

Évolution multidécennale de la biodiversité benthique de trois fjords groenlandais

Encadrants

Laurent Chauvaud, LEMAR, CNRS

Réjean Tremblay, ISMER, UQAR

Frédéric Olivier, BOREA, MNHN

Jacques Grall, LEMAR, UBO

1) Contexte, l'objectif scientifique

À ce jour, la biodiversité benthique de l'Arctique reste peu étudiée, bien que les espèces colonisant les fonds marins représentent environ 90 % de la richesse spécifique totale estimée des invertébrés de l'Arctique^{1,2}. Alors que les écosystèmes benthiques de l'Arctique ont longtemps été considérés comme faiblement diversifiés³, il devient évident que cette hypothèse est biaisée par la rareté des études menées aux hautes latitudes^{4,5}. Des inventaires récents estiment la diversité du benthos Arctique à plus de 4600 espèces, un nombre beaucoup plus élevé que les estimations précédentes, alors que plusieurs milliers d'espèces restent probablement à découvrir^{6,7}. Bien que des progrès considérables aient été réalisés dans le domaine de l'inventaire de cette biodiversité polaire au cours des dernières décennies, certaines zones géographiques restent sous-étudiées, dont le Groenland⁵.

Ces écosystèmes arctiques subissent de fortes modifications des conditions abiotiques sous l'effet du changement climatique, notamment l'augmentation de la température de l'eau et la diminution du couvert de glace de mer⁸. Les apports d'eau douce dans le domaine côtier augmentent aussi actuellement le long du littoral arctique^{9,10} dont les conséquences sur les systèmes marins sont complexes car elles dépendent de nombreux facteurs tels que l'origine de l'eau douce (e.g., un glacier marin ou terrestre) et la topographie locale (e.g., absence ou présence de seuils de fjords¹¹). En outre, des études récentes ont révélé une forte augmentation de l'advection des zones de basses latitudes vers l'Arctique¹², ce qui pourrait modifier les niveaux trophiques inférieurs, dont la mobilité est limitée, en changeant la répartition des espèces, affectant ainsi les écosystèmes marins arctiques¹³ dans leur ensemble. L'addition d'effets de dessalure sur le compartiment pélagique (via des modifications de la production primaire, de la stratification de la colonne d'eau, de la turbidité, des concentrations de nutriments et de la qualité de la matière organique¹⁴⁻¹⁶), pourraient être critique sur la structure et le fonctionnement des réseaux trophiques¹⁷, en particulier sur la partie benthique de la chaîne alimentaire côtières. Il est donc essentiel de comprendre les conséquences des changements environnementaux actuels sur la structure des écosystèmes côtiers et sur la manière dont ils transfèrent l'énergie à travers le réseau trophique pour améliorer les prévisions concernant le devenir des écosystèmes marins en réponse au changement climatique.

Dans ce contexte, les comparaisons à long terme des assemblages benthiques constituent la première étape essentielle pour évaluer l'effet du changement climatique sur la biodiversité Arctique. Bien que quelques études aient rapporté des changements drastiques dans les habitats benthiques polaires de substrats durs des fjords du Nord-Ouest du Svalbard entre 1980-2010¹⁸, 1998-2013¹⁹ et plus récemment 1980-2017²⁰, il y a un manque critique de travaux similaires sur les habitats de sédiments meubles, en particulier dans les fjords du Groenland. Notre groupe collabore avec des écologistes marins danois depuis 2014 dans le détroit de Young (NE Groenland, 74°1'N ; 20°1'W, Annexe 1) où nous avons déjà décrit le fonctionnement saisonnier du réseau trophique benthique par i) l'analyse des transferts de matière organique entre les compartiments pélagiques et benthiques¹⁶ et ii) la description de la structure du réseau trophique benthique dans les fjords intérieurs et extérieurs²¹. Ce fonctionnement diffère fortement de celui d'autres fjords de basse latitude arctique, notamment en ce qui concerne le couplage benthique-pélagique²².

En 1996, nos collègues ont déterminé la structure spatiale des assemblages macrozoobenthiques de l'épi- et de l'endofaune meuble le long d'un gradient bathymétrique allant de 20 à 85 m pendant la période libre de glace²³. En août 2023, nous avons revisité les mêmes stations avec le même échantillonneur (projet Lamba, ATM MNHN) pour quantifier les changements décennaux dans la biodiversité côtière arctique. Le fjord du Young Sound est unique parce que plusieurs séries chronologiques climatiques clés sont disponibles, comme les données sur la glace de mer et l'écoulement glaciaire depuis les années 1950, qui montrent une augmentation modérée de 15 % de la saison sans glace, alors que l'écoulement glaciaire provenant de l'inlandsis groenlandais a augmenté de 300 %. Dans le même temps, les masses d'eau côtières ont changé, avec un rafraîchissement et un amincissement de la couche d'eau arctique, tandis que les eaux plus profondes et plus chaudes d'origine atlantique se sont déplacées vers le nord²⁴. Cela suggère une modification de l'environnement physique, mais aussi une connectivité écologique accrue avec les systèmes situés à des latitudes plus basses, ce qui augmente le potentiel d'invasions d'espèces²⁵⁻²⁷, avec des conséquences probables sur les interactions entre les espèces²⁸ et le fonctionnement des écosystèmes. A titre d'exemple, l'extension récente de la distribution de plusieurs espèces ingénieurs boréales en Arctique (moules du complexe *Mytilus* spp. ou macroalgue *Laminaria hyperborea*) a modifié la structure des écosystèmes benthiques peu profonds en augmentant l'hétérogénéité et la complexité de l'habitat, facilitant ainsi l'arrivée de nouvelles espèces dans ces écosystèmes^{26,29-32}. L'évaluation de

la vulnérabilité des communautés benthiques de l'Arctique face à de tels changements environnementaux et écologiques reste donc un défi et souligne la nécessité de disposer d'états de référence initiaux de la biodiversité dans toutes les écorégions dont le Groenland où les côtes sont les moins prospectées bien que la faune benthique soit potentiellement la plus diversifiée de l'arctique⁵ avec de nouvelles espèces potentielles comme au Canada^{33,34}. Nous avons l'opportunité de revisiter 2 autres fjords du Groenland (Fig. 1) dont les assemblages macrofauniques côtiers ont été déterminés en 1988³⁵ (Disko) et 2006³⁶ (Amerilik) (Annexe 2), mais dont les réseaux trophiques sont inconnus. La revisite de ces sites permettrait d'obtenir une vision comparative à l'échelle du Groenland des évolutions à long terme des communautés benthiques sous impact climatique. Nous aimerions ainsi vérifier l'hypothèse selon laquelle l'écoulement des eaux de fonte glaciaire est un facteur clé de la structure et du fonctionnement des écosystèmes benthiques côtiers en émettant les hypothèses suivantes : a. l'augmentation du ruissellement et celles associées de la turbidité et de la charge sédimentaire ont eu une influence négative sur les filtreurs en général et en particulier sur l'abondance des bivalves en particulier ; b.

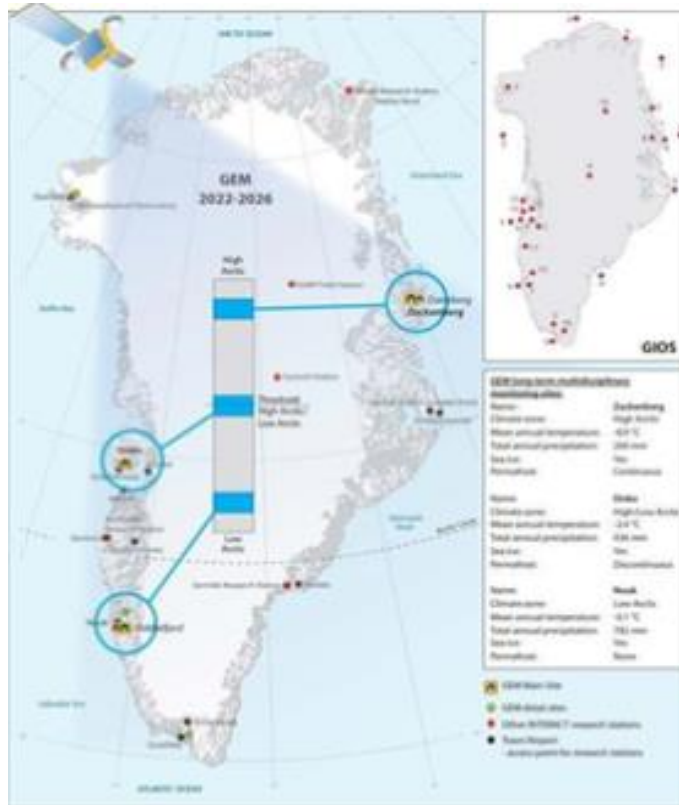


Fig. 1 : Localisations des 3 fjords objets du projet

la structure du réseau trophique dans les parties internes des fjords sera caractérisée par une plus forte dépendance au carbone détritique et/ou terrigène par rapport à l'extérieur qui sera plus étroitement lié au réseau trophique phytoplanctonique classique.

Dans ce contexte, les trois objectifs spécifiques de la thèse sont : 1) Étudier les évolutions à long terme (25 ans) des communautés d'invertébrés marins benthiques sur trois sites côtiers groenlandais et estimer les rôles respectifs des différentes variables environnementales dans ces évolutions ; 2) Compléter les inventaires des espèces de macrofaune benthique du Groenland au Nord-Est (Young Sound données 1996²³) et au Sud-Ouest (fjords Amerilik³⁶ et Disko³⁵, Figure 1) avec des sites d'échantillonnage supplémentaires en incluant des analyses de type barcoding (Figure 2), et la description de potentielles nouvelles espèces ; ces inventaires auront pour but de produire des estimations de la biodiversité spécifiques et génétique de la macrofaune ; 3) Étudier les voies de transfert du carbone et de la matière organique dans les réseaux trophiques benthiques des 3 sites en fonction de la profondeur en utilisant les signatures isotopiques $\delta^{13}C$ et $\delta^{15}N$ et les profils en acides gras des organismes et des sources de matière organique (cf. annexe 3).

2) Adéquation à l'Initiative et environnement financier

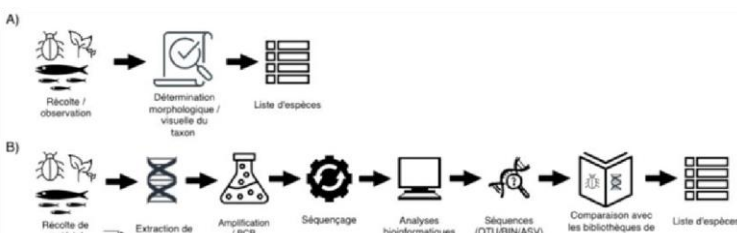


Fig. 2 : Comparaison des procédures d'inventaires classique vs ADN

L'institut Universitaire Européen de la Mer a mis en place un Axe transverse Polaire destiné à encourager la collaboration entre chercheurs dans les programmes nationaux et internationaux, face aux impacts du réchauffement de l'océan Arctique et des défis de la pompe biologique de carbone polaire. De fait, les recherches proposées dans cette thèse se rattachent pleinement au thème '*Les écosystèmes marins et la biodiversité*' et à l'axe

transverse '*Recherches polaires*' de l'IUEM. Ils concernent la biodiversité benthique de trois fjords arctiques soumis au changement climatique en zone côtière, encore très mal documentés. La collaboration entre l'UAR 3113 IUEM, les UMRs 6539 LEMAR et 8067 BOREA avec l'UQAR/ISMER autorise des approches couplées de bionomie classique à des analyses de barcoding et de réseaux trophiques. Elle contribue ainsi à la mission d'Observatoire des Sciences de l'Univers (OSU) de l'IUEM en l'étendant aux zones côtières arctiques peu connues. Les Pr F. Olivier et T. Meziane de BOREA mènent des recherches en Arctique depuis près de 15 ans avec des Universités Québécoises en Arctique Canadien (Réseau Arctinet, collab. Pr P. Archambault, ULaVal ; Physiologie des bivalves arctiques avec le Pr R. Tremblay, UQAR) et depuis 10 ans avec l'Université d'Aarhus dans le fjord du Young Sound (YS) sur les réseaux trophiques et le recrutement des bivalves polaires (projets Scleractic Ec2co, Privarc IPEV, Lambda ATM MNHN...). Nos collègues Danois nous offrent ici une opportunité exceptionnelle de développer un axe biodiversité sous les effets du changement climatiques non seulement au YS que nous maîtrisons bien mais surtout dans le sud-ouest du Groenland

non prospecté par les benthologues français. Les campagnes de terrains et l'expertise taxonomique en zone polaire seront assurées par les Dr J. Grall (Observatoire IUEM, gastéropodes et habitats de maërl), L. Chauvaud et F. Olivier (annélides polychètes) qui possèdent une solide expérience des zones côtières arctiques. En outre, la dimension génétique est essentielle au projet car le barcoding génétique des spécimens récoltés (Fig. 2) permettra de révéler de potentielles espèces cryptiques ou nouvelles et d'enrichir les banques internationales de données moléculaires (e.g. BOLD) peu renseignées sur le Groenland, et contribueront au développement futur de travaux sur l'ADN environnemental pour lesquels le laboratoire MARBEC 9190, également impliqué, possède une solide expertise (cf. projet SEAMAP, Dr. D. Mouillot). Nous collaborerons avec le labo du Pr Archambault (ULaval), qui inventorie actuellement le benthos bathyal du SW du Groenland, pour mieux comprendre les patrons de la biodiversité marine de ces environnements.

Pour assurer l'environnement financier de la thèse, nous disposons déjà du projet SEAMAP (AO Grands Fonds 2030 BPI, 2023-2026, 800k€, PI Dr L. Chauvaud CNRS), dont l'objectif est d'améliorer la connaissance des fonds marins et de leur biodiversité par l'utilisation de flottilles de drones sous-marins (SEABER). SEAMAP financera les frais associés au barcoding et une partie des coûts associés aux missions au Groenland pour l'étudiant. Les équipes de recherche danoises associées au programme Marine Basis prendront à leur charge l'accueil au Groenland (Nuuk, Dr. N. Zwerke et M. Widing du GINR) et une partie des coûts logistiques (hébergement sur place et temps bateau sur le R/V Sanna : le <https://natur.gl/facilities/skibe/sanna/?lang=en>). Le Pr M. Sejr soumet ce printemps une demande de soutien pour du temps bateau (10j) pour prospecter le fjord de Disko en juin 2025. Les analyses isotopiques et acides gras feront l'objet d'une nouvelle demande ATM au MNHN et d'un budget observatoire IUEM.

3) Planning prévu

1ère année : Échantillonnage Disko fjord, dépouillement, analyses génétiques, trophiques et statistiques ; 2nde année : et rédaction 1^{er} papier, Échantillonnage Amerilik fjord, dépouillement, analyses génétiques, trophiques et statistiques ; 3ème année : complément Young Sound, rédaction 2nd papier, participation à colloque international complément éventuels sur la physiologie des bivalves, 4ème année : papier de synthèse sur l'ensemble des fjords (coll. P. Archambault) et rédaction finale thèse

4) Bibliographie

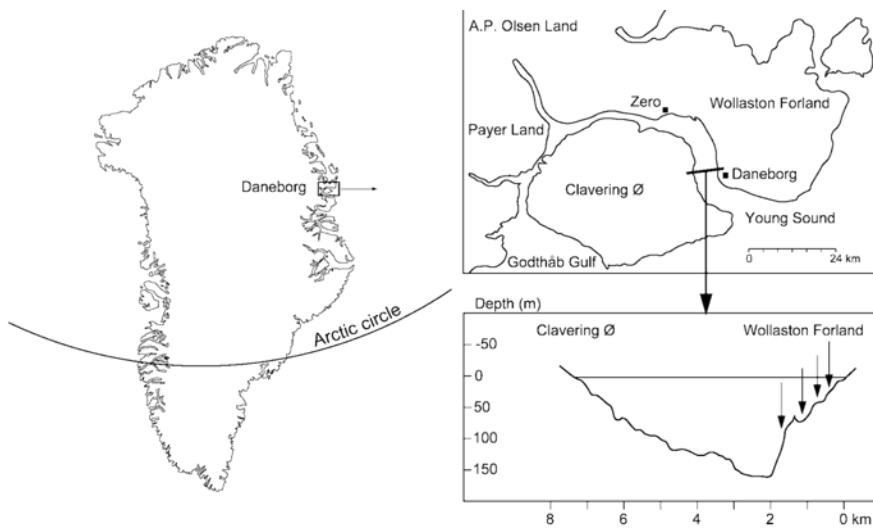
- ¹Sirenko BI (2001) List of species of free-living invertebrates of Eurasian Arctic seas and adjacent deep waters. *Explorations of the Fauna of the Seas* 51:1-129
- ²Gradinger R, Bluhm BA, Hopcroft RR, Gebruk AV, et al. (2010) Chapter 10. Marine life in the Arctic, p. 183-202. In: McIntyre AD (ed) *Life in the World's Ocean: Diversity, Distribution, and Abundance*. Wiley-Blackwell, Oxford.
- ³Knox GA, Lowry JK (1977) A comparison between the benthos of the Southern Ocean and the North Polar Ocean, with special reference to the Amphipoda and the Polychaeta. In: *Dunbar Polar Oceans*. Arctic Institute of North America, Calgary, 423-462
- ⁴Piepenburg D (2005) Recent research on Arctic benthos: common notions need to be revised. *Polar Biol* 28:733-755.
- ⁵Piepenburg D, Archambault P, Ambrose WG, Blanchard AL, et al. (2011). Towards a pan-Arctic inventory of the species diversity of the macro- and megabenthic fauna of the Arctic shelf seas. *Mar. Biodivers.*, **41**: 51-70.
- ⁶Bluhm BA, Gebruk AV, Gradinger R, Hopcroft RR, Huettmann F, Kosobokova KN, Sirenko BI, Węśławski JM (2011) Arctic marine biodiversity: An update of species richness and examples of biodiversity change. *Oceanography* 24:232-248.
- ⁷Josefson AB, Mokievsky V, Bergmann M, Blicher ME, Bluhm B, Cochrane S, Denisenko NV, Hasemann C, Jørgensen LL, Klages M, Schewe I, Sejr MK, Soltwedel T, Węśławski JM, Włodarska-Kowalczyk M (2013) Marine Invertebrates, p. 225-257. In: Meltofte H (ed.) *Arctic Biodiversity Assessment. Status and trends in Arctic biodiversity. Conservation of Arctic Flora and Fauna*, Akureyri.
- ⁸AMAP (2021). *AMAP Arctic Climate Change Update 2021: Key Trends and Impacts*. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Tromsø, Norway. viii+148ppp
- ⁹Haine TWN, Curry B, et al. (2015). Arctic freshwater export: Status, mechanisms, and prospects. *Glob Planet Change*, **125**: 13-35.
- ¹⁰Sejr MK, et al. (2017). Evidence of local and regional freshening of Northeast Greenland coastal waters. *Scientific Reports* **7**: 13183.
- ¹¹Hopwood MJ, Carroll D, Dunse T, Hodson A, et al. (2020). 'How does glacier discharge affect marine biogeochemistry and primary production in the Arctic? *The Cryosphere*, **14**: 1347-1383.
- ¹²Ardyna M., K.R. Arrigo (2020). Phytoplankton dynamics in a changing Arctic Ocean. *Nature Climate Change*, **10**: 892-903
- ¹³Kortsch S, Primicerio R, Fossheim M, Dolgov et al. (2015). Climate change alters the structure of arctic marine food webs due to poleward shifts of boreal generalists. *Proceeding of the Royal Society B.*, **282**: 20151546.
- ¹⁴Meire L, Mortensen J, Meire P, Juul-Pedersen T et al. (2017). Marine-terminating glaciers sustain high productivity in Greenland fjords. *Global Change Biology*, **23**: 5344- 5357.
- ¹⁵Paulsen ML, Nielsen SEB, Müller O, Møller EF et al. (2017). Carbon bioavailability in a high Arctic fjord influenced by glacial meltwater, NE Greenland. *Frontiers in Marine Science*, **4**: 1-19.
- ¹⁶Bridier G, Meziane T, Grall J, Chauvaud L, Sejr MK... Olivier F. (2019). Coastal waters freshening and extreme seasonality affect organic matter sources, quality, and transfers in a High Arctic fjord (YS, Greenland). *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, **610**: 15-31
- ¹⁷Middelbo AB, Sejr MK, Arendt KE & Møller EF (2018). Impact of glacial meltwater on spatiotemporal distribution of copepods and their grazing impact in Young Sound NE, Greenland. *Limnol. Oceanogr.*, **63**: 322-336.

- ¹⁸Kortsch S, Primicerio R, et al. (2012). Climate-driven regime shifts in Arctic marine benthos. *PNAS*, **109**(35): 14052-14057. ¹⁹Paar M, Voronkov A, Hop H, Brey T et al. (2016). Temporal shift in biomass and production of macrozoobenthos in the macroalgal belt at Hansneset, Kongsfjorden, after 15 years. *Polar Biol.* **39**, 2065–2076.
- ²⁰Al-Hababeh AK, Kortsch S, Bluhm BA, Beuchel F. et al. (2020). Arctic coastal benthos long-term responses to perturbations under climate warming. *Philos. Trans. R. Soc. A*, **378**: 20190355.
- ²¹Bridier G, Olivier F, Chauvaud L, Sejr MK et al. (2021). Food source diversity, trophic plasticity, and omnivory enhance the stability of a shallow benthic food web from a high-Arctic fjord exposed to freshwater inputs. *Limnol. Oceanogr.*, **66**: S259-S272.
- ²²De Cesare S, Meziane T, Chauvaud L, Richard J, Thébaud J, Winkler G & Olivier F (2017). Considerable dietary plasticity in the bivalve *Astarte moerchi* revealed by a seasonal multimarker study in two Arctic fjords. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, **567**: 157-172. ²³Sejr MK et al. (2000). Macrozoobenthic community structure in a high-arctic East Greenland fjord *MarEcolProgr Ser* **572**:155164.
- ²⁴Gjelstrup CVB, Sejr MK et al. (2022). Vertical redistribution of principle water masses on the Northeast Greenland Shelf. *Nat Commun* **13**: 7660
- ²⁵Węśławski JM, Kendall MA, Włodarska-Kowalczyk M, Iken K et al. (2011) Climate change effects on Arctic fjord and coastal macrobenthic diversity—observations and predictions. *Mar. Biodiv.*, **41**: 71-85.
- ²⁶Kotwicki L, Weslawski JM, Włodarska-Kowalczyk M, et al. (2021) The re-appearance of the *Mytilus* spp. complex in Svalbard, Arctic, during the Holocene: The case for an arrival by anthropogenic flotsam. *Glob Planet Change* **202**: 103502.
- ²⁷Cottier-Cook EJ, Bentley-Abbot J, Cottier FR et al. (2023) Horizon scanning of potential threats to high-Arctic biodiversity, human health and the economy from marine invasive alien species: A Svalbard case study. *Glob Change Biol* **30**: e17009.
- ²⁸Renaud PE et al (2015) The future of Arctic benthos: Expansion, invasion, and biodiversity. *Prog Oceanogr* **139**:244-257. ²⁹Berge J, Johnsen G, Nilsen F, Gulliksen B, Slagstad D (2005) Ocean temperature oscillations enable reappearance of blue mussels *Mytilus edulis* in Svalbard after a 1000 years absence. *Mar Ecol Prog Ser* **303**:167-175.
- ³⁰Krause-Jensen D, Duarte CM (2014) Expansion of vegetated coastal ecosystems in the future Arctic. *Front Mar Sci* **1**:77.
- ³¹Mathiesen SS et al. (2017) Genetic diversity and connectivity within *Mytilus* spp. in the subarctic and Arctic. *Evol Appl* **10**:39-55.
- ³²Filbee-Dexter K, Wernberg T et al. (2019) Arctic kelp forests: diversity, resilience and future. *Glob Planet Change* **172**: 1-14.
- ³³Olivier F, San Martín G, Archambault P, (2013). A new species of *Streptospinigera* Kudenov, 1983 (Polychaeta, Syllidae, Anoplosyllinae) from the Arctic and north-western Atlantic with a key to all species of the genus. *Polar Biol.*, **36**: 1499-1507.
- ³⁴Lopez E, Olivier F, Grant C et Archambault P, (2017). Four new records and a new species of sedentary polychaetes from the Canadian High Arctic. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, **97**(8): 1685-1694.
- ³⁵Schmid MK, Piepenburg D (1993) The benthos zonation of the Disco Fjord, West Greenland. *Medd Grønl* **37**: 1-21
- ³⁶Sejr MK, Włodarska-Kowalczyk M, Legeżyńska J, Blicher ME (2010) Macrobenthic species composition and diversity in the Godthaabsfjord system, SW Greenland. *Polar Biol* **33**:421-431.
- ³⁷Meziane T & M Tsuchiya (2000). Fatty acids as tracers of organic matter in the sediment and food web of a mangrove/intertidal flat ecosystem, Okinawa, Japan. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, **200**: 49-57.
- ³⁸Dalsgaard J, et al. (2013). Fatty acid trophic markers in the pelagic marine environment. *Adv. Mar. Biol.*, **46**: 225-340.
- ³⁹Gaillard B, Meziane T, Tremblay R,... Chauvaud L, Rysgaard S & Olivier F (2017). Food resources of the bivalve *Astarte elliptica* in a sub-Arctic fjord: a multi-biomarkers approach. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, **567**: 139-156.
- ⁴⁰Thyrring J, Tremblay R, Sejr MK (2017). ‘Importance of ice algae and pelagic phytoplankton as food sources revealed by fatty acid trophic markers in a keystone species (*Mytilus trossulus*) from the High Arctic. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* **572**:155-164.
- ⁴¹Gaillard B, Meziane T, Tremblay R, Archambault P, Layton KKS, Martel AL & Olivier F. (2015). Dietary tracers in *Batharca glacialis* from contrasting trophic regions in the Canadian Arctic. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, **536**: 175-186.
- ⁴²Olivier F., Gaillard B., Thébaud J., et al. (2020). Shells of the bivalve *Astarte moerchi* give new evidence of a strong pelagicbenthic coupling shift occurring since the late 1970s in the NOW Polynya. Special Issue of *Philos. Trans. R. Soc. A*, **378**: 20190353.
- ⁴³Abrantes KG, Johnston R, Connolly RM & M Sheaves (2015). Importance of Mangrove Carbon for Aquatic Food Webs in Wet–Dry Tropical Estuaries. *Estuaries and Coasts*, **38**, 383–399.
- ⁴⁴Mc Tigue ND & Dunton KH (2017). Trophodynamics of the Hanna Shoal Ecosystem (Chukchi Sea, Alaska): Connecting multiple end-members to a rich food web. *Deep Sea Res. Part II Top. Stud. Oceanogr.*, **144**: 175-189.
- ⁴⁵Layman CA et al (2007). Can stable isotope ratios provide for community-wide measures of trophic structure? *Ecology*, **88**:42-48.
- ⁴⁶Jackson AL, Inger R, Parnell AC & Bearhop S (2011). ‘Comparing isotopic niche widths among and within communities: SIBER – Stable Isotope Bayesian Ellipses in R’. *J Anim Ecol*, **80**: 595-602.
- ⁴⁷Reid PC, Hari RE, Beaugrand G, et al. (2016). ‘Global impacts of the 1980s regime shift’. *Glob Change Biology*, **22**: 682-703.
- ⁴⁸Rigolet C, Thiébaud E, Brind’Amour A, Dubois SF (2015) Investigating isotopic functional indices to reveal changes in the structure and functioning of benthic communities. *Funct Ecol*, **29**: 1350-1360.
- ⁴⁹Włodarska-Kowalczyk M., Mazurkiewicz M., Górka B., et al. (2019). ‘Organic carbon origin, benthic faunal consumption, and burial in sediments of northern Atlantic and Arctic fjords (60–81°N)’. *J. Geophys. Res. Biogeosci.*, **124**: 3737– 3751.

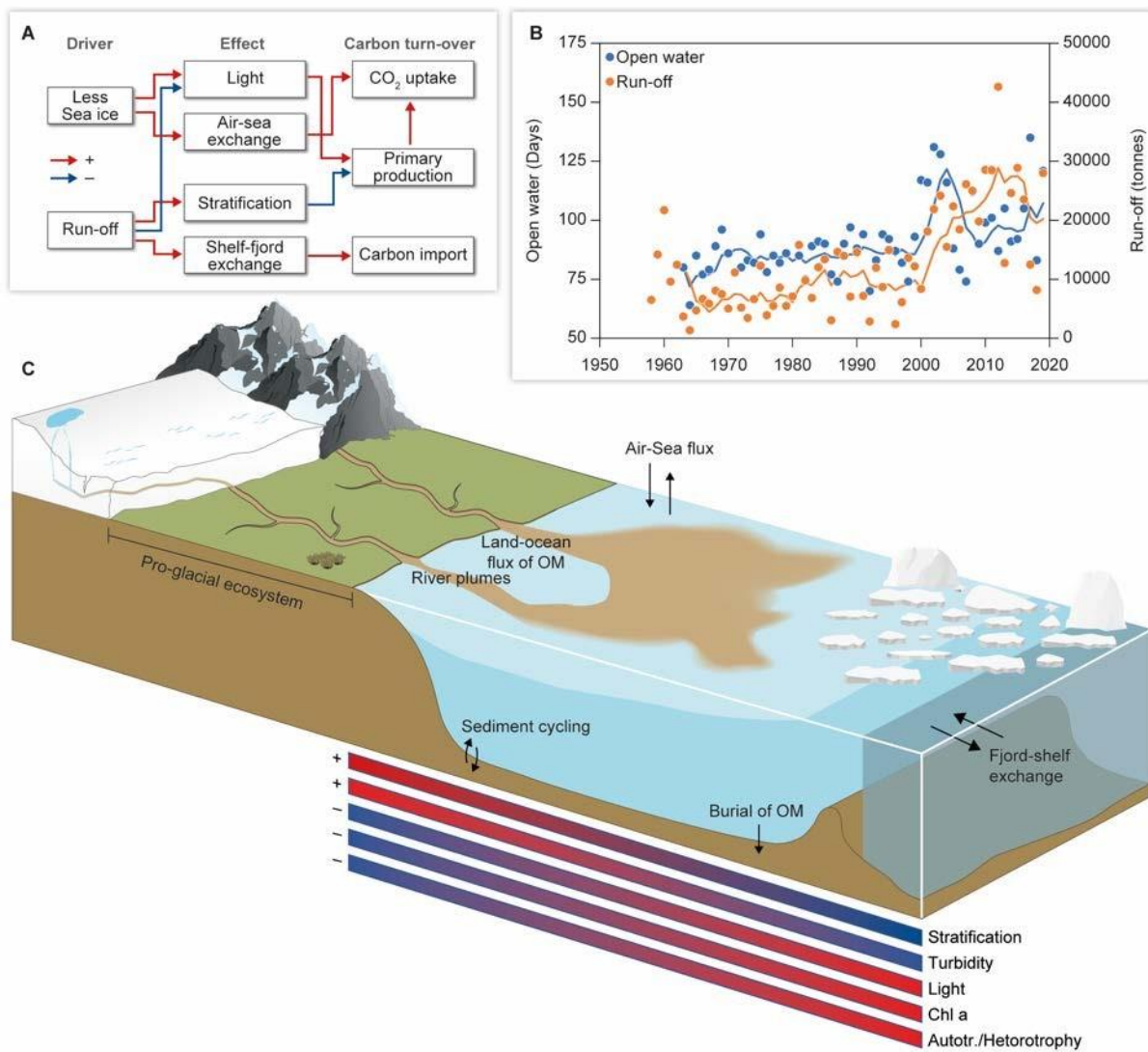
ANNEXES :

- 1) Ford du Young Sound (NE Groenland)

a. Transect échantillonné en 1995²³



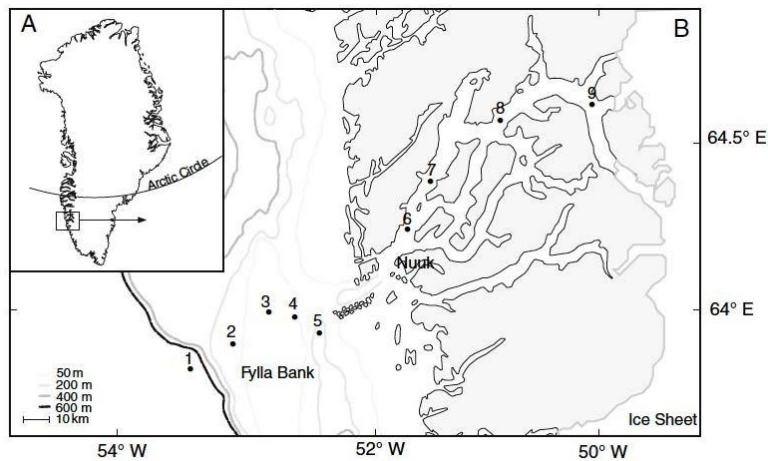
a. Schéma conceptuel des impacts des changements climatiques sur les 'land-terminating fjords' objet de cette thèse (Sejr pers. Com.)



2) Ford du SW du Groenland

a. Région de Nuuk

i. Transect échantillonné en 2006³⁶



ii. Fjord d'Amerilik



b. Fjord de Disko échantillonné en 1988³⁵

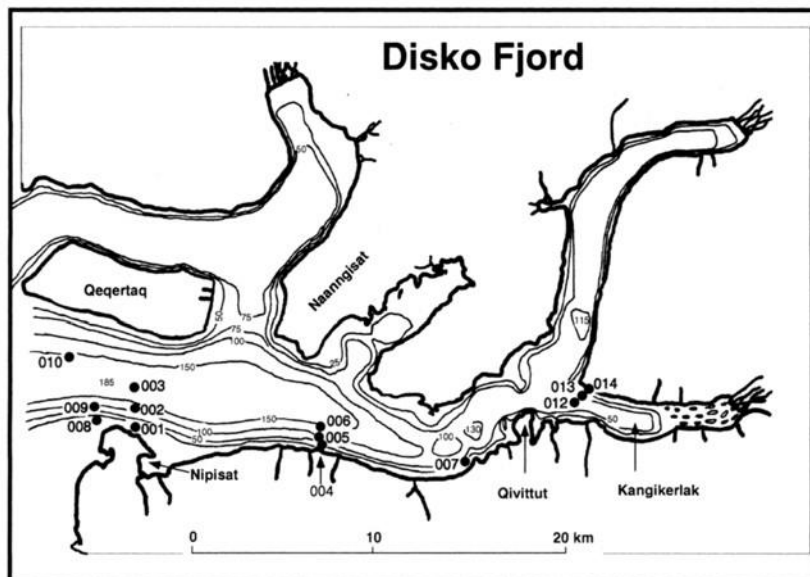


Fig. 2. Bathymetry of the Disko Fjord (Disko Island, West Greenland; after Petersen 1964, Andersen 1981 and O. Humlum (pers. comm.)), and location of the benthos stations sampled in August 1987.

3) Encadré 'Analyses trophiques' :

a) L'analyse des acides gras constitue un outil puissant pour identifier l'origine de la matière organique dans les écosystèmes aquatiques³⁷. En effet, les sources de profils des producteurs primaires sont principalement caractéristiques de groupes taxonomiques spécifiques mais aussi parce que les acides gras polyinsaturés (AGPI) sont

utilisés pour décrire le régime alimentaire des consommateurs secondaires puisqu'ils sont généralement transférés de manière conservatrice³⁸⁻⁴⁰. Notre équipe a maintenant plus de 10 ans d'expérience dans les méthodes d'AF appliquées à l'étude du couplage benthique-pélagique sur les bivalves filtreurs benthiques dans les zones arctiques bathyales et côtières (Groenland^{22,39} et Haut-Arctique canadien^{41,42})

- b) Les études écologiques utilisant les isotopes stables ont été largement utilisées pour retracer les transferts de matière organique au sein des communautés benthiques⁴³ et pour quantifier l'importance relative de la production provenant de diverses origines et pour mieux comprendre les stratégies d'alimentation des invertébrés benthiques via des modèles de mélange et de position trophique⁴⁴. Nous déterminerons l'espace isotopique bivarié $\delta^{13}\text{C}$ - $\delta^{15}\text{N}$ (espace δ) rempli par une communauté afin de représenter avec précision la niche isotopique^{45,46}. Grâce à plusieurs mesures (par exemple, la surface, les dimensions et la forme de l'espace δ), nous évaluerons la complexité/stabilité du réseau trophique et déterminerons la diversité des sources de matière organique qui alimentent la communauté⁴⁵⁻⁴⁸. Bien que ces méthodes de "niche" soient encore rarement utilisées dans les régions polaires (mais voir⁴⁹), notre groupe a développé une véritable expertise au Groenland pour évaluer la variabilité à petite échelle (c.-à-d. les communautés internes et externes du fjord) des structures du réseau trophique benthique d'un fjord de l'Extrême-Arctique exposé à des apports d'eau douce²¹.