la crique de l'Isla Topar vers 16 heures. La météo est au beau fixe, sans une once de vent. La nouvelle boîte de vitesse et le nouveau groupe électrogène sont chargés à bord du *Valparaíso*. Après une réparation provisoire, celui-ci va pouvoir remonter le canal Trinidad et se placer en embuscade dans le seno Wolsey, dernière échancrure avant l'océan Pacifique. Si la météo se maintient et que la houle est acceptable, il devrait atteindre le camp du Barros Luco lundi ou mardi matin, avec Laurence, Sébastien, Sylvain, Florian, Jean-Marc, Jean-Philippe et Georges à bord.

Le *Don Arturo* remonte lui aussi plein nord le canal Trinidad, mais en direction de Puerto Eden, puis des glaciers. Il lui faudra une dizaine d'heures de navigation pour atteindre ce port. La météo est au beau fixe.

Lundi 14 janvier au matin, les passagers du *Don Arturo* se réveillent à Puerto Eden. Aliro Vargas, un des gardes du Parc National Bernardo O'Higgins, embarque. Il va accompagner l'équipe du glacier durant son séjour dans le bien nommé fjord Iceberg, où vèle le glacier Tempano. Après quelques formalités à la capitainerie, le bateau repart en fin de matinée, avec un poêle, une gazinière et un fût de 200 l d'essence à bord, et un canot rigide de la CONAF à la traîne. Le bateau embouque le canal Messier puis le seno Iceberg. Enfin, à 14 heures, un mur de glace fait son apparition au fond du seno. Une heure plus tard, le *Don Arturo* accoste à la base de la CONAF. Le bâtiment a été vandalisé et en partie pillé; il faudra donc plusieurs heures pour le rendre habitable. En raison de la présence potentielle du virus Hanta désormais présent dans l'archipel de Patagonie, l'équipe entreprend la dératisation des locaux et le nettoyage à l'eau de javel. En fin d'après-midi, les cales du *Don Arturo* sont vidées, le poêle, l'électricité, l'eau courante et l'eau chaude sont installés. Les premières reconnaissances sont prévues pour le lendemain (suite page 21).

unas diez horas de navegación llegar a puerto. Hace buen tiempo.

El lunes 14 de enero por la mañana, los pasajeros de la Don Arturo amanecen en Puerto Edén. Aliro Vargas, uno de los guardaparques del Parque Nacional Bernardo O'Higgins, se sube a bordo. Acompañará al equipo del glaciar durante toda la estadía en el bien llamado seno Iceberg, adonde cae el glaciar Témpanos. Tras varias formalidades en capitania, la lancha vuelve a zarpar de madrugada con una estufa, una cocina y un bidón de 200 litros de combustible a bordo y remolcando un bote rígido de la CONAF. El barco emboca el canal Messier y, luego, el seno Iceberg. Finalmente, a las 14 horas, una pared de hielo aparece en el fondo del seno. Una hora después, la Don Arturo arriba al refugio de la CONAF. Pero la construcción ha sido vandalizada y parcialmente saqueada. Harán falta varias horas para dejarla habitable. Debido a la posible presencia de virus hanta, detectado también en los canales de Patagonia, el equipo realiza una desratización de los espacios y lo limpia todo con cloro. Por la tarde ya se han vaciado las bodegas de la Don Arturo y se instalan la estufa, la electricidad, el agua corriente y el agua caliente. Está previsto que, al día siguiente, se realicen ya los primeros reconocimientos (viene página 21).

▽ En route pour les prospections sur le Témpanos
 ▽ Iniciando las primeras prospecciones en el Témpanos
 📷 Serge Caillaud/©Centre Terre



Puerto Eden et la communauté Kawésqar

Puerto Edén y la comunidad Kawésqar

Le petit port de Puerto Eden (49°08'S) est situé dans le canal Messier (Paso del Indio), sur la bordure orientale de l'île Wellington, 100 km au NNE de Madre de Dios. Il a été fondé en 1936-1937 à la suite de la construction d'une base de l'armée chilienne. Localisé à mi-chemin entre Puerto Aysen (45°24' S) et Puerto Natales (51°44'S), c'est le seul lieu habité des archipels de Patagonie de la province Última Esperanza à l'exception de la mine de Guarello. Puerto Eden n'est relié par aucune route. Sa réputation tient surtout au fait qu'il abrite désormais la plus ancienne communauté Kawésqar. Dix-huit sites archéologiques canoeros ont été reconnus dans le secteur, les plus vieux remontant à 2000 ans (Curry, 1991). Puerto Eden est aussi le siège du Parc National Bernardo O'Higgins depuis juillet 1969. C'est le plus grand parc du Chili avec une superficie de 35 259 km²; ce territoire représente la plus grande aire sauvage protégée de l'hémisphère sud (CONAF, 2013 et Aravena et al., 2018).

Durant les expéditions Centre Terre, nous nous sommes rendus à plusieurs reprises à Puerto Eden. En 2000, nous avons rencontré et filmé pour la première fois Gabriela Paterito avec Dominique Legoupil ("*L'expédition Última Patagonia*", L.-H. Fage, 2001). Suite à la découverte en 2006 de la grotte Pacifique et ses peintures rupestres attribuées aux indiens Kawésqar, nous sommes retournés à Puerto Eden en 2008 et avons réussi de convaincre Gabriela, Raul Edén et Francisco Arroyo à venir à Madre de Dios pour visiter la grotte du Pacifique (le 8 février), un événement crucial qui est rapporté dans "*Le mystère de la Baleine*" (L.-H. Fage, 2009). Enfin, en janvier 2019, au retour du glacier Témpanos, nous sommes restés trois jours à Puerto Eden grâce à l'hospitalité du Parc National O'Higgins, ce qui nous a permis de filmer et de discuter avec Gabriela Paterito devant le drapeau Kawésqar, séquence capitale qui conclut le film Última Patagonia (G. Santantonio, 2019). Avant l'an 2000, deux études importantes ont eu lieu à Puerto Eden qu'il est nécessaire de rappeler: celle de l'ethnologue José Empeiraire en 1946-1948, puis celle du linguiste Christos Clairis en 1970-1972.

José Empeiraire à Puerto Eden (1946-1948): Dans son célèbre ouvrage "*Los Nomades de la Mer*", José Empeiraire (1912-1958) relate "deux années de présence et de vie quotidienne avec une minorité humaine, isolée, misérable et condamnée, à laquelle des liens affectifs durables et profonds nous ont vite attachés". Ces deux années correspondent à une période de 22 mois entre 1946-1948. L'auteur rappelle que leur population était à peine d'une centaine en 1946, éparpillée le long des archipels. Fin

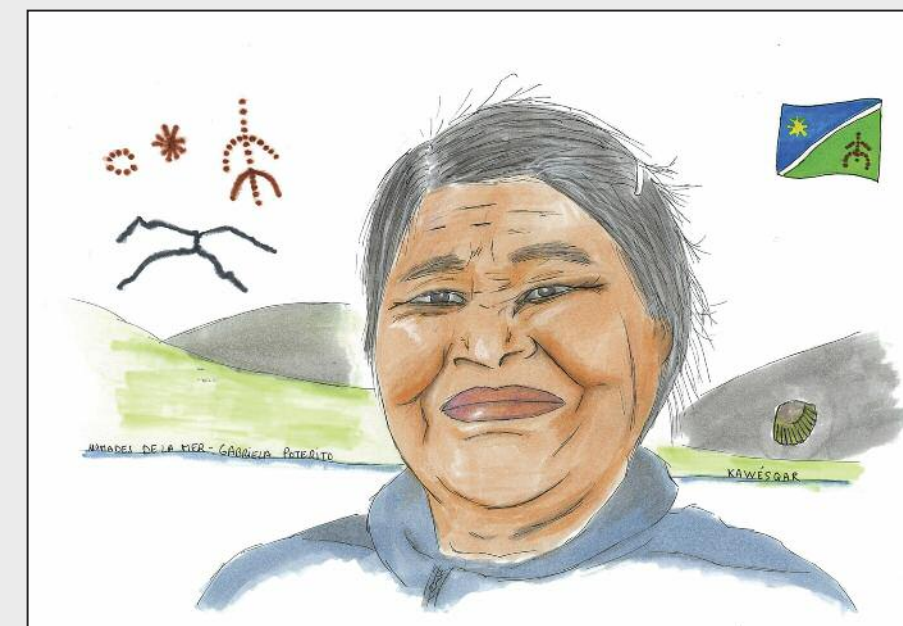
La pequeña bahía de Puerto Edén (49°08'S) está situada en el canal Messier (Paso del Indio), en el borde oriental de la isla Wellington, 100 km al NNE de Madre de Dios. Se fundó en 1936-1937 con la construcción de una base militar chilena. Localizada a medio camino entre Puerto Aysén (45°24' S) y Puerto Natales (51°44'S) y sin acceso terrestre, se trata del único lugar habitado de los canales patagónicos de la provincia Última Esperanza, a excepción de la mina de isla Guarello. Este lugar es conocido, sobre todo, por albergar la comunidad kawésqar más antigua. En el sector se han encontrado dieciocho sitios arqueológicos canoeros; el más antiguo, de 2000 años (Curry, 1991). Puerto Edén es también la sede del Parque Nacional Bernardo O'Higgins desde julio de 1969. Se trata del parque más extenso de Chile, con una superficie de 35.259 km², y constituye el área silvestre protegida más amplia del hemisferio sur (CONAF, 2013 y Aravena et al., 2018).

Durante las expediciones de Centre Terre hemos visitado Puerto Edén en varias ocasiones. En 2000 visitamos y grabamos, por primera vez, a Gabriela Paterito con Dominique Legoupil, ("*L'expédition Última Patagonia*", L.-H. Fage, 2001). Tras el descubrimiento en 2006 de la Cueva del Pacífico y sus pinturas rupestres, atribuidas a los kawésqars, regresamos a Puerto Edén en 2008 y convencimos a Gabriela.

Raúl Edén y Francisco Arroyo de venir a Madre de Dios a visitar la Cueva del Pacífico (8 de febrero), un acontecimiento crucial que se narra en "*El misterio de la Baleina*". (L.-H. Fage, 2009). Finalmente, en enero de 2019, al regreso del glaciar Témpanos, permanecimos tres días en Puerto Edén gracias a la hospitalidad del Parque Nacional Bernardo O'Higgins, lo que nos permitió filmar y conversar con Gabriela Paterito frente a la ban-

Richard Maire et Natalia Morata

▽ Gabriela Paterito (Aquarelle Angélika Nodari)
 ▽ Gabriela Paterito (Acuarela de Angélika Nodari)



Références / Referencias

- Aliste M. & Esteban M. (2008) Puerto Edén: El desaliendo inesperado del desarrollo. Tesis, Universidad de Chile, Dept. de Antrología (<http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/106662>)
- Aravena JC, Vela-Ruiz G, Torres J, Huenucoy C & Tonko JC (2018) Parque Nacional Bernardo O'Higgins/Territorio Kawésqar Waes: Conservación y gestión en un territorio ancestral. Magallania, vol. 46, p. 49-63.
- Clairis C (1985) El Qawasqar. Lingüística fueguina, teoría y descripción. Estudios Filológicos, Anejo 12, Valdivia, Chile, 528 p. (cf. site christosclairis.fr)
- CONAF, CEQUA, CORFO (2013) Guía Parque Nacional Bernardo O'Higgins. CONAF, Punta Arenas, 248 p.
- Curry PJ (1991) Distribución de sitios e implicaciones para la movilidad de los canoeros en el canal Messier. Anales del Instituto de la Patagonia, vol. 20, p. 145-154.
- Empeaire J (1955) Les nomades de la mer. Gallimard, 286 p.
- Legoupil D (1985) Los indios de los archipiélagos de la Patagonia, un caso de adaptación a un ambiente adverso. Ans. Inst. Pat., Punta Arenas, vol. 16, p. 45-52.
- Martinic M. (1989) Los canoeros de la Patagonia meridional. Journal de la Société des Américanistes, LXXV, p. 35-61.

↳ Puerto Eden, Chili

📷 Serge Caillaud/©Centre Terre



mars 1946, il débarque à Puerto Eden avec le docteur Robin. Il y avait là quelques familles d'indiens Kawésqar groupées autour du poste militaire. Il écrit: "L'impression était saisissante de se trouver brusquement déposés chez les derniers Fuégiens, au centre de cette gigantesque trainée d'Archipels déserts, étirés sur 12 degrés de latitude entre la cordillère australe et le Pacifique, et qui fut autrefois le domaine des nomades de la mer".

Christos Clairis à Puerto Eden (1970-1972): Plus d'une vingtaine d'années plus tard, le chercheur Christos Clairis débarque en 1970 à Puerto Eden pour préparer sa thèse de linguistique sur la langue Kawésqar (Clairis, 1985). En février 1971, à partir d'un recensement précis, il souligne que la population Kawésqar était de 47 personnes, dont 12 enfants de moins de 10 ans. L'aîné, Francisco Arroyo Tantawes, avait entre 65 et 75 ans (Clairis, 1985, p. 28-37). À cette époque, Gabriela Paterito avait une trentaine d'années et avait eu déjà huit enfants avec son mari José Tonko alors âgé de 40 ans (aujourd'hui décédé), dont Juliana, leur fille aînée de 16 ans.

"Ultima Patagonia" à Puerto Eden (2019): Aujourd'hui la population totale de Puerto Eden est de 60 habitants environ alors qu'elle était dix fois plus importante dans les années 1980. Quant à la communauté Kawésqar, elle est réduite à une quinzaine de personnes. Mais la découverte de la grotte du Pacifique avec ses peintures en 2006 a mis en lumière les racines d'un peuple oublié et le drapeau Kawésqar marque un tournant car le gouvernement chilien reconnaît l'importance unique de Madre de Dios (Bien National protégé en 2007) à la fois au niveau naturel et culturel, et par voie de conséquence du peuple indigène Kawésqar, l'une des racines les plus anciennes du Chili. Cette fierté est unique dans l'histoire des Amérindiens du Chili, et désormais près de quatorze communautés revendiquent leur appartenance au peuple Kawésqar.

Le 9 novembre 2019, le film "Ultima Patagonia" est projeté aux habitants de Puerto Eden par Natalia Morata et Wilfredo Sepulveda avec le concours et la présence du Ministère des Biens Nationaux (Franz Kroeger, Ronald Larenas, Maria José Fernandez) et de la CONAF (Aliro Vargas).

dera kawésqar, escena crucial de cierre del filme "Última Patagonia" (G. Santantonio, 2019). Antes del 2000 se realizaron dos importantes estudios en Puerto Edén que conviene recordar: el del etnólogo José Empeaire en 1946-48; y el del lingüista Christos Clairis en 1970-72.

José Empeaire en Puerto Edén (1946-1948). En su célebre obra "Los Nómades del Mar", José Empeaire (1912-1958) relata "dos años de presencia y de vida cotidiana con una minoría humana, aislada, miserable y condenada, a la que pronto nos unieron vínculos afectivos, durables y profundos". Estos dos años corresponden a un periodo de 22 meses en 1946-1948. El autor recuerda que su población, dispersa por los canales, alcanzaba apenas un centenar en 1946. A finales de marzo de 1946 desembarca en Puerto Edén con el doctor Robin, donde vivían varias familias indígenas kawésqar agrupadas en torno al puesto militar. Escribe: "Era sobrecogedora la impresión de encontrarse bruscamente lanzado entre los últimos fueguinos, en el centro de esa gigantesca estela de archipiélagos desiertos, estirados a lo largo de doce grados de latitud entre la Cordillera Austral y el Pacífico, que fuera en otro tiempo el dominio de los nómades del mar".

Christos Clairis en Puerto Edén (1970-72). Más de dos décadas después, el investigador Christos Clairis desembarca en 1970 en Puerto Edén para preparar su tesis de lingüista sobre la lengua kawésqar (Clairis, 1985). En febrero de 1971, a partir de un censo preciso, destaca que la población kawésqar contaba con 47 personas, incluidos 12 niños menores de 10 años. Uno de los mayores, Francisco Arroyo Tantawes, tenía entonces 65-76 años (Clairis, 1985, p. 28-37). En esa época, Gabriela Paterito, de unos 30 años, había tenido ya ocho hijos con su esposo José Tonko, de 40 años (hoy difunto); entre otros, su hija Juliana de 16 años.

"Última Patagonia" en Puerto Edén (2019). Hoy la población total de Puerto Edén es de unos 60 habitantes, siendo que en los 80 era diez veces mayor. En cuanto a la comunidad kawésqar, su número ha descendido a unas quince personas. No obstante, el descubrimiento de la Cueva del Pacífico en 2006 sacó a la luz las raíces de un pueblo olvidado, cuya bandera kawésqar marca un cambio. El gobierno chileno reconoce la importancia única de Madre de Dios (Bien Nacional Protegido desde 2007), tanto a nivel natural como cultural, y por el hecho mismo, del pueblo originario kawésqar, uno de los más antiguos de Chile. Este reconocimiento es seño en la historia de los pueblos amerindios de Chile, a tal punto que hoy son ya unas catorce comunidades las que reivindican su pertenencia al pueblo kawésqar. El filme "Última Patagonia" se proyectó el 9 de noviembre de 2019 en Puerto Edén en presencia de Natalia Morata y Wilfredo Sepulveda y con el concurso y participación de funcionarios del Ministerio de Bienes Nacionales (Franz Kroeger, Ronald Larenas, Maria José Fernandez) y de CONAF (Aliro Vargas).



△ **Figure** : A. Puerto Eden en 2019 (photo S. Hata). B-C-D-E. Gabriela Paterito et sa famille en 1971 à Puerto Eden (photos C. Clairis, christosclairis.fr). B. Gabriela (30 ans environ). C. Dans la maison de Gabriela avec son mari José Tonko et ses enfants. D. Fabrication de bateaux artisanaux, leur fille Mercedes (5 ans) au centre. E. Le linguiste Christos Clairis au centre. F-G. Visite de Centre Terre chez Gabriela en janvier 2019. F. Maria-Isabel, fille de Gabriela, déroule le drapeau Kawésqar orné de la rouelle solaire et de l'anthropomorphe de la grotte du Pacifique (photo L.-H. Fage). G. Dans la maison de Gabriela avec sa fille Maria-Isabel à gauche et Raul Edén son mari actuel à droite (photo R. Maire).

△ **Figura** : A. Puerto Edén en 2019 (foto CT, S. Hata). B-C-D-E. Gabriela Paterito y su familia en 1971 en Puerto Edén (fotos C. Clairis, christosclairis.fr). B. Gabriela (unos 30 años). C. En casa de Gabriela con su marido José Tonko y sus hijos. D. Fabricación de canoas artesanales; en el centro, su hija Mercedes (5 años). E. El lingüista Christos Clairis en el centro. F-G. Visita de Centre Terre a Gabriela en enero de 2019. F. Maria Isabel, hija de Gabriela, desenrolla la bandera kawésqar que luce la rueda solar y la figura antropomorfa de la Cueva del Pacífico (foto L.-H. Fage). G. En casa de Gabriela con su hija María Isabel a la izquierda y su esposo Raúl Edén a la derecha (foto R. Maire).

À Guarello, le Rosita lève l'ancre à 9 heures. Stéphane J. dirige une équipe qui va installer une station scientifique sur l'île voisine de Tarlton; celle-ci enregistrera deux mois de données météorologiques ainsi que la vitesse d'érosion des calcaires et des cannelures. La journée est aussi consacrée au tournage des séquences prévues sur les cannelures d'érosion et les encoches marines. Une plongée est dédiée à ces cannelures dont le prolongement sous le niveau actuel de la mer est une preuve d'ancienneté: elles se sont mises en place avant la remontée du niveau marin qui suit la fin de la dernière époque glaciaire. Cyrielle et Stéphane J, assistés de Clément et filmés par Yanick, effectuent cette très belle plongée sur un site du Seno Azul.

De son côté, le Valparaíso est parvenu à entrer dans le Barros Luco. Arrivé au camp de base, l'équipe constate que la cabane est extérieurement en bon état, mais qu'elle a été visitée et en partie pillée. Il manque le bois des tables, les bancs, l'évier de la cuisine, les fenêtres. Tout le cuivre de la plomberie a été volé – même les gonds de la porte! Un message est passé à destination de Guarello afin de remplacer ce qui manque. Sur place, Georges s'attaque à la désinfection à l'eau de javel de l'ensemble de la structure, procédure obligatoire pour éviter tout risque lié au virus Hanta.

Le mardi 15 janvier, après avoir déposé Charlotte, Stéphane J, Laurent Mo et Bertrand au fond du seno Soplador, le Rosita met le cap sur le Barros Luco. Les équipiers laissés à terre ont pour mission de réaliser la traversée nord-sud de l'île Madre de Dios via le camp 2. Ce périple de quatre jours doit leur permettre de repasser par les champs de comètes de roches et les champignons géants découverts lors de l'expédition de 2010 afin de mieux les étudier (cf. page 123). Lourdemment chargés, il leur faudra 10 heures de progression pour atteindre ce camp 2.

En Guarello, la Rosita leva anclas a las 9 horas. Stéphane Jaillet dirige un equipo que va a instalar una estación científica en la isla vecina de Tarlton. Registrará dos meses de datos meteorológicos y la velocidad de erosión de las calizas y las acanaladuras. La jornada también se dedica a grabar las secuencias previstas para las acanaladuras de erosión y las muescas marinas. Se consagra una inmersión a las acalanaduras, cuyo prolongamiento bajo el actual nivel del mar es una prueba de su antigüedad. Se formaron antes de que el nivel del mar subiera a finales de la última época glacia. Cyrielle y Stéphane, ayudados por Clément y filmados por Yanick, realizan tres bellas inmersiones en un punto del seno Azul.

Por su lado, la Valparaíso ha conseguido entrar en el Barros Luco. Tras llegar al campamento base el equipo constata que la cabaña, exteriormente, está en buen estado, pero que ha recibido visitas y la han saqueado parcialmente. Falta la madera de las mesas, el lavadero de la cocina, las ventanas. Han robado el cobre de las tuberías. ¡Hasta los goznes de la puerta! Se envía un mensaje a Guarello para poder remplazar lo que falta. Georges empieza a desinfectar con cloro toda la construcción, procedimiento obligatorio para evitar cualquier riesgo ligado al virus hanta.

El martes 15 de enero, tras dejar a Charlotte, Stéphane, Laurent Morel y Bertrand en el fondo del seno Soplador, la Rosita pone rumbo hacia el Barros Luco. El grupo dejado en tierra tiene por cometido atravesar a pie, de sur a norte, la isla Madre de Dios pasando por el campamento 2. Este periplo de cuatro días les permitirá volver a pasar por los campos de cometas de roca y los champiñones gigantes descubiertos durante la expedición de 2010 con el objetivo de estudiarlos en detalle (CF. página 123). Cargados con pesadas mochilas, les tomará 10 horas de marcha llegar al campamento 2.

Traversée sud-nord de l'île Madre de Dios

Travesía sur-norte de la isla Madre de Dios

Stéphane Jaillet

15 janvier. Avant même que les mineurs ne soient réveillés, nous filons après un rapide petit déjeuner à la mine de Guarello, car la journée va être longue: nous allons attaquer la première traversée sud-nord de l'île. Durant quatre jours, ce sera l'occasion d'une aventure extraordinaire et inoubliable.

Nous sommes quatre: Charlotte, Laurent et moi-même, accompagnés de Bertrand, cadreur, montagnard et sportif qui va nous suivre et filmer l'ensemble du périple. Nous nous engageons dans la traversée au fond du seno Soplador. Le but est d'abord de rallier le camp 2 qui avait été atteint lors d'une expédition précédente en 2010. C'est en effet là qu'avaient été découverts les incroyables champs de comètes et les champignons de roche si spectaculaires.

Lourdemment chargés, en dix heures d'une progression parfois complexe dans les ressauts des lapiés, nous atteignons l'objectif. Nous sommes trempés et harassés. Au passage, nous avons pu revoir le Bélier et la perte du Temps, explorée en 2000. Nous montons le camp à l'emplacement du camp 2 de 2010.

Le lendemain 16 janvier est une exceptionnelle journée de beau temps, et nous en profitons! Nous arpentons le lapiaz, documentons l'ensemble des champs de comètes et réalisons des mesures morphométriques sur les champignons, notamment grâce à des relevés photogrammétriques 3D. Ces relevés complètent utilement l'expérimentation mise en place sur l'île Tarlton les jours précédents. L'objectif est d'aller plus loin dans la compréhension des mécanismes qui régissent la mise en place de ces formes singulières, si exceptionnelles.

Bien sûr, le lendemain la météo est délétaire! Nous restons sous les tentes en attendant les quelques accalmies qui nous permettent de sortir brièvement. Enfin **le 18 janvier**, nous replions tout le matériel, en direction du Barros Luco, plus au nord. Nous l'atteignons en huit heures, après une progression harassante dans un secteur qui n'avait jamais été parcouru. Les mauvaises conditions de visibilité, les détours obligatoires, la fin dans une forêt abrupte où chaque ressaut est à contourner, tout cela nous retarde considérablement. Arrivés au point de rendez-vous, nous constatons avec inquiétude que personne n'est là... Au crépitement de la radio, nous comprenons que nos amis sont beaucoup trop à l'Est. Finalement, après une bonne heure d'attente, nous sommes récupérés, trempés, fourbus mais heureux. Quel plaisir de retrouver le reste de l'équipe, installée au camp de base du Barros Luco depuis déjà plusieurs jours.

Cette belle traversée et l'étude des champignons de pierre de Madre de Dios resteront l'un des moments forts de l'expédition. Une partie des résultats scientifiques est présentée dans la partie « science » de ce rapport.

Le 15 de enero, antes incluso de que despierten los mineros, nos ponemos en marcha tras un frugal desayuno en la base de Guarello. Nos espera un largo día, ya que vamos a iniciar la primera travesía sur-norte de la isla. Durante cuatro días, viviremos una aventura extraordinaria e inolvidable.

Somos cuatro: Charlotte, Laurent y yo, acompañados por Bertrand, cámara, montañero y deportista, quien seguirá y filmará nuestro periplo. Iniciamos la travesía al final del seno Soplador. El objetivo es volver al campamento II, al que se había llegado durante la expedición de 2010, y donde se habían descubierto los increíbles y espectaculares campos de cometas y champiñones de roca.

Cargados con pesadas mochilas, en diez horas de marcha, a veces compleja en los resaltes de los lapiaces, alcanzamos el objetivo. Estamos empapados y extenuados. De camino, hemos vuelto a pasar por el "carnero de roca" y el sumidero del Tiempo, explorado en 2000. Montamos las carpas en el mismo campamento 2 de 2010.

Al día siguiente, 16 de enero, hace un día espléndido y lo aprovechamos. Recorremos al tranco el lapiaz, documentamos el conjunto de campos de cometas y tomamos medidas morfométricas en los champiñones, principalmente, con levantamientos fotogramétricos 3D. Estos datos son muy útiles para completar la experimentación instalada en isla Tarlton unos días antes. El objetivo es comprender mejor los mecanismos dominantes en la formación de estas singulares y tan excepcionales formas.

Al día siguiente, como era de esperar, el tiempo es horrible. Permanecemos en las carpas esperando que amaine para poder salir, solo de vez en cuando y brevemente. Finalmente, **el 18 de enero**, desmontamos el campamento y ponemos rumbo al Barros Luco, más al norte. Llegamos tras ocho horas de agotadora progresión por un sector que nunca había sido recorrido por Centre Terre. Las malas condiciones de visibilidad, los rodeos obligados y el final en un bosque abrupto, donde hay que bordear todos los resaltes, nos retrasan considerablemente. Al llegar al punto de encuentro acordado, constatamos con preocupación que no hay nadie. La radio crepita, pero logramos captar que nuestros compañeros están demasiado al este. Finalmente, tras una hora larga de espera, nos encuentran empapados, rendidos, pero felices. Qué alegría reencontrar al resto del equipo, que ya lleva varios días instalado en el campamento base del Barros Luco.

Esta bella travesía y el estudio de los champiñones de Madre de Dios será uno de los momentos álgidos de la expedición. En el apartado "ciencia" de este informe se presenta una parte de los resultados científicos.

Le mercredi 16 janvier à la mi-journée, au-dessus du Valparaíso à l'ancre, le camp de base apparaît à la proue du Rosita. Le reste de cette journée ensoleillée est consacré au déchargement de l'intégralité des deux bateaux.

Jeudi 17 janvier, les deux navires lèvent l'ancre à 7 heures. Avec Bernard, Florian, Richard, Laurence, Gilles, Christian et Yanick le Rosita part vers le nord rejoindre l'équipe Glacier tandis que le Valparaíso met le cap sur Puerto Natales. Sur place, et jusqu'au 20 janvier, Sylvain, Sébastien, Jean-Philippe, Georges, Clément et Jean-Marc vont œuvrer à la remise en état du camp. Ils installent la tyrolienne sur câble. Elle permettra de hisser les tonnes de matériel des bateaux jusqu'au camp de base, et ils posent les vitres et l'évier récupérés à Guarello. Ils branchent l'électricité, la pompe pour l'eau courante, le chauffe-eau et la douche. Il faut aussi remettre les plateformes en état pour y installer les tentes et préparer la flotte des Bombard. Profitant de conditions météorologiques stables, ils construisent l'annexe qui a été prévue.

El miércoles 16 de enero a mediodía, sobre la Valparaíso fondeada, por la proa de la Rosita, aparece el campamento base. El resto de este día soleado se pasa descargando las dos lanchas.

El jueves 17 de enero las dos naves levantan anclas a las 7 horas. Con Bernard, Florian, Richard, Laurence, Gilles, Christian y Yanick la Rosita parte hacia el norte para juntarse con el equipo del glacier, mientras que la Valparaíso emprende el regreso a Puerto Natales. En el Barros Luco y hasta el 20 de enero, Sylvain, Sébastien, Jean-Philippe, Georges, Clément y Jean-Marc se dedicarán a reacondicionar el campamento. Instalan la tiroliña de cable, que les ayudará a remontar las toneladas de material de los barcos hasta el campamento base, entre las que se encuentran los cristales y el lavaplatos recuperados en Guarello. Conectan la electricidad, la bomba para el agua corriente, el calefón y la ducha. También habrá que arreglar las tarimas para montar las tiendas y preparar la flotilla de Bombard. Aprovechando el buen tiempo, construyen el anexo previsto.

▽ Vers le camp 2, lors de la traversée de l'île Madre de Dios.

▽ Hacia el campamento II durante la travesía de Madre de Dios.

Charlotte Honiat/©Centre Terre



Les travaux d'extension de la base logistique

Los trabajos de ampliación de la base logística



Sylvain Boutonnet

L'expérience de deux mois de vie en communauté passés dans la base logistique construite en 2017 a démontré qu'il fallait apporter quelques améliorations à la construction et aux installations périphériques. Une liste des améliorations à faire a donc été établie pour 2019. Elle prévoit entre autre: la construction d'un petit cabanon pour abriter les toilettes, la mise en place d'un abri pour les groupes électrogènes, l'agrandissement de la grande plateforme pour les tentes de couchage, la création d'une plateforme supplémentaire pour accueillir une tente de type « Stronghold » et enfin la construction d'une annexe accolée au bâtiment existant, extension destinée au stockage du matériel sensible (outils électriques, petit outillage, etc.) et pouvant servir au séchage des équipements.

Lors de la préparation des matériaux et des équipements, la question cruciale était de savoir dans quel état nous allions retrouver les installations après deux années d'absence: électricité, plomberie, menuiseries. En effet, la seule information que nous ayons pu recueillir auprès des pêcheurs était que la base était toujours debout – mais personne ne s'en était approché à moins de 100 m... Au vu de ces éléments, et par précaution, nous avons décidé de partir avec tous le matériel nécessaire au rééquipement de la base.

La experiencia de dos meses de convivencia en la base logística construida en 2017 dejó claro que era necesario mejorar la construcción y las instalaciones periféricas. Para la expedición Última Patagonia 2019 se trabajó en una lista de mejoras que preveía, entre otras cosas, la construcción de una cubierta para los baños, de un cobertizo para los grupos electrógenos, la ampliación de la gran plataforma para las carpas-dormitorio, la instalación de una tarima adicional para montar una tienda tipo "Stronghold" y, finalmente, la construcción de un pequeño zaguán anexo a la construcción existente. Esta extensión se destinaría al almacenamiento de material sensible (herramientas eléctricas, pertrechos, etc.) y serviría de zona de secado de los equipos.

En la fase de preparación de materiales y equipos, el punto crucial era saber en qué estado nos íbamos a encontrar las instalaciones después de dos años de ausencia: electricidad, plomería, carpintería... De hecho, la única información que habíamos logrado de los pescadores es que la cabaña seguía en pie, aunque nadie se había acercado a menos de 100 metros... Visto lo visto y por precaución, decidimos partir con todo el material necesario para reequipar la base.

Evaluación de la situación

Habían transcurrido veintidós meses entre el final de la expedición de 2017 y el regreso de los exploradores al lugar.

État des lieux

Vingt deux mois se sont écoulés entre la fin de l'expédition de 2017 et le retour des explorateurs sur place. Nous avons eu l'agréable surprise de découvrir la base en bon état. Celle-ci a parfaitement résisté pendant notre absence. Le climat n'a pas eu d'impact significatif sur la structure.

En revanche, quelqu'un est passé en notre absence et l'intérieur de la base a été pillé... Installations électriques, installations sanitaires et menuiseries (fenêtres) ont disparu. Ces équipements ont dû servir à améliorer le confort des bateaux de pêche qui osent s'aventurer dans le Barros Luco.

Nous avons bien fait d'emporter du matériel en rab! Seul hic, nous n'avons pas de fenêtres de rechange... Nous n'avions pas envisagé ce problème... Par chance, nous sommes en connexion avec l'équipe qui fait escale à la mine de Guarello. Nous leur exposons le problème et dans les minutes qui suivent, les autorités de la mine leur taillent des carreaux de bonnes dimensions qui seront chargés par le Rosita.

Après ce constat, notre première mission sur place a été de désinfecter la cabane. L'île Madre de Dios est infestée de rats, potentiellement porteur du virus Hanta. Protégés par des combinaisons jetables, cagoulés et masque à cartouche sur le visage, nous avons pulvérisé de l'eau de javel à l'intérieur de la base afin de s'affranchir de tout risque d'infection.

La phase « réhabilitation »

Au début de l'expédition nous sommes une petite équipe de six personnes affectées à la « remise en route » du camp de base. La désinfection et le nettoyage s'étant parfaitement déroulés, nous pouvons dès le premier soir profiter de la base et dormir dans un endroit sec, chose qui n'était pas gagnée d'avance.

Nous avons maintenant une semaine devant nous pour réaliser les travaux de rénovation et d'amélioration avant l'arrivée du reste des équipes.

Les choses s'organisent en fonction de ce qui nous manque le plus. À la fin de la première journée de travail, l'eau courante est branchée (mise en place de la pompe, des bidons tampons et du surpresseur) et nous disposons de WC confortables. Le second jour est consacré aux installations intérieures. Au soir du troisième jour, l'électricité est installée, le chauffe-eau et la gazinière sont opérationnels. Notre petit intérieur prend forme. Ce soir ce sera douche chaude pour tout le monde et tournée de pain cuit au four, des plaisirs simples mais qui ici sont un luxe!

Une fois la base réhabilitée, nous décidons de passer aux différentes améliorations. Nous choisissons d'attaquer par la création de la nouvelle plateforme et l'extension de celle existante. Nous pourrions ainsi monter les tentes et y stocker les bidons contenant les affaires personnelles de chacun. Nous passerons ensuite à la construction de l'annexe

Nos encontramos con la agradable sorpresa de que la cabaña seguía estando en buen estado. Resistió perfectamente durante nuestra ausencia. El clima no había tenido impacto significativo en la estructura. Por el contrario, alguien había pasado durante nuestra ausencia y algunos elementos habían desaparecido del interior de la base: instalaciones eléctricas, sanitarias y carpintería (ventanas). Suponemos que estos materiales deben haber servido para aumentar el confort de alguna de las embarcaciones de pesca que osan aventurarse en el Barros Luco. Hicimos bien en haber anticipado este problema... Por suerte teníamos comunicación con el equipo que hacía escala en la mina de Guarello. Tras exponerles el problema, en cuestión de minutos la administración de la mina mandó cortar cristales en las dimensiones correctas y se pudieron embarcar en la Rosita.

Solucionado este punto, nuestra primera misión era desinfectar la cabaña. La isla Madre de Dios está infestada de ratones susceptibles de ser portadores del hantavirus. Protegidos con trajes desechables, encapuchados y con máscara respiratoria, pulverizamos el interior de la base con agua y cloro con el fin de evitar cualquier riesgo de infección.

La fase de "rehabilitación"

Al principio de la expedición éramos un pequeño equipo de 6 personas a cargo de la "puesta en marcha" del campamento base. La desinfección y limpieza se desarrollaron sin problemas, por lo que pudimos hacer vida en la cabaña y dormir en un lugar seco, algo nada evidente a priori.

Nos quedaba una semana por delante para llevar a cabo los trabajos de renovación y mejora antes de que llegara el resto de los equipos.

Nos organizamos en función de lo que más nos urgía tener. Al final de la primera jornada de trabajo, se había conectado el agua corriente (instalación de la bomba, de los bidones receptores y del compresor) y disponíamos de un WC confortable. El segundo día se destinó a las instalaciones interiores. La noche del tercer día se instaló la electricidad y quedaron operativos el calefón y la cocina. Nuestro pequeño redil iba tomando forma. Esa noche pudimos ducharnos todos y disfrutar de pan recién hecho. ¡Pequeños placeres que, aquí, son todo un lujo!

Una vez rehabilitada la base, decidimos pasar a las distintas mejoras. Resolvimos empezar por la construcción de la nueva plataforma y la ampliación de la existente. Esto nos permitiría montar las carpas y almacenar los bidones que contenían los efectos personales de cada uno. Luego, procedimos a la construcción del anexo que linda con la cabaña. Tras terminar el zaguán, hicimos recuento del material sobrante y realizamos mejoras a las tarimas de las carpas y del cobertizo de los grupos electrógenos.

La fase "construcción"

En cuanto al anexo, las directrices recibidas eran construir un corredor acoplado a la fachada sur de la cabaña que serviría para almacenar el material y proteger la secadora.

△ La base logística de Centre Terre au Barros Luco, sur l'île de Madre de Dios.

△ La base logística de Centre Terre en el Barros Luco, en la isla Madre de Dios.

📷 Serge Caillault/©Centre Terre

qui jouxte la base. Une fois l'annexe terminée, nous ferons un point sur les matériaux restant et nous apporterons des améliorations aux platelages des tentes et à l'abri pour les groupes électrogènes.

La phase « construction »

Concernant l'annexe, les directives qui nous ont été données sont de construire un couloir accolé à la façade sud de la cabane qui servira à stocker du matériel et à abriter le sèche-linge. Dès le départ, au vu des matériaux dont nous disposons, nous avons en tête de construire une annexe plus grande et plus confortable qu'un simple couloir. Au final l'annexe couvrira 16 m², en deux parties: une partie basse pour le stockage du matériel et une partie pratiquement habitable pour se changer, préparer les sacs, etc. La création de l'annexe nous aura pris deux grosses journées, mais au final nous avons considérablement augmenté la surface « habitable » de la base, ce qui nous offre un vrai gain de confort. Les deux mois sur place, à 25 personnes en moyenne, démontreront que nous avons bien fait de réaliser cette grande extension. L'annexe va devenir un espace important de rangement, de séchage et jouera le rôle de sas contribuant au maintien d'une température agréable et d'un taux d'humidité faible dans la pièce principale.

Une fois l'annexe terminée et dignement inaugurée, nous nous attelons à la construction d'un abri pour les groupes électrogènes avec les matériaux restant. Il est en effet impératif que les deux générateurs soient parfaitement abrités, tout en restant ventilés afin d'assurer l'évacuation des gaz d'échappement. La production d'électricité est un élément primordial au bon déroulement de l'expédition. Nous devons impérativement protéger les groupes de la pluie et disposer d'un espace suffisant autour pour les opérations de maintenance. L'abri doit être suffisamment éloigné de la base pour éviter les nuisances sonores mais pas trop, pour faciliter les démarrages, arrêts et ravitaillement en carburant et minimiser les pertes en ligne. À la fin, nous tirons profit des matériaux restant pour construire des saute-vent en bout des platelages pour renforcer la résistance au vent des tentes de couchage.

Tout est désormais prêt pour accueillir le reste de l'équipe Ultima Patagonia 2019! Il reste même quelques clous afin que chacun puisse planter le sien et y suspendre sa veste de pluie. La réalisation de tous ces aménagements nous aura finalement pris une dizaine de jours au total. Cela peut paraître considérable en comparaison avec la durée totale de l'expédition, mais le gain de confort démontrera que ces dix jours n'auront pas été une perte de temps - bien au contraire!



Desde el inicio, en vista de los materiales de que disponíamos, consideramos construir un zaguán más grande y confortable que un simple corredor. Finalmente, el anexo cubrirá 16 m², dividido en dos partes: una parte baja para guardar el material; y otra prácticamente habitable para cambiarse, preparar las mochilas, etc. En total, destinamos diez días completos a la construcción, pero logramos aumentar la superficie "habitable" de la base, ganando un poco en confort. Los dos meses con un promedio de 25 personas compartiendo el mismo espacio confirmo que hicimos bien en construir esta gran extensión. El zaguán se convirtió en un espacio relevante para ordenar, secar y, al funcionar como puerta doble, contribuyó a mantener la temperatura y disminuir la humedad de la pieza principal

Tras terminar el zaguán e inaugurarlo dignamente, nos centramos en la construcción de una marquesina para los grupos electrógenos con los materiales sobrantes. Era absolutamente necesario que los dos grupos electrógenos estuvieran totalmente protegidos y bien ventilados para asegurar la evacuación de los gases de escape. La producción de electricidad es un elemento esencial para el buen funcionamiento de la expedición. Era necesario proteger los grupos de la lluvia y disponer de un espacio amplio alrededor para las tareas de mantenimiento. Además, debía estar lo suficientemente alejado de la base para reducir la contaminación acústica, pero no a gran distancia para facilitar el encendido, paro, relleno de carburante y minimizar las pérdidas en la línea. Finalmente, aprovechamos los elementos sobrantes para construir cortavientos en los extremos de las tarimas para aumentar la resistencia al viento de las carpas-dormitorio.

¡Todo quedó listo a tiempo para recibir al resto del equipo Última Patagonia 2019! Hasta sobraron clavos para que cada uno pudiera clavar el suyo y colgar el cortaviento. En total, nos demoramos unos diez días en realizar las mejoras. Puede que parezca mucho tiempo considerando la duración de la expedición, pero, a fin de cuentas, el aumento de confort demostrará que estos diez días no fueron en vano... ¡sino todo lo contrario!



▷▷ Déchargement du conteneur à Punta Arenas.
▷▷ Descargando el contenedor en Punta Arenas.
📷 Sylvain Boutonnet/©Centre Terre

▷▷ Le coin repos de Centre Terre au Barros Luco, sur l'île Madre de Dios.
▷▷ El rincón de secado de la cabaña
📷 Yanick Dumas/©Centre Terre

▷ Le coin séchage dans la cabane.
▷ El rincón de secado en la cabina.
📷 Michel Phillips/©Centre Terre

Reconnaissance au glacier Témpano

Reconocimiento del glaciar Témpanos

L'équipe Glacier a donc débarqué le lundi 14 janvier sur le secteur du Témpano. La durée prévue sur place est de 12 jours avant de rejoindre le camp de base du Barros Luco et le restant de l'équipe.

Le mardi 15 janvier, Marius, Masahiro et Shuntaro sont les premiers levés. Ils préparent les sondes GPS qu'ils ont prévu d'installer à intervalle régulier sur le glacier pour mesurer sa vitesse de déplacement (cf. page 128). Plus tôt les sondes seront posées, plus longue sera la durée d'enregistrement du déplacement du glacier. Accompagnés de Luc-Henri et de Stéphane M., ils prennent la direction du débarcadère Sud qui permet d'atteindre la rive droite du glacier, vers 400 m d'altitude, en moins de 3 heures de marche. Avec leur chargement, ils mettront pratiquement 10 heures à faire l'aller et retour ! À l'aller, ils profitent du col surplombant le glacier pour installer un appareil photo en fixe en mode time-lapse. L'idée est de capturer le mouvement du glacier et d'en faire une animation vidéo sur laquelle travailler. Finalement, ils rentreront vers 22h30 au camp CONAF.

Laurent Me., Lionel, Loïc, Serge et Denis sont débarqués sur le flanc nord du glacier. Très rapidement ils repèrent plusieurs pertes et descendent la plus grosse, qu'ils nommeront perte de la Saloude. Il s'agit d'un moulin de 20 m de profondeur dans lequel se jette une cascade dont le débit est estimé à 20 l/s. Ils s'arrêtent sur une étroiture impénétrable dans laquelle l'eau s'engouffre. Ils décident de continuer la prospection au niveau du contact roche/glace et découvrent un porche de glace au contact du granite. Celui-ci fait près de 8 m de haut sur 5 m de large. Ils progressent à l'intérieur sur 45 m pour une profondeur de l'ordre de 25 m. Ils retournent à l'embarcadère nord après 13 km de prospection. En chemin, ils pointent et baptisent le lac Bleu qui sera plongé le 17 janvier.

De leur côté, Natalia, Aliro, Carlos et Arnauld terminent d'aménager le camp de la CONAF. Il s'agit de mettre l'eau et l'électricité en service, de terminer le nettoyage et de faire de la place pour installer les couchages. Ils assurent en même temps les rotations de navette pour la dépose et le retour des équipes sur le terrain.

Le mercredi 16 janvier, Denis, Lionel, Natalia et Arnauld montent sur le glacier depuis le débarcadère sud. L'objectif aujourd'hui est de suivre le flanc du glacier au contact avec le granite et de localiser un maximum de pertes. La pente du massif rocheux étant très abrupte et d'aspect peu stable, l'équipe remonte le contact en progressant sur le glacier, ce qui complique le repérage et l'accès aux cavités qui s'ouvrent en dessous. Après environ deux heures de prospection, ils atteignent une vallée affluente perpen-

El equipo del glaciar acaba de desembarcar el lunes 14 de enero en el sector del Témpanos. Está previsto que pasen 12 días en el lugar antes de poner rumbo al campamento base del Barros Luco y reunirse con el resto del equipo.

El martes 15 de enero, Marius, Masahiro y Shuntaro son los primeros en levantarse. Preparan las sondas GPS que han previsto instalar en intervalos regulares en el glaciar para medir la velocidad de desplazamiento (cf. página 128). Cuanto antes queden instaladas las sondas, mayor será el tiempo de registro del desplazamiento del glaciar. Acompañados por Luc-Henri y Stéphane Maifret, se dirigen al desembarcadere sur para llegar a la orilla derecha del glaciar, a unos 400 metros de altitud, en menos de 3 horas de marcha. Cargados como van, tardan prácticamente 10 horas en ir y volver. A la ida, aprovechan para instalar un aparato fotográfico en modo time-lapse en el collado que se yergue sobre el glaciar. La idea es capturar el movimiento del glaciar y hacer una animación en video sobre la que trabajar. Al final, serán las 22:30 horas cuando lleguen al refugio de CONAF.

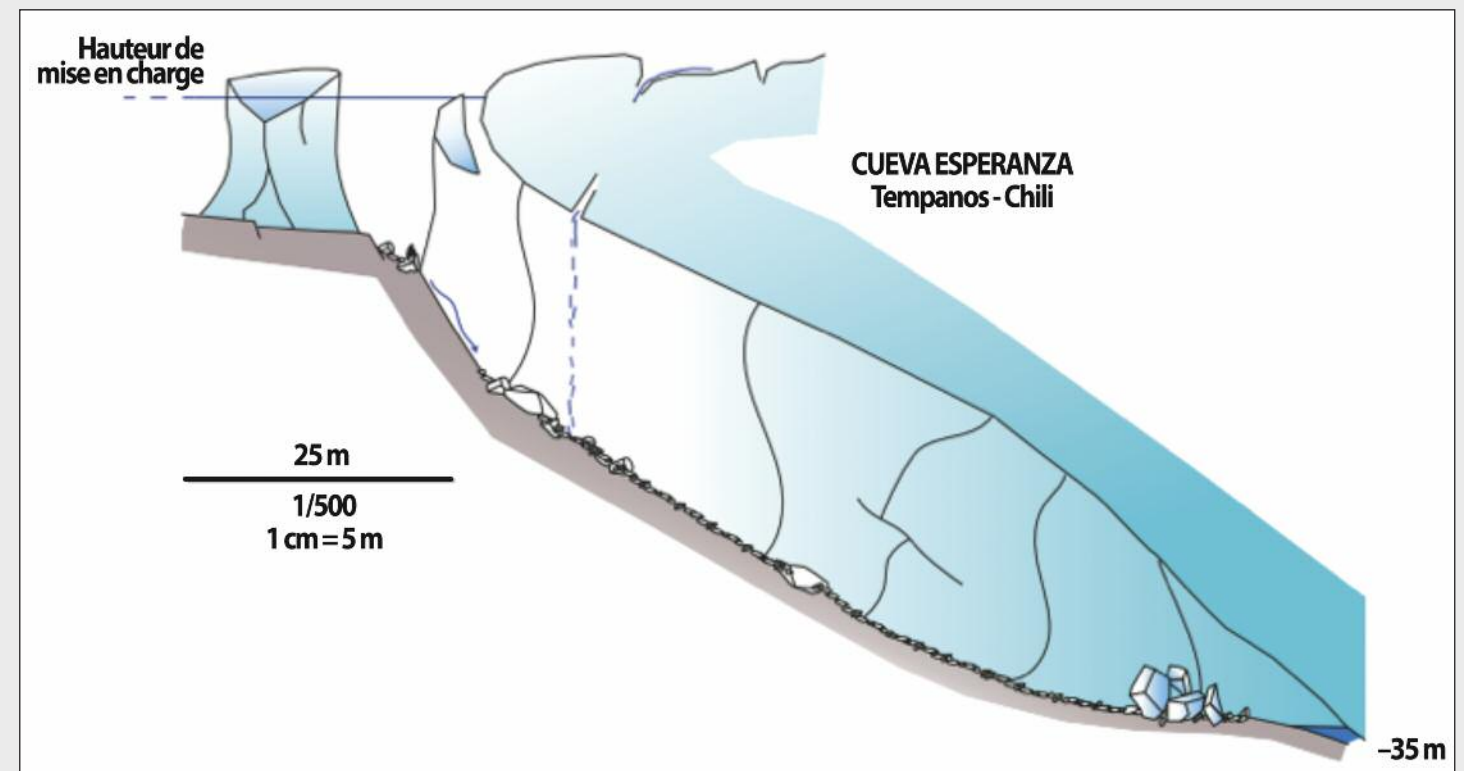
Laurent Mestre, Lionel, Loïc, Serge y Denis desembarcan en el flanco norte del glaciar. Muy rápidamente localizan varios sumideros y bajan el más grande, al que llamarán el sumidero Saloude. Se trata de un molino de 20 metros de profundidad en el que cae una cascada cuyo caudal se estima en 20 l/s. Se detienen ante un paso estrecho impenetrable por el que se desliza el agua. Deciden continuar la prospección en la zona de contacto roca/hielo y descubren una entrada de hielo en el contacto con el granito. Mide casi 8 metros de alto por 5 de ancho. Avanzan por el interior por 45 metros hasta una profundidad de unos 25 metros. Regresan al embarcadere norte tras 13 km de prospección. De camino marcan el punto y bautizan el lago Azul, que será buceado el 17 de enero.

Por otro lado, Natalia, Aliro, Carlos y Arnauld acaban de ordenar el campamento de la CONAF. Se trata de dar el agua y la electricidad, terminar de limpiar y hacer espacio para instalar las habitaciones. También se encargan de coordinar las idas y venidas para ir a dejar y recoger a los equipos que están en terreno.

El miércoles 16 de enero, Denis, Lionel, Natalia y Arnauld suben al glaciar después de desembarcar del lado sur. El objetivo de hoy es reseguir el flanco del glaciar allí donde entra en contacto con el granito y localizar la mayor cantidad de sumideros. La pendiente del macizo rocoso es muy abrupta y de aspecto poco estable, por lo que remontan el contacto avanzando por el glaciar, lo que complica la localización y el

diculaire, drainée par une rivière qui vient disparaître sous un porche de pratiquement 20 m de hauteur. La cavité est pénétrable sur environ 70 m. À une profondeur d'environ 25 m sous l'entrée, le plafond descend brutalement et la rivière s'enfuit par un large siphon. La cavité n'est pas rassurante: non seulement le débit est fort, mais de nombreuses chutes d'eau dégringolent depuis le plafond. Partout des bruits inquiétants se font entendre. Les quatre équipiers restent quelques minutes, le temps de prendre des photos, et ressortent rapidement. La cavité est nommée « cueva Esperanza ».

acceso a las cavidades que se abren por debajo. Tras unas dos horas de prospección, llegan a un valle afluyente perpendicular, drenado por un río que acaba desapareciendo bajo una boca de prácticamente 20 m de altura. La cavidad es penetrable por unos 70 metros. A una profundidad de unos 25 metros de la entrada, el techo descende bruscamente y el río se pierde por un ancho sifón. La cueva es un tanto inquietante porque el caudal es fuerte y hay numerosas filtraciones de agua en el techo, que lo hacen crujir. Por doquier se oyen sonidos poco tranquilizadores. Los cuatro permanece el tiempo justo de sacar fotos y salen rápido. La llaman "cueva Esperanza".

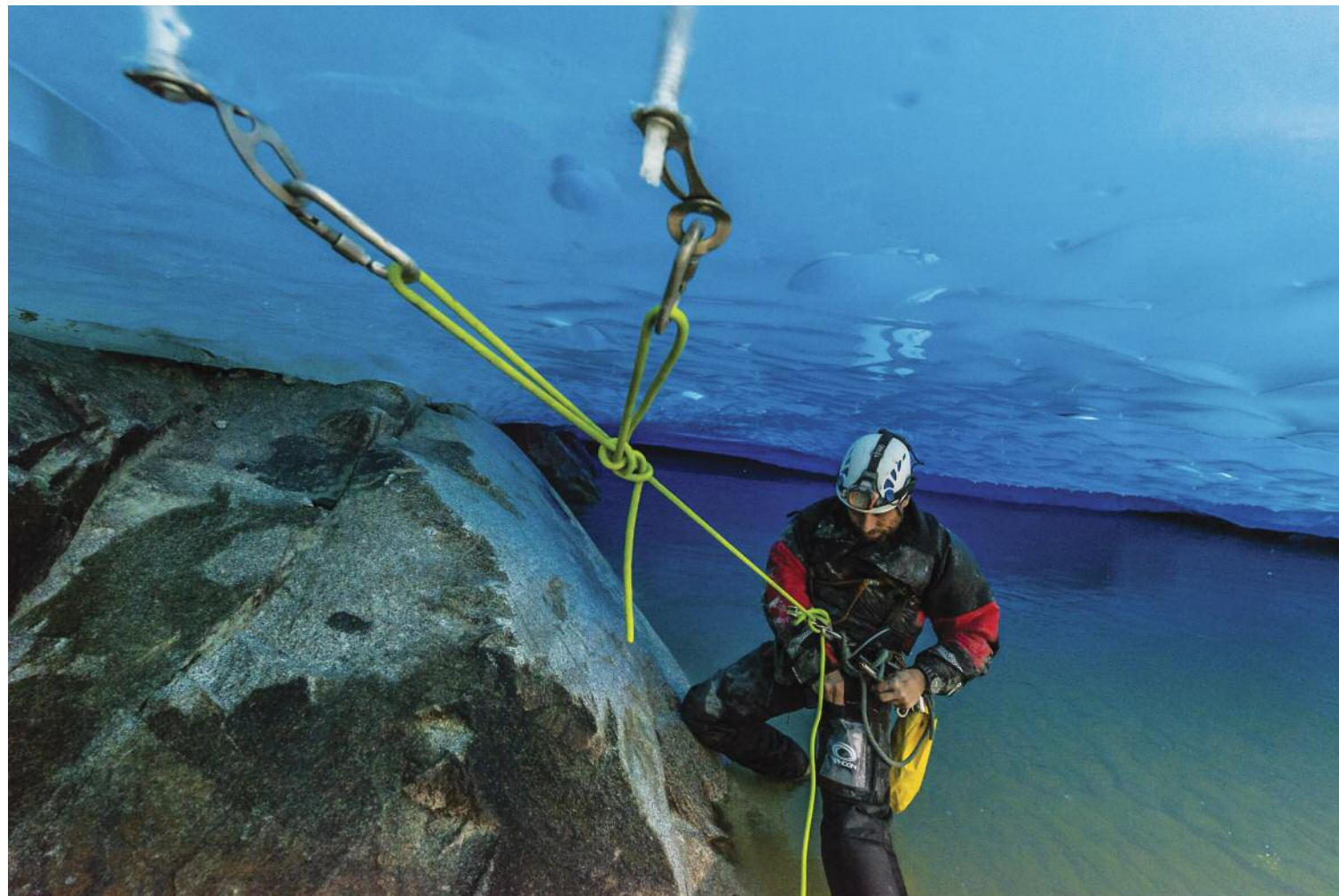


La cueva Esperanza

Arnauld Malard

La cueva Esperanza s'ouvre en bordure du glacier, sur le flanc sud, au contact d'une vallée rocheuse perpendiculaire. Le cours d'eau issu de la vallée se perd sous le glacier, creusant une galerie décline de grandes dimensions (plus de 20 m de diamètre). Au fond de la cavité, le plafond de glace s'abaisse et vient buter sur un siphon. Le sol, relativement pentu, est jonché de blocs instables. Des blocs de glace présents au fond de la cavité témoignent de l'instabilité du plafond et de l'importance des courants qui ont transporté les glaçons dans la partie basse. Pendant l'occupation du camp avancé situé à quelques encablures du glacier, nous avons pu assister à la mise en charge de la cavité sur une hauteur de plus de 50 m, créant ainsi un vaste lac au niveau du contact, si profond que le porche d'entrée était complètement noyé ! En moins de 24 heures, ce lac disparaissait et nous avons pu noter un agrandissement significatif du fond de la cavité ainsi que la disparition des glaçons qui s'y trouvaient...

La cueva Esperanza se abre en el borde del glaciar, en el flanco sur, en el contacto de un valle rocoso perpendicular. El curso de agua procedente del valle se pierde bajo el glaciar, excavando una galería en declive de grandes dimensiones (más de 20 metros de diámetro). En el fondo de la cavidad, el techo de hielo pierde altura hasta cerrarse en un sifón. El suelo de la cavidad, bastante inclinado, está repleto de bloques inestables. Los bloques de hielo presentes en el fondo de la cavidad evidencian la inestabilidad del techo y la importancia de las corrientes que han transportado estos témpanos a la zona inferior. Durante la permanencia en el campamento avanzado situado a varios cientos de metros del glaciar, pudimos asistir a la crecida de la cavidad hasta una altura de más de 50 metros, creándose un gran lago en la zona de contacto, tan profundo que ¡la boca de entrada quedó totalmente inundada! En menos de 24 horas este lago volvió a desaparecer y pudimos observar un ensanchamiento significativo del fondo de la cavidad y la desaparición de los témpanos que ahí estaban...



17 janvier, Marius, Masahiro et Shuntaro montent par la rive sud du glacier pour installer et occuper un camp avancé à l'endroit où la vallée affluente pénètre sous le glacier par la cueva Esperanza repérée la veille. Depuis le débarcadère sud, il faut compter trois heures de marche pour rallier ce camp. Ils sont accompagnés par Natalia et Arnaud qui, après la dépose du matériel, redescendent au débarcadère en suivant la langue de glace. Après quelques passages acrobatiques entre la glace et la paroi rocheuse, ils atteignent le débarcadère sous la pluie – non sans avoir pointé trois cavités à la descente. Trempés, ils devront encore attendre une heure avant que la navette ne vienne les récupérer.

Côté nord, les plongeurs Laurent, Carlos et Loïc, épaulés par Stéphane M. et Serge, se préparent à plonger le lac Bleu, un mini-lac glaciaire suspendu dans une faille du glacier. Ils y atteindront la profondeur de 11 m mais ne trouveront pas de continuation... Ces vasques sont toutes isolées les unes des autres et situées à des altitudes différentes. Ils prospectent la zone et trouvent plusieurs moulins, tous rapidement impénétrables. Au contact avec le granite, ils découvrent la perte de la Cascade Sérac qui se poursuit en rivière souterraine sur une soixantaine de mètres jusqu'à la cote de -18 m. Ils lèvent un croquis de la cavité avant de rejoindre le camp de base en prospectant.

Le 18 janvier, Yanick, Laurent Me, Carlos et Cyrielle vont

El 17 de enero, Marius, Masahiro y Shuntaro suben por el lado sur del glaciar para instalar y ocupar un campamento avanzado en el punto donde el valle afluyente penetra bajo el hielo por la cueva Esperanza, localizada el día anterior. Desde el desembarcadero sur se tarda tres horas de marcha para llegar a este campamento. Los acompañan Natalia y Arnaud que, tras dejar el material, vuelven a bajar al desembarcadero siguiendo la lengua glacial. Tras varios pasos acrobáticos entre el hielo y la pared de roca, llegan al desembarcadero bajo la lluvia, no sin antes haber marcado tres cavidades mientras bajaban. Empapados, todavía tendrán que esperar una hora antes de que el bote venga a buscarlos.

Del lado norte, los buzos Laurent, Carlos y Loïc, respaldados por Stéphane y Serge, se preparan para bucear el lago Azul, un minilago glacial suspendido en una falla del glaciar. Alcanzarán la profundidad de 11 m Stéphane Maifret explorando el Complejo Témpanos, pero no encontrarán la continuación. Las marmitas están todas aisladas las unas de las otras y situadas a distintas altitudes. Prospectan la zona y encuentran varios moulins, todos rápidamente impenetrables. En el contacto con el granito, descubren el sumidero de la Cascada Serac, que sigue como río subterráneo por unos sesenta metros hasta la cota de -18 metros. Hacen un croquis de la cavidad antes de regresar al campamento base prospectando.

El 18 de enero, Yanick, Laurent, Carlos y Cyrielle van a bucear diversos puntos del seno Iceberg en busca de corales

plonger à divers endroits du seno Iceberg à la recherche de coraux (cf. page 157). Ils repèrent un premier site à 500 m de la base CONAF mais les plongées jusqu'à la profondeur de 35 m sont vaines. Un second site est choisi à une profondeur plus faible (-14 m), mais là encore, pas de coraux! Finalement, ils tentent une troisième plongée sur le pourtour de l'île face à la base CONAF. Mais à 20 m de profondeur, ils ne voient toujours pas le fond...

Serge, Loïc et Stéphane M. repartent en prospection sur le flanc nord du glacier. La première bande de glace est passée au crible sur environ 500 m. Plusieurs moulins engouffrant de grosses quantités d'eau sont repérés mais une fois encore, ils sont rapidement impénétrables. Mieux vaut ne pas s'y attarder.

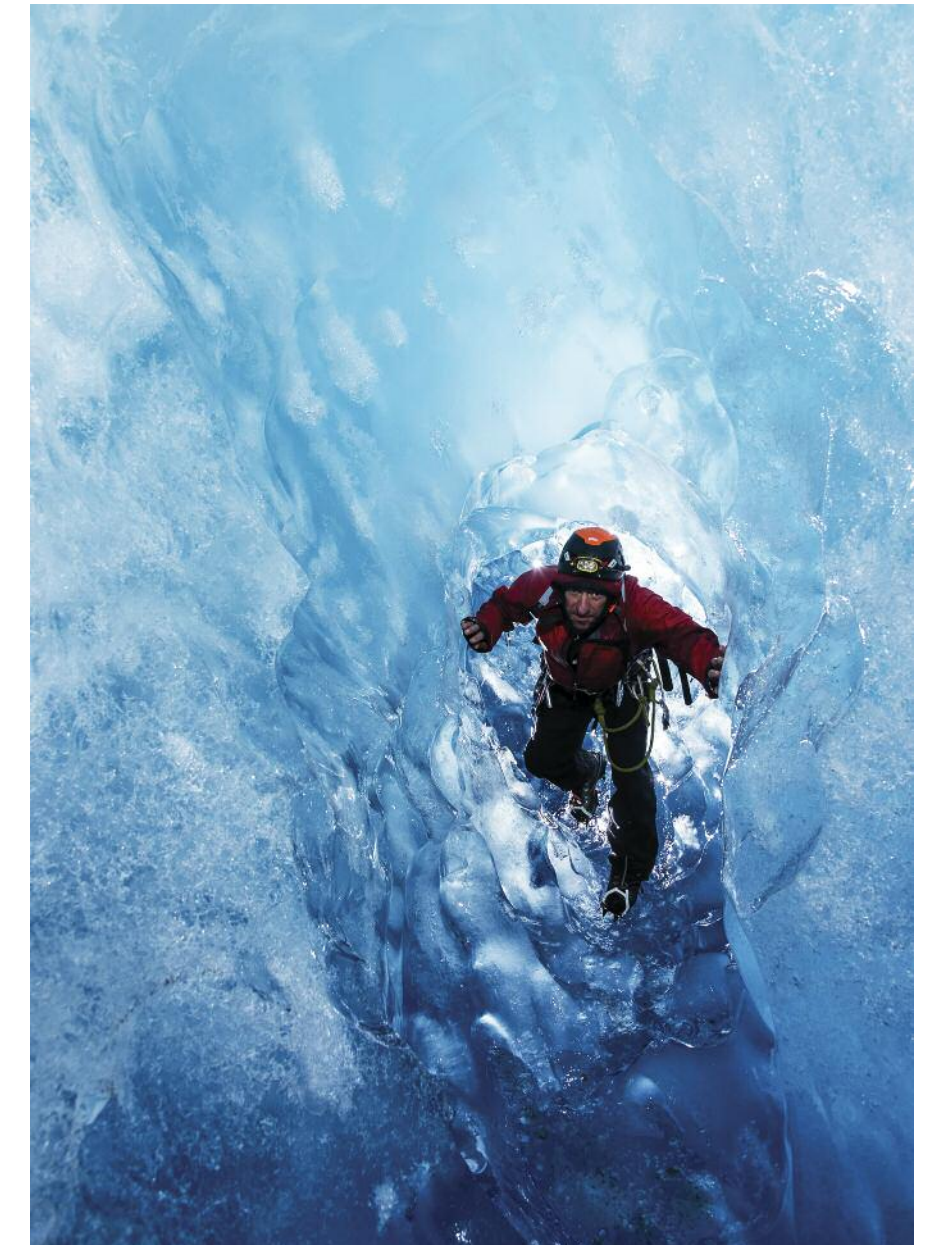
Une troisième équipe composée de Florian, Denis, Laurence et Arnaud est déposée au débarcadère sud à 12h30. Ils remontent la pente du glacier en prospectant et balisant l'accès jusqu'à l'altitude de 200 m puis font demi-tour. Seules de petites cavités au développement modeste sont découvertes. Mais toutes sont très esthétiques!

De leur côté, Lionel, Bernard, Natalia, Richard, Gilles, Christian et Luc-Henri montent eux aussi depuis le débarcadère nord, avec l'objectif de tourner quelques séquences autour des aspects géomorphologiques du glacier. Le scénario prévoit une scène où Richard discute des similitudes avec les formes d'érosion observées dans les calcaires sur Madre de Dios. Ils font un crochet par le lac Bleu et en profitent pour prospecter.

La journée du **samedi 19 janvier** est très pluvieuse. Laurent Me, Loïc, Carlos, Yanick et Cyrielle partent à bord du *Don Arturo* en direction de l'île Williams, au débouché du canal Messier. L'objectif est toujours d'y plonger à la recherche des coraux. Au canal Messier, la houle force le capitaine à faire demi-tour et à remonter le seno Iceberg à la recherche d'un site de plongée plus calme. Carlos se met à l'eau pour une reconnaissance, qui sera de courte durée: à la profondeur de 14 m, la pente du substrat se radoucit et devient très vaseuse. Il note peu de vie et de diversité dans les espèces rencontrées. Le bateau retourne à la base CONAF vers midi et à 15 heures, il repart sur un autre site de plongée, toujours dans le seno Iceberg mais cette fois à proximité du glacier. La plongée dure 30 minutes pour une profondeur atteinte de 27 m. Le site semble ici plus propice à des observations de faune et de flore sous-marine.

Arnaud, Denis, Laurence, Florian, Stéphane M. et Serge partent poursuivre les explorations sur le glacier depuis le débarcadère sud. La perte du Salto del Agua repérée le 17 janvier par Natalia et Arnaud au contact du granite est descendue sur une dizaine de mètres. Le débit de l'ordre de 200 à 300 l/s est malheureusement trop important pour continuer. Il faudrait revenir le matin tôt par temps sec pour avoir une chance de passer. Ils prennent ensuite la direction de la Fuite Prometteuse, un moulin découvert la

(cf. página 157). Encuentran un primer lugar a 500 metros de la base de CONAF, pero las inmersiones hasta una profundidad de 35 metros no dan nada. El segundo punto elegido presenta una menor profundidad (-14 metros), pero, de nuevo, ni rastro de corales. Finalmente, intentan una tercera inmersión en la zona de la isla en la base de CONAF. Pero a 20 metros de profundidad, siguen sin ver el fondo...



Serge, Loïc y Stéphane regresan a reconocer el flanco norte del glaciar. Peinan la primera franja de hielo por unos 500 metros. Se localizan varios molinos en los que se vierten grandes cantidades de agua, pero una vez más dejan de ser penetrables rápidamente. Más vale no entretenerse mucho. Un tercer equipo compuesto por Florian, Denis, Laurence y Arnaud es trasladado al desembarcadero sur a las 11:30 horas. Remontan la pendiente del glaciar prospectando y balizando el acceso hasta una altitud de 200 metros y luego regresan. Descubren solo pequeñas cavidades con poco desarrollo, aunque todas son de gran belleza.

Por su lado, Lionel, Bernard, Natalia, Richard, Gilles, Christian

△ Stéphane Maifret en exploration dans le Complexe Témpanos.

△ Stéphane Maifret explorando el Complejo Témpanos

📷 Bernard Tourte/©Centre Terre

△ Denis Morales en exploration dans la zone sud du Témpanos.

△ Denis Morales explorando en la zona sur del Témpanos

📷 Serge Caillault/©Centre Terre



△ Lionel dans un moulin glaciaire du Tempanos.
 △ Lionel explorando un molino glaciar del Tempanos.
 Serge Caillault/©Centre Terre

veille. Le premier ressaut de 4 m est franchi. S'ensuit un magnifique méandre de 15 m environ qui donne sur un second puits circulaire dans lequel se jette une cascade de 5 à 6 l/s. Stéphane M, équipé d'une combinaison étanche, franchit les 6 premiers mètres du puits mais est contraint de remonter car la cascade occupe maintenant toute la section. Le puits continue sur une quinzaine de mètres mais n'est vraisemblablement pas franchissable. De retour en surface, l'équipe se disperse sur la plaine de glace à la recherche de nouvelles cavités. Stéphane M. et Serge découvrent rapidement le moulin Abou qu'ils équipent. Deux puits de 8 m sont descendus mais la cavité se rétrécit, stoppant les explorations. De leur côté, Denis et Arnauld explorent le moulin du Tapis Volant, jusqu'à la profondeur de 15 m. Là encore, la cascade est trop importante pour continuer. En remontant les premiers contreforts des pénitents, l'équipe découvre la Percée de la Cascade, capture

y Luc-Henri también suben desde el desembarcadero norte con el objetivo de grabar algunas secuencias sobre los aspectos geomorfológicos del glaciar. El guion prevé una escena donde Richard conversa sobre la similitud con las formas de erosión observadas en las calizas de Madre de Dios. Hacen una parada en el lago Azul y aprovechan para prospectar.

El sábado 19 de enero llueve intensamente. Laurent, Loïc, Carlos, Yanick y Cyrielle abordan la Don Arturo y salen en dirección a la isla Williams, en la salida al canal Messier. El objetivo sigue siendo bucear en busca de corales. En el canal Messier el oleaje fuerza al capitán a dar media vuelta y remontar el seno Iceberg buscando un lugar de buceo menos agitado. Carlos se sumerge para realizar un reconocimiento que no durará mucho, porque a una profundidad de 14 metros, la pendiente del substrato se suaviza y se torna muy fangosa. Detecta poca vida y diversidad en las especies encontradas. La nave regresa a la base de la CONAF sobre el mediodía y, a las 15h, vuelve a partir a otro punto de buceo en el mismo seno Iceberg. Esta vez cerca del glaciar. La inmersión dura 30 minutos y se alcanza una profundidad de 27 metros. En este punto, el lugar parece más propicio para las observaciones de fauna y flora submarinas.

Arnauld, Denis, Laurence, Florian, Stéphane y Serge retoman las exploraciones del glaciar desde el desembarcadero sur. El sumidero Salto del Agua, localizado el 17 de enero por Natalia y Arnauld en un punto de contacto con el granito, se desciende por una decena de metros. El caudal del orden de los 200-300 l/s es, desgraciadamente, demasiado grande para continuar. Debería regresarse por la mañana temprano en condiciones secas para tener opciones de pasar. Luego, se dirigen hacia la Fuga Prometedora, un molino descubierto el día antes. Se supera el primer resalte de 4 metros. Sigue un magnífico meandro de unos 15 metros que da a un segundo pozo circular por el que se vierte una cascada de 5-6 l/s. Stéphane, equipado con un traje estanco, supera los primeros 6 metros del pozo, pero se ve obligado a remontar porque la cascada, ahora, ocupa toda la sección. El pozo continúa por unos 15 metros, pero no parece posible continuar. De vuelta en la superficie, el equipo se separa por la planicie helada buscando nuevas cavidades. Stéphane y Serge pronto descubren e instalan el molino Abou. Se bajan dos pozos de 8 metros, pero la cavidad se estrecha, haciendo imposible continuar. Por su lado, Denis y Arnauld exploran el molino de la Alfombra Voladora hasta una profundidad de 15 metros. De nuevo, la cascada es demasiado grande para continuar. Remontando las primeras estribaciones de los penitentes, el equipo descubre la Apertura de la Cascada, una captación reciente de un bédrière (curso de agua en la superficie del glaciar) que cae 20 metros en una fractura inferior. Solo da tiempo a instalar y hacer algunas fotos, porque se pone a llover y se levanta niebla. Es hora de regresar.

Lionel, Bernard, Natalia, Richard, Gilles, Christian y Luc-Henri parten por la mañana temprano para dedicar una

récente d'une bédrière (cours d'eau à la surface du glacier) qui se jette 20 m plus bas dans une crevasse. Le temps d'équiper et de faire quelques photos, la météo tourne à la pluie et au brouillard. Il est temps de faire demi-tour.

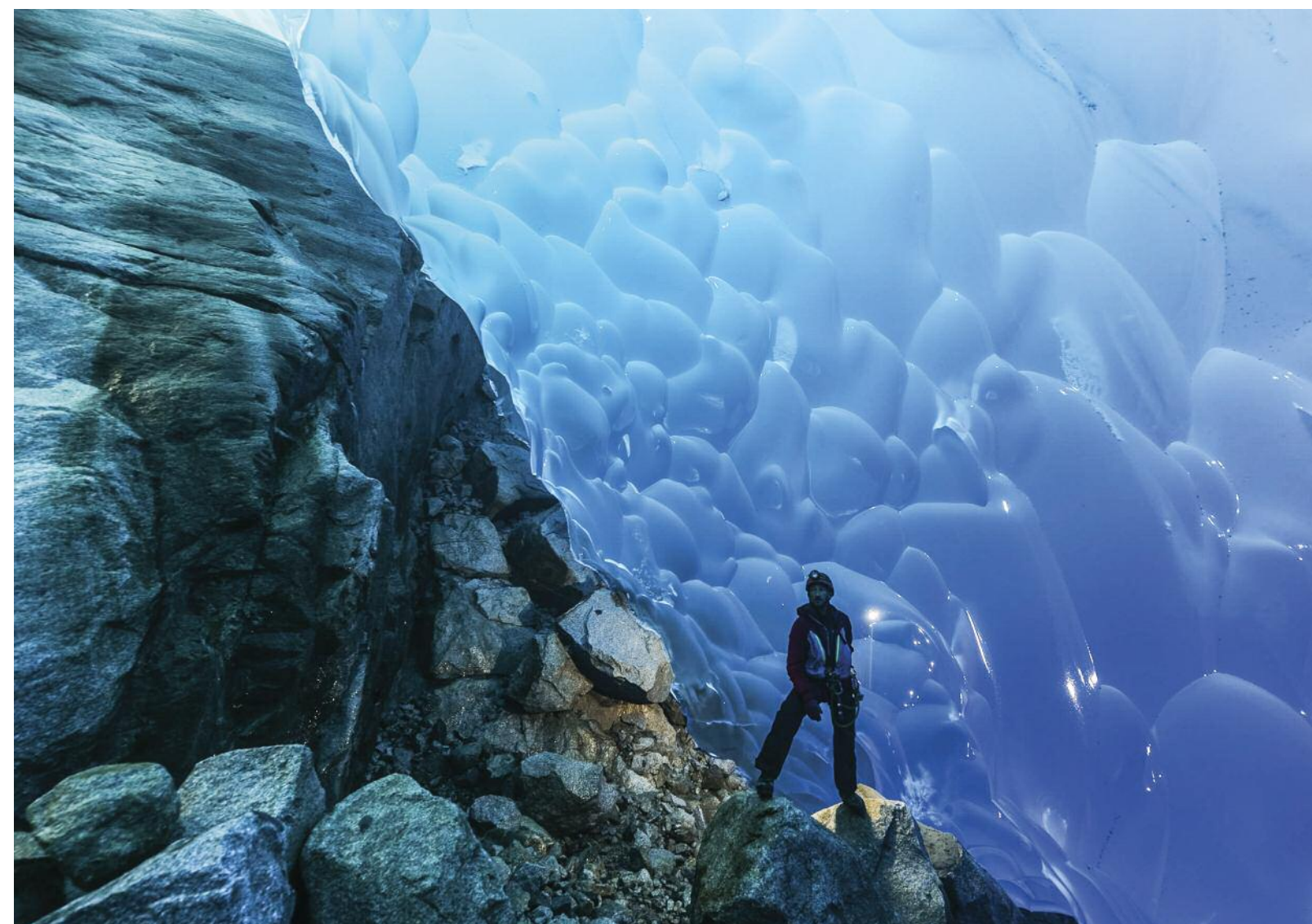
Lionel, Bernard, Natalia, Richard, Gilles, Christian et Luc-Henri repartent tôt le matin pour une seconde journée de tournage sur le flanc nord du glacier. Ils découvrent un squelette de huemul qui motive une première séquence, puis se dirigent vers la grotte du Rêve Bleu pour en filmer l'exploration (cf. page 34). Une fois les prises de vue réalisées, l'équipe de tournage rentre à la base CONAF tandis que Bernard, Lionel et Natalia montent plus haut sur le glacier afin de prospecter un secteur qu'ils nomment la Zone Blanche. Ils ne trouvent pas de cavités intéressantes mais collectent au passage un dragon de Patagonie et deux autres insectes qui s'aventuraient à la surface du glacier.

En fin d'après-midi, Masahiro, Marius et Shuntaro rentrent à la base CONAF après trois jours passés sur le glacier. La descente depuis le camp avancé a été rendue difficile en raison des fortes pluies qui empêchent la traversée du cours d'eau. Ils arrivent harassés et trempés. (Suite page 35).

segunda jornada al rodaje en el flanco norte del glaciar. Descubren un esqueleto de huemul, lo que da pie a una primera secuencia, y luego se dirigen hacia la cueva del Mundo Ideal para filmar la exploración (cf. página 34). Una vez se filman las tomas, el equipo de rodaje regresa a la base de CONAF, mientras que Bernard, Lionel y Natalia remontan un poco más el glaciar con el objetivo de prospectar un sector al que llaman la Zona Blanca. No encuentran cavidades interesantes, pero de camino colectan un dragón de la Patagonia y otros dos insectos que se aventuran a la superficie del glaciar.

Al final de la tarde, Masahiro, Marius y Shuntaro regresan a la base de CONAF tras haber pasado tres días en el glaciar. El descenso desde el campamento avanzado ha sido difícil debido a las fuertes lluvias que dificultan el cruce del curso de agua. Llegan extenuados y empapados. (viene página 35).

▽ Lionel en exploration dans la grotte du Rêve Bleu, glacier Tempanos
 ▽ Lionel explorando la cueva del Mundo Ideal, glaciar Tempanos
 Bernard Tourte/©Centre Terre



La grotte du Rêve Bleu

Lionel Ruiz

Depuis l'embarcadère nord, nous pouvons facilement repérer l'entrée de la cavité en remontant le contact du glacier, en direction de la grande cascade qui arrive au-dessus de la falaise située à main gauche.

La cavité s'ouvre à moins de 100 m d'altitude, au contact de la roche granitique et du glacier, au niveau d'une grande cascade de 80 mètres de haut. Elle se présente sous la forme d'un porche large de 8 m et haut de 5 m et plonge perpendiculairement sous la bordure du glacier. La cascade se perd directement à la hauteur du porche. Il n'est pas recommandé de stationner trop longtemps sous le porche d'entrée car la casquette montre des signes d'instabilité en raison des températures plutôt élevées pour la saison.

Pour passer le porche et accéder à la grande salle, nous avons posé une corde le long de la paroi et franchi un ressaut de quelques mètres. Une fois à l'intérieur, nous nous trouvons dans une salle déclinée de plus de 10 m de diamètre. Le sol se compose d'un éboulis de blocs de granite très instables, érodés par l'eau et les mouvements du glacier. Nous pouvons observer une arrivée d'eau en plafond et d'énormes cupules glaciaires (certaines pouvant atteindre plus d'un mètre de diamètre!).

Au fond de la salle, le plafond de glace s'abaisse et le cheminement créé par la rivière forme une galerie de dimension modeste permettant de se relever à quelques endroits et se faufiler vers l'aval. La galerie se parcourt sur une soixantaine de mètres environ. Au fond de la cavité, nous atteignons le niveau de base pseudo-noyé, fait d'un tapis de limon, où l'eau s'infiltre à travers les matériaux. Un passage à plat ventre au-dessus du tapis de limon se dessine, mais il est trop étroit pour un spéléologue...

La cote de -32 m est atteinte. La lumière pénètre encore dans la grotte et permet presque de progresser sans lampe.

La cueva del Mundo Ideal

Desde el desembarcadero norte, la entrada de la cavidad es fácilmente localizable subiendo el contacto del glaciar en dirección a la gran cascada que cae desde lo alto del acantilado situado a mano izquierda. La cavidad se abre a menos de 100 metros de altitud, en el contacto de la roca granítica y del glaciar, a la altura de una gran cascada de 80 metros de alto. La cavidad se presenta en forma de boca que mide 8 metros de ancho por 5 de alto y que desciende perpendicularmente al borde del glaciar. La cascada se pierde directamente en el punto de la boca. No es recomendable permanecer mucho rato bajo la zona de entrada porque el alero muestra signos de debilidad debido a las temperaturas más altas de lo normal para la temporada.

Para superar la entrada y acceder a la gran sala instalamos una cuerda en la pared y superamos un resalte de varios metros. Una vez en el interior, nos encontramos en una sala en declive de más de 10 metros de diámetro. El suelo está conformado por bloques de derrumbe de granito, muy inestables, erosionados por el agua y los movimientos del glaciar. Se observa una llegada de agua del techo y enormes cúpulas glaciares. ¡Algunas llegan a medir hasta 1 metro de diámetro!

En el fondo de la sala, el techo de hielo es más bajo y el camino formado por el río forma una galería de dimensiones modestas que permite ponerse de pie en algunas zonas y obliga a agacharse a más profundidad. La galería continúa unos 60 metros más. En el fondo de la cavidad, llegamos al nivel de base semi inundado, formado por un tapiz de limo donde el agua se filtra a través de los materiales. Se ve un paso bajo sobre el tapiz de limo, pero es demasiado estrecho para un espeleólogo.

Se llega a la cota -32. La luz penetra el hielo, lo que permite avanzar sin lámpara.



Dimanche 20 janvier: il pleut sans discontinuer depuis la veille. Il était prévu aujourd'hui qu'une équipe prenne le relais des glaciologues au camp avancé, mais la pluie est telle que le cours d'eau du débarcadère sud n'est pas praticable. Il faut reporter le départ au jour suivant.

Cyrielle, Carlos, Laurent Me. et Yanick repartent sur le site de plongée de la veille, en bordure du glacier. Ils plongent 40 minutes pour une profondeur maximale de 24 m et observent une colonisation de la faune assez récente, certainement liée au recul du front de glace qui a libéré de nouveaux espaces de substrat. Cette zone reste très intéressante et des plongées plus profondes sont envisagées.

Dans l'après-midi, Stéphane M., Arnauld, Luc-Henri, Carlos, Laurence et Serge partent en direction de la cascade que l'on aperçoit au sud depuis la base CONAF, en direction de la station météorologique. La cascade a considérablement gonflé avec les pluies et l'eau est quasiment propulsée à l'horizontale sur une trentaine de mètres. Serge prend plusieurs photos pendant que Luc-Henri filme des scènes de progression dans les embruns de la cascade. Au retour, profitant d'une accalmie, Luc-Henri, Stéphane M. et Arnauld font quelques prises de vue des dauphins qui batifolent autour du Bombard.

Le 21 janvier, la météo reste instable et des pluies continuent à s'abattre toute la matinée. Vers 11h30, une équipe composée de Lionel, Loïc, Laurent Me, Carlos, Cyrielle, Marius, Christian, Shuntaro, Masahiro, Yanick, Gilles

El domingo 20 de enero llueve sin parar desde la víspera. Estaba previsto que hoy un equipo relevase a los glaciólogos en el campamento avanzado, pero llueve de tal forma que es imposible cruzar el estero del desembarcadero. La salida se pospone para el día siguiente.

Cyrielle, Carlos, Laurent, Yanick regresan al lugar de la inmersión del día anterior, en la orilla del glaciar. Bucean por 40 minutos hasta una profundidad de 24 metros y observan una colonización muy reciente de la fauna, seguramente ligada al retroceso del frente glaciar y a los espacios de substrato que éste ha liberado. Esta zona sigue siendo muy interesante y se planean inmersiones a mayor profundidad.

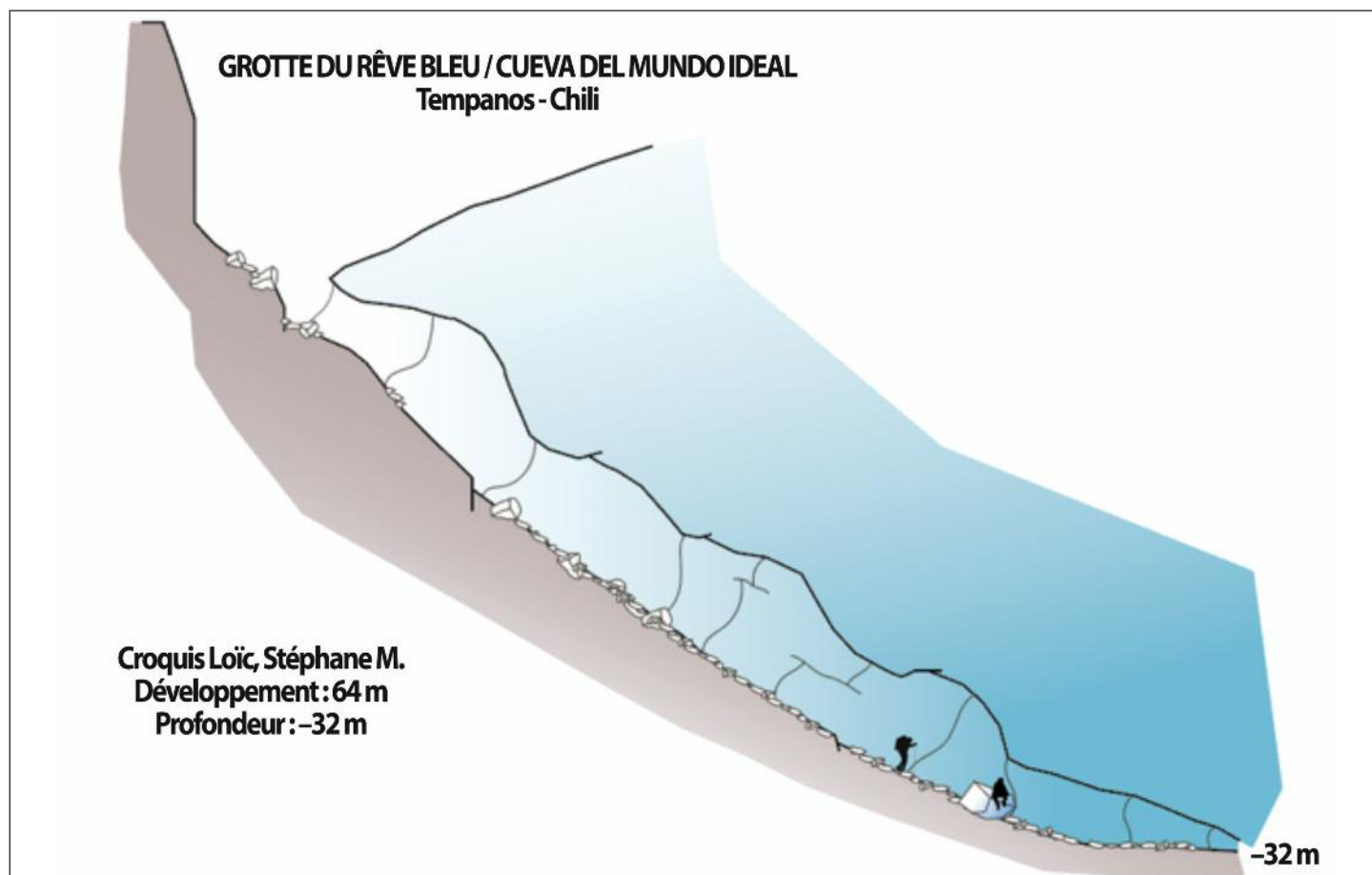
Por la tarde, Stéphane M., Arnauld, Luc-Henri, Carlos, Laurence y Serge van hacia la cascada que se ve hacia el sur desde el refugio de la CONAF, en dirección a la estación meteorológica. La cascada ha aumentado su caudal considerablemente por las lluvias y el agua sale casi propulsada horizontalmente por unos 30 metros. Serge toma varias fotos, mientras que Luc-Henri filma escenas de progresión en agua salpicada de la cascada. De vuelta, aprovechando una tregua, Luc-Henri, Stéphane y Arnauld toman varias imágenes de delfines que jueguetean alrededor del Bombard.

El 21 de enero, el tiempo se mantiene inestable y la lluvia continúa cayendo toda la mañana. Sobre las 11:30 horas, un equipo compuesto por Lionel, Loïc, Laurent, Carlos, Cyrielle, Marius, Christian, Shuntaro, Masahiro, Yanick, Gilles y Luc-Henri salen a filmar algunas secuencias a la zona del lago 2. Desde el desembarcadero norte, les tomará más de una hora

△ Dirección los molinos glaciares del Tempanos.

△ Rumbo a los molinos glaciares del Tempanos.

📷 Serge Caillault/©Centre Terre



et Luc-Henri partent filmer quelques séquences autour du lac 2. Depuis le débarcadère nord, il leur faudra plus d'une heure de marche pour le rallier, sous une pluie battante. Loïc et Laurent Me se mettent à l'eau vers 15h30 et ressortent une demi-heure plus tard. De son côté, Carlos plonge un autre lac repéré aux alentours, le lac Tic. À 16h30, toute l'équipe, trempée jusqu'aux os, décide de faire demi-tour.

À 15 heures, Denis, Arnaud, Laurence et Florian partent occuper le camp avancé pour les deux prochains jours. Une fois déposés par Aliro au débarcadère sud, ils mettent une heure pour franchir le torrent en crue qui barre la vallée, arrivent au camp avancé vers 20 heures et découvrent, à 10 m de la tente, un lac à la place du porche de la cueva Esperanza... Le porche est noyé, invisible! Ils estiment à 55 m la mise en charge depuis le fond de la cavité! Ils dorment sous la tempête et au matin, la pluie ayant cessé, le niveau du lac commence à baisser. Pendant le petit-déjeuner, un bloc de 20 m de large se détache du glacier, s'ouvre comme une bûche que l'on aurait fendue à la hache et plonge dans le lac en créant un mini raz de marée.

Le 22 janvier, Bernard et Stéphane M. partent reconnaître les émergences au contact du front du glacier. Ils débarquent sur le flanc sud et contournent la langue de glace qui surplombe le seno pour pénétrer dans la résurgence principale du glacier. Ils explorent près de 300 m de galeries dans ce système qu'ils nommeront Complexe Témpanos et qui se développe au contact direct du socle granitique. La cavité est magnifique, mais inquiétante, car les chutes de glace sont fréquentes à proximité des différentes entrées et des puits de lumière qui s'ouvrent en plafond des galeries. Le temps de lever la topographie des lieux et de prendre quelques photographies, il faut déjà faire demi-tour. (Suite page 38).

de marcha llegar bajo una intensa lluvia. Loïc y Laurent se sumergen sobre las 15:30 horas y vuelven a salir media hora más tarde. Por su lado, Carlos bucea otro lago localizado cerca, el lago Tic. A las 16:30 horas el equipo al completo, empapado hasta los huesos, decide regresar.

A las 15 horas, Denis, Arnaud, Laurence y Florian emprenden la marcha hacia el campamento avanzado por unos días. Una vez Aliro los deja en el desembarcadero sur, tardan una hora en superar el torrente en crecida que bloquea el valle, llegando al campamento avanzado sobre las 20 horas. A 10 metros de la carpa descubren un lago en vez de la entrada de la cueva Esperanza... La boca está inundada, ¡no se ve! Estiman que el agua a subido 55 metros desde el fondo de la cavidad. Pasan la noche bajo la lluvia. Por la mañana no llueve y el nivel del lago empieza a descender. Durante el desayuno, un bloque de 20 metros de ancho se desprende del glaciar, se abre como si fuera un tronco cortado con un hacha y se hunde en el lago, provocando una mini ola de marea.

El 22 de enero, Bernard y Stéphane salen a explorar las emergencias situadas en el contacto del frente glaciar. Desembarcan en el flanco sur y bordean la lengua de hielo que domina el seno para entrar en la resurgencia principal del glaciar. Exploran casi 300 metros de galerías en este sistema, que llamarán Complejo Témpanos y que se desarrolla directamente en el zócalo granítico. La cavidad es magnífica, pero poco tranquilizadora, porque las caídas de hielo son frecuentes cerca de las diferentes entradas y hay tubos de luz que se abren en el techo de las galerías. Solo da tiempo a levantar la topografía del lugar y a hacer algunas fotos antes de regresar, porque se hace tarde. (viene página 38).

Le complexe Témpanos

Bernard Tourte

Le complexe Témpanos est la cavité sous-glaciaire la plus vaste que nous ayons explorée en janvier 2019. Il possède au moins quatre entrées, toutes proches de la zone du débarcadère sud. L'entrée principale est une résurgence qui se déverse directement dans le seno Iceberg. Les eaux qui parcourent la cavité proviennent d'un cours d'eau qui coule au fond d'une vallée rocheuse située plus en amont. Au contact du glacier, le cours d'eau se perd sous la glace, parcourt environ cent cinquante mètres sous le glacier dans la cavité, avant de ressortir à la résurgence.

L'exploration s'est déroulée sur deux jours. Le premier a été consacré à la reconnaissance des passages et à la prise de photos, le second au levé de la topographie. Au total, la cavité développe pratiquement cinq cents mètres, dont deux cents ont été topographiés.

Il est à noter que les abords des entrées sont dangereux en raison des chutes de glace, et que la progression dans la cavité est rendue délicate par la présence du cours d'eau dont le débit fluctue considérablement selon l'heure de la journée.

El complejo Témpanos

El complejo Témpanos es la mayor cavidad subglacial explorada en enero de 2019. Presenta, como mínimo, cuatro entradas, todas ellas situadas cerca del punto de desembarque del lado sur. La entrada principal es una resurgencia que cae directamente al seno Iceberg. Las aguas que recorren la cavidad proceden de un curso de agua que discurre por el fondo de un valle rocoso situado más arriba. Al contacto con el glaciar, el curso de agua se pierde bajo el hielo y por la cavidad para salir por la resurgencia.

La exploración se realizó en dos días. El primer día se dedicó a reconocer los pasajes y a tomar fotos. El segundo día se levantó la topografía.

En total, la cavidad tiene un desarrollo de prácticamente quinientos metros, de los que se topografiaron doscientos.

Cabe señalar que las zonas cercanas a las entradas son peligrosas por la caída de hielo y que la progresión dentro de la cavidad se complicó por la presencia del curso de agua cuyo caudal fluctúa considerablemente según la hora del día.

▷▷ Grande bulle haute de 15 cm, à moitié remplie d'eau, située dans la glace bleue recristallisée, à la base du glacier Témpanos, grotte du Rêve Bleu.

▷▷ Gran burbuja de 15 cm de altura, medio llena de agua, situada en el hielo azul recristalizado, en la base del glaciar Témpanos, cueva del Mundo Ideal.

📷 Richard Maire/©Centre Terre

△ Grotte du Rêve Bleu

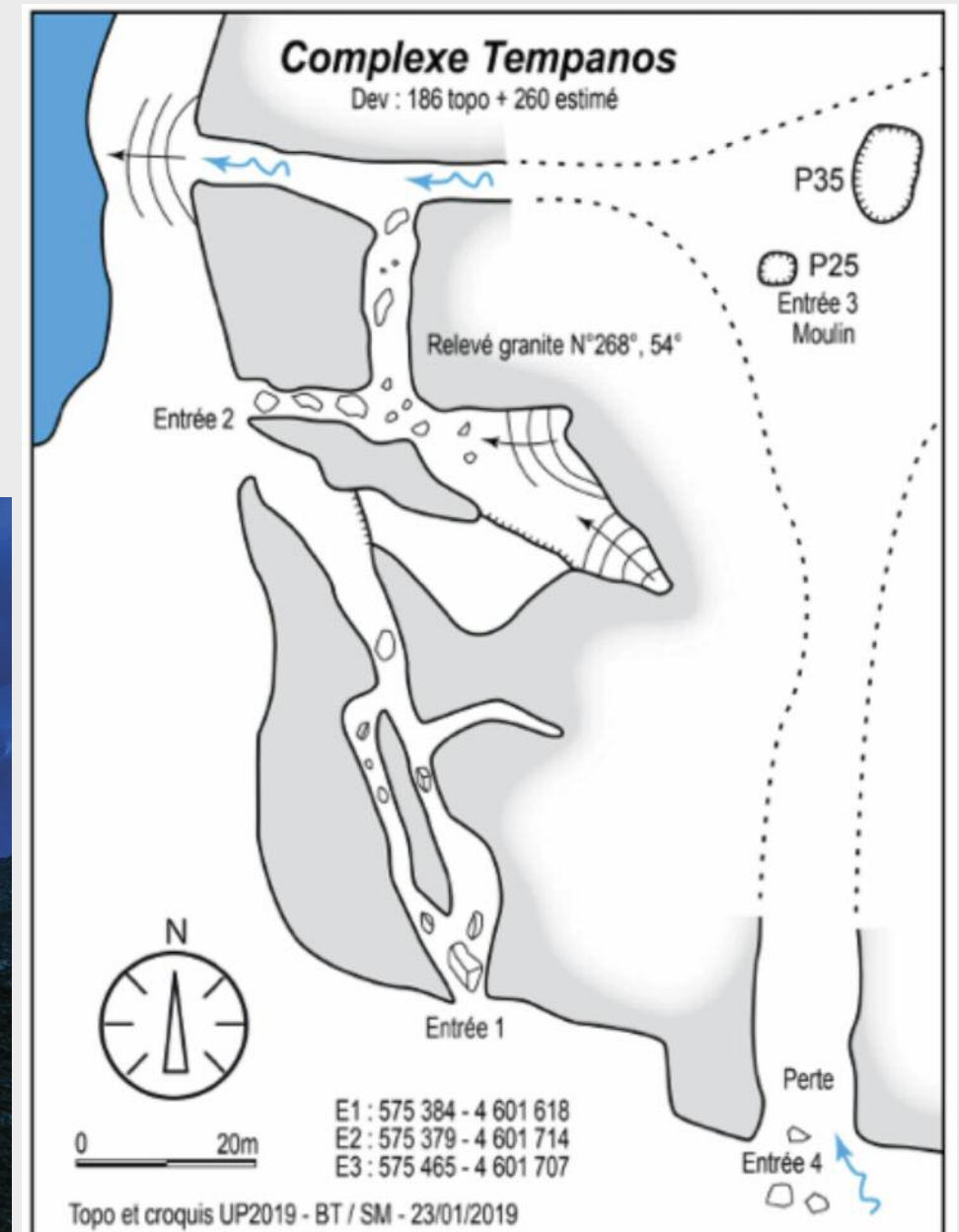
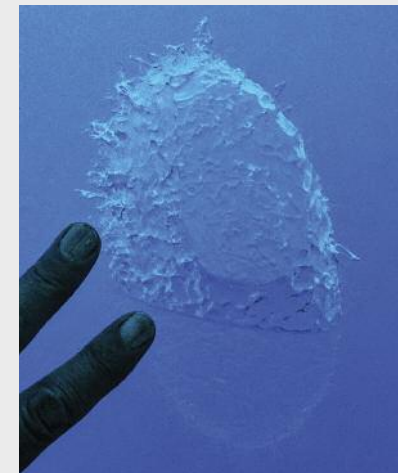
△ Cueva del Mundo Ideal.

📷 Serge Caillault/©Centre Terre

▽ Grotte du Rêve Bleu.

▽ Cueva del Mundo Ideal.

📷 Bernard Tourte/©Centre Terre



Au camp avancé, les quatre équipiers se préparent pour une grande journée de prospection sur le glacier, allant au plus loin vers le sud sur environ 3 km. Il faut commencer par contourner le lac avant de prendre pied sur le glacier. Le temps est couvert mais les prévisions météorologiques sont optimistes. Le petit groupe commence par progresser en diagonale sur le glacier, selon un azimut sud-est, ni trop près du bord, ni trop vers la ride centrale du glacier qui semble présenter de nombreuses crevasses. La progression est longue - au rythme d'un kilomètre par heure environ. Vers 14 heures, ils atteignent la bande « grise ». Il s'agit d'un dépôt de cendres issues du volcan Lautaro (altitude 3 600 m) dont la dernière éruption date de 1979 et qui a recouvert la glace, la protégeant partiellement de la fonte. En effet, le relief de la bande est légèrement positif par rapport aux zones plus claires. Divers petits méandres sont explorés sous la bande grise, dont l'un dépasse les 30 m de développement. Il s'agit en réalité d'un cours d'eau qui serpente le long du contact en raison du décalage de relief et qui parfois recoupe un éperon de glace. Les méandres se développent en enfilade sur plusieurs centaines de mètres. Le soleil s'est maintenant découvert et rapidement la température monte, accélérant la vitesse de fonte. Peu après 17 heures, l'équipe fait demi-tour et rejoint son camp vers 20 heures. Sur place, ils découvrent avec stupéfaction que le lac a complètement disparu, découvrant de nouveau le porche de la cueva Esperanza! Avec la prudence qui les caractérise, Laurence et Arnaud s'aventurent dans la cavité jusqu'au terminus du 16 janvier. Les blocs de glace qui jonchaient le sol de la cavité, et dont certains dépassaient plusieurs mètres de diamètre, ont complètement disparu. Le fond de la cavité s'est évasé, prolongeant le développement d'environ 10 m. Le siphon, auparavant calme, est maintenant le théâtre de flux et de reflux inquiétants. La cavité émet des grondements sourds, et la glace vibre fortement sous la main posée contre la paroi. Il n'est pas question de rester là plus longtemps!

Le mercredi 23 janvier, la reconnaissance au glacier se termine. Une première équipe composée de Loïc, Carlos, Gilles, Christian, Yanick, Cyrielle, Laurent Me, Bernard, Richard et Luc-Henri rembarque sur le *Don Arturo* en direction de Puerto Eden pour la première des deux rotations prévues.

L'équipe du camp avancé plie bagages et entame son retour vers la base CONAF qu'elle atteindra vers 16 heures. En chemin, ils rencontrent Masahiro, Shuntaro et Marius qui viennent de récupérer les balises GPS et l'appareil photographique laissé sur site pour la série de time-lapse.

Stéphane M, Lionel, Serge et Natalia partent finir la topographie du complexe Témpanos. Ils découvrent 200 m de nouvelles galeries et réalisent encore quelques photos avant de faire demi-tour. Avec ses sept entrées répertoriées et son dédale de galeries, la cueva Témpanos est sans conteste la cavité la plus grande de tout le secteur qui aura été explorée cette année.

En el campamento avanzado, los cuatro espeleólogos se preparan para un largo día de prospección en el glaciar, avanzando en dirección sur por unos 3 km. Primero, era necesario bordear el lago antes de poder llegar al glaciar. El cielo se cubre, pero el pronóstico del tiempo es bueno. El reducido grupo empieza avanzando en diagonal por el glaciar, siguiendo una dirección sureste, ni muy cerca del borde ni muy cerca de la franja central del glaciar, que parece muy fraccionada. La progresión es larga, a razón de un kilómetro por hora. Hacia las 14h, llegan a la franja "gris". Se trata de un depósito de cenizas dimanadas del volcán Lautaro (3,600 m de altitud) que entró en erupción por última vez en 1979 y recubrió el hielo, protegiéndolo parcialmente del derretimiento. De hecho, el relieve de la banda es ligeramente positivo con respecto de las zonas más claras. Se exploran diversos pequeños meandros bajo la franja gris, presentando uno de ellos más de 30 metros de desarrollo. En realidad, se trata de un curso de agua que serpentea a lo largo del contacto debido al desfase del relieve y que, a veces, coincide con un espolón de hielo. Los meandros se desarrollan en serie por varios cientos de metros. Aparece el sol y, rápidamente, empiezan a subir las temperaturas, acelerando la velocidad de derretimiento. Poco después de las 17 horas, el grupo da media vuelta y llega al campamento sobre las 20 horas. Descubren con sorpresa que el lago ha desaparecido por completo, dejando al descubierto de nuevo la entrada de la cueva Esperanza. Con la prudencia que los caracteriza, Laurence y Arnaud se aventuran en la cavidad hasta el punto final alcanzado el 16 de enero. Los bloques de hielo que jalonan el suelo de la cavidad (algunos de varios metros de diámetro) han desaparecido por completo. El fondo de la cavidad se ha ensanchado, prolongando el desarrollo por unos 10 metros. El sifón, antes calmo, ahora es un constante e inquietante flujo y reflujo. La cavidad emite estruendos retumbantes y el hielo vibra fuertemente al posar la mano contra la pared. ¡No conviene permanecer por mucho más tiempo!

El miércoles 23 de enero finaliza la exploración del glaciar. Un primer equipo compuesto por Loïc, Carlos, Gilles, Christian, Yanick, Cyrielle, Laurent, Bernard, Richard y Luc-Henri abordan la *Don Arturo* rumbo a Puerto Edén. Es la primera de las dos rotaciones previstas.

El equipo del campamento avanzado recoge el campamento y emprende el regreso hacia la cabaña de la CONAF, adonde llegarán sobre las 16h. Por el camino se encuentran con Masahiro, Shuntaro y Marius, que regresan de haber ido a buscar las balizas GPS y el aparato de fotos que dejaron en el lugar para el registro en time-lapse.

Stéphane, Lionel, Serge y Natalia se dirigen al Complejo Témpanos para acabar la topografía. Descubren 200 metros de nuevas galerías y sacan más fotos antes de regresar al refugio. Con sus siete entradas identificadas y su laberinto de galerías, la cueva Témpanos es, sin duda alguna, la cavidad

Le 24 janvier, les membres encore présents à la base CONAF plient le matériel en attendant le retour du *Don Arturo*. La base est nettoyée et fermée dans l'après-midi. Nul doute qu'elle fera encore l'objet de visites après notre départ... L'équipe embarque en début de soirée et rallie Puerto Eden le lendemain matin aux petites heures.

Pendant ce temps, à Puerto Eden, Laurent Me, Carlos, Yanick, Loïc, Cyrielle et Guillermo, un employé de la CONAF, partent plonger sur le site d'une épave de bateau coulé il y a plus de 70 ans. Celui-ci mesurait à peu près 50 m et transportait du charbon. La plongée dure une heure pour une profondeur atteinte de 23 m. L'épave est très abimée et se présente en trois morceaux. En revanche, de nombreuses colonies se sont développées sur les flancs très corrodés de la carcasse. Au bout de 25 minutes, Laurent Me se voit contraint de remonter car sa combinaison a pris l'eau. Loïc s'enfonce donc tout seul vers l'épave mais ne peut y entrer vu l'état de délabrement. A 18 heures, les plongeurs sont de retour à terre.

Le vendredi 25 janvier, le *Don Arturo* lève l'ancre et redescend le Brazo de Norte en direction de l'île Madre de Dios. En chemin, il retrouve le *Valparaíso* parti quelques jours plus tôt de Puerto Natales avec à son bord Franz Kroeger et Ronald Larenas, tous deux représentants des autorités chiliennes. Une partie de l'équipage embarque sur le *Don Arturo*.

más extensa explorada en todo el sector este año.

El 24 de enero, el grupo que sigue en la cabaña de la CONAF recoge el material mientras esperan el regreso de la *Don Arturo*. Se limpia la guardería y, por la tarde, se cierra. No cabe duda de que volverá a ser visitada tras nuestra partida... El equipo embarca al atardecer y llega a Puerto Edén a primera hora de la mañana del día siguiente.

Durante este tiempo, en Puerto Edén, Laurent, Carlos, Yanick, Loïc, Cyrielle y Guillermo, un funcionario de CONAF, van a bucear el punto donde hay un pecio que se hundió en los años 70. Medía casi 50 metros y transportaba carbón. La inmersión dura una hora y se baja a una profundidad de 23 metros. El pecio está muy maltrecho y se ha partido en tres pedazos. A cambio, se han formado numerosas colonias en los costados del casco, que está muy corroído. Al cabo de 25 minutos, Laurent se ve obligado a remontar porque le ha entrado agua en el traje. Entonces, Loïc se sumerge solo hacia el pecio, pero no puede entrar a causa del estado de deterioro. A las 18 horas los buzos vuelven a estar en tierra.

El viernes 25 de enero, la *Don Arturo* leva anclas y desciende el Brazo del Norte en dirección a la isla Madre de Dios. Por el camino, se juntan con la *Valparaíso*, que había zarpado algunos días antes desde Puerto Natales con Franz Kroeger y Ronald Larenas a bordo, ambos funcionarios del Ministerio de Bienes Nacionales. Una parte del grupo se sube a la *Don Arturo*.

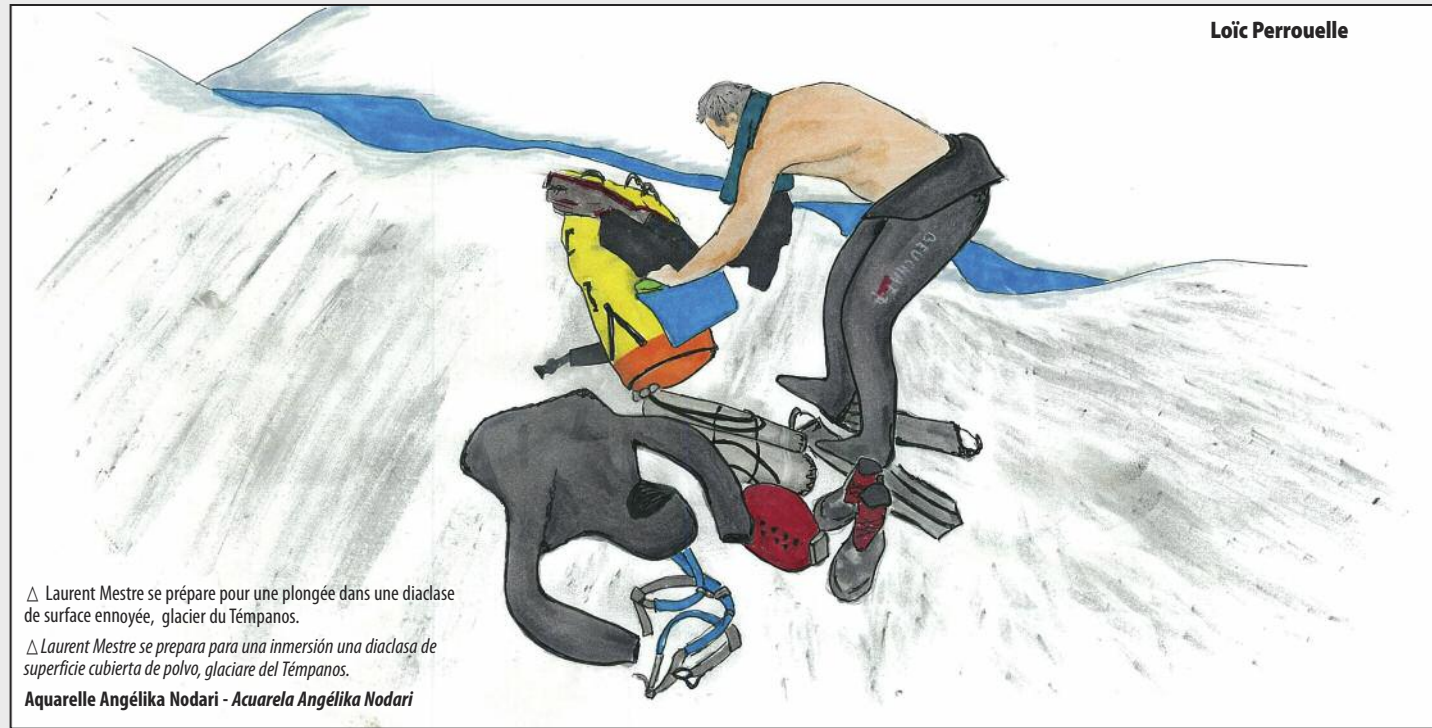
▽ Front glaciaire du Témpanos.
▽ Frente del glaciar Témpanos.
📷 Bernard Tourte/©Centre Terre



Plongée sous glace au lac Bleu

Buceo bajo el hielo del lago Azul

Loïc Perrouelle



△ Laurent Mestre se prépare pour une plongée dans une diaclase de surface ennoyée, glacier du Témpanos.

△ Laurent Mestre se prepara para una inmersión una diaclasa de superficie cubierta de polvo, glaciere del Témpanos.

Aquarelle Angélica Nodari - Acuarela Angélica Nodari

Le mercredi 16 janvier 2019, nous partons avec Laurent Me., Carlos et Stéphane M. sur la partie nord du glacier Témpanos. À l'aide de son bateau, Aliro Vargas, garde du Parc National Bernardo O'Higgins nous dépose au pied du magnifique front de glace. La suite se fait en crampons. Il n'y a pas beaucoup de dénivellé. En 3 heures de marche, nous arrivons devant le « lac Bleu », nom donné la veille lors de la prospection. Il s'agit d'un petit lac qui s'ouvre au milieu de la glace, selon une forme en crevasse. Il mesure une quinzaine de mètres de long et un mètre vingt de large.

Laurent - qui est le responsable de cette journée - m'a désigné avec Carlos pour effectuer la plongée. Chaque plongeur est équipé d'une combinaison humide de chasse épaisse de 5 mm ainsi que 2 bouteilles de 4 litres.

C'est une plongée de reconnaissance et vu les quelques heures de portage, nous avons emmené le matériel le plus léger possible.

Une corde de liaison est mise en place par mesure de sécurité pour garder un contact permanent avec les plongeurs engagés.

Devant cette faille de glace, nous ne voyons pas le fond. Avec Carlos nous nous mettons à l'eau, assistés de Laurent Me et de Stéphane pour l'équipement et nous nous enfonçons dans ce méandre glacé. Mon ordinateur indique zéro degré et le froid nous frappe instantanément le visage dès la mise à l'eau.

L'eau est translucide, nous avons du mal à distinguer la paroi, nous y allons « au toucher » jusqu'à buter sur le fond à -11 m.

La remontée se fait en inspectant les bords de ce méandre sans déceler le moindre passage. Nous décidons alors de remonter. Le froid se fait maintenant sentir aux extrémités des mains et des pieds. Enfin, nous sortons au bout de 25 minutes de plongée.

Nous amarrons nos bouteilles dans la glace près d'un autre petit lac qui sera plongé quelques jours plus tard par Carlos. De même dimension et profondeur que le lac Bleu, ce second lac se trouve à une vingtaine de mètres de celui-ci.

Cette plongée se fera lors d'un tournage avec Gilles, Yanick et Luc-Henri, eux même accompagnés par les trois glaciologues, Shuntaro, Masahiro et Marius qui se relayeront pour tenir la ligne de vie qui nous relie à la surface.

Le portage de retour sera l'occasion de se réchauffer, sous un soleil étincelant. Pas un nuage à l'horizon...

El miércoles 16 de enero de 2019, Laurent, Carlos, Stéphane Maifret y yo nos dirigimos hacia la zona norte del glaciar Témpanos. Aliro Vargas, guardaparques del Parque Nacional Bernardo O'Higgins, nos traslada con su bote hasta la base del imponente frente glaciar. De ahí, se prosigue a pie. No hay mucho desnivel. En 3 horas de marcha llegamos al lago Azul, el nombre que le dimos el día anterior cuando lo localizamos. Se trata de un pequeño lago formado en medio del hielo en una fractura. Mide unos 15 metros de largo por 1,20 metros de ancho.

Laurent, responsable de buceo en esta expedición, nos ha designado a Carlos y a mí para esta inmersión. Los buzos vamos equipados con un traje húmedo de caza de 5 mm y 2 botellas de 4 litros.

Al tratarse de una inmersión de reconocimiento y por las horas de porteo, hemos optado por ir ligeros de material.

Se instala una cuerda de enlace como medida de seguridad para mantener el contacto permanente con los buzos en el agua.

Ante esta falla de hielo no logramos ver el fondo. Carlos y yo nos metemos en el agua con la ayuda de Laurent y Stéphane para equiparnos y nos sumergimos en el meandro de hielo. Mi ordenador indica cero grados. El frío nos hiela el rostro al instante al mero contacto con el agua.

El agua es translúcida y nos cuesta distinguir la pared, así que vamos resiguiéndola hasta llegar al fondo a -11 metros.

Al ascender vamos inspeccionando los bordes de este meandro sin encontrar ningún paso. Decidimos salir a la superficie. Ahora ya sentimos el frío en los extremos de las manos y los pies. Finalmente, salimos tras 25 minutos de inmersión.

Dejamos las botellas atornilladas al hielo cerca de otro pequeño lago que Carlos buceará unos días después. Este segundo lago, situado unos 20 metros más arriba, tiene las mismas dimensiones y profundidad que el lago Azul.

Esta inmersión se realizará durante una sesión de grabación con Gilles, Yanick y Luc-Henri, acompañados de los glaciólogos Shuntaro, Masahiro y Marius, que se turnarán para controlar la línea de vida que nos une a la superficie.

El porteo de regreso, bajo un sol reluciente, nos permitirá recuperar el calor corporal. No se intuye ni una sola gota de agua.



△ & ▽ Préparation et plongée sur le glacier du Témpanos.

△ & ▽ Buceo en los molinos glaciares del Témpanos.

📷 Serge Caillault/©Centre Terre



Les explorations au Barros Luco

Las exploraciones en el Barros Luco



Du 16 au 18 janvier, ils sont six à occuper le camp de base: Sylvain, Sébastien, Jean-Philippe, Jean-Marc, Clément et Georges. Dans l'après-midi, Jean-Philippe et Georges partent récupérer Stéphane Jaillet, Laurent Morel, Charlotte Honiat et Bertrand Delapierre qui viennent de réaliser la traversée nord-sud de Madre de Dios (cf. page 22).

Le samedi 19 janvier, ce sont maintenant dix personnes qui terminent le déchargement du bateau grâce à la tyrolienne. Dans l'après midi la petite flotte des Bombard est également mise en service.

Le dimanche 20 janvier, la météo est au beau fixe. Tandis que Sébastien et Sylvain s'attellent à la construction de l'annexe qui offrira un espace supplémentaire pour le stockage du matériel, plusieurs équipes se forment autour des objectifs de la journée. Clément, Georges et Jean-Marc partent reconnaître et baliser le chemin de la « passe de l'Indien » qu'empruntera l'équipe Glacier de retour du Témpanos. Ce passage relie le Brazo Lastarria, diverticule du fond du Barros Luco, côté nord-ouest, au seno Egg, côté sud-est. L'intérêt de cette passe est qu'elle est franchissable même lorsque l'accès par mer au Barros Luco depuis le Pacifique est impossible. Au retour, ils font un

Du 16 au 18 de enero solamente hay seis ocupantes en la cabaña: Sylvain, Sébastien, Jean-Philippe, Jean-Marc, Clément y Georges. Por la tarde, Jean-Philippe y Georges van a buscar a Stéphane Jaillet, Laurent Morel, Charlotte Honiat y Bertrand Delapierre, que acaban de completar la travesía sur-norte de Madre de Dios (cf. página 22).

El sábado 19 de enero ya son diez personas las que terminan de remontar la carga del barco con ayuda de la tirolina. En el transcurso de la tarde, la pequeña flota de Bombards también queda operativa.

El domingo 20 de enero hace muy buen tiempo. Mientras que Sébastien y Sylvain se dedican a la construcción del anexo, que ofrecerá un espacio suplementario para almacenar el material, se forman varios grupos en función de los objetivos del día. Clément, Georges y Jean-Marc parten a explorar y balizar el camino llamado "paso del Indio", que utilizará el equipo del glaciar a su regreso del Témpanos. Este paso une el brazo Lastarria, un divertículo del fondo del seno Barros Luco (lado oeste), con el seno Egg (lado este). El interés por usar este pasaje es que es franqueable siempre, incluso cuando el acceso por mar al Barros Luco por el Pacífico resulta imposible. A su regreso, dan un rodeo pasando por el seno

détour par le seno Lastarria où quelques porches sont repérés. Jean-Philippe, Stéphane J., Bertrand et Charlotte réquisitionnent un Bombard pour lever la bathymétrie d'un bras de mer dans le même seno Lastarria qui était jadis un lac glaciaire. Laurent Mo. est quant à lui resté au camp de base pour affiner les réglages de l'antenne satellitaire.

Le lendemain, les travaux de construction de l'annexe prennent fin sous la pluie. La journée est consacrée au rangement intérieur de la cabane.

Mardi 22 janvier, Laurent Mo, Stéphane J., Clément, Bertrand, Georges, Charlotte, Jean-Marc et Jean-Philippe partent en direction de Punta Blanca pour prospecter l'autre rive de l'anse, face à l'entrée de la grotte du même nom. Selon les indications de Bernard, il y aurait un porche à atteindre. Les indications sont vagues et le porche ne se détache pas dans le paysage. Tandis que Clément et Jean-Philippe se dirigent vers un autre porche repéré plus tôt, le reste de l'équipe ratisse la bande de forêt qui se développe sur la rive. Laurent Mo découvre une cavité qu'il explore sur environ 25 m avant de buter sur un siphon - à priori au niveau de la mer. D'autres petites cavités sont repérées à proximité, dont une traversée d'environ 30 m découverte par Bertrand, Georges et Jean-Marc.

Mercredi 23 janvier. La météo s'est considérablement dégradée dans la nuit. Le vent s'est levé et forcé d'heure en heure. Au moment du petit déjeuner, Laurent Mo. assis devant l'ordinateur, voit passer une tente par-dessus la cabane... Les rafales ont en effet arraché la Stronghold de la plateforme sur laquelle elle était clouée, la dépose pendant quelques secondes devant les toilettes puis l'éjecte dans les airs à près de 30 m pour finalement la planter dans la forêt en contrebas, à quelques mètres seulement du rivage... La Stronghold est complètement déchirée. Au passage, elle a éventré la tente qui lui faisait face. Il ne sera pas possible de mettre un pied dehors de toute la journée.

Le lendemain, après une nuit très agitée, la journée s'annonce meilleure. Charlotte, Jean-Philippe et Clément organisent un premier portage de matériel vers la zone Sumidero en prévision d'un prochain camp. Le chemin balisé en 2017 est encore marqué dans le paysage et après quatre heures de marche, ils arrivent sur la zone indiquée où ils déposent les sacs au pied d'un arbre.

Pendant ce temps, Stéphane J., Sylvain, Laurent Mo., Georges et Bertrand font une petite reconnaissance dans la zone des lacs en amont du camp de base. Ils sont à la recherche d'un site qui se prêterait au prélèvement de carottes de sédiments pour étudier le paléoclimat (cf. page 116). Ils en prélèvent quatre dans de petites vasques et envisagent de revenir avec un canot pour prélever directement dans le lac.

Profitant d'une accalmie, Bertrand a sorti le drone pour capturer quelques images d'altitude du camp de base. Après quelques minutes, le drone ne répond plus, et il finit par se perdre dans l'étendue de forêts qui couvre les falaises

Lastarria, donde localizan algunas bocas. Jean-Philippe, Stéphane, Bertrand y Charlotte requisitan un Bombard para levantar la batimetría de un brazo de mar situado en el mismo seno Lastarria, que antiguamente fue un lago glaciar. Laurent, por su lado, se ha quedado en el campamento base con el objetivo de afinar algunos ajustes de la antena satelital.

Al día siguiente se retoman los trabajos de construcción del zaguán bajo la lluvia. La jornada se dedica a poner orden en el interior de la cabaña.

Martes 22 de enero, Laurent Morel, Stéphane Jaillet, Clément, Bertrand, Georges, Charlotte, Jean-Marc y Jean-Philippe salen en dirección de Punta Blanca para prospectar la otra orilla de la ensenada, frente a la entrada de la cueva del mismo nombre. Según las indicaciones de Bernard, habría una boca accesible. Las indicaciones son vagas y en el paisaje no destaca ninguna entrada. Mientras que Clément y Jean-Philippe se dirigen hacia otra entrada vista antes, el resto del equipo examina la franja de bosque que crece en la orilla. Laurent descubre una cavidad que explora por unos 25 metros antes de dar a un sifón, en principio, a nivel del mar. Se localizan otras cavidades menores cerca, como una travesía de unos 30 metros descubierta por Bertrand, Georges y Jean-Marc.

Miércoles 23 de enero. El clima ha empeorado considerablemente durante la noche. A la hora del desayuno, Laurent, que está sentado frente al computador, de pronto ve pasar una carpa por encima de la cabaña... Las ráfagas de viento han arrancado una de las Stronghold de la tarima a la que estaba clavada, la deposita durante algunos segundos delante de la letrina y luego la eyecta por los aires por unos 30 metros para, finalmente, plantarla en el bosque que hay más abajo, a tan solo unos cuantos metros de la orilla... La Stronghold ha quedado completamente hecha jirones. A su paso, ha destripado la carpa que le quedaba enfrente. En todo el día no será posible poner un pie la exterior.

Al día siguiente, tras una noche muy agitada, parece que el tiempo mejora. Charlotte, Jean-Philippe y Clément organizan un primer porteo de material hacia la zona Sumidero, anticipando un próximo campamento. El camino balizado en 2017 sigue siendo visible aun entre el pasaje y, tras cuatro horas de marcha, llegan sobre la zona indicada, donde dejan las sacas a los pies de un árbol.

Durante ese tiempo, Stéphane, Sylvain, Laurent, Georges y Bertrand realizan un pequeño reconocimiento en la zona de los lagos situados sobre el campamento base. Buscan un lugar propicio para extraer testigos de sedimentos con el objetivo de estudiar el paleoclima (cf. página 116). Extraen cuatro de unas pequeñas pozas y planean volver con un bote para sacar otras directamente del lago.

Aprovechando una calma, Bertrand saca el dron para captar algunas imágenes aéreas del campamento base. Tras varios minutos, el dron deja de responder y acaba perdiéndose en la inmesidad del bosque que recubre las paredes al este

◀ Vue sur la Barros Luco depuis l'accès vers le camp d'Altitude 3.

◀ Vista hacia el Barros Luco desde el acceso hacia el campamento Altitud 3.

📷 Lionel Ruiz/©Centre Terre



à l'est du camp, à plus de 650 m de distance. En compagnie de Laurent Mo, Bertrand part à la recherche de l'appareil qu'il retrouvera pratiquement indemne.

Le 25 janvier, le temps est stable, ni beau, ni particulièrement mauvais. Tandis que Sylvain, Sébastien, Jean-Philippe et Georges embarquent en Bombard, direction la grotte des Trois Entrées Plus Une, Charlotte, Laurent Mo, Jean-Marc, Bertrand et Stéphane J partent à pied vers la zone des lacs pour filmer une seconde mission de prélèvements. Ils prélèvent deux carottes de sédiments lacustres, l'une de 40 cm, la seconde de 1,80 m.

Au retour, Georges emmène Charlotte, Stéphane J et Bertrand dans le porche d'une grotte récemment découverte qui présente des concrétions, ce qui est rare en Patagonie. Après un relevé topographique des lieux, trois stalagmites sont prélevées, un capteur de température et une plaque de verre (utile pour mesurer le taux de dépôt des concrétions) sont installés sur place. L'opération est entièrement filmée par Bertrand.

Samedi 26 janvier, les conditions météorologiques se dégradent tout au long de la journée. L'arrivée des 18 personnes de l'équipe Glacier, via la passe de l'Indien est normalement prévue dans la journée. Seuls Laurent Me., Cyrielle et Yanick resteront à bord du *Don Arturo* avec le matériel, et rejoindront le Barros Luco en passant par l'océan Pacifique. Mais au fil des heures, le vent et les conditions de marée obligent à reporter la traversée de la passe au lendemain. À la cabane, c'est donc une journée d'attente qui s'annonce. Certains mettront au propre leurs

del campamento base, a más de 650 metros de distancia. Acompañado por Laurent, sale a buscar el aparato, que encontrará prácticamente indemne.

El 25 de enero el tiempo es estable: ni bueno ni especialmente malo. Mientras que Sylvain, Sébastien, Jean-Philippe y Georges su suben al bote para poner rumbo a la cueva de las Tres Entradas Más Una, Charlotte, Laurent, Jean-Marc, Bertrand y Stéphane salen a pie hacia la zona de los lagos para filmar una segunda extracción de testigos. Sacan dos muestras de sedimentos lacustres. Una es de 40 centímetros y la segunda, de 1,8 metros.

De regreso, Georges lleva a Charlotte, Stéphane y Bertrand a la entrada de una cueva descubierta recientemente que tiene concreciones, algo poco usual en Patagonia. Tras levantar la topografía de los lugares, se extraen tres estalagmitas y se instalan un sensor de temperatura y una placa de vidrio (útil para medir la tasa de desposición de las concreciones). La operación completa es filmada por Bertrand.

El sábado 26 de enero las condiciones climáticas empeoran durante toda la jornada. Hoy está previsto que llegue el grupo de 18 personas que estaba en el glaciar pasando por el paso del Indio. Solo Laurent Mestre, Cyrielle y Yanick se quedan a bordo de la *Don Arturo* con el material. Llegarán al Barros Luco pasando por el océano Pacífico. Pero, con el paso de las horas, el viento y las condiciones de marea obligan a posponer la travesía del paso para el día siguiente. En la cabaña se presenta un día de espera. Algunos aprovechan de pasar a

topographies pendant que les autres rédigeront quelques notes sur le prélèvement des carottes la veille. De l'autre côté de l'île, le *Don Arturo* et le *Valparaiso* patientent au fond du seno Egg où ils passent la nuit au calme.

Le lendemain, aux premières heures, tandis que les 18 équipiers se mettent en mouvement côté seno Egg pour traverser la passe de l'Indien avec leur sac à dos, Clément, Sylvain, Georges et Jean-Marc ont embarqué à 7 heures du matin pour effectuer la première rotation avec deux Bombard. Au fur et à mesure qu'ils arrivent, les membres de l'équipe Glacier sautent dans les embarcations qui rallient aussitôt le camp de base. La traversée dure pratiquement une heure pendant laquelle les Bombard sont rincés par la pluie et les vagues. A 11 heures du matin, les premiers arrivants sont déposés à la cabane. Une autre rotation de Bombard sera nécessaire pour rapatrier toute l'équipe. À midi, le *Don Arturo* est en vue: le détour par le Pacifique n'aura finalement pas pris trop de temps. Après les retrouvailles à 30 dans la cabane, Bernard présente les règles de vie au camp de base et les objectifs pour les jours à venir. Il faut ensuite répartir les nouveaux dans les tentes et laisser le temps à chacun de prendre ses marques. Ce soir, c'est l'anniversaire de Lionel, alors certains s'activent en cuisine pour la confection d'un gâteau!

À partir de maintenant, les explorations vont se répartir entre la grotte de Punta Blanca, la grotte des Trois Entrées Plus Une, les plongées côtières et les camps avancés. L'ordre chronologique du récit est abandonné au profit d'une narration selon les secteurs d'exploration. (Suite page 50).

limpio las topografías, mientras que otros redactan algunas líneas sobre la extracción de los sedimentos durante el día anterior. Al otro lado de la isla, la Don Arturo y la Valparaíso esperan en el fondo del seno Egg, donde pasarán la noche en calma.

Al día siguiente a primera hora, mientras que los 18 exploradores se ponen en movimiento del lado del seno Egg para atravesar el paso del Indio con sus mochilas, Clément, Sylvain, Georges y Jean-Marc se embarcan a las 7 horas de la mañana para realizar la primera rotación con dos Bombard. A medida que van llegando, los integrantes del equipo del glaciar saltan a las embarcaciones que, acto seguido, ponen rumbo al campamento base. La travesía dura prácticamente una hora, durante la cual los Bombard son rociados por la lluvia y las olas. A las 11 horas de la mañana, los primeros llegan a la cabaña. Hará falta otra rotación de Bombard para recoger a todo el mundo. A mediodía, la Don Arturo está a la vista. La vuelta por el Pacífico no le habrá tomado tanto tiempo. Tras reencontrarse los 30 en la cabaña, Bernard presenta las reglas de vida en el campamento base y los objetivos de los próximos días. Luego, hay que repartir a los recién llegados en las carpas y dejar tiempo a cada uno para acomodarse. Esa noche es el cumpleaños de Lionel, así que algunos se afanan en la cocina para hacer un pastel.

A partir de ahora, las exploraciones se dividirán entre la cueva de Punta Blanca, la cueva de las Tres Entradas Más Una, las inmersiones costeras y los campamentos avanzados. Por ello, el relato deja de ser cronológico y se organiza por sector de exploración. (Continuar página 50).

▽ Le *Don Arturo* nous aide à prospecter le long des cotes du Barros Luco.

▽ La *Don Arturo* nos ayuda a prospectar el borde costero del Barros Luco.

📷 Serge Caillault/©Centre Terre

△ Exploración en la Bahía de la Punta Blanca.

△ Exploración en la Bahía de la Punta Blanca.

📷 Serge Caillault/©Centre Terre





Un projet soutenu par les Ministères des Sports et de l'Éducation Nationale

△ Bernard, Richard, Carlos, Laurence et Denis répondent aux questions des enfants par visioconférence.

△ Bernard, Richard, Laurence y Denis responden a las preguntas de los niños por videoconferencia.

📷 Serge Caillault/©Centre Terre

▽ Mathis et Alban dans la grotte qu'ils ont fabriqué avec leur classe dans le collège du Servois.

▽ Mathis y Alban en la cueva que fabricaron con su clase en el colegio de Servois.

📷 D. Bichon/©Centre Terre



Après les expériences positives vécues lors des expéditions de 2010, 2014 et 2017, Centre Terre a proposé un nouveau projet éducatif pour permettre à des élèves toujours plus nombreux de vivre les aventures des explorateurs depuis leur école. Il s'est déroulé toute l'année scolaire 2018-2019. L'objectif est double: d'une part, organiser des projets pédagogiques associant différentes matières en les mettant en relation avec l'expédition, et d'autre part transmettre des valeurs de partage, de solidarité, de dépassement de soi dans une aventure humaine. Dans le cadre de cet échange scolaire, les classes qui le souhaitent peuvent participer à un concours qui permettra au lauréat d'aller explorer une grotte avec un ou plusieurs membres de l'expédition.

Ce projet a été mis en œuvre par José Mulot. José était enseignant en sciences de la vie et de la terre et conseiller technique national du Ministère des Sports auprès de la Fédération Française de Spéléologie, pour mettre en avant la plus-

Un proyecto patrocinado por los Ministerios de Deporte y de Educación de Francia

Tras las positivas experiencias de las expediciones de 2010, 2014 y 2017, Centre Terre presentó un nuevo proyecto educativo para permitir a los cada vez más numerosos alumnos vivir las aventuras de la asociación desde sus escuelas. Se desarrolló durante el curso 2018-2019. Los objetivos eran, por un lado, organizar proyectos pedagógicos ligados a las distintas materias relacionándolas con la expedición; y, por otro, transmitir la importancia de compartir, ser solidario y auto-superarse en equipo. En el marco de este intercambio escolar, las clases que lo desearan podían participar en un concurso que premiaba a los ganadores con una salida espeleológica con miembros de la expedición.

Este proyecto lo inició José Mulot (docente de ciencias naturales y consejero técnico nacional del Ministerio de Deporte ante la Federación Francesa de Espeleología) para resaltar los valores educativos de la espeleología. José nos dejó en enero de 2018, pero Centre Terre no dudó ni un segundo en continuar con este proyecto educativo.

La dirección académica de Toulouse volvió a hacer extensivo



value éducative de la spéléologie. Il nous a malheureusement quittés en janvier 2018. C'est sans hésitation que Centre Terre a décidé de poursuivre son projet éducatif.

Le rectorat de Toulouse a une nouvelle fois porté ce projet au niveau national, grâce au service de la DAAC (Délégués Académiques aux Arts et à la Culture). De plus, le Ministère de l'Éducation Nationale a renouvelé son agrément national à Centre Terre, ce qui garantit aux enseignants que l'association respecte les principes de l'enseignement public.

Comme pour les expéditions précédentes, ce partenariat avec les scolaires aura permis un partage des valeurs éducatives de la spéléologie. Les dates de l'expédition ont été propices à une exploitation pédagogique optimale: avant l'expédition les enseignants ont pu enrichir les connaissances de leurs élèves pour ensuite suivre les explorateurs et réaliser des productions dans le cadre du concours.

Les productions scolaires primées par le concours

100 classes se sont officiellement inscrites au concours 2019. Toutes ont réalisé un travail sur le suivi de l'expédition mais ce sont finalement 38 établissements, du cours préparatoire à la terminale, en passant par les enseignements adaptés et professionnel, qui ont présenté au jury des productions variées, toutes plus originales les unes que les autres.

Le jury s'est réuni le jeudi 23 mai au rectorat de Toulouse pour visionner des pièces de théâtres, des émissions, des films d'animations, écouter des chansons, expérimenter des jeux de société, lire des magazines, carnets d'aventures, romans et contempler des fresques, grottes et décors.

Quatre classes ont été récompensées: une classe de primaire et une du secondaire ont été primées au niveau national. L'académie de Toulouse portant le projet, deux classes de cette académie y ont également été primées.

Chacune des lauréates a reçu un diplôme formalisé par le rectorat de Toulouse et a pu partager une journée de

este proyecto a todos los centros de Francia a través de su servicio de delegados académicos para las artes y la cultura (DAAC, por sus siglas en francés). Además, el Ministerio de Educación francés renovó su convenio con Centre Terre, lo que garantiza a los docentes que Centre Terre respeta los principios de la enseñanza pública.

Al igual que en las expediciones anteriores, el intercambio con los escolares ha permitido compartir los valores educativos de la espeleología. Las fechas de la expedición son idóneas para sacarle el máximo provecho pedagógico. Antes de la expedición, los profesores pueden enriquecer los conocimientos de sus alumnos para, luego, seguir a los exploradores y participar en el concurso con sus trabajos.

Los trabajos escolares ganadores del concurso

100 fueron las clases que se inscribieron oficialmente en el concurso 2019. Todas realizaron trabajos relacionados al seguimiento de la expedición, pero fueron 38 centros de primaria, secundaria, educación especial y profesional los que, finalmente, presentaron sus variados trabajos al jurado, todos de gran originalidad.

El jurado se reunió el 23 de mayo en el rectorat de Toulouse para ver las obras de teatro, emisiones, películas animadas, escuchar las canciones, probar los juegos de sociedad, leer las publicaciones, bitácoras, novelas y contemplar los frescos, cuevas y decoraciones.

En total, resultaron ganadoras cuatro clases: una clase de primaria y una clase de secundaria a nivel nacional y, al ser la circunscripción académica de Toulouse la patrocinante del proyecto, también se premiaron dos de sus clases.

Las clases recibieron un diploma formal del rectorat de Toulouse y participaron en una jornada espeleológica o canyo-

▽ L'environnement des Kawésqar réalisé par les élèves de l'école de La Prairie.

▽ Maqueta de un entorno Kawésqar creado por los alumnos de la escuela La Prairie.

△ Le glossaire illustré réalisé par les élèves de la classe de Sergines.

△ Glosario ilustrado realizado por los alumnos de la clase de Sergines.

📷 Didier Lamotte/©Centre Terre

▽ Les élèves du collège de Marengo lors de leur sortie spéléologie.

▽ Los alumnos del colegio Marengo durante su salida espeleológica.

📷 Lionel Ruiz/©Centre Terre



spéléologie ou de canyoning avec un ou plusieurs membres de l'expédition.

Les classes lauréates

Dans la catégorie « école de l'académie de Toulouse », c'est la classe de CM1/CM2 de l'établissement La Prairie de TOULOUSE (31 400) qui a impressionné le jury avec la création d'un conte sur le peuple Kawésqar. Les élèves ont pu partager une journée de spéléologie avec Lionel, Denis et Bernard.

Dans la catégorie « école hors académie de Toulouse », c'est la classe de CE2/CM1 de l'école de SERGINES (89 140) - académie de Dijon – qui a su se faire remarquer avec son carnet de bord de l'expédition et son glossaire illustré. Les élèves ont eu beaucoup de satisfaction à découvrir le monde souterrain et ont posé de nombreuses questions à Didier, venu les rencontrer.

Pour la catégorie « collège et lycée de l'académie de Toulouse », c'est la classe de 5^{ème} 3 du Collège Marengo de TOULOUSE (31 500) qui a bien mérité sa sortie spéléologie. Les élèves ont réalisé un important travail pluridisciplinaire. Ils ont invité Bernard dans leur établissement et se sont rendus à une des visioconférences organisées pendant l'expédition. Ils ont ensuite créé une vidéo de présentation de l'expédition avec des explications, illustrations et même quelques passages en espagnol. C'est avec un grand plaisir que les enfants et leurs enseignants ont découvert le monde souterrain avec Lionel, Denis et Bernard

Pour la catégorie « collège et lycée hors académie de Toulouse », c'est la classe de 5^{ème} 3 du Collège du Servois de LA CHAPELLE EN SERVAL (60 520) - académie d'Amiens – qui s'est distinguée grâce à un travail varié et de qualité: ils ont construit une grotte, reproduit une photographie du camp de base, réalisé un carnet de bord de l'expédition et des panneaux à exposer.

Ils ont eu l'occasion de passer une journée avec Laurence et Arnauld venus leur rendre visite dans le Jura pendant leur séjour, avec leurs professeurs, pour s'initier et se perfectionner en spéléologie et canyoning.

Des supports et des soutiens pédagogiques

L'espace scolaire du site web de Centre Terre (<https://www.centre-terre.fr/>) a mis à disposition des élèves et des enseignants différentes ressources pédagogiques: une centaine de fiches sur des thématiques variées, des vidéos de présentation des explorateurs chiliens en espagnol ainsi qu'un forum de discussion permettant aux jeunes de communiquer avec les explorateurs avant, pendant et après l'expédition.

Le rectorat de Toulouse, en partenariat avec Centre Terre, a une nouvelle fois organisé une journée de formation pour les enseignants inscrits au suivi de l'expédition. Lors de cette formation, plusieurs membres de l'expédition viennent à la rencontre des enseignants pour leur présenter

ning con uno o varios miembros de la expedición.

Las clases ganadoras

En la categoría "Escuela de la académie de Toulouse", la clase CM1/CM2 (4º - 5º de primaria) de la escuela La Prairie de TOULOUSE (31 400) impresionó al jurado con su cuento sobre el pueblo Kawésqar. Los alumnos disfrutaron de una jornada espeleológica acompañados por Lionel, Denis y Bernard.

En la categoría "Escuela externa a la académie de Toulouse la clase de CE2/CM1 (3º - 4º de primaria) de la escuela SERGINES (89 140), perteneciente a la académie de Dijon, destacó con su bitácora de la expedición y un glosario ilustrado. Los alumnos se divirtieron descubriendo el mundo subterráneo y bombardeando con preguntas a Didier, quien los acompañó en su aventura subterránea.

En la categoría "Establecimiento Público de Enseñanza Secundaria de la académie de Toulouse la clase de 5^{ème}3 (2º de secundaria) del Collège Marengo de TOULOUSE (31 500) se hizo merecedora de la salida espeleológica. Los alumnos realizaron un notable trabajo pluridisciplinario, invitaron a Bernard a su centro y participaron en las videoconferencias organizadas durante la expedición. Luego, crearon un video de presentación de la expedición con explicaciones, ilustraciones e incluso con partes en español. Para estudiantes y docentes fue un verdadero placer descubrir el mundo subterráneo en compañía de Lionel, Denis y Bernard.

En la categoría "Establecimiento Público de Enseñanza Secundaria externo a la académie de Toulouse", la clase de 5^{ème}3 (2º de secundaria) del Collège du Servois de LA CHAPELLE EN SERVAL (60 520), de la académie de Amiens, destacó con un trabajo variado y de calidad. Construyeron una cueva, hicieron una maqueta del campamento base a partir de una fotografía, redactaron una bitácora de la expedición e hicieron pósters para exponer.

Tuvieron la oportunidad de pasar un día con Laurence y Arnauld, que se trasladaron al Jura, donde se encontraban escolares y profesores para iniciarse y perfeccionarse en espeleología y barranquismo.

Soportes y apoyos pedagógicos

El espacio escolar de la web de Centre Terre (<https://www.centre-terre.fr/>) ha puesto a disposición de los estudiantes y docentes distintos recursos pedagógicos: un centenar de fichas sobre diversas temáticas; videos de presentación de los exploradores chilenos en español; y un foro de discusión a través del cual los jóvenes pueden contactar con los exploradores antes, durante y después de la expedición.

El rectorat de Toulouse, en colaboración con Centre Terre, volvió a organizar una jornada de formación para los docentes inscritos en el seguimiento de la expedición. Durante esta

l'expédition et répondre à leurs questions. Malheureusement, celle-ci n'a pu être maintenue en raison de mouvements de grève empêchant l'accès à l'établissement...

Des rencontres et des échanges avec l'équipe franco-chilienne

Avant et après l'expédition plusieurs membres de Centre Terre sont allés à la rencontre des élèves et enseignants au sein de leur établissement. Ils ont pu y présenter les dernières découvertes des expéditions mais aussi répondre aux questions des élèves curieux. Une dizaine de conférences ont ainsi été organisées sur tout le territoire français.

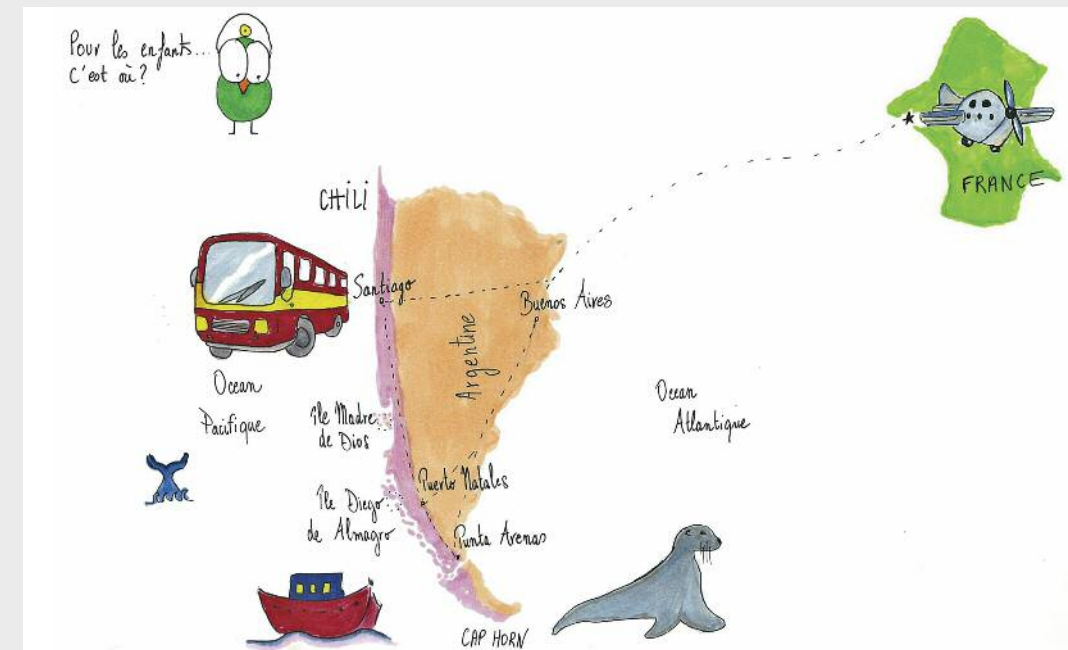
En utilisant des systèmes de communication par satellite, nous avons réalisé quatre visioconférences permettant aux élèves de poser des questions aux explorateurs et de les voir en direct depuis le camp de base. Les deux plus importantes ont eu lieu les 5 et 11 février dans l'académie de Toulouse. Chacune d'elle a rassemblé, sur plusieurs sites, plus de 300 élèves.

formación, varios miembros de la expedición se reúnen con los maestros para presentarles la expedición y responder a sus preguntas. Por desgracia, ello no pudo realizarse a causa de las huelgas que impidieron el acceso al establecimiento.

Encuentros e intercambio con el equipo franco-chileno

Antes y después de la expedición, varios miembros de Centre Terre se reunieron con alumnos y docentes en sus centros escolares. Pudieron presentar los últimos descubrimientos de las expediciones y responder a las preguntas de los curiosos alumnos. También se organizaron una decena de conferencias en todo el territorio francés.

Gracias al uso de sistemas de comunicación por satélite, se realizaron cuatro videoconferencias en las que los escolares pudieron preguntar a los exploradores y verlos en directo en su entorno. Las dos más importantes se celebraron el 5 y 11 de febrero en la académie de Toulouse. En ambas ocasiones se congregó, en sus respectivos centros, a más de 300 escolares



◁ Aquarelle Angélika Nodari
◁ Acuarela Angélika Nodari

Conclusion

Ce projet éducatif de suivi de l'expédition s'est révélé une nouvelle fois riche pour les enseignants, les élèves mais aussi pour les explorateurs de Centre Terre qui ont pu honorer leur devise: « découvrir, explorer, partager ».

À travers ce partenariat les enseignants ont pu construire des projets pédagogiques pluridisciplinaires motivants et porteurs de sens pour les élèves. Pour bon nombre d'entre eux, ce fut l'occasion d'acquérir de nombreuses connaissances, d'éveiller leur curiosité et de vivre une aventure humaine originale et certainement inoubliable.

Remerciements

CENTRE TERRE tient à remercier la rectrice de l'académie de Toulouse pour ce partenariat ainsi que le personnel de la DAAC: Brigitte Quilhot-Gesseaume, Valérie Boubekeur et Vincent Lavenant pour leur investissement efficace tout au long de l'année. Centre Terre remercie également Damien Chigot, conseiller technique national de spéléologie, qui a participé au jury du concours.

Conclusión

El proyecto educativo de seguimiento de la expedición ha vuelto a revelarse provechosa para los docentes, los estudiantes y también para los miembros de Centre Terre, que pudieron hacer honor a su premisa de "descubrir, explorar, compartir".

A través de esta colaboración, los docentes han podido construir proyectos pedagógicos pluridisciplinarios motivantes y con sentido para los alumnos. Para muchos de ellos, esta fue la ocasión de adquirir numerosos conocimientos, despertar su curiosidad y vivir una aventura humana original y, ciertamente, inolvidable.

Agradecimientos

CENTRE TERRE agradece a la rectora de la académie de Toulouse por esta colaboración y al personal del DAAC, Brigitte Quilhot-Gesseaume, Valérie Boubekeur y Vincent Lavenant, por su eficaz compromiso durante todo el año. Centre Terre también agradece a Damien Chigot, consejero técnico nacional de espeleología, que participó como jurado del concurso.

Campamento Sumidero 2

Le **lundi 28 janvier**, Arnauld, Sylvain, Sébastien et Laurence lancent le premier camp avancé sur la zone dite des Sumideros (les "pertes" en espagnol), déjà atteinte en 2017. Le camp se situe en altitude, au nord-est du camp de base. Il est accessible en temps normal en trois heures de marche. Après de longs préparatifs, l'équipe se met en route vers 15 heures avec l'objectif de rester « la-haut » pour trois jours - le temps de repérer de nouvelles zones de pertes pointées sur la carte, plus loin vers le nord. Après la montée au col avec vue sur le Pacifique, qui donne accès au "plateau norvégien", sans arbre, ils traversent la majestueuse bande de forêt primaire qui précède la zone des pertes, série de vallonnements plantés d'arbres. Ils dépassent ensuite l'ancien camp Sumidero pour implanter le nouveau plus près des objectifs. Vers 18h30, arrivée sur zone, l'équipe se met en quête des trois kit-bags de matériel, déposés quelques jours plus tôt. Hélas, les coordonnées GPS de la zone s'avèrent fausses - et les indications relativement contradictoires... Il faudra près d'une heure pour retrouver enfin les trois sacs. Les deux tentes sont installées dans un lieu abrité du vent, non loin d'un lac, sous une bâche faisant avancée pour les repas en commun.

La nuit sera marquée par de fortes bourrasques de vent et de grêle. Au matin, il subsiste encore des grêlons dans les creux du terrain. L'équipe se met en marche vers les dépressions repérées plus au nord. Il faut commencer par remonter le vallon où se situe le camp puis traverser une bande de forêt, longue de plus de 300 m. Sur les 100 premiers mètres, ils suivent une petite sente tracée par le passage des coïpos, mais assez rapidement ils sont contraints de monter sur les calcaires pour se repérer et descendre du bon côté de la dépression. C'est une large prairie humide, piquetée de petits arbres et de tumulus de mousses. Elle est drainée par deux ruisseaux: l'un filant vers l'ouest, le second vers le nord. Tous deux se perdant au contact des calcaires. Les pertes sont impénétrables, comblées de blocs de toutes tailles. Un troisième ruisseau est repéré vers l'est, dans une petite clairière isolée. Laurence et Arnauld le suivent jusqu'à ce que ses eaux s'engouffrent dans un petit puits sous une arche d'une quinzaine de mètres de hauteur, très esthétique. Hélas, une fois encore, l'eau se perd entre blocs, sans suite. Le retour au camp se fait par l'est, en franchissant une succession de barres calcaires et de bandes de forêt. Sur le chemin, le terrain fracturé n'offre qu'un seul gouffre à plusieurs entrées connectées. Le parcours ne fait selon le GPS qu'à peine 1,3 km, mais leur prendra trois

E **lunes 28 de enero**, Arnauld, Sylvain, Sébastien y Laurence se dirigen al primer campamento avanzado de la zona llamada "Sumidero", explorada ya en 2017. El campamento está situado en altitud, al noreste del campamento base. A paso normal, se llega en tres horas de marcha. Tras largos preparativos, el equipo se pone en camino hacia las 15 horas con el objetivo de quedarse "arriba" por tres días, el tiempo de localizar nuevas zonas de sumideros marcadas en el mapa un poco más hacia el norte. Tras subir al collado con vistas al Pacífico, que da a un "altiplano noruego", sin árboles, atraviesan el majestuoso tramo de bosque primario que precede la zona de sumideros, una serie de ondulaciones repletas de árboles. Luego, pasan el antiguo campamento Sumidero para montar uno nuevo más cerca de los objetivos. Hacia las 18:30 horas llegan al lugar y empiezan a buscar los tres paquetes de material depositados algunos días antes. Sin embargo, las coordenadas GPS de la zona no son correctas y las indicaciones, algo contradictorias. Les tomará casi una hora encontrar finalmente los tres sacos. Se instalan las dos carpas en un lugar abrigado del viento, cerca de un lago, bajo una lona que sirve de avancé para las comidas en común.

La noche estará marcada por fuertes tormentas de viento y granizo. Por la mañana todavía quedan piedras de granizo en las concavidades del terreno. El grupo emprende la marcha hacia las depresiones localizadas más al norte. Primero hay que remontar el valle donde se sitúa el campamento y, luego, atravesar un tramo de bosque de más de 300 metros. Durante los primeros 100 metros siguen un sendero trazado por el paso de coïpos, pero pronto se ven obligados a subir a la caliza para ubicarse y descender del lado bueno de la depresión. Es un ancho prado húmedo, salpicado de pequeños árboles y de montoncillos de musgos. Lo drenan dos riachuelos: uno fluye hacia el oeste y el segundo, hacia el norte. Los dos se pierden al contacto de las calizas. Los sumideros son impenetrables, llenos de bloques de todas medidas. Ven un tercer riachuelo hacia el este, en un pequeño claro aislado. Laurence y Arnauld lo siguen hasta que las aguas se filtran por un pequeño pozo bajo un arco de unos quince metros de altura, muy bonito. Pero, de nuevo, el agua se pierde entre los bloques sin continuación. Regresan al campamento por el este, atravesando una serie de bandas de caliza y de bosque. Por el camino, el terreno fracturado solo ofrece una sima con varias entradas conectadas. Según el GPS, no han recorrido ni 1,3 km, aunque habrán tardado 3 horas. El bosque es magnífico, repleto de fallas y de troncos entrelazados, inundado bajo una acumulación de musgos y líquenes. El granizo y las



heures! La forêt est magnifique, truffée de failles et de troncs enchevêtrés, noyée sous une accumulation de mousses et de lichens. La grêle et les bourrasques de vent sont de partie. Une rivière se perd près du camp, dans un gros cône d'éboulis. Un passage bas se présente, où il faudrait ramper: pas de sécurité en cas de crue, on abandonne.

La nuit de mardi à mercredi est moins agitée. Le matin est même propice à faire sécher quelques vêtements trempés de la veille. L'objectif aujourd'hui est de revenir vers le camp de base en faisant un crochet par la dépression de la Garganta et de l'Utero de la Madre (deux cavités majeures explorées ou revisitées en 2017) car il semblerait que la bordure orientale de la dépression n'ait pas été prospectée. Ils ne trouvent rien d'intéressant et rejoignent finalement le camp de base en fin d'après-midi.

Le samedi 2 février, une seconde équipe composée de Laurence, Arnauld et Stéphane M. remonte au camp Sumidero 2 pour un ultime raid dans le gouffre de Lagrimas exploré en 2017 jusqu'à la profondeur de 116 m. Ils arrivent au camp avancé vers 15 heures, chargent le matériel nécessaire (un perforateur, 100 m de cordes et une vingtaine d'amarrages) et partent en direction de la cavité. La météo est stable. Les amarrages posés en 2017 sont rapidement retrouvés. À partir du terminus 2017, Arnauld part en tête tandis que Stéphane M. et Laurence lèvent la topographie. La cavité développe maintenant 350 m et semble totalement explorée. En remontant vers le camp avancé, ils retrouvent

tormentas de viento no cesan. Cerca del campamento hay un río que se pierde en un gran cono de derrumbe. Hay un paso bajo por el que hay que arrastrarse. No es seguro en caso de crecida, así que abandonan.

La noche del martes al miércoles es menos agitada. La mañana incluso se presta para secar algunas prendas empadadas del día anterior. El objetivo hoy es regresar al campamento base dando un rodeo por la depresión de la Garganta y el Utero de la Madre (dos cavidades de dimensiones exploradas y revisitadas en 2017), porque parece que el borde oriente de la depresión no ha sido prospectado. No encuentran nada interesante y llegan al campamento base a primera hora de la tarde.

El sábado 2 de febrero un segundo equipo compuesto por Laurence, Arnauld y Stéphane Maifret regresan al campamento Sumidero 2 para una última incursión en la sima Lágrimas, explorada en 2017 hasta una profundidad de 116 metros. Legan al campamento avanzado sobre las 15 horas cargados con lo necesario (un taladro, 100 metros de cuerdas y unos veinte anclajes) y se dirigen a la cavidad. El tiempo es estable. No tardan en encontrar los anclajes instalados en 2017. A partir del punto final del 2017, Arnauld se pone a la cabeza mientras que Stéphane y Laurence van levantando la topografía. La cavidad alcanza los 350 metros de desarrollo y la dan por completamente explorada. De camino al campamento avanzado, se encuentran con Charlotte, Stéphane Jaillet y Serge, que llegan para sacar unas muestras y hacer

△ Charlotte et Stéphane J. en pleine observation des phénomènes karstiques de la Perte Utero de la Madre.

△ Charlotte y Stéphane Jaillet en plena observación de fenómenos kársticos del sumidero Utero de la Madre.

📷 Serge Caillault/©Centre Terre

La communication en expédition



Cette année encore, nous avons adopté la même stratégie pour la communication. Nous disposons de trois équipements de communication complémentaires et volontairement redondants :

- une dizaine de talkie-walkies ;
- trois téléphones satellites ;
- et une antenne satellite permettant une connexion internet haut débit.

Les quinze premiers jours ont constitué la phase la plus délicate à gérer, car les trois équipes étaient indépendantes et distantes des unes des autres, chacune devant être autonome en communication satellite. Il fallait en effet pouvoir assurer un dialogue de routine entre les équipes, mais aussi être en capacité de lancer une alerte en cas d'incident.

La redondance, tant au niveau matériel qu'au niveau protocoles de communication et vacations radio, est essentielle du point de vue de la sécurité. Elle est la règle d'or à laquelle il ne faut jamais déroger.

Cette année nous disposons d'une station satellite Connect 100T de chez Paradigm, prêtée gracieusement par la société Marlink. Cette antenne était installée au camp de base, alimentée par onduleur pour pallier tout souci d'alimentation, dû en particulier au possible manque de carburant du groupe électrogène. Ce matériel délivre un débit internet important qui a permis tout type de connexion incluant des visioconférences.

Au plan médical, nous avions à disposition comme par le passé une valise de télé-médecine permettant d'établir un diagnostic médical au travers d'une consultation auprès du CCMM (Centre de Consultation Médicale Maritime).

En complément, Centre Terre possède un Bgan Exploreur 710 fournissant une connexion internet de faible débit. Il permet cependant d'assurer la sécurisation médicale via la valise dédiée ainsi que la visioconférence, tout en étant facilement transportable en camp avancé.

Cette année, tout a fonctionné de façon optimale. Nous n'avons eu à déplorer ni casse ni panne.

Dans les années à venir, il sera intéressant de nous intéresser aux balises qui permettent l'envoi de coordonnées GPS en temps réel, ainsi que de SMS. Les prix ne font que diminuer et deviennent abordables. Ces balises permettraient d'augmenter de façon significative la sécurité des équipes sur le terrain ainsi que lors des navigations en Bombard.

La comunicación en expedición

Laurent Morel

Este año hemos vuelto a adoptar la misma estrategia para la comunicación. Disponemos de tres equipos de comunicación complementarios y voluntariamente redundantes :

- una decena de walkie-talkies ;
- tres teléfonos satelitales ;
- una antena satelital que permite una conexión de Internet de banda ancha.

La gestión de los primeros quince días fue la más complicada. Había tres grupos en distintos puntos independientes y distantes entre ellos que necesitaban disponer de comunicación satelital autónoma, para reportarse diariamente entre ellos y poder lanzar una alerta en caso de incidente.

Esta redundancia, tanto a nivel de material como a nivel de protocolos de comunicación y reportes de radio, es esencial desde el punto de vista de la seguridad. Es una regla de oro que no debe dejarse de lado nunca.

Este año contamos con una estación satelital Connect 100T de Paradigm, prestada de forma gratuita por la empresa Marlink. Esta antena se instaló en el campamento base, conectada a un sistema de alimentación ininterrumpida para disminuir las previsibles fluctuaciones en la alimentación derivadas de la falta de combustible en los generadores. Este equipo ofrece una buena velocidad de Internet, lo que permitió todo tipo de conexiones, incluyendo las videoconferencias.

Desde el punto de vista médico, de nuevo contamos con una maleta de telemedicina que permite establecer un diagnóstico médico mediante una consulta con el Centro de Consultación Médico Marítimo de Toulouse.

Además, Centre Terre posee un Bgan Explorer 710 que, si bien proporciona una débil conexión a Internet, es suficiente para asegurar la conexión médica con la maleta de telemedicina y las videoconferencias, además de ser de fácil transporte en los campamentos avanzados.

Este año todo ha funcionado perfectamente. Los equipos de comunicación no han sufrido daños ni averías.

Para un futuro, sería interesante sopesar el uso de balizas que permitan enviar las coordenadas GPS en tiempo real y SMS. Los precios de estos equipos están bajando, por lo que se tornan accesibles. Estas balizas permiten aumentar de manera significativa la seguridad de los equipos en terreno y durante los traslados marítimos en Bombard.



Charlotte, Stéphane J. et Serge. Ceux-ci sont venus pour faire des prélèvements et une série de photographies dans la grotte de l'Útero de la Madre.

La météo est si radieuse **le dimanche 3 février** que le soleil devient rapidement un ennemi ! Pendant que Stéphane J., Charlotte et Serge se rendent à l'Útero de la Madre, Stéphane M., Laurence et Arnaud prospectent une grande dépression à l'est du camp avancé. Puis ils montent sur la barre calcaire située à l'ouest de la dépression, dans l'axe du grand lac que l'on aperçoit au loin. Là non plus, pas de cavités majeures. Seule une entrée est découverte en bordure de la dépression. Nous la laissons pour l'équipe de février !

À l'Útero de la Madre, les deux karstologues étudient un profil fluvioglacière (varves glaciaires, petits galets, sable... dont les dépôts sédimentaires alternés racontent l'histoire de la cavité depuis la dernière glaciation (cf. page 54). De son côté, Serge, le photographe, mitraille la cavité. Malgré ses recherches, Charlotte ne trouve pas de stalagmite préglaciaire, ce qui lui aurait permis de remonter le temps jusqu'au stade interglaciaire de l'Éémien (entre 130 000 et 80 000 ans). Sur le retour, Stéphane J. repère un petit affluent qu'il suit sur une centaine de mètres : ça continue ! Le débit est important. Il faudra revenir ! Ils sortent de la cavité vers 16h30 et rejoignent l'autre équipe pour redescendre au camp de base sous une chaleur incroyable...

Le mercredi 6 février, bien que le temps se dégrade, une équipe de six personnes (Pilar, Mehdi, Laurent Me., Pedro, Nicolas et Jean-François B) monte au Sumidero 2 dont le démontage est envisagé si aucune nouvelle cavité n'est découverte. Le jeudi, les explorations ne sont pas facilitées par les conditions météo qui tournent à l'apocalypse, transformant les petits ruisseaux en torrents et les moindres tourbières en lacs. Malgré ces conditions, quelques puits sont descendus, mais aucun ne dépasse les dix mètres. De son côté, Pedro en profite pour collecter une soixantaine d'échantillons de mousses et hépatiques en altitude sur divers écosystèmes.

Le vendredi 8 février, la tempête est à son comble. Des rafales à près de 100 km/h balayent le karst d'altitude et la pluie se cingle à l'horizontale. Dans ces conditions, impossible de prospecter. L'équipe redescend au camp de base qu'elle atteint en début de soirée.

Le dimanche 10 février, la météo est stable. C'est au tour de Jean-Marc, Lionel, Yannick, Mehdi, Katia et Natalia d'occuper une dernière fois le camp Sumidero 2 avec pour mission d'explorer les ultimes cavités pointées à proximité. Aucun d'eux ne connaît précisément l'emplacement du camp, qui est si bien caché dans son écrin de verdure qu'il leur faudra près d'une heure pour le dénicher. Le lendemain, l'équipe passe au peigne fin les environs du camp et notamment les entrées de cavités repérées en bordure de lapiaz. Celles-ci s'avèrent sans intérêt majeur. Le camp sera donc démonté **le mardi 12 février**. (suite page 56).

un reportage photographique en la cueva del Útero de la Madre.

El domingo 3 de febrero, el día es tan radiante que el sol se convierte rápidamente en enemigo. Mientras que Stéphane Jaillet, Charlotte y Serge van al Útero de la Madre, Stéphane Maifret, Laurence y Arnaud prospectan una gran depresión al este del campamento avanzado. Luego, suben a la banda de caliza situada al oeste de la depresión, en el eje del gran lago que se ve de lejos. Tampoco encuentran cavidades que valgan la pena. Solo descubren una entrada en el borde de la depresión, pero la dejan para el equipo de febrero.

En el Útero de la Madre, los dos karstólogos estudian un perfil fluvioglaciar (varvas glaciares, pequeños cantos rodados, arena...) cuyos depósitos sedimentarios alternados cuentan la historia de la cavidad desde la última glaciación (cf. página 54). Por su lado, Serge, el fotógrafo, toma fotos de la cavidad. Pese a su búsqueda, Charlotte no encuentra la estalagmita preglacial que le permitiría remontar en el tiempo hasta el interglacial Eemian (entre 130 000 y 80 000 años). De retorno, Stéphane Jaillet localiza un pequeño afluente que continúa por unos cien metros. ¡Sigue! El caudal es importante. ¡Habrà que volver! Salen de la cavidad a las 16:30 horas y se reúnen con el otro grupo para regresar al campamento base bajo un calor de justicia...

El miércoles 6 de febrero, aunque el tiempo empeora, un equipo de 6 personas (Pilar, Mehdi, Laurent Mestre, Pedro, Nicolás y Jean-François Bonjour) sube al Sumidero 2, que se desmontará si no se descubre ninguna otra cavidad. El jueves no es fácil explorar debido a las condiciones climáticas, que se toman apocalípticas; los pequeños riachuelos se transforman en torrentes y las turberas más insignificantes, en lagos. Pese a estas condiciones descienden algunos pozos, pero ninguno supera los diez metros. Por su lado, Pedro aprovecha para coleccionar unas sesenta muestras de musgos y hepáticas de altitud en distintos ecosistemas.

El viernes 8 de febrero, el temporal está en su punto álgido. Las ráfagas de casi 100 km/h barren el karst de altitud y la lluvia se estrella en horizontal. En estas condiciones es imposible prospectar. El equipo regresa al campamento base, al que llegan a última tarde de la tarde.

El domingo 10 de febrero el tiempo es estable. Ahora les toca a Jean-Marc, Lionel, Yannick, Mehdi, Katia y Natalia ocupar, por última vez, el campamento Sumidero 2 con la misión de explorar las últimas cavidades marcadas cerca del lugar. Ninguno conoce la ubicación exacta del campamento, que está muy bien escondido en un reducto de vegetación. Tardarán una hora en dar con él. Al día siguiente, el equipo peina a conciencia los alrededores del campamento, poniendo especial énfasis en las cavidades localizadas en el borde del lapiaz, que resultan ser de poca importancia. El campamento, pues, se desmonta el **martes 12 de febrero**. (hacia la página 56).

▷ Sans une bonne connexion internet pas de visioconférence !

▷ Una buena conexión a Internet es esencial para las videoconferencias.

📷 Serge Caillaud/©Centre Terre

▷ La vacation radio est prévue plusieurs fois par jour à heures fixes entre les équipes sur le terrain et la base.

▷ Los equipos en terreno se comunican por radio con la base varias veces al día a horas fijas.

📷 Kateryna Medvedeva/©Centre Terre

Le gouffre de Lagrimas de la Madre

La sima Lágrimas de la Madre

Arnaud Malard

Le gouffre a été découvert en janvier 2017 à l'occasion du premier camp avancé Sumidero. L'exploration avait été réalisée par Cédric Azémar, Arnaud Malard et Joël Trémoulet en conditions de très hautes eaux jusqu'à la cote de -116 m ; arrêt sur manque de matériel et de temps. Mais la cavité semblait clairement se poursuivre, la rivière disparaissant dans l'obscurité au tournant d'un méandre. Les cordes ont été laissées sur place et le message a été communiqué à l'équipe de février. Fin février 2017, Lucas Baldo, Anthony Geneau et Yann Auffret sont retournés dans la cavité récupérer les cordes en place mais manquent eux aussi de temps pour poursuivre l'exploration. Pendant deux années, un point d'interrogation sera laissé sur la topographie à la base d'un petit ressaut de 5 mètres...

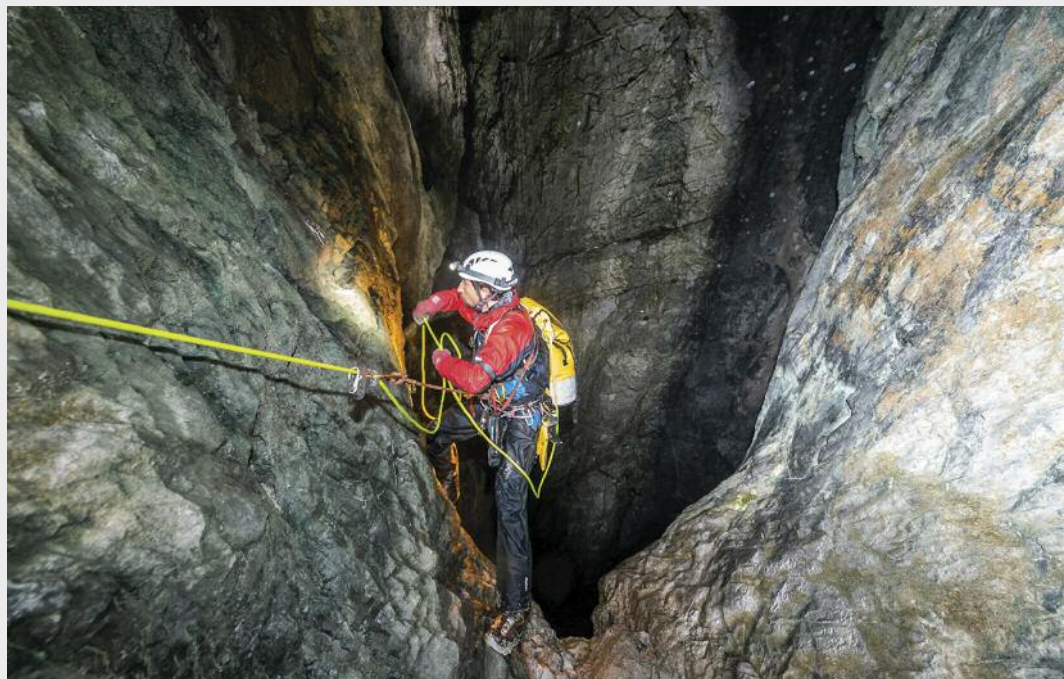
La reprise de l'exploration en janvier 2019 permettra d'ajouter une centaine de mètres de développement à la cavité qui se poursuit par un méandre décline avant de déboucher dans une grande salle tout aussi décline et jonchée de blocs éboulés de grande taille. La rivière quant à elle disparaît au pied de la salle, entre les blocs, à la côte -150 m. Le seul espoir de poursuivre les explorations plus en aval serait de se faufiler entre les blocs d'une trémie suspendue au travers de laquelle on sent un fort courant d'air. Le passage est cependant engagé et ses dimensions sont très sélectives.

En amont de la salle, un beau talus de varvas a pu être observé. Un petit affluent a pu aussi être remonté sur quelques mètres mais le passage est aussi éboulé – cet affluent pourrait être en lien avec la perte qui s'ouvre près de l'ancien camp Sumidero.

Esta sima fue descubierta en enero de 2017 en la zona del primer campamento avanzado Sumidero. La exploraron Cédric Azémar, Arnaud Malard y Joël Trémoulet en condiciones de crecida hasta la cota -116 m. La exploración se finalizó por falta de material y de tiempo, pero estaba claro que la cavidad continuaba por el río que, tras un viraje del meandro, se perdía en la oscuridad total. Se dejaron las cuerdas instaladas y se transmitieron los datos al equipo de febrero. En febrero de 2017, Lucas Baldo, Anthony Geneau y Yann Auffret regresaron a esta cavidad para recuperar las cuerdas, pero no pudieron continuar con la exploración por falta de tiempo. Durante dos años, la topografía de esta cavidad ha tenido un signo de interrogación en el punto final, de donde parte un resalte de 5 metros...

En enero de 2019 se consigue añadir unos cien metros de desarrollo a esta cavidad, que continúa con un meandro en pendiente antes de desembocar en una gran sala, también en pendiente, llena de bloques desprendidos de gran tamaño. El río, por su lado, desaparece entre bloques en la base de la sala, en la cota -150 m. La única posibilidad de poder continuar con la exploración y seguir descendiendo sería deslizarse entre un caos de bloques en suspensión a través del cual se siente una fuerte corriente de aire. Este paso es delicado y de dimensiones muy limitantes.

En la parte superior de la sala se observa un bello talud de varvas. También se logra remontar unos metros por un pequeño afluente, pero el paso también está colmatado. Este afluente podría estar relacionado con el sumidero que se abre cerca del primer campamento Sumidero. Esta sima fue descubierta en enero de 2017 en la zona del primer campamento avanzado Sumidero.



Prospection lors du camp Altitude 3.

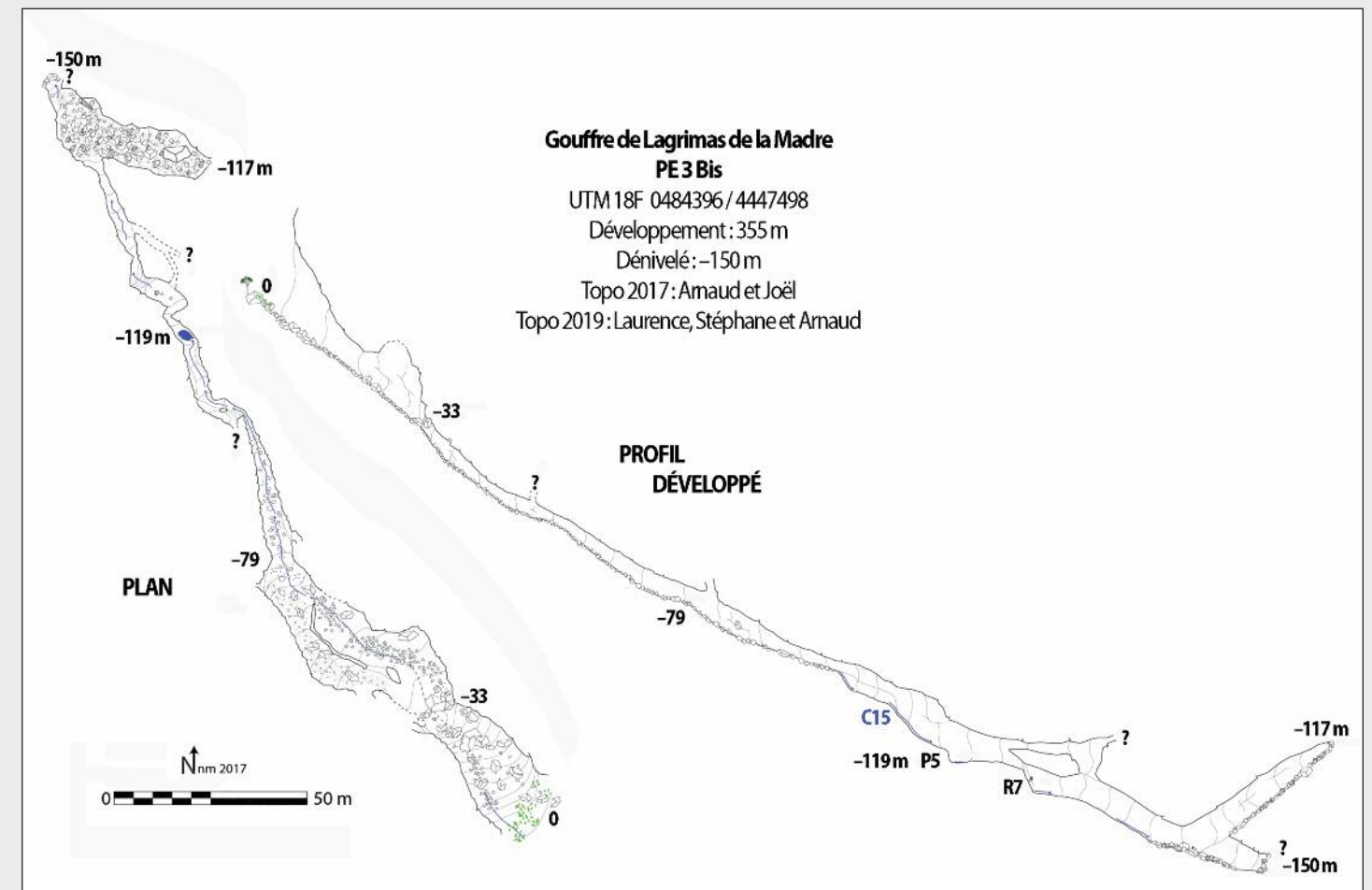
Prospección en el campamento Altitud 3.

Florian Chenu/©Centre Terre

Descente de nombreux puits, dans l'espoir que cela donnera LE gouffre!

Descenso de muchos pozos, con la esperanza de que esto dará EL abismo!

Bernard Tourte/©Centre Terre



Camp Altitude 3



Campamento Altitud 3

L'installation de ce camp, à l'est du camp de base, va permettre d'ouvrir une nouvelle zone de prospection à la recherche des amonts de la grotte des Trois Entrées Plus Une. Une première tentative pour atteindre le plateau est entreprise par Sylvain, Clément et Jean-Philippe, mais ils ne trouvent pas de passage praticable. Un second raid est entrepris **le 29 janvier** depuis un point situé plus loin dans le seno par Jean-Philippe, Denis, Natalia, Franz, Ronald et Charlotte. Sans plus de succès.

Finalement, le plateau est atteint **le mercredi 30 janvier** par une forte équipe composée de Jean-Philippe, Stéphane M, Charlotte, Jean-Marc, Lionel, Denis, Franz et Ronaldo. On y accède en suivant un pied de falaise, 100 m au nord de la résurgence de la Petite Chinoise. L'itinéraire débute par la traversée d'une bande de végétation sur environ 100 m avant de prendre pied sur les barres calcaires, moyennant quelques pas d'escalade qui seront ensuite équipés de cordes à nœuds. Sur les hauteurs, le paysage est complexe. C'est un enchevêtrement de grandes dépressions constituées, alternant lapiaz et végétation. Reste maintenant à trouver un endroit propice pour installer le camp avancé...

Le lendemain, Georges, Florian, Sébastien et Jean-Philippe montent sur le plateau pour une durée de trois jours. Très chargés, ils sont aidés pour le portage du matériel par Arnaud, Loïc et Clément qui redescendent le soir même. L'accès reste délicat, et il faut plus de 2 heures à l'équipe pour atteindre le plateau. Au col, qui surplombe pratiquement la grotte de la Petite Chinoise, la décision est prise de remonter en direction du nord-est, c'est-à-dire parallèlement à l'axe du seno, pour chercher un endroit abrité où installer

la instalación de este campamento, al este del campamento base, permitió abrir una nueva zona de prospección buscando las zonas superiores de la cueva de las Tres Entradas Más Una. El primer intento de llegar al plateau lo hicieron Sylvain, Clément y Jean-Philippe, pero no encuentran ningún paso practicable. **El 29 de enero**, Jean-Philippe, Denis, Natalia, Franz, Ronald y Charlotte realizaron un segundo intento desde un punto situado más hacia el interior del seno. De nuevo, sin éxito.

Finalmente, **el miércoles 30 de enero**, un nutrido grupo conformado por Jean-Philippe, Stéphane Maifret, Charlotte, Jean-Marc, Lionel, Denis, Franz y Ronald alcanzan el plateau. Se llega siguiendo el pie de un acantilado situado 100 metros al norte de la resurgencia de la Petite Chinoise. El itinerario empieza atravesando una banda de vegetación de unos 100 metros antes de llegar a las bandas de caliza, superando algunos pasos de escalada que, luego, se asegurarán con cuerdas con nudos. En la zona superior el paso es complejo. Se trata de una sucesión de grandes depresiones conformadas la mitad de lapiaz y la mitad de vegetación. Ahora falta hallar un lugar propicio para instalar el campamento avanzado.

Al día siguiente, Georges, Florian, Sébastien y Jean-Philippe suben al plateau para quedarse tres días. Como van muy cargados, Arnaud, Loïc y Clément les ayudan con el porteo del material y regresan esa misma tarde. El acceso es delicado y el equipo tarda más de dos horas en llegar al plateau. En el collado situado prácticamente sobre la cueva de la Petite Chinoise, se decide remontar en dirección noreste, es decir, en paralelo al eje del seno, para buscar un lugar al abrigo donde instalar el campamento. Los buenos lugares no abundan por

le camp. Les bons emplacements sont rares, tant la végétation est dense et les calcaires acérés. Finalement, ils trouvent une doline de quelques mètres de profondeur, relativement abritée du vent et dans laquelle, après 2 heures de terrassement, il sera possible d'installer les deux tentes.

Le lendemain, ils explorent quelques cavités à proximité mais ne trouvent rien de prometteur. La plupart des puits descendus s'arrêtent après quelques mètres. **Le 2 février**, Sébastien et Jean-Philippe partent en reconnaissance à quelques centaines de mètres du camp – en direction de la dépression qui surplombe la grotte de la Petite Chinoise. Pendant ce temps, Florian et Georges découvrent et explorent la cueva Calico jusqu'en tête d'une verticale de 80 m. La cavité, qui développe environ 120 m de galeries, semble prometteuse. Une dizaine d'autres entrées sont pointées sur le secteur, puis les quatre équipiers redescendent au rivage où le *Don Arturo* les attend.

Le mercredi 6 février, c'est au tour de Katia, Denis, Yannick, Didier, Lionel et Bernard de monter au camp Altitude 3. Le lendemain, les trois premiers découvrent la cueva Caliza qu'ils explorent jusqu'à la cote de -80 m. La cavité continue en méandre et laisse entrevoir un puits de 25 à 30 m de profondeur, qu'ils ne peuvent descendre en raison de la crue. Les autres se concentrent sur une cavité baptisée le Gouffre à l'Ail. Un puits de six mètres, sous arche, permet de prendre pied sur un grand éboulis. Il se poursuit par un puits de 23 m abondamment arrosé qui termine la cavité. Une deuxième cavité est repérée et descendue par Didier. Le gouffre appelé "Ma Première" se termine vers -25 m par un puits de six mètres, lui aussi trop arrosé. Didier, Lionel et Bernard poussent ensuite les reconnaissances vers un plateau formé de belles tables calcaires, situé à deux heures du camp. Mais quoiqu'intéressant, ce secteur est trop éloigné pour envisager sa prospection cette année. Les six équipiers rentrent au camp de base **le 8 février au soir**, trempés jusqu'aux os.

Le dimanche 10 février, Philippe, Michel, Denis, Carlos, Jérémie et Pilar rejoignent le camp Altitude 3 après 3 heures de marche. Pour les prochains jours, les prévisions météorologiques sont bonnes. Le premier objectif est la cueva Paraíso de las Duchas (cf. page 58), située à 150 mètres à vol d'oiseau du camp. Le lendemain, Carlos se fait un tour de reins en sortant de la tente. Denis se propose de rester avec lui. Jérémie et Pilar filent en premier en direction de la cavité pour continuer l'équipement tandis que Michel et Philippe lèvent la topographie. L'équipe s'arrête sur pincement à la cote de -100 m mais repère une lucarne en remontant. Celle-ci est explorée le lendemain par Denis et Pilar qui trouvent une succession de petits puits parallèles qui les mènent à la cote de -150 m. De leur côté, Michel, Jérémie et Philippe font le tour de la Pissotière, petite cavité située à quelques mètres des tentes. Ils y atteignent la profondeur de -35 m, mais, là encore, la suite est éboulée.

Le mercredi 13 février, la pluie s'est abattue sur l'île et

la densa vegetación y la afilada caliza. Finalmente encuentran una dolina de varios metros de profundidad, relativamente protegida del viento en la que, tras pasar dos horas sacando piedras y aplanando el suelo, pueden montar las dos tiendas.

Al día siguiente exploran algunas cavidades situadas cerca, pero no encuentran nada que prometa. La mayoría de los pozos que bajan se detienen tras varios metros. **El 2 de febrero**, Sébastien y Jean-Philippe salen a explorar a varios cientos de metros del campamento base, en dirección a la depresión que domina la cueva de la Petite Chinoise. Durante ese tiempo, Florian y Georges descubren y exploran la cueva Calico hasta la cabecera de una vertical de 80 metros. La cavidad, con un desarrollo de unos 120 metros de galerías, parece prometer. En el sector, los cuatro espeleólogos marcan una decena de entradas, para luego descender a la costa, donde los espera la *Don Arturo*.

El miércoles 6 de febrero, les toca a Katia, Denis, Yannick, Didier, Lionel y Bernard subir al campamento Altitud 3. Al día siguiente, los tres primeros descubren la cueva Caliza, la que exploran hasta la cota de -80 m. La cavidad continúa en meandro y deja entrever un pozo de 25-30 metros de profundidad, que no pueden descender a causa de la crecida. Los otros se concentran en la cavidad bautizada la Sima del Ajo. Un pozo de seis metros, bajo un arco, permite llegar a un gran derrumbe. Le sigue un pozo de 23 metros por el que cae mucha agua y que desemboca en el fin de la cavidad. Didier localiza y descende una segunda cavidad. La sima Bautizada "Mi primera" termina a -25 m en un pozo de seis metros, también muy regado. Didier, Lionel y Bernard logran ampliar la zona de reconocimiento hacia una altiplanicie formada por bellas mesas calcáreas, a dos horas del campamento. Pero a pesar de ser muy interesante, este sector está muy alejado como para pensar en explorarlo este año. Los seis espeleólogos regresan empapados al campamento base **el 8 de febrero por la noche**.

El domingo 10 de febrero, Philippe, Michel, Denis, Carlos, Jérémie y Pilar llegan al campamento Altitud 3 tras 3 horas de marcha. El pronóstico meteorológico para los próximos días es bueno. El primer objetivo es la cueva Paraíso de las Duchas (hacia la página 58), situada a 150 metros a vista de pájaro del campamento. Al día siguiente, a Carlos le da un tirón saliendo de la carpa. Denis decide quedarse con él. Jérémie y Pilar salen los primeros hacia la cavidad para continuar equipándola mientras que Michel y Philippe levantan la topografía. El equipo se detiene en un pincamiento en la cota de -110 m, pero identifican una ventana al ascender. La exploran al día siguiente Denis y Pilar y hallan una sucesión de pequeños pozos paralelos que los llevan a la cota de -150 m. Por su lado, Michel, Jérémie y Philippe se dan una vuelta por la sima Urinario, pequeña cavidad a pocos metros de las carpas. Alcanza una profundidad de -35 m, pero la continuación está colmatada.

El miércoles 13 de febrero ha diluviado en la isla y se esperan fuertes ráfagas de viento en las siguientes horas.

△ Prospección autour du Camp d'Altitude 3.

△ Prospeccionando en los alrededores del campamento Altitud III.

📷 Florian Chenu/©Centre Terre

➡ suite page 60 / sigue a la página 57

La sima Paraíso de las Duchas

L'entrée de la cavité dénommée "Paraíso de las Duchas" ou "Caliza I" s'ouvre le long d'une grande fracture de direction SE-NO dans un lapiaz très développé. Le long de cette fracture d'autres cavités ont été repérées ("Caliza II", etc.), ainsi que la doline dans laquelle a été installé le camp avancé "Altitude 3", qui se trouve à une distance d'environ 100 m de l'axe de la fracture. Il s'agit d'une grotte très verticale, qui atteint une profondeur de 133 m et un développement de 218 m. Elle s'est développée le long de la fracture décrite, en empruntant la même direction.

L'entrée de la cavité se fait par un puits de 17 m avec une section allongée dans la direction de la fracture. Les dimensions sont d'environ 2 m de large et 10 m de long. En aval de ce puits le méandre descend avec une pente assez raide le long de laquelle il faut franchir plusieurs marmites et ressauts avant d'accéder à la tête étroite d'un puits de 25 m.

À la base de ce puits, il y a un petit chaos de blocs et, à partir de là, deux branches se développent. La branche qui part en direction du NNO est un méandre avec deux suites possibles, qui deviennent impénétrables. L'un d'eux débouche sur un petit puits, à partir de la base duquel commence un méandre qui devient immédiatement impénétrable, à la cote de -91 m.

La branche qui prend la direction N permet de continuer l'exploration du gouffre. En bas du second P25 on entre dans une petite salle jonchée d'un chaos de blocs. Dans les parois, on peut observer quelques fossiles. Entre un bloc gigantesque et la paroi, on arrive à un méandre aux parois instables qui paraît peu engageant, au regard du danger de chute de pierres et de blocs.

Après avoir descendu ce méandre, on débouche dans une salle dont la base est couverte de blocs, dont certains sont manifestement instables. On note un écoulement de type goutte-à-goutte constant qui, les jours de pluie, se transforme en rigoles descendant le long des parois. Entre les blocs, un nouveau puits de 25 m de profondeur se présente. Il est rempli à sa base par un colmatage, sans continuation possible. En quittant la salle en direction du SE, un autre méandre descendant est découvert. À son extrémité deux puits parallèles se développent, qui se ferment tout aussi soudainement: l'un à sa base, l'autre dans un méandre impénétrable, qui constitue le point bas du gouffre, à une profondeur de 133 mètres.

En raison de sa verticalité et de son creusement, les jours de fortes pluies, l'eau cascade de tous les côtés. La progression dans la cavité devient alors engagée car il est impossible de ne pas finir « sous la douche » à un moment ou à un autre. D'où le nom de la cavité.

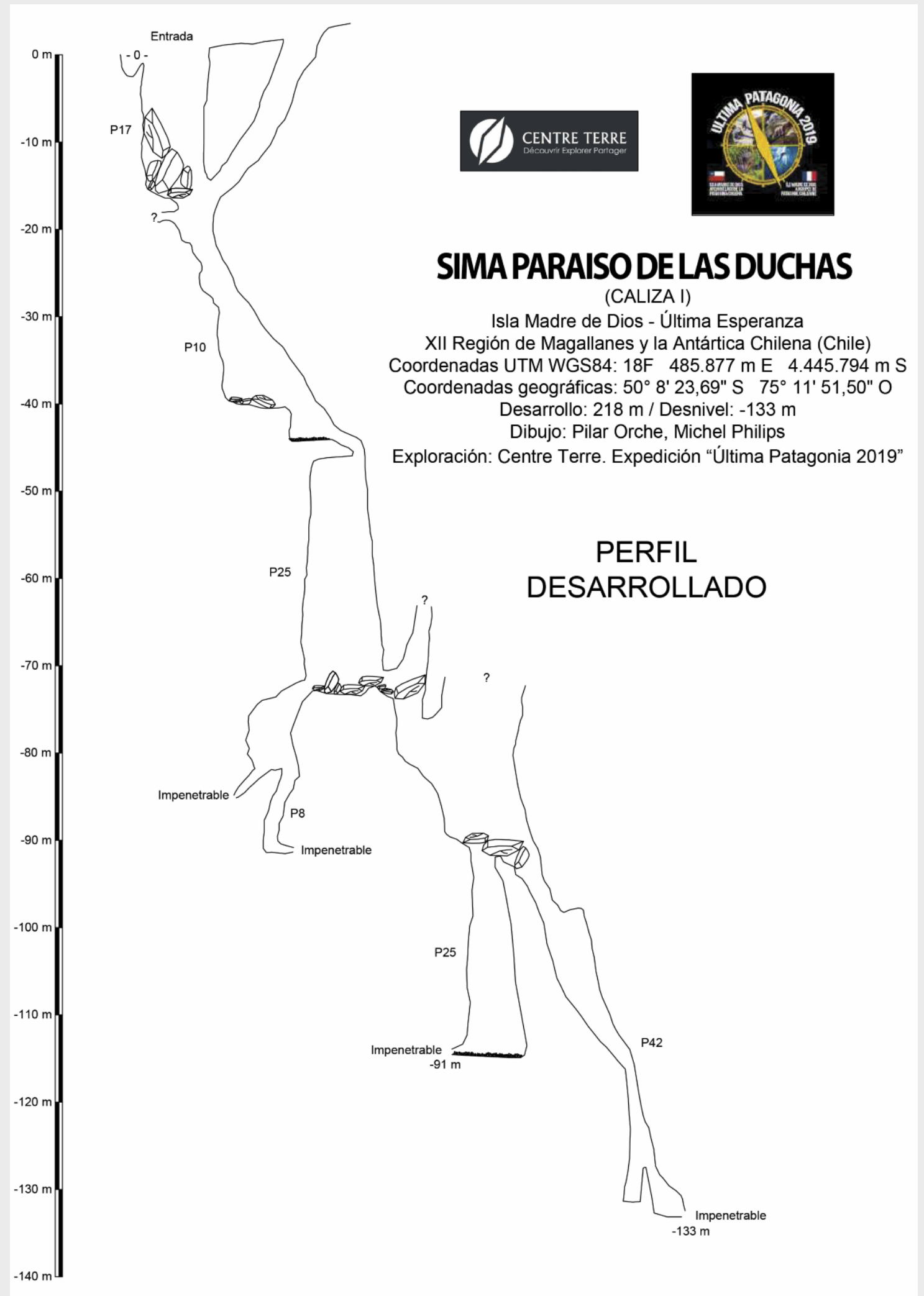
La boca de la sima denominada "Paraíso de las Duchas" o "Caliza I" se abre en una gran fractura de dirección SE-NO en un lapiaz bien desarrollado. A lo largo de esta fractura se encuentran otras cavidades ("Caliza II" y sucesivas), así como la dolina en la que se instaló el campamento avanzado "Altitud III", del que dista poco más de un centenar de metros medidos sobre dicha fractura. Se trata de una cueva eminentemente vertical, que en apenas 300 m² alcanza una profundidad de -133 metros y un desarrollo de 218 metros. Ha evolucionado a favor de la fractura anteriormente mencionada, siendo su dirección preferente la de ésta.

La entrada a la cavidad se hace por un pozo de 17 metros y de sección alargada en la dirección de la fractura, con unas dimensiones de aproximadamente 2 metros de anchura y unos 10 de longitud. Tras este pozo hay un tramo descendente con bastante pendiente y varios pocitos y resaltes, que conduce a la estrecha cabecera de un pozo de 25 metros. En la base de este pozo hay un pequeño caos de bloques y, desde él, parten dos ramales. El ramal que sigue en dirección NO es un meandro con dos continuaciones posibles, que terminan por cerrarse. Una de ellas tiene un pequeño pozo, de cuya base arranca un meandro que inmediatamente se convierte en impenetrable, a la cota de -91 m.

El ramal que toma la dirección N permite proseguir con la exploración de la sima. Desde la base del P25 anterior se entra en una pequeña sala con un nuevo caos de bloques, en cuyas paredes se pueden observar algunos fósiles. Entre un bloque gigantesco y la pared, se accede a un meandro desfondado, que resulta bastante peligroso, debido a los diferentes niveles que tiene y al peligro de caída de piedras y bloques.

Tras descender este meandro, se accede a una sala, cuya base está cubierta de bloques, algunos de ellos ciertamente inestables. Cuenta con un goteo constante, que en días pluviosos se transforma en chorreos por las paredes. Entre bloques se desciende un pozo de 25 metros, que se cierra súbitamente por colmatación sin posibilidad de continuidad. Si se abandona la sala siguiendo en dirección SE, se encuentra un meandro descendente. Al final de este se encuentran dos pozos paralelos, que se cierran igualmente de súbito: uno en su base y otro en un meandro impracticable, que constituye el final de la sima, a la profundidad de -133 m.

La roca en que se ha excavado la cavidad es caliza de buena calidad. Está bien lavada, debido a que, en cuanto llueve, el agua accede a la sima y circula por ella a causa de su verticalidad. En días de lluvia abundante la progresión por la cavidad resulta muy penosa, ya que está muy regada y los pozos profundizan en forma de bucles, de modo que resulta imposible no acabar "duchado". De ahí el nombre de la cueva.



→ de grosses rafales de vent sont attendues dans les heures à venir. Jérémie, Michel, Denis et Philippe s'engouffrent pour une ultime séance de topographie dans la cueva Caliza II puis la déséquipent. Ils sont tous quatre en combinaison étanche - équipement requis dans cette cavité où les cascades se succèdent. Revenus au camp en début d'après-midi, ils redescendent vers 15 heures en direction du camp de base après trois jours passés là-haut.

Le lundi 18 février, la météo reste problématique. Natalia, Mehdi, Yannick, Philippe, Didier et Pedro atteignent le camp en fin d'après-midi. Sur place, ils constatent que les bâches qui recouvraient les tentes ont été arrachées. Le lendemain, Natalia, Philippe et Pedro prospectent près du col à l'aplomb de la grotte des Trois Entrées Plus Une et pointent quelques entrées de gouffres. Les trois autres se dirigent vers le gouffre Halal, une autre cavité repérée en janvier, à quelques dizaines de mètres des tentes.

Le mercredi 20 février, la météo est toujours catastrophique: il neige! Toute l'équipe se dirige vers le col au-dessus de la grotte des Trois Entrées Plus Une où des cavités ont été repérées la veille. Natalia, Mehdi et Yannick explorent le gouffre des Gaugés (cf. page 62) jusqu'à un bouchon de sable, à la profondeur de 85 m. À la remontée, ils repèrent un départ de méandre où file un violent courant d'air, ce qui suggère une continuation, peut-être vers la grotte des Trois Entrées Plus Une. Malheureusement, il est 21 h 30 et il ne sera pas possible d'explorer ce passage.

Le lendemain, la météo n'a pas changé. Le camp est démonté et l'équipe, lourdement chargée, redescend au rivage. Au débarcadère, ils constatent que le moteur du Bombard est en panne. L'affaire se termine par un remorquage jusqu'au camp de base.

Jérémie, Michel, Denis y Philippe regresan a la cueva Caliza II para realizar una segunda sesión de topografía y, luego, desinstalarla. Los cuatro llevan trajes estancos, equipo necesario en esta cavidad en la que se suceden las cascadas de agua. Llegan al campamento a primera hora de la tarde y más tarde, sobre las 15 horas, emprenden el regreso al campamento base tras haber pasado tres días.

El lunes 18 de febrero el tiempo sigue siendo un problema. Natalia, Mehdi, Yannick, Philippe, Didier y Pedro llegan al campamento al final de la tarde. Una vez allí, ven que se han rasgado las lonas que recubrían las carpas. Al día siguiente, Natalia, Philippe y Pedro exploran la zona cercana al collado situado por encima de la cueva de las Tres Entradas Más Una y marcan algunas bocas de simas. Los otros tres se dirigen hacia la sima Halal, otra cavidad localizada en enero, a unas pocas decenas de metros de las carpas.

El miércoles 20 de febrero, el tiempo sigue siendo desastroso... ¡Hasta nieva! El equipo se dirige hacia el collado situado sobre la cueva de las Tres Entradas Más Una donde se habían localizado cavidades el día antes. Natalia, Mehdi y Yannick exploran la sima Chapoteo (cf. la página 62) hasta una obstrucción de arena a una profundidad de 85 metros. De subida ven un inicio de meandro por donde sale una fuerte corriente de aire, lo que podría ser indicativo de una continuación, quizás, hacia la cueva de las Tres Entradas Más Una. Infelizmente, son las 21:30 horas y no habrá tiempo de seguir el paso.

Al día siguiente, el tiempo se mantiene. Se desmonta el campamento y el equipo desciende, muy cargados, a la orilla. Ya en el desembarcadero, constatan que el motor del Bombard no arranca. La historia acaba que tienen que ser remolcados al campamento base.

△ Prospección autour du Camp Altitude 3.
△ Prospectando en los alrededores del campamento Altitud III.
📷 Yannick Carfantan/©Centre Terre

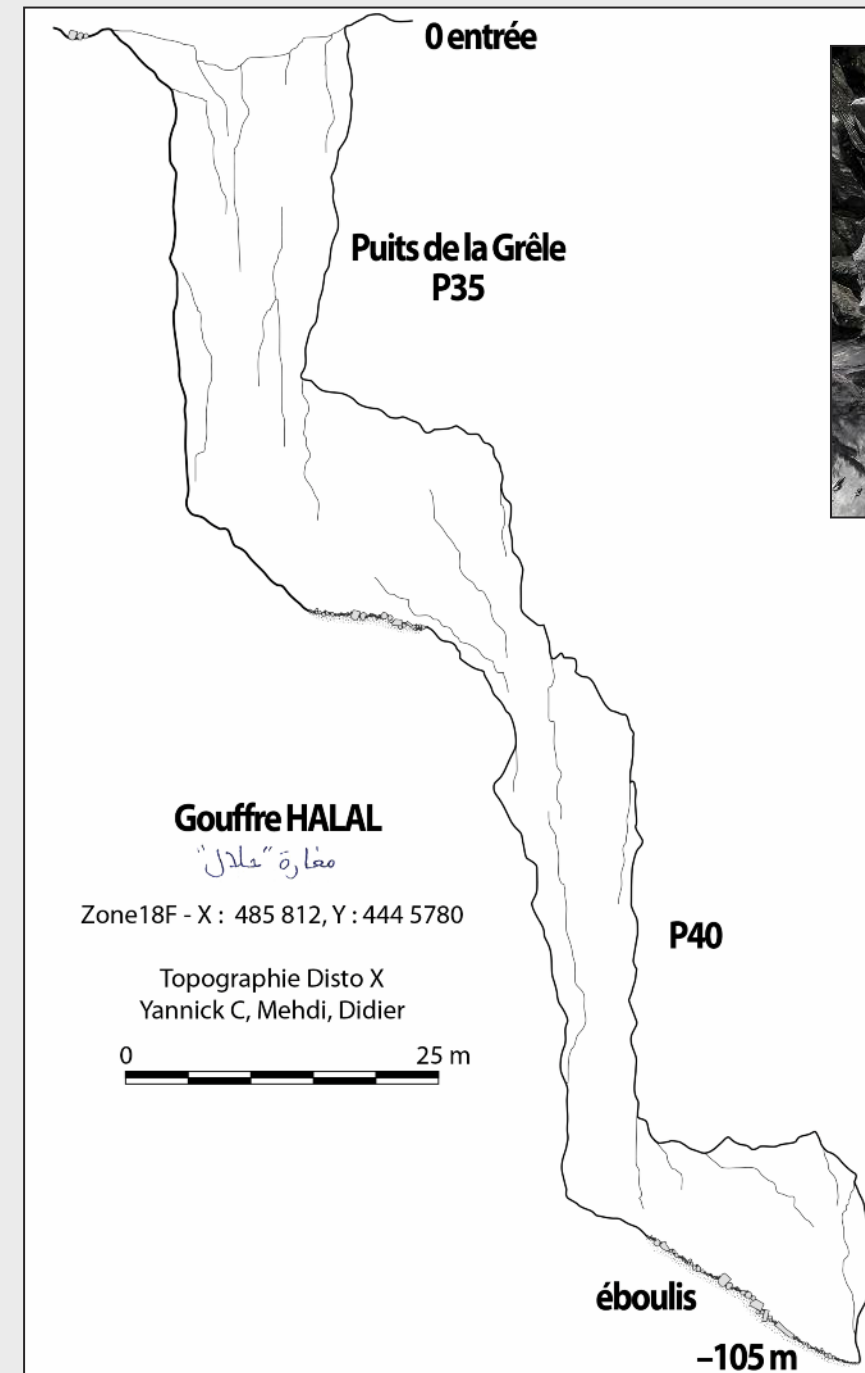


Le gouffre Halal

Didier Lamotte

Le gouffre Halal se situe à quelques 150 mètres au sud du camp « Altitude 3 », le long du chemin d'accès au camp. La cavité fut découverte à la fin du mois de janvier par l'équipe en charge de l'installation du campement.

L'entrée du gouffre mesure presque 20 mètres de longueur et se prolonge par un puits profond de 35 mètres. Une courte main courante permet de sécuriser l'accès au premier puits. A sa base, un replat est encombré de blocs et d'éboulis qu'il faut franchir avec prudence. L'accès au deuxième puits se fait en longeant la paroi ouest du gouffre. Une main courante facilite la traversée des éboulis. Ce second puits, quasi circulaire et vertical, mesure 40 mètres de profondeur. Il aboutit, à la cote -95 m, sur un éboulis instable en pente et qui obstrue totalement le fond du gouffre 10 mètres plus bas.



△ △ P40 vu du haut, gouffre Halal.
△ △ P40 visto desde arriba, abismo Halal.
📷 Didier Lamotte/©Centre Terre
△ Détail de lapiaz, Camp Altitude 3.
△ Detalle de lapiaz, Campamento Altitud 3.
📷 Bernard Tourte/©Centre Terre

La sima Halal se sitúa a unos 150 metros al sur del campamento "Altitud III", siguiendo el camino de acceso al mismo. La cavidad fue descubierta a finales de enero por el equipo que instaló el campamento.

La entrada de la sima mide casi 20 metros de largo e inicia con un pozo de 35 metros de profundidad. El acceso al primer pozo se asegura con un pequeño pasamanos. En la base del pozo se accede a un rellano repleto de bloques y derrumbes que deben franquearse con prudencia. Al segundo pozo se llega bordeando la pared oeste de la sima. Un pasamanos facilita la travesía por los bloques de derrumbe. Este segundo pozo, casi circular y vertical, mide 40 metros de profundidad. Conduce, en la cota -95 metros, a un caos de bloques inestables en pendiente que, unos 10 metros más abajo, obstruyen por completo el fondo de la cavidad.

Le gouffre des Gaugés

Yannick Carfantan

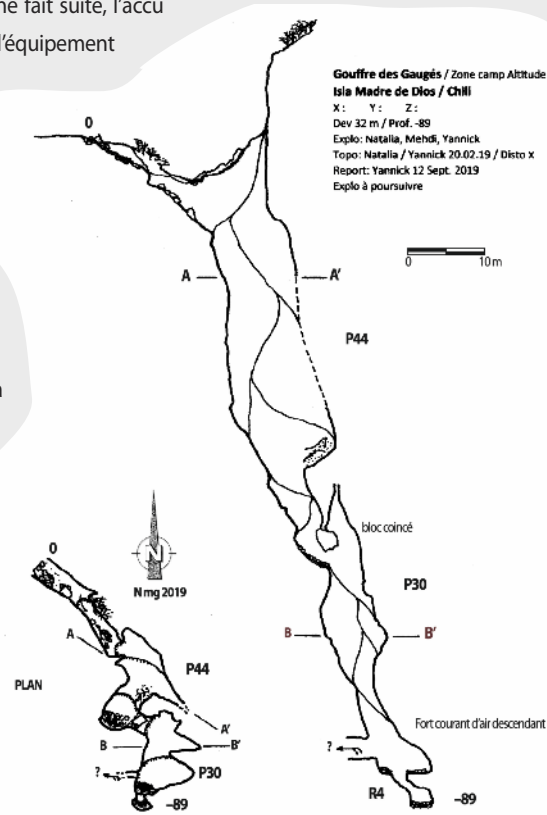
Le 20 février nous nous retrouvons pour la 2^{ème} fois au camp « Altitude 3 » avec Didier, Natalia, Pedro, Mehdi et Philippe, notre médecin. Nous quittons le camp situé au fond de la doline pour revenir vers le col et prospecter une zone située au-dessus de la grotte des Trois Entrées Plus Une. Le temps est gris et il commence à pleuvoir. Nous progressons sur ce calcaire que la pluie teinte vite du blanc au noir, les crevasses se contournent difficilement et nous cherchons notre chemin. Le lapiaz descend doucement vers une autre vallée sèche perpendiculaire où nous repérons un premier porche, un coup de hache dans la pierre. Mehdi s'engage mais l'éboulis vient buter contre la paroi. Nous baptisons rapidement ce trou le « Pie IX » et repartons un peu plus au sud, où une goulotte active de 2 à 3 mètres de large encombrée de blocs attire notre attention. À 20 m, elle bute sur une falaise où un gouffre absorbe son eau inévitablement.

Pendant que Pedro part prélever de nouveaux bryophytes, Philippe et Didier continuent de prospecter. Aussi Mehdi, Natalia et moi décidons de le descendre. Mehdi équipe une longue main-courante qui nous amène à la lèvre du gouffre. Les quelques blocs qui parsèment l'entrée laissent place à des parois lisses et franches, première verticale estimée à 35 - 40 mètres. En bas, il semble qu'il y ait un palier encombré de cailloux.

Quelques amarrages judicieusement placés nous permettent d'avancer assez vite. Je rejoins Mehdi au palier à -50 m, petit redan incliné encombré de caillasse qui ne demandent qu'à se déverser dans le puit suivant. Ça continue ! Un bloc est coincé entre les parois. Je reprends l'équipement, un amarrage foré paroi opposé, je passe sous le bloc et surprise !.. Un courant d'air important descendant m'accompagne, c'est bon signe. Le gouffre se fait plus fossile et sec, balayé par le courant d'air. L'endroit est plus civilisé, pas de vent, pas de pluie, que le silence et quelques gouttes. Un P30 fractionné fait suite, l'accu nous lâche et le deuxième est noyé. Nous continuons l'équipement

à la main: tamponnoir et spits. Les coups résonnent, nous sommes en bas assez vite. Natalia nous a rejoints et se glisse dans ce qui semble être un petit ressaut de 2 mètres, mais c'est bouché. Elle remonte. À la base du puits, sur notre gauche en regardant vers le haut, un joli méandre de deux mètres de hauteur et de bonne largeur nous attire, le courant d'air s'y enfile mais nous n'irons pas cette fois. Il nous faut lever la topographie en remontant et il est déjà tard. Il va falloir retrouver notre chemin vers le camp de base de nuit et nous n'avons pas laissé de balisage dehors.

Le gouffre est de très belles dimensions, vertical en totalité, le courant d'air nous laisse beaucoup d'espoir quant à la suite. Le report topographique nous donnera -89 m. Le gouffre s'ouvre à environ 300 mètres d'altitude. Pour y parvenir depuis le col, il faut prendre un azimut 270° (plein ouest) et ne pas s'en écarter jusqu'à venir buter sur une falaise au pied de laquelle s'ouvre l'entrée.



La sima Chapoteo

El 20 de febrero volvemos a estar, por segunda vez, en el campamento Altitud III con Didier, Natalia, Pedro, Mehdi y Philippe, el médico. Salimos del campamento, situado en el fondo de una dolina, para llegar al collado y prospectar una zona situada sobre la Cueva de las metros, Entradas Más Una. Hace un día gris y lluvioso. Deambulamos por esa caliza que la lluvia colorea rápidamente de blanco a negro. No es fácil sortear las grietas y encontrar un paso. El lapiaz descende suavemente hacia otro valle seco perpendicular donde localizamos la primera boca, que parece un hachazo en la roca. Mehdi entra, pero el derrumbe de roca da contra la pared. Le ponemos el nombre de "Urraca IX" y seguimos rumbo sur atraídos por un canal de 2-3 metros de ancho lleno de bloques. En la base de una escarpada pared y a 20 metros de distancia se abre una sima. El agua ha seguido el camino más evidente y ha penetrado por este punto.

Mientras que Pedro toma más muestras de briófitas, Philippe y Didier siguen prospectando. Mehdi, Natalia y yo decidimos descenderla. Mehdi instala un largo pasamanos que nos lleva a la cabecera de la sima. Los pocos bloques que salpican la rampa inicial dan paso a paredes limpias y puras. La primera vertical se estima en 35-40 metros. En la base, parece que hay una repisa cubierta de bloques.

Algunos anclajes instalados con criterio nos permiten avanzar bastante rápido. Alcanzo a Mehdi en la repisa a -50 metros; se trata de un resalte inclinado lleno de cantos que conduce al siguiente pozo. ¡Sigue! Hay un bloque encastrado entre las paredes. Sigo instalando yo un anclaje perforado en la pared opuesta y paso bajo el bloque. ¡Sorpresa! Una evidente corriente de aire me acompaña en mi descenso. Buena señal. La sima se va haciendo más fósil y seca, barrida por la corriente de aire. Se llega a un punto más tranquilo sin viento, sin lluvia... solo silencio y el sonido de algunas gotas. Sigue un P30 con fraccionamiento. Se nos acaba la batería y la de recambio se ha mojado.

Seguimos equipando a mano con burilador y espits. Los golpes resuenan. Bajamos rápido. Nos alcanza Natalia y se desliza por lo que parece un pequeño resalte de 2 metros, pero está colmatado. Sube. En la base del pozo, a nuestra izquierda mirando hacia arriba, hay un bello meandro de unos 2 metros de ancho que nos llama. Por él se escapa el aire, pero nosotros no lo seguiremos esta vez. Tenemos que levantar la topografía en el ascenso y se está haciendo tarde. Nos tocará regresar al campamento de noche y no hemos balizado el camino.

La sima es de bellas dimensiones, vertical y con una corriente de aire que nos da esperanzas sobre su potencial. La topografía nos dará -89 metros. La sima se abre a unos 300 metros de altitud. Para llegar a esta sima desde el collado hay que ir en dirección 270° (pleno oeste) sin desviarse hasta dar con una pared en la base de la cual se abre la boca.



◀ Gouffre découvert à proximité du Camp Altitude 3. ◀ Abismo descubierto cerca Camp d'Altitude 3.



△ Jean-François dans la marche d'approche pour rejoindre le camp Grand Cirque.

△ Jean-François en plena marcha de aproximación para llegar al campamento Gran Circo.

📷 Serge Caillault/©Centre Terre

Comme pour le camp Altitude 3, le camp Grand Cirque est inauguré pour la première fois en février. Suite à l'abandon du camp Sumidero 2 et en raison d'une restriction de carburant qui limite l'accès à la zone de Punta Blanca située trop loin, il a été décidé d'implanter un nouveau camp avancé sur les hauteurs du plateau, qui soit accessible par une courte navigation. Un premier repérage de l'accès avait été réalisé en 2017 par Richard et Jean-François P. qui avaient rebroussé chemin faute de cordes.

Le jeudi 14 février, Richard, Jean-François P, Lionel et Luc-Henri se rendent sur place. L'accès reste délicat tant la pente est prononcée et les blocs instables. Après 2 heures de progression sous une météo exécrable, ils franchissent le col d'où la vue porte sur les lapiaz. Lionel descend au fond d'une première perte. Plusieurs autres s'ouvrent le long de la ligne de contact grès-calcaire.

Le lendemain, Natalia, Katia, Jaime, Nicolás et Denis effectuent un premier portage entre deux rafales de vent et trois averses de pluie. L'accès est correctement balisé depuis la veille et quelques cordes ont été installées sur les parties les plus raides. Ils emportent avec eux tentes, bâches, nourriture pour trois jours et environ 150 m de corde qu'ils laissent au niveau du col en attendant que l'emplacement du camp soit définitivement fixé. Sur le chemin du retour, l'équipe embarque dans son Bombard, mais le système de

Al igual que el campamento Altitud 3, el campamento Gran Circo se estrena, por primera vez, en febrero. Tras retirar el campamento Sumidero 2 y debido a una restricción de combustible, que impide llegar hasta Punta Blanca por la distancia, se decide montar un nuevo campamento avanzado en la zona superior de la meseta que sea accesible tras una breve navegación. En 2017, Richard y Jean-François Pernette intentaron un primer acceso, pero abandonaron por falta de cuerdas.

El jueves 14 de febrero, Richard, Jean-François Pernette, Lionel y Luc-Henri se dirigen al lugar. El acceso sigue siendo delicado debido a la pronunciada pendiente y los bloques inestables. Tras 2 horas de progresión bajo un adverso clima, superan el collado desde donde se puede ver el lapiaz. Lionel descende al fondo de un primer sumidero. Hay varios más que se abren en el contacto arenisca-caliza.

Al día siguiente, Natalia, Katia, Jaime, Nicolás y Denis realizan un primer porteo entre dos ráfagas de viento y tres tormentas de lluvia. El acceso se dejó correctamente balizado el día antes y se instalaron algunas cuerdas en las zonas con más pendiente. Cargan con dos carpas, lonas, víveres para tres días y unos 150 metros de cuerda. Lo dejan todo en la zona del collado a la espera de que se escoja el lugar definitivo para el campamento. Ya de regreso, el grupo se sube a su Bombard, pero el sistema de izado del motor fuera borda deja de funcionar y el motor permanece alzado fuera del



relevage assisté du moteur hors-bord tombe en panne, et le moteur reste hors de l'eau malgré tous les efforts de Denis... Un malheur n'arrivant jamais seul, la radio vers le camp de base ne passe pas. Ils essayent d'avancer à la pagaie, mais le vent les déporte! Natalia et Katia décident alors de remonter dans la forêt pour prendre de la hauteur, espérant obtenir le contact radio. Après un petit moment de solitude, la communication radio passe enfin et une demi-heure plus tard, un Bombard de secours vient les remorquer.

Le samedi 16 février, une équipe composée par Lionel, Katia, Denis, Laurence et Bernard retrouve les sacs déposés la veille au niveau du col. Le camp sera finalement installé sur une lentille de grès surélevée par rapport aux tourbières qui occupent toute la zone.

Le lendemain, après avoir subi toute la nuit les assauts du vent, le groupe attend une éclaircie qui ne vient qu'en fin de matinée pour partir en exploration. Lionel, Katia, Denis et Bernard remontent un thalweg qui leur permet de franchir la marche calcaire et passent quelques heures à fouiller le lapiaz, mais sans succès. De leur côté, Laurence, Jean-Marc et Laurent partent explorer les pertes repérées la veille. Jackpot! La cinquième perte est la bonne! Jackpot, ce sera aussi le nom du gouffre! (cf. page 67). L'entrée est un petit passage bas, fossile, où il faut ramper sur une cinquantaine de mètres. Le passage donne accès à une galerie décline entrecoupée de petits ressauts à équiper. Ils stoppent les explorations vers -50 m par manque de corde; mais le gouffre continue avec un courant d'air

agua pese a todos los esfuerzos de Denis... Como las desgracias no llegan nunca solas, la radio no conecta con el campamento base. Intentan avanzar a remo, pero el viento se los lleva. Natalia y Katia deciden, entonces, remontar por el bosque para ganar altura e intentar así comunicarse por radio con el campamento base. Tras un breve momento de soledad, consiguen conectar por radio y, media hora más tarde, llega un Bombard de emergencia a remolcarlos.

El sábado 16 de febrero un equipo compuesto por Lionel, Katia, Denis, Laurence y Bernard encuentran los bultos dejados el día anterior en el collado. El campamento se acabará instalando en una superficie de arenisca que queda más elevada que el resto de zona de turba.

Al día siguiente, tras haber superado una noche de embates del viento, el grupo se queda esperando una calma que no llega hasta bien entrada la mañana para salir a explorar. Lionel, Katia, Denis y Bernard remontan un thalweg que les permite superar el escalón de caliza y pasan varias horas inspeccionando el lapiaz, aunque sin éxito. Por otro lado, Laurence, Jean-Marc y Laurent Mestre se dirigen hacia los sumideros vistos el día antes. ¡Jackpot! ¡Al quinto sumidero va la vencida! Jackpot es también como se llamará la sima (sigue a la página 60). La entrada es un pequeño paso bajo y fósil, por el que hay que arrastrarse por unos cincuenta metros. Luego viene una galería en pendiente en la que se suceden pequeños resaltes que deben instararse. Se detienen hacia los -50 m por falta de cuerda, pero la sima sigue con una prometedora corriente de aire.

△ Le camp Grand Cirque.

△ El campamento del Gran Circo.

📷 Serge Caillault/©Centre Terre

encourageant.

Le lundi 18 février, l'éclaircie se fait attendre... Les deux équipes de la veille repartent en direction du gouffre Jackpot. Bernard, Katia, Denis et Laurent Mestre filent en pointe tandis que les autres suivent en levant la topographie. La galerie descend toujours dans la masse calcaire, en révélant de loin en loin des affleurements de grès. La cavité se poursuit, mais malheureusement, par manque de corde, l'équipe doit se résoudre à faire demi-tour.

Le 19 février, l'exploration reprend avec la descente d'un puits de 28 m. La progression continue jusqu'à un puits estimé à 10 m. Un bruit de rivière se fait entendre, mais il faut faire demi-tour car l'équipe doit redescendre au camp de base le soir même... de retour au camp avancé, ils font les sacs et rejoignent le bateau commandé par radio pour 21 heures.

Montés **le samedi 23 février** au soir, Natalia, Katia, Mehdi et Denis découvrent au matin le camp sous le soleil. À midi, ils s'engouffrent dans le Jackpot et deux heures plus tard, atteignent le dernier point topographié. En bas d'un puits de 10 m, ils retrouvent la rivière sur quelques dizaines de mètres avant de buter sur une trémie. Un contournement est trouvé, qui permet rejoindre une confluence à peu de distance. Katia et Natalia lèvent la topographie en suivant Mehdi et Denis partis devant. L'équipe arrête l'exploration par manque de temps. La galerie continue, droit devant eux, mais ce sera la fin des explorations cette année...

Le 25 février, Serge, Jean-François P, Richard et Pedro montent à la rencontre de l'équipe sur place pour l'aider à démonter le camp et à redescendre le matériel. Le temps est couvert, légèrement bruineux. Ils atteignent le camp à 12h30 et doivent renoncer à monter plus haut sur les calcaires en raison de la brume.

Le soir même, Katia aligne les chiffres sur sa calculatrice : avec 250 m de topographie en plus, le gouffre Jackpot développe 985 mètres de galeries, pour une profondeur de 265 mètres ! A ces chiffres s'ajoute une bonne centaine de mètres parcourus mais non topographiés. Le gouffre Jackpot est le plus profond découvert lors de l'expédition 2019 ; il s'agit aussi du plus profond découvert au nord du Barros Luco.

El lunes 18 de febrero sigue sin llegar la calma...

Los equipos del día anterior salen en dirección de la sima Jackpot. Bernard, Katia, Denis y Laurent van de punta mientras que los otros van detrás haciendo la topografía. La galería sigue descendiendo por la masa de caliza, dejando entrever, de vez en cuando, afloramientos de arenisca. La cavidad sigue, pero infelizmente por falta de cuerda deciden regresar.

El 19 de febrero se retoma la exploración descendiendo un pozo de 28 metros. Logran avanzar hasta un pozo de unos 10 metros. Se oye el sonido de río, pero hay que regresar porque el equipo debe volver al campamento base esa misma tarde. Ya en el campamento avanzado, hacen las mochilas y bajan al encuentro del bote pedido por radio para las 21h.

El sábado 23 de febrero, Natalia, Katia, Mehdi y Denis suben al campamento y despiertan bajo un sol radiante. A mediodía entran en la Jackpot y, dos horas más tarde, llegan al último punto topografiado. En la base del pozo de 10 metros dan con el río, que logran seguir por algunas decenas de metros antes de dar con un caos de bloques. Encuentran un paso que lo esquivo y llega a una confluencia un poco más lejos. Katia y Natalia hacen la topografía detrás de Mehdi y Denis, que van delante. El equipo detiene la exploración por falta de tiempo. La galería sigue frente a ellos, en línea recta, pero este será el punto final de las exploraciones este año...

El 25 de febrero, Serge, Jean-François P, Richard y Pedro suben al encuentro del equipo de exploración para ayudar a desmontar el campamento y descender el material. Está nublado y con bruma. Llegan al campamento a las 12:30 horas y renuncian a subir a la caliza debido a la bruma.

Esa misma tarde, Katia suma las cifras en su calculadora: con los 250 metros de topografía nuevos, la sima Jackpot alcanza los 985 metros de galerías y una profundidad de 265 metros. A ello se suman unos cien metros más recorridos, pero no topografiados. La sima Jackpot es la más profunda descubierta durante la expedición de 2019. Se trata también de la más profunda descubierta al norte del Barros Luco.

→ suite page 72 / sigue a la página 72



Le gouffre Jackpot

La sima Jackpot



Le gouffre Jackpot a été repéré sur photo aérienne. Il se situe juste au-dessus de la perte, au contact grès/calcaire, d'un ruisseau qui collecte le bassin le plus vaste de la zone des pertes du Grand Cirque.

La perte en elle-même est impénétrable, car étroite, éboulée et recouverte de végétation. Mais une dizaine de mètres au-dessus, au pied de la barre calcaire, s'ouvrent au moins deux entrées pénétrables. L'une d'elle est un ramping descendant, l'autre est un petit porche de taille humaine où l'on peut se changer à l'abri de la pluie : c'est l'entrée officielle du Jackpot.

Par un passage bas, on pénètre dans une belle galerie au sol jonché de cailloux, parcourue par un courant d'air très changeant en raison des diverses entrées. Un puits de huit mètres permet d'accéder au départ d'un méandre étroit où l'on progresse en hauteur. La progression n'y est pas très aisée, mais brève. On sort de ce méandre par un puits qui débouche dans une galerie de plus belles dimensions, entrecoupée de salles parfois concrétionnées et de petits ressauts. Une dernière partie étroite permet de prendre pied, par un ressaut de cinq mètres, dans la grande et belle salle du Bingo (-85 m).

Cette salle décline descend sur une cinquantaine de mètres. Le plafond est un magnifique miroir de faille ; le sol est encombré de blocs énormes, de la taille d'un camion.

La sima Jackpot se localizó por foto aérea. Se sitúa justo por encima del sumidero, en el contacto arenisca-caliza, de un riachuelo que colecta la cuenca más amplia de la zona de los sumideros del Gran Circo.

El sumidero es impenetrable. Es estrecho, con derrumbes y recubierto de vegetación. Pero una decena de metros más arriba, al pie de un macizo de caliza, se abren, como mínimo, dos entradas penetrables. Una de ellas es una rampa descendente. La otra es una pequeña entrada de tamaño humano donde uno puede cambiarse al resguardo de la lluvia. Este es el acceso oficial a la Jackpot.

Por un paso bajo, se accede a una bella galería cuyo suelo está recubierto de piedras y por la que sopla una corriente de aire cambiante a causa de las diversas entradas. Un pozo de 8 metros permite acceder al inicio de un estrecho meandro por el que se progresa en altura. La progresión no es fácil, pero el tramo es corto. De este meandro se sale por un pozo que da paso a una galería de mayores dimensiones, que se intercala con salas, en ocasiones, concrecionadas y con pequeños resaltes. Una última parte estrecha permite llegar, por un resalte de 5 metros, a la gran y bella sala del Bingo (-85 m).

Esta sala en declive baja por unos cincuenta metros. El techo es un magnífico espejo de falla ; el suelo está cubierto de enormes bloques del tamaño de un camión. Desde lo alto

Laurence Boudoux d'Hautefeuille

△ Concrétionnement, le gouffre Jackpot.

△ Concreciones de la sima Jackpot.

📷 Bernard Tourte/©Centre Terre

△ La salle du Rugby dans le gouffre Jackpot.

△ La sala del Rugby, sima Jackpot.

📷 Bernard Tourte/©Centre Terre

Depuis le haut de la salle cascade une rivière qui est probablement l'arrivée de la perte (à confirmer).

En aval de la salle du Bingo, la rivière du Jackpot se développe sur le socle de grès, dans une galerie de faible pente (6 degrés environ).

Les premiers cinquante mètres sont très joliment concrétionnés, avec des stalactites et des fistuleuses, ce qui est plutôt rare dans les grottes de Madre de Dios. La progression est facile. Il y a peu d'obstacles et il est rarement nécessaire de se baisser.

Plusieurs petits affluents en rive droite et gauche viennent grossir la rivière, dont le débit est estimé à 10 l/s. À la cote de -140 m, la rivière traverse la salle du Rugby, où trône un beau caillou en forme de ballon ovale.

Cinquante mètres après la salle, un petit ressaut boueux de 7 mètres donne sur un large puits de 28 mètres. En bas, on débouche dans la Salle de la Roulette, au bord d'un petit lac dont l'eau se perd dans un conduit impénétrable. On progresse sur, puis au travers d'une trémie qui donne accès dans une autre salle, par un petit ressaut équipé. Une jolie cascade s'y présente, qui est soit un affluent du Jackpot, soit la rivière que l'on a perdue juste avant le P 28 - au niveau du shunt dans la boue. On sort de cette salle et de ce système de trémies par un petit passage à gauche qu'il a fallu désobstruer.

Après un passage bas entre des blocs et une petite escalade, on débouche dans une galerie fossile de belles dimensions (10 m de haut pour 7 m de large) que l'on poursuit sur une trentaine de mètres pour atteindre le sommet d'un P 12.

Ce puits permet de retrouver le collecteur dans une galerie dont le profil est le même qu'entre la salle du Bingo et le P 28, c'est-à-dire creusée au contact grès/calcaire, avec des affluents rive droite et rive gauche.

de la sala, cae un río que, muy probablemente, provenga del sumidero (por confirmar).

En la parte inferior de la sala del Bingo, el río de la Jackpot fluye por el zócalo de arenisca, en una galería de poca pendiente (unos 6 grados).

Los primeros 50 metros están bellamente concrecionados, algo raro en las cavidades de Madre de Dios. Se avanza fácilmente. Hay algunos obstáculos y normalmente no hay que agacharse.

Varios pequeños afluentes, a derecha e izquierda, alimentan el río cuyo caudal se estima en unos 10 l/s. En la cota de -140 m, el río atraviesa la sala del Rugby, en la que se encuentra una bella piedra en forma de balón oval.

50 metros después de la sala, un pequeño resalte fangoso de 7 metros da sobre un ancho pozo de 28 metros. Una vez en la base, se llega a la sala de la Ruleta, al borde de un pequeño lago donde el agua se pierde por un conducto impenetrable. Se progresa, primero, sobre y, luego, a través de un derrumbe que da a otra sala por un resalte instalado. Aparece una bonita cascada que o es un afluente de la Jackpot o el río que se pierde justo antes del P28, en la zona del shunt en el barro. Se sale de esta sala y del sistema de derrumbes por un pequeño paso a la derecha, que hubo que desobstruir.

Tras un paso bajo entre bloques y una pequeña escalada se llega a una galería fósil de bellas dimensiones (10 metros de alto por 7 de



Après une vingtaine de mètres de progression, le plafond s'abaisse et il faut franchir un passage bas en laminoir de 0,50 m de hauteur et de 35 m de longueur, où l'on se mouille les pieds. La présence locale de dépôts sur les parois et les grès lavés laissent penser que ce passage bas s'ennuie par forte crue.

Au delà, la galerie reprend une taille plus confortable (et plus rassurante!) où la pente s'accroît. Après quelques ressauts, on parvient à un carrefour: la rivière conflue en rive gauche avec un cours d'eau quatre fois plus important, coulant dans une galerie de taille similaire à celle suivie précédemment. L'amont de ce collecteur reste à explorer.

A partir de la confluence, la galerie prend des dimensions importantes: 12 m de haut sur 4 m de large environ. La pente s'accroît de nouveau, de sorte que

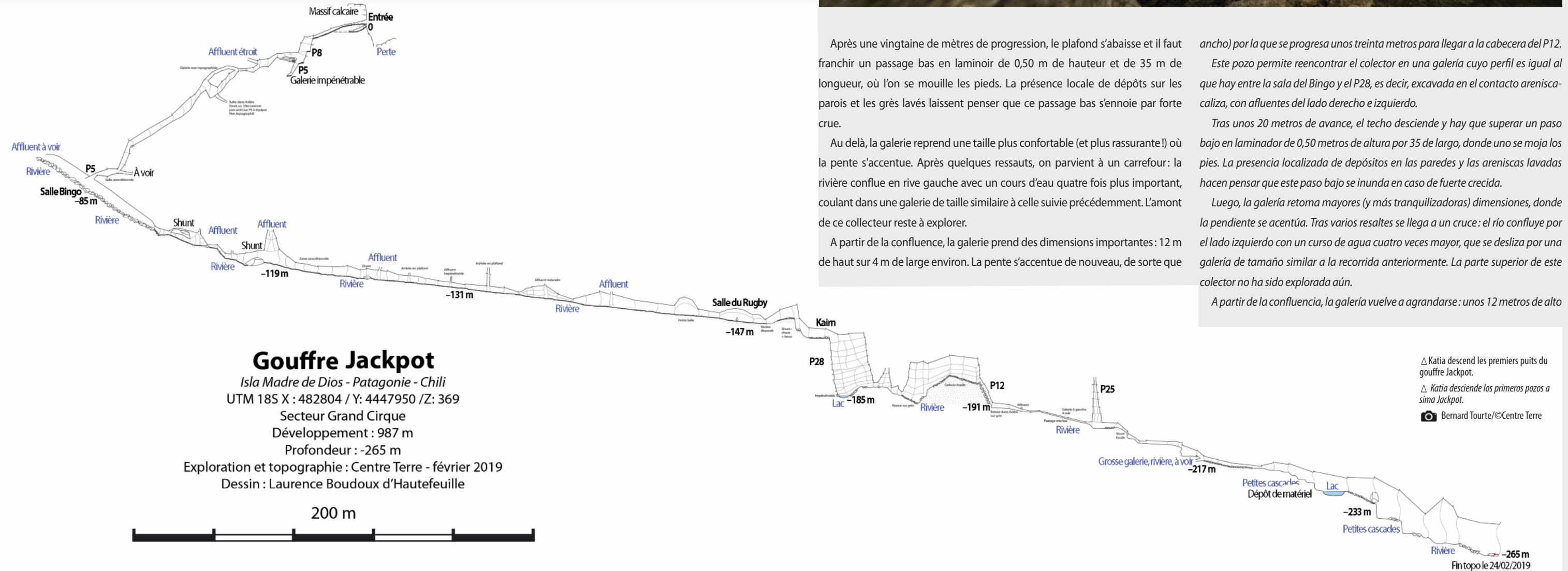
(ancho) por la que se progresa unos treinta metros para llegar a la cabecera del P12.

Este pozo permite reencontrar el colector en una galería cuyo perfil es igual al que hay entre la sala del Bingo y el P28, es decir, excavada en el contacto arenisca-caliza, con afluentes del lado derecho e izquierdo.

Tras unos 20 metros de avance, el techo desciende y hay que superar un paso bajo en laminador de 0,50 metros de altura por 35 de largo, donde uno se moja los pies. La presencia localizada de depósitos en las paredes y las areniscas lavadas hacen pensar que este paso bajo se inunda en caso de fuerte crecida.

Luego, la galería retoma mayores (y más tranquilizadoras) dimensiones, donde la pendiente se acentúa. Tras varios resaltes se llega a un cruce: el río confluye por el lado izquierdo con un curso de agua cuatro veces mayor, que se desliza por una galería de tamaño similar a la recorrida anteriormente. La parte superior de este colector no ha sido explorada aún.

A partir de la confluencia, la galería vuelve a agrandarse: unos 12 metros de alto



△ Katia descend les premiers puits du gouffre Jackpot.

△ Katia descend les premiers pozos a sima Jackpot.

📷 Bernard Tourte/©Centre Terre

la progression devient une succession de petites cascades à descendre, entrecoupées d'un lac qu'il faut passer à l'aide d'une main-courante pour éviter de trop se mouiller. À cet endroit, les grès présentent une structure en mille-feuille où les amarrages sont difficiles à poser.

Les explorations de 2019 se sont arrêtées par manque de temps, après quatre ressauts désescaladés depuis le lac.

La galerie se poursuit, avec un courant d'air soufflant toujours bien présent. Le débit d'eau et la taille de la galerie qui vont grandissant au fur et à mesure de l'exploration, et le fait que le gouffre file droit sous le massif calcaire en direction du Barros Luco, sont des indices de plus de ce que montre la photo aérienne: le gouffre Jackpot se dirige vers trois importantes failles parallèles, laissant prévoir un gros réseau creusé aux dépens de ces accidents.

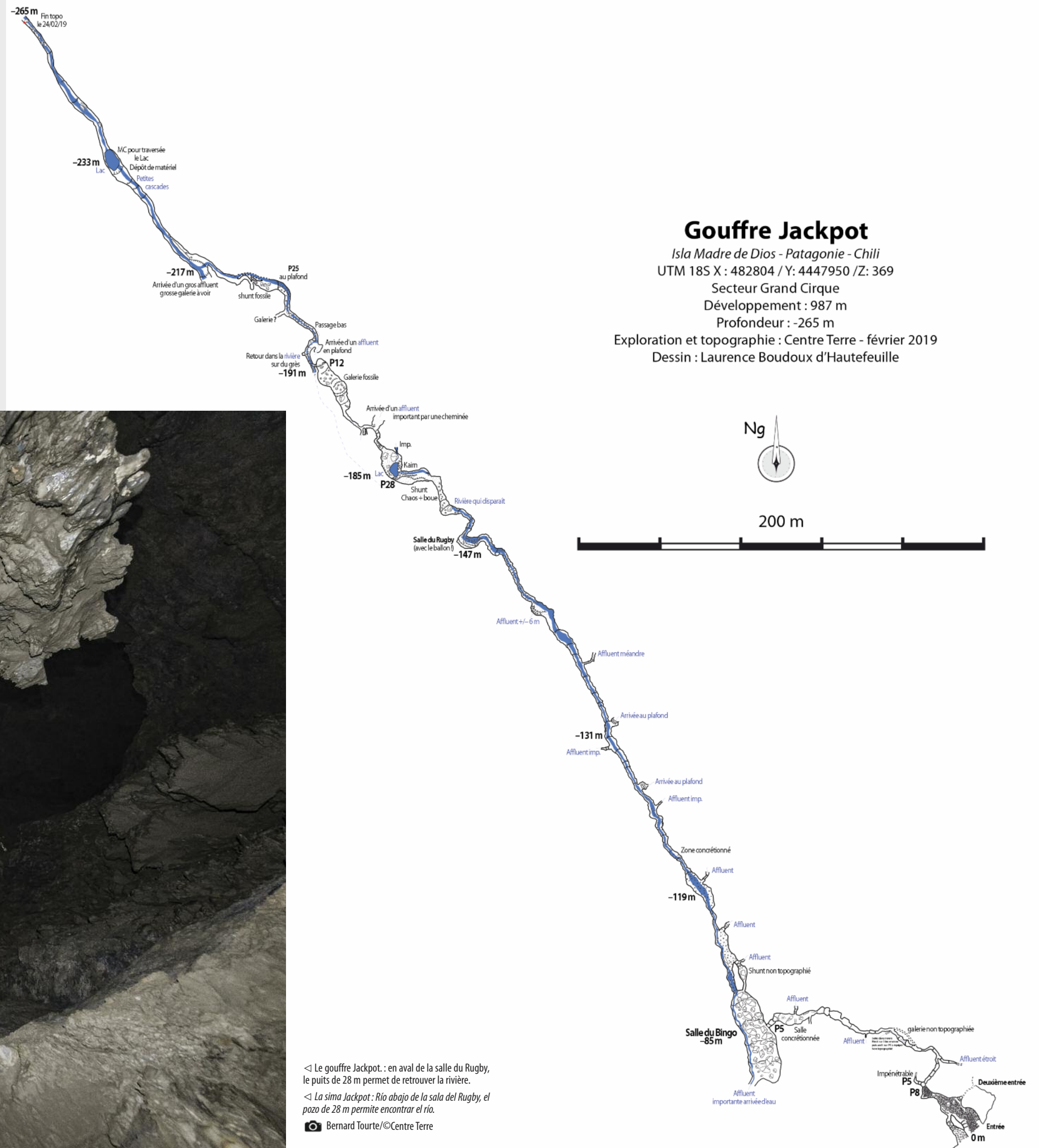
Tout reste à faire, c'est bel et bien LE JACKPOT...

por 4 de ancho. La pendiente se acentúa de nuevo, de tal modo que la progresión se convierte en una sucesión de pequeñas cascadas descendentes, interrumpidas por un lago que hay que superar instalando un pasamanos para evitar mojarse demasiado. En este punto, las areniscas presentan una estructura de milhojas donde es difícil instalar anclajes.

Las exploraciones de 2019 se interrumpieron por falta de tiempo tras cuatro resaltes desescalados después del lago.

La galería sigue y presenta una clara y evidente corriente de aire. El caudal de agua y el tamaño de la galería, que van aumentando a medida que avanza la exploración, así como la sima, que se desarrolla justo bajo el macizo de caliza en dirección al Barros Luco, son indicios más evidentes de lo que muestra la foto aérea: la sima Jackpot se dirige hacia tres importantes fallas paralelas, dejando adivinar un gran sistema excavado en torno a estos accidentes.

Queda todo por hacer. Es, realmente, un JACKPOT...



Gouffre Jackpot

Isla Madre de Dios - Patagonie - Chili

UTM 18S X : 482804 / Y: 4447950 / Z: 369

Secteur Grand Cirque

Développement : 987 m

Profondeur : -265 m

Exploration et topographie : Centre Terre - février 2019

Dessin : Laurence Boudoux d'Hautefeuille



< Le gouffre Jackpot : en aval de la salle du Rugby, le puits de 28 m permet de retrouver la rivière.

< La sima Jackpot : Rio abajo de la sala del Rugby, el pozo de 28 m permite encontrar el río.

© Bernard Tourte/©Centre Terre

Des explorations littorales

Las exploraciones del litoral

Dès l'arrivée des premières équipes au Barros Luco, les explorations littorales démarrent. Elles se concentrent principalement sur les cavités de Punta Blanca, de la Petite Chinoise et des Trois Entrés Plus Une. D'autres reconnaissances ont été réalisées : le long du rivage face à Punta Blanca, le long de la côte nord Pacifique **le 2 février** (suite page 76) et dans l'anse de la Petite Chinoise **le 9 février**.

Desde la llegada de los primeros grupos al Barros Luco se inician las exploraciones del litoral. Se centran, principalmente, en las cavidades de Punta Blanca, la Petite Chinoise y las Tres Entradas Más Una. También se hacen otras prospecciones del borde costero frente a Punta Blanca y del borde costero del lado norte de Pacífico el 2 de febrero (sigue a la página 60) y de la bahía de la Petite Chinoise el 9 de febrero.



Raid à la résurgence Ouest

Natalia Morata

Il s'agit d'un des principaux objectifs que nous nous étions fixés pour cette expédition. Les images satellites montrent en effet une énorme rivière qui sort du massif calcaire, serpente sur quelques kilomètres à travers la forêt magellanique puis la plage pour finalement se jeter dans le Pacifique. En 2008 déjà, une première équipe avait réussi à atteindre la plage en zodiac, en passant par le canal Trinidad (au nord) et profitant d'une fenêtre exceptionnelle de beau temps.

Cette année, sachant que l'accès par mer et par terre depuis l'actuel camp de base de Barros Luco était pratiquement impossible, Bernard avait prévu d'établir un camp avancé le plus près possible de la résurgence. Or, pour cela, il nous fallait le support d'un hélicoptère pour

△ Départ pour la résurgence Ouest.
△ La désértica Playa Paraíso.
📷 Serge Caillault/©Centre Terre

Raid a la resurgencia Oeste

Esta uno de los objetivos principales que nos habíamos marcado para esta expedición. En las imágenes satelitales se identifica un enorme río que sale del macizo de caliza, serpentea por algunos kilómetros entre un selvático bosque y desemboca, en una ancha playa, en el Pacífico. En 2008, un equipo había logrado llegar a esta playa en zodiac, viniendo por el canal Trinidad (al norte) y aprovechando una de esas excepcionales rachas de buen tiempo.

Precisamente porque se sabía que el acceso por mar y tierra desde el actual campamento base del Barros Luco era prácticamente imposible, para esta expedición Bernard había previsto establecer un campamento avanzado lo más cerca posible de la surgencia. No obstante, se requería el apoyo de

transporter les quelque 250 kg de matériel nécessaires à l'établissement du camp. L'hélicoptère n'ayant pu être affrété, il nous fallait agir autrement. À la place, nous avons avec nous le *Don Arturo*, que nous avons gardé pendant le mois de janvier pour couvrir tous les déplacements entre le glacier Témpanos et Madre de Dios.

Ce samedi 2 février, le météo est calme et sans vagues. Le *Don Arturo* est ancré dans l'anse du Barros Luco. Le jour suivant, il doit partir tôt pour Guarello à la recherche de l'équipe de février, puis retourner à Puerto Natales avec l'équipe de janvier. Il nous faut donc profiter aujourd'hui même de cette fenêtre exceptionnelle pour rejoindre la grande plage de la résurgence, située au nord de l'embouchure du Barros Luco. Une fois sur place, Bernard, Jean-Marc, Bertrand et moi avons enfilé les combinaisons étanches et, conduits dans le *Bombard* par Denis M. et Ronald, nous débarquons – après deux tentatives – sur la rive parsemée d'algues depuis laquelle on aperçoit la barre de calcaire. Il n'y a pas de temps à perdre !

Après avoir traversé du nord au sud une plage paradisiaque de sable fin et blanc, nous arrivons à la rivière, qui semble émerger d'un paysage du Jurassique.

Pour remonter, nous supposons que l'accès le moins difficile est celui de l'eau. Nous commençons donc à remonter la rivière en trébuchant occasionnellement sur des vertèbres et des côtes de baleine enterrées dans les limons.

Au début de la remontée, Bernard et Bertrand capturent des images de notre lente progression. Puis, au fur et à mesure que la profondeur de l'eau augmente et que sa température diminue, nous essayons de progresser en saisissant les branches qui dépassent de la forêt ou en cherchant un raccourci pour couper les méandres de la rivière, toujours entre l'entrelacs de branches et de troncs...

Quelle illusion ! La forêt de Madre de Dios est impitoyable, impitoyable, impitoyable, et finalement impitoyable ! Les arbres nous renvoient dans l'eau à chaque fois que nous tentons de sortir du lit de la rivière... Nous finissons donc par nager à contre-courant, sans prendre d'images, consacrant toute notre énergie à avancer en nous arrêtant, de temps à autre, pour nous guider au son de l'eau...

Comme nous avançons de manière inégale, le groupe finit par se séparer. L'écho des voix des compagnons, qui sont maintenant entrés dans la forêt, rebondit contre les parois... Les indications deviennent confuses au milieu de ce labyrinthe vert... De temps à autre, nous nous rassemblons pour une petite pause, pas très longue, pour ne pas se retrouver paralysés par le froid car les heures avancent inexorablement. À un moment, Jean-Marc et Bernard semblent apercevoir une grande ouverture de l'autre côté du méandre où le bruit de l'eau se fait entendre davantage... Serait-ce la résurgence ?

Pour gagner du temps, nous décidons de traverser la forêt à pleine vitesse. Celle-ci est un peu moins dense dans



*un helicóptero que transportara los aproximadamente 250 kg de material necesarios para un campamento avanzado. La operación con el helicóptero no pudo concretarse, así que nos quedamos sin campamento en la zona oeste. Pero contábamos con la *Don Arturo*, que conservamos durante el mes de enero para cubrir todos los desplazamientos entre el glacier Témpanos y Madre de Dios. Al mal tiempo...*

*Ese sábado 2 de febrero se levantó calma y sin olas. La *Don Arturo* estaba fondeada. Al día siguiente zarpaba temprano hacia Guarello a buscar al equipo de febrero y, luego, regresaría a Puerto Natales con el equipo de enero, así que había que aprovechar esta ventana excepcional para acercarse, con la lancha, a la gran playa de la resurgencia, situada al norte de la desembocadura del Barros Luco. No pasó mucho tiempo antes de que Bernard, Jean-Marc, Bertrand y yo nos enfundáramos en los trajes estancos de látex y, guiados en la zodiac por Denis y Ronald, desembarcáramos - al segundo intento - en un mar de algas entre el que se atisbaba la orilla de la cortante caliza. No había tiempo que perder.*

Tras recorrer de norte a sur una paradisíaca playa de arena fina y blanca, llegamos al río, que emergía de un paisaje jurásico.

Teníamos asumido que el camino menos complicado era el del agua, así que empezamos a vadear el río tropezándonos de vez en cuando con vértebras y costillas de ballenas enterradas en el limo.

Hasta aquí, Bernard y Bertrand consiguieron captar imágenes de nuestro lento avance. Luego, a medida que aumentaba la profundidad del agua y disminuía su temperatura, intentamos progresar asíndonos de las ramas que sobresalían del bosque o bien haciéndole el quite al río buscando un atajo entre la maraña de ramas y troncos...

¡Qué ilusos! El bosque de Madre de Dios es inclemente, despiadado, inmisericorde. Nos escupió a cada intento de buscar refugio en su espesura... Así que acabamos nadando

△ raid pour la résurgence Ouest.
△ Raid la désértica Playa Paraíso.
📷 Bernard Tourte/©Centre Terre



△ & ▽ Exploration de la Rivière Olympique...
 △ & ▽ Remontando el río Olímpico.
 © Bernard Tourte/©Centre Terre

cette zone. Une grande ouverture apparaît alors entre les branches. Il ne reste plus qu'un dernier creux à traverser pour atteindre ce qui semble être un mur imposant recouvert de lichens, avec des grottes fossiles d'où l'eau surgissait autrefois. Une ancienne résurgence. Un environnement impressionnant, oui, mais ce n'était pas notre résurgence. Nous entendons en permanence le bruit de l'eau, mais indirectement, rebondissant des hautes parois contre lesquels le bruit de la mer s'écrase aussi ! Tout commence à être confus... Le temps passe et le chemin de retour jusqu'au *Don Arturo* s'annonce de plus en plus long...



contra corriente, sin tomar imágenes, con todas las energías centradas en el avance y deteniéndonos, de vez en cuando, para guiarnos por el sonido agua...

Progresábamos de forma desigual, por lo que el grupo acabó separándose. El eco de las voces de los compañeros, que se habían adentrado en el bosque, rebotaba contra las altas paredes... Las indicaciones eran confusas en medio de este laberinto verde... Tardamos un poco, pero logramos reunirnos los cuatro al chasquido de un encendedor, sonido que suele ser preludeo de una pequeña pausa, no muy larga, para evitar quedarnos ateridos de frío y porque las horas avanzaban inexorables. A Jean-Marc y Bernard les había parecido ver una enorme boca al otro lado del meandro; además, se oía el sonido del agua... ¿Sería la resurgencia?

*Para ganar tiempo, decidimos cruzar por el bosque a toda velocidad que, en esta zona, era un poco menos denso. Una gran boca apareció entre las ramas. Ya solo quedaba el último chapuzón para llegar a lo que acabó siendo una imponente pared cubierta de líquenes, con cuevas fósiles por las que, en alguna época, brotó agua... una antigua resurgencia. Un entorno impresionante, sí, pero esta no era nuestra resurgencia. Seguíamos oyendo el sonido del agua, solo que, en una zona rodeada de altas paredes contra las que también se estrella el sonido del mar, todo empezaba a ser confuso... El tiempo se nos echaba encima y nos quedaba un largo camino hasta la *Don Arturo*...*

Comme à maintes occasions, la sagesse nous suggère de laisser cet objectif pourtant prometteur et de revenir. La résurgence à atteindre est là, quelque part, et nous la trouverons certainement... Mais pour l'instant, nous nous résignons à faire demi-tour en nous laissant porter par le lent courant de la rivière, sans résistance, profitant du silence de la forêt qui défile devant nous et tente de nous retenir avec ses branchages.

J'arrive avec une sensation indescriptible de plénitude sur la plage paradisiaque où le soleil nous baigne de sa lumière transparente. Nous n'avons pas atteint notre objectif, mais nous avons apprécié le cheminement. Au loin ronronne le moteur du *Bombard*: Denis et Ronald, qui attendaient notre signal depuis le *Don Arturo*, viennent maintenant à notre rencontre.

À peine embarqué, dans le *Bombard*, Bertrand libère son drone et capture quelques images de ce paysage majestueux...

Nous reviendrons...

Como en tantas otras ocasiones, decimos regresar y dejar este prometedor objetivo para una próxima oportunidad. La resurgencia inalcanzada está ahí, en alguna parte, y seguro que la encontraremos en un futuro... Por el momento, sin embargo, nos resignamos a dejarnos arrastrar por su suave corriente, sin oponer resistencia, disfrutando del silencio del bosque que pasaba a nuestro lado y jugueteaba con nosotros oponiéndonos ramas y troncos hundidos...

*Llego con una indescriptible sensación de plenitud a la playa Paraíso, donde el sol nos envuelve con su tenue luz. No hemos llegado a nuestro objetivo, pero hemos disfrutado del camino. A lo lejos ronronea el motor de la zodiac. Denis y Ronald, que aguardaban nuestra señal en la *Don Arturo*, vienen a nuestro encuentro.*

Ya navegando de regreso, Bertrand aprovecha para captar las últimas imágenes de este majestuoso paisaje con su dron...

Volveremos...

▽ Ce porche immense n'est qu'une résurgence fossile au pied de la paroi, ce n'est pas la résurgence attendue...

▽ La enorme boca resultó ser una imponente pared horadada por el agua, pero sin rastro de nuestra resurgencia...

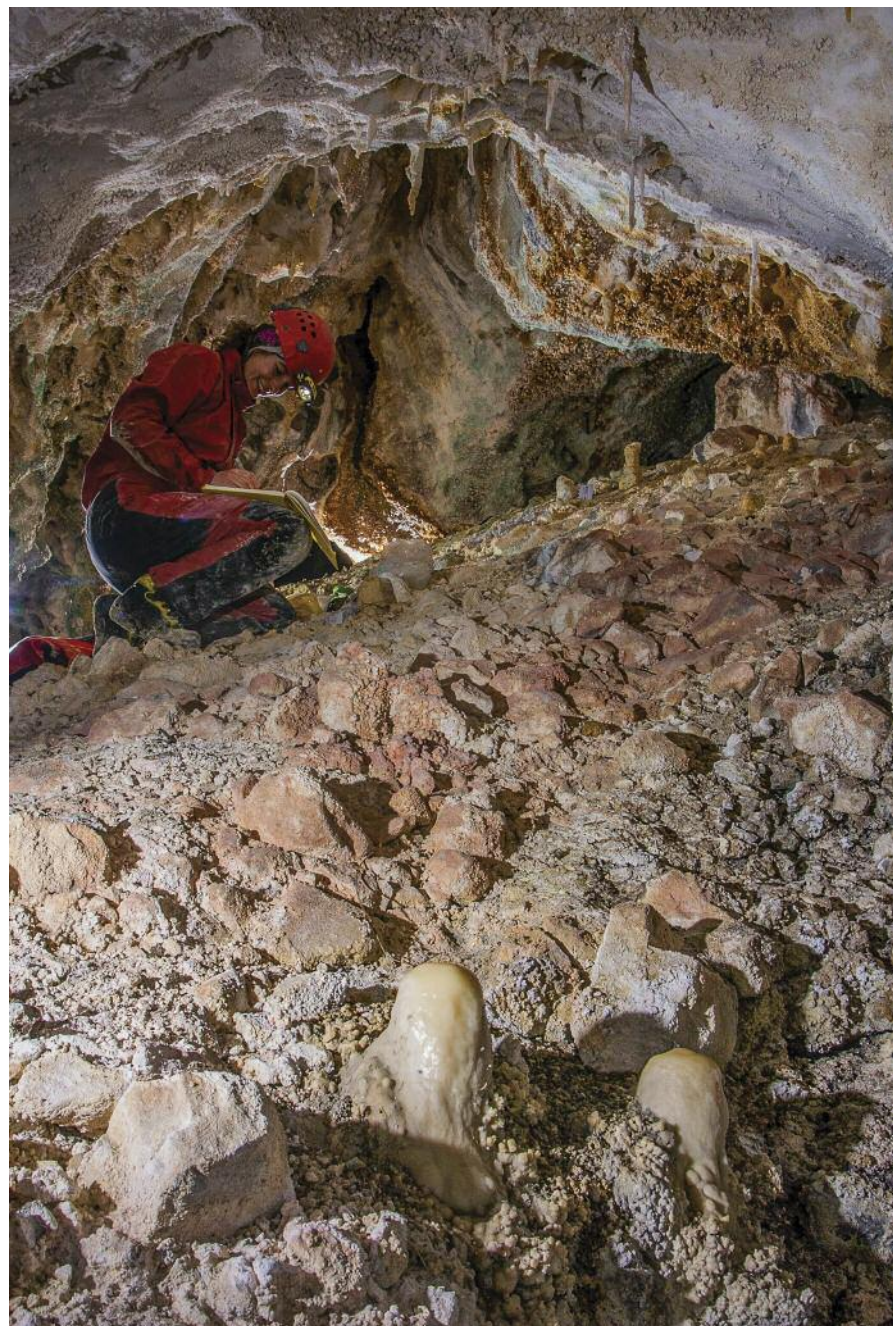
▽ ▽ Retour au *Bombard* par la Rivière Olympique.

▽ ▽ De regreso a la Playa Paraíso.

📷 Bernard Tourte/©Centre Terre



La cueva de las Tres Entradas Más Una



La cueva de las Tres Entradas Más Una se exploró en 2017. Al final de esta expedición, la cavidad sumaba 2,779 m de desarrollo y un desnivel de 50 m, pero quedaron numerosas incógnitas pendientes de exploración. Ese año, fueron varios los equipos que pasaron por esta cavidad.

La primera incursión la realizan **el 25 de enero** Sébastien, Jean-Philippe y Georges. Emprenden la escalada que permite llegar a la boca, de entrada que se ve desde el fiordo, a la derecha de las entradas históricas. Se llega rápidamente a esta boca, pero una vez dentro hay que continuar trepando para superar los obstáculos. Solo se detienen una vez para cambiar las baterías vacías del taladro. El lunes 28 de enero, el equipo regresa al lugar. Stéphane Maifret reemplaza a Sébastien y hacen la topografía a medida que Jean-Philippe avanza con la escalada.

El jueves 31 de enero salen tres equipos hacia la cueva. El primero desembarca para dirigirse al campamento Altitud III. El segundo, compuesto por Laurent Morel, Luc-Henri y Cyrielle, tienen la tarea de sacar muestras de bacterias de la entrada de la cueva. El tercero avanza hasta el fondo de la cavidad para sacar una stalagmita con el fin de datarla.

El equipo "bacterias" (cf. a la página 150) toma muestras en distintos puntos y sobre diversos sustratos (arena, concreciones degradadas, etc.). Durante este tiempo, Luc-Henri toma 430 fotos del sitio arqueológico situado en el divertículo de la entrada 2 de la cueva, sitio localizado ya en 2008 cuando se descubrieron estas entradas. El lugar presenta trazas de hoguera, numerosos restos de alimentos (cholgas, lapas, huesos de lobos de mar, etc.) y, principalmente, una pirca compuesta de bloques dispuestos. Tras salir de la cueva, Cyrielle regresa con Laurent Mestre y Yanick a filmar el buceo del sector del coral rojo, mientras Luc-Henri graba en superficie. Entre 13 y 28 metros las observaciones muestran numerosas colonias (cf. a la página 154).

El equipo "stalagmita" se separa en dos a medida que avanza. Charlotte, Bernard y Bertrand van delante, seguidos de Lionel, Denis y Stéphane Maifret. Tras varias idas y venidas en galerías sin salida o infranqueables, retoman el camino hacia el fondo de la cavidad, al que llegan al cabo de 3 horas de marcha. Encuentran y extraen la stalagmita rápidamente. Se trata de una pieza de casi 3 kg que hay que sacar con precaución. A las 21 horas salen por la boca, se suben a los Bombard C5, que han dejado los tripulantes de la Don Arturo, y regresan al campamento base.

El 2 de febrero, Lionel, Laurence y Bernard salen del campamento sobre las 11 horas. Avisan que volverán tarde ese día, sobre las 22 horas. Antes de seguir explorando, pasan a buscar los datos de los dos captores de temperatura, dejados por Charlotte en la cueva en enero, uno en la entrada, otro en

medida que Jean-Philippe progresa en escalada.

Le jeudi 31 janvier, trois équipes partent vers la grotte. La première débarque pour monter au camp Altitude 3, la seconde, composée de Laurent Mo, Luc-Henri et Cyrielle a pour tâche de prélever des bactéries à l'entrée de la grotte, et la troisième progresse vers le fond de la cavité pour en ramener une stalagmite aux fins de datation.

L'équipe « bactéries » (cf. page 150) prélève des échantillons à divers endroits et sur des substrats variés (sable, concrétions dégradées, etc.). Pendant ce temps, Luc-Henri réalise 430 photos du site archéologique situé dans le diverticule du porche 2 de la grotte, site repéré dès 2008 lors de la découverte des lieux. Le site présente des traces de foyers, de nombreux restes alimentaires (moules, patelles, os d'otaries, etc.) et surtout un muret composé de blocs aménagés. Après la sortie de la grotte Cyrielle retourne avec Laurent Me et Yanick filmer en plongée le secteur du corail rouge, Luc-Henri assure la caméra de surface. Entre 13 et 28 m, les observations montrent un grand nombre de colonies de ces coraux (cf. page 154).

L'équipe « stalagmite » se sépare en deux pendant la progression: Charlotte, Bernard et Bertrand devant, suivis de Lionel, Denis et Stéphane M. Après quelques allers-retours dans des galeries borgnes ou infranchissables, ils retrouvent le chemin vers le fond de la cavité qu'ils atteignent au bout de 3 heures de progression. La stalagmite est vite repérée et prélevée. C'est une pièce de près de 3 kg qu'il faut ressortir avec précaution. À 21 heures, ils franchissent le porche d'entrée, embarquent sur les Bombard C5 que l'équipage du *Don Arturo* a laissés sur place et rentrent au camp de base.

Le 2 février, Lionel, Laurence et Bernard quittent le camp vers 11 heures. Ils annoncent un retour tardif, pas avant 22 heures. Avant de continuer l'exploration, ils passent récupérer les données de deux capteurs de température, posés par Charlotte dans la grotte en janvier, l'un à l'entrée, l'autre au fond, là même où elle a prélevé une stalagmite. Pendant que Lionel relève les données, Bernard équipe la suite. En bas du puits, ils trouvent un méandre qui donne, d'un côté, sur une salle. Première tentative vers le fond de la salle, où ils retrouvent un point topo de 2017. Bernard tente une escalade, mais la pente se redresse jusqu'au dévers... Retour au pied de la corde, où ils prennent l'autre côté du méandre, pour retomber sur le terminus de Bernard et Natalia en 2017, en haut d'un puits qu'ils s'empressent de descendre. En bas, ils arrivent dans une galerie de 4 m de large pour 8 de haut environ, orientée sud-sud-ouest et parcourue par une... rivière. Parfois l'eau occupe toute la base de la galerie, il faut alors passer en escalade sur le côté. Soudain, l'obstacle redouté: l'eau profonde. Il faut nager. Faute de matériel, ils font demi-tour. De retour à l'escalade commencée par Bernard, Lionel passe et Bernard le suit. Ils débouchent en haut d'une très grande salle, 10 m de large et 20 m de haut! Deux galeries en partent.

el fondo allí donde se había extraído una stalagmita. Mientras que Lionel recupera los datos, Bernard instala la continuación. En la base del pozo encuentran un meandro que da, por un lado, a una sala. El primer intento de llegar al fondo de la sala los lleva a un punto de topo de 2017. Bernard intenta una escalada, pero la pendiente aumenta hasta un peralte. Regresan a la base de la cuerda, donde toman el otro lado del meandro, para llegar al punto final de Bernard y Natalia en 2017, en la cabecera de un pozo de se apresuran a descender. En la base, llegan a una galería de 4 metros de ancho por uno 8 de alto, orientada sursureste por la que pasa... ¡un río! A veces el agua ocupa toda la base de la galería y eso obliga a pasar escalando por un lado. De repente, el obstáculo aumenta: aguas profundas. Hay que nadar. A falta de material, dan media vuelta. De regreso en la escalada iniciada por Bernard, Lionel pasa y Bernard lo sigue. Llegan a la parte superior de una gran sala, 10 metros de ancho y 20 de alto. De ahí parten otras dos galerías. La primera, con una pendiente de 35°, sigue recto por 50-80 metros, con un ancho de 15 metros por 10 de alto. Se detienen ante un bello sifón alimentado por un torrente procedente de un derrumbe. Regresan sobre sus



pasos sacando los planos de las galerías. El segundo punto es una bella galería con numerosas ramificaciones. Los espeleólogos siguen la más evidente. Es una zona muy laberíntica y, finalmente, se detienen ante un hermoso meandro de grandes dimensiones, recorrido por una fuerte corriente de aire de cara y con bellas cúpulas de erosión en las paredes. Dado que se ha hecho tarde, dan media vuelta y llegan al campamento base a las 22:30 horas.

El viernes 8 de febrero, Michel, Catherine, Jaime, Jérémie y Philippe se dirigen de nuevo a la cueva. Mientras que Catherine saca muestras de bacterias en la entrada y Jaime se dedica a buscar murciélagos, Michel y Jérémie ponen rumbo hacia la resurgencia que sale de la base del acantilado. Su objetivo es intentar superar en buceo varios pasos que se abren entre los bloques. El caudal de la resurgencia es del

△ Charlotte échantillonne.

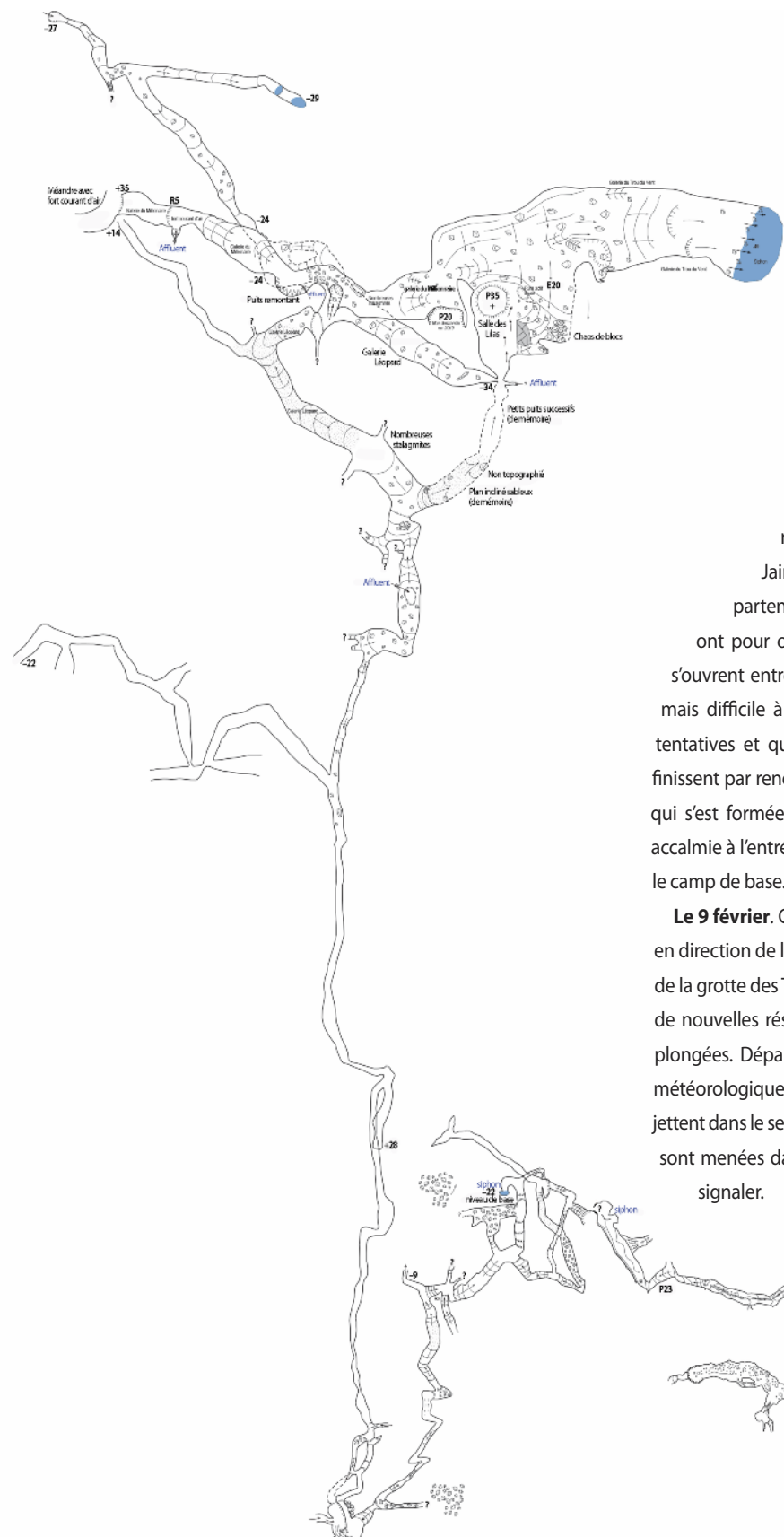
△ Charlotte sacando muestras.

📷 Stéphane Jailliet/©Centre Terre

△ Entrée supérieure de la grotte des Trois Entrées Plus Une.

△ Entrada superior a la cueva de las Tres Entradas Más Una.

📷 Serge Caillault/©Centre Terre

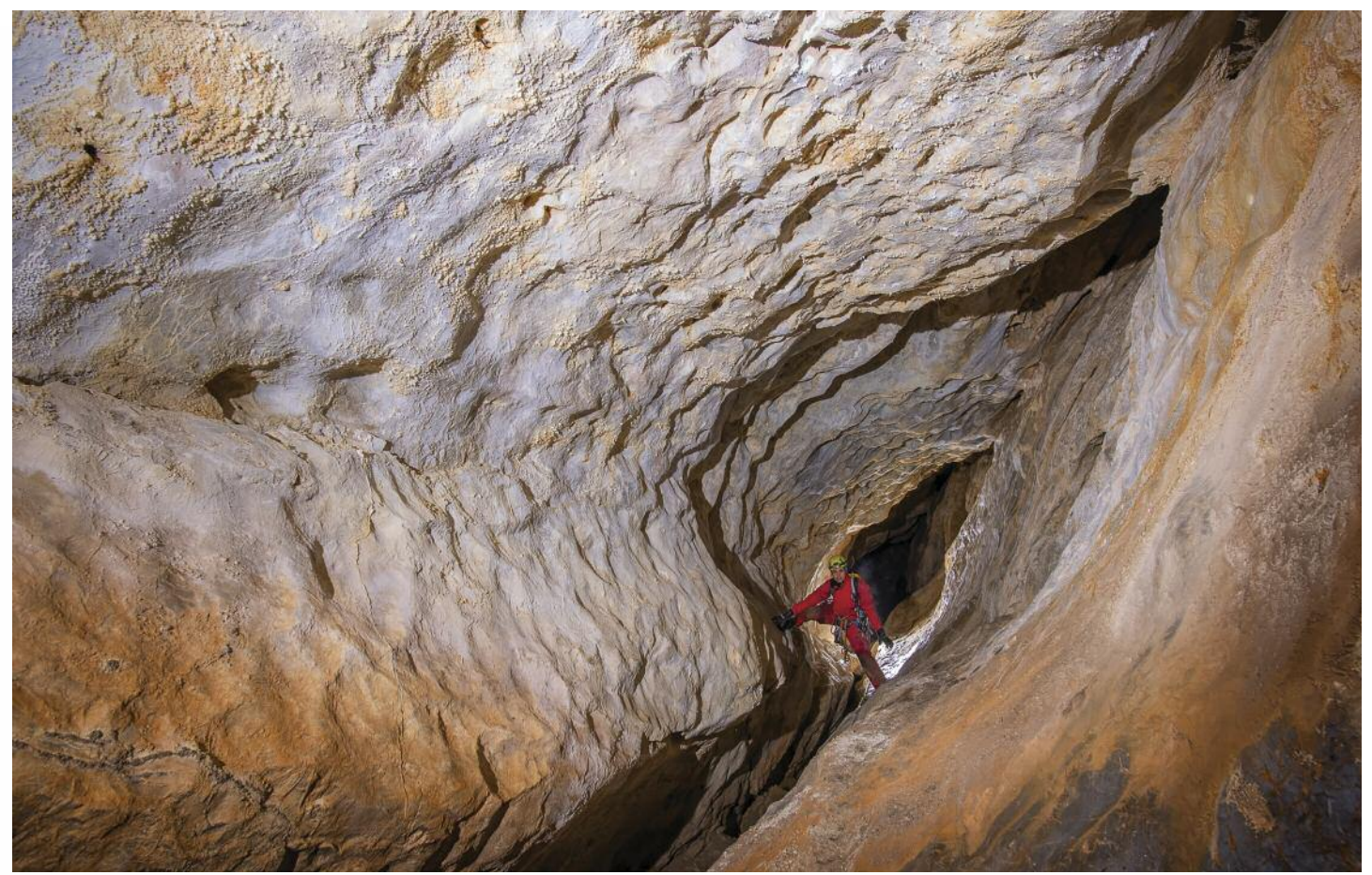
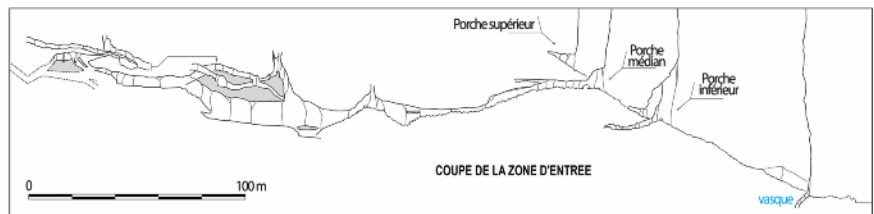


La première, décline à 35° file tout droit sur 50 à 80 m, avec une largeur de 15 m, pour 10 de haut! Arrêt sur un beau siphon alimenté par un ruisseau sortant d'un éboulis. Ils reviennent sur leur pas en relevant le plan des galeries. Le second départ est une jolie galerie, avec encore de nombreux embranchements. Les explorateurs se contentent du plus évident. C'est une zone très labyrinthique et ils s'arrêtent finalement devant un superbe méandre, de bonnes dimensions, parcouru par un fort courant d'air venant de face, et qui présente de belles cupules d'érosion en paroi... Vu l'heure avancée, ils font demi-tour et rejoignent le camp de base à 22 h 30.

Le vendredi 8 février, Michel, Catherine, Jaime, Jérémie et Philippe réinvestissent la grotte. Pendant que Catherine réalise des prélèvements bactériologiques dans l'entrée et que Jaime s'attèle à la recherche de chauves-souris, Michel et Jérémie partent en direction de la résurgence qui sort au pied de la falaise. Ils ont pour objectif de tenter de franchir en plongée divers passages qui s'ouvrent entre les blocs. Le débit de la résurgence est de l'ordre de 500 l/s, mais difficile à estimer car l'eau se divise entre les éboulis. Après plusieurs tentatives et quelques désobstructions ponctuelles au point le plus bas, ils finissent par renoncer. Le retour en Bombard est très agité en raison de la houle qui s'est formée. Après avoir envisagé de faire demi-tour pour attendre une accalmie à l'entrée de la cavité, ils parviennent finalement à passer et à rejoindre le camp de base.

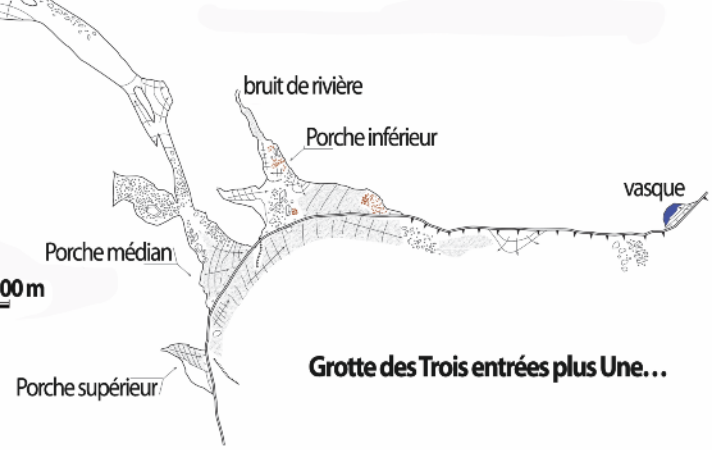
Le 9 février, Carlos, Mehdi, Jérémie, Jaime, Nicolas et Catherine embarquent en direction de la grotte de la Petite Chinoise qui s'ouvre à quelques encablures de la grotte des Trois Entrées Plus Une. L'objectif d'aujourd'hui est de rechercher de nouvelles résurgences côtières dans le secteur, pour envisager de futures plongées. Départ à 14 heures du camp de base avec de bonnes conditions météorologiques. Arrivée sur site, l'équipe remonte trois cours d'eau qui se jettent dans le seno, mais aucun d'eux n'aboutit à une résurgence. Des recherches sont menées dans le reste de la baie, mais aucune autre sortie d'eau n'est à signaler.

◁ ▷ & ▷▷ Conduites forcées dans la grotte des Trois Entrées Plus Une.
 ◁ ▷ & ▷▷ Tuberías forzadas en la cueva de las Tres Entradas Más Una.
 © Serge Caillault/©Centre Terre



orden de 500 l/s, pero es difícil de estimar ya que el agua se reparte entre las rocas. Tras varios intentos y desobstrucciones puntuales en el punto más bajo, acaban renunciando. El regreso en el Bombard es muy agitado debido al oleaje que se ha formado. Tras haberse planteado dar media vuelta para esperar que disminuyera un poco la corriente en la entrada de la cavidad, finalmente logran pasar y llegar al campamento base.

El 9 de febrero, Carlos, Mehdi, Jérémie, Jaime, Nicolás y Catherine embarcan en dirección a la cueva de la Petite Chinoise, que se abre a varios cientos de metros de la cueva de las Tres Entradas Más Una. El objetivo de hoy es buscar nuevas resurgencias costeras en el sector para planificar futuras inmersiones. Salen a las 14h del campamento base con buenas condiciones meteorológicas. Tras llegar al lugar, el grupo remonta tres cursos de agua que van a dar al seno, pero ninguno de ellos lleva a ninguna resurgencia. Se sigue explorando el resto de la bahía, pero no se detecta ninguna otra salida de agua.



La grotte de Punta Blanca : une grotte aux multiples jonctions

La cueva de la Punta Blanca: una cueva con múltiples conexiones



Elle a été découverte à la fin du mois de janvier 2017. C'est une cavité au profil plutôt horizontal, qui s'ouvre à quelques dizaines de mètres du rivage. Très rapidement, les explorations se succèdent et fin février 2017, la grotte affiche 2640 m de développement.

Vendredi 25 janvier, Carlos reprend la plongée de la résurgence, explorée par Franck en 2017. Le fil d'Ariane est endommagé à plusieurs endroits et Carlos utilise une grande partie de ses réserves d'air à le remettre en état. Il reviendra sans avoir pu dépasser le terminus de 2017. A l'évidence, pour aller plus loin dans le siphon, il faudrait plonger avec des recycleurs.

La première incursion dans la grotte elle-même a lieu le **28 janvier**. Richard, Stéphane J, Serge, Laurent Mo, Jean-Marc et Charlotte, accompagnés de Bertrand et Christian pour le cinéma ont pour mission de prélever des varves glaciaires repérées par Richard en 2017. C'est Stéphane J et Charlotte qui opèrent le prélèvement sur place à l'aide d'une cornière en aluminium. Les analyses de ces varves devraient renseigner sur les conditions climatiques lors de la transition entre la fin de la période glaciaire et le régime actuel.

Le même jour, dans la baie face à Punta Blanca, Loïc et Clément plongent une résurgence sous-marine repérée

Se descubrió a finales del mes de enero de 2017. Se trata de una cavidad de perfil más bien horizontal que se abre a varias decenas de metros de la orilla. Muy rápidamente, las exploraciones se suceden y, a finales de febrero de 2017, la cueva alcanza 2,640 m de desarrollo.

Viernes 25 de enero. Carlos retoma la inmersión de la resurgencia explorada por Franck en 2017.

El hilo guía está dañado en varios puntos y Carlos usa una gran parte de sus reservas de aire para dejarlo en buen estado. Regresará sin haber podido alcanzar el punto final de 2017. Parece evidente que, para poder llegar más lejos en el sifón, habrá que bucear con recicladores.

La primera incursión en la cueva propiamente tal será el **28 de enero**. Richard, Stéphane Jaillot, Serge, Laurent Morel, Jean-Marc y Charlotte, acompañados de Bertrand y Christian para el rodaje tienen por cometido extraer las varvas glaciales localizadas por Richard en 2017. Stéphane Jaillot y Charlotte se ocupan de la extracción en ese lugar usando un perfil de aluminio. Los análisis de estas varvas deberían dar indicios sobre las condiciones climáticas que se dieron durante la transición entre el final del periodo glacial y el régimen actual.

El mismo día, en la bahía frente a Punta Blanca, Loïc y Clément bucean una resurgencia submarina localizada en

en 2017 depuis la surface (cf. page 82). La cavité s'ouvre à 3 mètres de profondeur et se remarque par la formation d'un champignon d'eau bouillonnant en surface après de fortes précipitations. Elle est baptisée Hongo (« champignon » en espagnol). Clément déroule le fil d'Ariane et Loïc le suit avec la caméra sous-marine. Après 50 m de progression, ils palment dans l'eau douce, avec une bonne visibilité. Ils changent de rôle, et Loïc cherche la suite dans un conduit de petites dimensions. Plusieurs départs sont reconnus mais aucun ne passe. Ils rebroussement chemin. Au retour, ils trouvent finalement la suite : c'est un puits qui descend à -29 m, avant de remonter doucement et de ressortir... Au débouché de ce premier siphon (S1), un puits de 10 m communique avec la forêt extérieure! Un second siphon, S2, est franchi à son tour, après 150 m de progression avec un point bas à 27 m. De là, ils remontent sur 50 mètres une galerie exondée, grimant un ressaut de 5 m, et atteignent un troisième siphon... Retour au bateau avec 370 m de première sous l'eau et une suite prometteuse.

Vers 19 heures, le *Don Arturo* vient chercher les deux équipes pour les ramener au camp.

Le vendredi 1^{er} février, Arnaud et Sylvain partent continuer l'exploration d'une nouvelle cavité découverte et partiellement explorée par Bernard et Denis en 2017. La cavité porte le nom de "Chatière qui buffle" en référence au courant d'air violent qui s'échappe de l'étroiture d'entrée. Les premiers mètres de la cavité sont tortueux et passablement étroits. Par endroits, il faut poser de petites longueurs de corde pour franchir les obstacles qui s'enchaînent. Après 100 m de progression, un large puits de 7 m s'ouvre et débouche dans un dédale de galeries phréatiques de grandes dimensions. Vers l'aval, la galerie est partiellement noyée, il faut se mettre à l'eau et nager. Vers l'amont, la galerie bute aussi sur un siphon, mais, à la grande stupéfaction de l'équipe, un fil d'Ariane émerge de l'eau! Ils viennent de faire la jonction avec les conduits de la résurgence Hongo explorée deux jours plus tôt par les plongeurs. La topographie est levée jusqu'à l'extrémité du fil d'Ariane. Le bouclage montrera que la jonction s'est faite à la sortie du siphon 2, de 110 m de développement pour 36 m de profondeur.

Le lendemain, Loïc et Clément, assistés de Carlos et de Laurent Me, tentent le siphon 3 de la résurgence Hongo. Ils repartent de la mer et passent les deux premiers. Le troisième mesure 80 m de long, avec un point bas à -4 m. Banco! A la sortie du siphon, ils se retrouvent enfin dans les galeries connues de Punta Blanca. Ils lèvent la topographie depuis le réseau exondé jusqu'à trouver un point topographique laissé par les équipes précédentes et font demi-tour. Cette jonction porte maintenant le développement du réseau à plus de 3 000 m. Punta Blanca est désormais la cavité la plus longue de Madre de Dios.

Le jeudi 7 février, Natalia, Jean-Marc, Philippe et Serge tentent de joindre la grotte de Punta Blanca. A quelques encablures du camp de base, ils doivent renoncer en raison

2017 desde la superficie (cf. a la página 82). La cavidad se abre a 3 m de profundidad y destaca por la formación de un champiñón de agua que borbotea en superficie tras fuertes lluvias. La llaman Hongo. Clément va desenrollando el hilo guía y Loïc lo sigue con la cámara submarina. Tras 50 metros de progresión, llegan a la zona de agua dulce y con buena visibilidad. Cambian posiciones y ahora es Loïc quien busca la continuación en un conducto de reducidas dimensiones. Se exploran varias continuaciones, pero ninguna da. Vuelven a examinar el trayecto. De regreso, acaban encontrando la continuación. Es un pozo que desciende a -29 metros antes de remontar suavemente y volver a salir. A la salida de este primer sifón (S1), un pozo de 10 metros comunica con el bosque exterior. Un segundo sifón, el S2, también se supera tras 150 m de progresión y un punto bajo a 27 metros. Desde ahí, remontan por 50 metros una galería seca, trepando un resalte de 5 metros, para llegar a un tercer sifón. Regresan al bote con 370 metros de primera bajo el agua y una prometedora continuación.

Hacia las 19 horas, la *Don Arturo* viene a buscar a los dos exploradores para llevarlos al campamento.

El viernes 1 de febrero, Arnaud y Sylvain salen para continuar con la exploración de una nueva cavidad descubierta y parcialmente explorada por Bernard y Denis en 2017. La cavidad lleva por nombre "La Gatera que Sopla" en alusión a la violenta corriente de aire que sale por la estrecha boca. Los primeros metros de la cavidad son sinuosos y pasablemente estrechos. En algunos puntos hay que instalar pequeños tramos de cuerda para superar los obstáculos que se suceden. Tras 100 metros de progresión, se abre un ancho pozo de 7 metros que da a un laberinto de galerías freáticas de grandes dimensiones. Hacia la zona inferior, la galería está parcialmente inundada y hay que meterse en el agua y nadar. Hacia arriba, la galería acaba también en un sifón, pero para sorpresa del equipo, ¡el hilo guía emerge del agua! Acaban de conectar con los conductos de la resurgencia Hongo, explorada dos días antes por los buzos. Se levanta la topografía hasta el extremo del hilo guía. El ajuste mostrará que la conexión se realiza en la salida del sifón 2, de 110 metros de desarrollo por 36 de profundidad.

Al día siguiente, Loïc y Clément, asistidos por Carlos y Laurent Me, se intentan el sifón 3 de la resurgencia Hongo. Parten del mar y superan los dos primeros. El tercero mide 80 metros de largo, con un punto bajo de -4 metros. ¡Bingo! A la salida del sifón llegan, finalmente, a las galerías conocidas de Punta Blanca. Hacen la topografía desde el sistema seco hasta encontrar un punto topográfico dejado por los equipos anteriores y dan media vuelta. Esta conexión hace que el desarrollo del sistema supere los 3 000 metros. A partir de ahora, la cueva de la Punta Blanca es la cavidad más extensa de Madre de Dios.

El jueves 7 de febrero, Natalia, Jean-Marc, Philippe y Serge intentan llegar a la cueva de la Punta Blanca. A varios

△ Arrivée sur le débarcadère de la grotte de Punta Blanca.

△ Llegada al muelle de la cueva de Punta Blanca.

📷 Serge Caillault/©Centre Terre

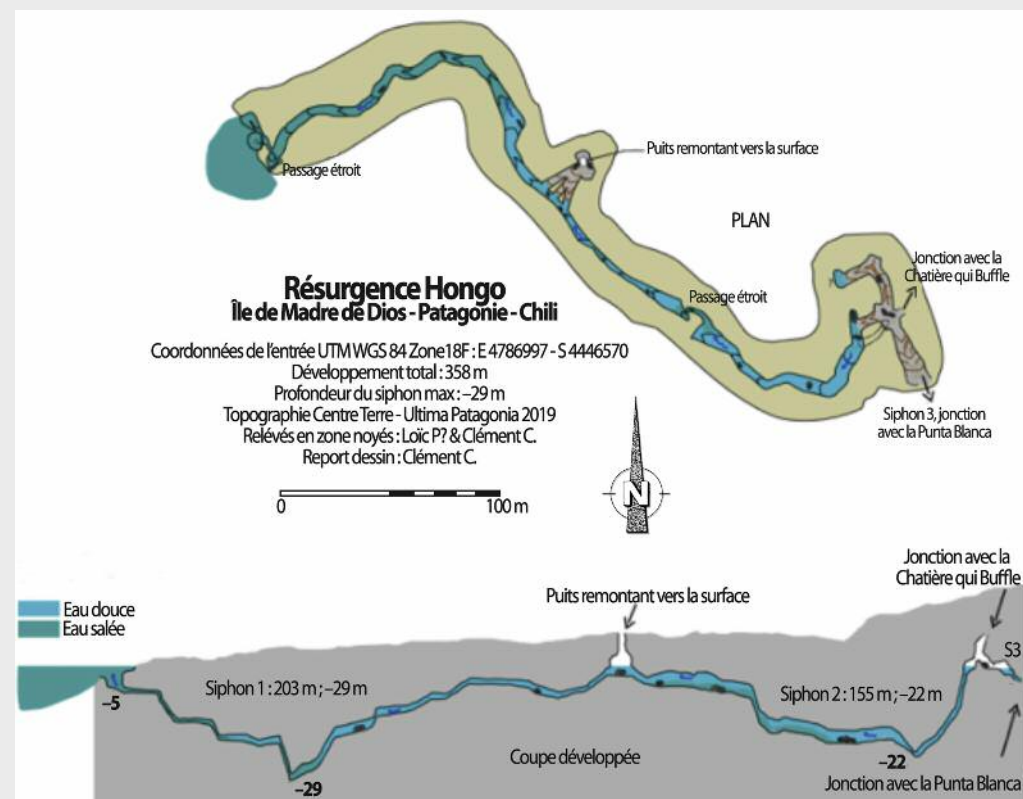
La résurgence Hongo

Clément Chaput

La vasque d'entrée se trouve en bord de mer, dans la baie de la Bahía Blanca, près du chemin d'accès à la grotte de Punta Blanca. Après de fortes pluies, un champignon se forme à la surface de l'eau. La vasque fait 3,5 m de diamètre environ. À la cote -3 m, une galerie part direction NO. Elle est d'une section assez petite, 1,2 m de large pour 0,5 m de haut, et ses parois sont tapissées de balanes. La progression est lente en raison du courant très fort et la visibilité est très réduite du fait de l'halocline. Après une trentaine de mètres, la galerie continue en colimaçon. Les parois couvertes de balanes laissent place à des parois lisses, parfois déchiquetées par la force du courant. Plusieurs départs sont explorés le long de la galerie principale. Ils sont tous sans suite ou impénétrables. À 85 m de l'entrée, un puits descendant de 2 m de diamètre mène à une galerie de section plutôt confortable (3,5 m de large pour 1,3 m de hauteur) jusqu'au point bas à -29 m. La galerie remonte ensuite, en légère pente douce jusqu'à la sortie du siphon. 25 m avant, et à la profondeur de 9 m, on note la présence d'un petit champignon de roche.

Un second siphon se présente, se développant selon le même profil sur les 40 premiers mètres (3,5 m de large pour 1,3 m de hauteur), jusqu'à la cote de -11 m où la galerie change de morphologie, atteignant par endroit 6 m de hauteur et autant de large. Les parois sont lisses mais tapissées de dépôts de limons. L'eau est saumâtre, la visibilité réduite à environ 3 à 4 m. À 95 m du départ du S2, la galerie se réduit et prend la forme d'un puits-faille assez étroit, de 0,4 m de large sur 2 m de long, jusqu'à -22 m, profondeur à laquelle on retrouve une galerie de 1,2 m de hauteur pour 3 m de large, et remontante jusqu'à la sortie du S2.

Le S3 s'ouvre après quelques mètres de progression dans de larges volumes (jonction avec le gouffre de la Chatière qui Buffle) et serpente sur 70 m jusqu'à la jonction avec le gouffre de Punta Blanca. Les dimensions des galeries noyées sont plus modestes, en moyenne 0,8 m de large pour 1 m de hauteur. La paroi est très déchiquetée mais sans trace de dépôt et l'eau est très claire.



La resurgencia Hongo

La marmita de entrada en encuentra a orillas del mar, en la bahía de la Punta Blanca, cerca del camino de acceso a la cueva de la Punta Blanca. Tras fuertes lluvias se forma un champiñón en la superficie del agua. La marmita mide unos 3,5 metros de diámetro. En la cota -3 m parte una galería en dirección NO. Presenta una sección muy pequeña (1,2 metros de ancho por 0,5 de alto) y las paredes están llenas de balanos. La progresión es lenta dada la enorme corriente y la muy reducida visibilidad por la haloclina. Tras unos 30 metros, la galería prosigue en espiral. Las paredes cubiertas de balanos dan paso a paredes lisas, a veces, muy fracturadas por la fuerte corriente. Se ven varias salidas por la galería principal. Ninguna continúa o son impenetrables. A 85 metros de la entrada, un pozo descendente de 2 metros de diámetro da a una galería de sección bastante cómoda (3,5 metros de ancho por 1,3 de alto) hasta el punto bajo a -29 m. Luego, la galería remonta en ligera pendiente hasta la salida del sifón. 25 metros antes y a la profundidad de 9 metros, se aprecia la presencia de un pequeño champiñón de roca.

Aparece un segundo sifón, que se desarrolla siguiendo el mismo perfil por los primeros 40 metros (3,5 metros de ancho por 1,3 de alto), hasta la cota de -11 m, donde la galería cambia de morfología, alcanzando, en algunos puntos, 6 metros de alto y otros tantos de ancho. Las paredes son lisas, pero tapizadas de depósitos de sedimentos. El agua es salobre. La visibilidad se reduce a unos 3-4 metros. A 95 metros del inicio del S2, la galería se reduce y adopta la forma de un pozo-falla muy estrecho, de 0,4 metros de ancho por 2 de largo, hasta los -22 m, profundidad en la que se reencuentra la galería de 1,2 metros de alto por 3 metros de ancho y remonta hasta la salida del S2.

El S3 se abre tras algunos metros de progresión en amplios volúmenes (unión con la sima de la Gatera que Sopla) y serpentea por 70 metros hasta la unión con la sima de la Punta Blanca. Las dimensiones de las galerías inundadas son más modestas; en promedio, 0,8 metros de ancho por 1 metro de alto. La pared está muy fracturada, pero sin rastros de depósito, y el agua es muy clara.

d'une panne moteur. De retour à l'anse où sont amarrés les autres Bombard, ils changent d'embarcation et repartent. C'est peine perdue, une forte houle s'est levée dans le Barros Luco et les oblige une fois encore à faire demi-tour

Le 9 février, les mêmes et Michel tentent de nouveau leur chance, accompagnés d'un second Bombard en sécurité avec Laurent, Laurence et Denis à bord, car le Barros Luco est démonté... Le Bombard de tête tombe en panne après quelques minutes de navigation – il faut changer d'embarcation et continuer. Ils arrivent à la plage non sans avoir essuyé de copieuses vagues et trouvent rapidement l'entrée de la Chatière qui buffle. Arrivée en bas du P7, ils entreprennent l'exploration des petites galeries qui se développent dans les étages supérieurs. Tandis que Michel et Philippe lèvent la topographie, Jean-Marc explore une galerie remontante qui débouche sur un dédale de conduits. Serge et Natalia le rejoignent. Ils parcourent le cheminement le plus évident quand soudain, après 100 m de progression, ils tombent sur le point topographique numéro 56 qui marque la jonction avec Punta Blanca! Ils reviennent sur leur pas pour prévenir l'équipe topographie. Ne les trouvant pas, ils décident de faire un détour par une seconde galerie que Jean-Marc a repérée. Après avoir franchi deux vasques assez profondes, ils débouchent dans une rivière qui mène droit à un siphon d'où émerge là encore un fil d'Ariane! Ils le contournent par les galeries supérieures et continuent leur progression jusqu'à tomber sur le point topographique 400.5a, réalisant là encore une jonction avec les galeries de Punta Blanca. L'heure tournant, il faut faire demi-tour et prévenir l'équipe topographie. Au total, 300 m de nouvelles galeries sont explorées pendant la sortie, dont 150 m ont pu être topographiés.



cientos de metros del campamento base deben dar media vuelta debido a una avería del motor. De regreso a la caleta donde están amarrados los otros botes, cambian de embarcación y vuelven a partir. Durante este breve lapso, se ha levantado un fuerte oleaje en el Barros Luco, lo que les obliga, de nuevo, a dar media vuelta.

El 9 de febrero, el mismo grupo y Michel prueban suerte de nuevo acompañados de un segundo Bombard de seguridad con Laurent, Laurence y Denis a bordo, porque el Barros Luco está desatado. El Bombard que va delante se avería a los pocos minutos de navegación, de modo que hay que cambiar de embarcación para continuar. Llegan a la playa, no sin antes haber enfrentado un intenso oleaje. Enseguida encuentran la boca de la Gatera que Sopla. En la base del P7 empiezan explorando las pequeñas galerías que se sitúan en los niveles superiores. Mientras que Michel y Philippe levantan la topografía, Jean-Marc explora una galería ascendente que conduce a un laberinto de conductos. Serge y Natalia lo alcanzan. Recorren el que les parece el camino más evidente cuando, de repente, tras 100 metros de progresión, dan con el punto topográfico número 56 que marca la conexión con Punta Blanca! Regresan por el mismo camino para avisar al equipo de topografía. No los encuentran, así que deciden ir a ver una segunda galería localizada por Jean-Marc. T. Tras haber superado dos marmitas bastante profundas, salen a un río que lleva directo a un sifón del que también emerge un hilo guía. Lo sortean por las galerías superiores y continúan su camino hasta topar con el punto topográfico 400.5a, lo que significa que acababan de realizar una nueva conexión por otro punto con las galerías de Punta Blanca. Se hace tarde, así que dan media vuelta para ir en busca del equipo de topografía. En total, se exploraron 300 metros de galerías nuevas durante esta salida, de las que se topografiaron 150 metros.

El lunes 11 de febrero, Laurent y Laurence regresan a Punta Blanca. El objetivo de hoy es acabar la topografía del dédalo de galerías. Localizan numerosos puntos laterales que

△ Philippe à la jonction Grotte de la Chatière qui Buffle - grotte de Punta Blanca.
△ Philippe en la conexión de la Gatera que Sopla con la cueva de la Punta Blanca.
◁ L'équipe des plongeurs file vers la résurgence Hongo qui jonctionnera également avec la grotte de Punta Blanca.
◁ El equipo de buzos pone rumbo a la resurgencia Hongo, que también conecta con la cueva de la Punta Blanca.

📷 Serge Caillaud/©Centre Terre

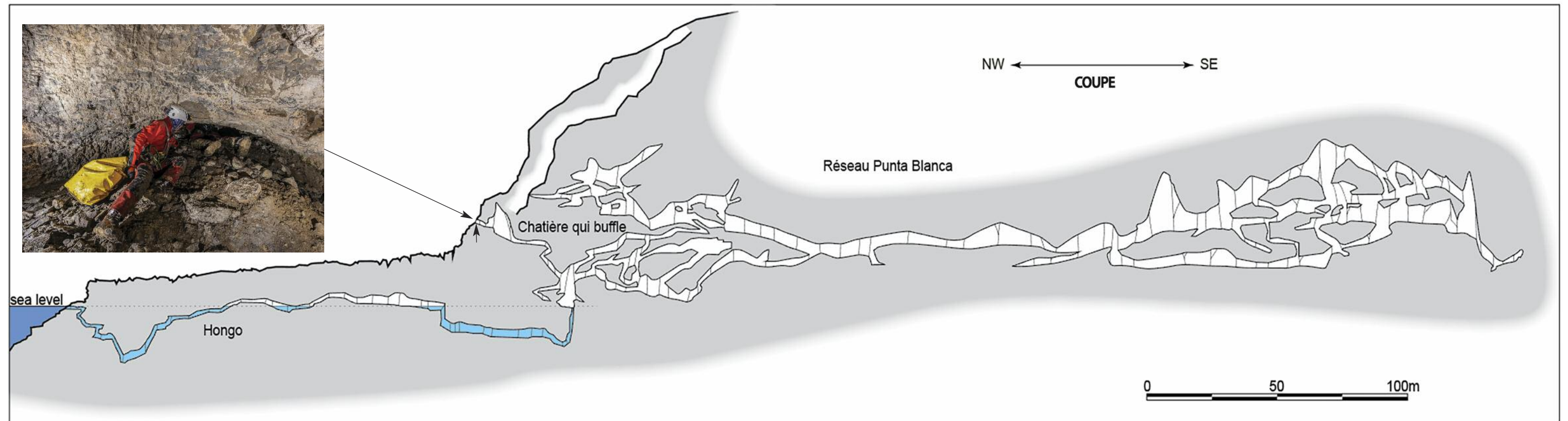
➡ suite page 86 / sigue a la página 86





▽ Entrée de la Chatière qui Buffle.
 ▽ Entrada de la Gatière qui Buffle.
 © Serge Caillault/©Centre Terre

▷ △ Les galeries typiques du système de la Punta Blanca.
 ▷ △ Galerías típicas del sistema de Punta Blanca.
 © Serge Caillault/©Centre Terre



➔ **Lundi 11 février**, Laurent, Serge et Laurence retournent à Punta Blanca. L'objectif aujourd'hui est de terminer la topographie du dédale de galeries. Ils repèrent de nombreux départs latéraux qu'ils n'ont pas le temps de parcourir et butent sur un puits qu'ils baptisent « puits des Indiens ».

Le lendemain, la même équipe, accompagnée par Bernard et Didier, retourne sur place continuer l'exploration des départs latéraux et descendre le puits des Indiens. Ce puits de 4 m débouche au sommet d'une conduite forcée majeure où circule un violent courant d'air. Après quelques mètres de progression, ils retombent sur un siphon. Celui-ci a déjà été plongé comme en témoigne le fil d'Ariane qui émerge de l'eau. D'autres départs sont parcourus et permettent de faire d'autres jonctions avec des galeries connues.

Le vendredi 15 février, Lionel et Mehdi font équipe pour terminer l'exploration de la grotte de la Chatière qui Buffle, où il reste quelques lucarnes à voir, puis la déséquiper. De leur côté, Yanick, Bertrand, Laurence, Sergio, Laurent Me, Didier et Bernard sont également de la partie, pour tourner quelques séquences de film sur Punta Blanca. La tempête est déjà bien engagée à leur départ, et la navigation est particulièrement mouvementée. L'équipe est de retour vers 21 h 30.

△ Laurence admire les stalactites qui se développent à l'horizontale sous l'effet des violents courants d'air dans le système de la Punta Blanca.

△ Laurence admire les concrétions que croissent horizontalement, ce qui prouve la "violence" de la corrente de aire que recorre el sistema Punta Blanca.

📷 Serge Caillault/©Centre Terre



no les da tiempo a recorrer y dan con un pozo que bautizan como el Pozo de los Indios.

Al día siguiente, el mismo equipo acompañado por Bernard y Didier regresa a la cavidad para continuar explorando las continuaciones laterales y descienden el Pozo de los Indios. Este pozo de 4 metros conduce a la cabecera de un conducto forzado grande por el que circula una violenta corriente de aire. Tras varios metros de progresión, llegan al inicio de un sifón. Ya ha sido buceado, tal y como lo indica el hilo guía que emerge del agua. Se recorren otros conductos que también permiten conectar con galerías conocidas.

El viernes 15 de febrero, un equipo conformado por Lionel y Mehdi termina la exploración de la cueva de la Gatera que Sopla, donde quedan algunas ventanas por revisar y, luego, desinstala. Por otro lado, Yanick, Bertrand, Laurence, Serge, Laurence Mestre, Didier y Bernard se ponen en camino para ir a rodar algunas secuencias de la película en Punta Blanca. Al momento de su partida, la tormenta ya está desatada y la navegación se torna particularmente agitada. El equipo regresa a las 21:30 horas.

2019, une année calme au plan médical grâce à des soins précoces

2019 un año médicamente tranquilo gracias a los cuidados precoces

Philippe Auriol

Lors de l'expédition 2019, de nombreux événements mineurs ont été pris en charge à un stade précoce. Le premier mois avec l'aide du CCMM (centre de Consultation Médicale Maritime de Toulouse), le second grâce à la présence d'un médecin sur place. Certains de ces épisodes présentaient un risque évolutif avéré.

La plupart des problèmes de santé sont bénins quand ils sont correctement et rapidement pris en charge. Le contexte de l'expédition rend redoutable toute complication, car l'évacuation vers un centre médical est longue et parfois impossible avant plusieurs jours. Les membres de l'expédition ne sont pas tous jeunes, ils ont un vécu d'explorateur avec des maladies éventuellement chroniques et des traitements afférents qu'ils apportent — et parfois perdent.

Chacun des membres de l'équipe a pris à un moment donné, qui un antalgique, qui une pince à épiler, qui un antiseptique pour une excoriation et bien souvent en autosuffisance. Quand les problèmes persistent, le regard du médecin est indispensable. Parmi les incidents médicaux à déclarer en 2019, citons :

- Une conjonctivite
- De multiples entorses de cheville, parfois récidivantes du fait d'un trop court temps de repos. Les explorateurs sont pressés de repartir en mission sur les camps car ils y sont utiles, il faut donc bien peser les indications et ne pas faire d'immobilisations excessives qui nuiraient à l'expédition. Un juste traitement est nécessaire.
- Quelques plaies à inspecter, explorer et parer. Les accidents du quotidien avec le matériel de travail, ou de cuisine!
- Une sinusite surinfectée, parce que les maladies chroniques vous suivent jusqu'au bout du monde.
- Une piqûre surinfectée d'insecte non identifié sur le torse, avec une évolution sur une semaine ayant nécessité un suivi attentif.
- Un lumbago du fait de charges lourdes et cumulées.
- Des contractures musculaires car le physique est mis à rude épreuve.
- De nombreuses gonalgies liées à un sol instable, tourbeux.
- Des douleurs intercostales banales d'hyperventilation.
- Une paraplégie post-traumatique qui aurait pu être un très gros problème, si loin d'un hôpital, sans les anticoagulants dont nous disposions.
- De très nombreuses piqûres de calafate, les épines étant souvent extraites au couteau par l'intéressé : le médecin y est peu utile.
- Un hématome de la main droite pour un des capitaines de bateau
- Une crise de colite pour un de ses marins.
- Un décollement de rétine post-traumatique au retour en France : on ne se méfie jamais assez des tendeurs!

En conclusion on peut dire que l'on voit bien les limites de la médecine à distance. On arrive à gérer tout ce qui concerne la « bobologie » et même la traumatologie grave mais cela devient beaucoup plus aléatoire (ou hasardeux) quand il s'agit d'une maladie difficile à diagnostiquer. Le cas de Michel en 2017 étant sans conteste le plus difficile que nous ayons eu à affronter.



Durante la expedición de 2019 se atendieron numerosos eventos menores en un estadio precoz. El primer mes fue con el Centro de Consultación Médico Marítimo de Toulouse (CCMM) y, el segundo, por la presencia de un médico. Algunos episodios presentaron riesgo de complicaciones.

La mayoría de los problemas de salud son benignos si se tratan correcta y rápidamente. El contexto de la expedición aumenta el riesgo de complicaciones, porque la evacuación a un punto médico es larga o incluso imposible por días. No todos los miembros de la expedición son jóvenes y su vida de exploración ha provocado enfermedades (en ocasiones, crónicas), que imponen tratamientos a seguir que, a veces, pierden.

Todos los miembros del equipo han tomado en algún momento un analgésico, una pinza, un antiséptico para una excoración, y ello, normalmente, de forma autosuficiente.

Cuando los problemas persisten es indispensable la revisión por un médico. Entre los incidentes médicos de 2019 cabe destacar :

- Una conjuntivitis.
- Múltiples torceduras de tobillo, a veces, recurrentes por un tiempo de recuperación demasiado breve. Los exploradores se apresuraban a salir a los campamentos avanzados donde eran necesarios, por lo que había que sopesar las indicaciones y no realizar inmobilizaciones excesivas que perjudicaran la expedición. Había que aplicar el tratamiento justo.
- Algunas heridas a revisar, examinar y curar, por la manipulación de herramientas de trabajo o cocina.
- Una sinusitis infectada... Las enfermedades crónicas nos persiguen hasta los confines del mundo.
- Una picadura sobreinfectada de insecto no identificado en el torso, con una evolución de una semana que exigió especial atención.
- Un lumbago por las pesadas y continuas cargas.
- Contracturas musculares porque el cuerpo es sometido a duras pruebas.
- Numerosas gonalgias ligadas al suelo inestable, de turba.
- Dolores intercostales comunes por hiperventilación.
- Una paraflebitis postraumática que podría haberse convertido en un gran problema sin los anticoagulantes dispensados.
- Numerosas picaduras de calafate, cuyas espinas se las solían sacar con cuchillo los mismos afectados. El médico es de poca ayuda.
- Un hematoma en la mano derecha de uno de los patrones de los barcos.
- Una crisis de colitis de un miembro de la tripulación.
- Un desprendimiento de retina postraumático al regreso a Francia... ¡Hay que tener cuidado con los tendores!

En conclusión, constatamos los límites de la medicina a distancia. Es posible tratar "pupas" o incluso traumatologías graves, pero todo se torna más aleatorio (o peligroso) si existe una enfermedad de difícil diagnóstico. El caso de Michel en 2017 es, sin duda, el más complicado que hemos tenido que afrontar.

Plongée à la Petite Chinoise

Buceando en la Petite Chinoise



Clément Chaput

La résurgence a été découverte en 2017 et plongée par Franck Bréhier, Carlos Placido et Vincent Lignier, ce dernier s'étant arrêté à la profondeur de 38 m. Cette année, nous nous sommes fixé une profondeur maximum de -60 m avec un mélange TX 18/35 (18 % d'oxygène, 35 % d'hélium et 47 % d'azote) en diluant de nos recycleurs Triton, et 2 bouteilles de 7 litres sous 300 bars (en sécurité: TX 18/35 et NX 50). **Le 30 janvier**, le Don Arturo nous dépose (Loïc, Laurent Me, Cyrielle, Bertrand, Serge, Carlos et moi-même) dans la baie de la Grotte des Trois Entrées avec un Bombard. De là, nous rejoignons le porche de la Petite Chinoise et commençons le portage des bouteilles et des recycleurs jusqu'à l'entrée de la cavité. Deux allers-retours suffiront à chacun d'entre nous. Pendant que Loïc, Laurent Me et moi-même nous préparons, Bertrand nous filme et Cyrielle et Serge prennent quelques clichés. Carlos reste en sécurité-surface. Laurent Me ouvre la nage et part vérifier que le fil est en place sur la première partie, jusqu'en sortie du S1. Le fil est en bon état, mais il constate tout de même qu'un gros rocher (dans les 3 à 4 tonnes) s'est récemment décroché du plafond et a écrasé le fil en tombant... Le S1 fait 35 m pour une profondeur de 5 m. Nous remontons la rivière à la nage, en prenant le temps de progresser sans trop nous essouffler tant le courant est puissant. Nous laissons Laurent Me au départ du S2. Le fil

La resurgencia fue descubierta en 2017 y buceada por Franck Bréhier, Carlos Placido y Vincent Lignier, llegando este último a 38 metros de profundidad. Este año nos fijamos una profundidad máxima de 60 metros usando una mezcla TX 18/35 (18 % oxígeno, 35 % helio y 47 % nitrógeno) en diluyente en nuestros recicladores Triton y dos botellas de 7 litros bajo 300 bares (de seguridad: TX 18/35 y NX 50). **El 30 de enero**, la Don Arturo nos deja a Loïc, Laurent Mestre, Cyrielle, Bertrand, Serge, Carlos y a mí en la bahía de la Cueva de las Tres Entradas con el Bombard. Desde ahí, alcanzamos la entrada de la Petite Chinoise e iniciamos el porteo de las botellas y los recicladores hasta la boca de la cavidad. Nos toma dos viajes a cada uno. Mientras Loïc, Laurent y yo nos preparamos, Bertrand nos filma y Cyrielle y Serge sacan algunas fotos. Carlos permanece en la superficie para la seguridad. Laurent empieza a nadar y va a verificar si el hilo guía sigue en su lugar en el primer tramo, hasta la salida del S1. El hilo está en buen estado, pero aun así se perca de que un gran bloque (de 3-4 toneladas) se ha desprendido recientemente del techo y ha aplastado el hilo guía al caer. El S1 mide 35 metros por una profundidad de 5 metros. Remontamos el río a nado, procurando avanzar lentamente para no quedarnos sin aire por la fuerte corriente. Laurent se queda en el inicio del S2. El hilo sigue en su lugar, pero está roto en varios puntos (-11 m y -25 m).

est en place mais cassé à plusieurs endroits (-11 m et -25 m).

La visibilité est plutôt bonne, environs 6 à 8 m, l'eau est de couleur thé vert à la menthe, ce qui réduit légèrement la portée de nos phares. Nous arrivons au terminus de Vincent, à la profondeur de 35 m. La galerie fait 5 m de large pour 8 à 10 m de haut. Je raboute le fil et continue à longer la paroi rive gauche. Au bout de quelques mètres seulement, nous ne voyons plus le sol. Nous continuons de descendre, la taille de la galerie ne cesse de s'agrandir, tout en gardant le même azimut. Pendant un instant nous nous retrouvons pleine eau, dans le noir, avec la sensation d'être dans un gros puits. Finalement, nous atteignons le sol d'une salle de 15 m par 15 m dans la zone des 50 m de profondeur. Le sol est recouvert de petits graviers ronds, noirs et verts, et aucun amarrage en vue pour attacher le fil d'Ariane... Nous continuons dans la même direction pour finalement apercevoir une galerie de 6 m de diamètre. Nous descendons toujours en pente douce, jusqu'à -62 m où nous trouvons un rocher au milieu de la galerie pour attacher notre fil.

Nous prenons une minute pour observer la suite. Il semblerait que nous soyons au point bas du réseau. La galerie continue dans le même axe, à l'horizontale et toujours de grandes dimensions. Mais nous avons atteint la limite de profondeur fixée.

Je lève la topographie au retour et avec Loïc nous opérons un palier de 15 minutes entre -9 et -6 m. Laurent Me nous attend à l'entrée du S2 et, tous les trois, nous repassons le S1 retrouver l'équipe en surface.

Nous avons passé 60 minutes dans le S2 et ajouté 71 m de développement aux 229 m explorés et topographiés en 2017.

La visibilidad es bastante buena (entre 6-8 metros). El agua tiene el color del té verde de menta, lo que reduce ligeramente el alcance de nuestros focos. Llegamos al término de Vincent, a -35 m. La galería mide 5 metros de ancho por 8-10 de alto. Empalmo el hilo y continuo resiguiendo la pared del lado izquierdo. Al cabo de unos pocos metros dejamos de ver el suelo. Continuamos bajando y las dimensiones de la galería siguen aumentando, siempre en la misma dirección. Por unos instantes nos encontramos en medio del agua, en plena oscuridad, con la sensación de estar en un gran pozo. Finalmente, llegamos al fondo de una sala de 15 metros por 15, en la zona de los 50 metros de profundidad. El suelo está cubierto de cantos redondos, negros y verdes, y sin puntos de anclaje a los que atar el hilo guía. Continuamos en la misma dirección hasta, finalmente, percibir una galería de 6 metros de diámetro. Seguimos descendiendo con una suave pendiente hasta los -62 m y encontrar una roca en medio de la galería a la que fijar nuestro hilo.

Nos tomamos un minuto para observar la continuación. Parece que hemos llegado al punto bajo de la cavidad. Esta sigue en el mismo eje, horizontal, y con grandes dimensiones. Sin embargo, hemos alcanzado la profundidad fijada.

Levanto la topografía de regreso y Loïc y yo realizamos una parada de descompresión de 15 minutos entre -9 y -6 m. Laurent nos espera en la entrada del S2 y, los tres, regresamos por el S1 y nos reunimos con el equipo de superficie.

Hemos permanecido 60 minutos en el S2 y añadido 71 metros de desarrollo a los 229 metros explorados y topografiados en 2017.



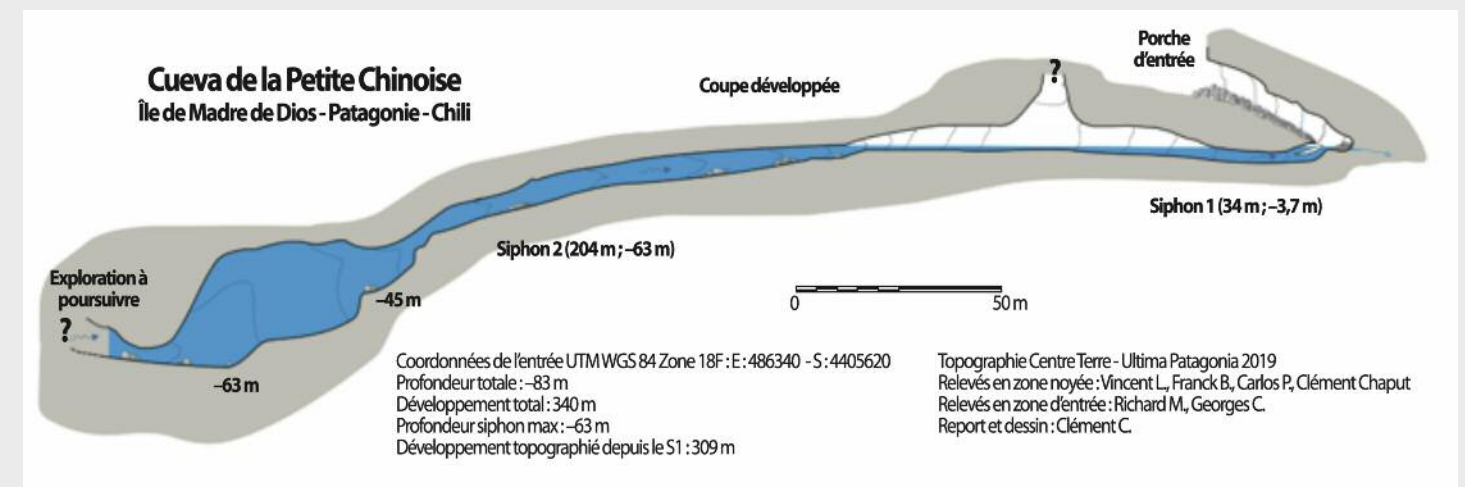
⏪ Laurent Mestre dans la vasque d'entrée de la Petite Chinoise.

⏪ Laurent Mestre en el La mamita de entrada de la Petite Chinoise.

⏪ Retour lourdement chargé après une belle plongée grâce au recycleur.

⏪ Regreso muy cargados tras una bella inmersión gracias a uso del reciclador.

📷 Serge Caillault/©Centre Terre



Le retour

L'expédition se termine. Profitant d'une mer d'huile, les trois bateaux arrivés sur site **le 24 février** se sont ancrés dans le seno que domine le camp de base (qui prendra officiellement le nom de seno Última Patagonia). Au côté du *Don Arturo* s'alignent le *Valparaíso* et le *Yerko*, petit navire de la flotte à la coque déjà bien rouillée.

Le mardi 26 février est consacré au démontage du camp de base et à l'acheminement du matériel sur les bateaux, soit à dos d'homme soit au moyen de la tyrolienne pour les charges les plus lourdes. À la cabane, tout l'équipement sensible : tableau électrique, prises de courant, surpresseur, poêle à bois, chaudière et même évier, sont démontés et embarqués. Nous savons que les lieux seront visités en notre absence et que tout objet ou équipement de la moindre valeur sera dérobé. La porte sera cependant laissée ouverte, pour que la cabane puisse servir de refuge éventuel.

Le 27 février à 11 heures du matin, après avoir démonté le treuil, les trépieds et le câble de la tyrolienne, les amarres des trois bateaux sont larguées. Le *Don Arturo* fait route vers la base de Guarello, où l'équipe va laisser un dépôt de matériel en attente pour la prochaine expédition. Les deux autres embarcations s'engagent dans le canal Trinidad, en direction de Puerto Natales. En chemin, le *Valparaíso* passe récupérer un petit canot pneumatique laissé en janvier à l'entrée du "passage des Indiens". Comme le *Yerko* est le plus lent, un point de rencontre est fixé avant le passage du détroit du Kirke.

Le 28 février au soir, après une navigation tranquille avec des conditions météorologiques parfaites, les deux bateaux atteignent Puerto Bories, le port situé à 6 km de Puerto Natales.

Le vendredi 1^{er} mars à midi, le *Don Arturo* arrive lui aussi à quai. Les soutes des deux premiers bateaux viennent tout juste d'être vidées, et le matériel transporté sur le plateau de la semi-remorque en attente. En moins d'une heure, le contenu du dernier bateau est déchargé et l'équipage repart à vide, pour une ultime mais courte « croisière », vers le port central de Puerto Natales, où le bus les attend. Après un dernier transit à travers la pampa, tout le monde débarque à Punta Arenas où chacun s'entasse comme il peut dans le petit mais chaleureux hostel tenu par Betty.

Le 2 mars, il faut retourner chez le transitaire pour charger le container des dix tonnes de matériel qui repartent vers la France. L'opération s'effectuera sous la pluie, pour changer... le lendemain, l'équipe au grand complet s'envole pour Santiago.

Le lundi 4 mars, l'équipe est accueillie chez Natalia et Wilfredo qui logent en banlieue de Santiago. L'esprit est à la détente après cette longue expédition, qui pour certains aura duré deux mois. Natalia, Bernard, Serge et Luc-Henri finissent de préparer leur intervention du lendemain au Ministère des Biens Nationaux. Un premier tri des photos s'impose pour le

El regreso

La expedición se termina. Aprovechando que la mar está calma, las tres naves, que habían llegado el 24 de febrero, esperan en el seno bajo el campamento base (que, oficialmente, pasará a llamarse seno Última Patagonia). Al lado de la Don Arturo se alinean la Valparaíso y la Yerko, una pequeña lancha con su casco bien oxidado.

El martes 26 de febrero se dedica al desmontaje del campamento base y a cargar el material en los barcos, ya fuese cargando a la espalda o usando la tirolina para los bultos más pesados. En la cabaña, todo el equipamiento sensible (tablero eléctrico, enchufes, bomba, estufa de leña, calentador o incluso el lavaplatos) se desmonta y se embarca. Sabemos que el lugar recibirá visitas durante nuestra ausencia y que cualquier objeto o equipo del más ínfimo valor que dejemos desaparecerá. Sin embargo, dejamos la puerta abierta por si la cabaña pudiera servir de eventual refugio.

El 27 de febrero a las 11h de la mañana, tras haber desmontado el winch, el trípode y el cable de la tirolina, las embarcaciones levantan anclas. La Don Arturo pone rumbo hacia la base de Guarello, donde el equipo dejará un depósito de material a la espera de la próxima expedición. Las dos otras embarcaciones se dirigen hacia el canal Trinidad, en dirección a Puerto Natales. De camino, la Valparaíso pasa a recoger un pequeño bote neumático que se dejó a principios de enero en el punto de acceso al "Paso del Indio". Dado que la Yerko va más lenta, acuerdan reencontrarse en un pequeño puerto antes de cruzar el paso Kirke.

El 28 de febrero por la tarde, tras una tranquila navegación bajo condiciones meteorológicas perfectas, las dos lanchas llegan a Puerto Bories, situado a 6 km de Puerto Natales.

El viernes 1 de marzo a mediodía, la Don Arturo también llega a puerto, justo en el momento en que las bodegas de los primeros dos barcos acaban de vaciarse y el material ha sido cargado en el semirremolque. En menos de una hora, el contenido de la última lancha se descarga y el equipo zarpa de nuevo vacío, esta vez, por una corta travesía hacia el terminal pesquero de Puerto Natales, donde los espera el bus. Tras un último trayecto a través de la pampa, el grupo llega a Punta Arenas, donde cada uno se busca su rincón en el pequeño pero acogedor hostel regentado por Betty.

El 2 de marzo toca regresar al centro logístico para cargar el contenedor con las diez toneladas de material que regresan a Francia. La operación se realizará bajo la lluvia, para variar... Al día siguiente, el equipo de Centre Terre toma el vuelo hacia Santiago.

El lunes 4 de marzo, el grupo pasa el día en casa de Natalia y Wilfredo, a las afueras de Santiago. Son momentos de relax tras esta larga expedición que, para algunos, habrá durado dos meses. Natalia, Bernard, Serge y Luc-Henri acaban de preparar su intervención del día siguiente en el Ministerio

diaporama pendant que Natalia assure la traduction des textes en espagnol.

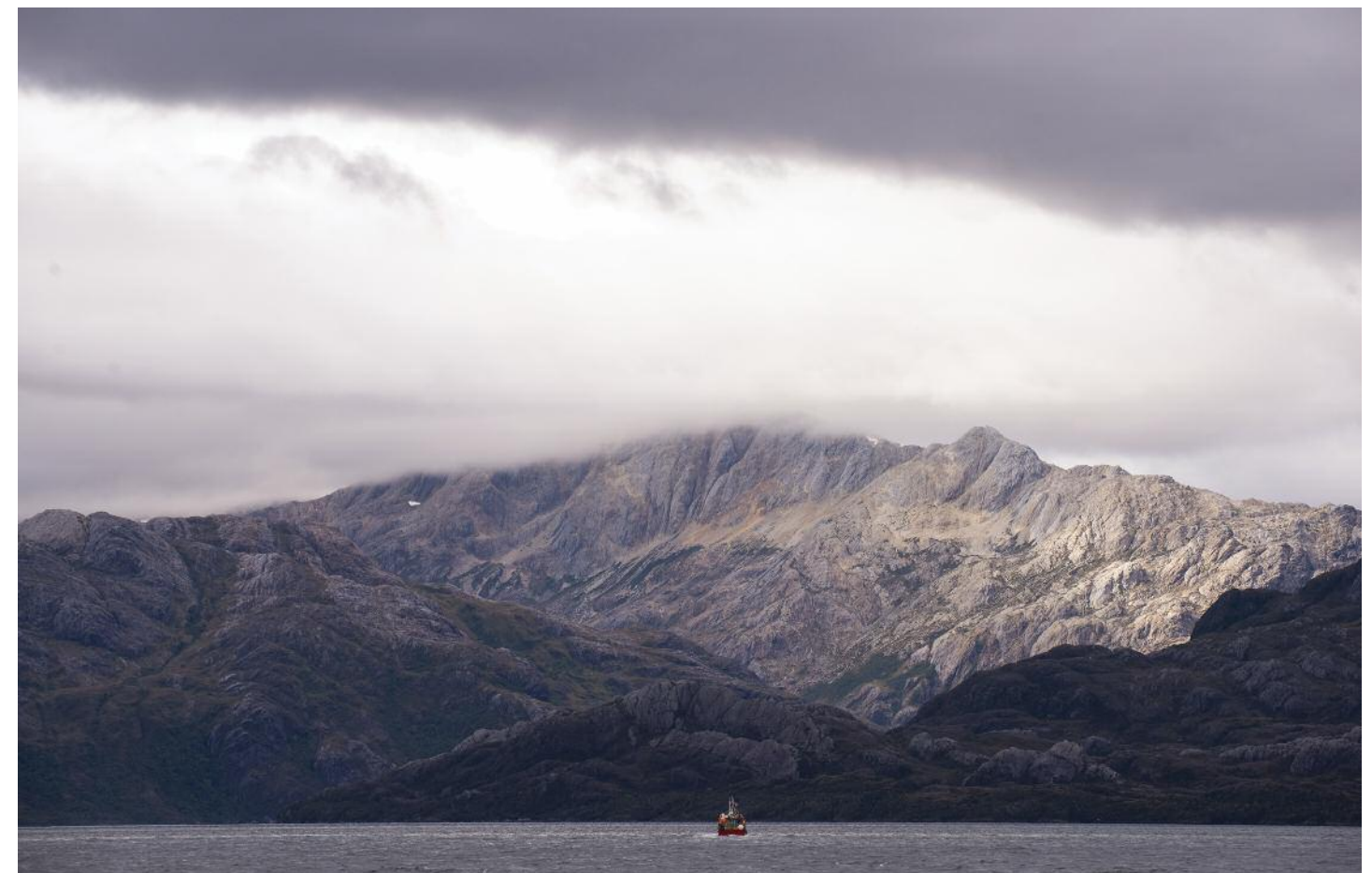
Le lendemain, à 10 heures du matin, l'équipe de Centre Terre est réunie dans la salle de conférences du Ministère des Biens Nationaux, à l'invitation du Ministre Felipe Ward, et en présence de Roland Dubertrand, ambassadeur de France au Chili. Natalia et Bernard prennent successivement la parole et présentent les résultats de l'expédition, en s'attachant à mettre en avant les richesses patrimoniales naturelles de l'île Madre de Dios, et en détaillant nos études scientifiques : karstologie, spéléologie, botanique, microbiologie, archéologie, etc. Puis c'est au tour du Ministre, Felipe Ward de prendre la parole. Il salue le travail de Centre-Terre, réitère le soutien du Ministère aux expéditions à venir et annonce qu'il va proposer la candidature de l'île au Patrimoine mondial de l'Humanité auprès de l'Unesco (cf. page 96). Après la projection « à chaud » d'un petit montage vidéo sur l'expédition, une convention tripartite est signée entre le Ministère, Centre Terre et l'Association Spéléologique de Patagonie, une émanation de Centre Terre dont Natalia est la présidente. Cet accord est une convention de coopération et de collaboration pour les années futures, avec notamment l'attribution d'une concession de plusieurs centaines d'hectares autour de notre base scientifique du Barros Luco, afin d'accompagner officiellement la poursuite des explorations et de l'étude de l'archipel de Madre de Dios par Centre Terre, en lien notamment avec le dossier Unesco.

Le 6 mars, l'équipe décolle de Santiago pour rallier la France.

de Bienes Nacionales. Unos se dedican a hacer una selección de fotos para la presentación y Natalia se encarga de traducir los textos al español.

Al día siguiente, a las 10 horas de la mañana, el equipo de Centre Terre se reúne en la sala de conferencias del Ministerio de Bienes Nacionales, por invitación del ministro Felipe Ward y en presencia de Roland Dubertrand, embajador de Francia en Chile. Natalia y Bernard toman la palabra sucesivamente para presentar los resultados preliminares de la expedición, destacando las riquezas patrimoniales naturales del archipiélago Madre de Dios y detallando los estudios científicos: karstología, espeleología, botánica, microbiología, arqueología, etc. Luego toma la palabra el ministro Felipe Ward, quien elogia el trabajo de Centre Terre, reitera el apoyo del Ministerio a las próximas expediciones y anuncia el inicio de los trámites de postulación del archipiélago Madre de Dios a Patrimonio Natural Mundial ante la UNESCO (cf. a la página 96). Tras la proyección casi "en caliente" de un breve montaje de video sobre la expedición, se firma un convenio tripartito entre el Ministerio, Centre Terre y la Asociación Espeleológica de Patagonia, emanada de Centre Terre y presidida por Natalia. Se trata de un acuerdo de cooperación y de colaboración para los años venideros, que contempla, entre otros, la concesión de varias hectáreas situadas alrededor de la base científica del Barros Luco, con el objetivo de acompañar oficialmente la continuación de las exploraciones y del estudio del archipiélago Madre de Dios por parte de Centre Terre en vistas del proceso de postulación ante las UNESCO.

El 6 de marzo, el equipo despegue de Santiago rumbo a Francia.



▷▷ Le retour sur les canaux de Patagonie, direction Puerto Natales.

▷▷ Regresando por los canales, rumbo a Puerto Natales.

📷 Serge Caillaud/©Centre Terre

Arnauld Malard

Partager nos découvertes est une des valeurs fondamentales de Centre Terre mais aussi une clef essentielle pour la réussite de nos projets d'expédition. En effet, sans effort de communication, il nous serait difficile de susciter l'intérêt de nos partenaires et leur soutien. C'est donc un aspect que nous cultivons à chaque phase du projet; pendant la préparation, sur place lors de l'expédition, puis sur une période de plusieurs mois après notre retour.

À travers nos actions, nous cibons différents publics: la communauté spéléologique, la communauté scientifique, nos partenaires institutionnels, nos partenaires financiers, le public scolaire et le grand public. Pour chacun, nous déployons un programme spécifique de communication en nous appuyant sur notre réseau et en utilisant différents outils.

La communication envers la communauté spéléologique passe par la publication sur le web, en temps réel, d'un journal de bord pendant l'expédition. Tous les trois à quatre jours, nous publions un compte rendu de nos actions, photos et vidéos à l'appui, en deux langues (français et espagnol) qui est ensuite relayé sur les réseaux sociaux. Le site Internet a enregistré plus de 7 000 utilisateurs pour un total de 41 000 pages vues pendant la durée de l'expédition. Après chaque projet, nous diffusons nos résultats dans des magazines spécialisés et publions un rapport d'expédition en deux langues, disponible en version imprimée et en téléchargement sur le web.

En ce qui concerne la communauté scientifique, Centre Terre est soutenue par de nombreuses universités et organismes à caractère scientifique à travers le monde. La communication de nos actions passe par la publication de nos travaux dans des revues spécialisées et des communications lors de colloques ou de conférences internationales. Centre Terre anime aussi un compte Research Gate¹ pour la diffusion de ses travaux. Le cahier scientifique du rapport d'expédition, qui en représente aujourd'hui plus de 50 %, souligne l'importance que nous attribuons à cet aspect.

La communication à l'adresse de nos partenaires institutionnels est tout aussi capitale. Elle concerne principalement le Ministère des Bienes Nacionales avec lequel nous avons signé une convention de partenariat, l'Ambassade de France au Chili, l'Armada de Chile, le gouvernement de la région XII (Magallanes et Territoire Antarctique) et, en France, le Ministère de l'Éducation Nationale qui nous a renouvelé son agrément, nous permettant ainsi de valoriser nos actions envers le public scolaire.

À travers le projet éducatif 2019 (cf. page 46), 100 classes,



Compartir nuestros descubrimientos es uno de los principios fundamentales de Centre Terre y, además, la clave del éxito de nuestros proyectos de expedición. De hecho, sin este esfuerzo comunicativo nos resultaría muy difícil despertar el interés y apoyo de nuestros colaboradores. Por ello, se trata de un aspecto que procuramos cuidar en todas las fases del proyecto: durante la preparación; durante la fase en terreno; y, luego, durante los meses posteriores a nuestro regreso.

Nuestras acciones persiguen distintos públicos: la comunidad espeleológica, la comunidad científica, nuestros partners institucionales, nuestros partners financieros, los escolares y el público general. En cada caso aplicamos un programa específico de comunicación partiendo de nuestra red y usando distintos instrumentos.

A la comunidad espeleológica nos dirigimos durante la expedición a través de la publicación en nuestra web, en tiempo real, de un cuaderno de bitácora. Cada tres o cuatro días publicamos una actualización de nuestras actividades, con fotos y videos de apoyo y en dos lenguas (francés y español), que, luego, se comparte en las redes sociales. La página web ha registrado más de 7 000 usuarios por un total de 41 000 páginas vistas durante la expedición. Tras cada proyecto difundimos nuestros resultados en revistas especializadas y publicamos una memoria de expedición en dos idiomas, que está disponible en versión impresa y para descarga en la web.

soit plus de 2 000 élèves, ont pu suivre l'expédition et participer à des projets périphériques en lien avec diverses thématiques: la science, le sport, la géographie, les langues, les aspects sociaux, etc. Ces ateliers sont animés par des membres de Centre Terre via un forum dédié. Les visioconférences organisées pendant l'expédition sont autant de points forts. Les élèves participent ensuite à un concours qui récompense les productions qu'ils ont réalisées.

Enfin, nous n'oublions pas de communiquer en direction du grand public via des articles dans la presse locale, des expositions et la réalisation d'un film. Celui de cette année, d'une durée de 90 minutes, a été produit par ARTE. Diffusé en prime time le samedi 12 octobre 2019, il a rassemblé près de 900 000 téléspectateurs en France et 500 000 en Allemagne. Le film est disponible sur YouTube en plusieurs langues, ce qui a généré plusieurs centaines de milliers de vues. D'autres projections ont été organisées via les réseaux cinématographiques ou à l'occasion de festivals, en France, au Chili et en Espagne. Sur nos propres moyens, nous avons par ailleurs entrepris le doublage audio du film en espagnol.

Ces actions, qui représentent un investissement considérable, montrent l'importance que Centre Terre attache à la valorisation de ses découvertes. Elles contribuent au rayonnement de l'association et, plus largement, à l'image positive de l'activité spéléologique à travers le monde.

En cuanto a la comunidad científica, Centre Terre cuenta con el apoyo de numerosas universidades y organismos de carácter científico en todo el mundo. La comunicación de nuestras acciones pasa por la publicación de nuestros trabajos en revistas especializadas y en comunicaciones en seminarios y conferencias internacionales. Centre Terre también dispone de una cuenta en Research Gate [1] para difundir sus trabajos. Atribuimos una gran importancia a la difusión científica. Por ello, más del 50 % del presente informe está dedicado al apartado científico.

La comunicación destinada a nuestros colaboradores institucionales es también esencial. Se dirige, principalmente, al Ministerio de Bienes Nacionales de Chile (con quien tenemos suscrito un convenio de colaboración), a la Embajada de Francia en Chile, a la Armada de Chile y al Gobierno Regional de Magallanes y la Antártica chilena. En Francia, al Ministerio de Educación, que nos ha renovado su acreditación, lo que nos permite también compartir nuestras actividades con la comunidad escolar.

En 2019, el proyecto educativo (cf. a la página 46)

ha hecho posible que 100 clases, es decir, más de 2 000 alumnos, hayan podido seguir la expedición y participar en los proyectos periféricos relacionados a distintos temas: ciencia, deporte, geografía, idiomas, aspectos sociales, etc. En estos talleres participan los miembros de Centre Terre a través de un foro especial en nuestra web. Las videoconferencias organizadas durante la expedición son uno de los momentos álgidos. Luego, los escolares pueden participar en un concurso donde se premian los trabajos realizados.

Por último, tampoco descuidamos la comunicación con el público general a través de artículos en la prensa local, exposiciones y la realización de una película. El film de este año, de 90 minutos, ha sido producido por ARTE. Se emitió en prime time el sábado 12 de octubre de 2019, alcanzando casi los 900 000 telespectadores en Francia y 500 000 en Alemania. El film está disponible en YouTube en diversos idiomas y registra varios cientos de miles de visualizaciones. También se han organizado proyecciones en ámbitos cinematográficos y festivales en Francia, Chile y España. Este año, además, con nuestros propios medios, hemos realizado por primera vez el doblaje de la película al español.

Estas acciones, que representan una gran inversión, ponen de manifiesto lo importante que es para Centre Terre compartir nuestros descubrimientos. Con ello, damos a conocer nuestra asociación y, en general, aportamos a la imagen positiva de la espeleología en todo el mundo.

Note 1 : <https://www.researchgate.net/project/Expedition-ULTIMA-PATAGONIA-2019>

1 Prises de vues destinée au film 2019 "Ultima Patagonia". La communication est une activité importante pour partager nos aventures.

2 "Imágenes para la película 2019 "Ultima Patagonia". Comunicar es uno de nuestros principales y constantes objetivos con el fin de compartir nuestras aventuras.

Serge Caillaud/©Centre Terre

SYNTHÈSE DES CAVITÉS EXPLORÉES



Pendant deux mois, l'équipe s'est consacrée à l'exploration de quatre nouvelles zones dans le secteur du Barros Luco de l'île Madre de Dios. Ces prospections ont permis la découverte de plus de 50 cavités, totalisant près de 5 000 mètres de conduits souterrains, dans des conditions d'engagement parfois très rudes...

Dans les siphons, notre équipe de plongeurs a découvert un réseau souterrain noyé de près de 450 mètres de développement qui vient se connecter au système galeries de Punta Blanca, découvert en 2017. Sur les secteurs d'altitude, la palme revient cette année au gouffre Jackpot, exploré jusqu'à la profondeur de 270 mètres. De nombreuses galeries n'ont cependant pas été parcourues. Ce sera un objectif prioritaire pour la prochaine expédition.

Durante dos meses, el equipo se ha dedicado a explorar cuatro nuevas zonas en el sector del Barros Luco en la isla Madre de Dios. Estas prospecciones han permitido descubrir más de 50 cavidades (lo que da un total de 5 000 metros de conductos subterráneos), en condiciones de exploración, en ocasiones, muy difíciles...

En los sifones, nuestro equipo de buzos ha descubierto un sistema subterráneo inundado de casi 450 metros de desarrollo, que llega a conectar con el sistema de galerías de Punta Blanca, descubierto en 2017. En los sectores de altitud, este año la palma se la lleva la sima Jackpot, explorada hasta una profundidad de 270 metros. Sin embargo, siguen quedando numerosas galerías por explorar. Será uno de los objetivos prioritarios de la futura expedición.



△ △ Prospection cotière dans le Barros Luco. / Prospección cotiza en el Barros Luco.

📷 Pilar Orche Amaré/©Centre Terre

📷 Retour d'exploration en fin de journée avec traversée obligatoire de la rivière en crue du soir, glacier du Témpanos. / Retorno de exploración al final del día con travesía obligatoria del río en crecida nocturna, glaciar del Témpanos - △ △ Porche d'entrée de la Punta Blanca avec vue imprenable sur le front Pacifique. / Porche de entrada a la Punta Blanca con impresionantes vistas al frente Pacífico.

📷 Serge Caillault/©Centre Terre

SÍNTESIS DE LAS CAVIDADES EXPLORADAS

Secteur	NON	X (UTM 18S)	Y	Alt.	Dév.	Prof.	Type
ÎLE MADRE DE DIOS							
Sumidero	Gouffre Lagrimas	484396	4447498	350	355	150	Gouffre
Sumidero	Gouffre de l'Arche	486742	4448369	15	15	15	Perte
Altitude 3	Cueva Barachos	485779	4445842	375	10	8	Gouffre
Altitude 3	Cueva Caliza	485808	4445794	370	200	100	Gouffre
Altitude 3	En désespoir de cause	485651	4445694	384	40	40	Gouffre
Altitude 3	P10	486410	4445941	414	10	10	Gouffre
Altitude 3	Petite Grotte	485737	4445148	278	20	6	Grotte
Altitude 3	Gouffre Halal	485812	4445780	-	128	105	Gouffre
Altitude 3	Gouffre à l'Ail	485537	4445627	359	71	46	Gouffre
Altitude 3	Gouffre ma Première	485587	4445498	319	25	25	Gouffre
Altitude 3	Gouffre La Grande Traversée	485584	4445478	319	86	-4, +11	Gouffre
Altitude 3	Cueva de la Merienda	486478	4445928	388	10	2	Gouffre
Altitude 3	Gouffre des Gaugés	485438	4445269	300	102	89	Gouffre
Altitude 3	Gouffre la Pissotière	485816	4445878	360	50	24	Gouffre
Grotte des Trois Entrées Plus Une	Grotte des Trois Entrées Plus Une	485649	4444763	53	3024	-54, +78	Grotte
Grotte des Quatre Entrées Plus Une	Grotte des Quatre Entrées Plus Une	-	-	-	341	-32, +40	Grotte
Punta Blanca	Punta Blanca	478574	4446622	-	3100	-	Grotte
Punta Blanca	Gouffre de la Chatière	485795	4444848	36	120	36	Gouffre
Punta Blanca	Résurgence Hongo	478745	4446553	0	380	29	Résurgence
Punta Negra	PN01	477817	4446753	60	30	10	Gouffre
Punta Negra	PN02	477795	4446685	60	15	15	Gouffre
Grand Cirque	Gouffre Jackpot	482804	4447950	369	987	265	Gouffre
Grand Cirque	PC4 - Perte Cirque 4	482664	4447782	362	20	12	Gouffre
Secteur « petite chinoise »	Résurgence de la Petite Chinoise	486340	4445620	-	340	83	Résurgence
Punta Blanca	Cueva Cascada	478605	4447058	-	230	52	Gouffre
Altitude 3	Paraiso de las duchas	485880	4445791	-	218	133	Gouffre
GLACIER TÉMPANO							
Secteur Nord	Moulin Rêve Bleu	577225	4604263	-	64	32	Perte au contact
Secteur Nord	Perte Saloude	577141	4603383	-	-	-	Moulin de glace
Secteur Nord	Moulin de glace	577289	4604031	122	8	8	Moulin de glace
Secteur Nord	Lac 2	577528	4603955	-	-	12	Plongée sous glaciaire
Secteur Nord	Lac Tic et Tac	577555	4603901	-	-	-	Plongée sous glaciaire
Secteur Sud	Cueva Esperanza	576150	4598655	250	70	25	Perte au contact
Secteur Sud	Fuite Prometteuse	575691	4601178	-	40	22	Moulin de glace
Secteur Sud	Traversée de la Cascade	576183	4600809	-	12	3	Moulin de glace
Secteur Sud	L'abri sous glace	576064	4600782	-	10	2	Moulin de glace
Secteur Sud	Salto del Agua	575588	4601180	-	8	8	Perte au contact
Secteur Sud	Moulin Abou	575786	4601270	-	20	16	Moulin de glace
Secteur Sud	Moulin Tapis Volant	575977	4601227	-	20	15	Moulin de glace
Secteur Sud	Traversée	575925	4601038	-	25	10	Moulin de glace
Secteur Sud	Moulin du Champignon	576005	4597166	-	20	?	Moulin de glace
Secteur Sud	Traversée du méandre 1	577950	4597074	-	30	4	Moulin de glace
Secteur Sud	Traversée du méandre 2	578009	4597133	-	15	2	Moulin de glace
Secteur Sud	Moulin de glace	576724	4597385	-	7	7	Moulin de glace
Secteur Sud	Moulin de la Conception	575986	4597099	-	30	?	Moulin de glace
Secteur Sud	Cueva Tempanos - Entrée 1	575384	4601618	48	190	58	Perte au contact
Secteur Sud	Cueva Tempanos - Entrée 2	575379	4601714	36	-	-	Perte au contact
Secteur Sud	Cueva Tempanos - Entrée 3	575465	4601707	58	-	-	Moulin de glace

MADRE DE DIOS, UN FUTUR BIEN UNESCO

Franz Kroeger Claussen, María Francisca Poblete Araya, Sebastián Seisdedos Morales

Unité de Gestion Territoriale et Patrimoine, Division des Biens Nationaux, Ministère des Biens Nationaux

Unidad de Gestión Territorial y Patrimonio, División de Bienes Nacionales, Ministerio de Bienes Nacionales

Dans sa mission d'administration du patrimoine territorial du Chili, le Ministère des Biens Nationaux (MBN) est habilité à acquérir, administrer et céder les biens de l'État, ainsi qu'à exercer un contrôle supérieur sur les biens nationaux à usage public. Il établit enfin et tient à jour le cadastre des biens immobiliers fiscaux.

Avec plus de 4 300 km du nord au sud, le Chili est le pays le plus long du monde. 54 % du territoire sont placés sous l'administration du Ministère, ce qui représente environ 40,6 millions d'hectares — soit une superficie plus grande que l'Allemagne, ou à peine plus petite que l'état de Californie aux États-Unis. L'État est donc le principal propriétaire foncier du Chili et un acteur majeur tant pour la mise en œuvre des politiques publiques sur le territoire que pour le développement humain, environnemental et productif du pays.

L'étendue des biens considérés compte de nombreux territoires et biens à valeur naturelle et culturelle qu'il est nécessaire d'administrer et de gérer de manière durable, voire dans certains cas, de protéger pour l'usage et la jouissance des générations actuelles et futures. Parmi les biens naturels de l'État, on compte plus de 16 millions d'hectares protégés. Ils représentent 23 des 27 climats de la planète, et présentent d'innombrables paysages, allant du désert aride d'Atacama au nord à l'Antarctique glacé au sud, en passant par des villes, des vallées, des îles, des lacs, des rivières, des montagnes et des volcans... On peut y reconnaître les écosystèmes du désert côtier, du désert continental, de la forêt pluviale tempérée, des fjords et des archipels, ainsi que des environnements de hauts plateaux, de steppe côtière, de forêt et de maquis sclérophylle et de haute steppe andine. Sans oublier les zones humides côtières et de haute altitude, les habitats d'espèces menacées, les oasis de brume, les lieux privilégiés pour l'observation astronomique, les vestiges de forêts primaires indigènes, les grandes masses de forêt tropicale, les chaînes de montagnes, les îles, les bords de rivières ou de lacs et les glaciers...

Ces biens et territoires ouvrent au pays et à la population de nombreuses possibilités de développement durable à court, moyen et long terme, dans les domaines du tourisme, des sciences, de l'éducation, de la culture, de la gestion et de protection des ressources, etc.

En tenant compte de leur valeur patrimoniale, fonction des attributs naturels et/ou culturels, le ministère identifie et sauvegarde des portions du territoire propriété de la nation, en les affectant à la protection, la gestion et l'exploitation durable de leurs ressources. Il s'agit des Biens Nationaux Protégés.

Ce mode de gestion - le Bien National Protégé ou « BNP » - se base sur un principe de partenariat public-privé qui

En su labor de administrar el patrimonio territorial de Chile, el Ministerio de Bienes Nacionales (MBN) tiene las facultades de adquirir, administrar y disponer sobre los bienes del Estado, así como ejercer el control superior de los bienes nacionales de uso público y la formación y conservación del catastro de los bienes raíces fiscales.

En sus más de 4,300 km de longitud, que hacen de Chile el país más largo del mundo, casi el 54 % de su superficie total corresponde al patrimonio territorial que administra este Ministerio. Se trata de poco más de 40,6 millones de hectáreas (superficie más grande que la de Alemania o un poco más pequeña que la del estado de California en Estados Unidos), lo que convierte al Estado en el principal propietario de suelo en Chile y un actor relevante tanto para la implementación de las políticas públicas en el territorio cuanto para el desarrollo humano, ambiental y productivo del país.

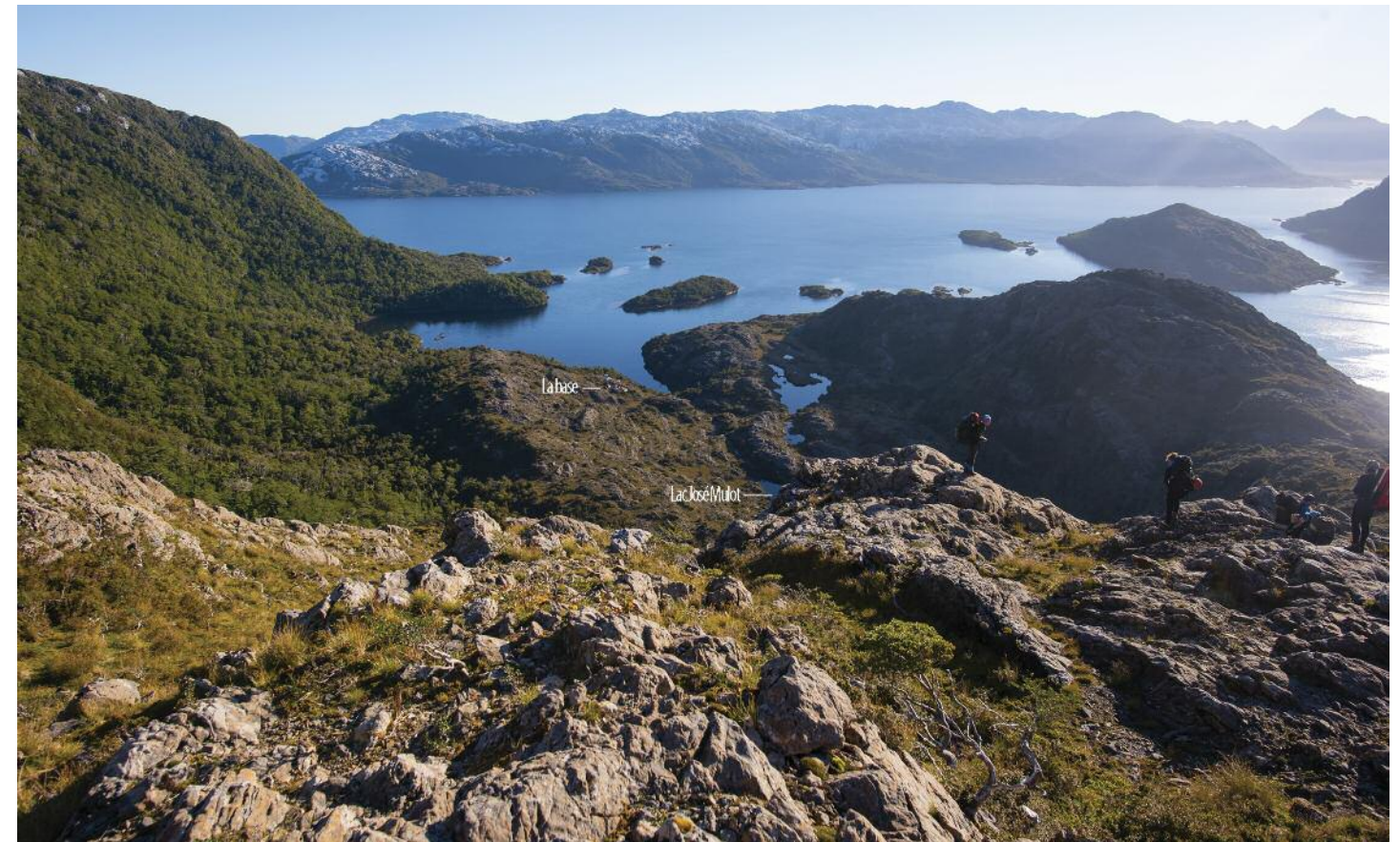
Se trata de una extensión considerable de superficie, territorios y bienes con valor natural y cultural que interesa administrar y gestionar de manera sustentable y, en algunos casos, proteger para el uso y goce de las generaciones actuales y futuras. Entre los bienes naturales del Estado se encuentran más de 16 millones de hectáreas protegidas, que dan cuenta de 23 climas sobre los 27 existentes en el planeta, y de innumerables paisajes, que van del árido desierto de Atacama por el norte hasta la gélida Antártica por el sur, pasando por ciudades, valles, islas, lagos, ríos, montañas y volcanes... En ellos se reconocen ecosistemas del desierto costero, desierto interior, bosque templado lluvioso, fiordos y archipiélagos, así como amplias representaciones en ambientes de altiplano, estepa costera, bosque y matorral esclerófilo y estepa altoandina, sin olvidar los humedales costeros y de altura, hábitats de especies amenazadas, oasis de niebla, cielos privilegiados para la observación astronómica, relictos de bosques nativos, grandes masas de selva húmeda, cajones cordilleranos, islas, bordes de ríos o lagos y cuerpos glaciares.

Su potencialidad está relacionada con las oportunidades que abre al país y a las personas para su desarrollo sostenible en el corto, mediano y largo plazo en materias como el turismo, la ciencia, la educación y cultura, la gestión y protección de los recursos naturales, entre otros.

De este modo, atendiendo su valor patrimonial en cuanto a atributos naturales y/o culturales, el Ministerio identifica y resguarda porciones de territorio fiscal destinándolos con el fin de protección, gestión y manejo sustentable de sus recursos. Es lo que se denominan los Bienes Nacionales Protégidos.

Esta figura de gestión - Bien Nacional Protégido o BNP - se caracteriza por constituir un sistema de asociación público-privada que busca la puesta en valor y uso sustentable del territorio fiscal en el marco del desarrollo sostenible, complementaria al Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE), que contiene Parques

MADRE DE DIOS, FUTURO PATRIMONIO DE LA HUMANIDAD



visé à valoriser et à exploiter durablement le territoire propriété de la nation dans le cadre du développement durable. Il vient en complément du Système National des Aires Protégées de la Faune Sauvage de l'Etat (SNASPE), qui comprend les Parcs Nationaux, les Réserves Nationales et les Monuments Naturels.

La mise en œuvre des Biens Nationaux Protégés a commencé en 2005. À ce jour, ils comptent 61 zones totalisant 615 127 hectares du territoire national, dont environ la moitié est gérée partiellement ou totalement par des acteurs publics ou privés, pour la plupart locaux.

Parmi les territoires et paysages protégés par le système des Biens Nationaux figure l'archipel de Madre de Dios, situé sur la côte pacifique de la Patagonie, dans la province d'Última Esperanza, région de Magallanes et de l'Antarctique chilien. Il se distingue de tous les autres, tant par sa valeur naturelle, géologique et géographique que par sa valeur socioculturelle.

Il s'agit d'un ensemble d'îles, de fjords (senos) et de canaux uniques au monde. En effet, ces îles abritent des formations calcaires karstifiées les plus australes de la planète. Ces îles atteignent par endroit 700 m d'altitude en formant des reliefs typiquement karstiques : plateaux, vallées, poljès, pertes. Ils sont fortement sculptés par les pluies intenses et les vents violents qui règnent à ces latitudes : les cinquantièmes hurlants des marins. Le ministère des Biens Nationaux a reconnu cette valeur exceptionnelle. En 2006, il a classé une grande partie de l'archipel de

Nacionales, Reservas Nacionales y Monumentos Naturales.

Los Bienes Nacionales Protegidos comenzaron a implementarse el año 2005 y, a la fecha, se cuenta con un conjunto de 61 áreas que totalizan aproximadamente 615 127 hectáreas del territorio nacional, aproximadamente la mitad de los cuales hoy se encuentran administrados total o parcialmente por actores públicos o privados, la mayoría de ellos locales.

De entre la variedad de territorios y paisajes que protege el sistema de Bienes Nacionales Protegidos, destaca uno por sobre todos, tanto por su valor natural, geológico y geográfico, cuanto por su valor sociocultural. Se trata del Archipiélago Madre de Dios, localizado en la costa Pacífica de la Patagonia, en la provincia de Última Esperanza, región de Magallanes y Antártica Chilena.

Es un conjunto de islas, fiordos y canales que alberga un tesoro excepcional en el mundo, ya que se trata de las formaciones de caliza karstificada en medio insular más australes del hemisferio sur. Islas que se levantan verticalmente desde las profundidades de los fríos y lluviosos canales patagónicos alcanzando altitudes de hasta 700 metros aproximadamente, configurando relieves como montañas, mesetas y valles, albos, pulidos o fuertemente labrados por las intensas lluvias y fuertes vientos que se desencadenan en los 50° de latitud sur, también conocidos como los 50 Aulladores en la jerga de los navegantes australes.

El Ministerio de Bienes Nacionales ha reconocido este valor excepcional y por ello, en el año 2006, declaró gran parte del

△ Vue du bassin hydrologique où se situe le camp de base de Centre Terre dans le Barros Luco.

△ Vista de la cuenca hidrologica en la que se ubica el campamento base de Centre Terre en el Barros Luco.

📷 Serge Caillaud/©Centre Terre

Madre de Dios comme Bien National Protégé. Mais, compte tenu de sa valeur exceptionnelle, de son statut de laboratoire naturel et de son potentiel de recherche aussi bien en géologie et géomorphologie, que sur la question des glaciations, du changement climatique et des migrations de population dans les canaux et les îles du sud, cet archipel mérite davantage. Il est donc apparu nécessaire sur le plan national et international d'accroître sa reconnaissance en l'inscrivant sur la liste des sites UNESCO comme Patrimoine Mondial du Chili.

L'archipel de Madre de Dios en tant que patrimoine mondial de l'Humanité

Historiquement, la Convention concernant la Protection du Patrimoine Mondial, Culturel et Naturel (UNESCO, 1972) a été ratifiée par le Chili en 1980. Sa principale mission est d'identifier et de protéger le patrimoine naturel et culturel mondial considéré comme présentant une valeur universelle exceptionnelle.

Le principe de la Convention se base sur l'idée que certains lieux ou sites présentent une valeur patrimoniale telle que leur protection n'est pas de la responsabilité d'une seule nation, mais aussi le devoir de toute la communauté internationale; et non seulement pour les générations actuelles mais pour toutes les générations à venir.

Le Chili compte six sites inscrits sur la liste du patrimoine mondial¹. Malgré leur singularité territoriale et la reconnaissance internationale de leurs paysages, ils ont tous été déclarés sites du patrimoine mondial dans la catégorie du patrimoine culturel.

Le Bien National Protégé de l'archipel Madre de Dios regroupe 54 îles et îlots qui totalisent 116 403,18 hectares de paysages vierges et variés, typiques des îles, canaux, fjords et montagnes.

Ces îles ont une valeur exceptionnelle sur le plan paysager, car elles constituent, en régions froides de montagne et zones subpolaires, tant pour leur extension que pour le caractère exceptionnel du type de karst, un des plus beaux et des plus spectaculaires paysages karstiques au monde.

Cette singularité, qui s'explique par les pluies intenses et les vents violents, a donné naissance à des formes uniques de dissolution hydro-éoliennes, comme les "comètes de roche" ou les "béliers de roche", et exceptionnelles par leur taille comme les "champignons". Cette forme particulière de dissolution se manifeste à grande échelle dans des paysages que l'on nomme "glaciers de marbre", dont les attributs esthétiques sont liés à des facteurs géographiques, géologiques et climatiques.

D'autre part, les conditions naturelles particulières ont permis le développement de processus écologiques et biologiques uniques, développés après la fonte et le retrait des glaciers il y a environ 12 000 ans. Ces processus d'évolution et d'adaptation écologique à un environnement insulaire extrême sont illustrés par plusieurs caractéristiques.

Archipiélago Madre de Dios como Bien Nacional Protegido. Sin embargo, dado su valor excepcional, su condición de laboratorio natural y el potencial para la investigación de temas relevantes sobre el origen de la Patagonia, las glacitaciones, el cambio climático y el poblamiento de los canales e islas australes, resulta de importancia nacional y mundial elevar su reconocimiento, inscribiendo el Bien Nacional Protegido en la lista de Sitios del Patrimonio Mundial de Chile ante la UNESCO.

El Archipiélago Madre de Dios como Patrimonio de la Humanidad

La Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural (UNESCO, 1972) fue ratificada por Chile en 1980 y tiene como misión principal identificar y proteger el patrimonio natural y cultural del mundo considerado de valor universal excepcional.

La misión de la Convención se sustenta en la idea visionaria de que algunos lugares o sitios son tan importantes, que su protección no es solo responsabilidad de una única nación, sino también el deber del conjunto de la comunidad internacional; y no solo para esta generación, sino para todas las generaciones venideras.

El país tiene seis sitios inscritos en la lista del Patrimonio de la Humanidad [1]. Sin embargo, a pesar de su singularidad territorial y del reconocimiento internacional de sus paisajes, todos ellos han sido declarados patrimonio mundial en la categoría de patrimonio cultural.

El Bien Nacional Protegido Archipiélago Madre de Dios corresponde a un conjunto de 54 islas que suman 116 403,18 hectáreas de un paisaje prístino y en evolución, configurado por islas, canales, fiordos y montañas.

Estas islas tienen un valor excepcional en relación a la belleza escénica de sus paisajes, ya que constituyen las formaciones kársticas por disolución más bellas y espectaculares conocidas a nivel mundial en regiones frías de alta montaña y zonas subpolares, tanto por su extensión como por la excepcionalidad del tipo de karst.

Esta singularidad, que se explica por las intensas precipitaciones y violentos vientos, ha originado formas de disolución pluvial y pluvio-eólica únicas, como los denominados "cometas de roca" o "carneros de roca" y excepcionales en tamaño como los "champiñones". Esta especial forma de disolución se manifiesta claramente en los llamados "glaciares de mármol", cuyos atributos estéticos se relacionan a factores geográficos, geológicos y climáticos.

Por otro lado, las condiciones naturales excepcionales han permitido el desarrollo de procesos ecológicos y biológicos únicos desarrollados después del derretimiento y retroceso de los glaciares hace aproximadamente 12 000 años. Estos procesos de evolución y adaptación ecológica a un ambiente insular extremo se manifiestan en elementos como: un bosque magallánico prístino único desarrollado sobre caliza (uno de los últimos bosques primarios del planeta), representado por la relación entre la caliza, la geomorfología específica (dolinas,



D'abord, une forêt magellanique vierge sur substrat calcaire — une des dernières forêts primaires de la planète — comportant des espèces végétales, notamment les *Nothofagus*, parfaitement adaptées à la géomorphologie karstique (dolines, fissures, lapiaz, etc.). Ensuite, des niches écologiques spécifiques et divers types de tourbières, notamment sur les pentes. Enfin, une remarquable reconquête biologique post-glaciaire des différents milieux tels que les grottes, lacs, rivières, forêts, falaises, plages, etc.

Un autre aspect important, et qui renforce la richesse patrimoniale de l'archipel, est lié au grand nombre de vestiges archéologiques qui y ont été découverts. Ils sont attribués aux anciens peuples des « canoeros », qui transitaient par l'archipel de Madre de Dios lors de leurs circuits de chasse à travers les canaux de Patagonie. Ce peuple a montré une capacité inégalée d'adaptation culturelle à des environnements et des territoires extrêmes, où règnent des conditions défavorables au développement de la vie humaine. La découverte de peintures rupestres dans la grotte du Pacifique ("Cueva del Pacífico") témoigne de l'importance du site en tant qu'espace symbolique pour les peuples nomades de la région. Il constitue le seul témoignage diachronique et archéologique d'une communauté indigène dont les derniers membres ont été reconnus par l'État du Chili comme des Trésors Humains Vivants.

Dix critères ont été définis pour justifier la valeur universelle exceptionnelle d'un bien selon l'UNESCO : six sont d'ordre

grietas en la roca, depresiones, etc.) y el bosque de Nothofagus; nichos ecológicos específicos; diversas turberas, sobre todo en pendientes; y en una reconquista biológica notable de distintos lugares, como cuevas, lagos, ríos, bosques, acantilados, playas, etc.

Otro aspecto de enorme relevancia y que da cuenta del gran valor patrimonial del sitio corresponde al significativo número de vestigios arqueológicos encontrados, los que se relacionan a los antiguos pueblos canoeros, quienes habrían incluido al Archipiélago Madre de Dios en sus circuitos de navegación y caza por los canales patagónicos, evidenciando una capacidad de adaptación cultural sin igual a ambientes y territorios extremos y con condiciones adversas para el desarrollo de la vida humana. Asimismo, el hallazgo de pinturas rupestres en la denominada Cueva del Pacífico da cuenta del enorme valor del sitio en tanto a espacio simbólico de los pueblos canoeros de la región, único testimonio diacrónico y arqueológico de una comunidad indígena cuyos últimos integrantes han sido reconocidos por el Estado de Chile como Tesoros Humanos Vivos.

Para fundamentar el Valor Universal Excepcional de un bien ante UNESCO existen 10 criterios claramente definidos, seis de los cuales de tipo cultural y los cuatro restantes de tipo natural. De acuerdo con los lineamientos operacionales de implementación de la Convención [2], para presentar una postulación deben cumplirse uno o más de dichos criterios.

△ Le Seno Azul, Madre de Dios.
△ Seno Azul, Madre de Dios.
📷 Richard Maire©Centre Terre

Note 1 : Parque Nacional Rapa Nui (1995), Iglesias de Chiloé (2000), Centro Histórico de la ciudad puerto de Valparaíso (2003), Salitreras Humberstone y Santa Laura (2005), Campamento minero Sewell (2006) y Qhapaq Nan, Sistema Vial Andino (2014).



Note 2 : Operational Guidelines for the Implementation of the World Heritage Convention; World Heritage Centre, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Intergovernmental Committee for the Protection of the World Cultural and Natural Heritage, 10 de julio 2019.

culturel, quatre d'ordre naturel. Conformément aux directives opérationnelles pour la mise en œuvre de la Convention², un ou plusieurs de ces critères doivent être validés pour pouvoir soumettre une candidature.

L'inscription de l'archipel de Madre de Dios sur la liste du patrimoine mondial se réfère à trois des dix critères :

-Critère vii : représenter des phénomènes naturels ou des aires d'une beauté naturelle et d'une importance esthétique exceptionnelles;

-Critère viii : être des exemples éminemment représentatifs des grands stades de l'histoire de la terre, y compris le témoignage de la vie, de processus géologiques en cours dans le développement des formes terrestres ou d'éléments géomorphiques ou physiographiques ayant une grande signification;

-Critère ix : être des exemples éminemment représentatifs de processus écologiques et biologiques en cours dans l'évolution et le développement des écosystèmes et communautés de plantes et d'animaux terrestres, aquatiques, côtiers et marins.

La nomination du Bien National Protégé de l'archipel Madre de Dios au Patrimoine Mondial de l'UNESCO doit suivre différentes étapes. La première implique que l'État membre de la Convention inscrive le site sur la Liste Indicative. Cette liste présente l'inventaire des biens qu'un pays considère comme susceptibles d'être proposés pour

La inscription en la lista del patrimonio mundial del Bien Nacional Protegido Archipiélago Madre de Dios apela a tres de los diez criterios :

-Criterio vii) Representar fenómenos naturales o áreas de belleza natural e importancia estética excepcionales;

-Criterio viii) Ser ejemplos eminentemente representativos de las grandes fases de la historia de la tierra, incluido el testimonio de la vida, de procesos geológicos en curso en la evolución de las formas terrestres o de elementos geomórficos o fisiográficos significativos;

-Criterio ix) Ser ejemplos eminentemente representativos de procesos ecológicos y biológicos en curso en la evolución y el desarrollo de los ecosistemas terrestres, acuáticos, costeros y marinos y las comunidades de vegetales y animales.

La postulación del Bien Nacional Protegido Archipiélago Madre de Dios como Sitio del Patrimonio Mundial ante UNESCO debe seguir y cumplir con distintas etapas. La primera etapa consiste en que el Estado miembro de la Convención inscribe el Sitio en lo que se denomina la Lista Tentativa. Esta corresponde a un inventario del país con los bienes que considera susceptibles de ser nominados a la Lista del Patrimonio Mundial en los próximos años. Para que las postulaciones de los países de nuevos Sitios al Patrimonio Mundial sean consideradas, es requisito que, previo a su candidatura, estén al menos un año en ella.

Una vez recibida la Lista Tentativa del país, ésta es revisada por el Centro del Patrimonio Mundial y registrada, siendo

inscripción sur la liste du Patrimoine Mondial dans les années à venir. Pour que les candidatures des pays à de nouveaux sites du Patrimoine Mondial soient prises en considération, ceux-ci doivent être inscrits sur la liste depuis au moins un an avant la candidature.

Une fois que la Liste Indicative du pays est reçue, elle est examinée par le Centre du Patrimoine Mondial et enregistrée, puis présentée au Comité du Patrimoine Mondial lors de sa session annuelle.

Dix ans après sa déclaration comme Bien National Protégé, le Ministère des Biens Nationaux a constaté, à la lumière de nouvelles informations, la valeur très importante de ce territoire, justifiant d'augmenter sa reconnaissance dans le monde entier. Il a mis en place un groupe de travail qui a préparé un premier projet de dossier technique à inclure dans la Liste Indicative du Chili. En 2018, cette initiative a été reprise avec force; elle a été définie comme emblématique parmi les actions du ministère, notamment dans la région de Magallanes et de l'Antarctique chilien. Ainsi, le dossier a été mis à jour avec l'identification de ses valeurs universelles exceptionnelles, en le renvoyant aux points de référence chiliens pour la Convention: le ministère des Affaires étrangères et le ministère des Cultures, des Arts et du Patrimoine, faisant ainsi avancer l'initiative vers sa prochaine étape.

Une fois que le Bien National Protégé de l'archipel de Madre de Dios sera inscrit sur la Liste Indicative du Chili, la seconde étape pourra démarrer; elle consiste à préparer et à rédiger le dossier de proposition d'inscription du bien au Patrimoine Mondial.

En sa qualité d'administrateur du territoire propriété de la nation protégé, le Ministère des Biens Nationaux est chargé de diriger et de mener à bien le processus de candidature. Pour gérer le site durablement, des actions de médiation et de recherche ont été prévues, avec la participation d'autres acteurs locaux, régionaux et nationaux. Trois organes complémentaires de collaboration et de travail ont été mis en place. Un Comité interministériel³ assure la coordination entre les différents services publics concernés. Ensuite, un Comité consultatif indigène intègre les points de vue des représentants des communautés, des groupes indigènes régionaux et du Conseil de la Corporation Nationale de Développement indigène. Enfin, un Comité consultatif de la Société Civile comporte des représentants des universités, des centres de recherche et des organisations non gouvernementales.

Avec ces actions, nous espérons faire progresser la reconnaissance de notre patrimoine national à valeur universelle exceptionnelle, en déclarant le premier site du Patrimoine Mondial Naturel du Chili, et certainement le plus austral de la planète.

posteriormente presentada al Comité del Patrimonio Mundial en su sesión anual.

A diez años de su declaratoria como Bien Nacional Protegido, el Ministerio de Bienes Nacionales identificó, a la luz de nuevos antecedentes, el importantísimo valor de este territorio fiscal para elevar su reconocimiento a nivel mundial, convocando a distintos actores públicos a una mesa de trabajo que elaboró un primer borrador de ficha técnica para su incorporación en la lista tentativa de Chile. El año 2018 hemos retomado con fuerza esta iniciativa, la que ha sido definida como emblemática en la gestión del Ministerio, particularmente, de la región de Magallanes y la Antártica Chilena. De esta forma, se actualizó la ficha con la identificación de sus valores universales excepcionales, remitiéndola a los puntos focales de Chile para la Convención, Ministerio de Relaciones Exteriores y Ministerio de las Culturas, Las Artes y el Patrimonio, haciendo avanzar de esta forma la iniciativa a su siguiente etapa.

Una vez inscrito el Bien Nacional Protegido Archipiélago Madre de Dios en la lista tentativa de Chile, se iniciará una segunda etapa, la que consistirá en preparar y redactar el expediente de postulación del bien como Sitio del Patrimonio Mundial.

El encargado de liderar y llevar adelante todo este proceso es el Ministerio de Bienes Nacionales, en su calidad de administrador del territorio fiscal protegido. Para ello se ha previsto una serie de otras acciones que viabilicen la gestión del sitio, acciones de divulgación e investigación y la participación de otros actores locales, regionales y nacionales. Con este propósito se ha considerado la conformación de tres instancias complementarias de colaboración y trabajo: un Comité Interministerial [3] para abordar la coordinación entre los distintos servicios públicos involucrados; un Comité Consultivo Indígena para integrar la visión de los representantes de comunidades y agrupaciones indígenas regionales y del Consejo de la Corporación Nacional de Desarrollo Indígena; y un Comité Consultivo de la Sociedad Civil, donde participen representantes de universidades, centros de investigación y organizaciones no gubernamentales.

Con estas acciones, esperamos avanzar en el reconocimiento de nuestro patrimonio nacional con valor universal excepcional, teniendo el primer Sitio del Patrimonio Mundial Natural de Chile y, probablemente, el más austral del mundo.



◀ Au matin dans la forêt magellanique.

◀ Amanece en el bosque magallánico.

📷 Serge Gaillault/©Centre Terre

▽ Le front Pacifique.

▽ El frente Pacífico.

📷 Jaime Neira©Centre Terre

3 : Presidido por el Ministro de Bienes Nacionales e integrado por los Ministerios de Desarrollo Social, de Relaciones Exteriores, del Medio Ambiente, de las Culturas, las Artes y el Patrimonio, de Defensa Nacional y de Ciencia y Tecnología.

Origine du Ministère des Biens Nationaux et des territoires propriété de la nation



En 1818, le Chili est devenu une nation indépendante. L'État naissant était alors en possession de vastes territoires, à peine cartographiés et maîtrisés. Dès lors, comme d'autres nations relativement jeunes telles que les États-Unis, le Canada ou l'Australie, il dut administrer et mettre en valeur ces vastes territoires vierges et méconnus. Dès ses débuts, l'État chilien a assumé une tâche fondamentale en matière de régime et d'administration foncière. Il a aussi œuvré dans le domaine de la propriété et de la mise en œuvre de politiques et d'instruments visant à promouvoir l'occupation permanente de ces territoires et à favoriser leur développement. L'État a réglementé l'occupation des nouveaux territoires et a organisé leur utilisation, afin de rendre effective leur incorporation au pays, consolidant ainsi la souveraineté nationale.

C'est en 1871 que le ministère des Affaires Étrangères et de la Colonisation a été créé, avec la tâche de promouvoir la colonisation et d'ordonner l'occupation des territoires du sud du Chili. Après 17 ans d'exercice, pendant lesquels il a également assumé l'administration des actifs nationaux (territoires et bâtiments), la conservation du patrimoine et l'exploitation des ressources naturelles, le ministère a été restructuré et renommé ministère des Affaires Étrangères, du Culte et de la Colonisation.

En 1930, suite aux conflits sur la propriété et l'utilisation des terres dans les zones colonisées du sud du pays, le Ministère de la Propriété du Sud a été créé. Il était chargé de la politique d'occupation coloniale au sud du fleuve

Hacia 1818 Chile se independiza como nación y deja de ser colonia. El naciente Estado se encuentra en posesión de vastos territorios, escasamente caracterizados y cartografiados. A partir de entonces, al igual que otras naciones relativamente jóvenes como Estados Unidos, Canadá o Australia, debe administrar y poner en valor estos territorios extensos, prístinos y en gran parte desconocidos.

Desde sus inicios como nación, el Estado de Chile asumió una labor fundamental en materias de tenencia y administración de la tierra, dominio de la propiedad y la implementación de políticas e instrumentos tendientes a propiciar la ocupación permanente e impulsar el desarrollo de estos territorios. Es el Estado el llamado a regular la ocupación de los nuevos territorios y de ordenar los suelos para hacer efectiva su incorporación al país, consolidando de esta manera la soberanía nacional.

Por esta razón, transcurridos los primeros años de la independencia, en 1871, se creó el Ministerio de Relaciones Exteriores y Colonización, cuya tarea fue promover la colonización y ordenar la ocupación de los territorios del sur de Chile. Transcurridos 17 años y asumiendo también la administración de los bienes fiscales (territorios y edificaciones), la conservación del patrimonio y la explotación de los recursos naturales, se reformuló el Ministerio pasando a llamarse Ministerio de Relaciones Exteriores, Culto y Colonización.

Posteriormente, dados los conflictos por la propiedad de la tierra y su uso en las zonas de colonización en el sur del país, se creó en 1930 el Ministerio de la Propiedad Austral. Este tuvo a su cargo las políticas colonizadoras de ocupación

Origen del Ministerio de Bienes Nacionales y los territorios fiscales de la nación

Malleco - frontière traditionnelle des territoires colonisés - jusqu'en Patagonie. C'est ainsi qu'a été créé le Département des Biens Nationaux et de la Colonisation, sous tutelle du ministère récemment formé, qui était chargé de remettre les terres sous sa tutelle aux colons du sud du Chili.

Plus de quarante ans plus tard, le Chili disposait encore de vastes territoires à peine inventoriés et peu peuplés au sud de Puerto Montt, la ville qui marque la frontière sud avec la mythique Trapananda et la Patagonie australe. Afin de promouvoir sa colonisation, le Ministère des Terres et de la Colonisation a été créé en 1977, succédant au Ministère des Biens du Sud, redéfinissant ses fonctions et les adaptant à la nouvelle réalité sociale, économique et politique du pays.

Après une brève existence, il a été restructuré à son tour en 1980, changeant de nom pour devenir l'actuel Ministère des Biens Nationaux, avec pour mission de reconnaître, acquérir, administrer et gérer le patrimoine national de tous les Chiliens, de régulariser les petits biens immobiliers privés, de tenir à jour le cadastre géographique des biens de la nation et de se coordonner avec les autres services de l'État en matière de territoire, pour valoriser au mieux le patrimoine naturel et culturel du Chili.

al sur del río Malleco -tradicional frontera de colonización- extendiéndose hasta la Patagonia. Es así como se creó el Departamento de Bienes Nacionales y Colonización, dependiente del recién formado Ministerio, que estuvo encargado de entregar las tierras fiscales a los colonos del sur de Chile.

Cuarenta y siete años después, en 1977, Chile aún poseía grandes territorios apenas inventariados y escasamente poblados al sur de Puerto Montt, ciudad desde la cual se extiende, hacia el sur, la mítica Trapananda y la Patagonia austral. Para impulsar su colonización, se creó en ese año el Ministerio de Tierras y Colonización como sucesor del Ministerio de la Propiedad Austral, redefiniendo sus funciones y adaptándolas a la nueva realidad social, económica y política del país.

Tras una corta vida, en 1980 se reformula nuevamente, pasando a llamarse con su nombre actual, Ministerio de Bienes Nacionales, con la misión de reconocer, adquirir, administrar y gestionar el patrimonio fiscal de todos los chilenos, regularizar la pequeña propiedad raíz particular, mantener el catastro gráfico de la propiedad fiscal actualizado y la coordinación con otras entidades del Estado en materias territoriales, valorando fuertemente el patrimonio natural y cultural de Chile.

▽ Les lapiatz extraordinaires de Madre de Dios, vers le camp Sumidero II.

▽ Los extraordinarios lapiaces de Madre de Dios, cerca del campamento Sumidero II.

📷 Laurence D'hautefeuille/©Centre Terre





UP2019 : Une somme scientifique au service de la connaissance

UP2019: Un aporte científico al servicio del conocimiento

Stéphane Jaillet, Richard Maire & Arnaud Malard

De janvier à mars 2019, l'expédition Ultima Patagonia 2019 a été le support de nombreuses explorations géographiques et spéléologiques, mais a permis aussi l'accumulation de nouvelles données scientifiques collectées sur le terrain. L'approche scientifique a toujours été au cœur des préoccupations de Centre Terre. Lors de chaque expédition, nous menons de front exploration et recherche dans le but de mieux connaître, de mieux comprendre et de mieux partager. C'est pourquoi nous avons souhaité rassembler ici, dans une partie homogène, les différents travaux de recherche effectués au cours de cette expédition.

Etudier un espace vierge de toute présence humaine, c'est y analyser les processus naturels sans pression anthropique et dans le cadre des grands changements environnementaux actuellement très prégnants à l'échelle planétaire. Les conditions de l'érosion, les processus de la re-

De enero a marzo de 2019, la expedición Última Patagonia 2019 ha servido de base a numerosas exploraciones geográficas y espeleológicas, a la vez que ha permitido acumular nuevos datos científicos, colectados en terreno. Centre Terre siempre ha puesto un especial énfasis en el enfoque científico. En cada expedición abordamos tanto la exploración como la investigación con el objetivo de alcanzar un mayor conocimiento, comprensión y capacidad de compartir lo aprendido. Por ello, esta vez hemos querido reunir en un bloque homogéneo los distintos trabajos de investigación llevados a cabo durante esta expedición.

Estudiar un lugar libre de toda presencia humana significa analizar sus procesos naturales sin presión antrópica y, ello, en el marco de los grandes cambios medioambientales actuales, tan evidentes a escala planetaria. Las condiciones de la erosión, los procesos de reconquista paisajística, los

conquête paysagère, les changements de l'environnement, les traces discrètes de l'homme, sont les thématiques qui ont été abordées au cours de cette expédition. Le projet scientifique était articulé autour de trois axes qui s'éclairent mutuellement: les sciences de la Terre, les sciences du Vivant et les sciences de l'Homme. Il était décliné en projets autonomes portés par les équipes présentes sur le terrain.

Dans le domaine des sciences de la Terre, huit contributions sont présentées. Une synthèse géologique générale est d'abord proposée. Les héritages glaciaires et leur influence sur le karst sont analysés à travers les sites de Punta Blanca et de l'Utero de la Madre. Les enregistrements sédimentaires sont ensuite étudiés: d'abord les stalagmites qui constituent des pistes nouvelles en termes de reconstitutions paléoclimatiques, puis les sédiments lacustres qui offrent de nouvelles recherches en paléo-environnement. Les modalités de la dissolution post-glaciaire sont étudiées avec l'instrumentation des comètes de Tarlton et l'analyse 3D des champignons karstiques de la partie centrale de l'île. Enfin, trois contributions, portant sur la bathymétrie, la dynamique et la fusion glaciaire sont proposées sur le site du glacier Témpanos qui a été, cette année, l'objet d'une investigation spécifique.

Dans le domaine des sciences du Vivant, six études ont été réalisées. Deux d'entre elles concernent la faune de la partie septentrionale de Madre de Dios (oiseaux, mais aussi chauves-souris avec de premiers comptages). Une analyse spécifique des bryophytes est proposée. Regroupant les mousses et les hépatiques, ces plantes sans fleurs ni racines, présentent ici des caractères tout à fait particuliers. Sous terre, des analyses en géomicrobiologie constituent une première investigation dans un domaine novateur. Dans le domaine marin, deux contributions complètent ces études; l'une portant sur le corail rouge des senos de Madre de Dios et l'autre sur la faune du Glacier Témpanos.

Enfin dans le domaine de sciences de l'Homme, une synthèse est proposée, elle permet de revisiter les sites découverts par Centre Terre au cours des vingt dernières années sur l'Archipel de Madre de Dios. Sans fouille archéologique, mais uniquement sur la base de reconnaissance et de documentation, il est déjà possible de comprendre l'importance, la diversité et la répartition de ces implantations humaines du passé.

Au travers de ce cahier consacré aux apports scientifiques, c'est toute la richesse patrimoniale d'un archipel karstique en contexte subpolaire qu'il est ici possible d'appréhender et de comprendre. Les analyses en laboratoire et la valorisation des résultats dans des articles scientifiques restent à conduire. Mais d'ores et déjà on mesure combien cette île est riche sur les plans naturel et humain. Ces quelques travaux participent à la reconnaissance et à la valorisation de ce patrimoine exceptionnel.

cambios del entorno, las discretas huellas del hombre son temas que se han abordado durante esta expedición. El proyecto científico se articuló en diversos proyectos autónomos llevados a cabo por distintos equipos en terreno, todos ellos girando en torno a tres ejes que se retroalimentan: las Ciencias de la Tierra, las Ciencias Naturales y las Ciencias del Hombre.

En el ámbito de las Ciencias de la Tierra, se presentan ocho contribuciones. Se parte con una propuesta de síntesis geológica general. Las herencias glaciares y sus influencias en el karst se analizan a través de los sitios "Punta Blanca" y "Utero de la Madre". Luego, se estudian los registros sedimentarios: las estalagmitas, por ser nuevas pistas en el ámbito de la reconstrucción paleo-medioambiental; y, luego, los sedimentos lacustres, que ofrecen nuevas investigaciones paleo-medioambientales. Las modalidades de disolución postglacial se estudian instrumentando los cometas de Tarlton y mediante el análisis 3D de los champiñones kársticos de la zona central de la isla. Finalmente, se proponen tres contribuciones sobre la batimetría, la dinámica y el deshielo para la zona del glaciar Témpanos que, este año, ha sido objeto de una investigación específica.

En el terreno de las Ciencias Naturales se han realizado seis estudios. Dos de ellos referentes a la fauna de la zona septentrional de Madre de Dios (aves y un primer recuento de murciélagos). Se presenta un análisis dedicado a las briófitas. Este conjunto, que agrupa a musgos y hepáticas, plantas sin flores ni raíces, presentan en este lugar elementos realmente particulares. Bajo tierra, los análisis de geomicrobiología suponen la primera investigación en un ámbito innovador. En el entorno marino, dos contribuciones completan estos estudios: uno sobre el coral rojo de los canales de Madre de Dios; y otro sobre la fauna del glaciar Témpanos.

Finalmente, en el área de las Ciencias del Hombre, se plantea una síntesis que permite visitar los sitios descubiertos por Centre Terre durante los últimos veinte años en el archipiélago Madre de Dios. Sin excavación arqueológica, sino únicamente sobre la base del reconocimiento y la documentación, es posible entender la importancia, la diversidad y la repartición de estos asentamientos humanos del pasado.

Esta memoria dedicada a los trabajos científicos permite percibir y comprender toda la riqueza patrimonial de un archipiélago kárstico en contexto subpolar. Si bien hay en curso análisis de laboratorio y la valoración de los resultados en artículos científicos, ya es posible dimensionar la enorme importancia de esta isla tanto a nivel natural como cultural. Estos trabajos contribuyen al reconocimiento y la puesta en valor de este excepcional patrimonio.

▷▷ Charlotte Honiat effectuant des prélèvements microbiologique sur des sédiments dans l'Utero de la Madre.

▷▷ Charlotte Honiat realizando muestras microbiológicas de sedimentos en el Utero de la Madre.

📷 Serge Caillault/©Centre Terre



Synthèse et nouvelles observations géologiques sur l'île Madre de Dios Recopilación y nuevos antecedentes geológicos de la Isla Madre de Dios

Catherine Huerta 1
Natalia Morata 2,3
Francisco Fuentes 1

1 : Facultad de ingeniería y arquitectura, Universidad Central de Chile, Santiago, Chile.
2 : Association Centre Terre, 25 Rue Louis de Broglie, 31100 Toulouse, France.
3 : Asociación espeleológica de Patagonia, Camino Huallalalón 20220, Lo Barnechea-Santiago, Chile.

L'île de Madre de Dios constitue un environnement karstique qui se distingue par la présence de cavités profondes et de morphologies originales. Les formations géologiques de l'île ont fait l'objet d'études par divers auteurs, et de nouvelles observations ont été effectuées depuis la première expédition de 2000. Au total, les sept expéditions ont été fondamentales pour l'accumulation de connaissances scientifiques dans les différentes disciplines (botanique, zoologie, archéologie et géologie). Près d'une vingtaine de géologues chiliens ont participé à ces expéditions et ramené des informations précieuses. Le travail présenté ici propose une synthèse de ces observations dans la perspective d'offrir une vue d'ensemble cohérente.

La méthodologie se base sur la compilation bibliographique des principales observations géologiques réalisées sur l'île Madre de Dios. Ces informations sont ensuite comparées aux nouvelles observations pour en proposer une synthèse.

L'unité géologique qui nous intéresse principalement est celle des calcaires massifs de Tartlon (CT), reconnaissable par la présence de fossiles (voir Figure 1) et par sa structure géologique complexe qui témoigne d'un haut degré de déformation. Ces calcaires sont fortement karstifiés en raison de leur pureté en carbonate et des fortes précipitations (Maire et al., 1999) et abritent la majorité des grottes découvertes à ce jour.

Les CT sont en contact direct avec les roches du socle préjurassique supérieur qui sont à leur tour pénétrées par

la Isla Madre de Dios ha sido reconocida por ser un ambiente kárstico alojado en la Patagonia chilena, en el que destaca la presencia de profundas cavidades y geoformas. Las unidades y formaciones geológicas presentes han sido definidas por varios autores y estudiadas a lo largo de las expediciones, desde la primera en el año 2000. Estas expediciones han sido fundamentales para desarrollar todo lo que hoy se conoce acerca de la isla desde variadas disciplinas como la botánica, zoología, arqueología y geología. Es por esta razón que en dichas expediciones han participado al menos veinte geólogos chilenos, los cuales han levantado valiosa información. En este sentido, el siguiente trabajo tiene por objetivo recolectar los datos obtenidos con anterioridad y generar una visión unificada de estos.

La metodología consistió principalmente en la recopilación bibliográfica de los antecedentes geológicos que se han levantado con respecto a la isla Madre de Dios, para luego ser comparados con nuevos antecedentes y generar una síntesis de la información.

Basado en lo anterior cabe mencionar que una de las unidades más fascinantes y que causa mayor interés es la unidad Calizas Tartlon (CT), que corresponde a afloramientos de rocas calcáreas masivas, con presencia de fósiles (ver Figura 1) y estructuras geológicas, evidenciando una compleja historia de deformación. Las cavidades se alojan principalmente en esta unidad por la alta tasa de disolución que sufre el karst a causa de las intensas lluvias a las que se enfrenta el archipiélago (Maire et al., 1999).

Las CT se encuentran en contacto con rocas del basamento

les granitoïdes du batholite patagonien (Forsythe et Mpodozis, 1979). Lors de l'expédition de 2006, David Quiroz décrit des affleurements du batholite patagonien dans le secteur nord du seno Contreras, à l'est de l'île. Il précise même qu'il s'agit de roches granodioritiques à grains grossiers à fins, en tout point conformes aux observations faites par Duhart (Duhart et al., 2003). Pendant l'expédition de 2019, des affleurements aux caractéristiques similaires ont été reconnus, notamment sur l'Isla Ramon dont la baie nord montre des intrusions de granodiorites avec la présence d'enclaves.

Forsythe et Mpodozis mentionnent en 1979 l'existence d'un contact entre le CT et le complexe Duque de York (CDY). Ce contact est documenté à l'occasion des différentes expéditions, notamment pendant l'expédition de 2000 à laquelle ont participé les géologues Juan Pablo Lacassie et Paul Duhart. Ceux-ci ont ensuite présenté des travaux conséquents sur les aspects pétrographiques et géochimiques relatifs à l'histoire tectonique de l'île.

Le CDY a fait l'objet de nombreuses études par les géologues participant à l'expédition, en raison du fait qu'il est présent sur les diverses îles composant l'archipel. D'après les informations recueillies, l'unité CDY est principalement observée à l'extrémité nord du seno Contreras. Cette unité se distingue par la présence de structures sédimentaires (stratification, marques de fond, veines de quartz, concentration d'oïdes) et géologiques (plis). Lors de l'expédition de 2019, des observations similaires ont été faites sur des affleurements découverts dans le Barros Luco (Figure 2).

Une troisième unité géologique a été observée. Il s'agit de l'unité du Complexe Denaro (CD) qui comprend des basaltes toléitiques (très riches en silice), des cherts et des

pre-jurásico superior que a su vez están intruidas por los granitoïdes del batolito patagónico (Forsythe y Mpodozis, 1979). En la expedición del año 2006, David Quiroz describe la observación de afloramientos pertenecientes al batolito patagónico en el sector norte del seno Contreras, detallando que corresponden a rocas granodioríticas de grano grueso a fino, concordante con los estudios de Duhart (Duhart et al., 2003). Durante la expedición del año 2019 también se reconocieron afloramientos con estas características, específicamente en la isla Ramón, lugar donde la bahía norte está compuesta por rodados intrusivos granodioríticos con presencia de enclaves.

Forsythe y Mpodozis en 1979 mencionan la existencia de un contacto entre las CT con el Complejo Duque de York (CDY). Posteriormente este contacto es documentado en la mayoría de las expediciones, incluso en el reporte de la expedición del año 2000, en la que participaron los geólogos Juan Pablo Lacassie y Paul Duhart, los cuales presentaron importantes avances en cuanto al estudio petrográfico, geoquímico y con respecto a la historia tectónica de la isla.

El CDY ha sido objeto de estudios de gran parte de los geólogos que han participado en las expediciones debido a que aflora en la mayoría de las islas que conforman el archipiélago. Con la información recopilada se ha logrado concluir que la unidad CDY se observa, principalmente, hacia el extremo norte del seno Contreras. En esta unidad destaca la presencia de estructuras geológicas y sedimentarias tales como pliegues, estratificación, marcas de fondo, vetillas de cuarzo y concentración de ooides. Para esta última expedición se valida la información reconociendo las mismas estructuras sedimentarias en los afloramientos del seno Barros Luco (ver Figura 2).



calcaires. D'après les rapports des expéditions antérieures, cette unité n'apparaît seulement qu'à des endroits très localisés au sud de l'île Madre de Dios. Il n'a pas été possible de l'observer en 2019.

La base scientifique des expéditions 2017 et 2019 se situant dans le secteur du Barros Luco, les observations

Se reconoce una tercera unidad denominada Complejo Denaro (CD), la cual incluye basaltes toleíticos, cherts y calizas. Sin embargo, con los datos recolectados en las expediciones anteriores, es posible mencionar que aflora en sectores muy reducidos en el sector sur de la isla Madre de Dios y que, en la expedición de este año, no ha sido posible su observación.

▽ **Figure 2** : L'unité du Complexe Duque de York observée au Barros Luco ; A) Structure de plissement, B) Veines de quartz.

▽ **Figura 2** : Estructuras presentes en el seno Barros Luco ; A) Pliegue anticlinal en la unidad Complejo Duque de York ; B) Vetillas de cuarzo.

Références / Referencias

- Castillo P, Lacassie J, Augustsson C & Hervé F (2015) Petrography and geochemistry of the Carboniferous-Triassic Trinity Peninsula Group, West Antarctica: Implications for provenance and tectonic setting. Geological Magazine, 152 (4), 575-588. doi: 10.1017/S0016756814000454
- Duhart R, Muñoz J, Tassinari C & Quiroz D (2003) K-Ar Geochronology and Sr and Nd isotopic composition of the Patagonian Batholith in the Madre de Dios Archipelago (50°30'S), Southern Chile. In South American Symposium on Isotope Geology, No. 4, Short Papers: 542-544. Salvador de Bahía
- Forsythe RD & Mpodozis C (1979) El archipiélago de Madre de Dios, Patagonia Occidental, Magallanes: rasgos generales de la estratigrafía y estructura del basamento pre-Jurásico Superior. Revista Geológica de Chile 7: 13-29.
- Forsythe R & Mpodozis C (1983) Geología del basamento pre-jurásico superior en el archipiélago Madre de Dios, Magallanes, Chile. Servicio Nacional de Geología y Minería, Chile. Bol. no 39, p. 63.
- Herve F, Calderón M. & Faundez V (2008) The metamorphic complexes of the Patagonian an Fuegian Andes. Geológica Acta, Vol.6 n°1, 43-53.
- Maire R & toute l'équipe Ultima Patagonia (1999) Les « glaciers de marbre » de Patagonie, Chili. Un karst subpolaire océanique de la zone australe. Karstologia, 33, 25-40.
- Maire R (2014) Géologie de Diego de Almagro. Rapport de l'expédition Ultima Patagonia 2014. Association Centre Terre.
- Quiroz D (2006) Géologie de Madre de Dios. Rapport de l'expédition Ultima Patagonia 2006. Association Centre Terre.

géologiques se sont concentrées autour de ce fjord.

Cette année, des mesures structurales ont été réalisées (stratification, diaclases, failles) afin de d'améliorer la connaissance quant à l'origine et l'évolution de l'île Madre de Dios. L'analyse a été réalisée avec le logiciel Dip version 5.0 qui met en évidence deux orientations prédominantes: N15°E et NE-SO.

À ce stade, il convient de mentionner que l'origine de l'unité CT est associée à l'unité CD. Cette dernière constituait une île intra-océanique permettant le développement d'une plate-forme carbonatée où les CT se sont déposés (Forsythe et Mpodozis, 1983). L'exhumation de cette unité est attestée par la présence de fossiles marins. Par la suite, les calcaires ont été rapidement karstifiés du fait des conditions météorologiques, créant par la même la forte densité de cavernement.

Les observations sur le terrain ont permis de déduire que, sur l'île Madre de Dios, le batholite patagonien émerge plus au nord et à l'est entre le seno Contreras et le Barros Luco. Cette déduction est possible grâce aux données recueillies auprès de tous ceux qui ont contribué au développement des études géologiques dans ce secteur.

Bien que l'unité du Complexe Duque de York ait fait l'objet d'études détaillées, sa relation avec les autres unités doit encore faire l'objet de recherches géologiques.

D'autre part, les études sur l'unité du Complexe Denaro ont été limitées, ce qui réduit l'information sur cette unité. Pour cette raison, des études complémentaires devraient contribuer à sa connaissance et à sa relation avec les Calcaires de Tartlon.

Le fait que les structures géologiques ont des orientations préférentielles vers le nord est cohérent avec les mesures relevées lors des expéditions précédentes. On peut en déduire que ces orientations préférentielles pourrait correspondre à l'une des premières phases de déformation de l'archipel, selon laquelle le cisaillement se produit dans une orientation nord-sud selon Forsythe & Mpodozis (1978).

Pour conclure, soulignons que l'histoire évolutive de l'île Madre de Dios a été enregistrée dans la nature et les déformations des roches qui la composent. C'est pour cette raison que plusieurs géologues se sont montrés disposés à fournir des informations de base pour comprendre son origine. Par ailleurs, lors des prochaines expéditions, on s'attend à ce que de nouvelles études et des techniques innovantes permettent de contribuer à cette thématique.

Durante las expediciones 2017 y 2019, la base científica se situó en el sector del seno Barros Luco, sobre la unidad CDY, por lo que las observaciones se realizaron principalmente en este sector.

En la expedición "Última Patagonia 2019" se obtuvieron mediciones estructurales considerando planos de estratificación, diaclases y fallas, con el fin de aportar a la comprensión del origen e historia evolutiva de la isla Madre de Dios. Para el análisis se utilizó el software Dip versión 5.0, destacando dos orientaciones predominantes para los planos estructurales: N15°E y NE-SW.

Para concluir, cabe mencionar que el origen de la unidad CT mencionada en este resumen se asocia a la unidad CD, la cual constituyó una isla intra- oceánica que dio lugar al desarrollo de una plataforma carbonatada donde se depositaron las CT (Forsythe y Mpodozis, 1983). Por esta razón es que en las CT se reconocen fósiles de origen marinos, que permiten inferir la exhumación de esta unidad. Posteriormente las inhóspitas condiciones climáticas han jugado un rol fundamental en la disolución de esta unidad, dando origen a las cavidades presentes en la isla.

Mediante las observaciones de campo se logró inferir que, en la isla Madre de Dios, el batolito patagónico aflora más hacia el sector norte y oriental entre el seno Contreras y seno Barros Luco. La conclusión anterior fue posible gracias a los datos recopilados de todos quienes han aportado al desarrollo de estudios geológicos en este sector.

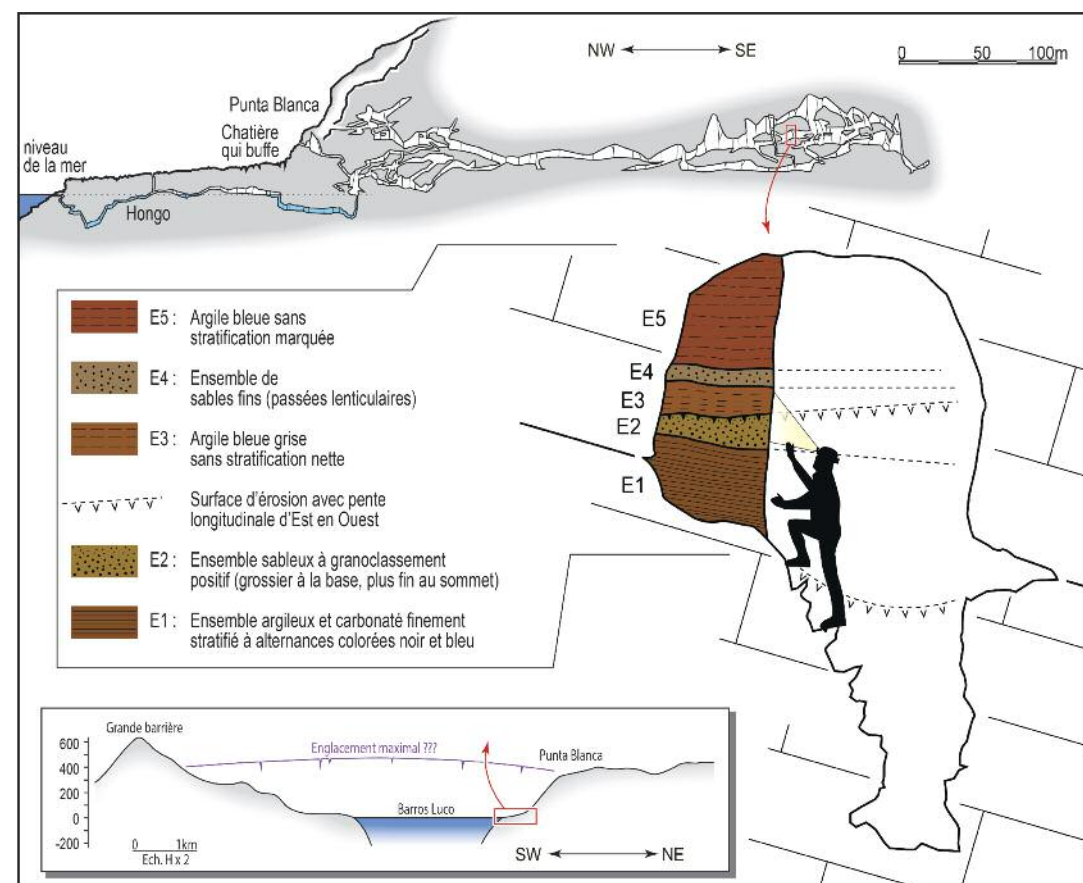
Si bien la unidad Complejo Duque de York ha sido estudiada en profundidad, se sugiere continuar con las investigaciones con el fin de comprender totalmente la relación con las demás unidades.

Por otra parte, los estudios a la unidad Complejo Denaro han sido limitados, lo que reduce la información acerca de esta unidad. Por este motivo es que se invita a realizar estudios que puedan seguir aportando al conocimiento acerca de esta y su relación con el origen de las Calizas Tartlon.

El hecho de que las estructuras geológicas presentes observadas en la isla durante esta expedición posean orientaciones preferenciales hacia el norte es concordante con las mediciones de las expediciones anteriores. De ello se infiere que esta tendencia en las orientaciones podría corresponder a una de las evidencias de la primera fase de deformación del archipiélago, en la que ocurren cabalgamientos dirigidos en orientación norte-sur según Forsythe & Mpodozis (1978).

En conclusión, se puede señalar que la historia evolutiva de la isla Madre de Dios ha quedado registrada en las rocas que la componen. Es por esto por lo que han sido varios los geólogos dispuestos a aportar antecedentes para comprender su origen. Adicionalmente, en las próximas expediciones se espera contar con nuevos estudios y técnicas innovadoras que permitan aportar en esta temática.

Héritages glaciaires et sédimentation détritique endokarstique Legados glaciares y sedimentación detrítica endokárstica



Stéphane Jaillet, Charlotte Honiat, Richard Maire

Un trait majeur des paysages de l'archipel de Patagonie chilienne est l'empreinte des glaciers du passé et les marques laissées par leurs passages. Si les concrétions de grottes sont de bons enregistreurs de périodes généralement interglaciaires, les sédiments détritiques constituent d'excellents marqueurs des périodes froides ou de transition. Lors des expéditions précédentes, nous avons pu identifier plusieurs coupes sédimentaires témoignant d'apport détritiques allochtones: porche de la Moraine (2000), grotte du Masque (2008), Ojo de la Madre (2017), Punta Blanca (2017), et avons choisi de poursuivre les analyses dans cette direction.

Méthode

Cette année, deux sites ont été investis pour un lever de coupe détaillé. Dans la grotte de la Punta Blanca, un secteur avait été identifié en 2017 et il semblait opportun d'y retourner. La cavité qui offre des morphologies de tubes épiphreatiques est très labyrinthique. Elle forme un ensemble peu perché au-dessus du niveau de la mer sur la bordure nord du Seno Barros Luco. Une coupe a pu être identifiée et levée en détail (Figures 1 et 2). Le second site étudié est l'Utéro de la Madre. Là encore, une coupe repérée en 2017 a pu faire l'objet d'un relevé plus détaillé.

Pour chacun de ces sites, nous proposons chaque fois un levé détaillé de la coupe. Des sections de galeries sont de même proposées à l'échelle de la cavité. Des prélèvements

Un rasgo destacado de los paisajes del archipiélago patagónico es la huella de los glaciares del pasado y las marcas dejadas a su paso. Si las concreciones de las cuevas son buenos registros de periodos generalmente interglaciares, los sedimentos detríticos son excelentes marcadores de los periodos fríos o de transición. Durante las expediciones anteriores pudimos identificar varias secciones sedimentarias indicativas de aportes detríticos alóctonos: cueva de la Morrena (2000), cuevas de la Máscara (2008), Ojo de la Madre (2017), Punta Blanca (2017). Por ello, hemos realizado análisis en este sentido.

Método

Este año nos hemos centrado en dos sitios para detallar una sección. En la Cueva de la Punta Blanca se había identificado en 2017 un sector al que parecía interesante volver. La cavidad, que ofrece morfologías de tubos epifreáticos, es muy laberíntica. Forma un conjunto poco elevado con respecto del nivel del mar en el borde norte del seno Barros Luco. Se pudo identificar una sección y hacer un levantamiento detallado (Figuras 1 y 2). El segundo punto escogido fue el Útero de la Madre, donde se pudo realizar un levantamiento más detallado de una sección localizada también en 2017.

En ambos sitios proponemos un levantamiento detallado de la sección. También se proponen secciones de galerías a escala de toda la cavidad. Los muestreos se realizaron en terreno. En el caso de la Punta Blanca, se sacó una muestra

Figure 1: Coupe synthétique de la Punta Blanca et relevé préliminaire au droit de la coupe prélevée. L'ensemble de la coupe a été échantillonné en profilé métallique pour des analyses ultérieures.

Figura 1: Sección sintética de la Punta Blanca y levantamiento preliminar de la derecha de la sección muestreada. El conjunto de la sección ha sido muestreado con un perfil metálico para análisis posteriores.



△ **Figure 2** : La coupe sédimentaire de la grotte de la Punta Blanca est un ensemble alternant des dépôts fins et des dépôts sablonneux. La série témoigne des phases de déglaciation dans le Seno Barros Luco.

△ **Figura 2** : La sección sedimentaria de la Cueva de la Punta Blanca es un conjunto que alterna depósitos finos y depósitos arcillosos. La serie muestra fases de deshielo en el seno Barros Luco.

Richard Maire/©Centre Terre

ont été réalisés sur le terrain. Pour le site de Punta Blanca, l'intégralité de la coupe a été prélevée pour une série d'analyses ultérieures (granulométrie, colorimétrie, géochimie...). Ces analyses complémentaires devraient être conduites en 2020. Elles seront ensuite remises en perspective dans le cadre du fonctionnement passé du secteur lors des phases de recouvrement glaciaire. Pour l'Utéro de la Madre, seul les éléments les plus fins ont été prélevés.

Résultats

Le site de Punta Blanca constitue un enregistreur pertinent à proximité du Barros Luco et à ce titre, un marqueur sans doute majeur de l'englacement et de la déglaciation de ce fjord central de Madre de Dios (Figure 1). La coupe relevée, dans une des galeries, est une série argilo-sableuse d'environ 2 m de hauteur. Des sédiments rythmés fins marquent un environnement de dépôt associant des varves (caractérisant l'influence glaciaire) et des sables francs sur des surfaces d'érosion (caractérisant un apport fluvial très certainement post-glaciaire). Dans le détail cinq unités stratigraphiques, séparées par une surface d'érosion, ont été identifiées. De la base vers le haut, on décrit successivement ces ensembles. A la base, E1 est un ensemble argileux finement stratifié à alternances colorées noir et bleu. Une observation au microscope d'un petit prélèvement de cet ensemble montre la présence d'une farine glaciaire caractéristique sous forme de particules fines de calcite (< 5 µm). Il s'agirait donc ici de varves glaciaires témoignant de conditions de dépôts particulières et d'un apport lié au robutage glaciaire sur les surfaces calcaires. Cet ensemble E1 est surmontée par E2,

de la sección completa para análisis ulteriores (granulometría, colorimetría, geoquímica...). Estos análisis complementarios deberían poder realizarse en 2020. Luego, se contextualizarán en el marco del funcionamiento pasado del sector durante las fases de cobertura glacial. En el caso del Útero de la Madre, solo se muestrearon los elementos más finos.

Resultados

El sitio de la Punta Blanca es un buen registrador cerca del Barros Luco, por lo que seguramente es un marcador importante del congelamiento y deshielo de este fiordo central de Madre de Dios (Figura 1). La sección rescatada en una de las galerías es una serie arcilloso-arenosa de unos 2 m de altura. Los sedimentos rítmicos finos marcan un ambiente de depósito que asocia varvas (propias de un aporte fluvial glacial) y arenas puras en las superficies de erosión (propias de un aporte fluvial muy probablemente postglacial). En concreto, se han identificado cinco unidades estratigráficas, separadas por una superficie de erosión. Se describen estos conjuntos en sentido ascendente desde la base. En la base, E1, hay un conjunto arcilloso finamente estratificado con alternancia de negro y azul. La observación en el microscopio de una pequeña muestra de este conjunto muestra la presencia de harina glacial en forma de finas partículas de calcita (< 5 µm). Se trata, pues, de varvas glaciales que indican condiciones de depósito particulares y de un aporte ligado al cepillado glacial de las superficies calcáreas. Al grupo E1 lo sucede el E2, un conjunto arenoso de granoclasificación positiva (basto en la base y más fino en la parte superior) que indica condiciones de depósito más bien fluviales y una mayor energía de trans-

un ensemble sableux à granoclasement positif (grossier à la base, plus fin au sommet) qui traduit des conditions de dépôts plutôt fluviaux et une énergie de transport plus forte. Une surface d'érosion lui fait suite. Elle marque un ravinement qui suit le dépôt fluvial. Cette surface présente une pente longitudinale d'Est en Ouest conforme aux paléo-écoulements supposés, responsable du dépôt. A la suite, E3 est une argile bleue grise sans stratification nette, témoignant d'une phase de décantation et d'écoulement lent ou nul. Un retour à des conditions fluviales est à noter avec E4, un ensemble de sables fins (passées lenticulaires). Enfin la série se termine avec E5, une argile bleue sans stratification marquée témoignant à nouveau d'une phase de décantation. En l'état cette coupe témoigne de conditions de dépôts alternativement glaciaires, fluviaux et de décantation. C'est typiquement un environnement de déglaciation enregistré ici. Plus au haut en altitude, l'Utéro de la Madre va livrer un enregistrement complémentaire.

L'Utéro de la Madre est une perte qui draine la cuvette glacio-karstique du secteur Sumidero. Cette unité de plusieurs kilomètres carrés est divisée en différents bassins versants drainés chacun par une perte, généralement vers l'ouest pour les plus importantes et vers l'est pour les plus modestes. Du sud vers le nord, on note ainsi: l'Ojo vers l'est, l'Ombigo, la Garganta et l'Utéro vers l'ouest. Dans cette dernière cavité, un dépôt sédimentaire remarquable

porte. Sigue una superficie de erosión, que marca un abarancamiento posterior al depósito fluvial. Esta superficie presenta una pendiente longitudinal de este a oeste correspondiente a las paleo-circulaciones supuestas, responsable del depósito. Luego, E3 es una arcilla azul grisácea sin estratificación neta, lo que indica una fase de decantación y circulación lenta o nula. En E4 se evidencia un regreso a condiciones fluviales con un grupo de arenas finas (huellas lenticulares). Finalmente, la serie finaliza con E5, una arcilla azul sin estratificación marcada que señala de nuevo una fase de decantación. En su estado actual, esta sección muestra condiciones de depósitos alternativamente glaciares, fluviales y de decantación. Es un entorno típico de deshielo registrado aquí. A mayor altura, el Útero de la Madre entregará un registro complementario.

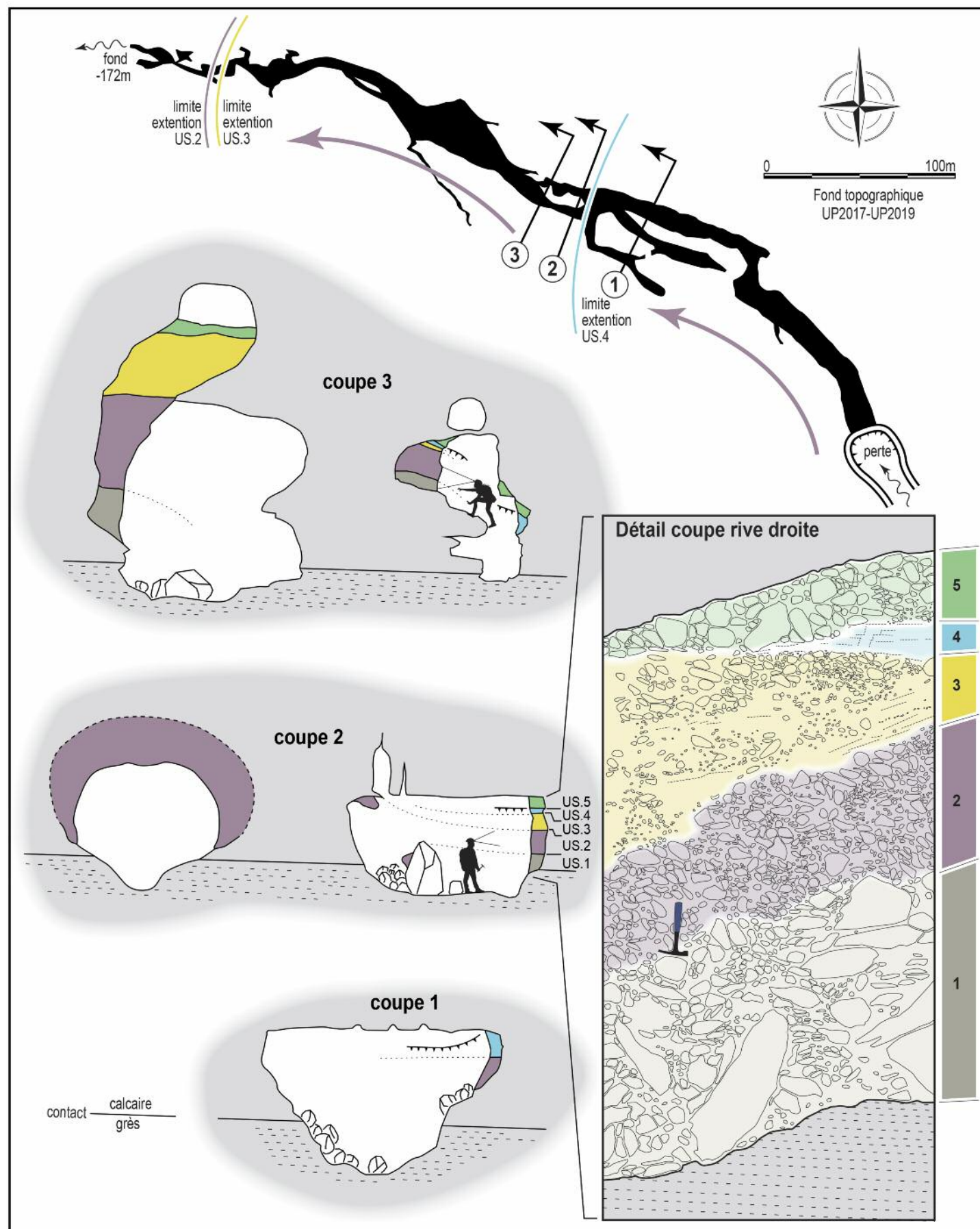
El Útero de la Madre es un sumidero que drena una depresión glacio-kárstica del sector Sumidero. Esta unidad de varios kilómetros cuadrados se divide en diferentes cuencas drenadas cada una por un sumidero, generalmente hacia el oeste para los más importantes y hacia el este para los más modestos. De sur a norte también se encuentran el Ojo (hacia el este), el Ombigo, la Garganta y el Útero (hacia el oeste). En esta última cavidad, se identificó un depósito sedimentario destacable (Figura 3). Se trata de una secuencia detrítica que señala un aporte sedimentario importante en la cavidad. Aquí describimos la sección sedimentaria completa tal y como se pudo identificar a la derecha de la sección 2RD. Esta sección

▽ Observación minuciosa de los conductos activos de l'Utéro de la Madre, Madre de Dios.

▽ Observación minuciosa de los conductos activos del Útero de la Madre, archipiélago Madre de Dios.

📷 Serge Caillault/©Centre Terre





a pu être identifié (Figure 3). Il s'agit d'une séquence détritique témoignant d'un apport sédimentaire important dans la cavité. Nous décrivons ici la coupe sédimentaire complète telle qu'elle a pu être identifiée au droit de la section 2RD. Cette coupe est identifiée plus à l'amont et plus à l'aval, mais de manière lacunaire soit parce que l'extension spatiale des dépôts n'a pas permis leur mise en

se identifica también en zonas superiores e inferiores, pero de manera incompleta ya sea porque la extensión espacial de los depósitos no ha permitido que se crea o bien porque la erosión reciente ha lavado el conjunto del cuerpo sedimentario y queda solo, aquí y allá, algunos restos que pueden relacionarse al conjunto cuando se ha podido abarcar la geometría del depósito.

place, soit parce que l'érosion récente a lessivé l'ensemble du corps sédimentaire et il ne subsiste que çà et là que quelques restes qu'il est possible de rattacher à l'ensemble lorsque la géométrie du dépôt a pu être comprise.

US1 : La base de la séquence est composée de blocs calcaires décimétriques à pluri-métriques. Ces blocs autochtones proviennent du démantèlement du plafond et des parois. Ils témoignent d'une phase d'incision importante de la cavité avec affouillement des grès du complexe Duque de York, au droit du contact avec les calcaires ici sus-jacents. Cette simple observation montre que la cavité avait déjà acquis des dimensions proches de l'actuel avant la pénétration du cône fluvio-glaciaire intrakarstique. Notons par ailleurs qu'au départ, la cavité ne devait être qu'un ensemble de conduits aux dimensions modestes (métrique), se développant uniquement dans les calcaires, proche du contact et que c'est par érosion régressive que le volume a atteint ses dimensions importantes, le conduit pouvant dépasser 20 à 30 m de large et une dizaine de mètre de hauteur.

US2 : Il s'agit d'un ensemble de galets centimétriques à décimétriques mal triés et à matrice de graviers et de sables. Les galets semblent tous allochtones. Un prélèvement a été effectué pour une identification plus poussée. La séquence n'est pas bien reconnue dans la partie amont où elle doit être inframétrique. Dans la partie centrale de la cavité, elle dépasse plusieurs mètres d'épaisseur. Dans la partie aval, elle est très largement érodée et ne subsiste qu'en placage çà et là. L'ensemble est très compacté et l'induration est de 1 à 2, malgré l'absence de ciment secondaire. Dans la partie centrale de la cavité, la cohésion est telle que le dépôt subsiste en surplomb au-dessus des écoulements actuels. Il est tentant de rattacher ce niveau de cohésion à une forte compaction du dépôt soit lors de sa mise en place soit après. Il s'agit ici d'un ensemble de type lave torrentielle (débris-flow) que nous proposons de rattacher en première approximation à un dépôt en masse de type fluvio-glaciaire, possiblement immédiatement contemporain d'une phase de retrait glaciaire donc assez proche d'un point de vue temporel de l'extension spatiale maximale des glaces. Cette unité scelle évidemment les blocs de l'US1 et il est possible de reconnaître des placages US2 assez profondément dans la cavité.

US3 : Surmontant l'US2 sans surface de séparation nette, cette unité est un ensemble de galets mal triés et de passées argilo-sableuse stratifiées d'une dizaine de centimètres d'épaisseur. Les deux ensembles sont plus ou moins inter-stratifiés dans une logique amont-aval et sans doute en latéral, ce qui n'a pas été possible de reconnaître précisément, l'érosion actuelle ayant évacué une très importante partie des unités. La limite amont de cet

US1 : La base de la secuencia está compuesta por bloques calcáreos de decimétricos a plurimétricos. Estos bloques autóctonos provienen del desmantelamiento del techo y las paredes. Indican una fase de incisión importante de la cavidad con socavado de las areniscas de Duque de York a la derecha del contacto con las calizas, aquí, adyacentes. Esta simple observación muestra que la cavidad ya había alcanzado dimensiones cercanas a las actuales antes de la penetración del cono fluvio-glaciaire intrakarstico. Nótese, además, que al principio la cavidad seguramente era solo un conjunto de conductos de modestas dimensiones (métrica) que se desarrollaban solo en las calizas, cerca del contacto, y que el volumen alcanzó sus grandes dimensiones actuales (que en ocasiones supera los 20-30 metros de ancho por unos diez metros de alto) por la erosión regresiva.

US2 : Se trata de un grupo de cantos rodados de centimétricos a decimétricos desordenados y con matriz de grava y arena. Los cantos rodados parecen ser todos alóctonos. Se efectuó un muestreo para una identificación más pausada. La secuencia no se distingue bien en la parte superior, donde deber ser inframétrica. En la zona río abajo está muy erosionada y solo permanece como revestimiento aquí y allá. El grupo es muy compacto y la induración es de 1 a 2, pese a la ausencia de cemento secundario. En la parte central de la cavidad, la cohesión es tal que el depósito subsiste en voladizo sobre los flujos actuales. Es tentador relacionar este nivel de cohesión con una fuerte compactación del depósito, ya sea durante su formación o después. Se trata de un grupo de tipo lava torrencial ("debris-flow") que, como primera aproximación, proponemos relacionar con un depósito en masa de tipo fluvio-glaciaire, posiblemente inmediatamente simultáneo a una fase de retirada de los hielos, por tanto, muy cercana desde un punto de vista temporal a la extensión espacial máxima del hielo. Esta unidad sella evidentemente los bloques de US1 y se pueden reconocer los revestimientos US2 a mucha profundidad en la cavidad.

US3 : Coronando el US2 sin superficie de separación neta, esta unidad es un conjunto de cantos rodados desordenados de traza arcilloso-arenosa estratificada de unos diez centímetros de espesor. Los dos grupos están más o menos interestratificados en una lógica río arriba-río abajo y probablemente lateral, lo que no ha podido identificarse con precisión, porque la erosión actual ha evacuado gran parte de las unidades. El límite río arriba de este grupo de un metro más o menos de dispersión no se ha podido determinar con precisión. Río abajo, la unidad persiste en forma imprecisa y degradada y se confunde con los restos del US2 descrito anteriormente. A primeras, esta unidad presenta un carácter fluvial más marcado que antes. Esto no se traduce en una menor granulometría o en una organización más nítida de los depósitos, sino en intercalaciones sedimentarias de lentes de arcilla bien ordenadas y en las huellas de grava un poco más homogéneas. Este grupo

◀◀ **Figure 3 :** Série de coupes et levé détaillé des unités stratigraphiques dans l'Utéro de la Madre. Les différentes unités stratigraphiques identifiées montrent la complexité d'un dépôt qui témoigne d'un apport probablement contemporain d'une phase de retrait glaciaire.

◀◀ **Figure 3 :** Série de secciones y levantamiento detallado de las unidades estratigráficas en el Utéro de la Madre. Las diferentes unidades estratigráficas identificadas muestran la complejidad de un depósito que indica un aporte probablemente contemporáneo a una fase de deshielo. Croquis Stéphane Jaillet

ensemble d'un mètre de commandement environ n'a pu être reconnue précisément. Vers l'aval, l'unité subsiste sous forme lacunaire et dégradé et se confond avec les restes de l'US2 précédemment décrite. En première approximation, cette unité présente un caractère fluvial plus marqué que précédemment. Cela ne se traduit pas par une réduction de la granulométrie ou par une organisation plus nette des dépôts, mais par des intercalations sédimentaires de lentilles sableuses bien triées et par des passées graveleuses un peu plus homogène. Cet ensemble atteint le plafond de la cavité à son point d'inflexion, vers le secteur de la coupe n° 2. Cela veut dire qu'au-delà de ce point, vers l'aval, toute la cavité a été comblée, du sol au plafond par les unités 1, 2, et 3.

US4: Une série argileuse se met alors en place. Plastique, grise à bleue, sans stratification apparente, cette unité se termine en biseau, en contact avec le plafond, au droit de la coupe n° 2 là où justement l'unité inférieure (3) vient en contact avec le toit de la cavité. Vers l'amont, l'US4 peut être suivie et son épaisseur semble dépasser les 2 à 3 mètres sans certitude précise tant l'ensemble des dépôts est aujourd'hui érodé et évacué. Un échantillon de cette argile a pu être prélevé pour une identification ultérieure. Nous attribuons cette unité à une phase de comblement total de la cavité, marquée par des écoulements lents et un régime de décantation. Il n'y a alors plus de matériel grossier qui occupe la cavité et il est très probable que la perte - et par extension la cuvette qui l'alimente - soient alors dans une situation de mauvais drainage karstique. Il n'a cependant pas été possible de reconnaître à l'extérieur des restes qui témoigneraient d'un fonctionnement de type lacustre de la cuvette. La partie supérieure de cette unité est tronquée par une surface d'érosion, identifiée essentiellement dans la partie aval là où justement se termine la séquence. Cette US4 et la surface d'érosion sont scellées par l'unité suivante.

US5: Une série détritique plus grossière, composée de galets hétérométriques (2 à 20 cm), allochtone, mais aussi autochtone (calcaire) vient sceller la surface d'érosion précitée dans les rares secteurs où elle a pu être reconnue. Cette série discontinue et essentiellement identifiée au droit de la coupe n° 2 témoigne d'une reprise d'activité des écoulements souterrains et d'une augmentation de la compétence. Nous attribuons cette série au début de la phase d'incision de la série sédimentaire 1, 2, 3, et 4 et la mise en place d'un dépôt fluvial discontinu.

Conclusion

Ces ensembles sédimentaires détritiques, identifiés ici dans deux cavités majeures de la zone nord de Madre de Dios, constituent des témoins précieux des phases glaciaires anciennes. Les analyses à venir et une meilleure intégration de ces dépôts dans un cadre chronologique permettra de mieux contraindre ces phases d'extension glaciaire. Malheureusement dans l'immédiat, elles n'offrent pas de possibilités de datations absolues, même si des pistes (datations OSL) seraient pertinentes ici.

alcanza el techo de la cavidad en su punto de inflexión, hacia el sector de la sección n° 2. Esto significa que, más allá de este punto, río abajo, toda la cavidad estuvo colmatada, desde el suelo hasta el techo, por las unidades 1, 2 y 3.

US4: Aparece una serie arcillosa. Plástica, de gris a azul, sin estratificación aparente, esta unidad termina en biseal, al contacto con el techo, a la derecha de la sección n° 2, justamente donde la unidad inferior (3) llega al contacto con el techo de la cavidad. Río arriba, el US4 puede seguirse y su espesor parece superar los 2-3 metros sin seguridad, dado el nivel de erosión y evacuación del conjunto de los depósitos. Se pudo sacar una muestra de esta arcilla para una identificación posterior. Atribuimos esta unidad a una fase de relleno total de la cavidad, marcada por las circulaciones lentas y un régimen de decantación. Ya no hay más material basto que ocupe la cavidad y es muy probable que el sumidero y, por extensión, la depresión que la alimenta, estuvieran entonces en una situación de mal drenaje kárstico. Sin embargo, no ha sido posible reconocer en el exterior restos que indiquen un funcionamiento de tipo lacustre de la depresión. La parte superior de esta unidad está truncada por una superficie de erosión, identificada esencialmente en la parte inferior donde, justamente, se termina la secuencia. Esta US4 y la superficie de erosión están selladas por la unidad contigua.

US5: Una serie detrítica más basta, compuesta por cantos rodados heterométricos (de 2 a 20 cm), alóctona y también autóctona (caliza) sella la superficie de erosión anteriormente descrita en los raros sectores donde es reconocible. Esta serie discontinua y esencialmente identificada a la derecha de la sección n° 2 indica una reanudación de la actividad de las circulaciones subterráneas y un aumento de la capacidad de desplazar elementos. Atribuimos esta serie al inicio de la fase de incisión de la serie sedimentaria 1, 2, 3 y 4 y la aparición de un depósito fluvial discontinuo.

Conclusión

Estos grupos sedimentarios detríticos, identificados en las dos cavidades grandes de la zona norte de Madre de Dios, son testigos preciosos de antiguas fases glaciares. Los futuros análisis y una mejor integración de estos depósitos en un marco cronológico permitirán situar mejor estas fases de extensión glacial. Por desgracia, por el momento no dan la posibilidad de dataciones absolutas, aunque pistas (dataciones OSL) serían pertinentes en este caso.



▷▷ L'ensemble sédimentaire intrakarstique de l'Utéro de la Madre est un corps sédimentaire complexe qui associe des brèches, des dépôts fluviaux et de décantation.

▷▷ El grupo sedimentario intrakárstico del Utéro de la Madre es un cuerpo sedimentario complejo que asocia coladas de restos, depósitos fluviales y decantación.

📷 Serge Caillault/©Centre Terre

Le climat passé de Madre de Dios à partir de l'étude des spéléothèmes

El clima pasado de Madre de Dios a partir del estudio de espeleotemas

Charlotte Honiat, Stéphane Jaillet, Richard Maire, Christoph Spötl, Denis Morales, Jean-Marc Honiat, Bernard Tourte, Lionel Ruiz, Stéphane Maiffret, R. Larry Edwards

Introduction

La paléoclimatologie est l'étude des climats anciens. Cette science s'est développée ces dernières décennies notamment grâce à l'analyse des carottes de glace en Antarctique et des carottes de sédiments océaniques. Aujourd'hui l'intérêt d'obtenir de nouvelles archives pour préciser les enregistrements déjà existants est primordial. Les stalagmites (une catégorie de spéléothèmes) que l'on trouve dans les grottes sont les archives terrestres présentant la plus haute résolution connue à ce jour pour l'enregistrement de l'évolution du climat car elles se situent à l'abri de l'érosion externe.

Les spéléothèmes se forment à l'intérieur des grottes à la suite de plusieurs réactions chimiques. C'est l'eau de pluie enrichie en CO₂ atmosphérique et biopédologique, donc assez acide, qui va pouvoir dissoudre le calcaire. L'eau va s'infiltrer préférentiellement le long des fractures déjà existantes et avec le temps former des conduits, salles ou chambres. Le plus souvent, la pression partielle de CO₂ (le nombre de molécule de CO₂ contenu dans l'air) est plus basse dans les vides souterrains : et lorsque l'eau arrive au plafond, le CO₂ qu'elle contient s'échappe et la calcite précipite. C'est l'accumulation de cette calcite en couche très fine ou lamine qui va former les spéléothèmes avec le temps. Ils peuvent prendre la forme de stalactites au plafond, stalagmites au sol, ou coulées stalagmitiques sur les parois. Les spéléothèmes renferment des informations précieuses sur le climat du passé à travers l'analyse des isotopes stables de la calcite (CaCO₃) par exemple. Les isotopes sont le même élément chimique (par exemple, l'oxygène) mais avec une masse atomique différente (par exemple, 160 est l'isotope léger et 180, l'isotope lourd). Les isotopes lourds et légers ont des comportements physiques différents. Ainsi, le rapport entre les deux donne des informations indirectes sur l'origine des précipitations qui tombent au-dessus de la grotte et/ou la température dans le cas de l'oxygène, et sur l'absence ou la présence de végétation pour le carbone.

Objectifs/Motivation

Les enregistrements paléoclimatiques à partir de spéléothèmes aux hautes latitudes sud sont rares et ne concernent que l'Holocène (Schimpf et al., 2011). Par conséquent, les objectifs de cette étude sont la recherche d'archives terrestres pour la Patagonie plus vieilles que l'Holocène et obtenir les premières contraintes du paléoclimat local.

Avant notre départ nous avons fait un inventaire des spéléothèmes déjà en notre possession, et évalué leur

Introducción

La paleoclimatología es el estudio de los climas pasados. Esta ciencia se ha desarrollado en las últimas décadas gracias al análisis de testigos de hielo de la Antártica y los testigos de sedimentos oceánicos. Hoy, el interés por obtener nuevos archivos para precisar los registros ya existentes es primordial. Las stalagmitas (una categoría de espeleotemas) que se encuentran en las cuevas son los archivos terrestres presentes de más alta resolución conocidos a la fecha para registrar la evolución del clima, ya que se encuentran resguardadas de la erosión exterior.

Los espeleotemas se forman en el interior de las cuevas como resultado de varias reacciones químicas. El agua enriquecida en CO₂ atmosférico y biopedológico (por tanto, bastante ácida) es capaz de disolver la caliza. El agua se infiltra preferentemente por fracturas ya existentes y, con el tiempo, forma conductos, salas o cámaras. A menudo, la presión parcial de CO₂ (el número de moléculas de CO₂ contenido en el aire) es más baja en las oquedades subterráneas y, al llegar al techo, el CO₂ que contiene se escapa y la calcita se precipita. La acumulación de esta calcita en capas muy finas o láminas es lo que, con el tiempo, dará paso a los espeleotemas. Pueden adoptar la forma de estalactitas (en el techo), stalagmitas (en el suelo), coladas stalagmíticas (en las paredes). Los espeleotemas contienen valiosas informaciones sobre el clima del pasado en los isótopos estables de la caliza, (CaCO₃), por ejemplo. Los isótopos son el mismo elemento químico (por ejemplo, el oxígeno), pero con una masa atómica diferente (por ejemplo, 160 es el isótopo ligero y 180, el isótopo pesado). Los isótopos pesados y ligeros tienen componentes físicos diferentes. Así, la relación entre los dos da informaciones indirectas sobre el origen de las precipitaciones que cayeron sobre la cueva y/o la temperatura, en el caso del oxígeno, y sobre la ausencia o presencia de vegetación, en el caso del carbono.

Objetivos/Motivación

Los registros paleoclimáticos a partir de espeleotemas en altas latitudes del hemisferio sur son escasos y solamente hacen referencia al Holoceno (Schimpf et al., 2011). De ahí que el objetivo del presente estudio sea la búsqueda de archivos terrestres para la Patagonia más antiguos que el Holoceno y obtener los primeros elementos distintivos del paleoclima local.

Antes de la expedición habíamos realizado un inventario de los espeleotemas en nuestra posesión y evaluado su potencial para la datación uranio/torio y los análisis de isótopos estables. En la Universidad de Minnesota se habían datado una stalagmita de la cueva de la Máscara, dos

potencial pour la datation Uranium/Thorium et les analyses d'isotopes stables. Une stalagmite de la grotte du Masque, deux planchers stalagmitiques de la grotte de la Baleine et un plancher stalagmitique de la mine de Guarello ont été datés à l'Université du Minnesota. Leur concentration en Uranium est faible, et ils contenaient beaucoup de matériel détritique, ce qui a rendu les datations difficiles. Des analyses d'isotopes stables à basse résolution ont aussi été réalisées à l'Université d'Innsbruck.

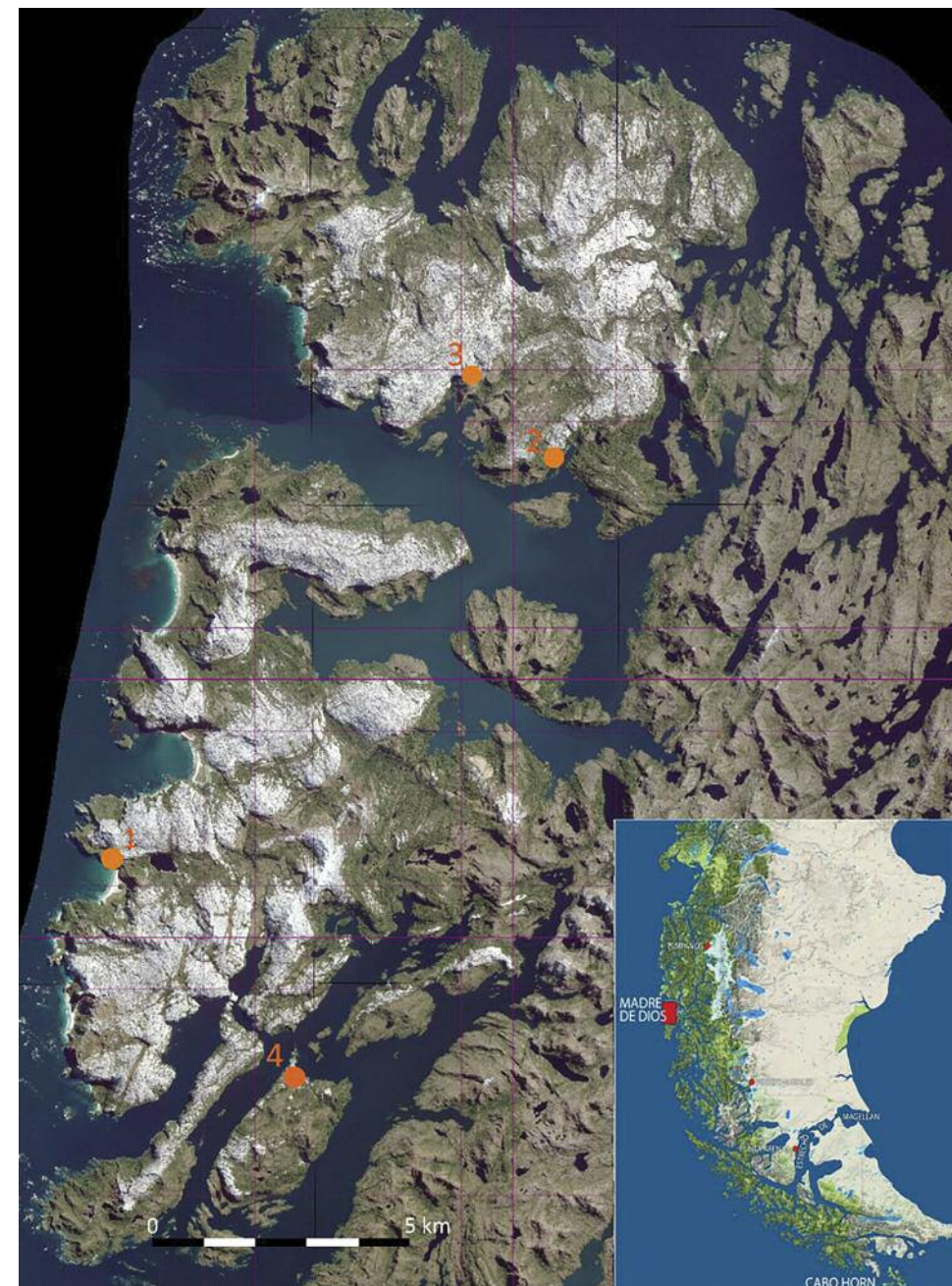
Ayant les informations précédentes en tête, pendant l'expédition, nous avons essayé de prélever des spéléothèmes d'aspect « propre » et dont l'âge présumé était antérieur à l'Holocène, déjà cassés si possible, afin de compléter et prolonger les enregistrements existants. Cependant les stalagmites sont rares sur Madre de Dios et il est difficile de trouver l'échantillon « parfait ». Il faut se contenter de ce qui est à notre disposition.

Les premières stalagmites trouvées se situent dans un petit porche de la grotte des Quatre Entrées. Nous en

planchas stalagmíticas de la cueva de la Ballena y una plancha stalagmítica de la mina de Guarello. No obstante, su baja concentración de uranio y el alto contenido de material detrítico dificultaron la datación. También se realizaron análisis de isótopos estables en baja resolución en la Universidad de Innsbruck.

Con estas informaciones en mente, durante la expedición procuramos extraer espeleotemas de aspecto "limpio" y cuya edad se presumiera anterior al Holoceno (preferentemente ya rotas) con el objetivo de completar y prolongar los registros existentes. Sin embargo, las stalagmitas son raras en Madre de Dios y es difícil encontrar la muestra "perfecta". Hay que contentarse con lo que está a nuestra disposición.

Las primeras stalagmitas encontradas estaban en una pequeña entrada de la cueva de las Cuatro Entradas. Al no lograr encontrar otras, extrajimos tres. La mitad de dos de las stalagmitas se ha enviado a Chile para un estudio microbiológico. Instalamos en el lugar un sensor-registrador de



◀ **Figure 1** : Localisation des différents sites de prélèvement, expédition 2019 (2 : Secteur du Jackpot, 3 : Secteur des Trois Entrées Plus Une) ; précédentes expéditions (1 : Grotte de la Baleine, 4 : Secteur de la grotte du Masque et mine de Guarello).

◀ **Figura 1** : Localización de los lugares de muestreo. Expedición 2019 (2 : Sector Tres Entradas Más Una ; 3 : Sector Jackpot). Expediciones anteriores (1 : Cueva de la Ballena ; 4 : Sector de la cueva de la Máscara y mina Guarello).



△ **Figure 2 :** Stalagmite (DENI) des Trois Entrées Plus Une prélevée en 2019.
 △ **Figura 2 :** Estalagmita (DENI) de la Tres Entradas Más Una. Muestra extraída en 2019.

avons prélevé trois car nous ne pensions pas en trouver d'autres. Deux moitiés de stalagmites ont été renvoyées au Chili pour une étude microbiologique. Nous avons laissé un capteur-enregistreur de température sur place, ainsi qu'une plaque de verre à l'emplacement d'un des prélèvements pour observer la précipitation contemporaine de calcite.

D'après les observations de l'équipe 2017, nous sommes retournés à la grotte des Trois Entrées Plus Une où une stalagmite avait déjà été prélevée. Nous en avons prélevé une supplémentaire qui correspondait aux critères de sélection. Nous avons aussi laissé un capteur-enregistreur de température à l'endroit du prélèvement et un autre à l'entrée de la grotte. Une plaque de verre a aussi été déposée à l'emplacement du prélèvement. Pendant le second mois, une équipe a trouvé une autre stalagmite, déjà cassée, et l'a donc ressortie de la grotte.

Enfin une dernière stalagmite a été prélevée dans le gouffre Jackpot lors du deuxième mois de l'expédition.

Résultats Préliminaires

Chronologie: La plupart des échantillons datent de l'Holocène, mais certains couvrent la fin de la dernière

temperatura y una lámina de vidrio en el lugar de una de las muestras para observar la precipitación contemporánea de calcita.

Basándonos en las observaciones del equipo de 2017, regresamos a la Cueva de las Tres Entradas Más Una, de donde ya se había extraído una estalagmita. Extrajimos otra que correspondía a los criterios de selección. También en este punto dejamos un sensor-registrador de temperatura en el lugar de la muestra y otro en la entrada de la cueva. En el punto de la muestra extraída también se dejó una lámina de vidrio. Durante el segundo mes de expedición un equipo encontró otra estalagmita ya rota, que extrajo de la cavidad.

Finalmente, durante el segundo mes se extrajo una última estalagmita en la sima Jackpot.

Resultados preliminares

Cronología. La mayor parte de las muestras datan del Holoceno, pero algunas cubren el final de la última glaciación, el último periodo interglaciar y, quizás, la penúltima glaciación (ver la figura 3). Los registros paleoclimáticos que se remontan al último y penúltimo periodo glacial en Patagonia son escasos precisamente por estar cubierta esta zona por el hielo. Por primera vez en esta región disponemos de espeleotemas que abarcan un periodo glacial, lo que indica claramente la presencia de agua líquida en este sistema kárstico.

Isótopos: los datos preliminares de los isótopos estables de baja resolución ofrecen informaciones sobre la variabilidad local del paleoclima. Los isótopos de carbono presentan intervalos importantes (hasta 12‰ en el conjunto de los datos y hasta 7‰ en una muestra determinada) con valores bajos (-11‰) y elevados (+1‰). Estos marcados cambios se deben probablemente a los avances y rápido retroceso de la vegetación, ya sea por la presencia del hielo, por condiciones demasiado frías o por un cambio de la orientación de los vientos (el cinturón de los vientos del oeste, "Westerlies", a veces se desplaza hacia el sur, cambiando el régimen de precipitaciones sobre nuestro lugar). Por el contrario, los isótopos de oxígeno presentan variaciones de amplitud mucho

glaciation, la dernière période interglaciaire et peut-être l'avant dernière glaciation (voir figure 3). Les enregistrements paléoclimatiques remontant à la dernière et avant-dernière période glaciaire en Patagonie sont rares en raison de la couverture par les glaciers. Pour la première fois dans cette région, nous avons des spéléothèmes croissant pendant une période glaciaire, indiquant clairement la présence d'eau liquide dans ce système karstique.

Isotopes: Les données préliminaires sur les isotopes stables à basse résolution fournissent des informations sur la variabilité locale du paléoclimat. Les isotopes de carbone présentent des écarts importants (jusqu'à 12‰ dans l'ensemble des données et jusqu'à 7‰ dans un échantillon donné) avec des valeurs aussi basses que -11‰ et aussi élevées que +1‰. Ces changements importants sont probablement liés à des avancées et retraits rapides de la végétation, ou à la présence de glacier, ou de conditions trop froides ou un changement d'orientation des vents (la ceinture des vents d'ouest « Westerlies » se déplace parfois vers le sud, changeant le régime de précipitations sur notre site). En revanche, les isotopes de l'oxygène présentent des variations d'amplitude beaucoup plus faibles (inférieures à 3‰) et la plupart des valeurs sont comprises entre -5‰ et -4‰. Dans plusieurs échantillons, les deux isotopes co-varient.

Perspectives

Les spéléothèmes de Madre de Dios sont des archives de haute qualité pour la Patagonie qui, contrairement aux autres archives de surface, peuvent être datées avec précision au-delà de la limite du radiocarbone en utilisant des techniques U-Th (Kilian and Lamy, 2012). Les stalagmites de la grotte des Trois Entrées Plus Une et du gouffre Jackpot possèdent des quantités importantes d'uranium ce qui permettra de les dater à haute précision. Nous prévoyons de réaliser des analyses isotopiques sur les échantillons non analysés et des analyses à plus haute résolution sur les échantillons les plus prometteurs. Nous attendons de récupérer les données de température des capteurs-enregistreurs laissés sur place ainsi que les plaques de verre avec la précipitation moderne de la calcite qui fourniront un point d'ancrage pour l'interprétation des données isotopiques.

116,187 ± 1022 yr BP



menores (inferiores a 3‰) y la mayoría de los valores están comprendidos entre -5‰ y -4‰. En varias muestras, los dos isótopos covarían.

Perspectivas

Los espeleotemas de Madre de Dios son archivos de alta calidad para la Patagonia. A diferencia de los archivos de superficie pueden ser datados con precisión más allá del límite del radiocarbone usando técnicas U-Th (Kilian and Lamy, 2012). Las estalagmitas de la Cueva de las Tres Entradas Más Una y la de la sima Jackpot poseen cantidades importantes de uranio, lo que permite datarlas con precisión. Prevemos realizar análisis isotópicos sobre las muestras no analizadas y análisis de mayor resolución sobre las muestras con mayor potencial. Esperamos recuperar los datos de temperatura de los sensores-registradores dejados en el lugar y de las láminas de vidrio con la precipitación actual de la calcita para disponer de una base de interpretación de los datos isotópicos.

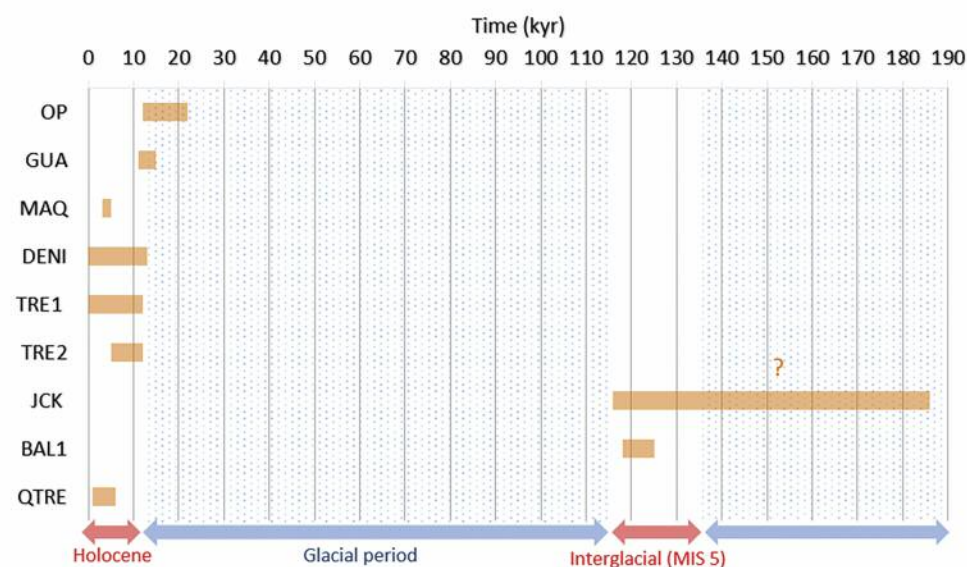
△ **Figure 4 :** Coupe de la stalagmite du Jackpot (JCK) à gauche et de la stalagmite des Trois Entrées Plus Une à droite (DENI) avec âge au sommet et à la base.
 △ **Figura 4 :** Sección de la estalagmita de la sima Jackpot (JCK) a la izquierda y de la estalagmita de la Cueva de las Tres Entradas Más Una a la derecha (DENI), con las edades en el vértice y la base.

Références / Referencias

- Kilian R & Lamy F (2012) A review of Glacial and Holocene paleoclimate records from southernmost Patagonia (49–55°S). Quat. Sci. Rev. 53, 1–23. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2012.07.017>
- Schimpf D, Kilian R, Kronz A, Simon K, Spötl C, Wörner G, Deininger M. & Mangini, A (2011) The significance of chemical, isotopic, and detrital components in three coeval stalagmites from the superhumid southernmost Andes (53°S) as high-resolution palaeo-climate proxies. Quat. Sci. Rev. 30, 443–459. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2010.12.006>

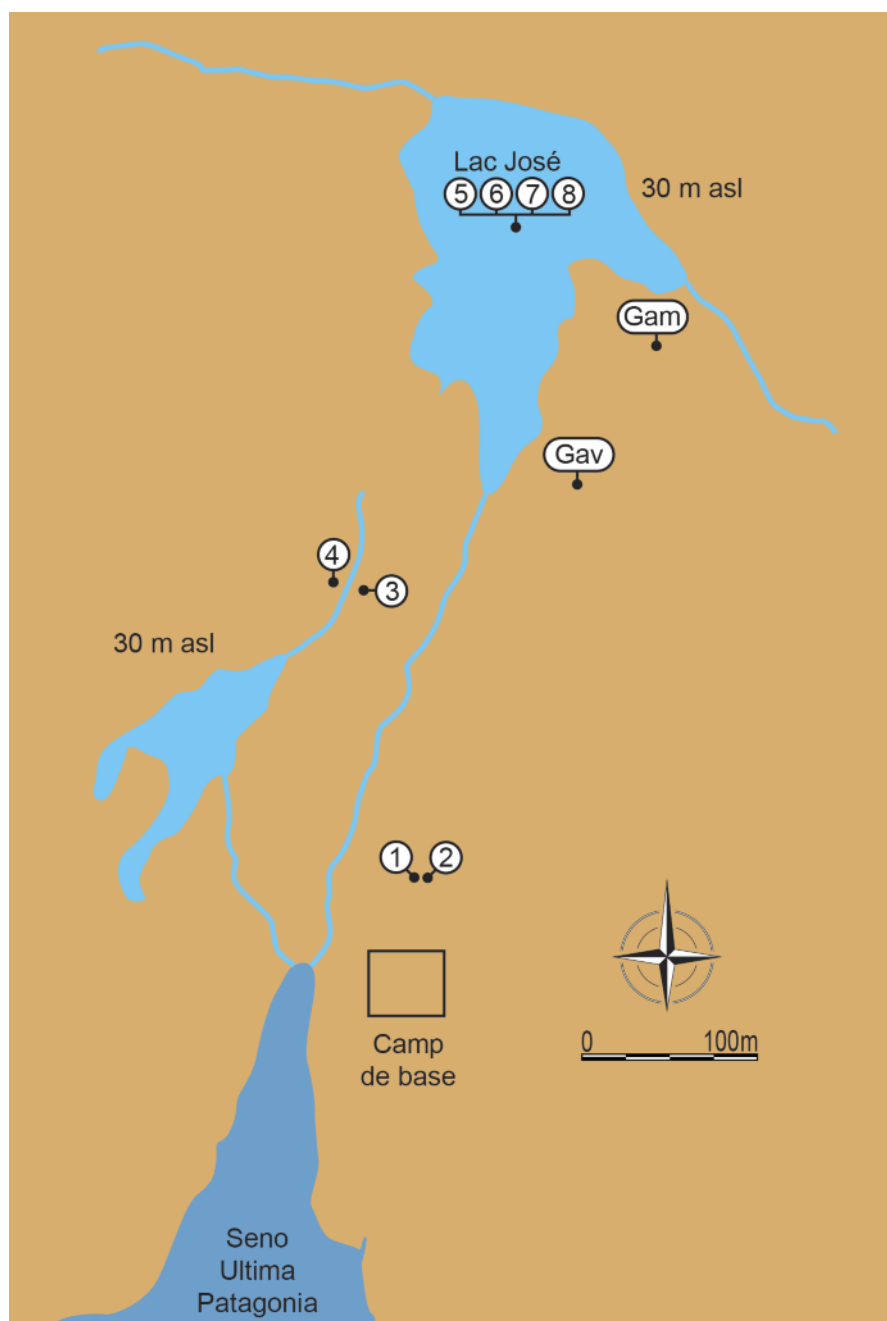
▷ **Figure 3 :** Diagramme montrant les périodes de croissance de chaque échantillon.

▷ **Figura 3 :** Diagrama de los periodos de crecimiento de cada muestra.



Premières carottes lacustres sur Madre de Dios : le lac José

Primeros testigos lacustres de Madre de Dios: el lago José



Anne-Lise Develle, Stéphane Jaillot, Laurent Morel, Pierre Sabatier

La compréhension des mécanismes climatiques globaux à l'échelle des derniers millénaires reste un verrou scientifique majeur pour la compréhension du changement climatique actuel. Les hautes latitudes subissent plus encore que le reste de la planète l'intensité du réchauffement climatique, avec des conséquences majeures pour les écosystèmes et les sociétés. Cela est particulièrement vrai pour les hautes latitudes de l'hémisphère Sud, fortement influencées par les changements d'intensité des vents d'Ouest (« Westerlies ») qui constitue le mode principal de la variabilité climatique holocène dans cette région du monde. Pour mieux comprendre la variabilité de ces flux océaniques, il est possible d'avoir recours aux sédiments lacustres qui constituent d'excellents enregistreurs des paléo-environnements.

La comprensión de los mecanismos climáticos globales a nivel de los últimos miles de años sigue siendo una de las principales claves científicas para entender mejor el cambio climático actual. Las altas latitudes se ven más afectadas por la intensidad de los efectos del cambio climático que el resto del planeta, con consecuencias mayores para los ecosistemas y las sociedades. Esto aplica especialmente a las altas latitudes del hemisferio sur, fuertemente influenciadas por los cambios de intensidad de los vientos de oeste ("Westerlies"), que constituyen el modo principal de variabilidad climática holocena en esta región del mundo. Para entender la variabilidad de estos flujos oceánicos es posible recurrir a los sedimentos lacustres, excelentes registradores de los paleo-entornos.

Contexto

En la latitud 50° Sur, en la zona norte del archipiélago Madre de Dios (Patagonia chilena), el lago José (1,8 hectáreas, profundidad 4 m) drena una modesta cuenca hidrográfica de unos 0,2 km² completamente desarrollada en las areniscas vulcano-sedimentarias del complejo Duque de York. Junto a las calizas Tarlton estas rocas aparecieron en el prisma de acreción que ascendió durante la aparición del batolito patagónico durante la Era Secundaria y Terciaria. Sumergido unos 30 metros bajo el nivel del mar, el lago estuvo cubierto por una lengua glacial de unos 200 a 400 metros de espesor durante el último máximo glacial. Tras la retirada de esta cobertura, el lago se convirtió seguramente en el pozo de una sedimentación lenta, fina y controlada de aportes orgánicos y puntualmente detríticos.

Método

Se extrajeron ocho testigos del lago José y las inmediaciones (Figura 1): cuatro testigos cortos (sobre 1 metro) de las zonas húmedas (JOSE19-01, 02, 03 y 04) que bordean el lago; y otras cuatro de la zona central del lago (JOSE19-05, 06, 07 y 08). Los primeros se sacaron directamente hundiendo el tubo de PVC en los sedimentos o usando la cabeza del testigo cuando fue necesario. Los cuatro testigos del lago José se extrajeron desde un bote neumático con ayuda de buzos desde el agua y un sacatestigos por gravedad (Figura 2). Las condiciones de muestreo fueron buenas y la extracción del sedimento no fue especialmente difícil pese a usar un bote pequeño. Con todo, parecería posible obtener secuencias más largas (usando un sistema de extracción adaptado), ya que, a priori, no parece haberse alcanzado el lecho del lago.

Resultados

Solamente el testigo (JOSE19-07) pudo transportarse como equipaje y analizarse preliminarmente. El resto de los testigos se transportaron vía marítima y se analizarán posteriormente. Los resultados obtenidos para el testigo (JOSE19-07), que se abrió en marzo de 2019, son, pues, preliminares. A una de las

Contexte

Par 50° de latitude Sud, dans la partie nord de l'Archipel de Madre de Dios (Patagonie chilienne), le lac José (1,8 hectare, profondeur 4 m) draine un bassin versant modeste d'environ 0,2 km² entièrement développé dans les grès volcano-sédimentaire du complexe Duque de York. Avec les calcaires de Tarlton, ces roches appartiennent à un prisme d'accrétion remonté lors de la mise en place du batholite patagon au cours du Secondaire et du Tertiaire. Perché une trentaine de mètres au-dessus du niveau de la mer, le lac était recouvert d'une langue glaciaire, estimée entre 200 et 400 m d'épaisseur lors du dernier maximum glaciaire. Depuis le retrait de cette couverture, le lac est le siège d'une sédimentation sans doute assez lente, fine et contrôlée par des apports organiques et ponctuellement détritiques.

Méthode

Huit carottes ont été prélevées dans le lac José et ses abords immédiats (Figure 1). Quatre carottes courtes (environ 1 m) ont été prélevées dans les zones humides (JOSE19-01, 02, 03 et 04) qui bordent le lac et quatre autres ont été prélevées dans la partie centrale du lac (JOSE19-05, 06, 07 et 08). Les premières ont été prélevées directement en enfonçant le tube PVC dans les sédiments ou en utilisant la tête de carottier quand cela s'y prêtait. Les quatre carottes du lac José ont, quant à elles, été prélevées depuis un bateau pneumatique avec l'assistance de plongeurs sous l'eau, avec un carottier gravitaire. Les conditions de prélèvement étaient bonnes et l'extraction du sédiment n'a pas été particulièrement difficile malgré l'utilisation d'un petit bateau (Figure 2). Le sédiment étant cohésif, il n'a pas été possible d'extraire des carottes sur une profondeur supérieure à 1 mètre. Néanmoins, il paraît possible d'obtenir des séquences plus longues en utilisant un système de carottage adapté. Le bedrock du lac n'a a priori pas été atteint.

Résultats

Seule une carotte (JOSE19-07) a pu être rapportée en bagage de soute et a fait l'objet d'une analyse préliminaire. Les autres carottes ont été rapportées par voie maritime et seront analysées ultérieurement. Les résultats obtenus sur la carotte (JOSE19-07) sont donc préliminaires. Celle-ci a été ouverte en mars 2019. Une des deux moitiés a fait l'objet d'abord d'un relevé photogrammétrique sur banc photo (assemblé sur logiciel Photoscan pour générer l'orthophoto) puis a été analysée sur le core-scanner XRF (X-ray fluorescence) du laboratoire EDYTEM. Cet instrument permet de mesurer les variations élémentaires enregistrées dans la carotte (technique d'analyse géochimique). Ces variations sont ensuite interprétées en termes de changement de processus sédimentaires qui ont influencé la sédimentation du lac au cours du temps. Sur une longueur de près de 80 cm, les éléments suivants sont caractérisés: Silicium, Potassium, Calcium, Strontium, Brome, Manganèse et Fer.



dos mitades, primero, se le ha realizado un levantamiento fotogramétrico en un banco de imágenes (ensambladas en software Photoscan para generar la ortofoto) y luego se ha analizado en core-scanner XRF (X-ray fluorescence) del laboratorio EDYTEM. Este instrumento permite medir las variaciones elementales registradas en los testigos (técnicas de análisis geoquímico). Luego, estas variaciones se interpretan en cuanto al cambio de procesos sedimentarios que han influido la sedimentación del lago con el paso del tiempo. En una longitud de casi 80 cm se identificaron los siguientes elementos: silicio, potasio, calcio, estroncio, bromo, manganeso y hierro. Luego, los espectros de los análisis se presentaron unos al lado de otros y al lado de la ortofoto del testigo.

Los análisis realizados en este primer testigo han permitido caracterizar tres tipos de información (Figura 3): los aportes detríticos, es decir, la llegada de elementos sólidos ligados a la erosión de las rocas; el contenido orgánico; y las condiciones óxicas, indicativas de la actividad biológica en el lago. La variación de estos indicadores muestra, en cuatro ocasiones, una degradación de las condiciones medioambientales con una erosión importante y una disminución de los índices bióticos. Los sedimentos del lago José registran variaciones

◀◀ & ▲ **Figure 1** : Le lac José (premier plan sur la photo), le camp de base et le seno Barros Luco (vus depuis le nord). Les 8 carottes ont été prélevées dans le lac (JOSE19-05, 06, 07 et 08) et dans les zones humides à l'aval (JOSE19-01, 02, 03 et 04). Deux échantillons de roches (Gam-Gav) ont de même été prélevés.

◀◀ & ▲ **Figura 1** : El lago José (en primer plano en la foto), el campamento base y el seno Barros Luco (vista desde el norte). Los 8 testigos se tomaron del lago (JOSE19-05, 06, 07 y 08) y de las zonas húmedas inferiores (JOSE19-01, 02, 03 y 04). También se tomaron dos muestras de rocas (Gam-Gav).

📷 Richard Maire/©Centre Terre

▽ **Figure 2** : Préparation du matériel de carottage sur les bords du lac José (bras, tête de carottier, tubes etc...). Deux plongeurs accompagnent le prélèvement.

▽ **Figura 2** : Preparación del material de extracción en la orilla del lago José (brazo, cabeza de sacatestigo, tubos, etc.). Dos buzos acompañan la extracción.

📷 Serge Caillault/©Centre Terre



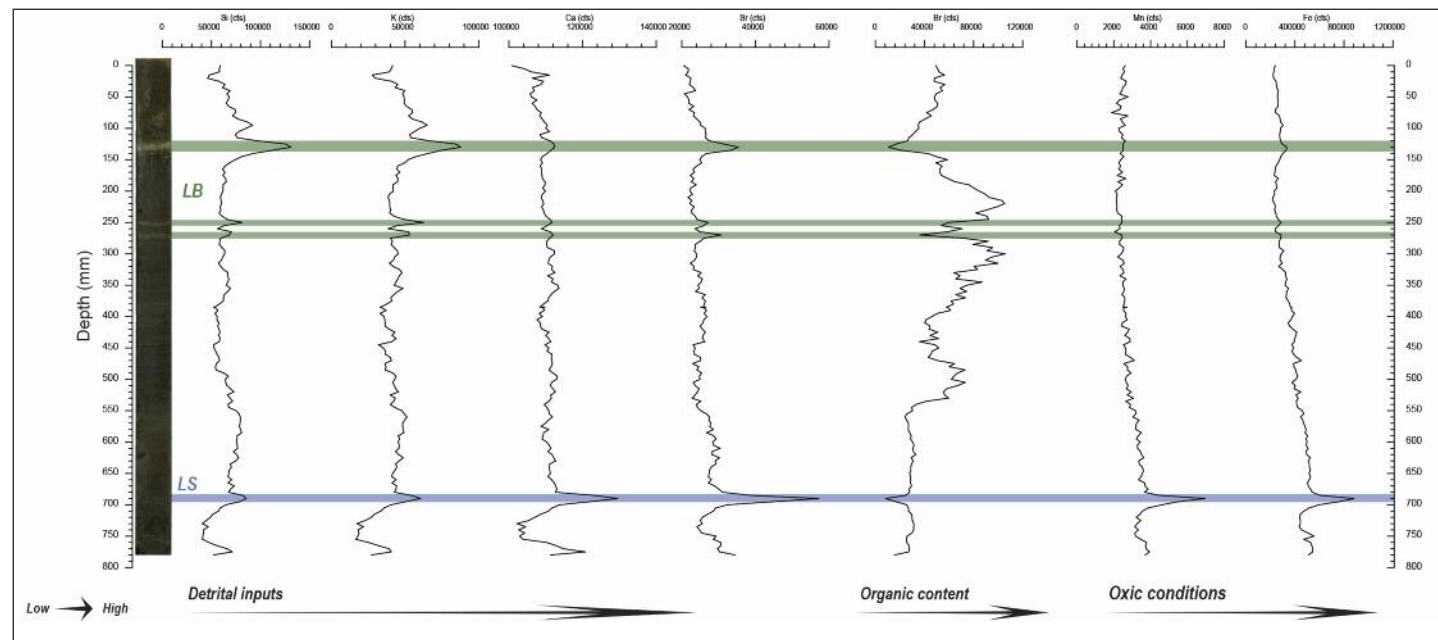


Figure 3 : Les analyses menées sur le core-scanner XRF du laboratoire EDYTEM, sur la carotte JOSE19-07 ont permis de caractériser trois types d'informations : les apports détritiques (Si, K, Ca, Sr), le contenu organique (Br) mais aussi les conditions oxiqes (Fe, Mn), témoignant de l'activité biologique dans le lac (LS : lamination sombre, LB ! laminations blanches).

Figure 3 : Los análisis realizados en el core-scanner XRF del laboratorio EDYTEM en el testigo JOSE19-07 han permitido caracterizar tres tipos de información: aportes detríticos (Si, K, Ca, Sr); contenido orgánico (Br); y condiciones óxicas (Fe, Mn), que indican la actividad biológica en el lago (LS: laminación sombria, LB: laminaciones blancas).

Les spectres des analyses sont ensuite présentés en regard les uns des autres et au côté de l'ortho-photo de la carotte.

Ces analyses réalisées sur cette première carotte lacustre ont permis de caractériser trois types d'informations (Figure 3): les apports détritiques, c'est à dire l'arrivée d'éléments solides liés à l'érosion des roches, le contenu organique mais aussi les conditions oxiqes, témoignant de l'activité biologique dans le lac. La variation de ces indicateurs montre ici à quatre reprises une dégradation des conditions environnementales avec une érosion importante et une diminution des indices biotiques. Les sédiments du lac José enregistrent bien des variations de l'environnement que ce soit des indices de l'érosion ou des indices biologiques. Des datations par la méthode du carbone 14 permettront par la suite de caler ces évolutions dans le temps et de les comparer à d'autres sites ou enregistrements similaires.

Au cours de l'année 2020, un travail de description des carottes sédimentaires (JOSE19-05, 06, 07 et 08) sera réalisé dans le cadre d'un mémoire de licence 3 à l'Université Savoie Mont Blanc. L'objectif sera de corréler les carottes entre elles, puis d'acquérir un certain nombre d'analyses (spectrocolorimétrie, granulométrie laser, teneur en matière organique, contenu géochimique), de réaliser des observations microscopiques et la datation des séquences. L'objectif est de mieux contraindre le dépôt et d'obtenir une bonne compréhension du remplissage sédimentaire. Au vu de ces résultats attendus, il sera possible de tirer les premières conclusions paléoclimatiques.



Lac José, seno Barros Luco, île Madre de Dios.
Lago José, seno Barros Luco, Isla Madre de Dios.
Serge Caillaud/©Centre Terre

del entorno tanto de los índices de erosión como de los índices biológicos. Las dataciones por el método de carbono 14 permitirán más adelante calzar estas evoluciones en el tiempo y compararlas a otros lugares o registros similares.

Durante el 2020, se realizará un trabajo de descripción de los testigos sedimentarios (JOSE19-05, 06, 07 y 08) en el marco de una memoria de diplomatura de especialización de la Universidad Savoie Mont Blanc. El objetivo será correlacionar los testigos entre ellos, luego de realizar un cierto número de análisis (espectrocolorimetría, granulometría láser, contenido de materia orgánica, contenido geoquímico), realizar observaciones microscópicas y datación de secuencias. El objetivo es caracterizar mejor el depósito y conocer más sobre el relleno sedimentario. Con estos resultados será posible lanzar las primeras conclusiones paleoclimáticas.

Une analyse 3D des champignons et comètes de Madre de Dios

Un análisis 3D de los champiñones y cometas de Madre de Dios

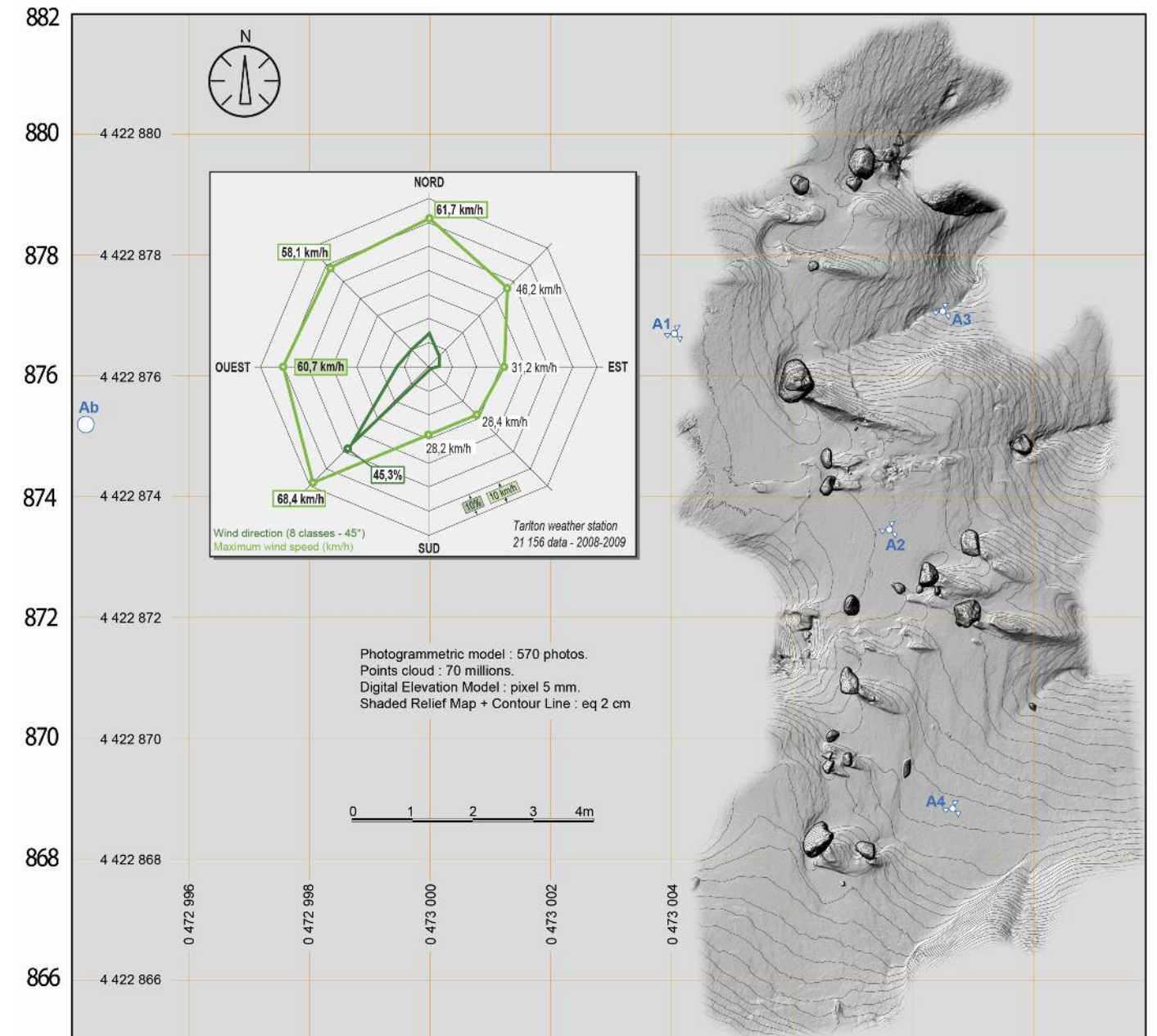
À quelques sommets et secteurs près, l'île Madre de Dios a été entièrement recouverte par une extension glaciaire majeure au cours du dernier maximum de froid (-22 à -25 000 ans). Le rabotage glaciaire associé à cette phase d'extension a laissé une surface d'érosion soumise depuis à une dissolution intense. Mais les glaciers transportent avec eux des roches qu'ils laissent au front, ou sur cette surface, lors des phases de retrait. Ces blocs erratiques non calcaires et abandonnés sur cette surface protègent en partie les calcaires de l'érosion et génèrent des morphologies spectaculaires: des comètes avec leur queue, et des champignons avec leur piédestal. Ils sont les témoins d'une dissolution toujours en cours et il convenait de mieux contraindre les modalités de leur mise en place. Deux sites ont été investis au cours de l'expédition UP2019: le site de Tarlton riche pour ses comètes et la zone centrale

Salvo algunas cimas y sectores cercanos, la isla Madre de Dios estuvo completamente cubierta por una gran extensión de hielo durante el último máximo glacial (de -22 a -25 mil años). El cepillado glacial asociado a esta fase de extensión ha dejado una superficie de erosión sometida, después, a una intensa disolución. Sin embargo, los glaciares transportan con ellos rocas que depositan en su frente o sobre su superficie durante la fase de deshielo. Estos bloques erráticos no calcáreos y abandonados en esta superficie protegen, en parte, las calizas de la erosión y generan morfologías espectaculares: cometas con su cola y champiñones con su pedestal. Se trata de muestras de una disolución en curso y consideramos conveniente acotar los factores que las originaron. Durante la expedición Última Patagonia 2019 se trabajó en dos puntos: Tarlton, rico por sus cometas; y la zona central de la isla (campamento 2), donde se identificaron

Stéphane Jaillet, Laurent Morel, Charlotte Honiat, Arnaud Malard, Richard Maire

Figure 1 : Sur le site de Tarlton, une cartographie détaillée d'un champ de comètes a pu être réalisée par photogrammétrie. Les objets analysés sont correctement dimensionnés et les anémomètres (A1 à A4 + Ab) en place permettent de mieux contraindre les paramètres environnementaux immédiats (vents, orientation...).

Figure 1 : En el punto de Tarlton se pudo realizar una cartografía detallada de un campo de cometas mediante fotogrametría. Se determinaron correctamente las dimensiones de los objetos analizados y lo anemómetros instalados (A1 a A4 + Ab) permiten limitar los parámetros medioambientales inmediatos (vientos, orientación...).





▲ **Figure 2 :** Mise en place des anémomètres enregistreurs sur le champ des comètes de Tarlton.

▲ **Figura 2 :** Instalación de los anemómetros registradores en el campo de cometas de Tarlton

📷 Stéphane Jailliet/Centre Terre

de l'île (camp 2) où les champignons les plus spectaculaires ainsi que d'importants champs de comètes ont été identifiés.

Méthode

Un équipement de mesure a été mis en place sur le site de Tarlton. Ce site a été retenu car il avait déjà fait l'objet d'une étude entre 2008 et 2010 et son accès est raisonnable. Un relevé photogrammétrique complet du champ de comètes a été réalisé. Pour cela, 570 photographies ont été prises sur le terrain et assemblées par multi corrélation d'images, permettant la construction d'un nuage 3D, dense de 70 millions de points. Le modèle a été ensuite échantillonné pour produire un modèle raster à maille fine (5 mm) proposant une image cartographique détaillée du site d'étude (Figure 1). Un relevé topographique de cibles disposées au sol permet de référencer correctement le modèle (orientation, échelle et horizontalité). Cinq anémomètres ont été installés et ont enregistré la vitesse du vent durant les mois de janvier et février 2019 (Figure 2).

L'analyse des données est en cours et devrait permettre de proposer de bonnes contraintes (vitesses maximales, orientation etc...) pour la genèse et l'évolution de ces formes. Ces données seront évidemment comparées aux mesures déjà effectuées sur ce site en 2008-2009. A la suite, des simulations numériques 3D sont envisagées. Afin de compléter cette analyse, une caractérisation morphométrique des comètes est proposée à partir d'une étude

los champiñones más espectaculares y los campos de cometas más importantes.

Método

En el sitio Tarlton se instaló un equipo de medición. Se escogió este lugar porque ya había sido objeto de un estudio entre el 2008 y 2010 y su acceso es conveniente. Se realizó un levantamiento fotogramétrico completo del campo de cometas. Para ello, se tomaron 570 fotografías en terreno y ensambladas por multi-correlación de imágenes, lo que permite la construcción de una nube 3D con una densidad de 70 millones de puntos. Luego, el ejemplar se muestreó para producir un modelo raster de malla fina (5 mm), dando una imagen cartográfica detallada del sitio de estudio (Figura 1). Un levantamiento topográfico de puntos dispuestos en el suelo permite referenciar correctamente el modelo (orientación, escala y horizontalidad). Se instalaron cinco anemómetros que registraron la velocidad del viento durante los meses de enero y febrero de 2019 (Figura 2).

El análisis de los datos está en curso y debería permitir proponer buenos factores (velocidades máximas, orientación, etc.) para la génesis y la evolución de estas formas. Estos datos serán, evidentemente, comparados con las mediciones realizadas ya en este punto en 2008 y 2009. A continuación, se contempla realizar simulaciones digitales en 3D. Con el fin de completar este análisis se propone una caracterización morfométrica de los cometas a partir de un estudio estadístico llevado a cabo cerca del campamento 2. Se fotografiaron

statistique menée aux alentours du camp 2. 160 comètes ont été photographiées unitairement avec une règle servant d'échelle. Pour chacune d'elle, la largeur et la longueur de la tête et de la queue ont été mesurées.

Dans le même esprit, trois champignons karstiques ont été étudiés sur le site du camp 2. Ils ont été baptisés « El Rey, Morilla et El Sur ». Pour chacun d'entre eux, un relevé 3D a été réalisé par photogrammétrie selon une procédure similaire à celle adoptée pour le champ de comètes de Tarlton. Le relevé topographique sur cibles étant une fois encore garant de l'échelle, de l'horizontalité et de l'orientation - paramètres nécessaires aux analyses ultérieures, notamment morpho-métriques.

Résultats

Les résultats sont pour l'heure préliminaires mais permettent déjà une bonne caractérisation des objets étudiés. Par exemple, pour chacun des champignons, il a été possible de calculer finement le volume et le poids du bloc erratique, mais aussi la section minimale et la hauteur du piédestal (Figures 3 et 4). Le poids est calculé à partir du volume avec une densité moyenne de 2,7. On note ainsi que pour le champignon « El Sur », le poids est de 1 013 kg pour une section minimale de 0,21 m² et une hauteur de 0,84 m. Pour la « Morilla », le poids est de 8 420 kg pour un piédestal possédant une section de 0,52 m² et une hauteur de 1,15 m. Enfin « El Rey » offre un bloc erratique de 8 168 kg et un piédestal de 1,73 m² de section et de 1,78 m de hauteur, ce qui en fait le plus haut jamais identifié. A l'échelle de ces trois échantillons, les comparaisons sont peu pertinentes et il conviendrait de multiplier ce type d'approche pour aller plus loin dans cette caractérisation géométrique. Là encore des simulations numériques sont envisagées afin de mieux contraindre les modalités de mise en place de ces formes étonnantes et spectaculaires.

Enfin l'analyse des 160 comètes a été conduite après que chacune des photos ait été unitairement remise à

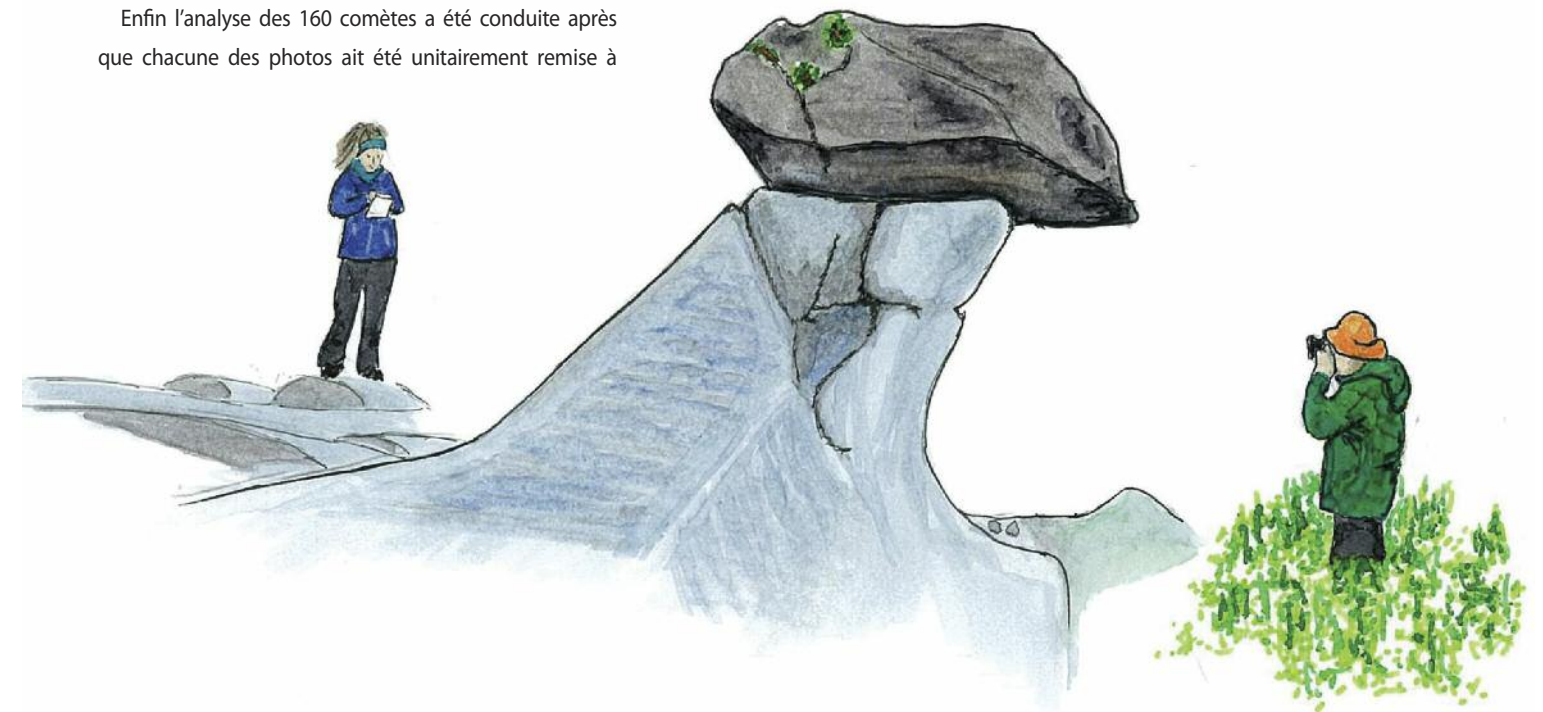
160 cometas unitariamente con una regla que sirvió de escala. Para cada uno de ellos se midieron la longitud y el ancho de la cabeza y de la cola.

En el mismo sentido, se estudiaron tres champiñones kársticos en el campamento 2. Se les llamó "El Rey", "Morilla" y "El Sur". Se realizó un levantamiento 3D para cada uno por fotogrametría según un procedimiento similar al adoptado para el campo de cometas de Tarlton. De nuevo, el levantamiento topográfico con puntos es lo que dio la escala, la horizontalidad y la orientación, parámetros necesarios para análisis posteriores, principalmente, morfométricos.

Resultados

Por el momento, aunque los resultados son preliminares, ya permiten una buena caracterización de los objetos estudiados. Por ejemplo, para cada champiñón se ha podido calcular con precisión el volumen y el peso del bloque errático, la sección mínima y la altura del pedestal (Figuras 3 y 4). El peso se calcula a partir del volumen con una densidad media de 2,7. A modo de ejemplo, para el champiñón "El Sur", el peso es de 1,013 kg para una sección mínima de 0,21 m² y una altura de 0,84 m. Para la "Morilla", el peso es de 8,420 kg para un pedestal con una sección de 0,52 m² y una altura de 1,15 m. Por último, "El Rey" presenta un bloque errático de 8,168 kg y un pedestal de 1,73 m² de sección y 1,78 m de altura, lo que lo convierte en el más alto jamás identificado. A la vista de estos tres ejemplares, no hay lugar a las comparaciones y será necesario repetir este tipo de enfoque para ahondar en esta caracterización geométrica. También en este punto se considera realizar simulaciones digitales con el fin de limitar los factores que dan origen a estas sorprendentes y espectaculares formas.

Finalmente, se analizaron 160 cometas tras haber presentado

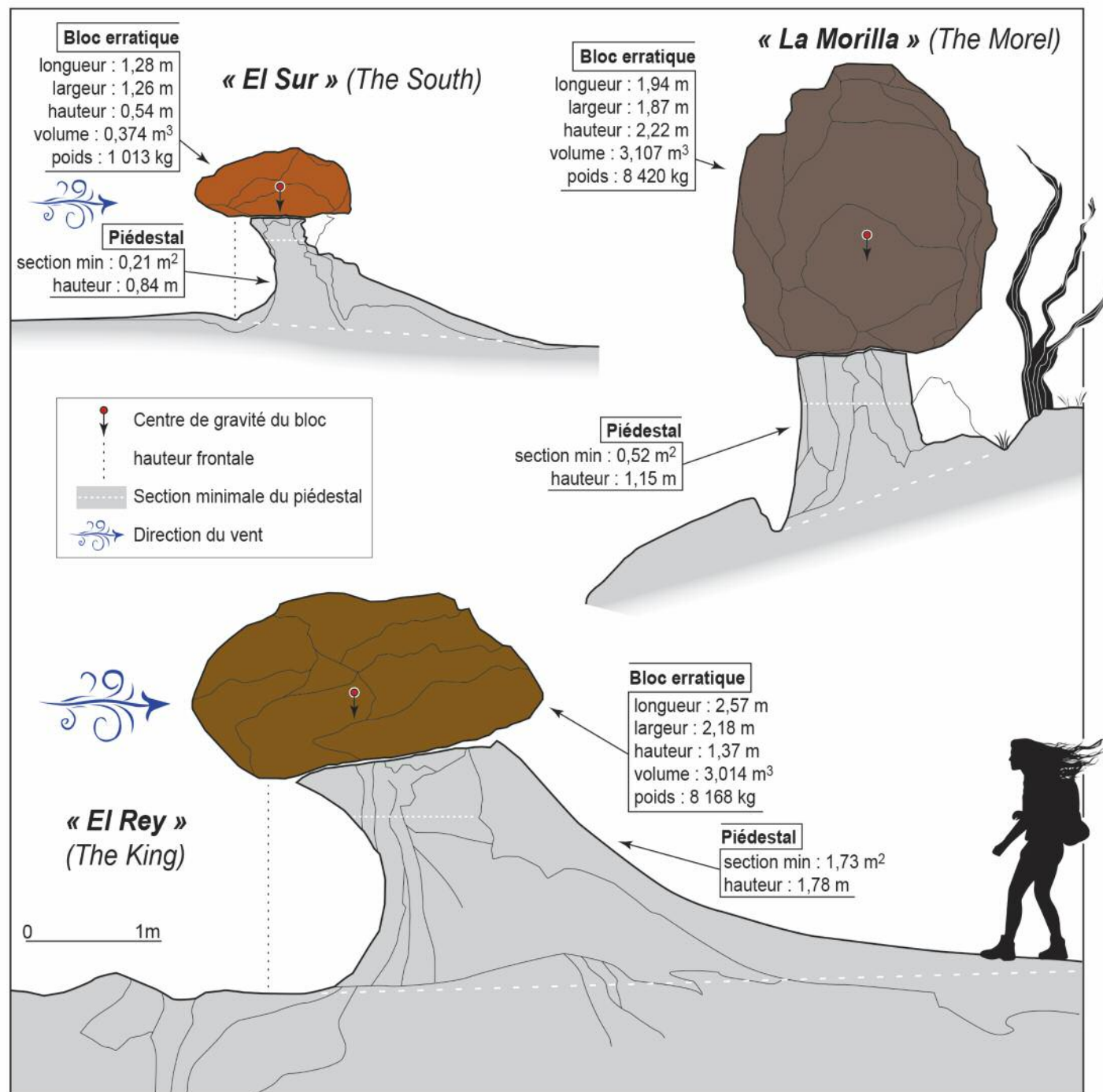


▽ **Figure 3 :** Le champignon El Rey est le plus spectaculaire des champignons identifiés dans le secteur du camp 2 au milieu de l'île de Madre de Dios. Son piédestal incliné et le déport du bloc témoigne du rôle du vent dans sa mise en place.

Dessin Angélica Nodari

▽ **Figura 3 :** El champiñón El Rey es el más espectacular de todos los champiñones identificados en el sector del campamento 2, en el centro de isla Madre de Dios. Su pedestal ladeado y la inclinación del bloque son indicativos del rol del viento en su origen.

Dibujo Angélica Nodari.

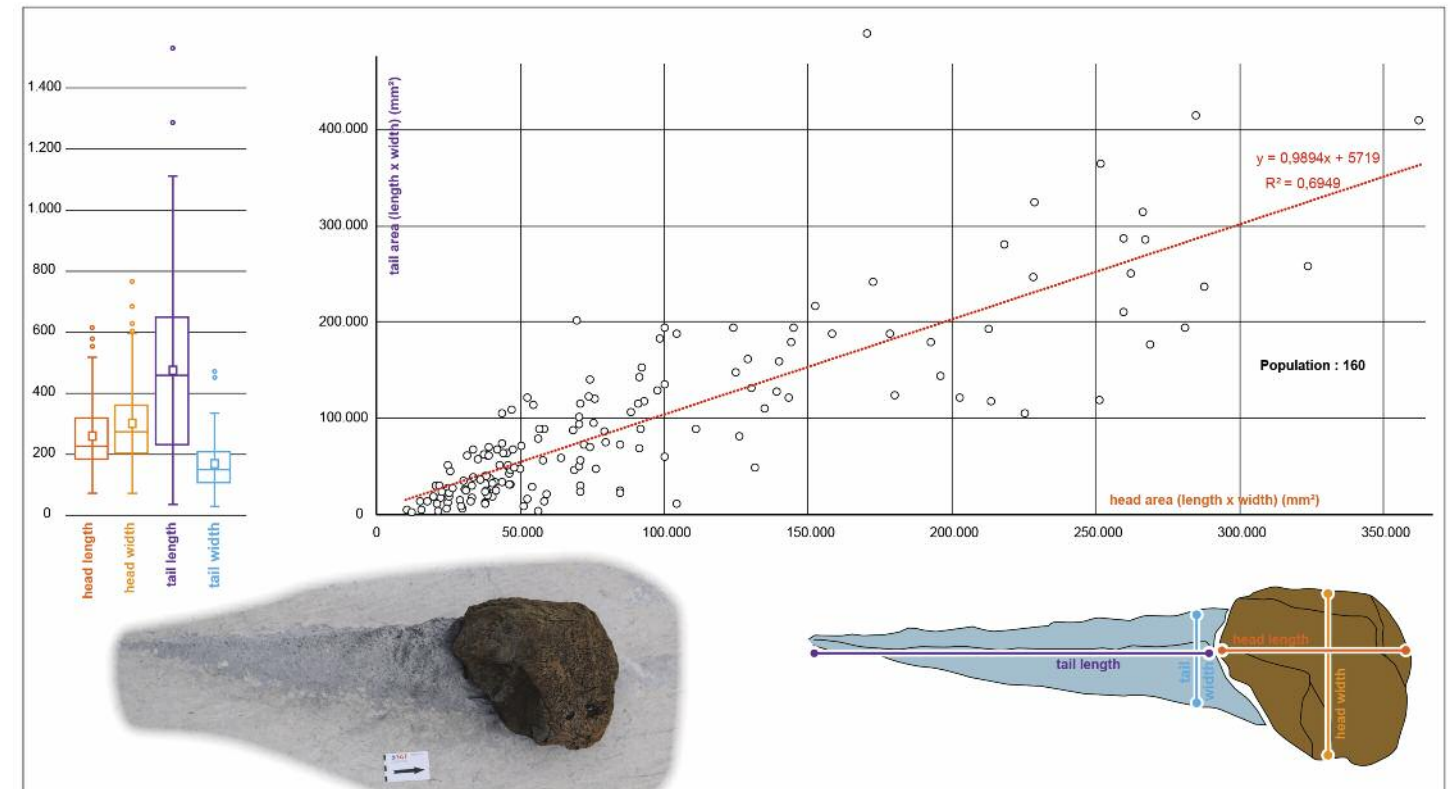


△ **Figure 4** : La modélisation 3D de trois champignons majeurs du site du camp 2 a permis de proposer certaines caractéristiques morphométriques clés (dimension et poids du bloc, dimension du piédestal).

△ **Figura 4** : La modelización 3D de tres grandes champiñones del campamento 2 ha permitido proponer ciertas características morfológicas claves (dimensión y peso del bloque, dimensión del pedestal).

l'échelle. Les 4 longueurs mesurées ont été rassemblées dans un tableau d'analyse. Deux résultats essentiels apparaissent (Figure 5) : (i) la distribution (boite à moustaches) de ces quatre grandeurs montre la variabilité de la taille des erratiques et le caractère allongé des queues de comètes et (ii) une corrélation entre la surface de la tête et la surface de la queue est proposée. Elle permet de montrer la relation fine qui unit, sans surprise, la taille de la tête et celle de la queue (figure 5). Il n'a pas été possible d'analyser si la variabilité des résultats ($R^2 = 0,69$) était liée à une répartition géographique particulière (effet de site, orientation, pente, etc.), mais c'est une piste qu'il sera intéressant de tester par la suite. En l'état, ces résultats sont encore préliminaires et les analyses devront être poursuivies afin de mieux comprendre la genèse et l'évolution des morphologies les plus spectaculaires et sans doute les plus emblématiques de l'archipel de Patagonie.

a escala cada una de las fotos individualmente. Los cuatro largos medidos se han recogido en un cuadro de análisis. Aparecen dos resultados determinantes (Figura 5): (i) la distribución (caja) de estas cuatro dimensiones muestra la variabilidad del tamaño de los erráticos y el carácter alargado de las colas de cometa; y (ii) se propone una correlación entre la superficie de la cabeza y la superficie de la cola. Ello permite mostrar la fina relación existente, nada sorprendente, entre el tamaño de la cabeza y el de la cola (figura 5). No ha sido posible analizar si la variabilidad de los resultados ($R^2 = 0,69$) está relacionada a una repartición geométrica particular (efecto del lugar, orientación, pendiente, etc.), pero es una pista que será interesante seguir. Por el momento, estos resultados son aun preliminares y deberían llevarse a cabo análisis con el objetivo de arrojar luz sobre la génesis y la evolución de las morfologías más espectaculares y, sin duda, más emblemáticas del archipiélago de Patagonia.



△ **Figure 5** : Caractérisation morphométrique et relation linéaire tête / queue réalisée sur 160 comètes de roches autour du camp 2 (Madre de Dios).

△ **Figura 5** : Caracterización morfológica y relación lineal cabeza/cola realizada en 160 cometas de roca cerca del campamento 2 (Madre de Dios).

▽ Champ de comètes de roches, Madre de Dios.

▽ Campo de cometas de roca de Madre de Dios.

📷 Serge Caillaud/©Centre Terre



Retrait et dynamique du glacier Témpanos

Marius Schaefer 1
Masahiro Minowa 1
Shuntaro Hata 2

1 Universidad Austral de Chile, Valdivia
2 Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University

Retroceso y dinámica del glacier Témpanos

Introducción

Le glacier Témpanos est situé au nord-ouest du Campo de Hielo de Patagonie australe, la plus grande masse de glace tempérée de l'hémisphère sud. De tous les glaciers andins, ceux de Patagonie sont les contributeurs principaux à l'augmentation du niveau des océans (Braun et al. 2019, Dussaillant et al. 2019). Par déduction, ils ont le bilan de masse spécifique le plus négatif (changement de masse divisé par la superficie) de toutes les régions de glaciers (Zemp et al. 2019). Ce taux de fonte élevé s'explique notamment par leur grande sensibilité aux changements de température (Schaefer et al. 2019) et par les grands effondrements ces dernières décennies de glaciers se terminant dans des plans d'eau, typiquement les glaciers Jorge Montt, HPS19 et Upsala.

Retrait

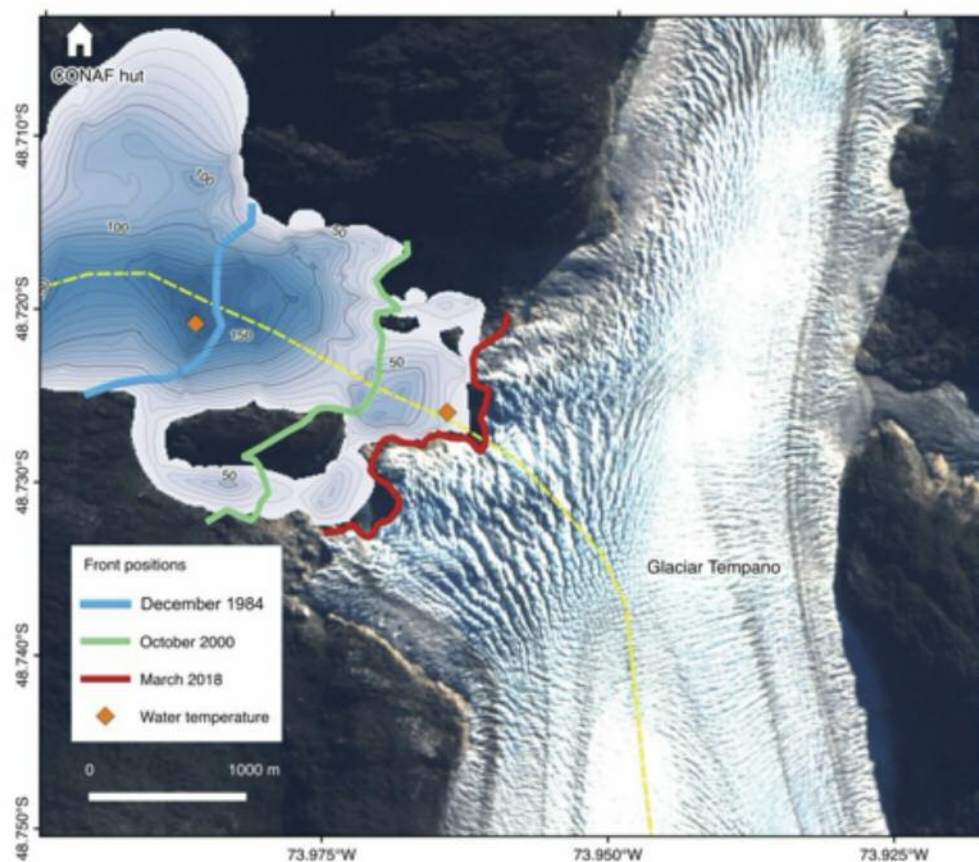
Depuis 1945, le glacier de Témpanos a reculé d'environ 4 km (voir Maire et al. dans ce même rapport) dans le fjord et de pratiquement 2 km depuis 1985 (Figure 1).

Introducción

El glacier Témpanos está ubicado en el noroeste del Campo de Hielo Patagónico Sur, el cuerpo de hielo temperado más grande del hemisferio sur. De los glaciares andinos, los glaciares de la Patagonia son los que mas aportan al aumento del nivel del mar (Braun et al. 2019, Dussaillant et al. 2019). Se ha inferido que tienen el balance de masa específico (cambio de masa dividido por área) más negativo de todas las regiones que contienen glaciares (Zemp et al. 2019). Entre las razones que podrían explicar esta elevada tasa de pérdida de masa figuran su alta sensibilidad a cambios de temperatura (Schaefer et al. 2019) y colapsos extremos en las últimas décadas de glaciares que terminan en cuerpos de agua como, por ejemplo, los glaciares Jorge Montt, HPS19 y Upsala.

Retroceso

Desde el año 1945 el glacier Témpanos ha retrocedido aproximadamente 4 km (vea Maire et al. en este mismo reporte) por el fiordo Témpanos y aproximadamente 2 kiló-



▷ **Figure 1** : Retrait du glacier Témpanos entre 1985 (ligne bleue) et 2018 (ligne rouge). La bathymétrie mesurée sur le terrain est indiquée par les couleurs bleues et les courbes de niveau. Les lieux de mesure de la sonde CTD sont indiqués par des losanges orange. Image de fond satellite de Sentinel 2 à partir de 2018.

▷ **Figura 1** : Retroceso del glacier Témpanos entre 1985 (línea azul) y 2018 (línea roja). Batimetría medida en terreno indicada con colores azules y líneas de contorno y lugares de mediciones con sonda CTD indicados como diamantes naranjos. Imagen satelital de fondo de Sentinel2 de 2018.

Le recul plus accéléré de 1984 à 2000 (en comparaison avec la période 2000 à 2019), peut s'expliquer par la plus grande profondeur du fjord dans la région du front en 1984 (Figure 1), qui introduit normalement des taux de vélage plus élevés, entraînant des pertes de masse additionnelles et un retrait accéléré du glacier.

metros desde 1985 (Figura 1).

El retroceso más acelerado de 1984 a 2000, en comparación con el periodo de 2000 a 2019, se puede explicar por la mayor profundidad del fiordo Témpanos en la zona cercana al frente en el año 1984 (Figura 1), lo que normalmente introduce tasas de calving más altas, las que causan pérdidas de masa

Amincissement

Le retrait du glacier Témpanos s'accompagne d'un amincissement que l'on peut quantifier en comparant différents modèles numériques d'élévation. La Figure 2 montre l'élévation du glacier le long d'une ligne d'écoulement obtenue par la mission mondiale SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) en février 2000 et le satellite optique ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) en 2017.

Un fort amincissement d'environ 100 m à l'avant du glacier est constaté entre 2000 et 2017, ce qui équivaut à un taux d'amincissement de 5,9 mètres par an.

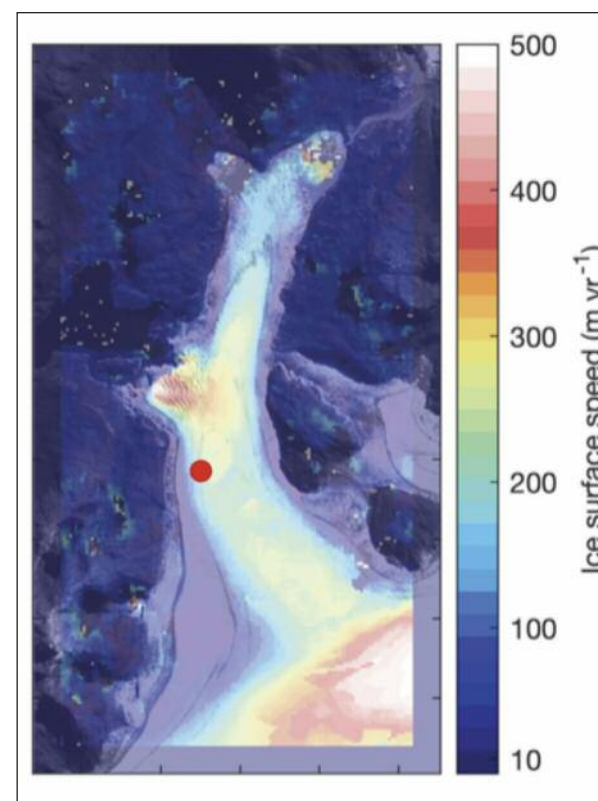
Dynamique du glacier

La Figure 3 présente le schéma général de déplacement du front du glacier Témpanos.

Les vitesses de déplacement du front glaciaire sont de l'ordre de plusieurs centaines de mètres par an, avec un maximum de 500 m par an sur le front ouest du glacier se terminant dans le fjord Témpanos.

Afin d'obtenir une vue plus détaillée de la dynamique du front du glacier, un GPS de haute précision a été installé sur le glacier pendant une période de sept jours durant l'expédition. La figure 4 présente les mesures. La ligne magenta indique la vitesse le long de la ligne d'écoulement principale. Cette vitesse présente des valeurs comprises entre 0,5 et 1,1 mètre par jour et une grande variabilité. On observe une certaine cyclicité quotidienne avec des maxima de vitesse l'après-midi et des minima vers minuit, ce qui correspond également aux maxima et minima de la température de l'air qui a été mesurée sur site.

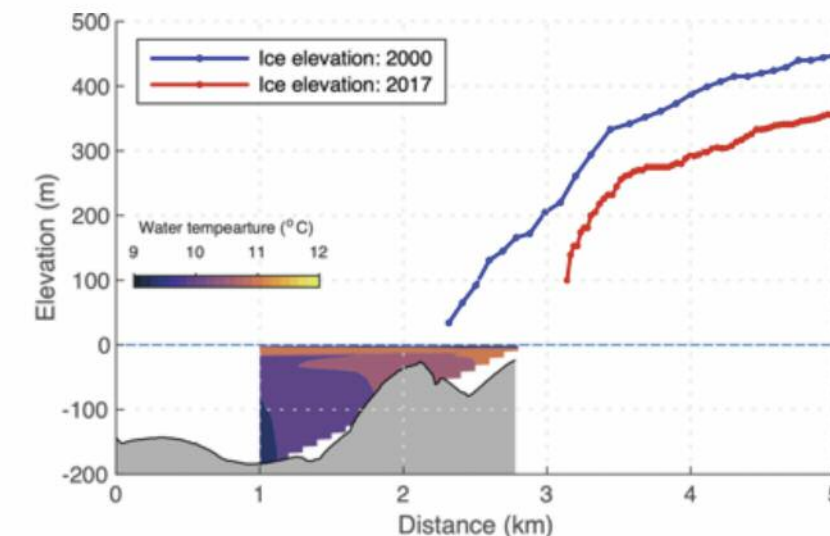
A partir du 19 janvier 2019, une nette augmentation de la vitesse a été observée, qui a coïncidé avec le début des



adicionales y un retroceso acelerado del glacier.

Adelgazamiento

Al retroceso del glacier Témpanos lo acompañó un adelgazamiento que podemos cuantificar comparando diferentes modelos digitales de elevación. En la Figura 2 presentamos la elevación del glacier a lo largo de una línea de flujo obtenida por la misión global SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) en febrero de 2000 y del satélite óptico ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) en 2017.



Se reconoce un fuerte adelgazamiento entre los años 2000 y 2017 de aproximadamente 100 m en la parte frontal del glacier, lo que equivale a una tasa de adelgazamiento de 5.9 metros por año.

Dinámica glacial

En la Figura 3 presentamos el patrón general de movimiento de la lengua del glacier Témpanos.

Las velocidades en el frente del glacier están en el orden de magnitud de cientos de metros por año, con un máximo de hasta 500 metros por año en el frente oeste del glacier, el cual termina en el fiordo Témpanos.

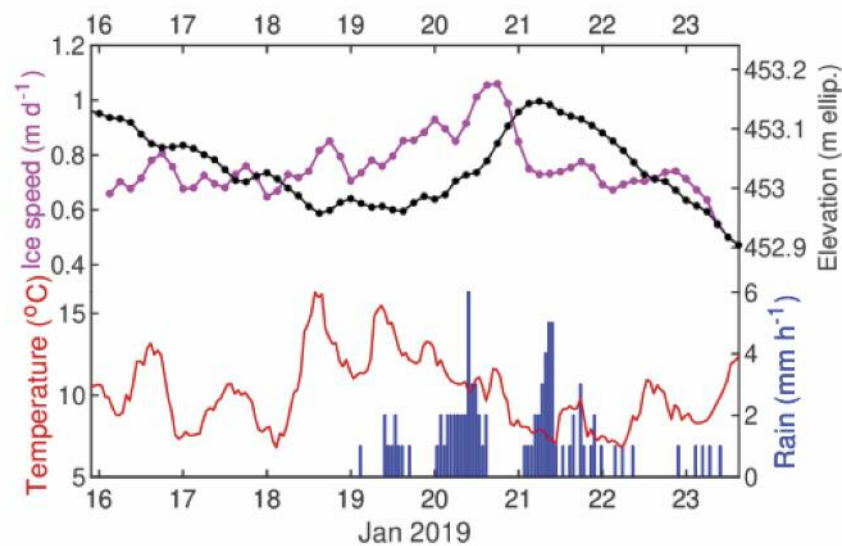
Para obtener una visión más detallada de la dinámica del glacier en su frente, un GPS de alta precisión fue instalado sobre el glacier por un periodo de siete días durante la expedición. La Figura 4 presenta los resultados de esta medición. La línea magenta indica la velocidad a lo largo de la línea de flujo principal. Esta velocidad muestra valores entre 0.5 y 1.1 metros por día y una gran variabilidad; se aprecia cierta ciclicidad diaria con máximas de velocidad en la tarde y mínimas cerca de la medianoche, lo que corresponde también a máximas y mínimas de la temperatura del aire que fue medida en el sitio. A partir del día 19 de enero se nota un claro aumento de la velocidad, lo que coincide con el inicio de precipitaciones registradas en la estación meteorológica de la Dirección General de Aguas instalada en el fiordo Témpanos. Otro aspecto interesante de las mediciones precisas de posición sobre el glacier es el trascurso de la posición vertical (línea negra en Figura 4). La elevación del GPS disminuye entre los

▷ **Figure 2** : Retrait et amincissement du glacier Témpanos entre 2000 (ligne bleue) et 2017 (ligne rouge). Le profil d'élévation du glacier et la profondeur du fjord sont pris le long de la ligne jaune en pointillés de la figure 1. La température de l'eau est obtenue à partir de deux mesures CTD aux endroits indiqués à la figure 1.

▷ **Figura 2** : Retroceso y adelgazamiento del Glacier Témpanos entre 2000 (línea azul) y 2017 (línea roja). Perfil de elevación del glacier y profundidad del fiordo a lo largo de la línea amarilla discontinua de la Figura 1. Temperatura del agua obtenida de dos mediciones con la sonda CTD en los lugares indicados en la Figura 1.

▷ **Figure 3** : Modèle de déplacement du front glaciaire de Témpanos. Le calcul des vitesses est obtenu par « feature-tracking » entre images satellitaires de dates différentes.

▷ **Figura 3** : Patrón de movimiento del frente del glacier Témpanos. Velocidades obtenidas por feature-tracking entre imágenes satelitales de diferentes fechas.



△ **Figure 4** : Mesures GPS de haute précision sur le glacier de Témpanos (point rouge sur la figure 3) et données météorologiques obtenues in situ (température) et via la station automatique de la Dirección General de Aguas (précipitation).

△ **Figure 4** : Mediciones con GPS de alta precisión sobre el glaciar Témpanos (punto rojo en Figura 3) y datos meteorológicos obtenidos in situ (temperatura) y en la estación automática de la Dirección General de Aguas (lluvia).

précipitations enregistrées à la station météorologique de la Dirección General de Aguas installée dans le fjord. Un autre aspect intéressant de ces mesures précises est l'évolution de la position verticale de la balise installée (ligne noire sur la Figure 4). L'altitude GPS diminue entre le 16 et le 19 janvier, comme on peut s'y attendre du fait du mouvement du glacier, qui a une pente descendante par gravité.

Toutefois, cette diminution s'est ralentie le 19 janvier et la position verticale a commencé à remonter dès le 20 janvier. Cette remontée s'explique par la poussée d'Archimède exercée par l'eau des précipitations. Celles-ci s'infiltrent dans le glacier dès le 19 et provoquent un soulèvement d'environ 15 centimètres (Figure 4). Ce soulèvement du glacier réduit certainement la friction qu'il subit à sa base, ce qui expliquerait l'accélération du glacier durant cette période.

Conclusions

Les glaciers du côté ouest du Campo de Hielo de Patagonie sont difficiles d'accès, de sorte que les mesures in situ y sont rares. Nous présentons ici des données bathymétriques et thermiques du fjord Témpanos et des mesures GPS de haute précision sur le glacier. La bathymétrie du fjord explique le recul accéléré du glacier dans les années 1980, période au cours de laquelle le front glaciaire a traversé le point le plus profond du fjord.

Des mesures GPS de haute précision sur le glacier indiquent que le mouvement du glacier est fortement influencé par la présence d'eau: le cycle de vitesse journalière indique un maximum pendant l'après-midi, au moment du maximum de fonte en surface. D'autre part, les précipitations, principalement sous forme de pluie, provoquent une forte accélération du déplacement du glacier, qui peut être associée à un soulèvement de la masse de glace par la poussée de l'eau.

días 16 y 19 de enero, tal como cabe esperar del movimiento del glaciar, que presenta una pendiente descendente, a causa de la gravedad.

Sin embargo, este descenso cede el día 19 de enero y la posición vertical empieza a aumentar a partir del día 20 de enero. Este aumento de la posición vertical se puede explicar por el impulso de Arquímedes que ejerce el agua proveniente de las precipitaciones líquidas. Esta se infiltra en el glaciar a partir del día 19 y logra levantarlo por unos 15 centímetros (Figura 4). Este levantamiento del glaciar probablemente reduce el roce que experimenta el mismo en su base, lo que explicaría la aceleración del glaciar durante estos días.

Conclusiones

Los glaciares del lado oeste de los Campos de Hielo Patagónicos son de acceso difícil, por lo que hay pocos datos de mediciones in situ. Aquí presentamos datos de batimetría y temperatura del fjord Témpanos y mediciones de posición de alta precisión sobre el glaciar. La batimetría del fjord explica el retroceso acelerado del glaciar durante los años 80 del siglo pasado, periodo en el cual el frente del glaciar pasó por el punto más profundo del fjord.

Las mediciones de posición de alta precisión sobre el glaciar indican que el movimiento del glaciar está altamente influenciado por la presencia de agua: el ciclo diario de la velocidad muestra una máxima durante la tarde, cuando se espera más presencia de agua por el derretimiento superficial durante el día. Por otro lado, la presencia de precipitaciones líquidas causa una fuerte aceleración del glaciar, lo que se puede asociar a un levantamiento del glaciar causado por el impulso del agua.

Références / Referencias

- Braun MH, Malz P, Sommer C, Fariás-Barahona D, Sauter T, Casassa G, Soruco A, Skvarca P & Seehaus TC (2019) Constraining glacier elevation and mass changes in South America. *Nature Climate Change*, 9(2), 130.
- Dussailant I, Berthier E, Brun F, Masiokas M, Hugonnet R, Favier V, Rabatel A & Ruiz L (2019) Two decades of glacier mass loss along the Andes. *Nature Geoscience*, 12(10), 802-808.
- Schaefer M, Fonseca D, Fariás-Barahona D & Casassa G. (2019) Surface energy fluxes on Chilean glaciers: measurements and models. *The Cryosphere Discussion*.
- Zemp M, Huss M, Thibert E, Eckert N, McNabb R, Huber J, Barandun M, Machguth H, Nussbaumer SU, Gärtner-Roer I, Thomson L, Paul F, Maussion F, Kutuzov S & Thomson L (2019) Global glacier mass changes and their contributions to sea-level rise from 1961 to 2016. *Nature*, 568(7752), 382.



▷ Navigation sur le front du glacier du Témpanos.
▷ Acercamiento con el bote hacia el imponente frente glaciár.
📷 Serge Gaillault/©Centre Terre

Le glacier Témpanos ; contexte et indicateurs de fonte rapide

El glaciar Témpanos; contexto e indicadores de deshielo rápido

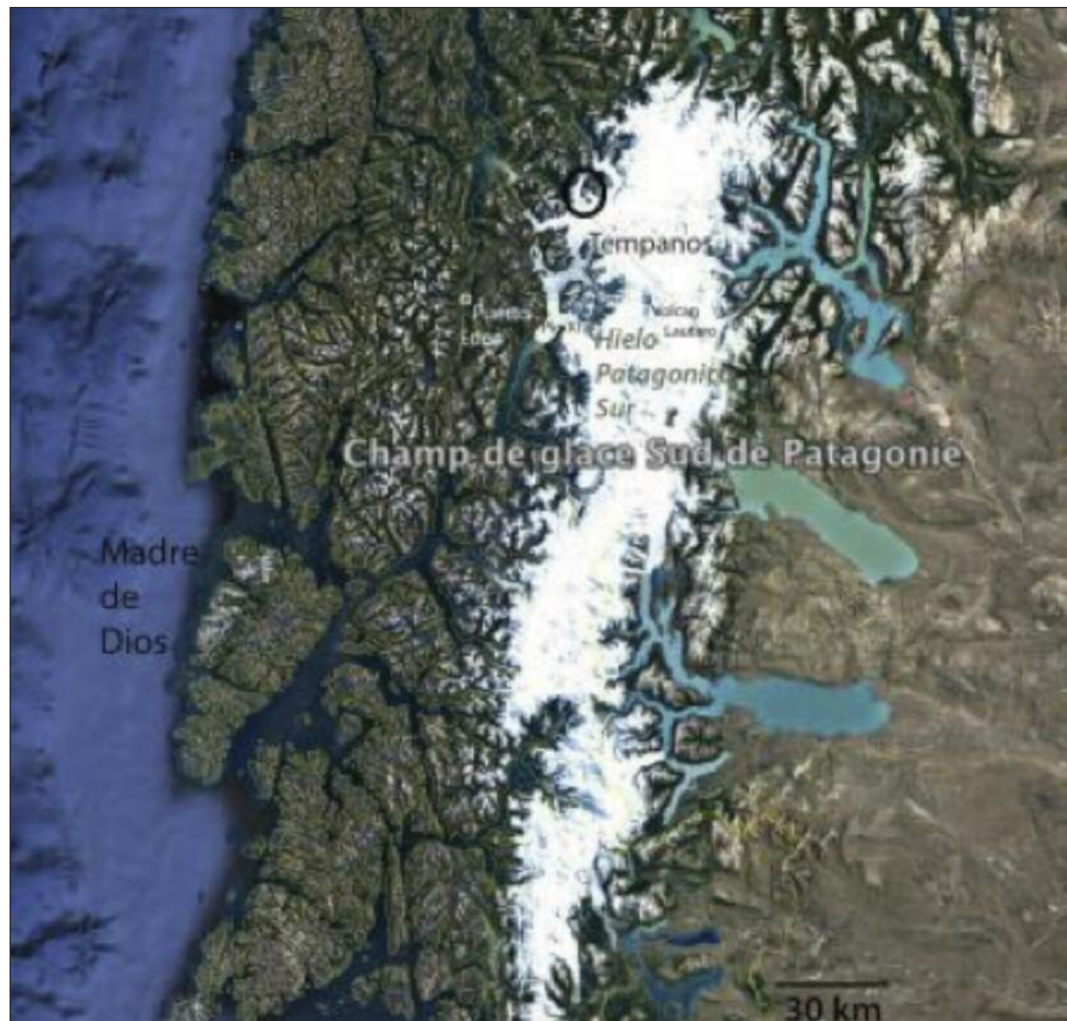
Richard Maire, Marius Schaefer, Bernard Tourte, Natalia Morata, Lionel Ruiz, Arnaud Malard, Laurence Boudoux d'Hautefeuille, Denis Morales, Stéphane Maiffret, Florian Chenu, Cyrielle Jac, Serge Caillaud

Introduction

Le glacier Témpanos est situé dans la partie nord-ouest de la grande calotte glaciaire du « Campo de Hielo Sur », la plus vaste du globe en zone de montagne, après l'Antarctique et le Groenland (Figure 1). Elle mesure 350 km de long entre 48°20' et 51°30' pour une superficie de plus de 12000 km². Nos recherches se sont orientées particulièrement sur la zone frontale de débordement ouest (lat. 48°40') entre le niveau de la mer et 300-400 m d'altitude. Le mot Témpanos signifie « icebergs » en raison de la zone de vèlage du glacier, mais aujourd'hui le glacier ne plonge pratiquement plus dans la mer (photos 1 & 2). Afin d'élargir la compréhension de la genèse glacio-karstique des « glaciers de marbre » de Madre de Dios durant les phases de fusion glaciaire, le but était d'explorer les types de cavités pseudo-karstiques creusées dans la glace et d'examiner les indicateurs d'une fusion très rapide : écoulements, faciès de la glace, recristallisation, formes associées. Dans le même temps, c'était aussi une opportunité d'observer les conséquences du réchauffement climatique en zone australe, réchauffement qui a débuté dès la fin du Petit Âge glaciaire dans la seconde moitié du XVIII^eS, et qui s'est accéléré durant les dernières décennies.

Introducción

El glaciar Témpanos está situado en la parte noroeste del gran casquete glaciar del Campo de Hielo Sur, el más extenso del globo en zona montañosa tras la Antártica y Groenlandia (Figura 1). Mide 350 km de largo entre las latitudes 48°20' y 51°30' y tiene una superficie de más de 12.000 km². Nuestros estudios se han centrado, principalmente, en la zona frontal de la lengua oeste (lat. 48°40'), entre el nivel del mar y los 300-400 m de altitud. El nombre "témpano" le viene por la zona desprendente del glaciar (calving), pero hoy el glaciar prácticamente ya no llega al mar (fotos 1 & 2). Con el fin de ampliar el conocimiento de la génesis glacio-kárstica de los "glaciares de mármol" de Madre de Dios durante la fase de deshielo, el objetivo era explorar los tipos de cavidades pseudo-kársticas excavadas en el hielo y examinar los indicadores de una fusión muy rápida: circulación, facies del hielo, recristalización, formas asociadas. A la vez, era la oportunidad de observar las consecuencias del calentamiento climático en zona austral, calentamiento que inició al final de la Pequeña Edad de Hielo en la segunda mitad del s. XIX y que se ha acelerado en las últimas décadas.



▷ **Figure 1** : Le Campo de Hielo Sur d'après une image Google Earth. Localisation du glacier Témpanos au nord.

▷ **Figura 1** : Campo de Hielo Sur en una imagen de Google Earth. Localización del glaciar Témpanos en el norte.

Historique des recherches et recul global

Le glacier Témpanos appartient à un ensemble glaciaire regroupant les glaciers Occidental-Témpanos-Greve d'une superficie totale de 842 km² et d'une altitude moyenne de 950 m pour un flux de glace annuel de 3,27 ± 0,4 gigatonnes (Gourlet et al., 2016). Les épaisseurs maximum de glace peuvent atteindre 1 500 m dans le glacier Occidental selon les levés gravimétriques effectués par hélicoptère (Gourlet et al., 2016). Les précipitations sont très importantes en altitude, principalement entre 1500 et 2500 - 3000 m, et peuvent atteindre 6 à 8 m/an, correspondant au minimum à 20 m de neige.

Depuis les recherches pionnières de L. Lliboutry (1956), de multiples mesures, cartographies et observations ont montré un fort recul des glaciers de Patagonie depuis 75 ans. Pour le Campo de Hielo Sur, Andrés Rivera (2019) indique que la superficie englacée est passée de 13883 km² en 1944-1945 à 13070 km² en 1986, à 12787 km² en 2000 et à 12133 km² en 2018, soit une baisse de 1750 km² (12,6 %). Seul le grand glacier Pio XI, le plus vaste du Campo Hielo Sur, n'a pas suivi cette baisse. Pour Rivera et al. (1997), l'avance du glacier Pio XI serait liée à une réponse retardée de 10-25 ans aux grosses accumulations de neige dans la vaste zone d'accumulation amont, en plus des effets de site : géométrie du glacier et du lit rocheux au niveau de la zone de vèlage ("calving glacier", Sugiyama et al., 2019).

Pour M.J. Willis et al. (2012), le calcul par topographie radar du volume annuel de glace disparu entre 1975 et 2000 est de l'ordre de -13,5 ± 0,8 km³/an, soit huit fois plus rapide qu'entre 1750 (Petit Âge Glaciaire) et 2010, c'est-à-dire -1,7 ± 0,4 km³/an (Glasser et al., 2011). La limite des neiges permanentes se situe vers 1250-1300 m dans la zone du Fitz-Roy (Lliboutry, 1956).

La zone frontale du glacier Témpanos connaît des températures positives toute l'année, d'où des formes de fusion très nombreuses et une diagenèse de la glace importante. Sur la rive droite, à l'altitude de 81 m, le glacier s'est abaissé de presque 149 m en 19 ans, soit une altitude de 230 m en 2000 (com. Marius Schaefer, Universidad Austral de Chile, Valdivia). La baisse annuelle moyenne est donc de l'ordre de 7 à 8 m. Sur le versant argentin, le grand glacier Upsala (vèlage sur le Lago Argentino) s'est abaissé en moyenne de 14 ± 2 m/an entre 1965 et 1995 (Naruse et al., 1996). A titre de comparaison, dans les Alpes, la baisse est actuellement de 4 m/an à la Mer de Glace dans sa partie aval, voire même une baisse de 8 m/an ces dernières années (Mourey et Ravel, 2017).

Un levé photographique aérien (TRIMETROGON) a été réalisé par l'AAF (Force Aérienne des Etats-Unis), notamment sur le Campo de Hielo Sur en janvier-février 1945, donc pendant l'été austral. L'une des photos aériennes obliques montre un recul du glacier Témpanos de 3,5 à 4 km environ



Historial de investigaciones y retroceso global

El glaciar Témpanos pertenece al conjunto glacial conformado por los glaciares Occidental-Témpanos-Greve, con una superficie total de 842 km² por una altitud media de 950 m y un flujo anual de 3,27 ± 0,4 gigatonnes (Gourlet et al., 2016). Los espesores máximos del hielo pueden alcanzar los 1,500 m en el glaciar Occidental según los levantamientos gravimétricos efectuados en helicóptero (Gourlet et al., 2016). Las precipitaciones son abundantes en altitud, principalmente entre 1500 y 2500-3,000 m y pueden alcanzar de 6 a 8 m/año, lo que corresponde a un mínimo de 20 m de nieve.

Después de las pioneras investigaciones de L. Lliboutry (1956), numerosas mediciones, cartografías y observaciones han mostrado un fuerte retroceso de los glaciares de Patagonia desde hace 75 años. Para el Campo de Hielo Sur, Andrés Rivera (2019) indica que la superficie helada ha pasado de 13.883 km² en 1944-1945 a 13.070 km² en 1986, a 12.787 km² en 2000 y a 12.133 km² en 2018, es decir, una disminución de 1.750 km² (12,6 %). Solo el gran glaciar Pio XI, el más extenso del Campo de Hielo Sur, no ha disminuido. Para Rivera et al. (1997), el avance del glaciar Pio XI estaría relacionado a una

△ **Photo 1** : Partie aval du glacier Témpanos et langue de débordement sur le fjord.

△ **Foto 1** : Parte inferior del glaciar Témpanos y lengua de desprendimiento en el fiordo.

📷 Lionel Ruiz/©Centre Terre

▽ **Photo 2** : Photo oblique du glacier Témpanos prise en janvier-février 1945 par le levé photographique aérien TRIMETROGON (in refuge CONAF).

▽ **Foto 2** : Foto oblicua del glaciar Témpanos tomada en enero-febrero de 1945 por toma fotográfica aérea TRIMETROGON (en refugio de CONAF).





△ **Photo 3** : Grand "dirt cone" situé vers 300 m d'altitude. Au premier plan, fine couverture de cendres volcaniques issues du volcan Lautaro.

△ **Foto 3** : Gran "dirt-cone" situado a unos 300 m de altitud. En primer plano, fina cobertura de cenizas volcánicas procedentes del volcán Lautaro.

📷 Arnauld Malard/©Centre Terre

au niveau du fjord Témpanos et surtout une réduction spectaculaire de l'épaisseur du glacier (photo 2). Des mesures plus récentes à partir des images satellitaires montrent que le recul annuel a été de $55 \text{ m} \pm 8 \text{ m}$ de 1984 à 2000 et de $41 \text{ m} \pm 13 \text{ m}$ entre 2000 et 2010 (Sakakibara et Sugiyama, 2014).

Les dirt-cones (cônes débris + glace)

Le glacier Témpanos présente, dans sa partie basse, de remarquables et nombreux « dirt cones ». Ce sont des morphologies d'ablation différentielle de forme conique de 20 - 30 cm à 2 - 3 m de haut associant une couverture de débris sombres et un noyau de glace (photos 3). L'examen microscopique des fins débris montre qu'une partie importante est constituée par des cendres volcaniques (tephra) composées notamment de verres, d'échardes de quartz, de micas, etc. Ces cendres proviennent du grand strato-volcan Lautaro (3607 m) situé 45 km au sud-est et dont la dernière éruption remonte à 1979.

Les dirt-cones sont observés également en abondance 25 km au nord-est du volcan, sur le glacier O'Higgins (Motoki et al., 2006) et sur le glacier Torre au pied du Fitz Roy (Lliboutry, 1956, p. 105). Lors des retombées de cendres, les cinérites forment des couches horizontales, mais peuvent aussi colmater des fentes et des crevasses. Suite à la fusion de la glace en ces derniers points, notamment dans la partie inférieure des glaciers, les cendres protègent la glace et finissent par former des cônes résiduels de glace masqués par les fins débris. Rappelons que les dirt-cones sont présents aussi bien sur les glaciers des zones tempérées que dans les régions polaires. L'explication par ablation différentielle a été donnée à propos des dirt-cones du Vatnajökull en Islande par Charles Swithinbank (1950). Comme pour les exemples du glacier Témpanos, on est en présence de cônes de glace pouvant atteindre 2 à 3 m de haut, recouverts par une mince couche de cendres volcaniques. Dans la chaîne Transantarctique, les dirt-cones sont liés à une couverture de débris morainiques et peuvent

respuesta tardía de 10-25 años de grandes acumulaciones de nieve en la vasta zona de acumulación superior, además de los efectos del lugar: geometría del glaciar y del lecho rocoso a nivel de la zona de calving ("calving glacier", Sugiyama et al., 2019).

Para M. J. Willis et al. (2012), el cálculo por topografía radar del volumen anual de hielo desaparecido entre 1975 y 2000 es del orden de $-13,5 \pm 0,8 \text{ km}^3/\text{año}$, es decir, ocho veces más rápido que entre 1750 (Pequeña Edad de Hielo) y 2010, por tanto, $-1,7 \pm 0,4 \text{ km}^3/\text{año}$ (Glasser et al., 2011). El límite de las nieves permanentes se sitúa hacia los 1.250-1.300 m en la zona del Fitz-Roy (Lliboutry, 1956).

La zona frontal del glaciar Témpanos experimenta temperaturas positivas todo el año, de ahí las abundantes formas de fusión y una diagénesis del hielo importante. Del lado derecho, a una altura de 81 m, el glaciar ha descendido casi 149 m en 19 años, es decir, una altitud de 230 m en 2000 (com. Marius Schaefer, Universidad Austral de Chile, Valdivia). El descenso anual promedio es, pues, de 7 a 8 m. Del lado argentino, el gran glaciar Upsala (desprendimiento en el Lago Argentino) ha descendido un promedio de $14 \pm 2 \text{ m/año}$ entre 1965 y 1995 (Naruse et al., 1996). A modo de comparación, en los Alpes el descenso actual es de 4 m/año en la parte inferior del Mar de Hielo o incluso de 8 m/año en los últimos años (Mourey et Ravel, 2017).

La Fuerza Aérea de los Estados Unidos efectuó un levantamiento fotográfico aéreo (TRIMETROGON) del Campo de Hielo Sur en enero-febrero de 1945, es decir, en el verano austral. Una de las fotos aéreas oblicuas muestra un retroceso del glaciar Témpanos de 3,5 a 4 km al nivel del seno Iceberg y, sobre todo, una reducción espectacular del espesor del glaciar (foto 2). Mediciones más recientes a partir de imágenes satelitales muestran que el retroceso anual ha sido de $55 \text{ m} \pm 8 \text{ m}$ de 1984 a 2000 y de $41 \text{ m} \pm 13 \text{ m}$ entre 2000 y 2010 (Sakakibara et Sugiyama, 2014).

Los dirt-cones (conos residuos + hielo)

En su parte inferior, el glaciar Témpanos presenta extraordinarios y numerosos "dirt-cones". Se trata de morfologías de ablación diferenciada en forma cónica, de entre 20-30 cm a 2-3 m de altura, que combinan una cobertura de residuos oscuros y un núcleo de hielo (fotos 3). El examen microscópico de los finos restos muestra que una parte importante está formada por cenizas volcánicas (tefra), compuesta principalmente por cristales, astillas de cuarzo, micas, etc. Estas cenizas provienen del gran estratovolcán Lautaro (3,607 m) situado 45 km al sureste y cuya última erupción se remonta a 1979.

También se observan abundantes dirt-cones 25 km al noreste del volcán, en el glaciar O'Higgins (Motoki et al., 2006) y en el glaciar Torre, a los pies del Fitz Roy (Lliboutry, 1956, p. 105). Durante la caída de las cenizas, las cineritas forman capas horizontales, pero también pueden colmatar las fisuras y las grietas. Tras la fusión del hielo, principalmente en la zona inferior de los glaciares, las cenizas protegen el hielo y acaban formando conos residuales de hielo tapados



◀ **Photo 4** : Expérience de coloration à la fluorescéine dans un moulin du glacier Témpanos, rive gauche, altitude 130 m.

◀ **Foto 4** : Experimento de coloración con fluoresceína en un molino del glaciar Témpanos, lado izquierdo, altitud 130 m.

📷 Serge Caillaud/©Centre Terre

mesurer jusqu'à 15 m de hauteur (Campbell et Claridge, 1975).

Type de cavités dans la glace

Les zones explorées en rive droite et gauche se situent entre zéro et 300 m d'altitude. Les cavités liées à la fonte rapide de la glace sont de divers types et présentent des convergences de forme avec les cavités karstiques.

- Les cavités de la zone supraglaciaire/intraglaciaire sont constituées en amont par des bédrières (ruisseaux de fonte) et en aval par des pertes connues sous le terme de « moulins » dans les Alpes. Ce sont des puits-pertes semblables à des pertes de lapiaz donnant accès à des cavités composées d'une succession de puits et de galeries en méandres (photo 4). Ces réseaux subverticaux rejoignent le lit imperméable sous-glaciaire.

- Les cavités juxtaglaciaires sont des pertes de contact comme pour les pertes karstiques, par exemple au contact grès/calcaire sur Madre de Dios. Ces ruisseaux sont issus de la zone granitique imperméable et correspondent aux exutoires de petits lacs perchés ou de vallées adjacentes. Ces cavités présentent parfois de grands porches (photo 5) se poursuivant par des conduits bas devenant impraticables, voire par un large conduit à plafond plat emprunté par un torrent à fort débit.

- Les cavités proglaciaires se situent sur le front du glacier au niveau de la sortie des torrents sous-glaciaires. Ces cavités sont les plus importantes en raison des forts débits, mais la progression peut devenir rapidement impossible. Remarquons l'instabilité du toit de certaines cavités juxta- et proglaciaires matérialisée par des lucarnes.

Diagenèse et comportement de la glace

On observe une glace translucide bleue très plastique au contact du plancher granitique et notamment sur la bordure inclinée. La glace épouse parfaitement la surface irrégulière et bosselée de la roche. De nombreux petits

por finos residuos. Recordemos que los dirt-cones están presentes tanto en los glaciares de zonas templadas como en las regiones polares. La explicación sobre la ablación diferenciada fue dada para los dirt-cones del Vatnajökull en Islandia por Charles Swithinbank (1950). Al igual que en los ejemplos del glaciar Témpanos, estamos ante conos de hielo que pueden alcanzar los 2 - 3 m de alto, recubiertos por una fina capa de cenizas volcánicas. En las mismas montañas Transantárticas, los dirt-cones están relacionados con los restos morrénicos y pueden llegar a medir hasta 15 m de altura (Campbell y Claridge, 1975).

Tipo de cavidades en el hielo

Las cavidades exploradas del lado derecho e izquierdo se sitúan entre los 0 y los 300 m de altitud. Las cavidades relacionadas con el derretimiento rápido del hielo son de diversos tipos y presentan convergencias de formas con las cavidades kársticas.

- Las cavidades de la zona supraglacial/intraglacial están constituidas por bédieres (riachuelos de deshielo) en la parte superior y, en la parte inferior, por sumideros que, en los Alpes, se les llama "molinos". Se trata de pozos-sumideros similares a los sumideros de los lapiaz que dan acceso a las cavidades compuestas por una sucesión de pozos y de galerías en meandro (foto 4). Estos sistemas subverticales llegan hasta el lecho impermeable subglacial.

- Las cavidades yuxtaglaciales son sumideros de contacto como en los sumideros kársticos, por ejemplo, en el contacto arenisca/caliza en Madre de Dios. Estos riachuelos proceden de la zona granítica impermeable y corresponden a los exutorios de pequeños lagos o de valles adyacentes. Estas cavidades, en ocasiones, se conforman de grandes bocas (fotos 5) sucedidas por conductos bajos que acaban siendo impracticables, o bien por un amplio conducto con techo plano por el que pasa un torrente de gran caudal.

- Las cavidades proglaciales se sitúan en el frente del glaciar



▲ **Photo 5** : Grotte juxtaglaciaire (Cueva Esperanza) liée à une perte de bordure avec recul rapide du glacier.

▲ **Foto 5** : Cueva yuxtaglacial (Cueva Esperanza) ligada a un sumidero de borde con retroceso rápido del glaciar.

📷 Arnauld Malard/©Centre Terre

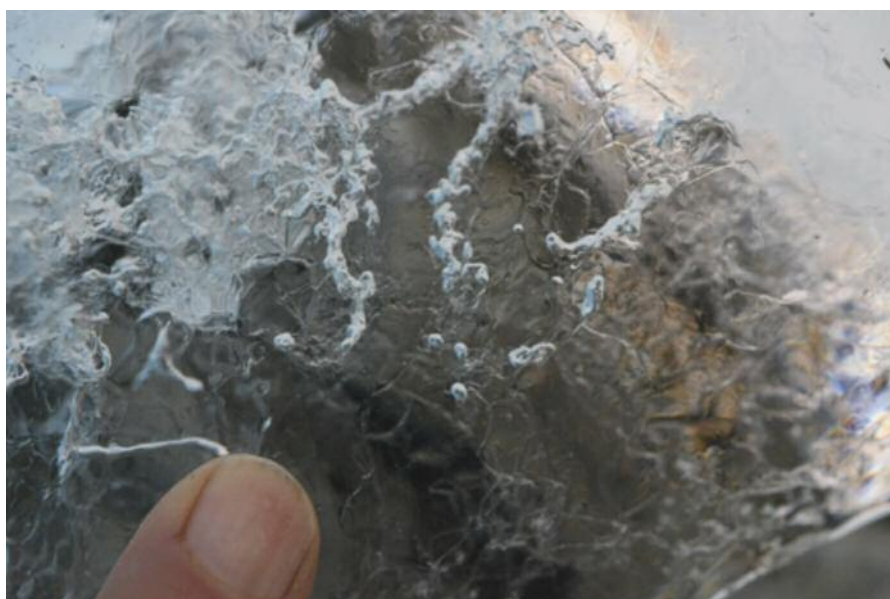
écoulements sont situés au contact roche-glace. En raison de la fusion rapide, on observe de petites circulations dans la zone de bordure avec des exutoires en forme de robinet au sein de la glace.

En raison de la température de la glace voisine de 0 °C (T°C légèrement positive), on observe une diagenèse de la glace typique de transitions de phase dans le solide. Cela se traduit par une recristallisation avec disparition des couches annuelles correspondant au passage d'une glace cristalline à structure hexagonale à une glace amorphe translucide à transparente. Cette transition de phase se traduit aussi par la remontée de chapelets de microbulles d'air et de canalicules (air-eau) (photo 6). Des stries de Forel sont également observées à la surface des parois de glace bleue sous la forme de rides liées à des micro-circulations sur le pourtour des grains de glace. Sur les parois des cavités, on observe des formes typiques de sublimation (évaporation directe de la glace) sous forme de « vagues », comme dans les conduits karstiques ou les cavités dans les cônes d'avalanches (circulation d'air, tube à vent). Cette morphologie est typique dans la grotte "Rêve Bleu".

▽ **Photo 6** : Détail des bulles et canalicules (air + eau) au sein de la glace lors de la transition de phase cristalline-amorphe.

▽ **Foto 6** : Detalle de las burbujas y canaliculos (aire + agua) dentro del hielo durante la transición de fase cristallino-amorfo.

📷 Richard Maire/©Centre Terre



al nivel de la salida de los torrentes subglaciales. Estas cavidades son las más grandes dado el fuerte caudal, pero la progresión puede tomarse rápidamente imposible. Nótese la inestabilidad del techo de ciertas cavidades yuxta- y proglaciales, como indican las ventanas.

Diagénesis y comportamiento del hielo

Se observa un hielo azul translucido muy plástico en el contacto de la capa granítica y, principalmente, en el borde inclinado. El hielo se adhiere perfectamente a la superficie irregular y abollada de la roca. Numerosas pequeñas filtraciones se sitúan en el contacto roca-hielo. Debido a la rápida fusión se observan pequeñas circulaciones en la zona del borde con exutorios en forma de chorro en medio del hielo.

Dada la temperatura del hielo cercana a los 0 °C (T °C ligeramente positiva), se observa una diagénesis del hielo típica de transiciones de fase en el sólido. Esto se traduce en una recristalización con desaparición de las capas anuales correspondientes al paso de un hielo cristalino a estructura hexagonal, a un hielo amorfo translúcido, a transparente. Esta transición de fase se traduce también en el ascenso de una sucesión de microburbujas de aire y de canalillos (aire-agua) (foto 6). También se observan estrías de Forel en la superficie de paredes de hielo azul bajo la forma de arrugas relacionadas a microcirculaciones en el contorno de los granos de hielo. En las paredes de las cavidades se observan formas típicas de sublimación (evaporación directa del hielo) en forma de "olas", como en los conductos kársticos o las cavidades en los conos de derrumbe (circulación de aire, tubo de viento). Esta morfología es típica de la cueva « Mundo Ideal ».

Biología supra glacial e interglaciar

Pese a las difíciles condiciones medioambientales, no hay ausencia de vida en el glaciar. Se observaron regularmente sobre el glaciar algas verdes de agua dulce del tipo *Chlamydomonas*, cuyo color rojo se debe a un pigmento del tipo carotenoide. Según las condiciones medioambientales circundantes, esta alga, también llamada "sangre de glaciar", se encuentra bajo dos formas bien distintas: enquistada (en forma de esporas inmóviles de unos 20 µm de diámetro) o con flagelo (célula móvil gracias a estos dos flagelos). El muestreo en el glaciar Témpanos y su observación en el microscopio permitió establecer la presencia solamente del tipo flagelado, lo que indica que las condiciones medioambientales favorecen el desarrollo de esta alga en este periodo del año. Al disminuir el poder reflectante del hielo (el color rojo absorbe más calor que el blanco), la proliferación de esta alga conlleva un aumento del deshielo. En el Ártico, estudios han mostrado que esta "sangre de los glaciares", por su color oscuro, puede contribuir a una disminución del 13 % del albedo durante el periodo de deshielo y, por tanto, acelerar el derretimiento de los glaciares (Lutz, Benning et al., 2016). Es interesante indicar que la disminución del albedo con nubosidad, fenómeno frecuente en Campo de Hielo Sur, también contribuye al aumento de la fusión (Schaefer et al., 2015).

A nivel entomológico, señalamos la existencia de una

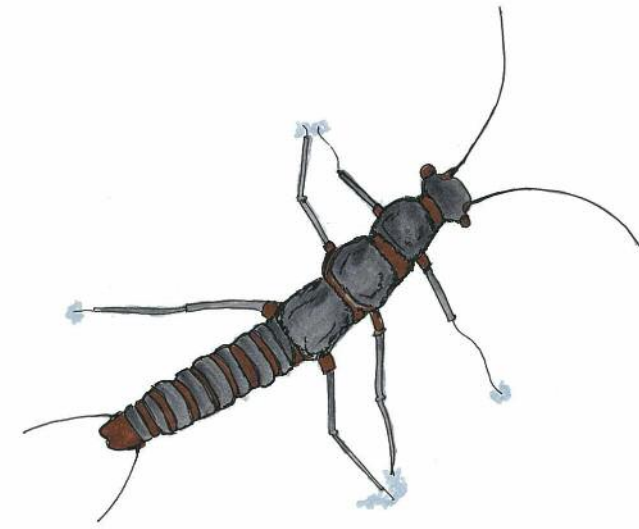
Biologie supraglaciaire et intraglaciaire

Malgré des conditions environnementales difficiles, la vie est loin d'être absente de la surface du glacier. Des algues vertes d'eau douce du genre *Chlamydomonas*, contenant un pigment de type caroténoïde leur conférant une couleur rouge, ont été observées régulièrement sur le glacier. Selon les conditions environnementales avoisinantes, cette algue, aussi surnommé « le sang des glaciers » peut être observée sous deux formes bien distinctes: enkystée (sous forme de spores immobiles d'environ 20 µm de diamètre) ou flagellée (cellule mobile grâce à ces deux flagelles). Le prélèvement d'échantillons sur le glacier Témpanos et leur observation au microscope a permis de mettre en évidence la présence uniquement de la forme flagellée ce qui indique que les conditions environnementales sont favorables au développement de cette algue à cette période de l'année. En diminuant le pouvoir réfléchissant de la glace (le couleur rouge absorbe plus de chaleur que le blanc) la prolifération de cette algue, entraîne une augmentation de la fonte de la glace. En Arctique, des études ont montré que ce « sang des glaciers », par sa teinte sombre, peut contribuer à une diminution de 13 % de l'albédo durant la période de fonte et donc accélérer la fonte des glaciers (Lutz, Benning et al., 2016). Il est intéressant de noter que la diminution de l'albedo par temps nuageux, phénomène fréquent sur le Campo de Hielo Sur, contribue aussi à l'augmentation de la fusion (Schaefer et al., 2015).

Au niveau entomologique, signalons l'existence d'une espèce d'insectes appartenant à l'ordre des Plécoptères: *Andiperla willinki* (Figure 2). Seule espèce du genre *Andiperla* au Chili (66 espèces de plécoptères au Chili), elle vit sur terre et dans l'eau (de fonte). Elle est parfaitement adaptée à ce milieu extrême grâce à ses branchies anales qui sont présentes chez les autres insectes uniquement au stade larvaire (caractère néoténique). Rappelons que cette espèce remarquable a été décrite et dénommée pour la première fois par l'entomologiste suisse Jacques Aubert (1956), et surnommée par la suite le « Dragon de Patagonie » par une équipe du Museum d'Histoire Naturelle dans le film éponyme de Gilles Santantonio (2005).

Conclusion

D'après les données des stations météorologiques situées au sud de 46°S, la température moyenne a augmenté de 0,4 à 1,4 °C depuis le début du XX^{ème}S (Rosenblüth et al., 1995). Une analyse précise de l'évolution des énormes précipitations neigeuses sur le Campo Hielo Sur indique une baisse de 5 % entre 1960 et 1999 (Rasmussen et al., 2007). Ces deux facteurs conjugués expliquent le recul actuel de la calotte glaciaire patagone.



◀ **Figure 2** : *Andiperla willinki* ou dragon de Patagonie.

Aquarelle Angélika Nodari

◀ **Figura 2** : *Andiperla willinki* o dragón patagónico.

Acuarela Angélika Nodari

especie de insecto perteneciente a la orden de los Plécopteros: *Andiperla willinki* (Figura 2). Es la única especie del género *Andiperla* en Chile (de las 66 especies de plécopteros existentes). Vive en el suelo y en la agua (deshielo). Está perfectamente adaptado a este medio extremo gracias a sus branquias anales, que, en el resto de los insectos, se presenta solamente en el estado larvario (carácter neoténico). Recordemos que esta extraordinaria especie fue descrita y denominada por primera vez por el entomólogo suizo Jacques Aubert (1956), apodada posteriormente "Dragón de la Patagonia" por un equipo del Museo de Historia Natural de París en un filme del mismo nombre de Gilles Santantonio (2005).

Conclusión

Según los datos de las estaciones meteorológicas situadas al sur de 46°S, la temperatura promedio ha aumentado de 0,4 a 1,4 °C desde el inicio del s. XX (Rosenblüth et al., 1995). Un análisis preciso de la evolución de grandes precipitaciones de nieve en Campo Hielo Sur indica un descenso de 5 % entre 1960 y 1999 (Rasmussen et al., 2007). Estos dos factores conjugados explican el retroceso actual del casquete glaciar

Références / Referencias

- Aubert J (1956) *Andiperla willinki*. Plécoptère nouveau des Andes de Patagonie. Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft, vol. 29, p. 229-252.
- Campbell IB & Claridge GGC (1975) Occurrence of dirt cones in Antarctica. New Zealand Journal of Geology and Geophysics, 18:2, 349-355.
- Glasser NF, Harrison S, Jansson K, Anderson K & Cowley A (2011) Global sea-level contribution from the Patagonian Ice Fields since the Little Ice Age maximum. Nature Geoscience, 4, p. 303-307.
- Gourlet P, Rignot E, Rivera A & Casassa G (2016) Ice thickness of the northern half of the Patagonia Ice Fields of South America from high-resolution airborne gravity surveys. Geophysical Research Letters, 10.1002/2015GL066728 (American Geophysical Union)
- Lliboutry L (1956) Nieves y glaciares de Chile. Fundamentos de Glaciología. Ed. de la Universidad de Chile, Santiago de Chile, 471 p., 103 phot., 62 fig.
- Lutz S, Anesio AM, Raiswell R, Edwards A, Newton RJ, Gill F & Benning G (2016) The biogeography of red snow microbiomes and their role in melting arctic glaciers. Nature Communications, vol. 7, Art. number: 11951 (2016).
- Motoki A, Orihashi Y, Naranjo JA, Hirata D, Skvarca P & Anma R (2006) Geologic reconnaissance of Lautaro Volcano, Chilean Patagonia. Revista geologica de Chile, vol. 33, n°1, p. 177-187.
- Mourey J & Ravanel L (2017) Evolution des itinéraires d'accès aux refuges du bassin de la Mer de Glace (massif du Mont Blanc, France). Journal of alpine research, Revue de géographie alpine, 105-4, varia 2017, 17 p. (<http://journals.openedition.org/rga/3780>)
- Naruse R, Skvarca P & Takeuchi Y (1996) Thinning and retreat of Glaciar Upsala, and an estimate of annual ablation changes in Southern Patagonia. Annals of Glaciology, 24, January 1996, DOI: 10.1017/S0260305500011903
- Rasmussen LA, Conway H & Raymond CF (2007) Influence of upper air conditions on the Patagonia icefields. Global Planet Change, 59(1-4), p. 203-216.
- Rivera A, Bown F, Wendt A & Bravo C (2012) Recent glacier changes in Southern Chile and in the the Antarctica Peninsula. Anales Instituto Patagonia (Chile), 40 (1), p. 39-44.
- Rivera A (2019). Desafíos glaciológicos del Campo de Hielo Sur. In « En las huellas de Lliboutry », p. 224-227.
- Rosenblüth B, Casassa G & Fuenzalida H (1995) Recent climatic changes in western Patagonia. Bull. Glacier Research, 13, p. 127-132.
- Santantonio G (2005) Le Dragon de Patagonie. Film documentaire, 52'.
- Schaefer M, Machguth H, Falvey M, Casassa G & Rignot E (2015) Quantifying mass balance processes on the Southern Patagonia Icefield. The Cryosphere, vol. 9, 1, p.25-35.
- Sugiyama S, Minowa M & Schaefer M (2019) Underwater ice terrace observed at the front of Glaciar Grey, a freshwater Calving Glacier in Patagonia. Geophysical Research Letters, 46, 5, doi.org/10.1029/2018GL081441
- Swithinbank C (1950) The origin of dirt cones on glaciers. Journal of Glaciology, vol. 1, 8, p. 461-465.
- Willis MJ, Melkonian AK, Pritchard E & Rivera A (2012) Ice loss from Southern Patagonian Ice Field, South America, between 2000 and 2012. Geophysical Research Letters, vol. 39, L17501, doi:10.1029/2012GL053136, 2012.



Observation de la faune présente dans le secteur nord-est de l'île Madre de Dios

Observación de la fauna presente en el sector noreste de Isla Madre de Dios

Jaime Neira Véliz
Médico Veterinario

Madre de Dios est une grande île isolée, située sur le front Pacifique, dans la région de Magallanes. Elle couvre une superficie de 1 042,9 km², ce qui en fait la 15^{ème} plus grande île du Chili. Ses paysages sont principalement influencés par la nature calcaire de son sol, qui est soumis à l'érosion par de fortes pluies pouvant atteindre 9 000 mm/an, à des rafales de vent atteignant 200 km/h et à des vagues fouettant l'île, le tout créant un territoire montagneux assez escarpé. Madre de Dios est parsemé de ravins et de multiples grottes, dont les plus profondes du Chili. Même si une végétation dense et adaptée à la rudesse de ce climat extrême s'est clairement développée, ces conditions inhospitalières ne semblent pas favoriser le développement d'une vie animale.

L'expédition Última Patagonia 2019, organisée par l'association Centre Terre, a offert la possibilité de réaliser au cours du mois de février, une étude de la faune présente et non référencée dans les environs du camp de base, situé dans le Barros Luco au nord-est de l'île Madre de Dios. Étant donné que l'île est proposée au patrimoine mondial naturel, le travail d'enregistrement, d'identification

Madre de Dios es una gran y remota isla situada frente al océano Pacífico, en la Región de Magallanes. Su superficie abarca unos 1.042,9 km², lo que la convierten en la 15^a mayor isla de Chile. Su paisaje de formas inigualables, dominado principalmente por roca caliza, es dibujado por la erosión causada por la copiosa lluvia de hasta 9.000 mm/año, ráfagas de viento que alcanzan 200 km/h y las olas que azotan la isla, generando un territorio de tierras altas bastante escarpado, plagado de barrancos y múltiples cuevas, incluyendo la más profunda de Chile. Estas condiciones inhóspitas parecerían no favorecer el desarrollo de vida alguna, no obstante, destaca la tupida vegetación adaptada a soportar la dureza de este clima extremo.

La expedición Última Patagonia 2019, organizada por la asociación Centre Terre, brindó la posibilidad de realizar, durante el mes de febrero, una prospección de la fauna presente y no referenciada en los alrededores del campamento base, ubicado junto al seno Barros Luco, en el sector noreste de la isla Madre de Dios. Además, dado que la isla postula a convertirse en Patrimonio Natural de la Humanidad, la labor de registrar, identificar y describir la fauna presente en ella es

et de description de la faune est particulièrement pertinent car il contribuera à une meilleure information sur la biodiversité et sur l'importance de conserver et protéger cette île.

Méthode de travail

L'observation faunique consistait principalement à obtenir des enregistrements audiovisuels du plus grand nombre possible d'espèces, tant au camp de base qu'aux alentours, en profitant des quelques belles fenêtres météorologiques pour effectuer des excursions en différents points du nord-est de l'île. Le matériel de travail comprenait un GPS pour déterminer l'emplacement de chaque enregistrement, un appareil photo professionnel, un téléobjectif pour prendre des images à une plus grande distance, ainsi qu'un équipement personnel approprié : des vêtements thermiques et imperméables, des bottes et des chaussures adaptées à tous les types de terrain. Nous disposions également d'un piège à caméra, placé près du site à compost pendant une semaine, un endroit stratégique pour observer les espèces qui viennent s'y nourrir. Enfin, du matériel bibliographique a été utilisé, comme les guides "Les oiseaux du Chili, leurs îles océaniques et leur péninsule antarctique" et "Les mammifères du Chili", pour identifier les espèces dont les enregistrements ont été stockés dans un ordinateur.

Travail réalisé sur le terrain

Le travail sur le terrain consiste à observer et à enregistrer les traces et indices de faune. Les excursions sont à la base de l'investigation. Elles ont toutes été réalisées en collaboration avec des spéléologues pendant les rares

especialmente relevante, ya que contribuirá a disponer de más información sobre la biodiversidad y la importancia de conservar y proteger esta isla.

Método de trabajo

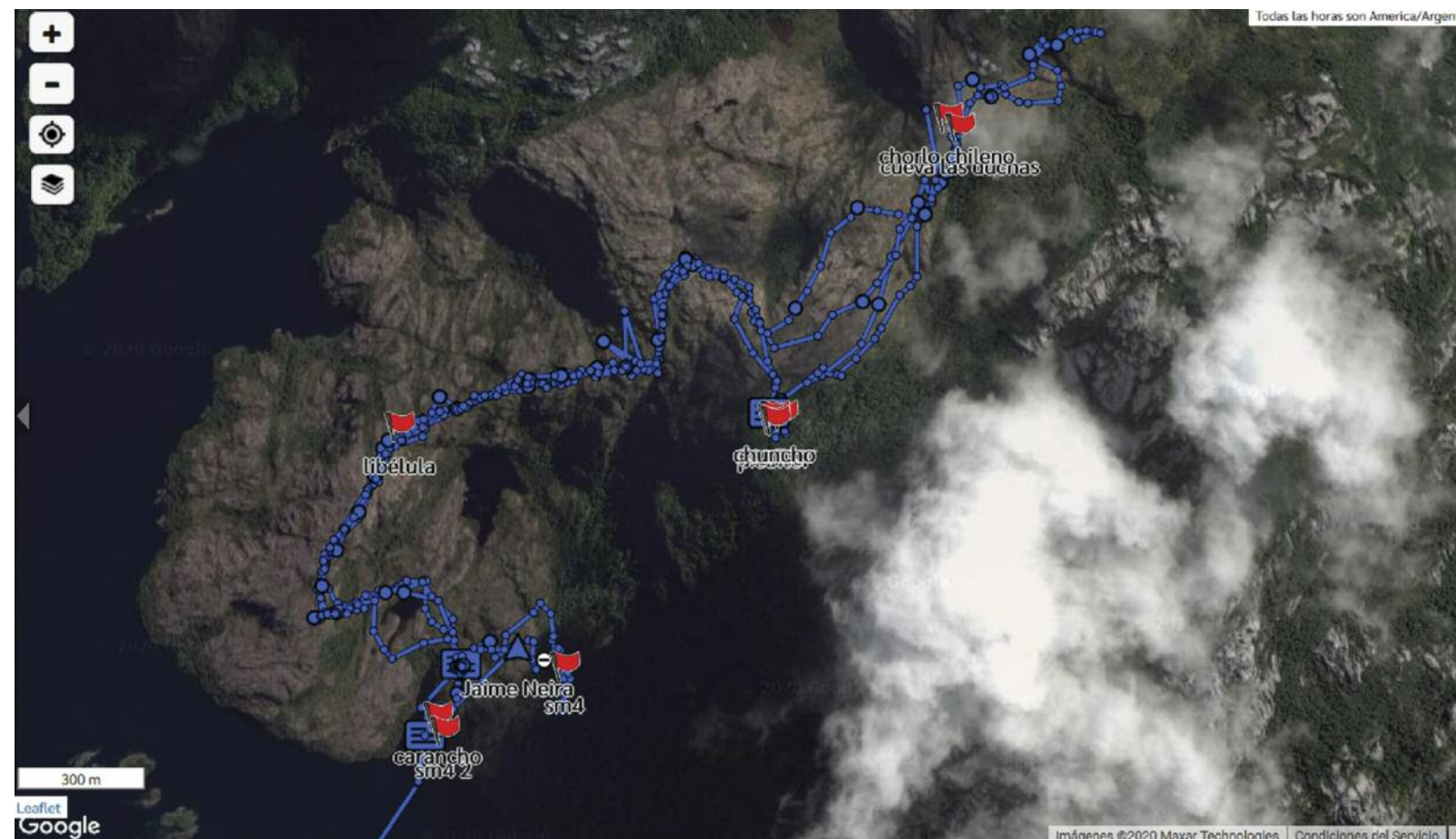
La observación de fauna consistió en obtener, principalmente, registro audiovisual de la mayor cantidad posible de especies presentes tanto en el campamento base como en sus alrededores, aprovechando las pocas ventanas de buen tiempo para realizar excursiones a distintos puntos del sector noreste de la isla. Como material de trabajo se contaba con ropa térmica e impermeable, botas y zapatos adecuados para todo tipo de terreno, un GPS para determinar la localización de cada registro, una cámara profesional, un lente (teleobjetivo) de gran alcance para capturar imágenes a mayor distancia. También se dispuso de una cámara trampa, que se ubicó en el sector de compostaje durante una semana, un lugar estratégico para observar las especies que allí llegaban a alimentarse. Finalmente, se utilizó material bibliográfico, como las guías "Aves de Chile, Sus islas Oceánicas y Península Antártica" y "Mamíferos de Chile" para la identificación de las especies, cuyos registros quedaron almacenados en un computador.

Trabajo realizado en terreno

El trabajo en terreno fue de observación y registro. Las excursiones fueron la base para realizar la prospección. Siempre se realizaron en conjunto con espeleólogos en las escasas ventanas de buen tiempo, por seguridad personal y de nuestros equipos de trabajo. Nos movilizamos tanto a pie como en Bombard. En un periodo de aproximadamente 23

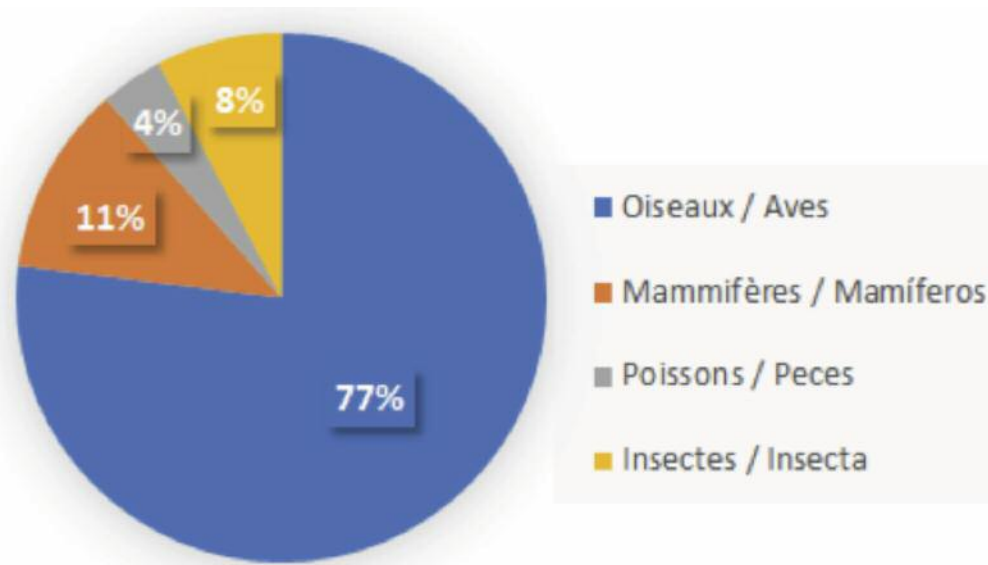
▽ Figure 1 : Enregistrement de la trace GPS de certaines des excursions réalisées autour du camp de base, et pointage des observations directes ou indirectes des espèces animales.

▽ Figura 1 : Registro en GPS de algunos de los recorridos realizados en los alrededores del campamento base, y marcas en que se observaron algunas especies de animales.



► **Figure 2** : Sur l'ensemble des espèces observées, 77 % correspondaient à des oiseaux, 11 % à des mammifères, 8 % à des insectes et 4 % à des poissons.

► **Figura 2** : Del total de las especies observadas, 77% correspondió a aves, 11% a mamíferos, 8% a insectos y 4% a peces.



périodes de beau temps, pour la sécurité des équipes et du matériel. Nous nous sommes principalement déplacés à pied et en Bombard. En 23 jours environ, nous avons parcouru plus de 75 km, dans la baie de Barros Luco, dans les forêts environnantes et les grottes.

Résultats

Les oiseaux semblent être les mieux adaptés pour survivre dans le secteur de l'île Madre de Dios. Parmi les espèces observées, 7 étaient des oiseaux aquatiques et 12 des oiseaux terrestres. A noter d'une part, la présence abondante du petit et curieux colibri chilien (*Sephanoides sephanoides*) et, d'autre part, celle de grands oiseaux pilleurs tels que le condor (*Vultur gryphus*). Les mammifères observés sont principalement le coipo (*Myocastor coypus*), qui évolue dans un périmètre d'environ 180 mètres de diamètre à partir de son terrier (Nowak, 1991), la souris olive (*Abrothrix olivacea*) et l'otarie (*Otaria flavescens*). Dans la catégorie des cétacés, nous avons souvent été escortés par des dauphins noirs (*Lagenorhynchus obscurus*) lors de nos sorties en mer. La présence de *Crossostomus chilensis* (figure), un poisson de la famille des Zoarcidés, qui habite généralement sous de petites roches côtières, a aussi été attestée. Enfin, dans la catégorie des insectes, nous notons la présence du bourdon rouge (*Bombus dahlbomii*), dont les populations à travers le pays ont fortement diminué ces dernières années (Meeus et al 2011, Arbetman et al 2012, Schmid-Hempel et al 2014), et l'extraordinaire libellule Neutrino (*Pantala flavescens*), capable de migrer jusqu'à 18000 km à la recherche de mares ou d'étangs pour y déposer ses œufs (Morel 2019).

Discussion

Les conditions climatiques des secteurs prospectés sont extrêmes. La faune de l'île est beaucoup plus facile à observer lorsque les conditions climatiques sont favorables (peu de vent et de pluie).

En comparaison avec d'autres espèces, les oiseaux en général semblent être les mieux adaptés pour y survivre, car leur capacité à voler leur permet de couvrir plus de

días recorrimos más de 75 km de territorio agreste, comprendiendo parte del seno Barros Luco, bosques, cavernas y los alrededores de estos.

Resultados

*Las aves son las que aparentan una mejor adaptación para sobrevivir en estos sectores de la isla Madre de Dios. De las especies observadas, 7 fueron aves acuáticas y 12 aves terrestres, destacando, por un lado, la abundante presencia del pequeño y curioso picaflor chileno (*Sephanoides sephanoides*) y, por otro, la de grandes aves carroñeras como el cóndor (*Vultur gryphus*). Los mamíferos avistados fueron el coipo (*Myocastor coypus*), quien ronda una zona con un radio de aproximadamente 180 metros de diámetro desde su madriguera (Nowak, 1991), el ratón oliváceo (*Abrothrix olivacea*) y el lobo marino (*Otaria flavescens*). Del orden de los cetáceos, muchas veces fuimos escoltados por delfines oscuros (*Lagenorhynchus obscurus*) durante nuestros recorridos en mar. Llamó la atención la presencia del *Crossostomus chilensis* (Figura), un pez de la familia de los Zoarcidae, que comúnmente habita bajo las pequeñas rocas costeras. Finalmente, de la clase Insecta destacó el abejorro colorado (*Bombus dahlbomii*), cuyas poblaciones a lo largo del país han decrecido drásticamente en los últimos años (Meeus et al 2011, Arbetman et al 2012, Schmid-Hempel et al 2014), y la extraordinaria libélula Neutrino (*Pantala flavescens*), capaz de realizar migraciones de 14.000 a 18.000 km de distancia buscando piscinas o charcos de agua donde poner sus huevos (Morel 2019).*

Discusión

Las condiciones climáticas de los sectores prospectados son extremas. La fauna en la isla fue mucho más sencilla de prospectar cuando las condiciones climáticas eran favorables (escaso viento y lluvia).

En comparación con otras especies, las aves en general son las que aparentan una mejor adaptación para poder sobrevivir en ellas, ya que su capacidad para volar les permite abarcar mayor territorio en menor periodo de tiempo. Además,

territoire dans un laps de temps plus court. En outre, la forte densité de forêts et de végétation leur fournit un abri.

Les mammifères présents sur l'île, comme le coipo (*Myocastor coypus*) et la souris olivâtre (*Abrothrix olivacea*) partagent des caractéristiques similaires comme l'activité crépusculaire voire nocturne et le fait de se nourrir de racines, tiges, fruits, insectes et, très rarement, de petits mollusques dans certaines zones de leur répartition, aussi bien dans les zones côtières que plus en altitude (LeBlanc 1994). A cela s'ajoute la découverte récente de 4 espèces de chauves-souris lors de l'expédition ConserBat EIRL (Programme pour la Conservation des Chauves-souris au Chili - PCMCh) aux habitudes crépusculaires, dont la plus abondante est l'espèce *Histiotus maguellanicus* (information non encore publiée).

Conclusion

Madre de Dios est une grande île qui n'a pas encore été complètement explorée ni étudiée. Ce territoire étant en constante évolution, il serait intéressant d'étudier la diversité de la faune en différentes saisons de l'année, et de corréliser quelles espèces se répètent et comment elles s'adaptent d'une saison à l'autre. Il serait également intéressant d'identifier quelles espèces migratrices fréquentent l'île, dans quels secteurs, à quelle période, quelle nourriture et quel habitat, et ainsi de décrire l'île comme un écosystème entier.

L'archipel de Madre de Dios est un bien domanialement administré par le Ministère des Biens Nationaux du Chili, qui l'a déclaré « Bien National Protégé » en 2007. Cette année, après l'expédition Última Patagonia 2019, le Ministère a réaffirmé son engagement et continue à avancer dans le but de faire de l'archipel Madre de Dios le premier "Patrimoine Naturel de l'Humanité" du Chili.

la gran cantidad de bosques y vegetación les proporciona refugio.

Los mamíferos presentes en la isla, como el coipo (*Myocastor coypus*) y el ratón oliváceo (*Abrothrix olivacea*), comparten características similares como, por ejemplo, ser de hábitos principalmente crepusculares-nocturnos y alimentarse a base de raíces, tallos, frutos, insectos y, muy ocasionalmente, de pequeños moluscos en algunas partes de su distribución, tanto en el sector costero como en las zonas más altas (LeBlanc 1994). A ellos se suma el reciente descubrimiento realizado con datos recogidos en la expedición por parte de ConserBat EIRL (Programa para la Conservación de los Murciélagos de Chile - PCMCh) de 4 especies de murciélagos de hábitos también crepusculares, siendo la más abundante la especie *Histiotus maguellanicus* (información aun no publicada).

Conclusión

Madre de Dios es una isla de gran tamaño de la que aún falta por explorar e investigar distintas áreas. Al ser un territorio que está en constante cambio, sería interesante estudiar la diversidad de fauna en diferentes estaciones del año, corroborar cuáles son las especies que se repiten y cómo estas se adaptan. También sería interesante identificar qué especies migratorias frecuentan la isla, en qué sectores, periodo de tiempo, alimentación y lograr así describir la isla como ecosistema.

El Archipiélago Madre de Dios es un bien fiscal bajo la administración del Ministerio de Bienes Nacionales de Chile, que en 2007 lo declaró Bien Nacional Protegido. Este año, tras la expedición Última Patagonia 2019, el Ministerio reafirmó su compromiso de seguir avanzando con el objetivo de que el Archipiélago Madre de Dios se convierta en el primer "Patrimonio Natural de la Humanidad" de Chile.

► **Figure 3** : Chunchu commun (*Glaucidium nana*), un oiseau de proie posé sur la branche d'un arbre tombé.

► **Figura 3** : Chunchu común (*Glaucidium nana*), ave rapaz descansando sobre una rama de un árbol caído.

📷 Jaime Neira Véliz/Centre Terre

► **Figure 4** : *Crossostomus chilensis* d'environ 10 cm de long.

► **Figura 4** : *Crossostomus chilensis* de 10 cm de longitud.

📷 Serge Caillault/Centre Terre

▽ **Figure 5** : Libélula Neutrino (*Pantala flavescens*) posée sur la végétation.

▽ **Figura 5** : Libélula Neutrino (*Pantala flavescens*) descansando sobre la vegetación.

📷 Serge Caillault/Centre Terre



Étude sur la diversité des chauves-souris sur l'île de Madre de Dios et le glacier Témpanos

Diversidad de murciélagos en isla Madre de Dios y glaciar Témpanos

Gonzalo Ossa^{1,2} & Jaime Neira¹

¹ ConserBat EIRL, Macal alto s/n, San Fabian, Ñuble, Chile.

² Programa para la Conservación de los Murciélagos de Chile PCMCh.

Références / Referencias

- Díaz MM, Ossa G, Barquez RM (2019)

Histiotus magellanicus. Mammalian Species 51:18–25.

- Frick WF et al. (2012) Climate and Weather Impact Timing of Emergence of Bats. PLoS ONE 7:e42737.

- Hamilton-Smith E (2000) The IUCN and protection of bat habitat. Bat Research News 41:45.

- Koopman KF (1967) The southern-most bats. Journal of Mammalogy 48:487–488.

- Ossa G (2016) Primer registro de la especie Myotis chiloensis (Waterhouse, 1838) (Chiroptera, Vespertilionidae) en el Parque Nacional Alberto de Agostini (Región de Magallanes y Antártica Chilena). Anales del Instituto de la Patagonia 44:1–4.

- Ossa G & Rodríguez-San Pedro A (2015) Myotis chiloensis. Mammalian Species 47:51–56.

Introduction

Les espèces de chauves-souris *Myotis chiloensis* et *Histiotus magellanicus* ont la répartition la plus australe connue de toutes les autres espèces au monde (Koopman 1967, Ossa et Rodríguez-San Pedro 2015, Ossa 2016, Díaz et al. 2019), pouvant habiter les forêts subantarctiques de la Terre de Feu et de la Cordillère de Darwin, mais il n'existe aucune information sur la présence de chauves-souris dans les canaux sud, où les conditions climatiques sont extrêmes, et où la pluviométrie est la plus importante de tout le Chili.

Les formations rocheuses de Madre de Dios sont principalement calcaires, avec des forts taux d'érosion en raison des pluies abondantes, favorisant le creusement de cavités karstiques (Figure 1). La végétation est caractérisée par d'impressionnantes forêts de *Nothofagus antarctica*, couvertes de mousses, ce qui les rend presque impénétrables. L'environnement, caractérisé par des vents forts et des pluies torrentielles, est présenté comme à faible probabilité de présence de chauves-souris (Frick et al. 2012). Cependant, les nombreuses cavernes et les forêts denses peuvent offrir un refuge favorable à ce groupe de mammifères (Hamilton-Smith 2000).

Lors de l'expédition Última Patagonia 2019 organisée par l'association Centre Terre, l'éventuelle présence de chauves-souris a été étudiée. En effet, jusqu'à présent, aucune signalisation n'avait été faite, tant dans la région du glacier Témpanos que dans l'archipel de Madre de Dios.

Méthode de travail

Au cours du mois de janvier, un groupe d'observateurs s'est concentré autour du glacier Témpanos. En février, les observations ont essentiellement été réalisées au camp du Barros Luco, dans le secteur nord-ouest de l'île Madre de Dios. Pour les observations, nous avons utilisé le « Song Meter 4 » (SM4FS), un microphone capable de capter et d'enregistrer les fréquences ultrasonores émises par les chauves-souris. Sur le terrain, le travail consiste essentiellement à installer et configurer le SM4FS sur les secteurs à étudier (Figure 1) L'installation est exécutée avec l'appui des spéléologues et du garde du parc pour le secteur du glacier Témpanos. Au Barros Luco, des SM4FS ont été placés dans une zone de forêt de *Nothofagus* et à proximité de la grotte des 3 Entrées Plus Une pour essayer d'obtenir des preuves de la présence de ces animaux.

La durée d'enregistrement des SM4FS sur chaque site dépend principalement des conditions climatiques et des opportunités de récupération de l'instrument (Tableau 1). Le SM4FS a été installé 6 nuits au glacier Témpanos, et 20 nuits sur l'île Madre de Dios, à trois endroits différents. Une fois l'instrument récupéré, les données recueillies ont été

Introducción

Las especies de murciélagos *Myotis chiloensis* y *Histiotus magellanicus* tienen la distribución más al sur conocida para cualquier otro murciélago en el mundo (Koopman 1967; Ossa and Rodríguez-San Pedro 2015; Ossa 2016; Díaz et al. 2019), siendo capaces de habitar bosques subantárticos en Tierra del Fuego y Cordillera de Darwin. Sin embargo no existe información sobre la presencia de murciélagos en los canales australes, donde las condiciones climáticas son extremas, siendo el punto más lluvioso de Chile.

Las formaciones rocosas son principalmente de piedra caliza, la cual se erosiona con el agua de la abundante lluvia dando origen a kilómetros de cuevas subterráneas (Figura 1). La vegetación se caracteriza por impresionantes bosques de *Nothofagus antarctica* cubiertos de musgos, volviéndolos casi impenetrables. El ambiente, caracterizado por fuertes vientos y lluvias torrenciales, se presenta como de baja probabilidad para la presencia de murciélagos (Frick et al. 2012). Sin embargo, el sistema de cavernas y bosques entrega una posibilidad de refugio para este grupo de mamíferos (Hamilton-Smith 2000).

Durante la expedición Última Patagonia 2019 organizada por la asociación Centre Terre se investigó la posible presencia de murciélagos hasta ahora desconocida tanto en el glaciar Témpanos como en el archipiélago Madre de Dios.

Método de trabajo

Durante el mes de enero se estudió las cercanías del glaciar Témpanos y durante el mes de febrero, el campamento base situado a un costado del Seno Barros Luco, en el sector noroeste de la Isla Madre de Dios.

El trabajo en terreno consistió en instalar y configurar el SM4FS (Figura 1) en los sectores a investigar, siempre contando con la ayuda de espeleólogos y un guardaparque en el caso del glaciar Témpanos.

El tiempo que se dejó el SM4 en cada área dependía principalmente de las condiciones climáticas y la factibilidad para recuperar el equipo (Tabla 1). En el glaciar Témpanos, el equipo permaneció 6 noches y en isla Madre de Dios el equipo permaneció durante 20 noches en tres sitios diferentes. Una vez recuperado el equipo, se transferían los datos recopilados a un computador a través de una tarjeta SD y se procedía a analizar los parámetros de frecuencia y duración de los pulsos ultrasónicos obtenidos. Cada especie de murciélago emite pulsos que son característicos, lo cual permite conocer qué especies habitan en el área de estudio.

Resultados

Se obtuvo un total de 80 registros correspondientes a quirópteros: 10 en la zona de glaciar Témpanos y 70 en Isla Madre de Dios (Gráfico 1).



transférées à un ordinateur au moyen d'une carte SD et les paramètres de fréquence et de durée des impulsions ultrasonores obtenues ont été analysés. Chaque espèce de chauve-souris émet des impulsions caractéristiques, ce qui permet de savoir quelles espèces habitent la zone d'étude

Résultats

80 enregistrements de chauve-souris ont été obtenus sur les deux mois: 10 dans la zone du glacier Témpanos et 70 sur l'île Madre de Dios (Graphique 1).

La plus grande diversité d'espèces a été enregistrée au glacier Témpanos. Cependant, le plus grand nombre de fichiers audio (79 au total) a été enregistré dans la grotte des Trois Entrées Plus Une. Dans le secteur de la cabane (camp de base), un seul signalement a été obtenu (*H. magellanicus*) et dans la gouffre de la Chatière, aucun signal de chauves-souris n'a été décelé.

Discussion

Les espèces recensées correspondent aux espèces habituellement présentes dans la région d'Aysén et de Magallanes, à l'exception toutefois de *T. brasiliensis*, qui a fait l'objet de peu de signalements récents dans cette région. De fait, cette espèce est généralement associée à des villages et des constructions anthropiques.

Il est intéressant de noter la présence de trois espèces dans l'île Madre de Dios, étant donné les conditions climatiques défavorables qui prédominent dans l'archipel.

Le site de la grotte des Trois Entrées plus Une semble être un refuge important pour les chauves-souris de différentes espèces. Il serait intéressant d'étudier la configuration de la grotte, notamment les conditions de température et d'humidité à l'intérieur et tout au long de l'année, afin de comprendre pourquoi ces espèces y trouvent refuge.

Un grand nombre d'échographies environnementales ont été obtenues à la gouffre de la Chatière. Ces échographies

En glaciar Témpanos se registró la mayor diversidad de especies; sin embargo, en la cueva de Las Tres Entradas Más Una se registró el mayor número de archivos de audio (79 en total). En el sector de la cabaña, se obtuvo únicamente un registro (*H. magellanicus*) y en la cueva Chatière no se obtuvieron registros de quirópteros.

Discusión

Las especies registradas corresponden a especies habitualmente presentes en la región de Aysén y Magallanes, salvo *T. brasiliensis*, la cual posee pocos registros recientes en la región de Aysén y se encuentra, en general, asociada a poblados y construcciones antrópicas. Resulta interesante la presencia de tres especies en Isla Madre de Dios, dada las condiciones climáticas adversas que predominan en el archipiélago.

Tres Entradas parece ser un importante refugio para murciélagos de diferentes especies en la isla. Sería interesante estudiar la configuración de la caverna, así como las condiciones de temperatura y humedad dentro de ella a lo largo del año, para poder comprender por qué estas especies se refugian ahí.

En la Chatière se obtuvo una gran cantidad de registros de ultrasonido ambiental, producido por el agua que corre en el

Figure 1 : Installation des SM4FS, à gauche, dans la forêt de *Nothofagus antarctica* et à droite, au sol à l'entrée de la grotte des Trois Entrées Plus Une.

Jaime Neira Véliz/©Centre Terre

Figure 1 : Equipo SM4FS, a la izquierda, instalado en el sector de la cabaña en un bosque de *Nothofagus antarctica* y a la derecha, instalado en el suelo, frente a la entrada 1 de la Cueva de las Tres Entradas Plus Una.

Serge Caillault/©Centre Terre

Tableau 1 : Sites d'enregistrement, coordonnées, date de début et date de fin des enregistrements acoustiques.

Tabla 1 : Puntos de muestreo, coordenadas, fecha de inicio y término de muestreo acústico.

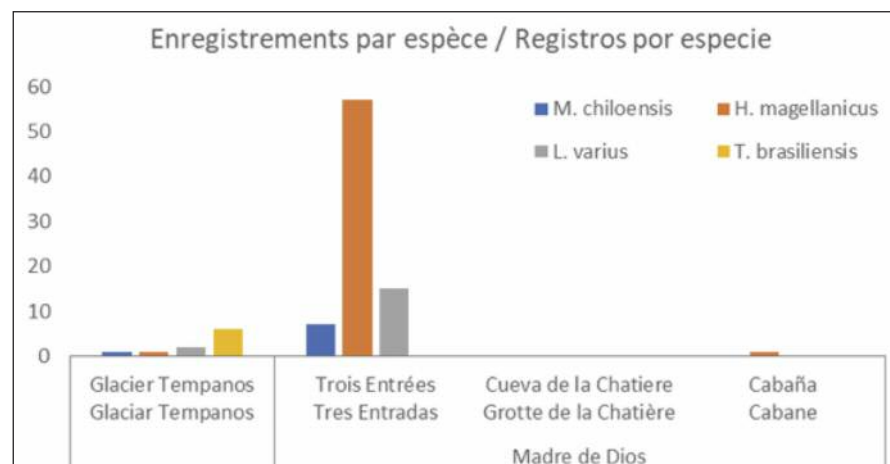
Site / Lugar	Coordonnées / Ubicación	Date d'installation / Fecha inicio	Date de retrait / Fecha termino	Habitat / Hábitat
Glaciar témpanos	48,702810°S 73,980323°E	17/01/2019	22/01/2019	Côte / Costa
Grotte des Trois Entrées Plus Une / Cueva de las Tres Entradas Mas Una	50,149021°S 75,201395°E	31/01/2019	08/02/2019	Grotte / Caverna
Grotte de la Chatière / Cueva de la Chatière	50,148421°S 75,198821°E	09/02/2019	15/02/2019	Grotte / Caverna
Cabane / Cabaña	50,142722°S 75,237805°E	18/02/2019	21/02/2019	Forêt à espèces persistentes / Bosque Siempreverde

sont produites par l'eau qui coule dans la cavité et peuvent masquer la présence de chauve-souris (bruit de fond environnemental trop élevé).

Un seul enregistrement a été obtenu à proximité de la cabane, ce qui indique que ce site n'est pas couramment parcouru par les chauves-souris.

Sur l'île, compte tenu des conditions peu favorables, les chauves-souris n'utilisent que les secteurs refuges, pour la reproduction ou l'alimentation, sans s'exposer dans d'autres zones.

Cette étude fournit, pour la première fois, des informations sur la présence d'espèces de chauves-souris, sur le site du glacier Témpanos, et sur l'île Madre de Dios. Ces données sont pertinentes parce qu'elles montrent un lien entre les



△ **Graphique 1** : Nombre d'enregistrements de chauves-souris obtenus sur chacun des sites suivis.

△ **Gráfico 1** : Numero de registros de quirópteros obtenidos por sitio de grabación.

populations du nord et du sud de la côte Pacifique. L'étude de l'écophysio- logie (réponses comportementales et physiologiques des espèces en fonction des conditions environnementales) de ces populations serait d'un grand intérêt, étant donné qu'il y a peu d'espèces de chauves-souris qui vivent aux latitudes élevées et, surtout, dans des conditions aussi peu favorables que celles de la côte pacifique de Patagonie.

Conclusions

Cette étude est une première base de référence concernant les chauves-souris de l'île Madre de Dios et du Glacier Témpanos, ce qui ouvre la voie à d'autres études potentielles pour mieux connaître en détail les populations. La rudesse du climat dans ces régions a peut-être isolé ces populations de chauves-souris, ce qui a généré des caractéristiques distinctives d'adaptation spécifique à ce milieu, ce qui, à terme, pourrait entraîner le développement de nouvelles espèces.

interior. La no presencia de registros de quirópteros en este lugar estuvo dado, principalmente, porque los registros quedan ocultos bajo el ruido ambiental.

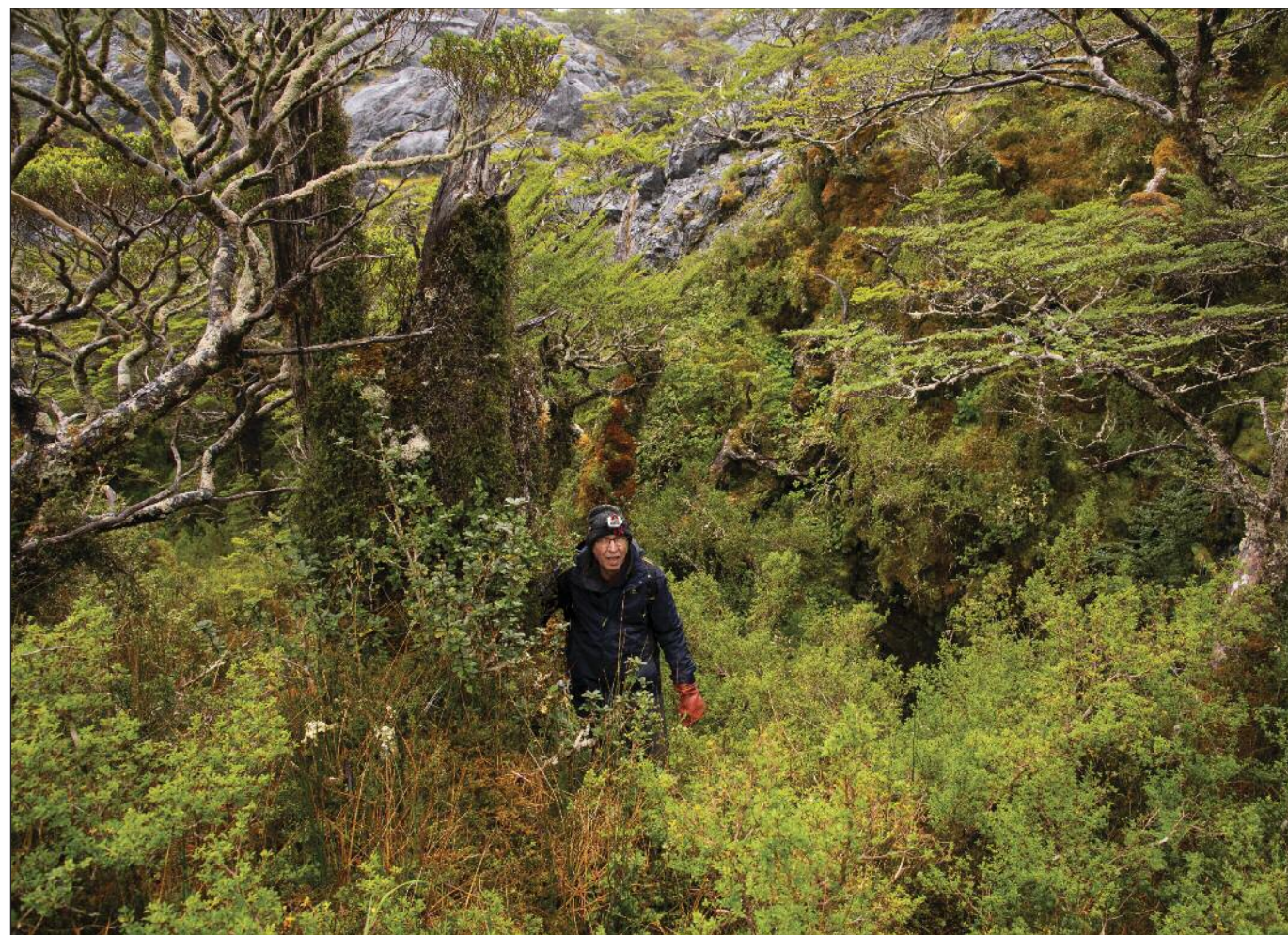
El único registro obtenido en la cabaña indica que este sitio no es utilizado por los murciélagos de forma común.

En la isla, dadas las condiciones adversas, los murciélagos utilizan exclusivamente los sectores de refugio, reproducción o alimentación, sin exponerse a otras áreas.

El presente estudio entrega, por primera vez, información sobre la presencia de especies de murciélagos tanto en Campos de Hielo Sur, como en isla Madre de Dios. Estos registros son relevantes porque muestran una conexión entre las poblaciones del norte y del sur por el lado pacífico. Por otra parte, el estudio sobre la ecofisiología – estudio de la fisiología en condiciones naturales - de estas poblaciones sería de gran interés, dado que son pocas las especies de quirópteros que habitan en altas latitudes y, sobre todo, en condiciones tan adversas como en la costa Pacífico de la Patagonia.

Conclusiones

El presente estudio corresponde a una primera línea de base de quirópteros en la isla Madre de Dios y glacier Témpanos, lo que da pie para desarrollar nuevos estudios para lograr conocer más detalladamente estas poblaciones de murciélagos. La dureza del clima en estas zonas posiblemente ha aislado estas poblaciones de murciélagos, generando caracteres distintivos de adaptación específica a este ambiente, que podrían derivar en nuevas especies.



Une approche du monde végétal : les bryophytes de l'archipel de Madre de Dios

Una aproximación al micro mundo vegetal: las briófitas del archipiélago Madre de Dios

Cadre de l'étude

Les bryophytes sont de petites plantes, dépourvues de fleurs, de fruits ou de graines. Il existe 3 types de bryophytes : les mousses, les hépatiques et les antocérotes. En raison de leur petite taille, elles sont souvent ignorées malgré leurs multiples rôles dans l'écologie des écosystèmes qu'elles peuplent : elles régulent l'humidité de l'environnement en absorbant l'excès d'eau de pluie et en l'évacuant vers d'autres organismes ; elles fournissent un habitat à d'innombrables petits animaux forestiers ; certaines espèces favorisent la fixation de l'azote atmosphérique grâce à leur relation symbiotique avec les cyanobactéries ; et, dans les zones sans végétation, elles constituent un élément fondamental pour la succession des plantes (exemple type : les lapias de Madre de Dios).

La relation étroite entre la végétation du sud de l'Amérique du Sud et les régions aussi éloignées que l'Australasie, l'Afrique du Sud, l'Antarctique, ou les îles tempérées et subantarctiques a longtemps attiré l'attention des naturalistes. L'origine de ce méga-ensemble d'espèces reste encore une énigme aujourd'hui. Pour des auteurs comme Schuster (1983), la séparation de ce grand ensemble d'espèces, du moins pour les bryophytes, est strictement liée à la séparation

Marco del estudio

Las briófitas son plantas pequeñas, que carecen de flores, frutos o semillas. Existen 3 tipos de briófitas : musgos, hepáticas y antoceroles. Por su pequeño tamaño suelen ser ignoradas a pesar de tener múltiples roles en la ecología de los ecosistemas que habitan : regulan la humedad ambiental absorbiendo el exceso de agua lluvia y disponiéndolo a otros organismos ; brindan hogar a un sinnúmero de pequeños animales del bosque ; varias especies ayudan a incorporar nitrógeno atmosférico gracias a la relación simbiótica con cianobacterias ; y, particularmente en los lapiaces de Madre de Dios, constituyen un elemento fundamental para la sucesión vegetal en áreas desprovistas de vegetación.

La estrecha relación entre la vegetación del sur de Sudamérica con áreas tan distantes como Australasia, Sudáfrica, Antártica, así como con islas templadas y subantárticas ha llamado la atención de naturalistas desde hace siglos. La antigüedad y origen de este mega ensamble de especies es hasta hoy un gran enigma. Para autores como Schuster (1983), la separación de esta gran ensambladura de especies, al menos para las briófitas, se encuentra en estricta relación con la separación de las masas continentales que habrían conformado el mega-continente Gondwana, hace más de 200 mA. Para abordarlo, la documentación y el trabajo florístico en las zonas australes del planeta, como es el caso del archipiélago Madre de Dios, se vuelve crucial.

Si bien se han realizado ciertos esfuerzos de recolección de plantas vasculares en el archipiélago Madre de Dios (E. Teneb & E. Domínguez pers. comm.), aún no existe una lista de especies publicada. En cuanto a la flora briofítica, el archipiélago se encontraba completamente inexplorado antes de este estudio. Lo anterior es relevante puesto que el archipiélago es, de hecho, de gran interés botánico debido a 1) su naturaleza calcárea y 2) al elevado régimen pluviométrico. En efecto, los sustratos calcáreos han demostrado ofrecer hábitats únicos para el desarrollo de plantas no vasculares, como lo demuestran estudios realizados en Norteamérica (Hattaway 1980), en Europa (Amman 1928, Bates 1978), Japón (Nagano 1969, 1972), sudeste asiático (Mohamed 1987) y, más recientemente, en Australia (Downing 1992, 1993). Sin embargo, en Chile los esfuerzos han sido virtualmente nulos, principalmente debido a la carencia de sustratos calcáreos. Este estudio se dirige a la elaboración del primer catálogo de especies de briófitas en ambientes calcáreos de Chile.

Área de estudio

El archipiélago se encuentra en una zona de transición entre el clima "Templado frío con gran humedad" por el norte y "Tundra isotérmica" por el sur (Zamora 1979). Los niveles de precipitaciones medidos por la base de Guarello muestran un promedio de 7.330 mm anuales, lo que hace de esta zona

Pedro Drapela¹ & Juan Larrain²

1. Escuela de Ecoturismo, Facultad de Ecología y Ciencias Naturales, Universidad Andrés Bello, Viña del Mar.
2. Instituto de Biología, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.



des masses continentales (mégacontinent du Gondwana), il y a plus de 200 mA. Pour l'aborder, la documentation et le travail floristique dans les zones sud de la planète, comme c'est le cas de l'archipel Madre de Dios, sont des étapes cruciales.

Bien que des efforts aient été fournis pour collecter des plantes vasculaires dans l'archipel de Madre de Dios (E. Teneb & E. Domínguez comm. pers.), il n'existe toujours pas de liste publiée des espèces. Quant à la flore bryophyte, l'archipel était complètement inexploré avant cette étude. Il est toutefois d'un grand intérêt botanique en raison (i) de sa nature calcaire et (ii) du régime pluviométrique élevé. En effet, les substrats calcaires se sont révélés offrir des habitats uniques pour le développement de plantes non vasculaires, comme en témoignent les études menées en Amérique du Nord (Hattaway 1980), en Europe (Amman 1928, Bates 1978), au Japon (Nagano 1969, 1972), en Asie du Sud-Est (Mohamed 1987) et plus récemment en Australie (Downing 1992, 1993). Cependant, au Chili, les collectes ont été vaines, principalement en raison de l'absence de substrats calcaires. Cette étude a donc pour objectif d'établir un premier catalogue des espèces de bryophytes en milieux calcaires au Chili.

Site d'étude

L'archipel de Madre de Dios est situé dans une zone de transition entre le climat "Tempéré froid et très humide" au nord et "Toundra isotherme" au sud (Zamora 1979). Les niveaux de précipitations mesurés par la station de Guarello montrent une moyenne de 7330 mm par an, ce qui fait de

une de *las regiones más lluviosas del planeta*. Los vientos en promedio soplan a 70 km/h y no son poco comunes ráfagas por sobre los 120 km/h. Los vientos constituyen uno de los factores más limitantes para el desarrollo de la vegetación. Las zonas elevadas, las depresiones y fracturas que ofrece la roca calcárea son espacios ideales (de hecho, los únicos) donde las plantas pueden establecerse y proliferar.

La *vegetación sobre arenisca alterna entre lo que Pisano (1977) llamó "Tundra Magallánica", de Astelia pumila – Donatia fascicularis, y "Bosque Magallánico Perennifolio Mixto" con las especies arbóreas dominantes Nothofagus betuloides, Nothofagus antarctica y Drimys winteri en lugares con mayor drenaje. Secundariamente, encontramos matorrales de Tepualia stipularis y Pilgerodendron uviferum como los situados en los alrededores del refugio.*

En cuanto a la vegetación sobre caliza encontramos nuevamente la categoría "Bosque Magallánico Perennifolio Mixto" en zonas costeras, pero con un dosel considerablemente más alto, y una mayor presencia y altura de Drimys winteri y de Podocarpus nubigenus. En zonas elevadas encontramos bosques de Nothofagus antarctica – Nothofagus betuloides en depresiones glacio-kársticas y en zonas de contacto arenisca-caliza, completamente cubiertos de briófitas, principalmente de hepáticas. En las zonas de lapiaces encontramos bosquetes de Nothofagus antarctica ubicados en dolinas, en ocasiones, muy profundas, mientras que en las áreas más expuestas solo alcanzan a crecer colonias discretas de briófitas. En zonas favorables, forman densos tapices que permiten el establecimiento de plantas vasculares y pequeños insectos.

ce site l'une des régions les plus pluvieuses de la planète. Les vents moyens soufflent à 70 km/h et des rafales de plus de 120 km/h ne sont pas rares. Les vents sont l'un des facteurs qui limitent le plus le développement de la végétation. Les zones surélevées, les dépressions et les fractures offertes par le calcaire sont des espaces idéaux (en fait, les seuls) où les plantes peuvent s'établir et proliférer.

La végétation sur les grès alterne entre ce que Pisano (1977) a appelé "Tundra Magallánica", d'*Astelia pumila – Donatia fascicularis*, et "Bosque Magallánico Perennifolio Mixto" avec les essences dominantes *Nothofagus betuloides*, *Nothofagus antarctica* et *Drimys winteri* dans des endroits davantage drainés. En second lieu, on trouve les arbustes *Tepualia stipularis* et *Pilgerodendron uviferum*, typiquement ceux situés à proximité du camp de base.

En ce qui concerne la végétation sur les calcaires, on retrouve la catégorie "Bosque Magallánico Perennifolio Mixto" dans les zones côtières, mais avec une canopée beaucoup plus haute, une présence et une hauteur plus importantes des *Drimys winteri* et *Podocarpus nubigenus*. Dans les zones élevées, on trouve des forêts de *Nothofagus antarctica – Nothofagus betuloides* dans les dépressions glacio-karstiques et dans les zones de contact grès-calcaires, entièrement recouvertes de bryophytes, principalement hépatiques. Dans les zones de lapiaz, on trouve des forêts de *Nothofagus antarctica* situées dans des dolines, parfois très profondes, alors que dans les zones les plus exposées, seules des

Toma de datos

Durante la expedición Ultima Patagonia 2019 se efectuaron 14 días de muestreo durante los cuales se recolectaron 410 colecciones botánicas. Estas fueron debidamente secadas y herborizadas durante y después de la expedición. El muestreo fue realizado de manera aleatoria intentando cubrir la mayor cantidad de formaciones vegetales y paisajes posible. Estas fueron posteriormente identificadas empleando la literatura disponible para cada grupo tal como monografías, revisiones taxonómicas y floras regionales.

Resultados

La flora briofítica del archipiélago Madre de Dios se compone de dos especies de antocerotes, 80 especies de hepáticas, 70 especies de musgos y 2 taxones infra-específicos, que pertenecen a 55 familias botánicas y 84 géneros, haciendo un total de 154 taxones. De estas, 13 constituyen nuevos registros para la Región de Magallanes y 19, para la Provincia de Última Esperanza; 11 especies extienden su límite de distribución hacia el sur, mientras que 2 lo hacen hacia el norte.

La flora de ambientes de arenisca suma un total de 82 taxones, correspondientes a 1 antocerote, 46 hepáticas y 35 musgos. En cuanto a ambientes sobre caliza, un total de 96 taxones, correspondientes a 1 antocerote, 51 hepáticas y 44 musgos. De ellos, 31 fueron encontrados creciendo directamente sobre sustratos calcáreos (45, si agregamos aquellos que crecían sobre una capa de suelo sobre sustratos calcáreos).

Entre las especies más características de los ambientes más influenciados por la caliza, como cuevas kársticas, lapiaces

▽ Tourbières d'*Astelia Pumila – Donatia fascicularis* en altitude sur sol gréseux ; secteur du Grand Cirque.

▽ Turberas de *Astelia Pumila – Donatia fascicularis* en altura sobre arenisca. Sector Gran Circo.

📷 Serge Caillault/©Centre Terre



Références / Referencias

- Amman J (1928) Bryogéographie de la Suisse. Matériaux pour la Flore Cryptogamique Suisse Vol 6, Fasc. 2. Zurich
- Bates JW (1978) The influence of metal availability on the bryophyte and macrolichen vegetation of four rock types on Skye and Rhum. The Journal of Ecology, 66: 457-482.
- Downing AJ (1992) Distribution of bryophytes on limestones in eastern Australia. The Bryologist 95(1): 5-14.
- Downing AJ & Selkirk PM (1993) Bryophytes on the calcareous soils of Mungo National Park, an arid area of southern central Australia. The Great Basin Naturalist 53(1): 13-23.
- Hattaway RA (1980) The calciphilous bryophytes of three limestone sinks in eastern Tennessee. Bryologist 83: 161-169.
- Larrain J (2005) Musgos de la Cordillera de la Costa de Valdivia, Osorno y Llanquihue: consideraciones ecológicas y lista de especies. In: Smith-Ramirez C, Armesto JJ, Valdovinos C (Eds) Historia, Diversidad y Ecología de los Bosques Costeros de Chile. Editorial Universitaria, Santiago, Chile, 159-177.
- Larrain J (2016) The mosses (Bryophyta) of Capitán Prat Province, Aisén Region, southern Chile. PhytoKeys, 68, 91-116.
- Mohamed MAH (1987) Limestone moss flora of Malaya. In Symposia Biologica Hungarica 35: 649-663.
- Nagano I (1969) Comparative studies of moss vegetations developing on the limestone, chert, and other rocks lying adjacent to each other in the Chichibu mountain area, central Japan. Journal of the Hattori Botanical Laboratory 32: 155-203.
- Nagano I (1972) On the relations of the chemical composition of some mosses to their substrate rocks. Journal of the Hattori Botanical Laboratory 35: 391-398.
- Pisano E (1977) Fitogeografía de Fuego-Patagonia chilena. I.- Comunidades vegetales entre las latitudes 52° y 56° S. Anales del Instituto de la Patagonia, 8, 121-250.
- Schuster RM (1983) Phytogeography of the Bryophyta. In: Schuster, R.M. (ed.) New Manual of Bryology, vol 1, pp 500-620. Nichinan: Hattori Botanical Laboratory
- Seki T (1974 [1976]) A moss flora of Provincia de Aisén, Chile. Journal of Science of the Hiroshima University, Series B 15: 9-101.
- Villagrán C, Barrera E, Cuervino J & García N (2003) Musgos de la Isla Grande de Chiloé, X Región, Chile: Lista de especies y rasgos fitogeográficos. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural, Chile 52: 17-44.
- Zamora EM, & Santana, AA (1979) Características climáticas de la costa occidental de la Patagonia entre las latitudes 46°40'y 56°30'(S). Anales del Instituto de la Patagonia, 10, 109-144.

▷ Séchage des échantillons prélevés pendant la journée.

▷ Proceso de secado de muestras recolectadas durante el día.

▽ Mousse, lichen et nothophagus.

📷 Serge Caillaud/©Centre Terre

colonies discrètes de bryophytes peuvent pousser. Dans les zones favorables, elles forment des tapisseries denses qui permettent l'établissement de plantes vasculaires et de petits insectes.

Acquisition d'échantillons

Lors de l'expédition Ultima Patagonia 2019, 14 jours d'échantillonnage ont été réalisés au cours desquels 410 échantillons botaniques ont été prélevés. Ceux-ci ont été correctement séchés et désherbés pendant et après l'expédition. L'échantillonnage a été effectué au hasard en essayant de couvrir autant de formations végétales que possible dans des paysages variés. Celles-ci ont ensuite été identifiées à l'aide de la documentation disponible pour chaque groupe, notamment les monographies, les revues taxonomiques et de flore régionale.

Résultats

La flore bryophyte de l'archipel de Madre de Dios est composée de deux espèces d'anthocérotes, 80 espèces hépatiques, 70 espèces de mousses et 2 taxons infraspécifiques, appartenant à 55 familles botaniques et 84 genres, soit au total 154 taxons. De ce nombre, 13 sont de nouveaux signalements pour la Région de Magallanes et 19 pour la Province d'Ultima Esperanza. 11 espèces connues étendent leur limite de répartition vers le sud, tandis que 2 le font vers le nord.

La flore des milieux gréseux compte 82 taxons, correspondant à 1 antocérote, 46 hépatiques et 35 mousses. En ce qui concerne les environnements calcaires, la flore se compose de 96 taxons, correspondant à 1 antocérote, 51 hépatiques et 44 mousses. De ce nombre, 31 poussaient directement sur des substrats calcaires (et jusque 45, si l'on ajoute ceux qui poussaient sur une couche de sol sur des substrats calcaires).

Parmi les espèces les plus caractéristiques des milieux les plus influencés par le calcaire, comme les environnements de grottes, les lapiaz et les petites dolines, ainsi que les falaises calcaires, on trouve: *Heteroscyphus triacanthus* (Hook.f. et Lév.) Schiffn, hépatique dominant sur les abords extérieurs des grottes; *Adelanthus integerrimus* Grolle, recueilli principalement dans les zones élevées et poussant directement sur le calcaire; *Gymnostomum calcareum* Nees & Hornsch, certainement l'espèce la plus fréquente dans ces milieux; *Blindia magellanica* Schimper ex Müll. Hal, une espèce très commune à Madre de Dios, dans les environnements de grès et de calcaire. *Tortella tortuosa* (Schrad. ex Hedw.) Limpr, *Zygodon menziesii* (Schwägr.) Arn. et *Bryoerythrophyllum recurvirostrum* (Hedw.) Chen sont les espèces les plus caractéristiques des zones exposées de lapiaz en haute altitude: corridors, fissures, petites cavités et pratiquement tous les autres micro habitats qui offrent une faible protection du vent.

Il est à noter que dans l'archipel, près de la moitié des espèces (47 %) sont en fait endémiques du sud de l'Amérique du Sud (Chili et Argentine), ce qui reflète encore une fois

y pequeñas dolinas, así como acantilados de caliza, encontramos: *Heteroscyphus triacanthus* (Hook.f. et Lév.) Schiffn, hepática dominante en las superficies de los bordes exteriores de las cuevas; *Adelanthus integerrimus* Grolle, principalmente colectada en áreas elevadas creciendo directamente sobre caliza; *Gymnostomum calcareum* Nees & Hornsch., definitivamente la especie más frecuente en estos ambientes; *Blindia magellanica* Schimper ex Müll. Hal., una especie muy común en Madre de Dios, en ambientes tanto de arenisca como de caliza; *Tortella tortuosa* (Schrad. ex Hedw.) Limpr, *Zygodon menziesii* (Schwägr.) Arn. y *Bryoerythrophyllum recurvirostrum* (Hedw.) Chen constituyen las especies más características de las zonas expuestas de los lapiaz de altura, habitando corredores, grietas, pequeñas cavidades y, prácticamente, cualquier microhábitat que ofrece una pequeña protección al viento.

Cobra relevancia mencionar que en el archipiélago casi la mitad de las especies (47 %) son, de hecho, endémicas del sur de Sudamérica (Chile y Argentina), lo cual refleja nuevamente los altos niveles de endemismo de los bosques templados de esta región biogeográfica (Seki 1974, Villagrán et al. 2003, Larrain 2005, 2016). Por último, es interesante constatar que la flora de briófitas de estas regiones se encuentra mucho más relacionada a zonas australes muy lejanas como Sudáfrica, Australasia y las islas templadas y subantárticas que a zonas contiguas en Sudamérica, como reporta Larrain (2016) para la flora de la Provincia de Aisén. En efecto, la distribución de solo un 4,6 % de las especies continúa hacia los trópicos por la cordillera de los Andes, mientras que un 38 % de las especies también se encuentran en zonas australes como las recién mencionadas.



les niveaux élevés d'endémisme des forêts tempérées de cette région biogéographique (Seki 1974, Villagrán et al. 2003, Larrain 2005, 2016). Enfin, il est intéressant de noter que la flore bryophyte de ces régions est davantage liée à des zones méridionales très éloignées comme l'Afrique du Sud, l'Australasie et les îles tempérées et subantarctiques qu'à des zones contiguës en Amérique du Sud, comme le rapporte Larrain (2016) pour la flore de la Province de l'Aisén. En effet, la répartition de seulement 4,6 % des espèces est continue vers les tropiques à travers la cordillère des Andes, tandis que 38 % des espèces se retrouvent dans les zones australes telles que celles mentionnées ci-dessus.



Géomicrobiologie sur l'île de Madre de Dios: depuis la surface jusqu'aux profondeurs

Geomicrobiología en Isla Madre de Dios: desde la superficie a las profundidades

Introduction

Des études géomicrobiologiques ont déjà été menées dans différents environnements géologiques du Chili. Cependant, et bien qu'il s'agisse d'environnements extrêmes, aucun n'est aussi singulier que celui de l'île Madre de Dios. Cet environnement karstique, situé le plus au sud de la planète, répond à des conditions climatiques et morphologiques uniques. Le projet 2019 vise à étudier sur place, l'interaction bactéries-roches dans les environnements karstiques afin de comprendre comment elles survivent dans ces environnements hostiles.

Méthode

Tout au long de l'expédition dans la zone nord de l'île Madre de Dios, des échantillons de voiles bactériens ont été prélevés sur les calcaires appartenant à la Formation de Tartlon (Carbonifère supérieur - Permien inférieur), soit exposés à la surface, soit en grotte (Figure 1), il a également été possible d'obtenir des échantillons sur spéléothèmes,



△ **Figure 1** : Prélèvement d'échantillon au plafond d'une cavité, à l'aide d'un kit d'extraction d'ADN et d'une spatule stérile pour éviter la contamination.

△ **Figura 1** : Recolección de muestras en el techo de la cavidad, mediante un Kit de extracción de ADN y una espátula esterilizada para evitar contaminación de la muestra.

ce qui revêt aussi un intérêt particulier.

D'après la littérature, les grottes sont un habitat apprécié des communautés microbiennes. Leur activité peut être mise en évidence de trois manières: la première consiste en l'identification des microbes minéralisés, la seconde par la mise en évidence des structures formées par l'activité microbienne et la troisième par l'observation des textures qui sont révélatrices de leur activité. En surface, il est très difficile d'observer chacune de ces trois formes d'activité microbienne. En revanche, à l'intérieur des grottes, et notamment dans la grotte des Trois Entrées Plus Une (50° 08' 56.12" S - 75° 12' 15.98" W), nous avons pu observer des textures révélatrices d'activité microbienne, grâce à la présence de moonmilk: des dépôts humides, de couleur

Introducción

Se ha realizado estudios geomicrobiológicos en distintos ambientes geológicos del país, sin embargo, a pesar de ser lugares extremos, ninguno es tan especial como el de la isla Madre de Dios, debido a que corresponde al ambiente kárstico ubicado más al sur del planeta y reúne condiciones climáticas y morfológicas únicas. En consecuencia, el proyecto tiene por objetivo estudiar la interacción bacteria-roca en ambientes kársticos para entender cómo estas sobreviven en ambientes tan hostiles.

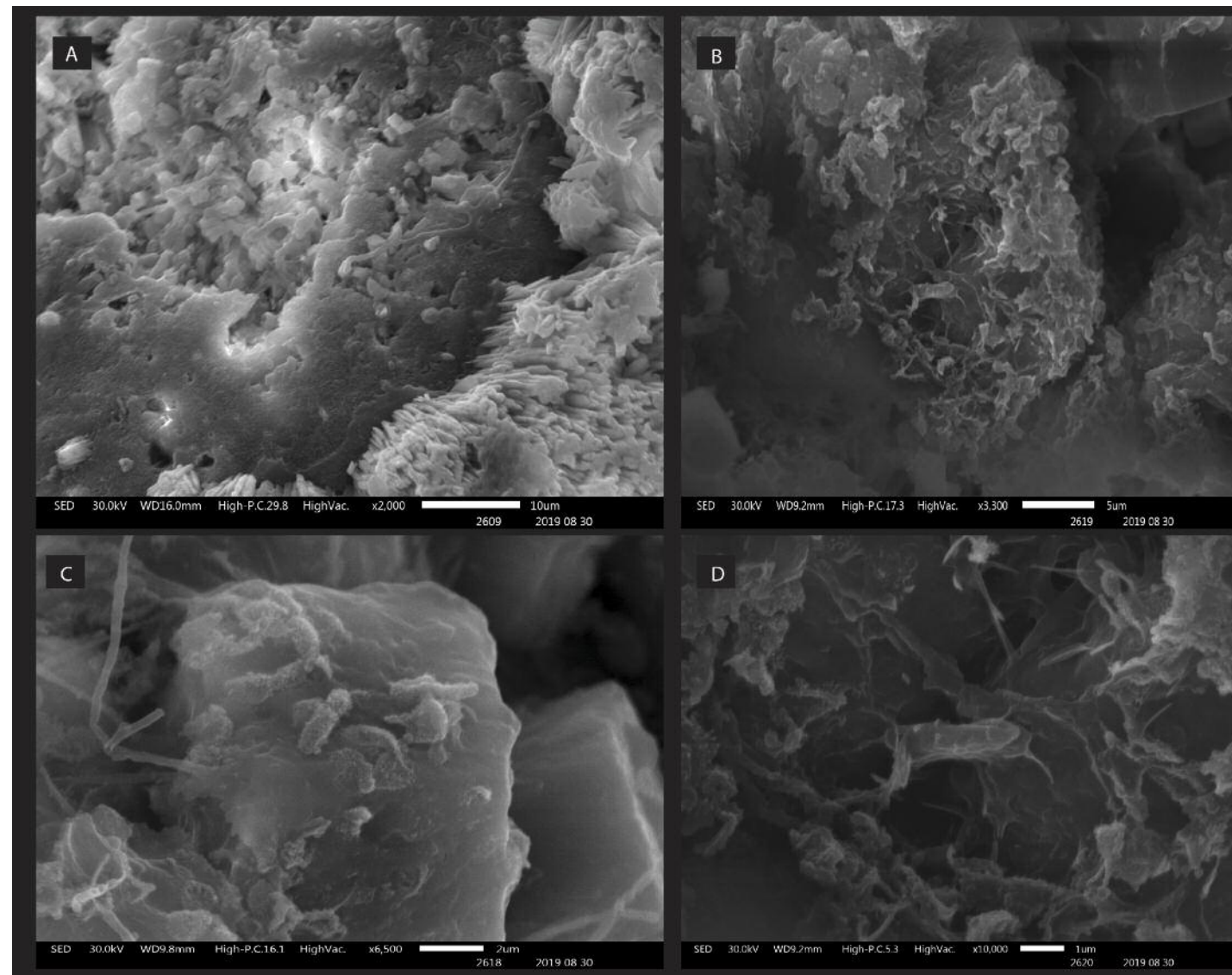
Metodología

A lo largo de la expedición en la zona norte de la Isla Madre de Dios, se recolectaron muestras en calizas pertenecientes a la Formación Las Calizas Tartlon (Carbonífero superior- Pérmico inferior) expuestas en superficie y otras dentro de las cavidades (Figura 1), además fue posible obtener muestras en espeleotemas lo que fue aún más fascinante.

Las cuevas son un buen hogar para las comunidades microbianas según lo señala la literatura. El reconocimiento de su actividad se puede evidenciar de tres formas: la primera consiste en la identificación de microbios mineralizados; la segunda mediante la evidencia de estructuras que se forman a partir de la actividad microbiana; y la tercera forma consiste en la observación de texturas que son indicativas de su actividad. En las superficies de la Isla, es muy difícil observar alguna de estas tres formas de actividad microbiana, aunque, dentro de las cavidades, específicamente en la cueva de las Tres Entradas Más Una (50° 08' 56.12" S - 75° 12' 15.98" W), fue posible observar la tercera forma de evidencia, mediante la presencia de lo que se denomina "moonmilk", que corresponde a depósitos húmedos de color principalmente blanco, con una textura cremosa y compuesto principalmente por carbonatos (Fischer, 1993; Istvan et al., 1995). Su génesis es muy discutida, no obstante, se destaca la activa participación de microorganismos en su génesis (Pochon et al., 1994), sumándose este trabajo como un aporte a esta teoría.

La presencia de moonmilk fue encontrada desde los primeros 20 metros en la cavidad, donde la exposición a corrientes de aire es intensa. Su aspecto es como el de la definición: "cremoso, húmedo y de color blanco", situado sobre las paredes de caliza y adosados en torno a los espeleotemas existentes. En las muestras tomadas de estalactitas en la cueva anteriormente mencionada, se reconocen estas estructuras in situ y posteriormente se confirman mediante análisis de tipo SEM (Microscopía Electrónica de Barrido). Con ayuda del mismo análisis fue posible confirmar la existencia de microorganismos alojados en las estalactitas, tal como se ilustra en la Figura 2.

Para comprender de mejor forma cómo viven los microorganismos en estas cavidades, se complementó el estudio con análisis de porosidad mediante Microtomografía de Rayos-X



blanche, à texture crémeuse, et composés essentiellement de carbonate (Fischer, 1993; Istvan et al., 1995). Son origine est très discutée, cependant, la participation active des micro-organismes à sa formation a clairement été mise en évidence (Pochon et al., 1994).

La présence de moonmilk a été détectée dans les 20 premiers mètres de la cavité, où les courants d'air sont les plus importants. Son aspect ressemble à celui de la définition: "crémeux, humide et blanc", et il se développe principalement sur les parois calcaires ou autour des spéléothèmes existants. Dans les échantillons prélevés sur les stalactites, les structures sont reconnues in situ et ensuite confirmées par des observations au MEB (Microscope électronique à balayage). Il a été possible aussi de confirmer l'existence de microorganismes logés dans les stalactites, comme l'illustre la Figure 2.

Afin de mieux comprendre comment les microorganismes vivent dans ces grottes, l'étude a été complétée par une analyse de porosité par microtomographie aux rayons X des échantillons (Figure 3). Dans le cas des calcaires de surface dans lesquels les grottes se forment, l'échantillon ayant la porosité la plus élevée a été considéré pour l'analyse finale. Malgré le choix de l'échantillon, les résultats indiquent que la porosité est faible, autour de 9 %, et les pores

en les muestras (Figura 3). En el caso de las calizas superficiales en las cuales se forman estas cavidades, se consideró para el análisis final la muestra con mayor porosidad. A pesar de lo anterior, los resultados señalan que la porosidad es mínima (bordeando un 9%) y los poros corresponden principalmente a poros cerrados, lo que funciona como un limitante para generar un gran porcentaje de humedad, mientras que en las muestras de espeleotemas la porosidad es mayor (cerca a un 70% en promedio) y presentan un agente que se supone clave para la actividad de microorganismos: la presencia de un medio húmedo.

La Microtomografía de Rayos-X permitió no solo comprender la relación entre porosidad y microorganismos, sino que, con este análisis y complementando los resultados obtenidos mediante SEM, se logró observar el interior de las estalactitas y determinar en qué sección de estas se podrían alojar las bacterias (Figura 4). El resultado señala que es posible que las bacterias se alojen en su mayoría en los poros abiertos dentro de las estalactitas.

Conclusión

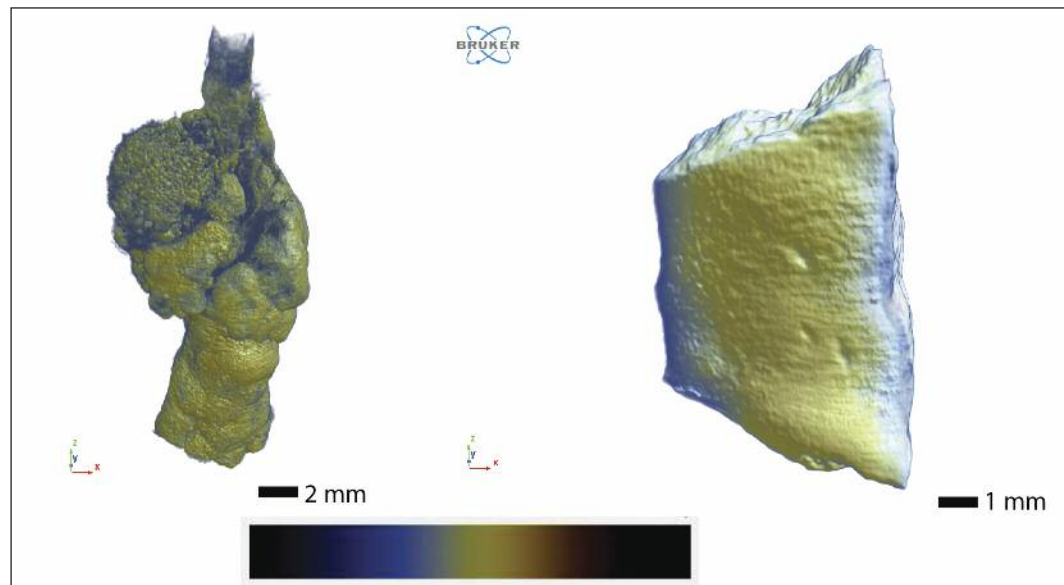
En conclusión, se puede señalar que en la cavidad denominada cueva de "Las Tres Entradas Más Una" del Archipiélago Madre de Dios es posible evidenciar una estrecha relación entre las comunidades bacterianas y la porosidad

△ **Figure 2** : Microphotographies obtenues par MEB (microscopie électronique à balayage). A. Filaments bactériens (barre d'échelle 10 µm). B. Vue avec un plus grand grossissement des communautés bactériennes, (barre d'échelle 5 µm). C. Bactéries sur cristaux rhomboïdaux de calcite, (barre d'échelle 2 µm). D. Croissance aciculaire des cristaux de calcite dans le moonmilk (barre d'échelle 1 µm).

△ **Figura 2** : Microfotografías obtenidas mediante SEM (Microscopía Electrónica de Barrido): A. Filamentos bacterianos, barra de escala 10 µm. B. Vista con mayor aumento de las comunidades bacterianas, barra de escala 5 µm. C. Bacterias sobre cristales romboïdales de calcita, barra de escala 2 µm. D. Crecimiento acicular de cristales de calcita en moonmilk, barra de escala 1 µm.

► **Figure 3** : Microtomographie obtenue par radiographie aux rayons X. Il est possible d'apprécier la différence de porosité entre une stalactite et un échantillon de calcaire de la paroi de la cavité. Les tons bleus sont associés aux pores à l'intérieur de l'échantillon, tandis que les tons jaunes correspondent à un matériau plus dense et moins poreux.

► **Figura 3** : Microfotografías obtenidas mediante Microtomografía de Rayos-X, se puede apreciar la comparación de porosidad entre una stalactita y una muestra de caliza obtenida de la pared en la cavidad. Los tonos más azules son asociados a los poros dentro de la muestra, mientras que los más amarillos corresponden a un material más denso con menor porosidad.



correspondent principalement à des pores fermés. Ce qui se révèle être un facteur limitant pour garantir un grand pourcentage d'humidité. En revanche, dans les échantillons de spéléothèmes, la porosité est proche de 70 % en moyenne. Ceci favorise une plus forte teneur en eau, un atout essentiel pour l'activité des micro-organismes.

En complément au MEB, la microtomographie aux rayons X permet non seulement de comprendre la relation entre la porosité et l'activité des microorganismes, mais aussi d'observer l'intérieur des stalactites et de déterminer dans quelle section ces bactéries peuvent se loger (Figure 4). Le résultat indique qu'il est possible pour la plupart des bactéries de se loger dans les pores ouverts à l'intérieur des stalactites.

Conclusion

En conclusion, on peut noter que dans la cavité nommée grotte des Trois Entrées Plus Une de l'île Madre de Dios,

de las rocas, por lo que el contenido de humedad sería un factor relevante para el desarrollo y supervivencia de estas en un ambiente kárstico. Adicionalmente, se logró demostrar la relación de la actividad microbiana en la génesis de moonmilk, convirtiéndose en una evidencia de la existencia de microorganismos, asociados a espeleotemas dentro de las cavidades.

Los resultados previos de este trabajo fueron presentados en el XIII International Symposium on Antarctic Earth Sciences (ISAES 2019) en el mes de julio en Incheon, Korea. A la fecha de la presentación aún no se habían obtenido mayores resultados, sin embargo, algunas de las instituciones asistentes han manifestado su interés en colaborar con el proyecto, por lo que este proyecto tiene un potencial enorme que es necesario seguir desarrollando.

Agradecimientos

Quiero agradecer a la Plataforma Experimental Bio-CT, perteneciente a la Facultad de Odontología de la Universidad

de Chile (FONDEQUIP EQM150010), por realizar el análisis mediante uso de tecnología Micro-CT y, por último, aunque no menos importante, al Laboratorio de Microscopía Electrónica de Barrido (FONDEQUIP EQM130076) de la misma Facultad.

une relation étroite entre les communautés bactériennes et la porosité des roches peut être mise en évidence. La teneur en humidité de ces pores serait un facteur pertinent pour le développement et la survie des bactéries en milieu karstique. De plus, la relation de l'activité microbienne dans la genèse du mondmlch a pu être attestée, prouvant l'existence de microorganismes associés aux spéléothèmes dans les cavités.

Les résultats de ces travaux ont été présentés au 13^{ème} International Symposium on Antarctic Earth Sciences (ISAES 2019) en juillet à Incheon, Corée. A la date de la présentation, aucun résultat majeur n'avait encore été obtenu. Cependant, certaines des institutions présentes ont exprimé leur intérêt à collaborer sur le sujet, de sorte que ce projet présente un potentiel qui doit être développé davantage.

Remerciements

Je tiens à remercier la plateforme expérimentale Bio-CT de la Faculté d'odontologie de l'Université du Chili (FONDEQUIP EQM150010), qui a effectué l'analyse à l'aide de la technologie Micro-CT et, enfin et surtout, le laboratoire de microscopie électronique à balayage (FONDEQUIP EQM130076) de la même Faculté.

Références / Referencias

- Cacchio P, Ferrini G, Ercole C, Del Gallo M, & Lepidi A (2014) Biogenicity and characterization of moonmilk in the Grotta Nera (Majella National Park, Abruzzi, central Italy). *Journal of Cave and Karst Studies*, v. 76, no. 2, p. 88 – 103. DOI: 10.4311/2012MB0275
- Cuezva J, Cañaveras JC, Gonzáles, Lario J, Luque L, Saiz-Jiménez S, Sánchez-Moral S & Soler V (2003) Origen bacteriano de espeleotemas tipo moonmilk en ambiente kárstico (cueva de Altamira, Cantabria, España). *Estudios Geológicos*, 59: 145-157.
- Durán JJ, López-Martínez JJ, Martín de Vidales JL, Casas J & Barea J (2001). El moonmilk, un depósito endokárstico singular. Presencia en cavidades españolas. *Geogaceta*, 29: 43-46.
- Fischer H (1993) Mondmilchloch: la cavité type du mondmlch (Obwalden, Suisse). *Karstologia*, no. 21, p. 56 – 58.
- Istvan D, Manescu S & Jurca M. (1995). Study on moonmilk from Pester Mare, Piatra Molosnaia (Repedea, Maramures Mountains, Romania): *Theoretical and Applied Karstology*, v. 8, p. 69 – 74.
- Josserand M. & Pochon J (1954) Manuel technique d'analyse microbiologique du sol (avec la collab. de J. Augier, H. de Barjac, O. Martre-Coppier, M. A. Chalvignac et J. Lajudie), In: *Bulletin mensuel de la Société linnéenne de Lyon*, 24^e année, n° 1, janvier 1955. p. 32.
- Verrechia EP & Verrechia KE (1994) Needle-fiber calcite: a critical review and a proposed classification. *J. Sediment Res.*, A64: 650-664.

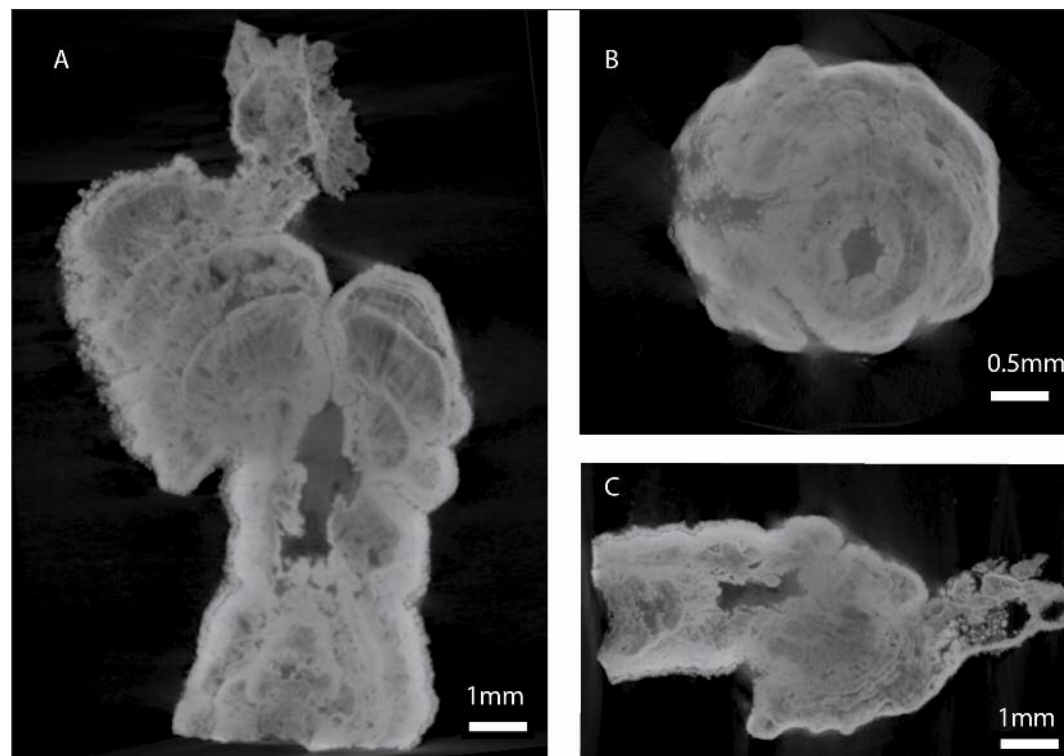
▽ Instrumentation géologique sur le terrain par Catherine Huerta et Jaime Neira.

▽ Instrumentación geológica sobre el terreno por Catherine Huerta y Jaime Neira.

📷 Serge Caillault/©Centre Terre

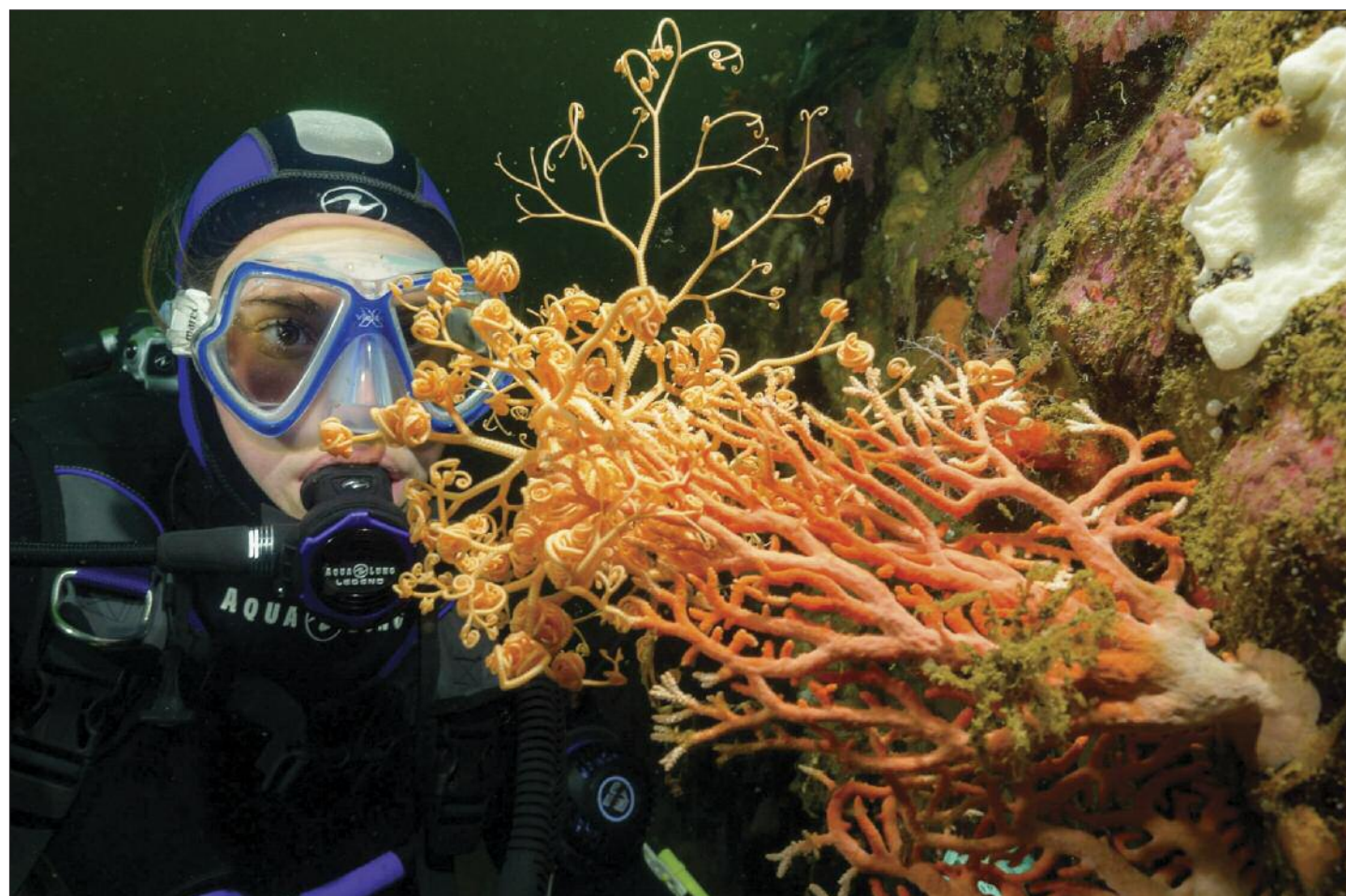
► **Figure 4** : Microphotographies obtenues par microtomographie aux rayons X. A) Coupe transversale d'une stalactite, il est possible de voir la structure radiale formée par la précipitation des carbonates, en alternance avec les pores, (barre d'échelle 1 mm). B) Coupe vue en profondeur de la stalactite, le même motif est répété dans tous les axes, (barre d'échelle 0,5 mm). C) La présence de pores ouverts reliés à l'extérieur est observable (barre graduée de 1mm).

► **Figura 4** : Microfotografías obtenidas mediante Microtomografía de Rayos-X. A. Corte transversal de una stalactita, se puede apreciar la forma radial en la que se precipita el carbonato y los poros al interior de la estructura, barra de escala 1mm. B. Sección vista en profundidad de la stalactita, se repite el mismo patrón en todos los ejes, barra de escala 0.5 mm. C. Se observa la presencia de poros abiertos conectados con el exterior, barra de escala 1mm.



Première signalisation de corail rouge *Errina antarctica* (Gray, 1872) dans le Barros Luco

Primera detección de coral rojo *Errina antarctica* (Gray, 1872) en el seno Barros Luco



Cyrielle Jac, Ifremer

Le Sud du Chili abrite l'un des plus grands systèmes de fjords au monde puisque ceux-ci s'étendent sur environ 1 600 km entre Puerto Montt et le Cap Horn. Ces fjords à l'interface entre terre et mer, sont le lieu de mélange de deux masses d'eau distinctes : les eaux océaniques profondes (riches en nutriments et très salées) et les eaux douces terrigènes provenant des fortes précipitations ou de la fonte des glaces, plus pauvres en nutriments. Les conditions environnementales (sédimentation, hydrodynamisme, salinité, température, etc.) sont très hétérogènes entre les différents fjords, donc susceptibles d'entraîner une répartition assez particulière de la faune benthique.

Plusieurs études ont en effet montré que les conditions environnementales de certains fjords patagoniens ont permis l'établissement à faible profondeur (moins de 20 mètres) d'une dizaine d'espèces de scléactiniens azooxanthels (c'est-à-dire des coraux ne vivant pas en symbiose avec des microalgues) et notamment une espèce de corail rouge *Errina antarctica* (Forsterra & Hausserman, 2003; Hausserman & Forsterra, 2007) qui est habituellement observée à plus grande profondeur (jusqu'à 800 mètres). *E. antarctica* est une espèce clé dans le fonctionnement de l'écosystème marin des fjords patagoniens puisqu'en formant des récifs,

El sur de Chile alberga uno de los mayores sistemas de fiordos del mundo. Se extiende por unos 1.600 km desde Puerto Montt hasta el Cabo de Hornos. En estos fiordos, situados entre el océano y el continente, se mezclan dos masas de agua distintas: las aguas oceánicas profundas (ricas en nutrientes y muy saladas) y las aguas dulces terrígenas procedentes de las fuertes precipitaciones o del deshielo (más pobres en nutrientes). Las condiciones medioambientales sedimentación, hidrodinamismo, salinidad, temperatura... son muy heterogéneas entre los diferentes fiordos, por lo tanto, son susceptibles de causar una repartición muy particular de la fauna bentónica.

Varios estudios han mostrado que las condiciones medioambientales de ciertos fiordos patagónicos han permitido que se establezcan, a poca profundidad (menos de 20 metros), una decena de especies de scleractinia sin zooxantelas (es decir, corales que no viven en simbiosis con microalgas) y, especialmente, una especie de coral rojo, *Errina antarctica* (Forsterra & Hausserman, 2003; Hausserman & Forsterra, 2007), que se observa habitualmente a mayor profundidad (hasta 800 metros). *E. antarctica* es una especie clave en el funcionamiento marino de los canales patagónicos, ya que, al formar arrecifes, sirve de hábitat a otras especies (principalmente, camarones, crinoideos, ofiuras y algunos

elle sert d'habitat à d'autres espèces notamment les crevettes, les crinoïdes, les ophiures et certains crabes, jouant ainsi un rôle significatif dans la biodiversité marine (Hausserman & Forsterra, 2009).

Cependant, à l'heure actuelle, le corail rouge patagonien est menacé par la pêche, qu'elle soit ciblée ou non, mais également par le développement anormal certaines années de microalgues productrices de toxine entraînant la paralysie et la mort des organismes marins. Il paraît donc nécessaire de recenser les zones de vie de ces coraux et d'en évaluer l'état écologique. Malgré les conditions environnementales favorables au développement du corail rouge dans le Barros Luco, aucune étude n'avait été réalisée dans ce fjord pour confirmer la présence de cette espèce emblématique de l'écosystème marin chilien. Il s'agit donc ici de la première signalisation de corail rouge dans le Barros Luco.

Méthodologie

Huit plongées ont été effectuées sur 4 sites dans le Barros Luco à une profondeur comprise entre 10 et 35 mètres à la recherche de coraux. Sur chaque site, lorsque la présence de colonies de coraux est avérée, dix colonies sont mesurées. Comme cette espèce a une croissance principalement horizontale, la taille de chaque colonie est mesurée selon son extension maximale. Une description empirique de l'état écologique général des colonies (forme de la colonie, présence de branche cassée, espèces associées...) est ensuite réalisée sur chacun des sites étudiés.

Signalisation de corail rouge

La présence de colonies de corail rouge *Errina antarctica* dans le Barros Luco a été constatée sur 2 des 4 sites étudiés (Tableau 1). Les colonies ont été observées sur chacun des deux sites à partir d'une profondeur de 12 m.

Aucune plongée en dessous de 35 mètres n'ayant été effectuée sur ces deux sites, la limite basse de répartition des coraux n'a pu être évaluée. Cependant ces coraux étant habituellement retrouvés jusqu'à environ 800 mètres de fond, le facteur profondeur (et donc diminution de la luminosité) n'est pas un paramètre limitant le développement des colonies de corail rouge *E. antarctica*. La profondeur maximale du Barros Luco dépassant les 150 mètres de profondeur en son centre, il est plausible que le corail rouge s'étende donc jusqu'au fond de ce fjord, à condition que les autres paramètres environnementaux influençant le développement de cette espèce (hydrodynamisme principalement) soient constants le long du gradient de profondeur.

État écologique des colonies

Les colonies de coraux des deux sites échantillonnés mesuraient en moyenne 15 cm de large. Aucune différence significative de taille n'a été mise en évidence entre les deux sites. Cette espèce ayant une croissance relativement lente (environ 1 à 7 mm/an, d'après Hausserman & Forsterra, 2007), les observations suggèrent que les colonies ont plus de 20 ans et donc qu'aucun bloom phytotoxique mortel

cangrejos), desempeñando un papel importante en la biodiversidad marina (Hausserman & Forsterra, 2009).

Sin embargo, hasta la fecha el coral rojo patagónico está amenazado por la pesca (sea esta selectiva o no) y por el desarrollo anormal, desde hace varios años, de microalgas que producen una toxina que lleva a la parálisis y a la muerte de los organismos marinos. Por ello, resulta necesario inventariar las zonas de vida de estos corales y evaluar su estado ecológico. Pese a las condiciones medioambientales favorables al desarrollo del coral rojo en el seno Barros Luco, no se había realizado ningún estudio en este seno para confirmar la presencia de esta emblemática especie del ecosistema marino chileno. Se trata, por tanto, de la primera señalización de coral rojo en el seno Barros Luco.

Metodología

Se efectuaron inmersiones en cuatro puntos del seno Barros Luco a una profundidad de entre 10 a 35 metros en busca de corales. En cada lugar, cuando se confirmó la presencia de una colonia de corales, se midieron diez colonias. Dado que esta especie suele crecer horizontalmente, la medida de cada colonia se mide según su extensión máxima. Luego se realiza una descripción empírica del estado ecológico general de las colonias (forma de la colonia, presencia de la rama rota, especies asociadas...) de cada uno de los lugares investigados.

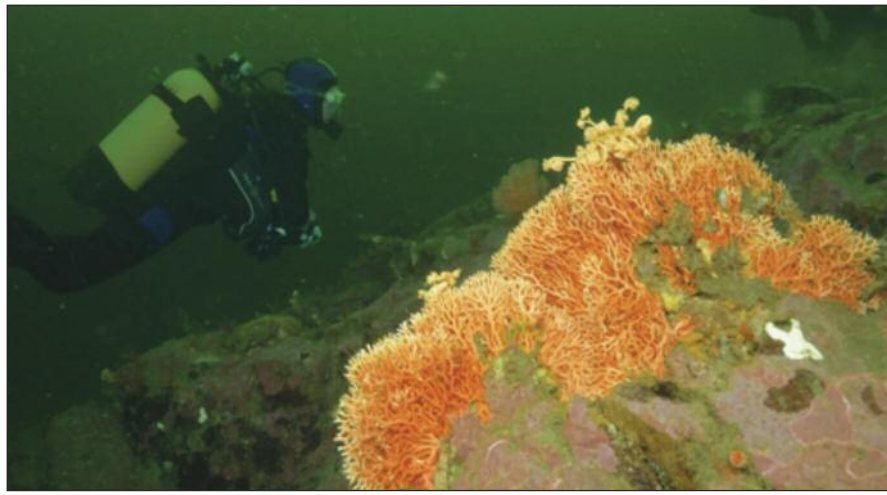
Detección de coral rojo

La presencia de colonias de coral rojo *Errina antarctica* en el seno Barros Luco fue detectada en dos de los cuatro lugares investigados (Tabla 1). Las colonias fueron observadas en

▽ **Tableau 1** : Localisation des sites prospectés et observations réalisées.

▽ **Tabla 1** : Ubicación de los lugares prospectados y observaciones realizadas.

Sites prospectés Lugares prospectados	Coordonnées Coordenadas (UTM)	Profondeur maximale (mètres) Profundidad máxima (metros)	Observations Observaciones
Isla Renato	484845 / 4443633	28	60 % des colonies colonisées dont certaines partiellement mortes 60% de las colonias colonizadas, entre las cuales algunas parcialmente muertas Mesures/Medidas (cm) : 30, 13, 10, 26, 11.5, 6.5, 8.5, 12, 22, 9.5
Le phare El faro	482019 / 444343	30	Peu de prédation Colonies cassées sur le fond Poca depredación Colonias dañadas en el fondo Mesures/Medidas (cm) : 15, 18, 14.5, 24,9.5, 13, 16, 12.5, 13, 16
Seno Última Patagonia	482679 / 4445350	15	Pas de coraux Sin corales
Grande Barrière Gran Barrera	481558 / 4440224	35	Pas de coraux Sin corales



△ **Figure 2** : Colonies d'*E. antarctica* partiellement mortes (zones grises sur les extrémités) et colonisées par deux gorgonocephalus (ici couleur jaune orangée) sur le site de l'Isla Renato à 20 m de profondeur.

△ **Figure 2** : Colonies de *E. antarctica* partiellement mortes (zones grises en las extremidades) y colonizadas por dos gorgonocephalus (aquí, en color amarillo anaranjado) en el lugar de la isla Renato, a 20 m de profundidad.

Yanick Dumas/©Centre Terre

ne s'est produit dans le Barros Luco depuis au moins une vingtaine d'années. Cependant, les colonies d'*Errina antarctica* peuvent atteindre une taille maximale d'environ 40 cm, ce qui suggère deux hypothèses: (i) les colonies observées lors des plongées dans le Barros Luco sont encore «jeunes», (ii) les conditions environnementales dans cette zone ne permettent pas une croissance plus importante de ces individus. A ce stade des connaissances, il n'est pas possible de choisir entre l'une ou l'autre des hypothèses.

D'un point de vue plus général, le site de l'Isla Renato semble abriter un plus grand nombre de colonies mais dans un moins bon état écologique apparent (branches mortes ou cassées, colonisation de plus de 60 % des individus observés, beaucoup de prédation). Concernant le site du Phare, malgré un meilleur état apparent des colonies, de nombreux débris de coraux ont pu être observés sur le fond. L'absence de prédation sur les colonies vivantes suggère que la mort de ces coraux est d'origine mécanique et plus particulièrement le résultat de tempêtes sur le front Pacifique. Ainsi, ces deux sites - séparés de quelques centaines de mètres à peine - sont soumis à des conditions environnementales visiblement distinctes entraînant des différences dans le développement et la survie des colonies de coraux.

Conclusion

La découverte de colonies de coraux rouge *Errina antarctica*, dans un relativement bon état écologique, au sein du Barros Luco témoigne de la richesse sous-marine de ce fjord du Sud de la Patagonie Chilienne. De nouvelles prospections et un suivi de la croissance des colonies observées sur ces deux sites, lors de futures expéditions, permettraient de mieux comprendre la biologie de cette espèce encore mal connue.

Références / Referencias

- Forsterra G & Hausserman V (2003) First report on large scleractinian (Cnidaria: Anthozoa) accumulations in cold-temperate shallow water of south Chilean fjords. Zool. Verh. Leiden. 345: 117-128.
- Hausserman V & Forsterra G (2007) Extraordinary abundance of hydrocorals (Cnidaria, Hydrozoa, Stylasteridae) in shallow water of the Patagonian fjord region. Polar Biol. 30 : 487-492.
- Haussermann V & Forsterra G (2009) Marine benthic fauna of Chilean Patagonia. Nature in Focus (eds.), 1000 pp.

ambos puntos a partir de una profundidad de 12 metros.

Dado que no se realizó ninguna inmersión por debajo de los 35 metros en ninguno de los dos puntos, no se pudo evaluar el límite de base de repartición de los corales. No obstante, dado que estos corales se encontraron normalmente a una profundidad de hasta 800 metros, la profundidad (y, por tanto, la menor luminosidad) no es un parámetro limitante para el desarrollo de las colonias de coral rojo *E. antarctica*. La profundidad máxima del seno Barros Luco supera los 150 metros de profundidad en el centro; por ello, es probable que el coral rojo se extienda hasta el fondo de este seno, siempre y cuando el resto de los parámetros medioambientales que influyen en el desarrollo de esta especie (hidrodinamismo, principalmente) sean constantes a lo largo del gradiente de profundidad.

Estado ecológico de las colonias

Las colonias de corales de los dos lugares donde se tomaron muestras miden, en promedio, 15 cm de largo. No se apreció ninguna diferencia significativa en el tamaño entre los dos puntos. Dado que esta especie presenta un crecimiento relativamente lento (de 1 a 7 mm/año, según Hausserman & Forsterra, 2007), las observaciones sugieren que las colonias tienen más de 20 años y, por tanto, que no se ha producido ninguna floración fitotóxica mortal en el seno Barros Luco en, por lo menos, las últimas dos décadas. No obstante, las colonias de *Errina antarctica* pueden alcanzar un tamaño máximo de 40 cm, lo que arroja dos hipótesis: (i) las colonias observadas durante las inmersiones en el seno Barros Luco son aun "jóvenes"; (ii) las condiciones medioambientales en esta zona no permiten un crecimiento mayor de estos individuos. Con los elementos de que disponemos a la fecha no es posible decantarse por ninguna de las dos hipótesis.

Visto en general, el punto de la isla Renato parece acoger un mayor número de colonias, pero en un peor estado ecológico aparente (ramas muertas o rotas, colonización de más del 60 % de individuos observados, mucha depredación). En cuanto al punto del faro, pese a presentar un mejor estado aparente de las colonias, se observaron numerosos restos de corales en el fondo. La ausencia de depredación sobre las colonias vivas sugiere que la muerte de estos corales tiene un origen mecánico y, más concretamente, como consecuencia de temporales en el frente Pacífico. De este modo, estos dos sitios (distanciados unos cientos de metros el uno del otro) están sometidos a condiciones medioambientales visiblemente distintas, lo que provoca diferencias en el desarrollo y la supervivencia de las colonias de corales.

Conclusión

El descubrimiento de colonias de corales rojos *Errina antarctica* en un relativo buen estado ecológico en pleno seno Barros Luco da fe de la riqueza submarina de este fiordo de la Patagonia austral chilena. Nuevas prospecciones y un seguimiento del crecimiento de las colonias observadas en estos dos lugares en futuras expediciones permitirán entender más la biología de especie aun poco conocida.

Adaptation de la vie marine aux conditions environnementales particulières à proximité du glacier Témpanos

Adaptación de la vida marina a condiciones medioambientales particulares cerca del glacier Témpanos

Problématique

Le recul des glaciers à l'échelle mondiale, et notamment en Patagonie, engendre une augmentation des surfaces marines (ou saumâtres) pouvant être colonisées par la faune et la flore sous-marine. Les conditions de vie à proximité d'un glacier étant très particulières (anomalie de température et de salinité) peu d'espèces sont susceptibles de survivre dans ces zones. Un gradient de diversité peut alors exister au sein des fjords avec une très faible biodiversité à proximité du glacier, ainsi qu'une augmentation de celle-ci corrélée à l'éloignement au glacier (Buhl-Mortensen & Hoisaeter, 1993).

Le recul récent du glacier Témpanos (lien vers Figure 1 Marius; Sakakibara & Sugiyama, 2014) nous permet d'observer les premiers stades de recolonisation de la faune marine à proximité directe du front de glace.

Méthodologie

Six plongées ont été effectuées dans l'ensemble du fjord Iceberg reliant le glacier Témpanos aux canaux de Patagonie. Trois de ces plongées ont été réalisées juste devant le front du glacier, dans des zones récemment libérées de la glace. A chacune de ces plongées, des observations visuelles de la faune et de la nature des sédiments couvrant les fonds marins ont été réalisées. Des relevés de température, salinité et turbidité ont également été effectués sur deux sites, l'un à proximité du glacier (A), le second (B), à environ 1,5 km du front (Figure 1- voir page 128).

Résultats préliminaires

Conditions environnementales

L'analyse des données de température et de salinité relevées sur les deux points échantillonnés (A et B) a permis

Problemática

El retroceso de los glaciares a nivel global, en particular en Patagonia causa un aumento de las superficies marinas (o salobres) susceptibles de ser colonizadas por la fauna y flora marinas. Al ser las condiciones de vida cerca de un glaciar muy particulares (irregularidad de temperatura y salinidad), hay pocas especies capaces de sobrevivir en estas zonas. Por ello, puede ser que en los fiordos haya un gradiente de diversidad con una muy débil biodiversidad cerca del glaciar y un aumento de esta a medida que aumenta la distancia del glaciar (Buhl-Mortensen & Hoisaeter, 1993).

El reciente retroceso del glaciar Témpanos (vers Figura 1 - página 128, Marius; Sakakibara & Sugiyama, 2014) nos permite observar las primeras fases de recolonización de la fauna marina cerca del frente glaciar.

Metodología

Se efectuaron seis inmersiones en todo el seno Iceberg, conectando el glaciar Témpanos y los canales patagónicos. Tres de estas inmersiones se realizaron justo delante del frente glaciar, en las zonas liberadas recientemente por el hielo. En cada buceo, se hicieron observaciones visuales de la fauna y de la naturaleza de los sedimentos que recubre los fondos marinos. También se midieron la temperatura, la salinidad y turbiedad en dos puntos: uno, cerca del glaciar (A); y, el segundo (B), a unos 1,5 km del frente (Figura 1- Véase la página 128).

Resultados preliminares

Condiciones medioambientales

El análisis de los datos de temperatura y de salinidad tomados en los dos puntos muestreados (A y B) ha permitido mostrar, pese a la distancia de 1 km entre los dos puntos, que

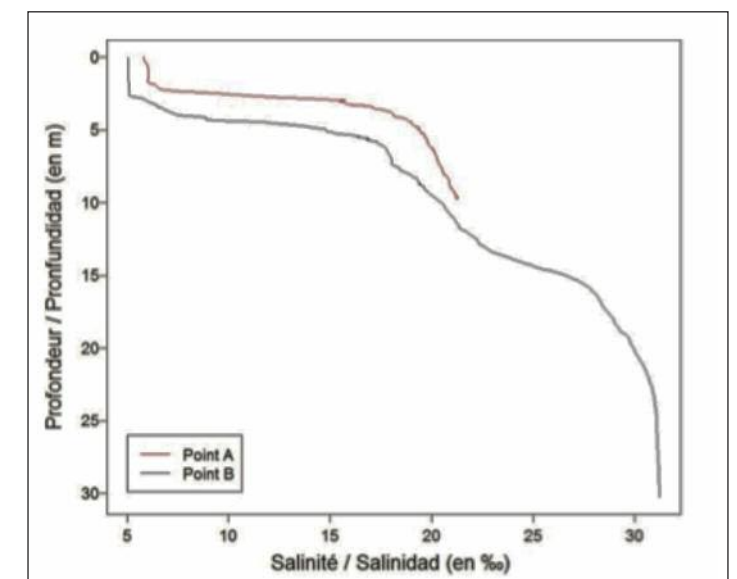
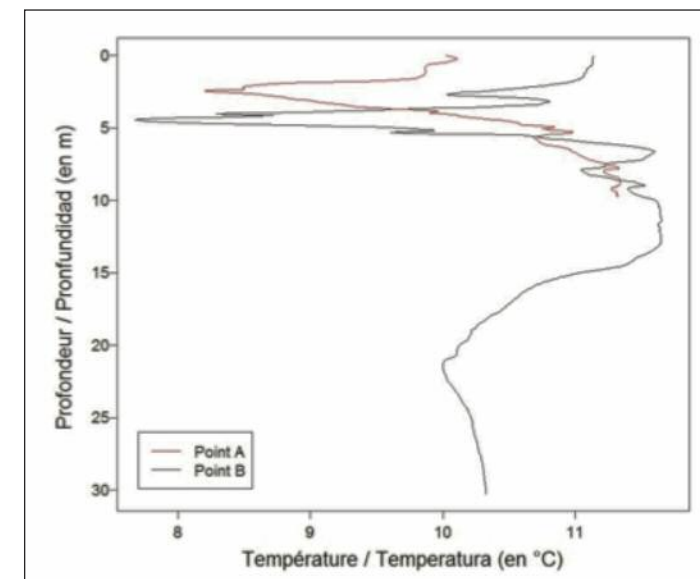
Cyrielle Jac, Ifremer

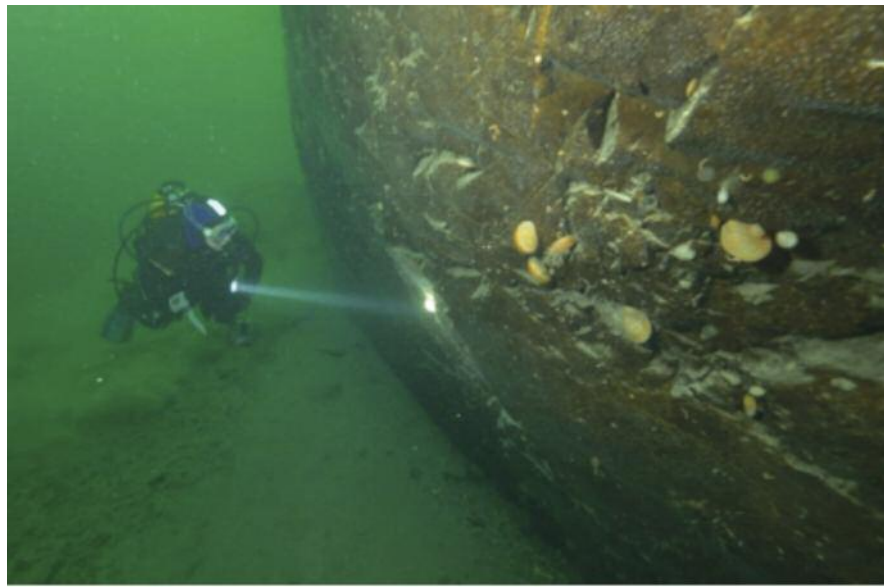
▷▷ **Figure 2** : Évolution de la température en fonction de la profondeur aux sites A et B.

▷▷ **Figure 2** : Evolución de la temperatura según la profundidad en los sitios A y B.

▽ **Figure 3** : Évolution de la salinité en fonction de la profondeur aux sites A et B.

▽ **Figure 3** : Evolución de la salinidad según la profundidad en los sitios A y B.





△ **Figure 4** : Colonisation des zones "abritées" par les organismes filtreurs, à proximité du front du glacier.

△ **Figura 4** : Colonización de zonas "abrigadas" por organismos filtradores cerca del glaciar.

📷 Yanick Dumas/©Centre Terre

de révéler, malgré une distance de 1 km entre les deux points, que les masses d'eau présentes possèdent les mêmes caractéristiques de température et de salinité (Figure 2 et 3). Ainsi, une stratification des masses d'eau a été observée avec une eau très peu salée (environ 5 ‰) et relativement chaude (environ 10 °C) dans les premiers mètres sous la surface puis une masse d'eau plus froide (8 °C) et plus salée (15 ‰) à partir de 5 mètres de profondeur environ. En dessous, les températures des masses d'eau sont plus homogènes mais restent relativement élevées (pour des eaux à proximité directe du glacier) et la salinité continue d'augmenter de manière assez régulière jusqu'à atteindre la salinité de l'eau de mer vers environ 30 m de fond.

Observations de la faune

Les différentes plongées effectuées sur les deux sites ont permis de constater d'importantes différences en termes d'abondance et de diversité de la faune entre le front du glacier (A) et le second site situé à plus de 1 km (B). Ainsi, dans les deux zones, la faune présente était majoritairement constituée d'organismes filtreurs comme les anémones mais leur abondance et leur diversité sont corrélées



▽ Centolla observée à proximité du front du glacier.

▽ Centolla observada cerca del frente glaciar.

📷 Yanick Dumas/©Centre Terre

las masas de aguas presentes poseen las mismas características de temperatura y de salinidad (Figura 2 y 3). También se observó una estratificación de masas de agua con un agua muy poco salada (sobre 5 ‰) y relativamente cálida (sobre 10 °C) en los primeros metros bajo la superficie y, luego, una masa más fría (8 °C) y salada (15 ‰) a partir de unos 5 metros de profundidad. Más abajo, las temperaturas de masas de agua son más homogéneas, aunque siguen siendo relativamente elevadas (en el caso de las aguas aledañas al glaciar) y la salinidad va aumentando de manera bastante regular hasta alcanzar la salinidad del agua de mar a unos 30 m de profundidad.

Observaciones de la fauna

Las distintas inmersiones efectuadas en los dos puntos han permitido constatar diferencias significativas en la abundancia y la biodiversidad de fauna entre el frente glaciar (A) y el segundo punto situado a más de 1 km (B). En ambas zonas la fauna presente está mayormente constituida por organismos filtrantes como las anémonas, aunque su abundancia y diversidad aumentan a mayor distancia del glaciar. En el frente glaciar, solamente las zonas extremadamente protegidas (cavidades, fallas, abrigos bajo roca) estaban colonizadas (Figura 4). Únicamente la abundancia de crustáceos como las centollas (Figura 5) o las galateas no parece variar entre las dos zonas estudiadas.

Conclusión

La ausencia de un protocolo establecido que permita el recuento e identificación precisa de especies presentes unido al carácter más o menos oportuno de las inmersiones realizadas frente al glaciar permite solo un análisis preliminar de la evolución de la biodiversidad marina cerca del glaciar. Sin embargo, pese a las condiciones de temperatura y salinidad casi iguales en los dos puntos estudiados, se aprecian diferencias en cuanto a la abundancia y diversidad de la fauna presente. La poca cantidad de especies presentes cerca del frente del glaciar puede deberse a un retroceso muy reciente de la masa de hielo (con la consiguiente recolonización parcial por especies con la estrategia R, es decir, producción de un gran número de crías lo más pronto posible con, generalmente, una mortalidad muy elevada), o bien a la gran turbiedad (no medida, sino observada) que permite el desarrollo y supervivencia de solo algunas especies. Estas diferencias de turbiedad entre los sitios estudiados podrían explicar, principalmente, las diferencias de abundancia y diversidad de organismos filtradores ya que, aunque solo se alimenten de estas partículas cuando el agua está particularmente cargada, sus branquias pueden colmatarse y causar la muerte de los individuos (Jones et al., 2012). Las mediciones con un turbidímetro permitirían confirmar estas hipótesis.

Por ahora, estas observaciones preliminares confirman el interés del lugar para el estudio del gradiente de condiciones medioambientales en el frente glaciar que cae al mar.



△ Anémone de mer.

△ Anémona de mar.

📷 Yanick Dumas/©Centre Terre

positivement à l'éloignement du glacier. Au niveau du front du glacier, seules les zones extrêmement protégées (cavités, failles, abris sous roche) étaient colonisées (Figure 4). Seule l'abondance en crustacés comme les centollas (Figure 5) ou les galathées ne semble pas être différente entre les deux zones d'étude.

Conclusion

L'absence de protocole établi permettant le dénombrement et l'identification précise des espèces présentes combinée au caractère opportun des plongées effectuées devant le glacier n'a permis de réaliser qu'une analyse préliminaire de l'évolution de la biodiversité marine à proximité du glacier. Cependant, malgré des conditions de température et de salinité quasiment similaires sur les deux sites étudiés, des différences en termes d'abondance et de diversité de la faune présente ont été observées. Le faible nombre d'espèces présentes près du front de glace peut être dû soit au retrait très récent du glacier qui n'a permis qu'une recolonisation partielle par des espèces à stratégie R (stratégie basée sur la production d'un grand nombre de

jeunes, le plus tôt possible, avec généralement une mortalité très élevée soit à une très forte turbidité (non mesurée mais observée) qui ne permet le développement et la survie de certaines espèces. Ces différences de turbidité entre les deux sites étudiés pourraient notamment expliquer les différences d'abondance et de diversité des organismes filtreurs, car même s'ils se nourrissent de ces particules, lorsque l'eau est particulièrement chargée, leurs branchies peuvent être colmatées et entraîner leur mort (Jones et al., 2012). Des mesures à l'aide d'un turbidimètre permettraient de confirmer ces hypothèses.

En l'état, ces observations préliminaires confirment l'intérêt d'un tel site pour l'étude du gradient de conditions environnementales en front de glacier plongeant en mer.

▽ Massif de Corail rouge.

▽ Colonia de Coral Rojo.

📷 Yanick Dumas/©Centre Terre



Références / Referencias

- Buhl-Mortensen L & Hoisaeter T (1993) Mollusc fauna along an offshore-fjord gradient. Mar. Ecol. Prog. Ser. 97: 209-224.

- Jones JJ, Murphy JF, Collins AL, Sear DA, Naden PS & Armitage PD (2012) The impact of fine sediment on macro-invertebrates. River Res. Applic. 28: 1055-1071.

- Sakakibara D & Sugiyama S (2014) Ice-front variations and speed changes of calving glaciers in the Southern Patagonia Icefield from 1984 to 2011. J. of Geophys. Res., Earth Surf. 119: 2541-2554.

Aperçu des découvertes archéologiques fortuites réalisées lors des expéditions Centre Terre (2000-2019) dans l'archipel de Madre de Dios

Retrospectiva de los hallazgos arqueológicos fortuitos en las expediciones de Centre Terre (2000-2019) en el archipiélago Madre de Dios

Didier Lamotte, Luc-Henri Fage

Homo sapiens ayant prouvé ses capacités d'adaptation, des déserts brûlants jusqu'aux étendues arctiques, il n'est pas étonnant que des groupes humains aient pu dans le passé occuper l'immense territoire de l'archipel de la Patagonie chilienne. Cet entrelacs de canaux, de « senos » ou « estrechos » imbriqués avec d'innombrables îles, îlots et péninsules, s'étale sur plus de mille kilomètres depuis le golfe de Penas jusqu'au cap Horn, soit 24° d'écart de latitude, à l'ouest de la cordillère des Andes. Pourtant, lorsqu'on navigue dans ces canaux, séjourne dans ces îles et lorsqu'on en explore l'intérieur, on a du mal à imaginer une vie humaine possible dans ces étendues d'une sauvage beauté, mais d'une totale àpreté.

Un choc culturel fatal aux Indiens

Le contact entre le monde occidental et les Indiens de l'archipel remonte aux équipages de Magellan lorsqu'ils franchissent le passage qui, depuis, porte son nom, et s'est continué par les navigateurs du siècle des « grandes explorations ». Elles ont marqué le début de la fin pour les populations autochtones, du nord au sud du continent américain...

Les premières qu'ils croisent sont les « géants ». Tout est relatif, ce sont plutôt les Européens d'alors qui sont très petits. Voici donc nommés Patagons ces Indiens terrestres, chasseurs de guanacos. Puis, en mer, les « explorateurs » croisent des hommes nus et à l'air misérable, qui se déplacent à bord de frères canots, et semblent se nourrir de moules. Ce sont les Indiens canoeros, ou Nomades de la mer. Au sud du canal de Magellan, les Yaghan se déplacent dans un canot en écorce. La partie nord des archipels est occupée par les Kawésqar, dont les canots sont constitués de planches de bois attachées par des lianes. Jusqu'à fort récemment, on les a appelés Alakaluf, Fuégiens ou Pêcherai...

Comment sont-ils arrivés là, dans cet univers de « montagnes tombées dans la mer », comme le décrit joliment Darwin, ces canaux dominés par des pluies et des tempêtes quasiment permanentes ? Étaient-ils des Indiens terrestres « poussés » à un mode de vie maritime par la pression de nouveaux arrivants, ou bien des Indiens nomades qui se déplaçaient en canot vers le sud, après que la fonte des glaciers ait libéré cet espace ? La question des origines est essentielle pour les archéologues, telle Dominique Legoupil, lorsqu'en 1997 Centre Terre mène sa première expédition sur l'île Diego de Almagro située à une centaine de kilomètres

Habida cuenta de la capacidad de adaptación del Homo sapiens, desde el abrasador desierto hasta las superficies árticas, no sorprende que, en el pasado, grupos humanos hayan podido ocupar el inmenso territorio del archipiélago patagónico chileno. Esta maraña de canales, senos y estrechos imbricados de innumerables islas, islotes y penínsulas se extiende por más de mil de kilómetros desde el Golfo de Penas hasta el Cabo de Hornos, es decir, por 24° latitudes al oeste de la cordillera de los Andes. Sin embargo, cuando uno navega por estos canales, permanece en estas islas y explora su interior, cuesta imaginar que la vida humana sea posible en estos territorios de salvaje belleza, pero de extrema rudeza.

Un shock culturel fatal para los "indios"

El contacto entre el mundo occidental y los indígenas de los canales se remonta a cuando los tripulantes de Magallanes franquearon el estrecho que después llevaría su nombre para, luego, continuar con los navegantes del siglo de las "grandes exploraciones". Éstas marcaron el inicio del fin para las poblaciones autóctonas, del norte al sur del continente americano.

Los primeros con los que se toparon fueron los "gigantes", aunque todo es relativo. Son los europeos de la época los que eran muy pequeños. Acabaron llamando "patagones" a estos indígenas terrestres cazadores de guanacos. Luego, navegando, los "exploradores" se encontraron con hombres desnudos con aspecto miserable que se desplazaban a bordo de frágiles canoas y que parecían alimentarse de cholgás. Eran los canoeros o Nomades del Mar. Al sur del Estrecho de Magallanes, los yaganes se desplazaban en canoas de corteza. La zona norte del archipiélago la ocupan los kawésqar, cuyas canoas estaban hechas de planchas de madera unidas por lianas. Hasta hace muy poco, se les ha llamado "alakalufes", "fueguinos" o "pecheros".

¿Cómo llegaron hasta aquí, a este universo de "montañas caídas al mar" (en las bellas palabras de Darwin), a estos canales dominados por las lluvias y los temporales casi permanentes ? ¿Se trataba quizás de habitantes terrestres "impelidos" a un modo de vida marítimo por la presión de los recién llegados o bien de nómadas que se desplazaron en canoa hacia el sur después de que el deshielo abriera el paso ? La cuestión sobre los orígenes es esencial para arqueólogos como Dominique Legoupil cuando, en 1997, Centre Terre realiza su primera expedición a la isla Diego de Almagro,

au sud de Madre de Dios. Depuis les années 1980, cette ethno-archéologue du CNRS, spécialiste des Indiens canoeros, prospecte avec son équipe les berges du canal de Magellan et de la Terre de Feu, jusqu'au niveau des îles du Cap Horn, à la recherche des vestiges de ces populations disparues. Mais peu d'archéologues ont prospecté les canaux situés entre Puerto Natales et Puerto Édén, soit pas loin de 400 km quasiment vierges de toute intervention archéologique.

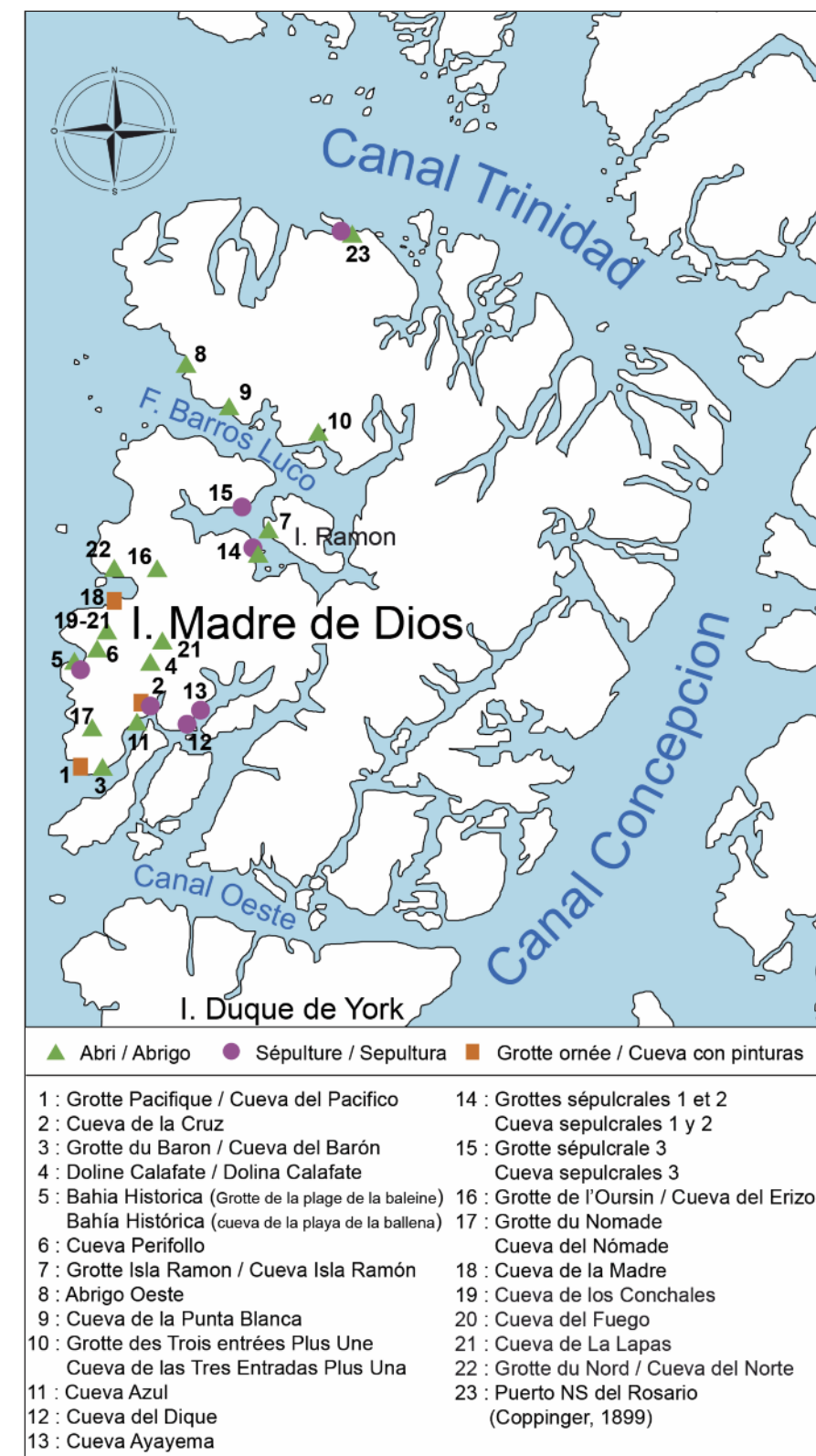
Ce que l'on sait alors des « Alakaluf » est assez mince. Si les sites d'habitat temporaires, caractérisés par les « conchals », des amas de coquilles de moules empilées après consommation hors de la hutte pour des raisons rituelles (Empereur, 1955), sont assez faciles à repérer le long des mers intérieures du seno Otway ou Ultima Esperanza, aucun site n'est connu au nord de Puerto Natales jusqu'au golfe de Penas, tandis que les restes anthropologiques se limitent à 7 ou 8 individus, dont quelques enfants⁶. Ce que l'on connaît sur le plan ethnographique provient du travail de quelques pionniers, comme les missionnaires Martin Gusinde (1886-1969) et Alberto de Agostini (1883-1960), qui ont aussi produit des photographies et quelques films, souvent remarquables⁷. Survivant du naufrage du HMS Wager (1741), l'officier John Byron doit la vie à l'aide reçue par un clan d'indigène, originaires du nord de l'archipel, dont il va partager l'existence durant quelques mois. Il publie à la fin de sa vie un texte sobre mais très évocateur du mode de vie de ces Indiens (Byron 1768).

On doit la première étude sérieuse sur le peuple Kawésqar au jeune ethnologue français José Empereur. En mars 1946, il débarque à Puerto Édén⁸, le seul point habité des archipels, où survit la dernière communauté Kawésqar. En 23 mois de vie commune et d'amitié réciproque, il collecte les données ethnologiques et linguistiques d'un peuple menacé d'acculturation. Il dresse le portrait émouvant d'une communauté qui déjà, ne comptant plus qu'une cinquantaine de membres, connaît la fatalité de son destin. Sa thèse paraît en 1955 (Empereur 1955). « Les Nomades de la mer » forme encore aujourd'hui le socle de la culture Kawésqar pour les ultimes membres de la communauté de Puerto Édén.

L'archipel Madre de Dios

L'archipel Madre de Dios est constitué de formations calcaires favorables à la création de gouffres, résurgences et grottes. Si l'équipe de Centre Terre est la première à s'intéresser au karst de Madre de Dios, les premiers explorateurs décrivent quelques entrées de cavités et consignent leurs rencontres avec les peuples autochtones.

Les premiers navigateurs à longer les rivages de l'île Madre de Dios sont les explorateurs espagnols Juan Ladrillero (en hiver 1557-1558) et Pedro Sarmiento de Gamboa (en novembre 1579). Leurs explorations les entraînent dans le canal Oeste puis le canal Concepcion pour le premier et dans les canaux Trinidad et Concepcion pour le second (Martinić Beros 1999). Ils décrivent les côtes, nomment des



situada unos cien kilómetros al sur de Madre de Dios. Desde los años 80, esta etnoarqueóloga del CNRS, especializada en los canoeros, prospecta con su equipo las costas del Estrecho de Magallanes y de Tierra del Fuego hasta llegar a las islas de Cabo de Hornos, en busca de vestigios de estos pueblos desaparecidos. Sin embargo, pocos arqueólogos han prospectado los canales situados entre Puerto Natales y Puerto Édén, es decir, casi 400 km prácticamente exentos de toda intervención arqueológica.

Por ello, es bien poco lo que se sabe de los "alakalufes". Si bien los sitios de hábitat temporal, caracterizados por los conchales (conchas de moluscos apiladas fuera de las chozas

▲ Figure 1 : Localisation des sites archéologiques (abris, grottes) découverts fortuitement lors des expéditions Centre Terre sur Madre de Dios.

▲ Figura 1 : Localización de los sitios arqueológicos (abrigos, cuevas) descubiertos fortuitamente durante las exploraciones de Centre Terre a Madre de Dios.

baies, des ports, des canaux..., réalisent des relevés bathymétriques (Sarmiento de Gamboa 1768; Cortes Hojea (de) 1879). Leurs récits relatent également leurs rencontres avec les indigènes. Ceux-ci se sont-ils inspirés de leurs navires pour dessiner au charbon de bois l'arrière d'un bateau dans la grotte du Pacifique, ornée de peintures et de dessins et située peu après le débouché du seno Azul sur l'océan?

L'étude historique de M. Martinic (Martinic Beros 1989), basée sur les observations des navigateurs effectuées entre 1826 et 1946, décrit l'histoire de la fin de l'ethnie Kawésqar et les mentions faites de la présence d'indigènes, notamment au sein des archipels.

Les navigateurs du XIX^e siècle signalent sur la côte nord de l'île, au niveau du canal Trinidad, des populations encore assez nombreuses. Les marins mentionnent principalement des canoës et des campements (tentes, feux ou fumées). En 1832, Robert Fitz-Roy, capitaine du HMS Beagle, signale un groupe d'environ 150 indigènes le long de la côte septentrionale de l'île. En 1828, l'amiral Philip Parker King avait déjà rencontré deux embarcations avec un total de 32 indigènes. Plus tard, en 1879, Richard Coppinger signale plusieurs canots; l'un contenant 16 indigènes, dont 8 enfants et six chiens, à l'embouchure est du canal Trinidad, l'autre, 23 personnes, à l'embouchure sud du canal Picton.

Durant la première moitié du XX^e siècle, les rencontres entre Européens et indigènes semblent quasi inexistantes autour de l'île Madre de Dios mais se concentrent désormais principalement plus au nord, dans le canal Wide, ou dans la région de Puerto Eden où les Indiens nomades ont été sédentarisés autour d'une ancienne base d'aviation navale, datant de l'époque où les liaisons aériennes vers le sud s'opéraient avec des hydravions.

On estime la population des Indiens canoeros de l'ordre de cinq à six mille au début du XIX^e siècle⁴. À Puerto Eden, la population indigène passe ainsi de 30 individus en 1928 à 71 en 1940... et 15 environ aujourd'hui. Il semble que des descendants, plus ou moins métissés, continuent de vivre à Puerto Natales, Punta Arenas ou à Santiago, voire aux États-Unis. Jusqu'il y a peu de temps, en face de l'île de Guarello, où la Compagnie des Aciers du Pacifique exploite une mine de calcaire, une cabane abritait deux couples de Kawésqar, dont celui formé par Gabriela Paterito et son mari, le frère de Francisco Aroyo. Ils venaient en canot à rame depuis Puerto Eden, et vivaient quelques mois par an à côté de la mine pour approvisionner en poissons et coquillages la cantine des mineurs.

20 ans de découvertes archéologiques

Dès la reconnaissance de 1997, longeant les falaises abruptes de Madre de Dios, les spéléologues de Centre Terre avaient repéré des cavités en bord de mer. Mais c'est depuis l'expédition de l'an 2000 qu'ils ont inventorié, cartographié, décrit plus d'une vingtaine de sites archéologiques, situés principalement dans les grottes à proximité

tras ser consumidas por razones de tipo ritual, Emperaire, 1955), son muy fáciles de encontrar en las aguas interiores del seno Otway o de Última Esperanza, no se conocen sitios desde el norte de Puerto Natales hasta el Golfo de Penas y los restos antropológicos se limitan a 7 u 8 individuos, incluyendo algunos niños [1]. Lo que se conoce en el plano etnográfico proviene del trabajo de algunos pioneros como los misioneros Martin Gusinde (1886-1969) y Alberto de Agostini (1883-1960), que también hicieron fotografías y algunas películas, a menudo, excepcionales [2]. El naufragio de la HMS Wagner (1786), el oficial John Byron, sobrevivió gracias a la ayuda de un clan indígena originario del norte de los canales. Con ellos convivió durante algunos meses. Al final de sus días, publicó un texto escueto, pero muy elocuente, del modo de vida de estos "indios" (Byron 1768).

El primer estudio serio del pueblo kawésqar fue el del joven etnólogo francés José Emperaire. En marzo de 1946 desembarcó en Puerto Eden [3], el único punto habitado de los canales, donde sobrevive la última comunidad kawésqar. En 23 meses de vida en común y de amistad recíproca, colecta datos etnográficos y lingüísticos de un pueblo amenazado por la aculturación. Elaboró un emotivo retrato de una comunidad que, no siendo en ese entonces más de cincuenta, era consciente de la fatalidad de su destino. Su tesis se publicó en 1955 (Emperaire 1955). "Los Nómades del mar" es actualmente parte de la base cultural kawésqar para los miembros de la comunidad de Puerto Eden.

El archipiélago Madre de Dios

El archipiélago Madre de Dios está conformado por formaciones calcáreas favorables a la creación de simas, resurgencias y cuevas. El equipo de Centre Terre es el primero en interesarse por el karst de Madre de Dios, pero los primeros en describir algunas bocas de cuevas y dejar constancia de sus encuentros con los pueblos autóctonos fueron los primeros exploradores.

Los primeros navegantes en recorrer las costas de la isla Madre de Dios fueron los exploradores españoles Juan Ladrillero (en invierno de 1557-1558) y Pedro Sarmiento de Gamboa (noviembre de 1579). Sus exploraciones los llevan al canal Oeste y al Concepción, al primero, y a los canales Trinidad y Concepción, al segundo (Martinic Beros 1999). Describen las costas, ponen nombre a las bahías, los puertos, los canales... Realizan levantamientos batimétricos (Sarmiento de Gamboa 1768; Cortés Hojea (de) 1879). En sus relatos cuentan también sus encuentros con los indígenas. ¿Se inspirarían éstos en sus naves para dibujar con carbón vegetal la popa de un barco en la cueva del Pacífico, decorada con pinturas y dibujos, situada cerca de la desembocadura del seno Azul en el océano?

El estudio histórico de M. Martinic (Martinic Beros 1989), basado en las observaciones efectuadas entre 1826 y 1946, describe la historia del fin de la etnia kawésqar y las menciones hechas sobre la presencia de indígenas, principalmente, en el interior de los canales.

Los navegantes del siglo XIX señalan la existencia de

Sites Sitios	Occupation Ocupación	Artefacts Artefactos	Chronologie Cronología	Date de découverte et référence bibliographique éventuelle [4] Fecha del hallazgo y eventual referencia bibliográfica [4]
1 - Grotte Pacifique Cueva del Pacífico	Abri Abrigo	Peintures rupestres, amas coquilliers, foyers <i>Pinturas rupestres, conchales, fogata</i>	Peintures / <i>Pinturas</i> : < 2000-3000 ans ⁵ ?	2006 - Jaillet 2006 ; Fage 2012 ; Jaillet et al. 2010 ; Jaillet et al. 2009 ; Maire et al. 2009
2 - Cueva de la Cruz	Sépulture Sepultura	Ossements, peintures <i>Osamentas, pinturas</i>	Datation ¹⁴ C sur charbon de bois <i>Datación ¹⁴C de carbón vegetal</i> 250 ±30 BP (GIF 11519)	2000
3 - Cueva del Barón	Abri / <i>Abrigo</i>	Coquillages, trace de foyer <i>Conchas, restos de fogata</i>	-	2000
4 - Doline Calafate Dolina Calafate	Abri ? / <i>¿Abrigo?</i>	Faune, foyer / <i>Fauna, fogata</i>	-	2008
5 - Grotte de la Baie de la Baleine / Cueva de la Bahía de la Ballena (Bahía Histórica)	Sépulture, Abri / <i>Sepultura, Abrigo</i>	Cabane en os de baleine, ossements <i>Cabaña de huesos de ballena, osamentas</i>	Datation ¹⁴ C sur os / <i>Datación ¹⁴C de hueso:</i> 910 ± 40 BP (BETA 250743)	2008 Manneschi Salas, Fage, 2008
6 - Grotte du Cerfeuil Cueva Perifollo	Abri / <i>Abrigo</i>	Aménagement, foyer, faune aviaire, éclats de verre... / <i>Intervención del espacio, fogata, fauna aviar, esquirlas de vidrio...</i>	-	2008 Manneschi Salas, Fage, 2008
7 - Grotte Isla Ramon Cueva de Isla Ramon	Abri / <i>Abrigo</i>	Aménagements, murets, faune <i>Intervención del espacio, pircas, fauna</i>	-	2006
8 - Abrigo Oeste	Abri / <i>Abrigo</i>	Vestige habitat temporaire <i>Vestigios de habitación temporal</i>	-	2008
9 - Grotte Punta Blanca Cueva de la Punta Blanca	Abri / <i>Abrigo</i>	Faune, foyers / <i>Fauna, fogatas</i>	-	2008
10 - Grotte des Trois entrées Plus Une / Cueva de las Tres Entradas Mas Una	Grand abri avec 2 secteurs habités / Gran abrigo con do: sectores habitados	Faune, foyers, aménagement de l'espace <i>Fauna, fogatas, intervención del espacio</i>	-	2017
11 - Cueva Azul	Abri / <i>Abrigo</i>	Reste de coquillages et foyer <i>Restos de conchas y fogata</i>	-	2000
12 - Cueva del Dique	Sépulture / <i>Sepultura</i>	Ossements, foyer <i>Osamentas, fogata</i>	-	2000, 2008
13 - Cueva Ayayema	Sépulture / <i>Sepultura</i>	Ossements / <i>Osamentas</i>	Datation ¹⁴ C sur os / <i>Datación ¹⁴C de hueso:</i> 4520 ±60 BP (CEA-18179)	2000 Legoupil & Sellier, 2004
14 - Grottes sépulcrales 1 et 2 Cuevas sepulcrales 1 y 2	Sépulture / <i>Sepultura</i>	Ossements, faune, aménagement <i>Osamentas, fauna, intervención espacial</i>	-	2006
15 - Grotte sépulcrale 3 Cueva sepulcral 3	Sépulture / <i>Sepultura</i>	Ossements (squelette en connexion anatomique) / <i>Osamentas (esqueleto en conexión anatómica)</i>	Datation ¹⁴ C sur os de la main / <i>¹⁴C datación en los huesos de la mano : 690 ± 40 BP</i> (BETA 250744)	2006 Manneschi Salas, Fage, 2008
16 - Grotte de l'oursin Cueva del Erizo	Abri / <i>Abrigo</i>	Coquillages, faune, nombreux restes d'oursins, stratigraphie archéologique avec charbons de bois / <i>Conchales, fauna, numerosos restos de erizo, estratigrafía arqueológica con carbón vegetal</i>	-	2010
17 - Grotte du Nomade Cueva del Nomade	Abri / <i>Abrigo</i>	Faune, aménagement, muret <i>Fauna, intervención, pirca</i>	-	2010
18 - Cueva de la Madre	Abri / <i>Abrigo</i>	Tracés pariétaux, Faune <i>Trazas en las paredes, fauna</i>	-	2010
19 - Cueva de los Conchales	Abri / <i>Abrigo</i>	Coquillages / <i>Conchales</i>	-	2010
20 - Cueva del Fuego	Abri / <i>Abrigo</i>	Habitat temporaire / <i>Habitación temporal</i>	-	2010
21 - Cueva de La Lapas	Abri / <i>Abrigo</i>	Coquillages, charbons de bois <i>Conchales, carbón vegetal</i>	-	2010
22 - Grotte du Nord Cueva del Norte	Abri / <i>Abrigo</i>	Faune, charbons de bois <i>Fauna, carbón vegetal</i>	-	2010
23 - Grotte Puerto NS de Rosar (côte nord) Cueva Puerto N.S. del Rosario (lado norte)	Sépulture, abri découvert par Coppinger en 1879 / <i>Sepultura, abrigo descubierto por Coppinger en 1879</i>	Ossements (en partie déposés au British Museum), faune / <i>Osamentas (en parte, depositadas en el British Museum), fauna</i>	-	1879 Coppinger 1899

⁴ : La date renvoie sur l'année de découverte des vestiges et sur le rapport d'expédition. / *La fecha se refiere al año del descubrimiento de los restos y al informe de la expedición.*

⁵ : Comm. person. Dominique Legoupil, expédition 2000. / *Comm. person. Dominique Legoupil, expedición 2000.*

▷▷ **Tableau 1** : Inventaire des sites archéologiques (abris, grottes) de l'archipel de Madre de Dios découverts lors des expéditions spéléologiques (et mention de la découverte de R. Coppinger en 1879). Le chiffre renvoie au plan.

▷▷ **Tabla 1**: *Inventario de los sitios arqueológicos (abrigos, cuevas) del archipiélago Madre de Dios descubiertos durante las expediciones espeleológicas (y mención del hallazgo de R. Coppinger en 1879). La cifra indica el punto en el plano.*



△ Réalisation d'un relevé archéologique sur un site d'habitat et funéraire de l'île Ramon durant l'expédition 2019.

△ Realización de un estudio arqueológico en un sitio de hábitat y funeraria de la isla Ramon durante la expedición 2019.

📷 Bernard Tourte/©Centre Terre

6 : Après calibration de la date 14C. / Tra calibración de la fecha 14C.

7 : Voir Fage L.-H. – Prospection archéologique, in Rapport Expédition Diego de Almagro 2014, Centre Terre, 2015, pp. 72-77.

du rivage : sites d'habitats ou abris, sépultures, peintures rupestres (Figure 1 et Tableau 1). Le recensement montre que les grottes occupées par les Kawésqar sont situées à 3 ou 4 mètres au-dessus du niveau marin, l'idéal étant 15-20 mètres, qu'elles sont orientées de façon favorable pour se protéger des vents dominants et disposent en contrebas d'un lieu propice au débarquement des canots en bois. Ces lieux d'habitat sont parfaitement adaptés à des incursions saisonnières liées à des activités de pêche ou de chasse.

Plus surprenant, d'autres abris ou grottes refuges avec traces d'occupation humaine ont également été découverts dans l'intérieur des terres, jusqu'à une altitude de 300-400 mètres.

Ces abris jalonnent les itinéraires des anciens Indiens dans leurs incursions vers la façade maritime ouest, et son potentiel de chasse (oiseaux, otaries, baleines échouées).

Les spéléologues de Centre Terre ne furent pas les premiers à découvrir des vestiges laissés par les habitants de l'archipel de Madre de Dios. Déjà, dès la fin du XVI^e siècle, les expéditions des premiers explorateurs embarquaient des naturalistes. Ces savants (parfois le médecin du bord) ont observé le mode de vie des indigènes, décrivent leurs habitats et réalisé les premières études ethnographiques.

C'est Richard Coppinger, qui, en 1879, effectua probablement la première fouille archéologique sur la côte nord l'île Madre de Dios, dans une baie nommée "Puerto de Nuestra Señora del Rosario". Il découvrit deux petites grottes funéraires situées 30 mètres au-dessus du niveau

poblaciones aún muy numerosas en la zona del canal Trinidad. Los marineros mencionan, sobre todo, canoas y campamentos (carpas, fuegos y humaredas). En 1832, Robert Fitz-Roy, capitán del HMS Beagle, observa un grupo de unos 150 indígenas a lo largo de la costa septentrional de la isla. En 1828, el almirante Philip Parker King ya se había encontrado con dos embarcaciones con un total de 32 indígenas. Más tarde, en 1879, Richard Coppinger advierte varias canoas, una de ellas, con 16 indígenas, incluyendo 8 niños y 6 perros, en la desembocadura del canal Trinidad; otra con 23 personas a bordo, en la desembocadura del canal Picton.

Durante la primera mitad del siglo XX parece que no hay encuentros entre europeos e indígenas cerca de la isla Madre de Dios; éstos se concentran principalmente más al norte, en el canal Wide, o en la zona de Puerto Edén, donde se ha sedentarizado a los nómades en torno a la antigua base de aviación, en una época en que las conexiones aéreas hacia el sur se realizaban en hidroaviones.

A principios del siglo XIX se estima que había entre cinco y seis mil canoeros [5]. En Puerto Edén, la población indígena pasó, pues, de 30 individuos en 1928 a 71 en 1940 y a unos 15 actualmente. Parece que los descendientes, con mayor o menor grado de mestizaje, viven en Puerto Natales, Punta Arenas, Santiago o incluso en Estados Unidos. Hasta hace muy poco, frente a la isla Guarello, donde la Compañía de Aceros del Pacífico tiene una explotación de caliza, había una cabaña en la que habitaban dos parejas de kawésqar. Una de ellas era la de Gabriela Paterito y su esposo, el hermano de Francisco Arroyo. Venían remando con su canoa desde

de la mer. Il décrit ainsi le sondage qu'il réalisa dans l'une des grottes (Coppinger 1899) :

« Lors de l'excavation du sol de la grotte, nous avons constaté qu'elle se composait d'une argile de marne blanche et grisâtre, dure et pâteuse, regorgeant de petites coquilles, parmi lesquelles se trouvaient des espèces des genres Patella, Fissurella, Chiton et Calyptræa. En atteignant une profondeur d'environ un pied, nous sommes tombés sur un crâne humain presque complet d'âge immature, un crâne de loutre avec des os identiques, et la dent d'un Echinus. Les os humains obtenus faisaient partie des squelettes de deux individus [...] »

Il faudra attendre l'expédition de 2000 pour qu'une nouvelle fouille de sauvetage ait lieu sur l'île sous la direction de D. Legoupil. Elle est motivée par la découverte de la sépulture de la Cueva Ayayema, datée par radiocarbone de 4 520 BP ±60 ans (soit environ entre 3360 et 3000 avant notre ère⁶). Cette date représente le témoignage le plus ancien de la présence de l'homme dans la partie centrale des archipels de la Patagonie (Legoupil et Sellier 2004), bien avant l'arrivée des premiers explorateurs dans la région.

Une autre découverte majeure fut réalisée en 2006 dans la grotte du Pacifique, au débouché du Seno Azul dans l'océan. Une cinquantaine de motifs évolués (anthropomorphes, rouelles solaires, signes géométriques, ébauches d'animaux marins) peints à l'ocre ou dessinés au charbon de bois ornent les parois de la grotte (Jaillet et al. 2009). L'occupation de la grotte est attribuée aux Indiens canoeros et les œuvres découvertes constituent une des rares manifestations artistiques pariétales en grotte de ce peuple (Jaillet et al. 2010; Fage 2012).

On connaît, sur l'île Madre de Dios, deux autres grottes ornées de dessins plus sommaires : la cueva de la Cruz découverte en 2000 et la Cueva de la Madre vue en 2010. À noter également que l'expédition 2014 sur l'île Diego de Almagro⁷, 100 km au sud, a permis de découvrir d'autres peintures sur l'île Augusta (Cueva Augusta I). D'autres grottes avec pictogrammes, également en lien avec la culture des Indiens canoeros, sont signalées dans les canaux de la Patagonie chilienne (Carden et Borella 2015) et de la Terre de Feu (Calderón, Gañán M., et Serrano 2014).

La découverte la plus étonnante est une cabane aménagée en os de baleine, à l'entrée d'une cavité de la Bahía Histórica, sur la façade maritime ouest de l'île. La présence de vestiges humains épars, dont un crâne scellé par la calcite, remonte bien avant l'arrivée des Européens comme l'a prouvé la datation radiocarbone d'un tibia trouvé à côté de la cabane : 910 ±40 BP (c'est-à-dire plusieurs siècles avant l'arrivée du premier navire occidental dans la zone) (Manneschi Salas et Fage 2008). Il ne s'agit donc pas de restes de naufragés européens mais d'une sépulture remaniée d'Indiens canoeros.

Après plus de 20 ans d'exploration, nous avons fourni

Puerto Edén y permanecían algunos meses al año cerca de la mina para proveer a la cantina de pescado y cholgas.

20 años de descubrimientos arqueológicos

En el viaje de reconocimiento de 1997, recorriendo los abruptos acantilados de Madre de Dios, los espeleólogos de Centre Terre ya habían observado cavidades en el borde costero. Durante la expedición del año 2000 se listaron, cartografiaron y describieron más de una veintena de sitios arqueológicos, situados, principalmente, en cuevas cercanas a la costa : sitios de habitación o abrigo, sepulturas, pinturas rupestres (Figura 1 y Tabla 1). El inventario muestra que las cuevas ocupadas por los kawésqar se sitúan a 3 o 4 metros sobre el nivel del mar (aunque lo ideal sería que fuera a 15-20 metros), que están orientadas de modo que quedan protegidas de los vientos dominantes y que disponen, más abajo, de un lugar apto para desembarcar con la canoas de madera. Estos lugares de hábitat están perfectamente adaptados a incursiones estacionales ligadas a las actividades de pesca o caza.

Lo más sorprendente es haber encontrado otros abrigos o cuevas-refugio con huellas de ocupación humana en zonas del interior, a una altitud de 300-400 metros. Estos abrigos jalonan los itinerarios de los antiguos indígenas en sus incursiones hacia el frente marítimo oeste y son lugares potenciales de caza (aves, lobos marinos, ballenas varadas).

Los espeleólogos de Centre Terre no fueron los primeros en descubrir vestigios dejados por los habitantes del archipiélago Madre de Dios. Ya a finales del siglo XVI, las expediciones de los primeros exploradores incluían naturalistas. Estos eruditos (en ocasiones, el médico de a bordo) observaron el modo de vida de los indígenas, describieron su hábitat y realizaron los primeros estudios etnográficos.

En 1879, Richard Coppinger efectuó la que fuera, seguramente, la primera excavación arqueológica de la costa norte de la isla Madre de Dios, en una bahía llamada "puerto de Nuestra Señora del Rosario". Descubrió dos pequeñas cuevas funerarias situadas a 30 metros sobre el nivel del mar. También describió las pesquias que realizó en una de las cuevas (Coppinger 1899) :

"Durante la excavación del suelo de la cueva constatamos que estaba compuesto de una arcilla de marga blanca y grisácea, dura y pastosa, rebosante de pequeñas conchas, entre las que se hallaban especies del género Patella, Fissurella, Chiton y Calyptræa. Al llegar a una profundidad como de un pie, dimos con un cráneo humano casi completo, de edad inmadura, un cráneo de nutria con huesos idénticos y un diente de un Echinus. Los huesos humanos obtenidos formaban parte del esqueleto de dos individuos [...]."

Habrà que esperar hasta la expedición de 2000 para realizar una nueva excavación en la isla bajo la dirección de D. Legoupil. La animó el descubrimiento de la sepultura de la Cueva Ayayema, con una datación con radiocarbono de 4 520 BP ±60 años (es decir, entre 3 360 y 3 000 antes de nuestra era [6]). Este dato representa el testimonio más antiguo de presencia humana en la parte central del archipiélago

Références / Referencias

- Rapport des expéditions spéléologiques Centre Terre : 2000, 2006, 2008, 2010, 2014, 2017.
- Byron J (1768) The narrative of the honorable John Byron containing an account of the great distresses suffered by himself and his companions on the coast of Patagonia, from the year 1740 till their arrival in England, 1746. Traduit sous le titre "Naufrage en Patagonie", Paris : Ed. Utz : UNESCO, 1994. Londres.
- Calderon MG, Ganan M. & Serrano A (2014) Primer registro de arte rupestre en Tierra de Fuego. Magallania (Chile) 42 (2) : 175 – 181.
- Carden N & Borella F (2015) Symbols by the sea : The first recording of Atlantic coastal rock Art in Patagonia (Punta Odriozola, Rio Negro, Argentina). Rock Art Research 32 (2) : 146 – 162.
- Coppinger RW (1899) Cruise of the "Alert". Four years in Patagonian, Polynesian and Mascarene waters (1878-82). Swan, Sonnenschein & Co. London.
- Cortes Hojea (de) F (1879) Viaje del capitán Juan Ladrillero al descubrimiento del Estrecho de Magallanes (1557-1558). Anuario hidrográfico de la marina de Chile, p. 582-520, Ano V. Santiago, Chile.
- Empereur J (1955) Les nomades de la mer. Gallimard. L'espèce Humaine. Paris. Réédition Le Serpent de Mer (2003), 344 p.
- Fage LH (2012) La grotte aux esprits Kawésqar. Dans L'île aux glaciers de marbre. Dans les profondeurs des archipels de Patagonie. pp. 92 – 93. Centre Terre.
- Jaillet S (2006) Deux yeux face à l'océan. Patagonie : la grotte du Pacifique. Spéleo, n° 54, p. 12-13.
- Jaillet S, Fage LH, Maire R, Tourte B et tous les membres de l'expédition Ultima Patagonia (2009) Découverte d'une grotte ornée dans l'archipel de Patagonie chilienne : La Grotte du Pacifique. In Colloque Archéologie Souterraine et Spéléologie. pp. 173 – 183. Spelunca Mémoires. Périgueux, 2006.
- Jaillet S, Fage LH, Maire R, Tourte B et tous les membres de l'expédition Ultima Patagonia (2010) La Grotte du Pacifique (Chili). Première grotte ornée de l'archipel de Patagonie. Lettre Internationale d'Informations sur l'Art Rupestre (INORA), 58.
- Legoupil D & Sellier P (2004) La sepultura de la cueva Ayayema (Isla Madre de Dios, archipiélagos occidentales de Patagonia). Magallania (Chile) 32 : 115 – 124.
- Maire R, Tourte B, Jaillet S et al. (2009) Geomorphic and archaeological features of coastal caves in Madre de Dios archipelago (Patagonia, Chile). In Proceedings of 15 th International Congress of speleology. Symposium of karst islands. Kerrville, Texas, USA.
- Manneschi Salas MJ & Fage LH (2008) Archéologie. Nous ne sommes pas les premiers hommes à explorer l'intérieur de Madre de Dios ! Rapport de l'expédition spéléologique Centre Terre, île de Madre de Dios.
- Martini Beros M. (1999) Cartografía Magallánica. 1523-1945. Punta Arenas, Chile.
- Martini Beros M. (1989) Los canoeros de la Patagonia meridional. Journal de la Société Des Américanistes. (75) : 35 – 61.
- Sarmiento de Gamboa P (1768) Viaje al Estrecho de Magallanes por el capitán Pedro Sarmiento de Gamboa en los años de 1579 y 1580 y Noticia de la expedición que después hizo para poblarle. Madrid.

d'importantes données aux archéologues qu'il faudra maintenant compléter et analyser. Il reste encore beaucoup d'interrogations archéologiques sur le peuplement de l'île et sur le mode de vie de ses habitants, sur leurs coutumes funéraires, sur leur culture matérielle ou sur leur origine. De nouveaux indices sont à rechercher au nord de l'île, où des vestiges avaient été signalés par les premiers explorateurs. Le long du canal Trinidad, de vastes zones calcaires restent à prospector. Si la présence de grottes littorales est confirmée, elles auront alors vraisemblablement abrité quelques familles d'Indiens canoeros le temps d'une saison de pêche.

▽ La "cabanne" en os de baleine construite par les Kawéskar ?

▽ ¿La "cabaña de ballenas" construida por los kaweskar?

📷 Richard Maire/Centre Terre

▷◁ Entrée de la grotte Augusta, île Augusta, Diego del Almagro.

▷◁ Entrada a la gruta Augusta, isla Augusta, Diego del Almagro.

▷◁ Découverte des peintures rupestres dans la grotte Augusta, Diego del Almagro.

▷◁ Descubrimiento de pinturas rupestres en la gruta Augusta, Diego del Almagro.

📷 Serge Caillault/©Centre Terre

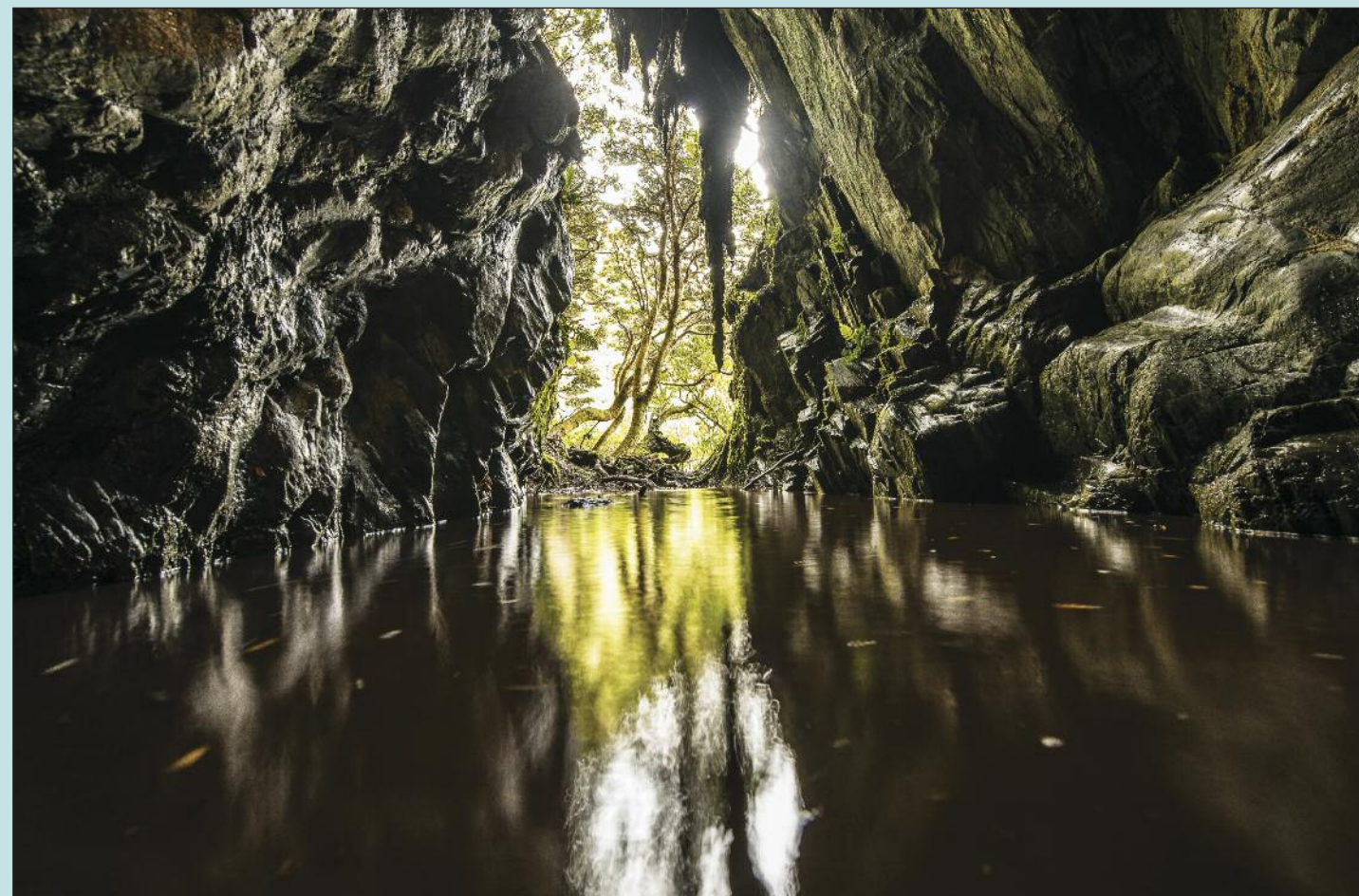
patagónico (Legoupil y Sellier 2004), mucho antes de la llegada de los primeros exploradores a la región.

En 2006 se realizó otro descubrimiento de calado en la cueva del Pacífico, en la desembocadura del seno Azul. Unos cincuenta motivos avanzados (antropomorfos, espirales solares, signos geométricos, bocetos de animales marinos) pintados al ocre o dibujados con carbón vegetal decoran las paredes de la cueva (Jaillet et al. 2009). La ocupación de la cueva se atribuye a los indígenas canoeros. Las obras descubiertas constituyen una de las raras manifestaciones artísticas rupestres en cueva de este pueblo (Jaillet et al. 2010; Fage 2012).

En la isla Madre de Dios se conocen otras dos cuevas con pinturas rupestres más sencillas: la cueva de la Cruz, descubierta en 2000; y la Cueva de la Madre vista en 2010. Nótese también que la expedición de 2014 a la isla Diego de Almagro [7] (100 km más al sur) puso al descubierto más pinturas en la isla Augusta (Cueva Augusta I). Existen más cuevas con pictogramas, también relacionadas con la cultura de los canoeros, en los canales de la Patagonia chilena (Carden y Borella 2015) y en Tierra del Fuego (Calderón, Gañán M., y Serrano, 2014).

El descubrimiento más sorprendente fue una cabaña construida con huesos de ballena en la entrada de una cavidad de la Bahía Histórica, en la fachada marítima oeste de la isla. La presencia de vestigios humanos dispersos, como un cráneo sellado por la calcita, son muy anteriores a la llegada de los europeos, tal y como se ha comprobado con la datación de radiocarbono de una tibia hallada cerca de la cabaña: 910 ±40 BP, es decir, entre mediados del siglo XI y mediados del siglo XIII de nuestra era (Manneschi Salas y Fage 2008). Ello indica que no se trata de restos de náufragos europeos, sino de una sepultura modificada de los indígenas canoeros.

Tras más de 20 años de exploración hemos proporcionado importantes datos a los arqueólogos, que deberán completarse y analizarse. Quedan aún muchos interrogantes arqueológicos sobre el poblamiento de la isla y sobre el modo de vida de sus habitantes, sobre sus costumbres funerarias, su cultura material o sobre su origen. Quedan aún por buscar nuevos indicios en el norte de la isla, donde los primeros exploradores habían encontrado vestigios. En la zona del canal Trinidad hay amplias zonas de caliza aún por explorar. Si se confirma la presencia de cuevas littorales, seguramente, es porque habrán servido de refugio a familias de canoeros en época de pesca.



CONCLUSION

Bernard Tourte, Arnaud Malard

Le projet Última Patagonia 2019 se distingue des expéditions précédentes par la conduite en parallèle des explorations sur le glacier Témpanos et sur l'île de Madre de Dios. L'équipe, forte de plus de 40 personnes, s'est impliquée sans relâche pendant les mois de janvier et février, sous des conditions météorologiques extrêmes, pour mener à bien les explorations et les études scientifiques, tant dans les moulins de glace que dans les cavités karstiques. Ces objectifs ont nécessité deux années de préparation et la mise en place d'une logistique importante, dans les domaines des déplacements, du matériel et de la sécurité. Les chiffres parlent d'eux-mêmes : plus de soixante rotations de bateaux pour acheminer les explorateurs vers les différents lieux d'expéditions, plus de quarante tonnes de matériel et de vivres, chargées et déchargées à différentes reprises, deux camps de base et cinq camps avancés installés et occupés régulièrement...

Les découvertes glaciaires et spéléologiques, ainsi que les résultats scientifiques accumulés tout au long de ces deux mois d'expédition sont à la hauteur des moyens engagés, comme en témoigne la densité et la qualité de ce rapport. À ce travail de synthèse s'ajoutent la réalisation du film de 92 minutes qui a rencontré un grand succès auprès du public et la rédaction des nombreux articles publiés dans la presse ou dans des revues spécialisées. Les travaux scientifiques présentés dans le rapport sont encore en cours de finalisation – et certains d'entre eux feront aussi l'objet d'une publication dans les mois à venir. D'autres résultats périphériques complètent ce bilan : le projet scolaire qui a rassemblé plus de mille élèves tout au long de l'année sur les thématiques de l'expédition, et le projet en cours, conduit par les Autorités chiliennes, d'inscription de l'archipel de Madre de Dios sur la liste UNESCO.

Cette année, ce sont plus de cinquante nouvelles cavités qui ont été découvertes, totalisant cinq kilomètres de galeries, de conduits noyés et de puits verticaux qu'il a fallu explorer dans des conditions d'engagement importantes. Elles contribuent significativement à l'inventaire spéléologique du Chili, notamment avec la grotte de Punta Blanca qui devient officiellement la plus longue cavité karstique du pays.

Mais de nombreux points d'interrogation demeurent, et certaines cavités, dont le gouffre Jackpot et cette même grotte des Trois Entrées Plus Une, n'ont pas livré tous leurs secrets. Un nouveau projet est d'ores et déjà sur les rails pour 2021. L'objectif sera double cette fois encore, avec la poursuite des explorations glaciaires et une incursion sur les rives nord de Madre de Dios, au bord du canal Trinidad. Cette zone n'a été qu'effleurée, les investigations préliminaires ayant cependant repéré plusieurs résurgences karstiques et entrées de gouffres prometteuses.

◀ Navigation de retour dans le Barros Luco marquant la fin d'expédition.

◀ La navegación de regreso por el Barros Luco que marca el fin de la expedición.

△ Natalia dans le complexe du Témpanos, glacier du Tempanos.

△ Natalia en el complejo Témpanos, en el glaciar del mismo nombre.

📷 Serge Caillault/©Centre Terre

△ Page suivante: dans l'actif de l'Utéro de la Madre, Ile Madre de Dios, Chili.

△ Página siguiente: en el activo del Útero de la Madre, Isla de Madre de Dios, Chile.

📷 Serge Caillault/©Centre Terre

CONCLUSIÓN

El proyecto Última Patagonia 2019 se diferencia de las expediciones anteriores por el desarrollo en paralelo de las exploraciones en el glaciar Témpanos y en el archipiélago Madre de Dios. Un equipo conformado por más de 40 personas ha trabajado sin tregua durante los meses de enero y febrero, bajo condiciones meteorológicas extremas para poder llevar a buen puerto la exploración y estudio científico tanto en los molinos de hielo como en las cavidades kársticas. Estos objetivos han exigido dos años de preparación y la puesta en funcionamiento de una notable logística en aspectos como desplazamientos, material y seguridad. Las cifras hablan por sí solas : más de sesenta rotaciones de barcos para trasladar a los exploradores a los distintos destinos; más de cuarenta toneladas de material y de víveres, cargados y descargados en distintas ocasiones; dos campamentos base y cinco campamentos avanzados instalados y ocupados regularmente...

Los descubrimientos glaciares y espeleológicos, así como los resultados científicos acumulados a lo largo de los dos meses de expedición están a la altura de los medios empleados. Prueba de ello son la densidad y calidad del presente informe. A este trabajo de síntesis se suma la realización del film de 92 minutos, con un gran éxito de audiencia y de crítica en numerosos artículos publicados en prensa y en medios especializados. En el momento de la publicación de la presente memoria siguen en curso los trabajos científicos; algunos de ellos también serán objeto de una publicación en los próximos meses. Otros resultados periféricos completan este balance, como el proyecto escolar, que ha congregado a más de mil alumnos durante todo el año en torno a temáticas relacionadas con la expedición; así como el proyecto en curso, liderado por las autoridades chilenas, de postular el archipiélago Madre de Dios a la lista UNESCO.

Este año se han descubierto más de cincuenta nuevas cavidades, lo que hace un total de cinco kilómetros de galerías, conductos inundados y pozos verticales que ha habido que explorar en condiciones de exposición considerables. Se suman al inventario espeleológico de Chile, entre las que destacan la cueva de la Punta Blanca, que se convierte en la cavidad kárstica más extensa del país.

Sin embargo, siguen quedando numerosos puntos de interrogación, como es el caso de la sima Jackpot o la cueva de las Tres Entradas Más Una, que todavía no nos han develado todos sus secretos. Por ello, ya se ha puesto en marcha un nuevo proyecto de expedición para 2021. De nuevo, se perseguirá un doble objetivo llevando a cabo exploraciones glaciares y una incursión en el borde costero norte de Madre de Dios, a orillas del canal Trinidad. Esta zona no ha sido explorada aun a conciencia, aunque los sondeos preliminares han permitido detectar varias resurgencias kársticas y prometedoras entradas de simas.



REMERCIEMENTS

Les membres de Centre Terre tiennent à remercier les nombreux partenaires qui ont œuvré à la concrétisation du projet d'expédition Ultima Patagonia.

Los miembros de Centre Terre agradecen a los numerosos colaboradores que han hecho posible que el proyecto de expedición Última Patagonia fuera una realidad.

AGRADECIMIENTOS

Partenaires institutionnels / Colaboradores institucionales

France / Francia

Fédération Française de Spéléologie, Rectorat de Toulouse, Centre National d'Études Spatiales – CNES, Edytem (Université Savoie Mont Blanc, CNRS), Laboratoire Ampère (Lyon CNRS), IUT Université de Lyon 1, FFCAM, FFESSM.

Comités de Spéléologie Régionaux : Occitanie, Sud, Bourgogne-Franche-Comté

Comités Départementaux de Spéléologie : Aude, Ardèche, Ariège, Bouches-Du-Rhône, Côte-D'or, Haute-Garonne, Lot, Tarn

Clubs : Spéléo Club d'Airbus, Section spéléo de la Société des Naturalistes d'Oyonnax, Société Méridionale de Spéléologie et de Préhistoire, Association Spéléologique du Sud-Est

Chili / Chile

Ministerio de Bienes Nacionales, Gobierno Regional de Magallanes y la Antártica Chilena, Tercera Zona Naval - Armada de Chile, CONAF Magallanes, Ambassade de France au Chili, Unidad de Glaciología y Nieves, DGA - Ministerio de Obras Publicas, Universidad Andrés Bello, Universidad Católica de Temuco, Universidad Austral de Chile, Asociacion Espeleológica de Patagonia

Autres / Otros

Innsbruck Quaternary Research Group (Autriche), Société Québécoise de Spéléologie (Canada), Colegio Oficial de Ingenieros de Minas del Sur, Espeleo Club Aradelas (Espagne), Institute of Low Temperature Science Hokkaido University (Japon), Moroccan Explorers (Maroc)

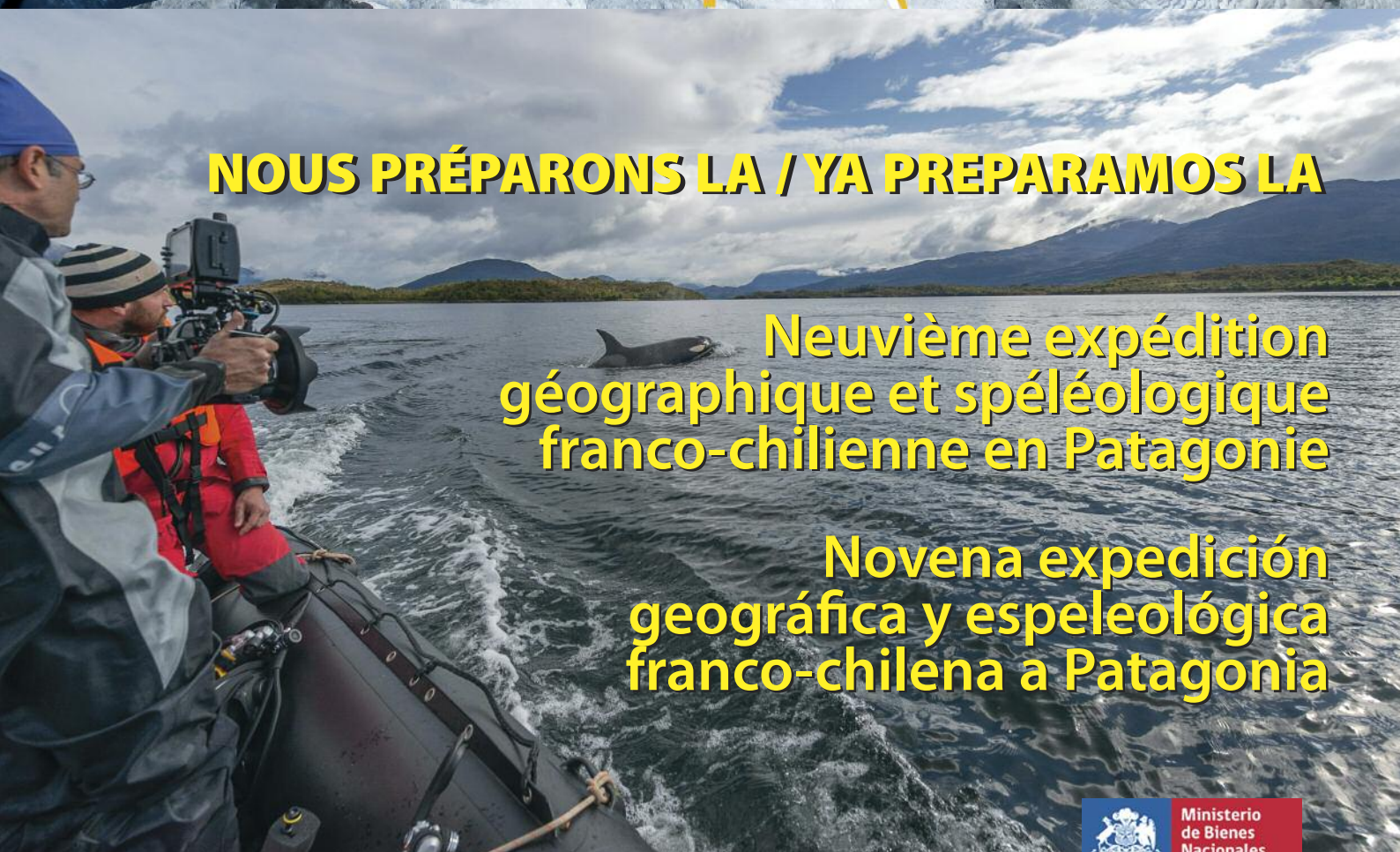
Sponsoring

Solygotrans, MASCOT® WORKWEAR, Marlink, Compañía de Aceros del Pacífico, Parsys, Bombard, Imopac, Shem Engie, System C Industrie, System C Instrumentation, Natmor Ltda., Casden, Centre de Consultations Médicales Maritimes, Falières Nutrition, Move Solutions, Genforce, 2ID, Acropose BTP, Broadley-James Corp., Handheld, Aqualung, MTDE, Indura Grupo Air Products, Conserbat, Petzl, Béal, Traser Swiss H3 Watches, Liaudet Pial, Stoots, Camp, Société Expé, Groupe Katadyn, SI4G, Dpam Saint-Girons (2BH EURL), ESA, DLR Germany, Mountain Hardwear, A.T.P.L.C., Continental, Nutrition & Santé, Restaurant Pré du Bonheur, Maître Marie-Christine Gemin-Bonnet, Vertikarst, Castel Optic, Le Carré de l'Ange, BA Minage, MG ECO, Chenu Travaux Spéciaux, Géomètre-expert Pierre-Louis Fontvieille, Karum, Adecco, Kinésithérapeute Guillaume Boube, Boucherie de Martres-Tolosane, Mairie d'Escoussans, Château Pasquet, Horizon Vertical, Camping-cars Dumon, Pôle Sud, Félic Production, Spéléo Magazine, Spelunca.

Campagne de financement participatif / Campaña de financiamiento participativo

Francoise Magnan, Jacques Sautereau de Chaffe, Marie Christine Vivien, Yannick Carfantan, Pierre Decourcelles, Jacques Romestan, Loic Carfantan, Olivier Reau, Marie Noelle Lavie, Bernard Hautefeuille, Patrick Riviere, Christian Giroussens, Dominique Malard, Christiane Carfantan, Marcela Sepúlveda, Louis Dugros, Maria Luisa Calvo Gómez, Marie Christine Schwengler, Norbert Wourms, Frederic Buskowa, Patrick Duverge, Francois Caille, Joel Danflous, Monique Fort, Gaëtan Perrier, Fabien Recalde, Louis De Pazzis, Fabien Hoblea, Martine Foltran, Jean-Luc Algarra, Francois Bart, Jean-Pierre Buch, Jean Louis Cauhope, Elena Zhuravlov, Chloe Malard, Francoise Deplaye, Bárbara Gómez Delgado, Danièle Cohen, Gilles D'Agostini, Claude Milhas, David Roger, Florent Avezac, Alexandra Bonnefoy, Jean-Marie Maurice, Jean-François Bonjour, Daniel Broquet, Francois Cassorla, Veronique Olivier, Martine Petitot, Didier Rateau, Celine Renaux, Emilie Sabadie, Jean-Hugues Esteve, Frederic Augey, Julie Cheveau, Georges Dumenil, Bernard Hogrel, Katia Montella, Catherine Assoun Gerber, Maxime Buskowa, Cécile Carfantan, Andrew Perry, Rober Crozier, Salvador Terrez, Gilles Rollier, Claude Santacatalina, Christel Bonnet, Evelyne Bosqued, Angélique Nodari, Stephanie Coroir, Pascale Bougeault, Isabelle Lelievre-jacquemin, Jessica Munch, Amandine Laborde, Antoine Grisart, Christine Carre, Sophie Rechatin, Jean Francois Boddaert, Frédéric Perrenoud, Florence Muller, Daniela Kirilova-Chikova, Martin Rouard.





NOUS PRÉPARONS LA / YA PREPARAMOS LA

Neuvième expédition géographique et spéléologique franco-chilienne en Patagonie

Novena expedición geográfica y espeleológica franco-chilena a Patagonia