



EXPÉDITION **GLACIALIS** 2021

> www.glacialis.ch

> www.atlasexpeditions.org



Baleine à bosse dans la province de Kujalleq - Photo: Arnaud Conne - Expédition Glacialis 2021



Expédition Glacialis

Documentation des mammifères marins
et de leur habitat, de l'archipel des Açores
à la baie de Disko - Groenland

Rapport de mission 2021



Le voilier Atlas dans les fjords du Kujalleq - Photo: Richard Mardens - Expédition Glacialis 2021

Contenu

Remerciements.....	7
Contexte	9
Partenaires	11
Expédition Glacialis	12
Collecte de données	15
1. Monitoring visuel	17
2. Photo-identification	25
3. Enregistrements sonores	29
4. ADN environnemental.....	33
5. Ichtyoplancton	39
6. Microplastiques.....	43
7. Micro-organismes	47
Bilan	48
Références	50



Remerciements

L'expédition Glacialis a été en grande partie financée grâce à une mobilisation citoyenne. Nous tenons à remercier chaque contributeur-ice pour sa confiance et son soutien !

Merci à l'association Atlas Expéditions pour son accompagnement tout au long de l'élaboration du projet et pour la mise à disposition du voilier Atlas.

Merci aux sponsors qui nous ont aidés à réunir le matériel de sécurité pour la mission, nous ont tenus au chaud et ont contribué à faire connaître le projet.

Nous sommes reconnaissants envers les autorités danoises et groenlandaises, le Joint Arctic Command, la Ice Patrol et les officiers d'Aasiaat Radio pour la qualité de leur suivi et leur accompagnement sur le terrain, tout au long de notre périple !

Un grand merci aux citoyen-nes groenlandais-es qui nous ont chaleureusement accueillis lors de nos escales et ont pris le temps de partager avec nous leurs histoires, leurs préoccupations, leurs projets, leur culture !

Nous remercions tous les professionnel-les de la recherche pour leur implication et leur contribution à ce projet. Merci à l'ensemble des collaborateur-ices, des ami-es, des familles et des bénévoles pour leur soutien en matière de logistique, de préparation du navire et de révision des documents.



Contexte

Le climat change plus rapidement dans l'Arctique que dans toute autre région de la planète, les températures de l'air y augmentent à un rythme 2 à 3 fois supérieur à la moyenne mondiale et l'étendue de la glace de mer diminue à un rythme alarmant (GIEC 2018, Meredith et al. 2019).

Les mammifères marins de l'Arctique sont tous fortement liés à la glace et sont donc sérieusement menacés par ces changements (Laidre et al. 2008, Kovacs et al. 2011, Meredith et al. 2019).

Le déclin de la glace et les changements environnementaux associés sont liés à des changements dans la répartition des espèces (Higdon et Ferguson 2009, Hamilton et al. 2015, 2019a, Rode et al. 2015, Lone et al. 2018), **des changements dans les relations trophiques** (Watt et al. 2016, Hamilton et al. 2017, Yurkowski et al. 2018) **et des risques accrus de maladies** (par exemple, Van Wormer et al. 2019).

Parallèlement, les niveaux d'activité humaine, notamment la navigation, le tourisme, la pêche commerciale, l'exploration et la production de pétrole et de gaz ont augmenté et continueront probablement à le faire dans les régions arctiques à mesure que la glace diminue car le déclin de la glace réduit les défis logistiques pour ces industries (Reeves et al. 2019).

Il existe donc un besoin urgent d'identifier les zones importantes pour les mammifères marins afin de permettre une gestion et une conservation appropriées de ces espèces dans le contexte de ces multiples facteurs de stress (Kovacs et al. 2011, Reeves et al. 2014, Yurkowski et al. 2019, Hamilton et al. 2021).



Baleines à bosse à l'embouchure du fjord glacé d'Ilulissat - Photo : Arnaud Conne - Expédition Glacialis 2021

Partenaires



Institut des Ressources Naturelles du Groenland

Arctic fish & fisheries.

www.natur.gl



Cohabys & La Rochelle University, France

Scientific monitoring and data publication advisor.

www.cohabys.fr



ROMM, Canada

Scientific monitoring and data publication advisor.

www.romm.ca



Azura, États-unis

Scientific monitoring and data publication advisor.

www.azuraco.com



R&E Ocean Community Conservation, Canada/Colombie

Scientific monitoring & data publication advisor.

www.oceancommunityconservation.org



Flukebook, États-Unis

Artificial intelligence photo identification program.

www.flukebook.org



LAB, Polytechnic University of Barcelona, Espagne

Acoustic monitoring and technology partner.

www.lab.upc.edu



RS Aqua, Grande-Bretagne

Acoustic technology partner.

www.rsqua.co.uk



Oceaneye, Suisse

Microplastic data analysis.

www.oceaneye.ch



Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Suisse

Environmental Chemistry Laboratory.

www.epfl.ch



Marine Freshwater Research Institute, Islande

Identification data analysis.

www.hafogvatn.is



Nature Metrics, Grande-Bretagne

Biodiversity monitoring - eDNA analysis.

www.naturemetrics.co.uk



Mysticetus, États-unis

Data collection software support.

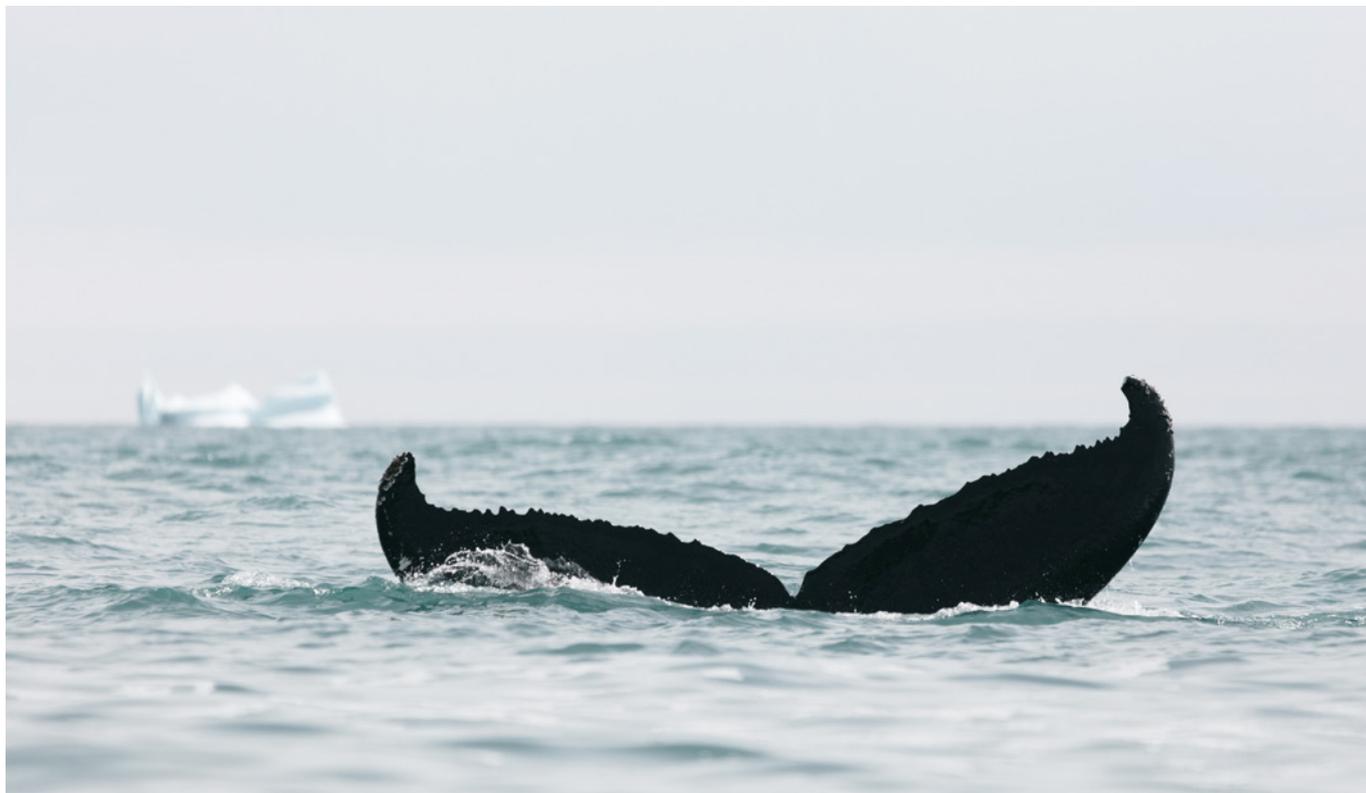
www.mysticetus.com



The Swiss Cetacean Society - SCS, Suisse

Marine mammal conservation advisor.

www.swisscetaceansociety.org



Baleine à bosse - **Megaptera novaeangliae** - Photo : Arnaud Conne - Expédition Glacialis 2021

RÉSUMÉ

Glacialis est une expédition scientifique indépendante travaillant conjointement avec une variété d'acteurs académiques et industriels dans le but de collecter des données sur les mammifères marins et leur environnement dans des zones reculées, notamment en Arctique.

Glacialis a également pour objectif de stimuler la collecte de données en adaptant les outils nécessaires à la recherche scientifique sur de petites plateformes et en encourageant les efforts de science citoyenne.

A partir du voilier Atlas, une excellente micro-plateforme de recherche, Glacialis a collecté des données pendant 5 mois en 2021, sur une route de 6'700 NM (11'400 km) de l'archipel des Açores à Ata Sund, au nord de la baie de Disko, au Groenland.

L'équipe a soigneusement documenté plus de 850 observations de mammifères et d'oiseaux marins, collecté des échantillons de microplastiques, des informations sur les macro-déchets, des échantillons

d'ADN environnemental, des échantillons de plancton et de larves de poissons, des observations météorologiques, des relevés des paramètres de l'eau, ainsi que des échantillons d'eau pour la recherche sur les cyanobactéries.

Des photographies et vidéos de qualité professionnelle ont été capturées parallèlement aux protocoles scientifiques d'identification des espèces. Afin de générer et entretenir le lien avec sa communauté, l'équipe a tenu à produire une variété de publications dans les médias et sur les réseaux sociaux tout au long du projet.

Plusieurs classes d'élèves de niveau primaire ont régulièrement suivi le parcours de l'expédition. Leurs enseignantes ont pu profiter de la richesse thématique du projet et d'un fort intérêt suscité chez les jeunes pour stimuler leur programme pédagogique.

Les sections suivantes de ce rapport décrivent les accomplissements et les défis relevés par l'équipe ainsi que les objectifs identifiés pour les missions ultérieures.

EXPEDITION GLACIALIS

OBJECTIFS DE LA MISSION

- > Documenter la faune marine et son habitat.
- > Tester, adapter et documenter des protocoles de collecte de données à partir du voilier Atlas.
- > Identifier les protocoles reproductibles pour la science citoyenne en mer.
- > Publier les données collectées afin de favoriser l'avancement de la recherche et la collaboration internationale.
- > Sensibiliser le public à l'évolution des conditions environnementales en lien avec les océans.
- > Éveiller l'intérêt et la conscience environnementale de toutes les générations.
- > Associer les plus jeunes en intégrant les écoles aux démarches du projet.

TRAVAIL D'ÉQUIPE

Le projet a été initié en 2019 par Virginie Wyss et rendu possible grâce à l'engagement de citoyens âgés de 23 à 69 ans.

La rencontre, en mai 2020, entre le skipper et photographe Arnaud Conne (CH), les biologistes et spécialistes des mammifères marins Laurence Tremblay (CA), Mathieu Marzelière (FR), Virginie Wyss (CH), le réalisateur et biologiste Richard Mardens (BE) et le biochimiste Matthew Ryle (USA) a été décisive pour la réalisation du projet.

Le biologiste Alexandre Bernier-Graveline et l'ornithologue Jessé Roy-Drainville ont également contribué au développement scientifique du projet, ainsi que Marion Le Bouard, assistante de valorisation scientifique au CNRS, qui a soutenu l'équipe dans ses efforts de communication et dans la recherche documentaire.

Avec le soutien de la Swiss Cetacean Society et de l'association Atlas Expéditions, plusieurs demandes de financement ont été soumises auprès d'appels à projets des secteurs publics et privés en Suisse et en Europe. C'est finalement grâce à un financement participatif, pro-



Baleine à bosse - Dessin d'un élève de Suisse romande, Juillet 2021

posé au sein de la communauté du projet, que le budget minimum requis a été obtenu en mars 2021.

À la fin mars, Arnaud Conne et deux bénévoles de l'association Atlas Expéditions, Albert Maillefer et Bernard Capt, ont démarré la préparation technique du voilier Atlas, alors stationné sur l'île de Santa Maria aux Açores.

Laurence Tremblay et Mathieu Marzelière ont rejoint le skipper au mois d'avril pour finaliser la préparation du bateau pour la mission, approfondir la définition des protocoles de collecte de données, et travailler sur l'intégration des outils de recherche à bord du voilier.

Après 2 mois de préparation intensive, la plateforme Atlas a levé l'ancre en direction des îles de Pico et Faial avec pour objectif de mettre en œuvre et tester les multiples protocoles de collecte de données. Plusieurs observations significatives ont alors déjà été documentées (cachalots, dauphins de Risso, baleine à bec de Cuvier).

L'équipe de terrain pour la mission au Groenland était composée de Virginie Wyss, Richard Mardens, Matthew Ryle et Arnaud Conne. Le président de l'association Atlas Expéditions, Roman Hapka, a rejoint l'Atlas pour soutenir l'équipage dans le grand voyage du retour depuis le sud du Groenland.

Depuis la terre ferme, la navigatrice et ingénieure en informatique Angie Gartz et la navigatrice et animatrice radio Marie-Amélie Lenaerts ont suivi le parcours de l'expédition et soutenu le skipper par leurs précieuses analyses de routage météo.



Collecte de données

Toutes les observations et tous les échantillonnages ont été effectués dans le respect du bien-être animal et de l'environnement (cf. feuillet d'approche Repcet - code de conduite du sanctuaire Pelagos).

Lors des rencontres avec les mammifères marins, la vitesse d'approche était adaptée aux individus les plus lents, ne dépassant jamais les 5 nœuds. Les animaux étaient approchés par le côté, sans jamais leur couper le chemin ni diviser le groupe.

Une distance d'au moins 100 à 300 mètres était systématiquement maintenue, laissant les animaux venir à l'avant selon leur volonté.

Le temps accordé à chaque observation a été limité au strict minimum nécessaire pour obtenir les paramètres d'identification essentiels de l'espèce.



Un cachalot en vue depuis le poste de saisie de données - Photo: Arnaud Conne - Expédition Glacialis 2021

1. Monitoring visuel

CONTEXTE

Les efforts de conservation sont étroitement liés au recensement des espèces. Des données de qualité sont utiles pour déterminer des tendances dans la distribution, les migrations et la qualité des écosystèmes qui les hébergent (CAFF, 2017). Les données d'observations visuelles représentent donc le premier pilier de la démarche de Glacialis.

OBJECTIFS

- > Développer un monitoring structuré, professionnel et documenté à partir de la plateforme Atlas.
- > Documenter chaque observation significative d'animaux marins, ainsi que les macro-déchets (plastiques, matériel de pêche, etc.) dans une base de données géolocalisées.
- > Selon la nature de l'observation, y associer les protocoles d'identification photographique, d'enregistrements acoustiques, d'analyses de l'eau et de collecte d'échantillons décrits au fil de ce document.

OUTILS

Jumelles - Système de positionnement GPS - Appareil photo reflex - Objectifs longue focale (zoom) - Protocole de documentation - Ordinateur portable - Guides d'identification des espèces d'oiseaux (S. Howell et K. Zufelt, 2019) et de mammifères marins (H. Shirai. et B. Jarrett, 2006)

MÉTHODOLOGIE

Le relevé des paramètres environnementaux (Fig.1, p.18) constitue la base de la méthodologie d'observation, qualifiant de manière régulière le contexte météorologique ainsi que l'effort d'observation.

Par conditions favorables, deux observateurs sont postés sur le pont et munis de jumelles. Chaque observateur scrute l'horizon en couvrant un angle de 180°. Si deux observateurs peuvent être actifs, l'effort d'observation est qualifié par le statut *ON*. Par conditions défavorables (brouillard, mer ou vent fort) ou lorsque seule une personne est disponible pour l'observation, l'effort est considéré *COMPROMIS*.

Il arrive que des observations surviennent lorsque l'on ne les attend pas et qu'aucun observateur ne soit en poste. Ces dernières sont qualifiées par le statut d'effort *OFF* et la fin d'une période d'observation est marquée par le statut *END*.

Pour chaque observation, l'équipe relève l'heure et le lieu exact, l'espèce, l'estimation du nombre minimum et maximum d'individus observés ainsi que les caractéristiques comportementales des animaux (par exemple recherche de nourriture, déplacement, alimentation, socialisation, indéterminé, etc.) et les références aux échantillons, paramètres environnementaux et médias associés.

Toutes les données d'observation sont recueillies électroniquement, à l'aide du logiciel spécialisé *Mysticetus*. Des exportations et sauvegardes journalières ont été réalisées sur des supports externes pour prévenir une éventuelle perte de données en cas de dégât matériel ou de mauvaise manipulation.

Partenaires scientifiques : Greenland Institute of Natural Resources - Nova Atlantis Foundation - Mingan Island Cetacean Study - Megaptera - Moniceph - Monicet - ROMM - Sea Color Expeditions - Flukebook - Happy whale - Marie la Rivière - Marine and Freshwater Research Institute - North Atlantic Humpback Whale Catalog NAHWC - Ocean Alliance - Allied Whale - R&E Ocean Community Conservation.



Baleine bleue - **Balaenoptera musculus** - Photo: Arnaud Conne - Expédition Glacialis 2021

I. PARAMÈTRES ENVIRONNEMENTAUX (EXTRAIT)

ID	EFFORT	LEG TYPE	CONDITIONS	SHIP SPEED (KTS)	WIND (BFT)	WIND DIRECTION	SWELL (M)	CLOUD COVER	AIR TEMP (C)
E003	COMPROMISED	Transit	Medium	6.23	4	N	1	10	20
E014	ON	Transit	Good	5.93	1	S	0	0	21
E106	OFF	Transit	Medium	3.03	2	W	2	100	12
E118	ON	Transit	Good	3.65	3	W	1	100	12
E290	ON	Transit	Good	6.55	1	S	0	70	17
E328	END	Transit	Good	5.80	0	-	0	20	13
E362	END	Transit	Bad	0.00	1	N	2	100	12

Ensemble des paramètres environnementaux recueillis : Unique ID - Date and Time (UTC) - GPS Position - Observer reference - Effort - Effort type - Leg Type - Conditions - Engine - Ship speed (kts) - Wind (Bft) - Wind direction - Swell (m) - Swell direction - Glare - Glare orientation - Cloud Cover - Air Temp (C) - Comments



Saisie des données - Photo: Virginie Wyss - Expédition Glacialis 2021

II. CATALOGUE D'OBSERVATION (EXTRAIT)

SGT ID	LOCATION	SIGHTING TYPE	GROUP SIGHTING	SIGHTING	MIN	MAX
V058	AZO	Visual PAM	Odontocète	Grand cachalot <i>Physeter macrocephalus</i>	8	12
V096	AZO	Visual	Odontocète	Baleine à bec de Cuvier <i>Ziphius cavirostris</i>	5	10
V098	AZO	Visual	Mysticète	Rorqual boréal <i>Balaenoptera borealis</i>	1	1
V170	ATL	Visual PAM	Odontocète	Globicéphale noir <i>Globicephala melas</i>	50	75
V200	GL	Visual	Mysticète	Rorqual commun <i>Balaenoptera physalus</i>	4	5
V285	GL	Visual PAM	Odontocète	Marsouin commun <i>Phocoena phocoena</i>	3	4
V522	GL	Visual	Mysticète	Rorqual bleu <i>Balaenoptera musculus</i>	1	1
V768	GL	Visual	Mysticète	Rorqual à bosse <i>Megaptera novaeangliae</i>	6	6
V808	GL	Visual	Odontocète	Grand cachalot <i>Physeter macrocephalus</i>	1	1
V818	GL	Visual	Mysticète	Petit roqual <i>Balaenoptera acutorostrata</i>	1	1
V874	GL	Visual	Odontocète	Fausse orque <i>Pseudorca crassidens</i>	2	2

Ensemble des paramètres d'observation recueillis : Sgt Id - Date - Time (UTC) - Ship - Observer - Sighting type - GPS Position - Group sighting - Sighting - Min - Max - Average - Adult - Juvenile - Calves - Certainty - Dist. (m) - Bearing - Min Disp. - Max Disp. - Behaviour - Relation to ship - Active state - Association - Photos - Video - Drone - Footage reference - Acoustic - CTD - Water sample - Sample reference - Notes.

III. OBSERVATIONS DE MAMMIFÈRES MARINS (RÉSUMÉ)

ESPÈCE	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	TOTAL
Dauphin commun (Common dolphin - <i>Delphinus delphis</i>)	329	465			91	885
Phoque du Groenland (Harp seal - <i>Phoca groenlandica</i>)			112	157		269
Dauphin sp. (Dolphin sp.)	102	143			22	267
Dauphin bleu et blanc (Stripped dolphin - <i>Stenella coeruleoalba</i>)	55	150			19	224
Globicéphale noir (Long-finned pilot whale - <i>Globicephala melas</i>)		157			22	179
Grand dauphin (Bottlenose dolphin - <i>Tursiops truncatus</i>)	27	15			40	82
Rorqual à bosse (Humpback whale - <i>Megaptera novaeangliae</i>)			32	41	1	74
Dauphin tacheté de l'Atlantique (Atlantic spotted dolphin - <i>Stenella frontalis</i>)					65	65
Grand cachalot (Sperm whale - <i>Physeter macrocephalus</i>)	37			1	5	43
Odontocète sp. (Toothed whale sp.)	7		25			32
Dauphin de Risso (Rissos dolphin - <i>Grampus griseus</i>)	18					18
Rorqual commun (Fin whale - <i>Balaenoptera physalus</i>)		4	2	7	3	16
Phoque sp. (Seal sp.)				12		12
Rorqual sp. (Rorqual sp.)	7	1	1			9
Dauphin à nez blanc (White-beaked dolphin - <i>Lagenorhynchus albirostris</i>)		7				7
Baleine à bec de Cuvier (Cuvier's beaked whale - <i>Ziphius cavirostris</i>)	7					7
Marsouin commun (Habor porpoise - <i>Phocoena phocoena</i>)			6			6
Phoque barbu (Bearded seal - <i>Erignathus barbatus</i>)					4	4
Petit rorqual (Minke whale - <i>Balaenoptera acutorostrata</i>)				2	2	4
Baleine à bec sp. (Beaked whale sp.)		4				4
Fausse orque (False killer whale - <i>Pseudorca crassidens</i>)					2	2
Rorqual bleu (Blue whale - <i>Balaenoptera musculus</i>)			2			2
Rorqual boréal (Sei whale - <i>Balaenoptera borealis</i>)	1					1

III. Observations de mammifères marins : Nombre moyen d'individus observés mensuellement, par espèce.

1. Monitoring visuel



Rorquals à bosse - **Megaptera novaeangliae** - Photo : Arnaud Conne - Expédition Glacialis 2021

RÉSULTATS

Plus de 850 observations de mammifères marins et d'oiseaux dont pas moins de 19 espèces de mammifères marins (2200 individus) et 28 espèces d'oiseaux (plus de 10'000 individus) ont été documentées dans notre base de données. **Le catalogue d'observation complet est mis à la disposition des chercheurs, sur demande à info@glacialis.ch.**

Il faut souligner ici que le rôle du projet Glacialis n'est pas de tirer des conclusions sur les données obtenues. C'est pourquoi, ce rapport se veut descriptif et présente les données récoltées sans émettre de conclusions.

Les données collectées ont été transmises aux partenaires du projet mentionnés dans ce rapport, ainsi qu'à de multiples catalogues d'identification des mammifères marins.

DISCUSSION

La documentation visuelle a été l'un des grands succès de la mission, mais aussi l'un des plus grands défis. Cette démarche n'aurait pas été couronnée de succès sans la présence à bord d'experts en identification des mammifères marins et de naturalistes passionnés.

Disposer de bons ouvrages de référence à bord est essentiel pour valider les observations et utile pour la formation continue des observateurs.

Le maintien de deux observateurs sur le pont, notamment pendant les grandes traversées, n'a pas toujours été possible en raison des conditions météorologiques ou de l'engagement de l'équipage dans d'autres tâches.

La saisie de nombreux paramètres dans la base de données peut s'avérer une tâche périlleuse en mer, en raison des mouvements du bateau, de la fatigue ou du mal de mer !

Une variété de problèmes techniques ont été rencontrés avec le matériel informatique et le logiciel de collecte de données Mysticetus, ce qui a posé à l'équipe des défis supplémentaires. Citons en particulier, la reconnaissance du dispositif de positionnement GPS qui a pu occasionner des délais de mise en fonction.

Notre objectif pour les prochaines missions est d'identifier ou développer un logiciel de collecte de données mieux intégré aux appareils de navigation et permettant l'automatisation de la collecte de certains paramètres environnementaux via les capteurs du bateau.



V698 - Bernaches du Canada - **Branta canadensis** - Photo : Arnaud Conne - Expédition Glacialis 2021

OBSERVATIONS D'OISEAUX (RÉSUMÉ)

ESPÈCE	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	TOTAL
Puffin cendré (Cory's Shearwater - <i>Calonectris diomedea</i>)	3497	431			40	3968
Mouette tridactyle (Black-legged Kittiwake - <i>Rissa tridactyla</i>)			191	450		641
Fulmar boréal (Northern Fulmar - <i>Fulmarus glacialis</i>)		21	303	140	3	467
Eider à duvet (Common eider - <i>Somateria mollissima</i>)			401	5	11	417
Guillemot à miroir (Black Guillemot - <i>Cephus grylle</i>)			276	136		412
Goéland marin (Great Black-Backed Gull - <i>Larus marinus</i>)	9		148			157
Sterne arctique (Arctic Tern - <i>Sterna paradisaea</i>)		3	32	68		103
Bernache du Canada (Canada Goose - <i>Branta canadensis</i>)				92		92
Petit Pingouin (Razorbill - <i>Alca torda</i>)			51			51
Labbe pomarin (Pomarine Jaeger - <i>Stercorarius pomarinus</i>)			2	1	44	47
Guillemot marmette (Common Murre - <i>Uria aalge</i>)			42			42
Grand Corbeau (Common Raven - <i>Corvus corax</i>)			32	2		34
Canard arlequin (Harlequin Duck - <i>Histrionicus histrionicus</i>)			23			23
Océanite tempête (Storm petrel - <i>Hydrobates pelagicus</i>)	2	6			13	21
Grand Cormoran (Great Cormorant - <i>Phalacrocorax carbo</i>)			3	15		18
Bécasseau à poitrine cendrée (Pectoral Sandpiper - <i>Calidris melanotos</i>)			9			9
Mergule nain (Dovekie - <i>Alle alle</i>)		2	7			9
Pygargue à tête blanche (Bald eagle - <i>Haliaeetus leucocephalus</i>)			4	1		5
Labbe parasite (Parasitic Jaeger - <i>Stercorarius parasiticus</i>)			2		1	3
Bécasseau à croupion blanc (White-rumped Sandpiper - <i>Calidris fuscicollis</i>)				2		2
Guillemot de Brünnich (Thick-billed Murra - <i>Uria lomvia</i>)			2			2
Fou de Bassan (Northern Gannet - <i>Morus bassanus</i>)		1		1		2
Mouette de Sabine (Sabine's Gull - <i>Xema sabini</i>)				1		1
Phalarope à bec étroit (Red-necked Phalarope - <i>Phalaropus lobatus</i>)				1	1	2
Grand Labbe (Great Skua - <i>Stercorarius skua</i>)		1				1

Observations d'oiseaux : Nombre moyen d'individus observés mensuellement, par espèce.



Documentation photographique des observations - Photo: Arnaud Conne - Expédition Glacialis 2021

2. Photo-identification

CONTEXTE

La photographie d'identification est un processus non invasif qui permet, grâce aux caractéristiques physiques particulières d'un animal (forme de la nageoire dorsale, patron de coloration de la caudale, cicatrices, etc.) de reconnaître les individus d'une espèce.

Le croisement de ces informations avec les bases de données existantes permet aux chercheurs de mieux appréhender les schémas de migration, d'abondance, de structure sociale, et de répartition des espèces (Jaquet and Gendron, 2002 ; Matthews et al., 2001).

OBJECTIFS

- > Réaliser pour chaque observation des images permettant l'identification des individus.
- > Partager les éléments d'identification avec les spécialistes des mammifères marins et les bases de données à l'échelle mondiale.
- > Favoriser la collaboration entre les spécialistes des mammifères marins.
- > Soutenir l'effort de compréhension des scientifiques sur les schémas de migration des cétacés et leur évolution en lien avec les bouleversements climatiques.

OUTILS

Appareils photo réflex: Canon EOS 7DMII, 5DSR, 5DMIII, 5DMIV - Objectifs Sigma 150-600mm et Canon EF-L 100-400mm, EF-L 70-200mm, EF-L 100mm - Drones Phantom Pro IV et Mavic Pro II.

MÉTHODOLOGIE

Si les conditions permettent une approche sûre et respectueuse des animaux, le navire se positionne de manière à ce que les observateurs puissent prendre des images répondant aux critères d'identification de l'espèce cible.

Les photographies sont référencées en lien avec les observations visuelles et environnementales correspondantes.

Les photographies sont ensuite téléchargées et vérifiées quotidiennement par l'équipe. Les éléments de qualité suffisante pour l'identification sont sélectionnés et transmis à nos différents partenaires.

Partenaires scientifiques : Greenland Institute of Natural Resources - Nova Atlantis Foundation - Mingan Island Cetacean Study - Megaptera - Moniceph - Monicet - ROMM - Sea Color Expeditions - Flukebook - Happy whale - Marie la Rivière - Marine and Freshwater Research Institute - North Atlantic Humpback Whale Catalog NAHWC - Ocean Alliance - Allied Whale - R&E Ocean Community Conservation.



I . V198 - **Rorqual à bosse** (*Megaptera novaeangliae*) - Photo: Arnaud Conne - Expédition Glacialis 2021



II . V769 - **Rorqual à bosse** (*Megaptera novaeangliae*) - Photo: Arnaud Conne - Expédition Glacialis 2021

2. Photo-identification

RÉSULTATS

Au cours de l'expédition, 152 observations de cétacés ont été documentées et des photos d'identification de qualité suffisante ont été obtenues pour 52 individus.

Les résultats ont été partagés avec des chercheurs aux Açores, à Madère, au Canada, au Groenland, en Islande, aux Antilles, à Saint-Pierre et Miquelon et aux Etats-Unis. Les photographies ont également été soumises au catalogue en ligne Flukebook, qui utilise des algorithmes de corrélation automatique des images.

A l'heure actuelle, trois correspondances ont déjà pu être établies :

- > Un rorqual à bosse observé pour la première fois dans les Caraïbes en 2014 par l'association OMMAG¹, a été documenté en 2021 par l'équipe de Glacialis au sud du Groenland (ref. V198).
- > Un rorqual à bosse observé en 2017 par l'Institut Groenlandais des Ressources Naturelles a été appairé par le Marine Fresh Water Institute (Islande) à une baleine photographiée au Groenland par notre équipe en 2021 (ref. V729).
- > La première correspondance entre un individu issu de populations menacées des îles du Cap-Vert et une zone d'alimentation de l'Atlantique Nord occidentale a été établie. Photographiée par notre équipe en 2021 dans la région du Cap Farewell au sud du Groenland (ref. V211), cette baleine à bosse est cataloguée dans le NAHWC¹ (ref. NA4936), avec une seule année d'observation antérieure, en 1999.

Nous avons documenté ce dernier individu à 22 ans d'intervalle, ce qui relève la pertinence du procédé de photo-identification et l'importance du partage des données entre chercheurs et institutions.

DISCUSSION

Environ 35% des individus recensés au cours de nos observations de grands cétacés ont fait l'objet de photographies permettant une identification. L'équipe estime qu'il s'agit d'un taux de réussite élevé compte tenu du caractère exceptionnel de chaque rencontre avec les grands cétacés et des difficultés du terrain. En effet, les cétacés sont généralement observés à des distances importantes, et/ou ne se présentent pas sous le bon angle, ce qui rend l'obtention de clichés utiles à l'identification plus difficile.

La présence de spécialistes des mammifères marins et de photographes professionnels à bord, ainsi que la réactivité et la flexibilité du bateau dans les manœuvres en relation avec les animaux sont des éléments qui ont largement contribué à cette réussite !

Aucun appariement n'a à l'heure actuelle pu être établi via Flukebook. Il se peut que les individus soumis au système de reconnaissance automatique soient de nouvelles occurrences, qui ne figurent dans aucun autre catalogue. Ceci renforce d'autant plus l'intérêt de la démarche du projet. Par ailleurs, l'intelligence artificielle a certainement encore ses limites face à l'expérience humaine, comme en témoignent les trois correspondances établies avec nos partenaires !

Le faible taux de correspondances actuel souligne le potentiel de découvertes à propos de ces populations ainsi que l'importance d'élargir la collection de données et de répéter des campagnes de relevés dans ces régions éloignées.

Un effort plus concerté entre institutions ainsi que la mise à disposition de ressources plus importantes dans l'important travail de documentation et de partage des informations contribueraient à une meilleure compréhension et à la protection de ces magnifiques créatures.

¹Observatoire des Mammifères Marins de Guadeloupe, ²North Atlantic Humpback Whale Catalog



Matthew Ryle en déploiement de l'hydrophone - Photo : Arnaud Conne - Expédition Glacialis 2021

3. Enregistrements sonores

CONTEXTE

Avec la fonte des glaces, les régions arctiques deviennent plus accessibles. On y observe une augmentation de l'activité humaine, davantage de navires, d'activités d'exploration pétrolière, minière ou gazière qui s'ajoutent aux activités de pêche et génèrent une modification des paysages sonores sous-marins. Or, les cétacés sont des animaux particulièrement vocaux. Ils utilisent le son pour communiquer, se nourrir, et s'orienter.

L'impact de la pollution sonore sur l'écologie de ces animaux n'est pas encore bien compris. On pense qu'elle augmenterait le niveau de stress, réduirait la capacité de communication, de navigation et de reproduction (Ghulam et al, 2018). La surveillance acoustique sous-marine permet aux chercheurs de mieux comprendre les cétacés ainsi que les impacts des activités humaines sur ces derniers.

OBJECTIFS

- > Tester les outils de science citoyenne proposés par le projet Ear to the Wild.
- > Relier les enregistrements des vocalisations des animaux à la documentation visuelle des espèces.
- > Enregistrer le son ambiant sous-marin et documenter le niveau de pollution sonore.
- > Documenter les paysages sonores des lieux visités.

OUTILS

Dispositif E2TW: Tablette sous Android, iRIG, hydrophone Aquarian H2A.

Dispositif PAM: Enregistreur programmable RS Aqua PORPOISE à large gamme de fréquences.

Dispositif AAM: Enregistreur Zoom H5, hydrophone Aquarian H2A.

MÉTHODOLOGIE

L'hydrophone a été déployé dans la continuité des protocoles d'observation visuelle, par temps généralement calme, navire à l'arrêt, moteur éteint.

Les enregistrements ont été réalisés en priorité à l'aide du dispositif Ear to the Wild ou d'un enregistreur portable professionnel Zoom H5 équipé d'un hydrophone.

Partenaires scientifiques : Prof. Michel André et Florence Erbs, Ear to the Wild, Laboratoire de bioacoustique appliquée (LAB) de Barcelone, www.lab.upc.edu



Navire crevettier en baie de Disko - Photo : Arnaud Conne - Expédition Glacialis 2021

3. Enregistrements sonores

RÉSULTATS

Au total, plus de 70 captations ont été réalisées et des vocalisations de haute qualité ont été obtenues pour plusieurs espèces de mammifères marins (dauphins communs, dauphins de Risso, cachalots, globicéphales, rorquals à bosse).

L'ensemble des enregistrements a été partagé avec nos collaborateurs du LAB, pour l'optimisation du dispositif Ear to the Wild.

Si pour chacun des enregistrements un son directement émis par l'animal observé n'a pu être capté, l'ambiance sonore dans laquelle ce dernier évolue est néanmoins source d'intérêt.

Ainsi des environnements sonores sous-marins caractéristiques, naturels ou anthropiques, ont également été captés. Le craquement ou le pétilllement des icebergs, les machines du port industriel de Nuuk, les bruits métalliques des filets tractés par les navires crevettiers en baie de Disko ont fait l'objet d'enregistrements soignés.

En surface également, une variété d'atmosphères sonores a été enregistrée : villages de pêcheurs, scènes de vie locale, cris d'animaux et chants d'oiseaux. Ce matériel sera valorisé à travers la production de présentations immersives et utilisé dans la bande-son du film documentaire en cours de réalisation par Richard Mardens et Arnaud Conne.

DISCUSSION

Une mer agitée et des journées venteuses provoquaient un bruit de fond élevé. Le déploiement et la récupération du câble de l'hydrophone depuis le bateau était également un défi. Un dispositif d'enrouleur a été élaboré en cours de mission et a permis de simplifier ces tâches.

Les connecteurs souffrent rapidement de la corrosion due à l'air marin et des contraintes mécaniques. Divers

problèmes ont été rencontrés en lien avec ces facteurs.

Au tiers de la mission, le convertisseur iRig requis pour connecter l'hydrophone avec la tablette Ear to the Wild a cessé de fonctionner.

Dans l'ensemble, l'application E2TW s'est révélée être un concept passionnant et facile d'utilisation pour les scientifiques citoyens. Des suggestions pour améliorer le système ont été transmises à nos collaborateurs de l'Université de Barcelone.

Le développement d'un dispositif d'enregistrement à la fois solide et facile à mettre en œuvre est un objectif pour les expéditions futures.

Suivant les conseils de l'équipe de l'Eco Voyage d'Arvik, un dispositif "maison" permettant de traîner l'hydrophone à l'arrière du bateau et de réaliser des enregistrements en marche tout en minimisant les bruits parasites a été conçu. Cette méthode s'est révélée efficace.

L'enregistreur «*Porpoise*» fourni par la société RS Aqua, plus contraignant à utiliser, est un outil véritablement adapté lorsqu'il peut être déployé sur de longues périodes. Cela n'a pas été pleinement réalisable compte tenu des impératifs temporels et d'itinéraire imposés par les autres missions.

Ce type d'enregistreur est dédié à la surveillance passive (PAM). Il dispose d'un hydrophone avec un spectre étendu, ce qui permet de déterminer si une espèce est présente dans une zone, à quelle saison et à quelle fréquence (Frouin-Mouy et al, 2016). Ces outils permettent en outre d'avoir accès à des zones impraticables comme les eaux gelées dans l'hiver Arctique (DeVresse et al, 2018).

A l'avenir, il serait pertinent de focaliser ces efforts d'enregistrement passif dans une mission dédiée, et/ou de disposer d'un matériel de déploiement autonome permettant de plus longues périodes d'enregistrement.



Trace laissée à la surface par une baleine - Photo : Arnaud Conne - Expédition Glacialis 2021

4. ADN environnemental

CONTEXTE

L'ADN qui persiste dans l'environnement (eDNA) peut être collecté, séquencé et analysé pour déterminer les espèces présentes dans un écosystème (Deiner et al, 2017). **Cette technique non invasive permet une meilleure compréhension de la richesse des espèces dans les écosystèmes visités puisque non seulement les baleines observées peuvent être détectées, mais aussi les aliments qu'elles recherchent.**

OBJECTIFS

- > Évaluer la biodiversité du milieu au moyen de l'ADN environnemental.
- > Prélever des échantillons d'eau de mer à la suite d'observations visuelles de cétacés.
- > Évaluer la précision de cette technique novatrice dans la détection d'espèces.
- > Apporter des informations sur les autres espèces de vertébrés présents lors d'une observation.

OUTILS

Kit ADN: gants stériles, poche plastique 3L, seringue, filtre, solution de préservation et pochette de conditionnement.

MÉTHODOLOGIE

Il a été défini, dans le cadre du champ d'étude de l'expédition, de récolter des échantillons d'ADN uniquement en présence de grands cétacés préalablement identifiés visuellement. Les échantillons ont été recueillis au plus près de l'empreinte ou *Footprint*, la trace huileuse persistant à la surface après qu'une baleine ait plongé (cf. illustration p.32). Un échantillon témoin a été réalisé en l'absence d'observation visuelle.

La séquence de collecte s'articule comme suit:

- > L'opérateur porte des gants stériles afin de ne pas contaminer les échantillons.
- > Une quantité d'environ 3 litres d'eau de mer est amenée à bord à l'aide d'un conteneur stérile.
- > L'ADN est concentré par filtration de 2000 ml d'eau de mer au-travers d'un filtre-seringue.
- > Une solution de préservation est ensuite introduite dans le filtre à l'aide de la seringue.
- > Le filtre est retiré de la seringue et stocké dans une pochette étanche, au frais et à l'abri de la lumière.

Partenaires scientifiques : Nature Metrics, Dr. Natalie Swan, www.naturemetrics.co.uk



I. Richesse en taxons des échantillons.

	V601	V697	V718	V727	V736	V744	V808
⁷ Humpback whale (<i>Megaptera novaeangliae</i>)	●		●	●	●		
⁵ Sperm whale (<i>Physeter macrocephalus</i>)							●
⁴ Reindeer (<i>Rangifer tarandus</i>)		●	●	●			
Ringed seal (<i>Pusa hispida</i>)					●		
⁶ Polar cod (<i>Boreogadus saida</i>)			●	●	●	●	
³ Atlantic cod (<i>Gadus morhua</i>)							●
⁶ Capelin (<i>Mallotus villosus</i>)		●	●	●	●	●	
¹ Greenland halibut (<i>Reinhardtius hippoglossoides</i>)			●				●
² Lumpfish (<i>Cyclopterus lumpus</i>)							●
Rockfish species (<i>Sepastes sp.</i>)							●
Northern fulmar (<i>Fulmarus glacialis</i>)							●

II. Fréquence d'occurrence de toutes les familles détectées..

	Order	Family	V601	V697	V718	V727	V736	V744	V808
Mammalia	Cetacea	Physeteridae	0	0	0	0	0	0	1
Mammalia	Cetacea	Balaenopteridae	1	0	1	1	1	0	0
Mammalia	Carnivora	Phocidae	0	0	0	0	1	0	0
Mammalia	Artiodactyla	Cervidae	0	1	1	1	0	0	0
Actinopterygii	Gadiformes	Gadidae	0	0	1	1	1	1	1
Actinopterygii	Osmeriformes	Osmeridae	0	1	1	1	1	1	0
Actinopterygii	Pleuronectiformes	Pleuronectidae	0	0	1	0	0	0	1
Actinopterygii	Scorpaeniformes	Cyclopteridae	0	0	0	0	0	0	1
Actinopterygii	Scorpaeniformes	Sebastidae	0	0	0	0	0	0	1
Aves	Procellariiformes	Procellariidae	0	0	0	0	0	0	1

4. ADN environnemental

RÉSULTATS

Dix échantillons d'ADN ont été collectés. Neuf échantillons ont été prélevés dans des empreintes de baleines, la tache huileuse qui peut être observée à la surface immédiatement après qu'une baleine ait plongé, et 1 échantillon témoin a été réalisé hors observation. L'ensemble a été soumis à l'aveugle au laboratoire de Nature Metrics pour analyse.

Un total de 11 taxons a été détecté dont 90,9% (10 taxons) étaient au moins 99% similaires à une espèce dans les bases de données de référence mondiales. Le taxon restant a été identifié au genre. Au total, 6 poissons, 1 oiseau et 4 mammifères ont été détectés. Les taxons se répartissent en 8 ordres, 10 familles et 11 genres.

Les espèces à noter comprennent le flétan du Groenland¹ (*Reinhardtius hippoglossoides* - Quasi menacé), le lompe² (*Cyclopterus lumpus* - Quasi menacé), la morue de l'Atlantique³ (*Gadus morhua* - Vulnérable), le renne⁴ (*Rangifer tarandus* - Vulnérable) et le cachalot⁵ (*Physeter macrocephalus* - Vulnérable).

La proportion relative des séquences trouvées dans chacun des échantillons est présentée dans le tableau 1 et la diversité est résumée dans le tableau 2.

Le capelan (*Mallotus villosus*), représentant 33,9% du total des lectures de séquences, est parmi les plus abondants en termes de séquences.

Parmi les espèces les plus fréquemment détectées, on trouve le capelan⁶, la baleine à bosse⁷ et la morue polaire⁸ (*Boreogadus saida*).

Des données de séquence de vertébrés marins de haute qualité ont été obtenues pour 7 des 10 échantillons d'ADN. Les échantillons V478, V522, ainsi que le V621 (témoin) ont été amplifiés, mais n'ont pas retourné de séquences d'ADN de vertébrés marins.

Il est à noter que le nombre total de séquences cibles pour les échantillons V697 et V744 était inférieur au seuil habituel de contrôle de qualité. Ces détections sont donc à considérer comme probables.

DISCUSSION

Les résultats sont probants. Sur neuf échantillons prélevés en présence de grands cétacés identifiés visuellement, l'espèce a été confirmée par l'analyse ADN dans 70 % des cas. Par ailleurs il a été possible de détecter en parallèle la présence d'espèces constituantes de la chaîne alimentaire des animaux en question.

La collecte d'ADN environnemental est l'une des approches les plus innovantes utilisées par l'équipe. Cette démarche a été facilitée par la présence à bord de personnes formées à la collecte et à la manipulation d'échantillons d'ADN.

Il s'agit d'une méthode peu invasive qui peut apporter d'excellents résultats. Il serait intéressant d'élargir la portée de ce type d'échantillonnage pour les prochaines missions.

Filtrer une plus grande quantité d'eau pourrait aider à atténuer la faible récupération d'ADN observée dans 3 des 10 échantillons. La mise en place, par exemple, d'une pompe péristaltique 12V pour aider à filtrer de plus grands volumes d'eau de mer est un objectif en développement pour les futurs voyages.

L'emploi des kits est bien documenté. Ce type de collecte peut très bien convenir au scientifique-citoyen appliqué. Toutefois, le coût important de l'extraction, du séquençage et de l'analyse de l'ADN peut être prohibitif. L'équipe a eu la chance de bénéficier du soutien financier du laboratoire Nature Metrics pour les 10 échantillons prélevés.



Déploiement du filet Bongo - Photo : Arnaud Conne - Expédition Glacialis 2021





Ichtyoplancton - Photo : Arnaud Conne - Expédition Glacialis 2021



Diversité des échantillons de plancton - Photo : Richard Mardens - Expédition Glacialis 2021

5. Ichtyoplancton

CONTEXTE

Le zooplancton et les larves de poissons sont les principales sources de nourriture pour une variété d'espèces de poissons et de cétacés.

À mesure que les eaux océaniques se réchauffent, la distribution de ces sources de nourriture évolue.

Cela peut avoir un impact sur les schémas de migration des cétacés et toute la chaîne trophique qui en découle (Laurel et al, 2018).

L'analyse du contenu des échantillons de zooplancton et de larves de poissons permet aux chercheurs d'identifier et de quantifier une variété d'organismes dans les eaux arctiques (Bouchard et al, 2022).

OBJECTIFS

- > Compléter les efforts de recherche du Dr Caroline Bouchard, chercheuse au Greenland Institute of Natural Resources. Le but de ses travaux est de déterminer la santé et l'abondance des populations de poissons (morue arctique par exemple).
- > Déterminer la faisabilité de tels remorquages à partir du voilier Atlas, documenter les difficultés rencontrées et les solutions envisagées.

ÉCHANTILLONNAGE

Des échantillons d'ichtyoplancton ont été collectés entre le 20 juillet et le 12 août 2021.

À 11 stations comportant des sites d'observation de baleines et situées dans la baie de Disko et sur le plateau continental au nord de Nuuk (figure 1, p.40), un échantillonneur bongo composé de deux cadres de 0,6 m de diamètre équipés d'un filet à maille de 335 µm, d'un filet à maille de 500 µm et de deux débitmètres, a été déployé obliquement à des profondeurs de 41-54 m et à une vitesse de navire de 1-2 nœuds. Après leur récupération, les filets ont été rincés à l'eau de mer à bord du bateau. Des échantillons entiers contenant du zooplancton et de l'ichtyoplancton ont été conservés dans de l'éthanol à 96%. De retour au laboratoire de l'Institut des Ressources Naturelles du Groenland, toutes les larves et les juvéniles de poissons (poissons d'âge 0) ont été isolés des échantillons, dénombrés, identifiés au niveau taxonomique le plus bas possible, et mesurés pour la longueur standard préservée (SL) et la profondeur du corps à l'anus (BD).

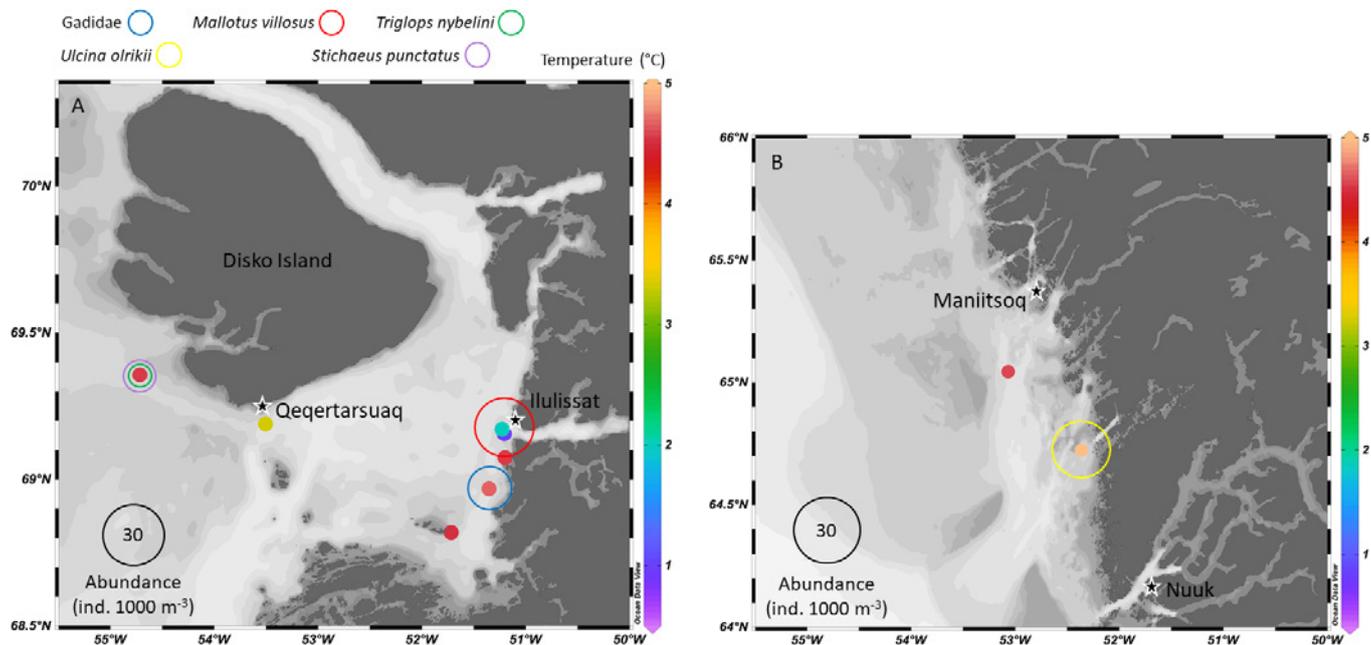
Un appareil de mesure CTD (conductivité, température, profondeur) a été déployé à chaque station à des profondeurs de 36-53 m, sauf à la station 11.

ANALYSE DES DONNÉES

Les échantillons ont été analysés à Nuuk par Caroline Bouchard.

Les abondances de poissons d'âge 0 ont été calculées pour chaque taxon en divisant le nombre d'individus collectés dans un filet par le volume d'eau filtré pendant le déploiement, et la moyenne a été calculée entre les deux filets pour chaque station. Les températures de chaque jet CTD ont été moyennées sur l'ensemble du profil.

I. Cartes de la zone d'étude dans A) la baie de Disko et B) le nord-ouest de Nuuk.



II. Liste des ichtyoplanctons capturés à l'ouest du Groenland en juillet-août 2021.

Station	Mesh size (µm)	ID nr	Scientific name	Family	Common name	SL (mm)	BD (mm)
1-V478	335	1	<i>Ulcina olrikii</i>	Agonidae	Arctic alligatorfish	35	3
1-V478	500	2	<i>Ulcina olrikii</i>	Agonidae	Arctic alligatorfish	30	2
1-V478	500	3	<i>Ulcina olrikii</i>	Agonidae	Arctic alligatorfish	28	2
3-V621	500	4	<i>Triglops nybelini</i>	Cottidae	bigeye sculpin	32	4
3-V621	500	5	<i>Stichaeus punctatus</i>	Stichaeidae	Arctic shanny	17	1.5
3-V621	500	6	<i>Stichaeus punctatus</i>	Stichaeidae	Arctic shanny	12	1
6-V709	335	7	Gadidae	Gadidae	-	19	3
11-V789	335	8	<i>Mallotus villosus</i>	Osmeridae	capelin	13	0.3
11-V789	335	9	<i>Mallotus villosus</i>	Osmeridae	capelin	19	1

> I. Cartes de la zone d'étude dans A) la baie de Disko et B) le nord-ouest de Nuuk montrant l'emplacement des stations, la température moyenne et l'abondance des poissons d'âge 0 par taxon. Étoile: ville ou village.

> II. Liste des ichtyoplanctons capturés à l'ouest du Groenland en juillet-août 2021. SL: longueur standard. BD: profondeur du corps à l'anus.

RÉSULTATS

La température enregistrée aux stations bongo (moyenne sur 0 et 36-53 m) variait entre 1,0°C devant Ilulissat et 5,6°C à la station la plus au sud près de Nuuk (Fig. 1, p.40). Neuf poissons d'âge 0 de cinq espèces ont été recueillis au cours de l'expédition (Fig. 2, p.40).

Dans la baie de Disko, la bécasse arctique (*Stichaeus punctatus*) et le chabot à gros yeux (*Triglops nybelini*) ont été recueillis à proximité de l'île Disko, tandis que le capelan (*Mallotus villosus*) et un gadidé qui n'a pas pu être identifié au niveau de l'espèce ont été recueillis près d'Ilulissat (Fig. 1A, p.40). Au nord-ouest de Nuuk, seuls des poissons-alligators arctiques (*Ulcina olrikii*) ont été recueillis (Fig 1B, p.40).

Les densités moyennes enregistrées variaient entre 4,5 et 35 individus par 1000 m³ (Fig. 1, p.40) et la longueur standard des individus recueillis variait entre 12 et 35 mm (Fig.2, p40).

DISCUSSION

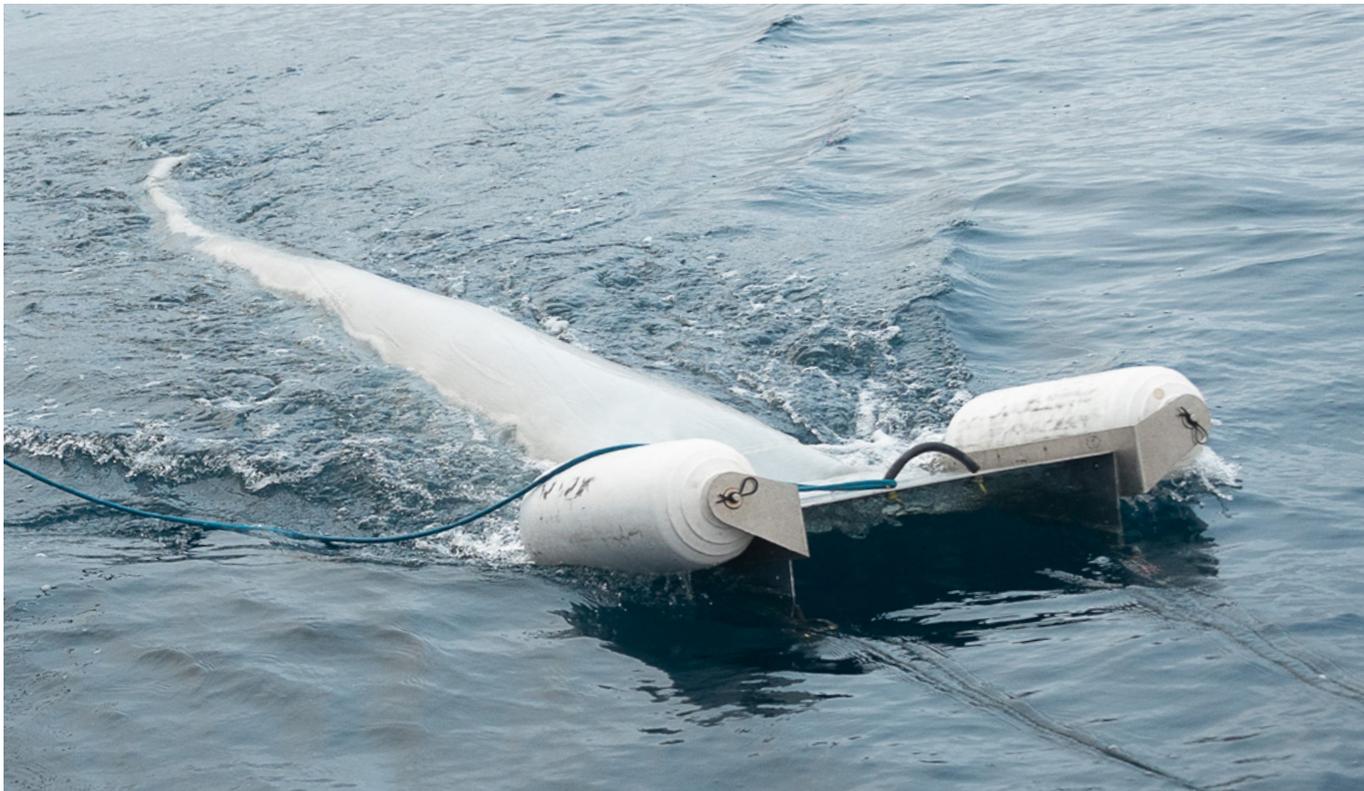
Les abondances (ou densités, nombre d'individus par volume d'eau filtrée) de poissons d'âge 0 estimées dans la présente étude sont comparables aux valeurs d'autres études de poissons d'âge 0 réalisées dans la baie de Disko et les régions environnantes de l'ouest du Groenland en été ces dernières années (Bouchard 2021, Bouchard et al. 2021, Bouchard et al. 2022, Munk et al. 2015). Cependant, la faible quantité d'eau filtrée par le bongo dans la présente étude a entraîné un faible nombre de poissons larvaires et juvéniles collectés. En comparaison, le volume filtré par le bongo dans la présente étude était compris entre 15 et 112 m³ (moyenne \pm écart-type: 42 \pm 25 m³), alors que le volume filtré par le même bongo était compris entre 58 et 705 m³ (moyenne \pm écart-type: 295 \pm 148 m³) lors d'une enquête à bord du voilier ATKA (Bouchard et al. 2021) et entre 111 et 650 m³ (moyenne \pm écart-type: 380 \pm 152 m³) lors d'une enquête à bord du RV Sanna (Bouchard 2021).

Comme la durée des déploiements de bongos variait entre 6 et 17 minutes à une vitesse de navire de 1 à 2 nœuds, nous recommandons que les futurs relevés d'ichtyoplancton en voilier augmentent la durée et/ou la vitesse du navire (à 20-30 minutes et 2 à 3 nœuds) pour atteindre des volumes filtrés et des nombres de poissons d'âge 0 plus importants, suffisants pour les études d'assemblages et de populations.

La collecte d'échantillons de zooplancton a été l'une des activités les plus exigeantes sur le plan technique. Le volume du bongo et le poids de l'ancre imposent une force importante sur tout le dispositif. Ce travail n'aurait pas été possible sans les treuils motorisés (hydraulique) disponibles à bord du navire, qui ont grandement facilité la récupération du filet. Une séquence de déploiement durait entre 1h et 1h30. Le voilier Atlas dispose en outre d'un dispositif de pompe d'eau de mer, ce qui a permis de réaliser l'étape de rinçage des filets à leur sortie de l'eau.

Malgré les difficultés techniques de lancement et de récupération du filet, cette collecte d'échantillons a été l'une des activités les plus gratifiantes. Les défis techniques que l'équipe a dû relever ont été largement récompensés par l'opportunité d'observer la diversité de créatures récupérées dans les échantillons. De plus, le partage de connaissances et la collaboration directe avec une chercheuse engagée dans un institut gouvernemental local ont donné tout leur sens aux efforts fournis.

Considérant la somme d'expériences acquises dans cette démarche, il apparaît valable pour l'équipe de répéter cette démarche lors de futures expéditions au Groenland.



Manta Trawl - Photo : Richard Mardens - Expédition Glacialis 2021

6. Microplastiques

CONTEXTE

Les microplastiques sont de petites particules de plastique qui résultent de la décomposition physique des plastiques. Bien que les effets nocifs potentiels ne soient pas encore totalement bien compris, les microplastiques se retrouvent à large échelle dans les eaux océaniques et semblent être intégrés à la chaîne alimentaire (Coffin et al, 2020).

Il existe relativement peu de données sur la distribution des microplastiques dans les régions arctiques et au milieu des océans (Erikssen et al, 2014).

Le dispositif d'échantillonnage des microplastiques de surface de l'ONG Oceaneye est un exemple de protocole de science-citoyenne bien documenté et largement utilisé à partir de voiliers.

OBJECTIFS

- > Contribuer à la démarche de documentation globale d'Oceaneye.
- > Apporter des données pour les régions peu étudiées de l'Atlantique nord-ouest, entre les Açores et le Groenland et dans les environnements arctiques.

ÉCHANTILLONNAGE

Le *Manta Trawl* est un filet conique placé sur un cadre aluminium muni de flotteurs.

Une chaussette en fil de nylon de maille 200 µm est fixée à l'extrémité du filet à l'aide d'une bride inox.

Le filet est déployé latéralement à l'aide d'un tangon de spinnaker. Tracté pour une durée de 30 minutes, à une vitesse de 3 à 5 nœuds, il filtre une quantité d'eau de surface qui est évaluée à l'aide d'un débitmètre.

Le dispositif est ensuite ramené à bord. La chaussette est retirée et complétée pour conservation avec une quantité de sel marin proportionnelle à son contenu en matières organiques puis mise sous vide et soigneusement étiquetée.

Les déchets flottants et autres pollutions de surface observés au cours du voyage ont également été documentés dans la base de données et caractérisés en fonction de leur type, apparence et dimensions.

ANALYSE DES DONNÉES

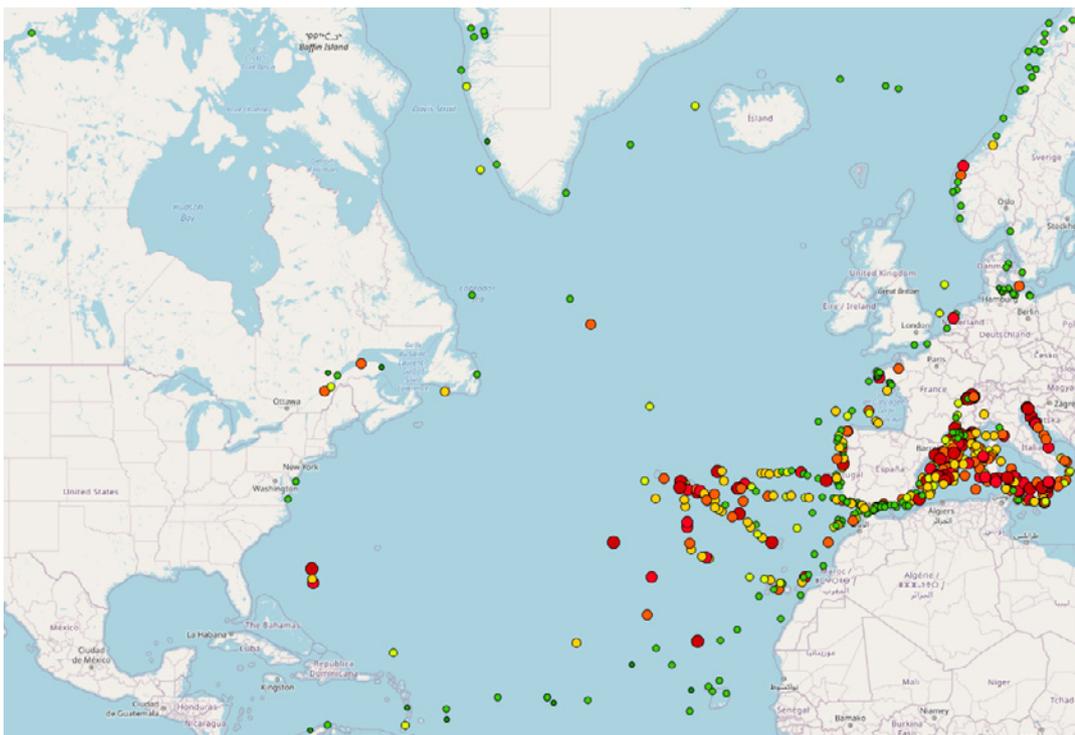
Les échantillons sont traités en laboratoire par Oceaneye. Rincés de leur sel et dissociés de matières organiques par tamisage, les plastiques sont ensuite triés selon leur taille: les microplastiques entre 0,1 et 0,5 mm, les mésoplastiques entre 0,5 et 2,5 mm. Les plastiques (micro et méso) sont classés par catégories: fragments, films fins, lignes/fibres, pellets, mousses, autres. Les particules sont comptées, et pesées.

Partenaires scientifiques : Pascal Hagmann et Laurent Cecere, OCEANEYE, www.oceaneye.ch

I. Analyse d'un échantillon en laboratoire - Photo: Oceaneye - Arnaud Conne



II. Extrait de la cartographie globale établie par Oceaneye



6. Microplastiques



RÉSULTATS

Les 10 échantillons récoltés ont été analysés par Oceaneye à Genève et transmises au département GRID du Programme des Nations Unies pour l'Environnement qui les met à disposition de tous via son système d'information géographique *Geodata*. Ceci garantit la pérennisation des données générées ainsi que leur accès gratuit à tous.

Une cartographie des données d'Oceaneye est également accessible sur www.oceaneye.ch/cartographie.

En général, les microplastiques étaient plus abondants dans les échantillons issus des remorquages effectués dans le Gulf Stream, un courant océanique majeur qui se déplace du golfe du Mexique vers l'Europe, ainsi que dans la zone des Açores.

Les échantillons prélevés au Groenland ont montré de relativement faibles niveaux de microplastiques, bien que la pollution y ait été retrouvée dans 100% des cas.

Parallèlement à l'échantillonnage de microplastiques, une quantité importante des macrodéchets a été observée le long des côtes du Groenland, qui semble être associée à la pêche commerciale. Des bacs en plastique cassés utilisés pour stocker le poisson, des cordes, des lignes synthétiques et des bouées ont été fréquemment observés.

DISCUSSION

Le protocole de collecte des microplastiques à l'aide du Manta Trawl est bien documenté par Oceaneye. Il a été éprouvé par de nombreuses équipes au cours des 10 dernières années.

La diversité des objectifs de collecte de données portés par l'expédition, ainsi que les enjeux liés à la navigation n'ont pas permis de réaliser plus de 10 échantillons.

Le déploiement et la récupération du Manta trawl a été facilité par les treuils hydrauliques disponibles à bord du voilier Atlas.

Il y a encore peu de données sur les microplastiques dans ces zones reculées et il sera intéressant de suivre l'évolution de ces pollutions au cours des années à venir.



Culture de bactéries - Photo: Anna Carratalà - EPFL

7. Micro-organismes

CONTEXTE

Les lacs alpins et polaires sont considérés comme des sentinelles du changement climatique car ils réagissent rapidement au forçage environnemental. **Le changement climatique entraîne une augmentation des températures des eaux de surface, des taux d'évaporation et un raccourcissement de la période de couverture de glace.**

Les micro-organismes sont à la fois des producteurs primaires clés et des dégradateurs de matière organique dans les lacs et sont des moteurs importants de nombreux cycles d'éléments, y compris ceux du carbone et de l'azote. Ils peuvent avoir des temps de génération très courts et des tailles de population importantes par rapport aux organismes multicellulaires, et donc subir des changements de population rapides.

L'étude des réponses génétiques aux changements environnementaux au niveau microbien est donc idéale car l'évolution peut être observée à de petites échelles temporelles et spatiales, contrairement aux macrobiotes plus grands qui sont généralement étudiés par les initiatives de conservation.

En outre, les gènes spécifiques responsables d'une résistance accrue aux facteurs de stress environnementaux, tels que les rayons UV ou la température, peuvent présenter un intérêt pour le développement d'applications biotechnologiques.

OBJECTIF

- > Approfondir les connaissances actuelles sur les rôles écologiques et le potentiel métabolique des bactéries dans les environnements froids, notamment dans les lacs polaires, et contribuer à la conservation microbienne de l'Arctique.
- > Le but du travail développé à l'EPFL est d'étudier la diversité des communautés de bactéries dans les eaux douces de l'Arctique avec un intérêt particulier pour les Cyanobactéries.

RÉSULTATS

Au total, 25 échantillons d'environ 50 ml ont été reçus de l'expédition. Les échantillons ont été filtrés en utilisant des filtres Millipore avec une taille de pore de 0.22 μm et la biomasse retenue dans les filtres a été utilisée pour obtenir des isolats de bactéries en cultures pures pour des études ultérieures. Des aliquotes de 1 ml d'eau ont été inoculées dans le milieu BG-11 mais aucune cyanobactérie d'eau douce n'a pu être isolée des échantillons, très probablement en raison de concentrations insuffisantes dans les volumes d'eau testés.

En revanche, nous avons réussi à obtenir 75 isolats de bactéries à partir des échantillons et à les cultiver en culture pure en utilisant le milieu LB conventionnel. Ces isolats sont maintenant utilisés pour étudier la diversité génétique et les niveaux d'activité des gènes impliqués dans la résistance des bactéries arctiques au stress oxydatif.

Partenaire scientifique : Dr Anna Carratalà, EPFL, Suisse.

Bilan

Les acteurs du projet Expédition Glacialis sont des passionné·e·s, mais également des professionnel·le·s qui ont consacré leur temps, leur savoir faire et leur énergie de façon entièrement bénévole pour faire exister cette première expédition pilote.

Lorsque l'équipe se réunit pour dresser le bilan de ses réalisations, tous les membres s'accordent sur le succès de l'initiative Expedition Glacialis 2021.

La saison 2021 a permis d'acquérir une précieuse expérience du territoire Groenlandais et de prendre la mesure de l'échelle de sa géographie, du Cap Farewell à Ataa Sund, au nord de la baie de Disko.

L'une des clés du succès de la mission a été de disposer d'un équipage à la fois compétent et profondément motivé. Les exigences de la navigation, couplées aux efforts de collecte de données, n'ont laissé que peu de temps à l'équipage pour se reposer au long des 128 jours d'expédition. On nous demande souvent: si cela en valait la peine. La réponse est un oui retentissant !

Il n'appartient pas au projet Glacialis de tirer des conclusions sur l'abondance des populations, le changement climatique ou la pollution. Notre démarche, consciente de ces grandes problématiques, vise à faciliter la collecte de données aux chercheurs de différents horizons.

Ces données pourront se révéler très précieuses dans le futur, permettre d'étayer de nouvelles hypothèses, et soutenir de nouveaux efforts de conservation. L'équipe encourage fortement les scientifiques à collaborer, et leur donne libre accès aux données d'observation collectées lors de l'expédition.

Le postulat principal du projet, selon lequel des données pertinentes et directement utiles aux scientifiques peuvent être collectées à partir de petites unités et des navires privés a pu être largement vérifié. Nous sommes optimistes et pensons que ce rapport servira de référence pour faciliter des efforts similaires.

Le travail de préparation, d'intégration et de formation qui a été réalisé sur le voilier Atlas continuera à porter ses fruits pour les futurs projets de l'association Atlas

Expéditions. L'équipe est également convaincue que la somme d'expériences acquises sur les méthodes, ainsi que les données recueillies seront une ressource précieuse pour les scientifiques et citoyens du futur.

Nous encourageons celles et ceux qui espèrent effectuer des relevés similaires à établir des collaborations avec les scientifiques, les organismes et les communautés locales. Nos objectifs et nos méthodes se sont clairement améliorés lorsque nous avons pu les soumettre aux spécialistes et aux réalités du terrain.

Fort de son expérience de relation avec des élèves classes primaires, l'équipe constate l'importance de partager avec les jeunes en général, car leur énergie est contagieuse, leurs questions incroyablement pertinentes et leur conscience de la fragilité des milieux naturels est un enjeu fondamental pour le futur !

Consciente de ces précieux accomplissements, l'équipe se mobilise pour réitérer l'aventure sur le même terrain, afin d'y porter encore plus efficacement ses protocoles de collecte, toujours avec comme objectif central le recensement des espèces.

Malgré l'incertitude dans laquelle notre monde semble parfois se perdre, la réalisation de l'expédition Glacialis 2021 a pu se faire en pleine crise sanitaire mondiale. Aujourd'hui nous sommes les témoins de la guerre, de l'échec de nos politiques économiques, de l'incroyable hypocrisie humaine qui semble vouloir toujours détruire et anéantir nos espoirs d'un monde nouveau.

Nous gardons une grande confiance dans le monde naturel, dont nous considérons faire partie intégrante. Nous savons combien il peut être résilient et trouver encore son chemin si nous le laissons se développer harmonieusement, si nous relâchons un tant soit peu la pression !



Baffin Bay

Greenland

Iceland

Davis Strait

Labrador Sea

North Atlantic Ocean

Canada

Newfoundland

Azores

500 km

Références

- Alessi et al. (2014) *Photo-identification of sperm whales in the north-western Mediterranean Sea: An assessment of natural markings*. Aquatic Conservation Marine and Freshwater Ecosystems. DOI: 10.1002/aqc.2427.
- Bouchard, C. (2021). *Age-0 fish in Upernavik and Uummannaq regions in August-September 2020*. ISBN 978-87-972977-3-5. Technical report no. 120, Greenland Institute of Natural Resources, Greenland. ISBN 978-87-972977-3-5, 15 pp.
- Bouchard, C., Charbogne, A., Baumgartner, F. and Maes, S.M. (2021). *West Greenland ichthyoplankton and how melting glaciers could allow Arctic cod larvae to survive extreme summer temperatures*. Arctic Science, 7: 217-239. doi: 10.1139/as-2020-0019.
- Bouchard, C., Charbogne, A. and Meire, L. (2022). *Role of glaciers on zooplankton and ichthyoplankton in West Greenland fjords*. Technical report no. 121, Greenland Institute of Natural Resources, Greenland. ISBN: 978-87-972977-4-2, 22 p.
- Bouchard et al. (2022) *Resource partitioning may limit interspecific competition among Arctic fish species during early life*. Elementa: Science of the Anthropocene, DOI: 10.1525/elementa.2021.00038, 10(1):00038.
- CAFF Marine Expert Monitoring Group. *Circumpolar Biodiversity Monitoring Program*. Arctic Marine Biodiversity Monitoring Plan CAFF Monitoring Series Report nr. 3 April 2011.
- Childerhouse, S.J., Dawson, S.M., Slooten, E. (1995). *Abundance and seasonal residence of sperm whales at Kaikoura, New Zealand*. Canadian Journal of Zoology 73: 723–731.
- Coffin et al. (2020). *Microplastics in the Environment: From Research to Regulation*. Conference: Public Interest Environmental Law Conference October 2020 DOI: 10.13140/RG.2.2.29504.56320.
- Deiner et al. (2017). *Environmental DNA metabarcoding: Transforming how we survey animal and plant communities*. Molecular ecology, 26, 5872-5895. DOI:10.1111/mec.14350.
- De Vreese et al. (2018). *Marine mammal acoustic detections in the Greenland and Barents Sea, 2013 – 2014 seasons*. Scientific report. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-34624-z>.
- Duarte et al, (2021). *The soundscape of Anthropocene ocean*. Science. 371. <https://doi.org/10.1126/science.aba4658> .
- Eriksen et al. (2014) *Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea*. PLOS ONE 9(12): e111913. DOI:10.1371/journal.pone.01119132.
- Frouin-Mouy et al. (2017). *Seasonal Trends in Acoustic Detection of Marine Mammals in Baffin Bay and Melville Bay, Northwest Greenland*. Arctic, vol. 70, no.1, 59-76. DOI:10.14430/arctic4632.
- Ghulam et al. (2018). *The possible effects of anthropogenic acoustic pollution on marine mammals' reproduction: an emerging threat to animal extinction*. Environmental Science and Pollution Research, 25:19338–19345 DOI:10.1007/s11356-018-2208-7.
- Haver et al. (2017). *The not-so-silent world: Measuring Arctic, Equatorial, and Antarctic soundscapes in the Atlantic Ocean*. Deep-Sea Research I, 122, 95-104.
- Hamilton et al. (2015). *Predictions replaced by facts: Marine mammal hotspots a key stone species behavioral responses to declining arctic sea-ice*. Biol. Lett., 11: 20150803.
- Hamilton et al. (2019). *Contrasting changes in space use induced by climate change in two Arctic marine mammal species*. Biol. Lett., 15: 20180834.
- Hamilton et al. (2021). *Marine mammal hotspots in the Greenland and Barents Seas*. Marine ecology progress series, vol. 659, 3–28. DOI:10.3354/meps13584.
- Héloïse Frouin-Mouy et al. (2016). *Seasonal Trends in Acoustic Detection of Marine Mammals in Baffin Bay and Melville Bay, Northwest Greenland*. Arctic, vol. 70, NO. 1 P. 59– 76. DOI:10.14430/arctic4632.
- Higdon JW et al. (2009). *Loss of Arctic sea ice causing punctuated change in sightings of killer whales (Orcinus orca) over the past century*. Ecol. Appl. 19: 1365–1375.
- IUCN, (2017) *Explaining Ocean warming: causes, scales, consequences, effects and consequences*.

- Jaquet, N., Gendron, D., Coakes, A. (2003). *Sperm whales in the Gulf of California: residency, movements, behavior, and the possible influence of variation in food supply*. Marine Mammal Science, vol. 19, 545–562.
- Jaquet, N., Gendron, D. (2002). *Distribution and relative abundance of sperm whales in relation to key environmental features, squid landings and the distribution of other cetacean species in the Gulf of California, Mexico*. Marine Biology, vol. 141, 591–601.
- Lacoursière-Roussel et al. (2018). *eDNA metabarcoding as a new surveillance approach for coastal Arctic biodiversity*. Ecology and Evolution, 8, 7763–7777. DOI:10.1002/ece3.4213.
- Laidre KL et al. (2008). *Quantifying the sensitivity of Arctic marine mammals to climate-induced habitat change*. Ecol. Appl. 18: S97–S125.
- Laurel, et al. (2018). *Comparative effects of temperature on rates of development and survival of eggs and yolk-sac larvae of Arctic cod (Boreogadus saida) and walleye pollock (Gadus chalcogrammus)*. ICES Journal of Marine Science, vol. 75(7): 2403–2412. DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/icesjms/fsy042>.
- Matthews JN, Steiner L, Gordon J. (2001). *Mark–recapture analysis of sperm whale (Physeter macrocephalus) photo-id data from the Azores (1987–1995)*. Journal of Cetacean Research and Management 3: 219–226.
- Meredith et al. (2019). Polar regions. In: Pörtner H-O, Roberts DC, Masson-Delmotte V, Zhai P and others (eds) *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*. In press.
- Munk, P., Nielsen, T.G. and Hansen, B.W. (2015). *Horizontal and vertical dynamics of zooplankton and larval fish communities during mid-summer in Disko Bay, West Greenland*. J. Plankton Res., 37: 554–570. doi: 10.1093/plankt/fbv034.
- Ramp, C., Delarue, J., Palsbøll, P.J., Sear, R. and Hammond, P.S. (2015). *Adapting to a Warmer Ocean - Seasonal Shift of Baleen Whale Movements over Three Decades*. PLoS ONE 10(3): e0121374. DOI:10.1371/journal.pone.0121374.
- Reeves et al. (2014). *Distribution of endemic cetaceans in relation to hydrocarbon development and commercial shipping in a warming Arctic*. Marine Policy, vol. 44, 375–389
- Repcet: *Code de conduite du Sanctuaire Pelagos pour l'approche des mammifères marins*. https://www.repcet.com/wp-content/uploads/2019/02/PlaquettePelagos_FR.pdf
- Rode et al. (2015). *Increased land use by Chukchi Sea polar bears in relation to changing sea ice conditions*. PLOS ONE, 10: e0142213.
- Rosing-Asvid et al. (2020). *Deep diving harbor seals (Phoca vitulina) in South Greenland: movements, diving, haul-out and breeding activities described by telemetry*. Polar Biology, 43, 359–368.
- Singh et al. (2021). Chapter 10 - *Cyanobacteria in the polar regions: diversity, adaptation, and taxonomic problems. Understanding Present and Past Arctic Environments*, 189–212, DOI:10.1016/B978-0-12-822869-2.00013-X
- Shrihai, H. et Jarrett, B. (2006). *Whales, Dolphins and Seals. A field guide to the marine mammals of the world*. A&C Black Publishers.
- Simmonds, M.P. et Elliott, W.J. (2009). *Climate change and cetaceans: concerns and recent developments*. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, vol. 89, 203–210.
- Steve, N.G. Howell et Kirk Zufelt (2019). *Oceanic birds of the world, A photo guide*. Princeton University Press.
- VanWormer et al. (2019). *Viral emergence in marine mammals in the North Pacific may be linked to Arctic sea ice reduction*. Scientific Reports, vol. 9: 15569.
- Watt et al. (2016). *A shift in foraging behavior of beluga whales Delphinapterus leucas from the threatened Cumberland Sound population may reflect a changing Arctic food web*. Endangered Species Research, 31: 259–270.
- Yurkowski et al. (2018). *A temporal shift in trophic diversity among a predator assemblage in a warming Arctic*. Royal Society Open Science, 5: 180259.

