

Mission hivernale d'Odyssée Saint-Laurent

Hiver 2020



Rapport assemblé par Maxence St-Onge
Coordonnateur de missions scientifiques pour le Réseau Québec maritime

31/03/2020

En collaboration avec la Garde côtière canadienne et Amundsen Science



NGCC • CCGS
AMUNDSEN

Table des matières

Liste des figures.....	2
Liste des tableaux	4
Mise en contexte	5
Cadre régional.....	5
Objectifs.....	5
Liste des objectifs spécifiques.....	5
Liste des participants.....	11
Personnel scientifique.....	11
Équipe technique.....	11
Résumé des accomplissements	12
Rapports quotidiens.....	13
Équipements et procédures —calibration.....	22
Localisation des stations.....	42
Mesures et analyses à bord - Sommaire des résultats par station.....	44
Description des stations	44
Résultats obtenus à bord.....	49
Propriétés physico-chimiques de la colonne d'eau	49
Propriétés bio-physico-chimiques du sédiment.....	56
Physique	70
Analyse artistique.....	71
Mesures, analyses et corrections post-mission —en cours et prévues.....	72
Recommandations.....	72
Remerciements.....	76
Références	78

Liste des figures

Figure 1. Participants et membres d'équipage © JC Lemay.....	12
Figure 2. Localisation des stations échantillonnées lors de la mission Odyssée Saint-Laurent 2020 © JCMS.....	12
Figure 3. Visualisation Windy de la force des vents lors de la tempête.....	15
Figure 4. Conditions des glaces pendant le déploiement de la station P12	17
Figure 5. Localisation de la caméra au fond (49° 31223 N; 66° 12.041W) et des bouées en surface (49° 30999 N; 66° 2.004W) à la station OSL20-P12	18
Figure 6. Grille de recherche exécutée pour tenter de récupérer le système de caméra	18
Figure 7. Femmes travaillant à bord de l'Amundsen pendant la mission Odyssée Saint-Laurent 2020 © Jean-Christophe Lemay.....	19
Figure 8. Exemple de feuille d'attribution de l'eau des rosettes par projet.....	22
Figure 9. Rosette et sonde CTD (gauche), système de pompage (centre) et filtres mis à sécher (droite) © Anne Corminboeuf.....	23
Figure 10. Détermination du pH © Mathilde Jutras	25
Figure 11. La ligne de transect est définie de la station S17A vers S17B.....	28
Figure 12. Schémas du système de caméras vidéo sous-marines appâtées après modifications.....	29
Figure 13. Filet à trait oblique pour attraper les larves de poisson © Gesche Winkler....	30
Figure 14. Femelle de <i>Calanus hyperboreus</i> en début d'expérience, de l'individu C50, récolté à P12 © Christophe Anderson.....	31
Figure 15. Carottier à boîte (gauche) et chalut benthique Agassiz.....	32
Figure 16. Échantillonnage par seringues de la méiofaune et des phytodétritus dans le carottier à boîte.....	33
Figure 17. Échantillon de faune benthique collectée avec le chalut benthique Agassiz à la station G25. Des analyses isotopiques seront effectuées sur certaines espèces communes de cette faune benthique pour déterminer leur diète et leur contribution au fonctionnement.....	33
Figure 18. Mise en place de l'instrument LISST-100X © Anne-Sophie Fabris.....	34
Figure 19. Schéma du carottier à boîte (gauche) et de la récolte d'échantillons grâce aux push cores (droite)	34
Figure 20. Récupération d'un carottier à boîte (à gauche) et échantillonnage des push-cores (à droite) © Anne Corminboeuf	35
Figure 21. Schéma montrant la récupération d'un échantillon de carottier à gravité.....	36

Figure 22. Récupération d'un carottier à gravité (à gauche) et manipulation des carottes dans le laboratoire de géologie du navire (à droite). © Anne Corminboeuf.....	36
Figure 23. Identification des carottes au laboratoire et carottier à gravité avec le système d'identification utilisé pendant la mission.....	37
Figure 24. Microprofilage d'O ₂ à l'aide d'une microélectrode de type Clark fixée sur un micromanipulateur.....	38
Figure 25. Prélèvement d'eau interstitielle avec des rhizons.....	38
Figure 26. Surface d'une carotte de sédiment 24 h après l'ajout de luminophore orange.....	39
Figure 27. Incubation de carottes de sédiment dans un incubateur. La perceuse fixée sur le dessus de l'incubateur permet, grâce à un système d'aimants, de mélanger l'eau surnageante dans chaque carotte de sédiment afin d'éviter la stratification dans la colonne d'eau.....	39
Figure 28. Exemple de photographie de section de sédiment prise sous lumière noire (cette image est issue d'une expérimentation faite avant la mission OSL20).....	40
Figure 29. Récupération des blocs de glace de mer chargée de sédiments à partir de la cage (gauche) et blocs de glace récupérés (droite).....	40
Figure 30. Comparaison des données mesurées par la méthode Winkler et par la sonde attachée à la rosette	49
Figure 31. Profil du pH de la colonne d'eau entre 0 et 300 m (comparatif 2019-2020).51	51
Figure 32. Profil du pH de la colonne d'eau aux stations P12 à G26 entre 0 et 300 m..51	51
Figure 33. Section plot présentant les données de nutriments de base entre Québec et le golfe du Saint-Laurent.....	52
Figure 34. Profil des nutriments de base (nitrate, phosphate, silicate) récoltées durant la mission.....	53
Figure 35. Concentrations en chlorophylle a dans la colonne d'eau échantillonnées au cours des missions Odyssée St-Laurent 2018, 2019 et 2020 sont présentées en fonction de la profondeur.....	55
Figure 36. Localisation du matériel particulaire en suspension (MPS) récolté durant la mission Odyssée Saint-Laurent 2020	56
Figure 37. Localisation des échantillons de benne Van Veen (A), carottier à boîte (B), carottier à gravité (C) et glace de mer chargée de sédiments (D) récoltés durant la mission Odyssée Saint-Laurent 2019	57
Figure 38. Carte montrant l'emplacement des stations et le type d'échantillonnages effectués dans la baie de Sept-Îles lors de la mission hivernale OSL20 (GC = Carottier à gravité; BC = Carottier à boîte)	58
Figure 39. Échantillon du filet 63 µm. Présence de différentes espèces de dinoflagellés © Gesche Winkler	62

Figure 40. Échantillon du filet Jacknet 202 µm. Présence de mysidacés, ici <i>Mysis litoralis</i> dans la photo de gauche et de krill, <i>Thysanoessa raschii</i> à droite © Gesche Winkler ...	63
Figure 41. <i>Boreomysis arctica</i> juvéniles lors du tri © Christophe Anderson	63
Figure 42. <i>Themisto libellula</i> lors du tri © Gesche Winkler	64
Figure 43. Larve de crabe, zoé de décapode lors du tri © Gesche Winkler	64
Figure 44. Système de caméras vidéo sous-marines appâtées (CVSA) modifié avec barres de fer.....	67
Figure 45. Image du flétan observé à la station P6	68
Figure 46. Bioturbation créée par les myxines à la station P10	69
Figure 47. Transects 1, 2 et 3 de -200 à 2200 m. Interpolation horizontale de la densité du transect CTD-2.....	70
Figure 48. Transect 4 de -200 à 3200 m. Interpolation horizontale de la densité du transect CTD-2.....	71

Liste des tableaux

Tableau 1. Liste du personnel scientifique de la mission MOH2020	11
Tableau 2. Liste des membres de l'équipe technique de la mission MOH2020.....	11
Tableau 3. Coordonnées des stations échantillonnées par la CTD-rosette.....	42
Tableau 4. Coordonnées et détails des échantillons de sédiments et de glace prélevés	43
Tableau 5. Échantillonnage de l'oxygène	50
Tableau 6. Points d'échantillonnage prévus et échantillonnés lors de la Mission OSL20.	58
Tableau 7. Résumé des opérations de recherche effectuées dans la baie de Sept-Îles	59
Tableau 8. Liste des stations prélevées.	60
Tableau 9. Résultats préliminaires de mesures de pénétration d'oxygène dans le sédiment (moyenne de trois profils)	61
Tableau 10. Métadonnées de l'échantillonnage pour la MPS, MOP, isotopes et zooplancton.....	65
Tableau 11. Métadonnées des filets obliques déployés lors de la mission Odyssée Saint-Laurent 2020, du 28 février au 13 mars 2020 dans l'estuaire du Saint-Laurent.....	66

Mise en contexte

Programme phare du Réseau Québec maritime (RQM), Odyssée Saint-Laurent facilite la mise en place de projets intersectoriels permettant d'acquérir des connaissances stratégiques et essentielles sur le Système Saint-Laurent.

Dans le cadre de son chantier Découverte, le programme Odyssée Saint-Laurent a développé depuis 2018 une collaboration avec Amundsen Science et la Garde côtière canadienne afin de soutenir la réalisation de missions océanographiques hivernales à bord d'un brise-glace.

Pour une troisième année, le programme a organisé et mis en place la mission hivernale d'opportunité Odyssée Saint-Laurent 2020 grâce aux chercheurs et chercheuses qui se sont mobilisées afin de la rendre possible.

Cadre régional

Cette mission s'est tenue dans le continuum du système Saint-Laurent, à partir de l'ouest de la ville de Québec, jusqu'au golfe du Saint-Laurent. Des stations ont également été réalisées dans le fjord du Saguenay et dans la baie de Sept-Îles. L'expédition a eu lieu à bord du NGCC *Amundsen* durant la période de l'année où il est consacré au déglaçage des eaux de l'estuaire du Saint-Laurent. L'équipe de scientifiques a donc travaillé de façon opportuniste utilisant le navire à des fins de recherche seulement lorsque cela est possible entre deux missions de déglaçage ou d'escorte.

Objectifs

L'objectif principal est de récolter, de façon pluriannuelle, des connaissances scientifiques destinées à la compréhension et à la gestion du fleuve et du golfe Saint-Laurent en période hivernale.

Liste des objectifs spécifiques

Propriétés physico-chimiques de la colonne d'eau

Équipe d'Alfonso Mucci (McGill) : Effectuer des mesures de pH, d'alcalinité et du taux de carbone inorganique dissous (DIC) de l'eau. Déterminer la composition isotopique de l'eau ($\delta^{18}\text{O}$ [H_2O]) et effectuer la calibration Winkler pour les mesures de la sonde d'oxygène. Cette mission permet d'observer les différences dans la chimie de l'eau en été et en hiver et déterminer si les modèles de compréhension actuels sont valides ou non.

Équipe de Gwenaëlle Chaillou (UQAR-ISMER) : Acquérir de plus amples connaissances sur la biogéochimie de l'estuaire du Saint-Laurent en saison hivernale. Plus spécifiquement, la mission Odyssée Saint-Laurent nous permet d'explorer le cycle du

carbone dans les eaux estuariennes du Saint-Laurent ainsi que les processus de diagenèse précoce et de bioturbation dans les sédiments au cours d'une saison encore peu étudiée.

Les objectifs de l'échantillonnage de la colonne d'eau sont de (1) déterminer les concentrations en carbone organique dissous (DOC) et en MOD dans le système du Saint-Laurent et de (2) déterminer l'origine de cette matière afin d'en estimer la réactivité et la labilité. Un autre objectif du projet est d'évaluer l'impact des conditions d'hypoxie persistante sur la demande en oxygène des sédiments de l'estuaire-golfe du Saint-Laurent (EGSL), avec un intérêt particulier sur les processus de bioturbation.

Équipe de Sébastien Sauvé (Université de Montréal) : Étudier la présence et le comportement de 93 contaminants émergents, incluant des pesticides, produits pharmaceutiques, hormones, édulcorants et substances perfluorées le long du gradient longitudinal dans l'EGSL. De plus, la distribution spatiale des CIEs dans la colonne d'eau a également été étudiée. Cette mission s'inclut avec la Mission Océanographique Hivernale (MOH) 2019 et la Mission Annuelle du Lampsilis (MAL) 2019 dans le cadre d'un projet de suivi des CIEs dans l'EGSL en période hivernale et estivale. Alors que la MOH 2019 avait pour but en partie d'évaluer la présence de contaminants émergents dans le fleuve en hiver et ainsi d'établir une comparaison saisonnière des concentrations dans l'EGSL avec celles obtenues en été grâce à la MAL 2019, cette MOH 2020 permettra une comparaison annuelle des concentrations.

Équipe de Marc Mingelbier (ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs) : Échantillonner la colonne d'eau afin d'analyser l'ADN environnemental (eADN) dans le fleuve en période hivernale. Cette saison représente souvent une période limitante dans la survie des espèces de poissons d'eau douce et migratrices, qui mérite d'être mieux documentée.

Équipe de Jean-Éric Tremblay (Université Laval) : Établir les distributions horizontales et verticales des éléments nutritifs des eaux estuariennes du fleuve Saint-Laurent durant l'hiver et réaliser des incubations pour quantifier la fixation de l'azote à différentes intensités lumineuses. Pour faire suite aux expéditions 2018 et 2019, Odyssée 2020 nous permettra de caractériser la distribution des nutriments dans l'estuaire du SL pendant les mois d'hivernaux, où très peu de données ont été récoltées.

Équipe de Huy Dang (Université de Trent) : L'objectif de notre participation à la mission est de collecter des échantillons d'eau, de matière en suspension et les organismes planctoniques dans la colonne d'eau le long du continuum EGSL dans les conditions hivernales. Suivrons l'étude de la détection, la spéciation chimique et la biodisponibilité des éléments traces et ultra-traces métalliques et notamment le molybdène et les éléments critiques aux technologies (p. ex., terre rare et groupe du platine).

Équipe de Michel Gosselin (UQAR-ISMER): Déterminer et caractériser les microorganismes qui prolifèrent en hiver, en quelle proportion et à quelle profondeur afin de notamment déterminer les concentrations en chlorophylle a, l'abondance des cellules < 20 µm (incluant les virus) et la composition taxonomique des algues. Une expérience de taux de broutage a été menée au cours de la mission hivernale. De plus, connaissant les communautés phytoplanctoniques présentes à l'hiver, une expérience de taux de broutage basée sur la méthode de dilution de Landry et al. 1995 a été menée afin de mesurer le taux de broutage du zooplancton sur le phytoplancton. Enfin, des expériences ont été menées avec l'eau collectée à 10 m de profondeur afin d'estimer la vitesse de chute des particules à l'aide de colonnes à sédimentation.

Physique

Équipe de Daniel Bourgeault (UQAR-ISMER): Des données récoltées à l'été 2018 dans le fjord du Saguenay ont révélé la présence d'un ressaut hydraulique sur la face sud du deuxième seuil. Un ressaut est une onde stationnaire qui survient lorsqu'un fluide passe d'une vitesse surcritique à sous-critique. Un fluide a une vitesse surcritique (ou sous-critique) lorsque le courant est supérieur (ou inférieur) à la vitesse de propagation des vagues. Cela implique que lorsqu'un fluide surcritique devient sous-critique, il existe un endroit où les vagues qui remontent le courant ne se déplacent plus relativement au sol. Il y a donc une accumulation d'énergie à cet endroit et un ressaut hydraulique est généré. À l'été 2018, le ressaut hydraulique observé avait une amplitude d'environ 60 m et se situait à 1600 m en aval du sommet du seuil. On estime que les courants de marée deviennent assez importants pour générer un ressaut hydraulique 3 h après une marée haute.

Toutefois, ce phénomène a seulement été observé sur la face sud du seuil. Cela laisse croire que celui-ci est modulé par les masses d'eau présentes dans les différents bassins du fjord. Des mesures prises en conditions hivernales permettraient d'observer la modulation du ressaut hydraulique. Puisque la circulation globale du fjord est dictée en partie par la diffusion verticale aux seuils, avoir un portrait complet de la dynamique autour des seuils est essentiel.

L'objectif de l'expérience menée lors de la mission est d'effectuer quelques transects répétés au-dessus de la face sud du deuxième seuil afin d'obtenir un portrait de la dynamique des masses d'eau. Puisque l'ADCP de l'Amundsen n'est pas fonctionnel, seuls des données de température, de salinité ainsi qu'un échogramme de la colonne d'eau seront récoltés.

Géologie

Équipe de Jean-Carlos Montero Serrano, Pierre Larouche, André Rochon et Guillaume St-Onge (UQAR-ISMER): L'objectif de la présente mission vise le prélèvement de plaques de glace de mer chargée de sédiments, ainsi que des sédiments en suspension, de surface et de carottes sédimentaires longues, afin de (1) déterminer la nature et l'origine de sédiments incorporés dans la glace de mer et ses voies de propagation et de dispersion à partir de la matière en suspension; (2) documenter l'influence des

changements climatiques et océanographiques sur la dynamique sédimentaire, conditions des masses d'eau de surface (température, salinité), et sur la durée du couvert de glace au cours de l'Holocène (derniers 11700 ans); et (3) caractériser la variabilité spatiale et verticale de la distribution des tailles des particules en suspension dans la colonne d'eau.

Équipe de Julie Carrière et Émilie Saulnier-Talbot (INREST et Université Laval) : L'INREST a entrepris de développer et d'exporter un modèle de gestion environnementale et de développement durable appelé «le modèle de gestion Enviro-Actions» pour les zones industrielles et portuaires, et de se positionner en tant que leader dans ce domaine. Pour faciliter son déploiement, l'INREST crée le Centre d'Expertise Industrialo-Portuaire (CEIP) et cofonde la Chaire de recherche sur les écosystèmes côtiers et les activités portuaires, industrielles et maritimes avec le Port de Sept-Îles et l'Université Laval. Cette dernière a pour mission d'améliorer les connaissances fondamentales sur le fonctionnement des écosystèmes côtiers afin de guider les pratiques qui assureront une gestion durable des systèmes socioécologiques en milieux côtiers, soumis à des activités portuaires, industrielles et maritimes.

En participant à la mission hivernale Odyssée Saint-Laurent, l'INREST aura été en mesure de récolter des échantillons à des points stratégiques préalablement échantillonnés et de complémer ainsi ses données avec des échantillons prélevés en période hivernale. L'échantillonnage de carottes sédimentaires, accompagné de données sur les propriétés géochimiques des sédiments en suspension dans les eaux de surface récoltées par l'équipe du Dr Jean-Carlos Montero Serrano, permettra de compléter les données déjà acquises par l'UQAR-ISMER et l'INREST. Plus précisément, les objectifs de l'INREST sont de (1) augmenter la couverture temporelle des données acquises, notamment en échantillonnant en période hivernale; (2) acquérir des données sur la colonne d'eau, le phytoplancton et les sédiments; (3) déterminer le contenu en matière organique par la méthode de la perte au feu (loss on ignition); (4) dater au carbone -14 pour dresser une chronologie fiable des registres sédimentaires; et (5) analyser les pigments algaux et bactériens et les assemblages sédimentaires de diatomées (microalgues siliceuses) pour retracer les changements temporels dans la composition et l'abondance de la biodiversité primaire aux sites échantillonnés afin d'inférer les variations environnementales au cours des derniers siècles basés sur différentes variables.

Biologie

Équipe de Michel Gosselin (UQAR-ISMER) : Étudier la dynamique des communautés phytoplanctoniques dans le fleuve durant l'hiver et mesurer l'impact de la présence de nutriment dans l'estuaire sur ces communautés. Plus précisément : (1) déterminer et caractériser les microorganismes qui prolifèrent en hiver, en quelle proportion et à quelle profondeur; (2) estimer la vitesse de chute des particules à l'aide de colonnes à sédimentation; (3) comprendre la variabilité saisonnière de l'impact des nutriments sur la quantité de matière organique produite dans l'estuaire maritime.

Équipe de Gesche Winkler (UQAR-ISMER) : Comprendre les dynamiques à la base du réseau trophique et sa variabilité naturelle interannuelle. Plus précisément : (1) acquérir des données sur la distribution, la diversité et la biomasse du zooplancton et du benthos en lien avec les conditions environnementales hivernales avec un intérêt particulier pour les espèces déjà en reproduction pour estimer la productivité secondaire hivernale; (2) déterminer la communauté des mysidacés le long du gradient de salinité; (3) déterminer la structure de population de *Boreomysis arctica* une espèce fourragère importante des couches profondes de l'estuaire du Saint-Laurent; (4) échantillonner les larves des organismes benthiques (méroplancton) pour estimer l'état de production hivernale; (5) déterminer la concentration et la composition biochimique (en isotopes stables) de la matière organique particulaire en suspension et des organismes zooplanctoniques et benthiques; et (6) déterminer la communauté benthique de l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent (C. Nozais).

Équipe de Dominique Robert et Marie-Julie Roux (IML et UQAR-ISMER) : Les estimations des zones de ponte obtenues par télémétrie permettent de cibler certains secteurs pour la capture de larves et d'œufs, dans l'optique d'approfondir les connaissances sur le cycle de vie du flétan. Vu le grand intérêt commercial de l'espèce, il est critique de bien comprendre le cycle de vie de l'espèce afin de développer des stratégies de gestion durable par l'élaboration de modèles qui prennent en compte des aspects de reproduction et de développement des jeunes stades de vie. La présente étude pourrait venir confirmer les zones de ponte en plus de permettre des analyses physiologiques et génomiques sur les larves de flétan sauvages pour la toute première fois.

Dans le cadre de la mission, nous tenterons d'identifier des zones de pontes du flétan de l'Atlantique et grâce aux larves trouvées, effectuer des analyses physiologiques et génomiques sur les larves de Flétan Atlantique pour la toute première fois afin de mieux comprendre leur développement en bas âge.

De plus, un échantillonnage visuel grâce à un système de caméras vidéo sous-marines appâtées (CVSA) a été effectué. L'objectif du projet est d'inclure le déploiement d'un système CVSA pour effectuer un échantillonnage vidéo stéréoscopique des poissons et invertébrés aux missions hivernales du programme Odyssée Saint-Laurent. Les données recueillies serviront à caractériser les gradients spatiaux dans la composition et la diversité des communautés de poissons et invertébrés, les interactions interspécifiques et l'utilisation des habitats benthiques et démersaux en saison hivernale. Les résultats offriront une fenêtre visuelle exceptionnelle sur la vie sous-marine du Saint-Laurent sous le couvert de glace.

Équipe de Christian Nozais (UQAR) : L'objectif général de ce projet de recherche vise à décrire la diversité de la méiofaune dans l'estuaire et le golfe Saint-Laurent en conditions hivernales et à documenter son rôle et celui de la macrofaune au sein des réseaux alimentaires. Les objectifs spécifiques visent à : (1) décrire la structure et la composition des communautés méiofauniques; (2) identifier les facteurs susceptibles de déterminer la structure des communautés méiofauniques et (3) réaliser une description isotopique du réseau alimentaire benthique par l'analyse de la composition en isotopes stables du

carbone et de l'azote de certains représentants de la méiofaune (copépodes et nématodes), de celle de leurs consommateurs (macrofaune) et de leurs sources de nourriture potentielles.

Analyse artistique

Geneviève Dupéré (UQAM) : L'objectif premier est de saisir avec justesse la connaissance et la transmission de la connaissance scientifique et maritime à bord de l'Amundsen qui implique l'équipage scientifique et de la Garde côtière, permettant la réalisation de la mission dans son ensemble, selon les axes entrecroisés de la science, de recherche et sauvetage et du déglaçage. Cette dynamique générale répond à un objectif plus vaste dans le cadre du récit qui est de comprendre les enjeux de la recherche scientifique et la navigation hivernale sur le Saint-Laurent en hiver.

Sous-objectifs : (1) suivre les projets de recherche scientifique de la mission Saint-Laurent pour saisir la logique de chacun et d'avoir une vue d'ensemble sur l'envergure des connaissances qui se réalisent grâce à cette mission du Réseau Québec Maritime en collaboration avec Amundsen Sciences et la Garde côtière; (2) poursuivre ma couverture des expertises sur le Saint-Laurent de la Garde côtière notamment quant aux activités de déglaçage, de recherche et sauvetage et de la science; (3) comprendre la dynamique entre les savoirs, les savoir-faire et les réalités des conditions maritimes et météorologiques nécessitant une adaptation continue, que ce soit du point de vue maritime ou scientifique ou du croisement constant de ces connaissances au niveau des manœuvres, des protocoles ou des stations à atteindre, etc.; (4) avoir une idée concrète de la méthodologie et des protocoles scientifiques sur le terrain; (5) pouvoir synthétiser la dynamique à bord et en traduire un contenu qui puisse s'intégrer au récit; (6) comprendre les enjeux des personnes impliquées : chercheurs scientifiques, équipage à la timonerie, équipage sur le pont, équipe de gestion et de coordination du RQM, d'Amundsen Science et de la mission scientifique en soi.

Liste des participants

Personnel scientifique

Tableau 1. Liste du personnel scientifique de la mission MOH2020

Participant.e	Rôle	Affiliation
Anderson, Christophe	MSc	UQAR-ISMER
Bélanger, Frédéric	MSc	UQAR-ISMER
Boutin, Audrey-Anne	BSc	Université Laval
Chatzis, Anique	MSc	Université de Trent
Corminboeuf, Anne	MSc	UQAR-ISMER
Deslongchamps, Gabrièle	Professionnelle	Université Laval
Duffaud, Constance	MSc	UQAR-ISMER
Dupéré, Geneviève	Chercheuse	CRITAC
Fabris, Anne-Sophie	Professionnelle	UQAR-ISMER
Guay, Jérôme	MSc	UQAR-ISMER
Hébert, Anne-Josée	MSc	UQAR-ISMER
Jimenez-Moratalla-Pelhate, Viridiana	Biogliste/chargée de projet	INREST
Jutras, Mathilde	PhD	Université McGill
Khamassi, Safouane	PhD	UQAR-ISMER
Lemay, Jean-Christophe	Professionnel	Photographe
Marcil, Catherine	MSc	UQAR-ISMER
Montero-Serrano, Jean-Carlos	Chercheur	UQAR-ISMER
Nozais, Christian	Chercheur	UQAR-ISMER
Ouellet, David	MSc	UQAR-ISMER
Paradis Hautcoeur, Jade	MSc	UQAR-ISMER
Pascal, Ludovic	Postdoctorant	UQAR-ISMER
Picard, Jean-Christophe	MSc	Université de Montréal
Rodriguez-Cuicas, Maria-Emilia	MSc	UQAR-ISMER
St-Onge, Maxence	Coordonnateur	RQM
Villeneuve, Vincent	MSc	Université Laval
Winkler, Gesche	Chercheuse	UQAR-ISMER

Équipe technique

Tableau 2. Liste des membres de l'équipe technique de la mission MOH2020

Participant.e	Rôle	Affiliation
Boutot, Christian	Professionnel	UQAR-ISMER
Linkowski, Thomas	Professionnel	Amundsen Science
Rioux, Pascal	Professionnel	UQAR-ISMER



Figure 1. Participants et membres d'équipage © JC Lemay

Résumé des accomplissements

Cette deuxième mission Odyssée Saint-Laurent a duré 16 jours, et 15 de ceux-ci ont permis de faire 32 stations dédiées à la science (Figure 2).

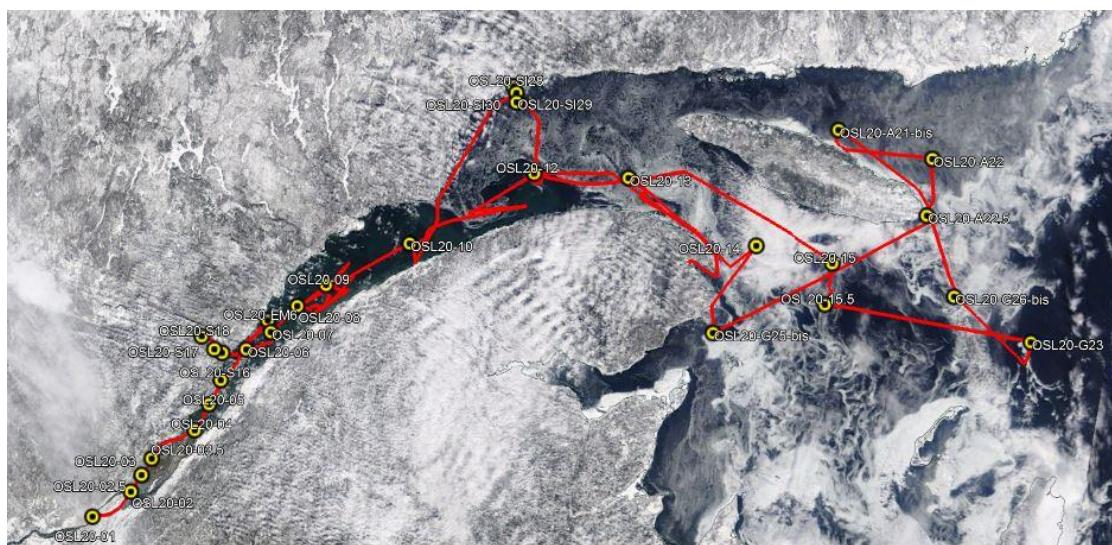


Figure 2. Localisation des stations échantillonnées lors de la mission Odyssée Saint-Laurent 2020 © JCMS

Rapports quotidiens

26 février 2020 :

La mobilisation a débuté à partir de 9 h 30 du matin au quai 107 du Port de Québec. La mobilisation s'est faite aisément autant pour les scientifiques que pour l'équipage du navire. Toute l'équipe scientifique a été à bord à 12 h. Le chef de mission rencontre le commandant Jean-Luc Dugal pour organiser les tours de familiarisation. Anissa Merzouk et Camille Wilhelmy sont aussi à bord pour accompagner l'affectation des laboratoires avec l'aide de Maxence St-Onge. Le technicien d'Amundsen Science, Thomas Linkowski, est à bord afin de s'assurer de la fonctionnalité de tous les laboratoires. Le système MilliQ a des défaillances, mais il est prévu qu'il soit opérationnel avant notre départ.

Des tours de familiarisation ont lieu dans l'après-midi pour les personnes qui sont déjà venues à bord.

Une rencontre est organisée à 18 h afin de s'assurer que l'équipage scientifique est bien installé et que le chef de mission peut répondre aux questions de tous.

27 février 2020 :

La matinée est consacrée à sécuriser les laboratoires et poursuivre leur mise en place. Le système MilliQ est à nouveau fonctionnel vers 16 h après quelques problèmes avec la prise d'eau. Le changement d'équipage de la garde côtière a eu lieu à 12 h et le chef de mission rencontre le commandant Alain Gariépy après le dîner. Un dernier tour de familiarisation a eu lieu à 13 h. L'après-midi est ensuite consacré aux réunions avec l'équipage (safety meeting) pour leur montrer le déploiement des équipements de pont et à la planification des activités pour le lendemain. Après le souper a lieu la rencontre pour la présentation de la vie à bord aux participants, la charte des comportements attendus du RQM et le plan de mission prévu. Au courant de la journée, une tempête de neige frappe le Québec en entier avec des vents forts et beaucoup de précipitations. Une tournée des laboratoires a aussi été effectuée afin de s'assurer que les matières dangereuses soient affichées sur les portes.

28 février 2020 :

Début de la mission! Le départ du Quai 108 a été effectué comme prévu vers 6 h 30. La première rosette a eu lieu à 7 h 25. Cependant, quelques bouteilles n'ont pas déclenché, mais les besoins en eau de tous les participants ont été respectés. Mêmes choses pour la station OSL20-P2. Pour la dernière station, OSL20-P2.5, toutes les bouteilles ont déclenché correctement. Quelques ajustements ont dû être faits concernant les filets, notamment en les lestant davantage afin que la poulie compteuse fonctionne correctement. À la première station, un filet à 63 microns n'a pu être complété. Pour les autres stations, tous et toutes ont pris de l'expérience et le déploiement des filets a été une réussite.

Enfin, une seule benne Van Veen a été effectuée à la station OSL20-P1. Aux deux autres stations, malgré de nombreux essais, le déclencheur de la benne a gelé. Une réunion scientifique a eu lieu à 18 h pour faire un retour sur la journée et aborder le point des rapports de mission et des métadonnées. Toutes et tous sont satisfaits du travail accompli. Pour compléter, il a été mis en lumière que l'accessibilité des données après la mission est un enjeu qui peut nuire à la recherche et aux études des participants. Une réflexion est amorcée afin de faciliter la diffusion des données après la mission.

29 février 2020 :

Ce fut une belle journée avec de belles conditions de navigation et de science. La première station a débuté avec une rosette à 6 h 5. Une seule bouteille n'a pas déclenché et les besoins en eau de tous les participants ont été respectés. Les deux autres rosettes ont été déployées avec succès. Les filets ont été complétés et de beaux spécimens ont été trouvés. La benne Van Veen de la station OSL20-P3.5 a bien déclenché. En fin de journée, nous avons déployé la caméra appâtée en marée montante. Les bouées du système de la caméra se sont entrelacées. Avant de la récupérer, nous avons effectué un exercice d'incendie qui a été réussi par tous les membres d'équipage et scientifiques. Lors de la récupération de la caméra, nous avons constaté que les forts courants rendaient sa localisation très laborieuse. C'est finalement autour de 20 h (marée descendante) seulement que nous l'avons retrouvée et rapatriée à bord. Le système de bouées sera amélioré avant le prochain déploiement.

1er mars 2020 :

Encore une belle journée et de belles conditions de navigation et de science. Trois rosettes ont été déployées avec succès aux stations OSL20-P5, OSL20-P6 et OSL20-EM6. Les filets ont été complétés avec efficacité aux stations P5 et P6. Nous avons déployé la caméra appâtée à la station P6 et elle a été récupérée avec aisance par l'équipage. Aussi, un premier carottier à boîte a été échantillonné à la station EM6. En fin de journée, nous avons reçu la visite d'un béluga curieux. Son observation a été faite selon les exigences de notre permis de recherche dans le Parc marin du Saguenay–Saint-Laurent. Entre autres, le bateau était immobile et aucun déploiement n'avait lieu. Pour finir, comme c'était dimanche soir, une douzaine de participants scientifiques ont mis la main à la tâche en aidant en cuisine, en s'occupant de la vaisselle ou du service du vin.

2 mars 2020 :

Aujourd'hui, nous avons eu l'occasion de travailler dans le fjord du Saguenay en conditions hivernales. En plus de compléter trois stations, un étudiant en océanographie physique de l'UQAR-ISMER a pu se voir accorder trois heures pour expérimenter des profils de salinité et de température à la sortie du deuxième seuil du fjord afin d'explorer la dynamique des courants à cet endroit

en suivant la marée descendante. Puis, en fin de journée, certains participant. e. s ont profité pour présenter leurs résultats préliminaires et échanger avec leurs collègues et les membres de la garde côtière. Ludovic Pascal, qui travaille avec des électrodes dans le sédiment des carottes à boîte, nous a fait observer que les vibrations du navire impactaient négativement ses mesures. Des changements seront mis en place, notamment lui laisser plus de temps sans manœuvrer le navire, afin qu'il puisse faire ses mesures sans le dérangement des moteurs du navire.

3 mars 2020 :

La journée a commencé par le déploiement de la caméra appâtée à la station OSL20-P7. Lors de sa sortie de l'eau, il a été constaté qu'une des lumières avait pris l'eau. Le second déploiement, OSL20-P8, s'est donc fait à une caméra seulement. Toutefois, la lumière a été réparée en fin de journée, prête pour le lendemain. À ces stations, la rosette, les filets et la cage à glace ont été déployés avec succès. De plus, un carottier à boîte a été échantillonné à OSL20-P7. L'arrêt des opérations durant 45 minutes après le carottage aura permis de meilleures mesures de la concentration d'oxygène dans le «push core» avec les électrodes. La possibilité de déplacer le lieu des analyses au laboratoire des microscopes a été invoquée afin de s'éloigner des moteurs. Enfin, le filet à plancton oblique a été déployé à la station OSL20-P7.

4 mars 2020 :

Une tempête hivernale a atteint notre position dans la nuit du 3 au 4 mars 2020 et a duré jusque dans la nuit. Aucune opération n'a pu être complétée tant la mer était agitée et les vents étaient forts. Les participant. e. s en ont profités pour s'avancer dans leurs analyses et leurs rapports de mission.

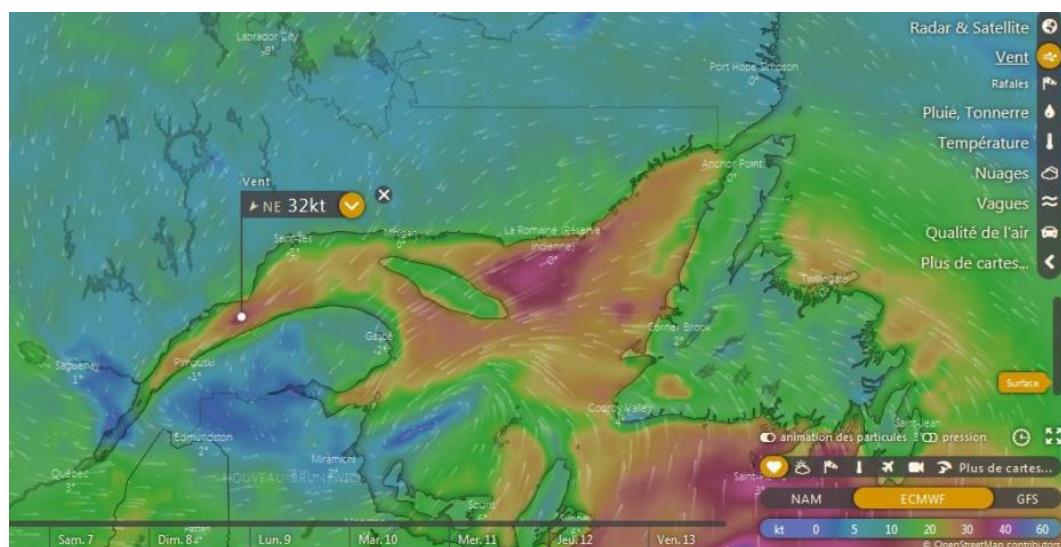


Figure 3. Visualisation Windy de la force des vents lors de la tempête

5 mars 2020 :

Nous débutons la journée avec la station OSL20-P9, face à Rimouski, en déployant une caméra appâtée suivie de la rosette, filets et carottier à boîte. Ensuite, nous nous sommes dirigés vers Matane pour quelques manœuvres à la station P10. C'est-à-dire, la caméra appâtée et des filets. Mais surtout, nous avons effectué un changement d'équipage scientifique. Trois participantes nous ont quittés (Gesche, Maria-Emilia et Audrey-Anne) et quatre participant.e.s nous ont rejoint (Christian, Pascal, Anne et Vincent), bienvenue aux nouveaux! Vers 17 h 55, nous nous sommes dirigés en direction de la baie de Sept-Îles pour les stations du lendemain et pour une activité dans le port.

Un tour de familiarisation pour ces quatre nouveaux scientifiques a été organisé à 18 h. Vers 19 h 30, le chef de mission a organisé une réunion scientifique pour présenter les nouveaux scientifiques, faire le point sur la vie à bord, présenter la logistique et le plan pour l'activité dans le port de Sept-Îles, ainsi que présenter la stratégie d'échantillonnage pour les stations dans le golfe.

6 mars 2020 :

Visite du Port de Sept-Îles : Les dirigeants du port de Sept-Îles, de la ville et de l'INREST nous ont invités à accoster au port et ont aussi invité tout l'équipage à une rencontre protocolaire suivie d'échanges avec les participants et les journalistes. Malgré les trois stations d'échantillonnage prévu dans la journée, nous avons accepté avec joie l'invitation. L'activité s'est déroulée entre 9 h 30 et 13 h 30. Le commandant (Gariépy), le chef de mission (Montero-Serrano) et le responsable de terrain pour le RQM (St-Onge) ont accueilli à bord du navire le maire de Sept-Îles, M. Réjean Porlier, Mélissa Sanikopoulos, conseillère en environnement pour le port de Sept-Îles, la directrice de l'INREST, Julie Carrière et son adjointe administrative, Marieve Martel, ainsi que Claudy Deschênes, administrateur de l'INREST et Dany Lévesque, biologiste pour l'Institut de recherche. Un tour dans l'ensemble des laboratoires et du pont du navire a été effectué. À noter que nous avons la chance depuis le début de la mission d'avoir à bord avec nous Viridiana Jimenez-Moratalla, chargée de projet pour l'INREST.

Ici le plan de la visite :

1. Visite à bord de l'Amundsen (de 9 h 30 à 10 h 30)
2. Transport des scientifiques et de l'équipage participant à l'activité (de 10 h 30 à 10 h 45)
3. Activité à la marina du Port de Sept-Îles (de 10 h 45 à 13 h)

Déroulement de l'activité :

- 10 h 45 Accueil
11 h Allocution Port de Sept-Îles
11 h 10 Mot de bienvenue du maire

- 11 h 20 Allocution INREST
- 11 h 35 Courte présentation du projet par Jean-Carlos
- 11 h 50 Remise de souvenirs
- 12 h Questions des journalistes et lunch à la marina
- 13 h Accompagnement au quai de l'équipe pour l'embarquement à bord de l'Amundsen.

Échantillonnage

Le matin, nous avons commencé la journée avec une première station à l'entrée de la baie de Sept-Îles (SI29). À la suite de la visite protocolaire, nous avons fait une deuxième station à l'intérieur de la baie cette fois-ci (SI28). Puis, une dernière station dans le fleuve, vis-à-vis de la baie (SI30). Les dernières opérations se sont terminées vers 20 h.

7 mars 2020 :

Nous avons débuté la journée (6 h 28) au large du Mont-Saint-Pierre avec le déploiement de la caméra appâtée. À noter que des plaques de glace dérivent autour de 1 à 2 nœuds et que plus de 100 m de câble supplémentaire ont été ajoutés au système, déposé à 332 m de profondeur lors d'une marée basse. Le commandant a jugé l'opération sécuritaire, car malgré les plaques de glace, il avait aussi la présence des grandes étendues d'eau. La rosette, les filets, un tout premier chalut Agassiz et un carottier à boîte ont suivi. Nous avons perdu le contact visuel du système de caméra pendant le déploiement de l'Agassiz. Les conditions hivernales ont rendu l'échantillonnage au filet à plancton oblique plus laborieux. En effet, les filets se sont remplis de glace, due à la présence de frasil en subsurface. Pour remédier à la situation, le commandant a utilisé le propulseur d'étrave à 5 mètres de profondeur avant la récupération des filets.

À la fin des opérations, vers 14 h 44, nous avons commencé les recherches du système de caméra, sans succès. Nous avons émis l'hypothèse que les bouées

ont été submergées par les plaques de glace. Nous avons annulé les opérations prévues dans l'après-midi pour la recherche du système, sans arrêt entre 15 h et 20 h 30, à nouveau lors d'une marée basse (Figures 4, 5 et 6). La mer était dégagée avec un peu de crêpes de glace. Toutefois, l'opération n'a pas été un succès et nous avons dû déclarer l'appareil perdu. Les assurances de l'UQAR vont prendre en charge le système. Des améliorations devront se faire dans le futur, dont certaines sont énumérées dans la section recommandations du présent document.



Figure 4. Conditions des glaces pendant le déploiement de la station P12

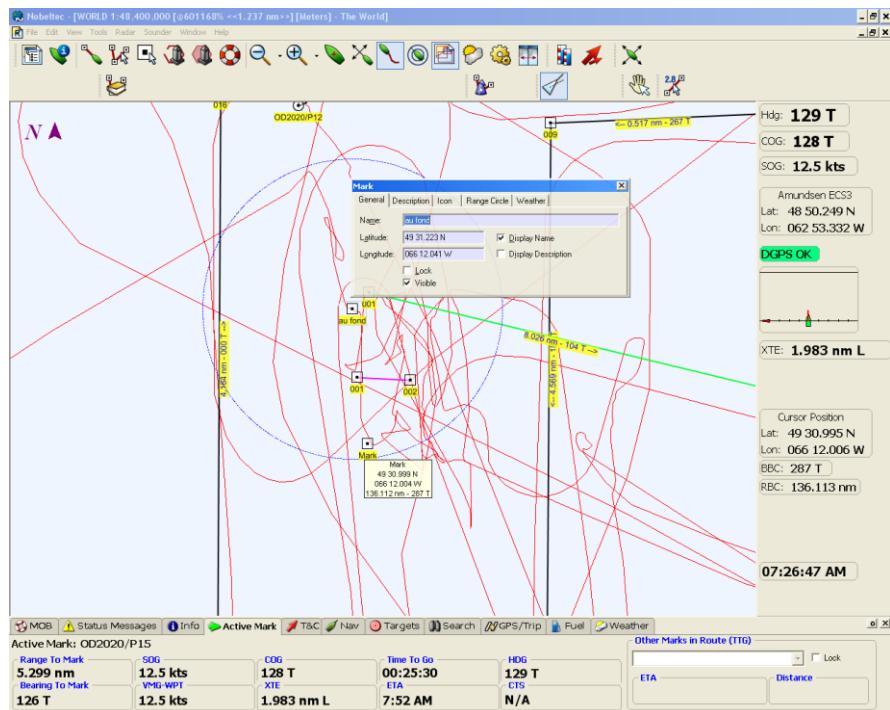


Figure 5. Localisation de la caméra au fond ($49^{\circ} 31' 22.3 N$; $66^{\circ} 12' 04.1 W$) et des bouées en surface ($49^{\circ} 30' 99.9 N$; $66^{\circ} 12' 00.4 W$) à la station OSL20-P12

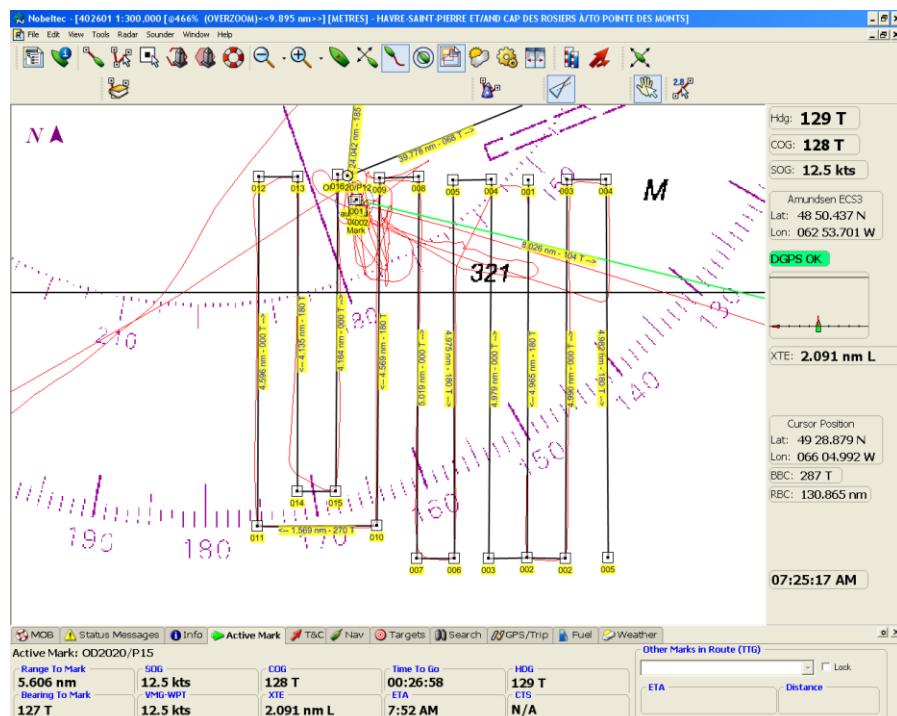


Figure 6. Grille de recherche exécutée pour tenter de récupérer le système de caméra

En somme, le système était composé de trois bouées de surface en ligne pour une récupération facile. La cage avec la caméra pesait environ 40 à 50 kg. Nous avons réussi à faire 6 des 7 des déploiements prioritaires. Dans la zone de déploiement de la station OSL20-P12, des morceaux de glace qui dérivaient à environ 1 à 2 noeuds par minute ont probablement abimé le système de bouée. Nous allons continuer la recherche à notre retour du golfe sans avoir un impact sur le plan d'échantillonnage.

8 mars 2020 :

Nous débutons la journée à 7 h avec une première station au sud de l'île d'Anticosti (P15). Une fois celle-ci complétée, nous recherchons de la glace lors de notre transit. Une station intermédiaire est créée et nommée OSL20-P15.5. Dans cette station, le premier déploiement (16 h 32) du carottier à gravité n'a pas bien marché en raison de la faible vitesse du treuil. Le deuxième déploiement (16 h 57) a bien marché (~2,57 m de récupération de sédiment). Le reste de la soirée et de la nuit est consacré au transit. Nous profitons des moments de transit pour organiser des visites de la salle des machines. Cette activité est très appréciée de tous et toutes.

Autres :

Une photo avec les femmes travaillant à bord du navire a été publiée dans les réseaux sociaux afin de souligner la journée des droits des femmes.



Figure 7. Femmes travaillant à bord de l'Amundsen pendant la mission Odyssée Saint-Laurent 2020 © Jean-Christophe Lemay

9 mars 2020 :

Nous débutons la journée avec la station OSL20-G23, située au site du gisement Old Harry. C'est notre station la plus à l'est de la mission. À la fin des opérations de cette station, nous avons reçu un appel pour faire une escorte de navire entre les îles-de-la-Madeleine et Charlottetown (IPÉ), car le NGCC Terry Fox effectue un changement d'équipage à Corner Brook (Terre-Neuve), tandis que le NGCC Captain Molly Kool est en chemin pour faire un changement d'équipage à Sydney (Nouvelle-Écosse). Cependant, une heure plus tard, nous avons eu l'annulation de l'escorte, car finalement la GCC a changé le changement d'équipage du Molly Kool à Charlottetown. Nous nous dirigeons ensuite à la station OSL20-G26. Durant celle-ci, des erreurs de déploiements ont fait en sorte que le filet à plancton oblique a touché et chaluté le fond vers 16 h 7, se remplissant de sédiments. Le filet a suivi des dommages importants et l'échantillon est inutilisable. Vers 20 h 22, nous avons redéployé le système avec un filet de rechange qui a des mailles de 500 microns. L'anneau métallique du premier filet sera réparé demain matin par le mécanicien senior, François Cantin, et le filet par Sébastien Vallée (matelot et professeur à l'école de pêche).

10 mars 2020 :

Nous débutons dès 6 h avec deux stations complètes au nord-est de l'île d'Anticosti (A21 et A22). C'est la première fois depuis 2018 que nous avons l'occasion d'échantillonner dans cette région à l'hiver. Une des opérations particulièrement difficiles cette année est l'échantillonnage de glace, puisqu'il n'y en a pas beaucoup. Celle qui nous entoure est d'un blanc éclatant alors que nous en recherchons qui est chargée en sédiments. En soirée, le commandant et le chef de mission ont fait la chasse à la glace. Nous avons quitté notre station OSL20-A22 à 18 h pour finalement en trouver à 20 h 42 (A22.5). Ce qui a donné des manœuvres d'échantillonnage impressionnantes, mais sécuritaires.

11 mars 2020 :

Après un transit nocturne, nous débutons la journée au large de Percé (G25). La présence de glace de mer demande de faire plusieurs opérations de déglaçage afin de déployer les instruments, mais tout se passe comme prévu. Nous profitons de notre passage à Percé pour naviguer entre l'île Bonaventure et le Rocher Percé. Nous avons aussi complété, vers 17 h 49, la station P14.

12 mars 2020 :

Nous débutons la journée à la station OSL20-P13, au large de Grande-Vallée. Nous avons le temps de compléter la station vers 11 h 42 sans faire toutefois le chalut Agassiz qui avait besoin d'un ajustement (ajustement de l'ouverture du filet). Suite à cette station, le navire a été appelé pour une mission d'escorte (Rossi

A. Desgagnés) et de déglaçage dans la baie de Gaspé (temps de l'opération 5 h 36). Le chef de mission a finalement annulé la station A19. Nous avons profité de l'après-midi pour offrir des visites guidées de nos installations aux membres de l'équipage. L'expérience fut fort appréciée. Vers 18 h, le chef de mission a fait une réunion scientifique d'information sur les prochaines stations et envisage la possibilité de rester à bord jusqu'au lundi matin, car les prévisions météo pour vendredi et samedi ne sont pas optimales pour effectuer la démobilisation à Québec. L'ensemble de l'équipe scientifique était d'accord avec cette possibilité.

13 mars 2020 :

Suite à un transit dans la nuit vers la station OSL20-P10, nous avons reçu un appel vers 9 h pour effectuer une escorte d'un navire au large de l'île d'Anticosti. Cependant, celle-ci a été annulée vers 11 h 51. Une photo de groupe a été prise vers 13 h par Jean-Christophe Lemay. Nous débutons notre première station (P10) à 15 h 45. Durant la journée, les étudiant. e. s en profitent pour finaliser leurs rapports de mission et compléter les dernières analyses qui doivent être faites à bord. Le chef de mission a aussi organisé, avec Yannick Gagnon et Sébastien Vallée, des ateliers de réparation de filets pour les participant. e. s scientifiques qui sont concerné. e. s ou intéressé. e. s. Une dernière réunion scientifique a eu lieu vers 19 h pour dresser le bilan de la mission, présenter l'accomplissement des objectifs de tous, et donner les consignes pour la démobilisation à Québec. Tous les participant. e. s ont atteint ou dépassé leurs objectifs initiaux. Puis, à 22 h, une rosette est déployée à la station OSL20-P9 à Rimouski pour le projet de maîtrise d'Anne-Sophie Fabris, étudiante à l'UQAR-ISMER. Durant la nuit, une autre rosette est planifiée pour ce même projet. Elle a eu lieu à 4 h 11 le 14 mars, au large de Cacouna à la station OSL20-P5.

14 mars 2020 :

Nous arrivons à Québec vers 11 h 30 et débutons la démobilisation des laboratoires et du matériel de terrain. Avant d'accoster dans le quai 107 du port du Québec, le navire a déglaçé le port, près de la rivière Saint-Charles. L'équipe de l'Université Laval a démobilisé samedi au courant de la journée tandis que celles de Montréal le feront dimanche et celle de Rimouski lundi. La plupart des scientifiques ont passé le week-end à bord du navire. Avant de quitter le navire le lundi 16 mars, le chef de mission a effectué l'inspection de l'ensemble des laboratoires afin de s'assurer que ceux-ci ont été laissés en excellentes conditions. L'ensemble des scientifiques a été avisé sur les consignes sanitaires concernant la COVID-19.

Équipements et procédures —calibration

CTD-rosette :

Le CTD (SBE911plus) permet de mesurer la température, la conductivité et la profondeur dans la colonne d'eau. La conductivité permet de déterminer la salinité. Par plusieurs auxiliaires, le CTD nous permet aussi de prendre des lectures d'oxygène, de fluorescence (Chlorophylle), de turbulence, de particules en suspensions et de PAR (lumière) pour ne nommer que ceux — là. Les données ont été transmises à Pascal Guillot à des fins de calibration et de correction. Les données vérifiées et corrigées seront retransmises aux participants par la suite.

La rosette, composée de vingt-quatre bouteilles d'une capacité de 12 litres chacune, permet d'échantillonner l'eau à différentes profondeurs, selon les besoins des participants. La figure 8 montre un exemple de feuille de requête de besoin en eau pour la station OSL19-04.

Filtration :

La filtration des échantillons d'eau de mer recueillis permet d'en extraire différentes matières ou organismes présents dans la colonne d'eau. Pour ce faire, des pompes sont reliées à un système de filtration, lequel dépend des analyses à effectuer.

ROSETTE LOG	MISSION :	OSL	UTC DATE (y/m/d):			20	19	/	02	/	03	SHIP:	NGCC Amundsen											
	STATION :	OSL19-04	CAST NUMBER:						ENTERED BY:			C. B.												
CAST NAME: Ille Verte																								
Bottom depth (m):	138	Btl No.	% light	Target depth (m)	check	Trip Pressure (m)	Samples taken								Comments									
Cable length (m):							Xie	Mucci	Chaillou	Nuts	JET	Bellenge	Gosselin	Winkler	Picard	DILBIT	Faba	JCMS	Fatma	Marie				
METEO	1		bt			133	0,15	3	1								0,5				4,65			
Pa(mbar):	1009,42	2		bt						0,5										4	11			
T_{air}(°C)/H (%):	-5	81	3	bt								2,5	4								12			
Wind k/m(true):	8	4		425					3		0,5							0,5			4		Bouteille non fermée	
Cloud cover:	5		100				0,15	3	1												3,15			
Sea state:	1	6	100							0,5			2,5					0,5			3,5			
Ice:	7		75				0,15	3		0,5								0,5			4,15			
TIME UTC	8		50				0,15	3		0,5			2,5					0,5			6,65			
Day/Night	Day	9		25			0,15	3													3,15			
Begin:	10	:	27	10						0,5			2,5					0,5			3,5			
Bottom:	10	:	39	11						0,5			2,5					0,5		1	4,5			
End:	11	:	01	12				5	3												8			
			13																	12		12		
START POSITION	14		10																	12		12		
LAT (N):	47 ° 44,408	15		10																12		12		
LON (W):	069 ° 53,770	16		10																12		12		
			17																	12		12		
BOTTOM POSITION	18		Surf				0,15	3	1				2,5								5,65			
LAT (N):	47 ° 45,006	19		Surf								12									12			
LON (W):	069 ° 53,237	20		Surf								12									12			
			21									12									12			
END POSITION:	22		Surf							0,5				4	5		0,5				10			
LAT (N):	°	23		Surf											12						12			
LON (W):	°	24		Surf											9					9		200,9		

Figure 8. Exemple de feuille d'attribution de l'eau des rosettes par projet

Pour l'équipe de géologie, des échantillons d'eau (~60-120L par profondeur) ont été prélevés à la surface, à l'aide d'une rosette, afin de caractériser le matériel particulaire en suspension (MPS) à une profondeur de 10 m de l'estuaire vers le golfe du Saint-Laurent. La figure 9 montre un système de filtration utilisé à bord du navire, qui permet de filtrer de grandes quantités d'eau et de prélever la MPS.



Figure 9. Rosette et sonde CTD (gauche), système de pompage (centre) et filtres mis à sécher (droite) © Anne Corminboeuf

L'eau de mer est filtrée en utilisant une pompe péristaltique (Masterflex L/S Easy Load II Pump Head) sur des filtres de 0,8 µm (Isopore, polycarbonate) à une vitesse variant de 60 à 150 rpm (en fonction de la charge sédimentaire). Le procédé prend entre 1 h 30 et 5 h, selon la vitesse et le volume à filtrer. Les filtres sont ensuite mis à sécher, pliés et entreposés dans des sacs de types Ziploc, à une température de 4 °C, jusqu'à leurs analyses.

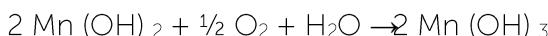
Aussi, afin de caractériser la matière en suspension (MPS) et de déterminer la composition biochimique de la matière organique en suspension (MOP), nous avons échantillonné deux masses d'eau (surface = 10 m et fond) en utilisant une rosette (tableau 1). Par la suite, la MPS a été obtenue lors de filtrations sur des filtres GFF de 0,7 µm de 21 mm. Les filtrations serviront pour les analyses de MPS, MOP (poids/concentration), des isotopes stables de carbone et d'azote (filtres prébrûlés et prépesés de 21 mm). Pour chaque station, 6 répliques par profondeur ont été filtrés en variant les volumes d'eau par rapport à la charge des particules et les filtres utilisés (250 ml — 1000 ml).

Pour le molybdène et les éléments critiques aux technologies, un litre a été collecté à trois profondeurs aux stations identifiées dans les métadonnées, puis a été filtré à travers un papier filtre (0,45 µm, nitrate de cellulose). Le dispositif et le papier filtre ont été lavés avec l'acide nitrique 10 % puis rincés trois fois avec de l'eau Milli-Q (18,2 MΩ cm⁻¹), obtenue de la station d'eau Milli-Q sur l'*Amundsen*. L'échantillon d'eau collectée a été utilisé pour conditionner le dispositif de filtration puis les flacons de stockage final (Teflon et HDPE, 125 mL). Le conditionnement a consisté à remplir les flacons au quart, avant de les secouer et de les vider deux fois. Les flacons de stockage ont été remplis seulement à la troisième fois. Ensuite, les eaux filtrées dédiées à l'analyse élémentaire par l'ICP-QQQ-MS ont été acidifiées avec de l'acide nitrique double distillé (pH final <1) puis ont été ensuite conservées au réfrigérateur à 4 °C. Le papier filtre a été collecté et séché pour des analyses futures.

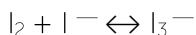
Calibration de la sonde d'oxygène (Mathilde Jutras) :

Les concentrations d'oxygène dans la colonne d'eau seront mesurées à l'aide de la CTD-Rosette, calibrées par la méthode Winkler, à l'aide d'échantillons recueillis à l'aide de la rosette. La méthode Winkler (Winkler, 1888) est la méthode la plus établie en océanographie afin de déterminer la concentration d'oxygène dans l'eau. Il s'agit d'une méthode par titration iodométrique par laquelle l'oxygène oxyde des ions d'iodide en iodine, dont la quantité formée est déterminée par une série d'étapes menant à la titration. Les étapes du procédé chimique sont les suivantes :

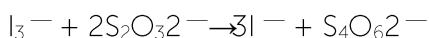
Ajout de solution de manganèse et de solution alcaline à l'échantillon d'eau :



Ajout d'acide sulfurique pour dissoudre le précipité formé :



Ajout d'un indicateur amidoneux qui interagit avec les dipôles que sont les molécules d'iodine. Titration avec la solution de thiosulfate jusqu'à l'obtention d'une solution transparente.



Cette méthode requiert l'utilisation des produits suivants :

- Manganese (II) chloride
- Alkaline iodide
- Acide sulfurique 50 %
- Sodium thiosulfate 0,02 mol/L
- Amidon
- Standard d'iodate 0.00166687 mol/L

Avant de commencer les mesures, une titration est effectuée uniquement avec les réactifs, afin de déterminer le contenu d'oxygène dans ces derniers. Une correction est ensuite appliquée aux données pour retirer cette contribution. Les échantillons sont recueillis dans des bouteilles au volume prédéterminé avec précision, en évitant la présence de bulles d'air. Les réactifs (manganese chloride et alkaline iodide) sont immédiatement ajoutés, puis la bouteille est rapidement refermée et brassée. On laisse ensuite le précipité se déposer pendant au moins 20 minutes, après quoi l'acide est ajouté et la titration est effectuée. Entre chaque série de mesures, une titration est effectuée en ajoutant un standard dont la concentration d'iodine est connue. Ceci permet de déterminer la concentration exacte de la solution de thiosulfate avec laquelle les échantillons sont titrés. Des échantillons sont recueillis afin de couvrir le spectre de concentrations d'oxygène observées. Les résultats sont comparés avec la sonde CTD afin de la calibrer.

Détermination du pH (Mathilde Jutras et Frédéric Bélanger) :

Des échantillons de pH sont recueillis dans des bouteilles de 125 ml à l'aide de la rosette, en évitant la formation de bulles d'air qui pourraient modifier le pH. Les échantillons sont ensuite déposés dans un bain thermostaté (Digital One Rte 7) afin de les amener à une température de 25 °C. À basse salinité, le pH est ensuite déterminé à l'aide d'une électrode, en mesurant d'abord le courant de solutions au pH connu, puis l'échantillon. Une interpolation permet ensuite de déterminer le pH de l'échantillon. À haute salinité,

le pH est déterminé à l'aide d'une analyse de spectrométrie (Baldo, Morris and Byrne (1985); Clayton and Byrne (1993)). Au cours de deux manipulations, deux indicateurs sont ajoutés à l'échantillon, qui est placé dans une cellule spectrométrique. L'absorbance de longueurs d'onde bien définies est mesurée à l'aide du spectromètre, et des formules empiriques permettent de déterminer le pH associé.

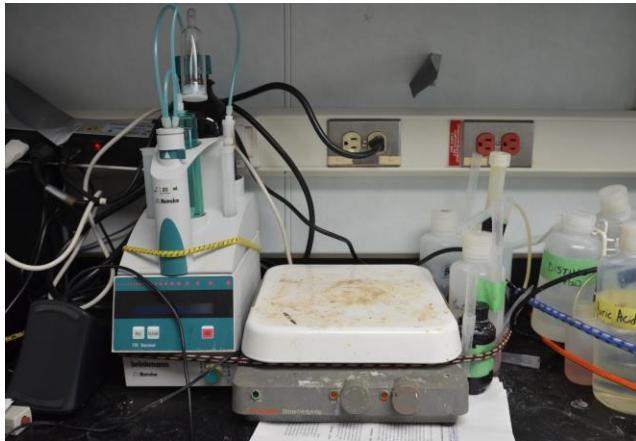


Figure 10. Détermination du pH © Mathilde Jutras

Autres mesures (Mathilde Jutras) :

Des échantillons pour le $\delta^{18}\text{O}$ (H_2O), le $\delta^{13}\text{C}$ (DIC), l'alcalinité et la concentration de DIC en surface sont aussi recueillis. Le $\delta^{18}\text{O}$ est dans des bouteilles de plastique de 13 ml, le $\delta^{13}\text{C}$, dans des bouteilles en verre ambré de 30 ml, l'alcalinité dans des bouteilles en verre de 250 ml et le DIC, dans celles de 500 ml. Ces trois derniers échantillons sont empoisonnés au HgCl_2 afin d'éviter toute modification des résultats par une activité biologique subséquente à l'échantillonnage. Les bouteilles d'alcalinité et de DIC sont ensuite scellées hermétiquement avec de la graisse Apiezon. L'alcalinité sera déterminée en laboratoire, au retour à McGill, alors que le DIC, le $\delta^{18}\text{O}$ et le $\delta^{13}\text{C}$ seront envoyés et analysés dans d'autres laboratoires.

Matière organique dissoute colorée – CDOM (Ludovic Pacal) :

L'eau est directement filtrée à sa sortie des bouteilles Niskin à l'aide d'une capsule à filtration d'une porosité de 200 μm . L'eau est récupérée dans des tubes de 100 ml, préalablement lavés avec de l'acide chlorhydrique 5 % (v/v). Les échantillons sont ensuite entreposés dans le noir à 4 °C jusqu'à leur analyse en laboratoire au retour de la mission. Des échantillons de glace sont également prélevés afin d'analyser les concentrations en DOC, la signature isotopique du DOC ainsi que le CDOM. Ces analyses permettront d'évaluer le comportement et la distribution de la MOD lors de la formation de la glace.

Échantillonnage pour le carbone organique dissout (DOC) (Anne-Josée Hébert) :

Pour chaque station échantillonnée, un maximum de quatre profondeurs sont échantillonnées, réparties sur la profondeur totale de chaque station, permettant ainsi

d'obtenir un profil partiel de la colonne d'eau. Concernant le DOC, l'eau est prélevée des bouteilles Niskin à l'aide de seringues préalablement lavées à l'acide chlorhydrique pure (10 %, v/v). Les échantillons sont directement filtrés sur des filtres en fibre de verre de 0,7 µm de porosité préalablement brûlés et conservés dans des tubes en borosilicate muni de bouchon en PTFE. Les échantillons sont finalement acidifiés à pH<2 à l'aide d'acide chlorhydrique pure avant d'être entreposés dans le noir à 4 °C jusqu'à leur analyse en laboratoire au retour de la mission.

Échantillonnage pour la coloration des matières organiques dissoutes dans l'eau (CDOM) (Anne-Josée Hébert) :

Concernant les échantillons de CDOM, l'eau est directement filtrée à sa sortie des bouteilles Niskin à l'aide d'une capsule à filtration d'une porosité de 200 µm. L'eau est récupérée dans des tubes de 100 ml préalablement lavés avec une solution d'acide chlorhydrique 5 % (v/v). Les échantillons sont ensuite entreposés dans le noir à 4 °C jusqu'à leur analyse en laboratoire au retour de la mission.

Analyse des contaminants émergents (Jean-Christophe Picard) :

Des échantillons d'eau ont été récoltés à l'aide de la CTD-Rosette (figure 9) sur le brise-glace, aux stations P01 à P10, P12 à P15, G26 et G23 (figures 2 et 8 et tableau 1). Comme la méthode analytique pour la phase dissoute des contaminants est basée sur la préconcentration de larges volumes d'eau, un échantillon de 1 L a été récolté dans une bouteille en verre ambré et 500 ml en plastique en cas d'accidents à chaque site d'échantillonnage. Ces bouteilles ont préalablement été lavées au laboratoire avant le départ pour la mission. Par ailleurs, afin d'évaluer l'impact des différentes masses d'eau dans l'EGSL, des échantillons d'eau ont été prélevés à différentes profondeurs (tableau 1). Les échantillons ont été conservés dans le laboratoire à température contrôlée à 4 °C, afin de ralentir les processus de dégradation qui auraient pu survenir, et seront analysés par chromatographie liquide à haute performance couplée à la spectrométrie de masse à haute résolution (HPLC-HRMS) au retour dans le laboratoire à l'Université de Montréal.

Dans le but d'effectuer une analyse complémentaire des CIEs dissous dans le fleuve Saint-Laurent, des échantillons d'eau ont également été prélevés afin d'analyser la phase particulaire en effectuant des filtrations à bord du navire. Les sites ciblés sont les mêmes que ceux pour la phase dissoute (tableau 1). Étant donné que cette analyse requiert une quantité importante de matière à récolter sur les filtres, des volumes d'eau de surface de 10 L ont été pris à chaque site d'échantillonnage. Par la suite, les 10 L ont été filtrés sur des filtres en fibre de verre de 0,3 µm. Les filtres ont été entreposés dans des vases de pétris pour être analysés au retour au laboratoire à Montréal.

Analyse de l'ADN environnemental (Jean-Christophe Picard) :

Des filtrations ont également été effectuées afin de mesurer la présence d'ADN de poissons dans les échantillons d'eau. Pour ce faire, des volumes d'eau de 1 L ont été pris à certaines stations. Par la suite, l'eau a été filtrée et le volume a été noté. Les filtres ont été mis dans un sachet contenant de la silice afin de les sécher.

Nutriments (Gabrièle Deslongchamps) :

Des échantillons de nutriments inorganiques (nitrite, nitrate, orthophosphate et acide orthosilicique) ont été prélevés à toutes les stations (tableau 1) pour établir des profils verticaux détaillés. Les échantillons ont été stockés à 4 °C et analysés pour le nitrate, le nitrite, l'orthophosphate et l'acide orthosilicique en quelques heures sur un Bran + Luebbe AutoAnalyzer 3 en utilisant des méthodes colorimétriques standards adaptées à l'analyseur (Grasshoff et al. 1999).

Des échantillons supplémentaires d'ammonium ont également été prélevés à toutes les stations et à toutes les profondeurs et des échantillons d'urée ont été ramassés en surface dans le secteur de Québec. Les échantillons d'ammonium ont été analysés à bord par fluorimétrie (Holmes et al. 1999) et les échantillons d'urée ont été congelés et seront analysés par spectrophotométrie.

Abondance naturelle particulaire (Gabrièle Deslongchamps) :

Des échantillons d'abondance naturelle d'isotopes de nitrate ($^{15}\text{N}/^{14}\text{O}$) ont été récoltés en filtrant un volume de 12 L d'eau de surface sur des filtres GF/F de 47 mm. Ces échantillons ont été séchés à 60 °C et seront analysés par spectrométrie de masse en laboratoire à l'université Laval.

Biomasse phytoplanctonique (Jade Paradis-Hautcoeur) :

L'estimation de la biomasse phytoplanctonique a été effectuée par la mesure de la chlorophylle a avec la méthode de fluorimétrie avec acidification. Entre 100 et 2500 mL d'eau ont été filtrés sur un filtre Whatman GF/F (porosité nominale de 0,7 µm). Les pigments ont été extraits du filtre dans l'acétone entre 18 et 24 heures puis analysés à bord à l'aide d'un fluoromètre Turner Designs 10-AU. L'abondance du picophytoplancton, du nanophytoplancton, des virus et des bactéries libres, et des flagellés hétérotrophes sera analysée par cytométrie en flux. À bord, 4 ml d'échantillon ont été mélangés avec du glutaraldéhyde, 25 % ou 50 % puis congelés à — 80°C dans le noir jusqu'à l'analyse à l'ISMER. La composition taxonomique du phytoplancton sera déterminée par microscopie inversée. À bord, 200 ml d'échantillon ont été fixés avec 0,8 ml de Lugol acide. Les échantillons aussi seront analysés à l'ISMER.

Expérience d'une capture d'un ressaut hydraulique hivernal dans le fjord du Saguenay (Jérôme Guay) :

L'expérience consistait à effectuer quelques transects entre les stations S17A et S17B, d'amont en aval. Cette ligne de transect est calquée sur celle effectuée à l'été 2018 lors de la mission Sillex2018, à la seule différence que le transect S17A vers S17B couvre seulement la face sud du seuil. La station S17A se trouve au sommet du seuil et S17B 2000 m en aval. Lors des transects, la sonde CTD effectuait des montées et descentes consécutives en restant à 5 m sous la surface et à une distance sécuritaire du fond (5 à 10 m) mesurée en considérant l'angle du câble. La vitesse de montée et descente de la sonde CTD était de 1 m/s à la poulie compteuse du treuil, ce qui donne une vitesse verticale réelle de moins de 1 m/s. Puisque le phénomène étudié existe seulement lors des marées descendantes, une fenêtre minimale a été définie entre trois et quatre heures

après une marée haute. Au total, trois transects ont été effectués le 2 mai 2020 entre 9 h 30 et 12 h 30 heure locale.

Vitesse du navire :

Lors des transects, la vitesse du navire était de 1,6 m/s jusqu'à 100 m de profondeur puis de 1,1 m/s pour le reste du transect, le tout permettant d'avoir une certaine constance dans la résolution horizontale, soit 250 m en moyenne.

Ligne et log des transects (heure locale)

Date : 2 mai 2020

Transect 1 : Début : 9 h 37

Fin : 10 h 5

*Arrêt dans le transect pour repositionner le bateau.

Début : 10 h 21

Fin : 10 h 30

Transect 2 : Début : 10 h 50

Fin : 11 h 19

Transect 3 : Début : 11 h 32

Fin : 12 h

*Fin de la ligne de transect S17A vers S17B.

On continue de se déplacer en aval du second seuil en restant au centre du fjord.

Début : 12 h

Fin : 12 h 25

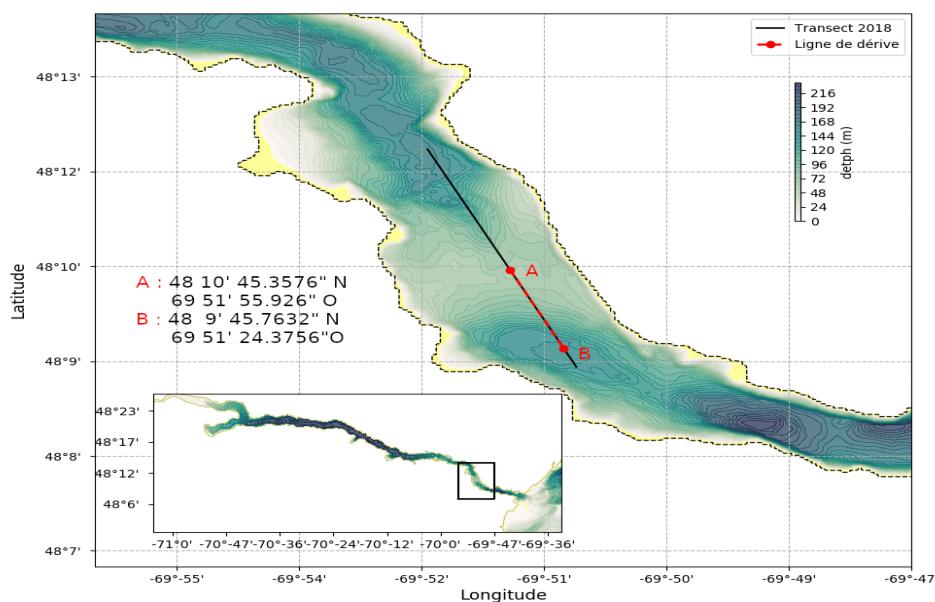


Figure 11. La ligne de transect est définie de la station S17A vers S17B

Caméra sous-marine appâtée :

Le système est composé d'une cage métallique lestée avec 40 kg de plomb, une barre d'appât, 2 lumières et deux caméras GoPro. Le tout est relié à une ligne principale au bout de laquelle 3 bouées de surfaces sont attachées.

Depuis la mission Odyssée Saint-Laurent 2019, quelques changements ont été faits sur le système. Les caméras et lumières sont désormais dans des caissons allant jusqu'à 1750 m de profondeur alors que les lumières anciennement utilisées limitaient les opérations à moins de 100 m de profondeur. La barre d'appât a été améliorée, un réflecteur radar a été installé sur les bouées de surface et les lignes principales de différentes longueurs ont été partiellement plombées. De plus, le système est désormais équipé d'une sonde CTD et d'un courantomètre pour avoir des données environnementales précises pendant le déploiement.

Le système a été déployé depuis l'A-frame du pont avant du navire. Il est déposé à l'eau à l'aide du treuil principal, puis il est déployé jusqu'au fond en utilisant un cabestan. Une fois au fond, la ligne principale est détachée de la poulie et du cabestan et le reste du cordage est mis à l'eau à la main. Pour la récupération, un grappin est utilisé et le système est remonté sur le pont à l'aide du cabestan.

Quelques modifications ont aussi été faites pendant la mission pour améliorer le mouillage, notamment la stabilisation du réflecteur radar avec un contrepoids (manille), un leste supplémentaire sur la cage (4 manilles) et deux bouées de surfaces ont été rajoutées (Figure 12). Un cordage supplémentaire a été rajouté entre la cage et la ligne principale (à travers 2 bouées rigides) pour accommoder le poids supplémentaire des manilles. Des barres de fer ont été ajoutées pour mieux ancrer le système sur le fond, mais celles-ci s'enfonçaient dans le sédiment pendant la récupération et faisaient renverser la cage quand la ligne est tirée par le bateau. Elles ont donc été retirées.

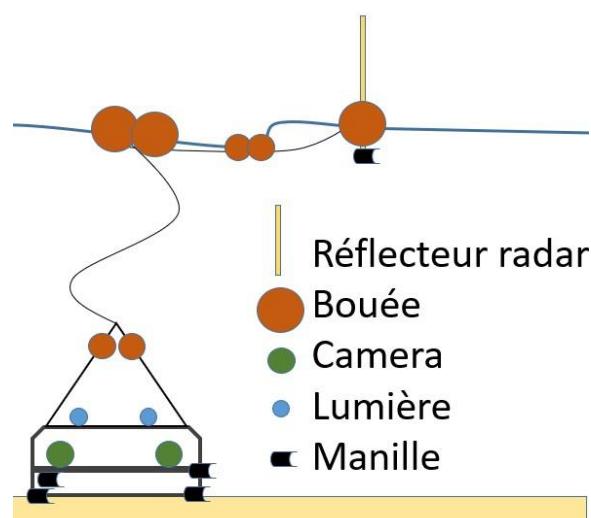


Figure 12. Schémas du système de caméras vidéo sous-marines appâtées après modifications

Filets à plancton :

Pour obtenir la diversité du zooplancton, deux types de filets ont été utilisés. Le premier filet d'un diamètre de 1 m, un vide de maille de 200 µm et muni d'une lumière stroboscopique a été utilisé pour capturer le mésozooplancton, les mysidacés et le krill dans toute la colonne d'eau (intégré du fond à la surface). L'autre filet, plus petit (0,5 m de diamètre), sans lumière stroboscopique et possédant un vide de maille de 63 µm a servi à échantillonner le microzooplancton (jeunes stades de vie du méro- et holoplancton) présent dans les 50 premiers mètres de la colonne d'eau. Chaque filet vertical a été déployé avec deux dépresseurs (ISMER) et un poids de l'Amundsen. De plus, nous avons échantillonné avec un filet d'un mètre de diamètre et un vide de maille de 333 µm pour échantillonner les œufs et les larves de poisson, en particulier les œufs et larves de flétan d'Atlantique pour le projet RQM «Flamenco» de Céline Audet et Dominique Robert.

Une fois au laboratoire de zooplancton, les larves et œufs ont été photographiés au binoculaire optique en vue d'être identifiés et mesurés pour leur longueur standard et



Figure 13. Filet à trait oblique pour attraper les larves de poisson © Gesche Winkler

largeur du corps. Ils étaient ensuite placés dans des Eppendorf et préservés dans le RNA-later pour des analyses subséquentes à l'ISMER. Les échantillons de petit zooplancton (filets de mailles 63 µm et 202 µm) ont également été observés afin de voir si des larves de poissons pouvaient s'y trouver (voir rapport mission zooplancton).

Ensuite, les individus faisant partie du macrozooplancton présents dans le filet de 200 µm et 333 µm, tels que le krill, les mysidacés, ont été sélectionnés un à un (jusqu'à concurrence de 50 individus maximum), congelés et conservés à -80 °C pour d'éventuelles analyses biochimiques et génétiques. Les échantillons complets dans le filet de 200 µm et 333 µm ont été observés à la table lumineuse pour identifier les spécimens à retirer de macrozooplancton et d'ichtyoplancton.

Le reste de chaque échantillon a été divisé en deux parties, parfois trois. Une fraction a été congelée pour une possible analyse biochimique, alors que la deuxième fraction a été conservée dans l'éthanol à 95 % et servira à déterminer la biodiversité, la composition et les abondances des communautés zooplanctoniques présentes dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent. Lorsqu'un seul trait du Jacknet (202 µm) était effectué, nous avons donné ¼ d'échantillon à l'équipe de Huy Dang. Les échantillons récoltés à l'aide du filet de 63 µm ont été conservés dans l'éthanol à 95 % et serviront également à déterminer la composition et l'abondance des communautés de microzooplancton. Un deuxième filet 63 µm a été récolté pour l'équipe de Huy Dang (Trent University) ainsi qu'un filet de 20 µm. Aussi un filet de 20 µm a été récolté pour les analyses des dinoflagellés pour l'équipe d'André Rochon (UQAR-ISMER).

Expérience d'incubation des *Calanus hyperboreus* pour l'estimation des pontes d'œufs :

Des organismes ont été récoltés aux stations P7 ainsi que P12, à raison de 60 femelles. Les individus ont été choisis par hasard à partir de l'échantillon du Jacknet, d'un diamètre d'un mètre ainsi qu'une longueur de quatre mètres avec une vitesse de décente et de remontée de 40 m/min sur toute la colonne d'eau de 5 m du fond jusqu'à la surface. Le filet était rincé à la sortie de l'eau avec un tuyau pompant directement l'eau de mer de surface. Le contenu de l'échantillon était ensuite apporté au laboratoire, trié sur une table lumineuse, pour la sélection des *Calanus hyperboreus* en les gardant au frais. Ils étaient ensuite apportés au laboratoire binoculaire afin de prendre chaque individu en photo avant le début de l'expérience, pour mesurer le spécimen et noter l'état de maturation des gonades (Figure 14). Les individus étaient placés individuellement dans des pétris contenant de l'eau de mer filtrée de la station même où ils avaient été capturés. Les pétris étaient placés en chambre



Figure 14. Femelle de *Calanus hyperboreus* en début d'expérience, de l'individu C50, récolté à P12
© Christophe Anderson

environnementale, dans le noir, à 4 °C pour reproduire les conditions naturelles de l'espèce qui se retrouve généralement dans la couche profonde. Par la suite, chacun des 60 pétris était inspecté toutes les 8 heures, pendant 72 heures, pour observer le nombre d'œufs pondus. Lorsque la ponte était observée (œufs visibles à l'œil nu), la femelle était retirée du pétri pour éviter le cannibalisme, puis les œufs comptés attentivement au binoculaire. Les œufs et la femelle étaient conservés par la suite, dans de pétris différent, dans la chambre environnementale. Les œufs ont par la suite été observés à toutes les 8 h, pendant 72 h, afin de compter le taux d'éclosion.

Échantillonnage de la faune benthique :

L'échantillonnage a été mené dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent à 13 stations entre le 6 et le 13 mars 2020. La méiofaune, les sédiments et les phytodétritus ont été échantillonnés à l'aide d'un carottier boîte de type USNEL, tandis que la macrofaune a été collectée à l'aide d'un chalut benthique Agassiz (Figure 15). À chacune des stations, nous avons collecté, dans le box core, 5 répliques des deux premiers centimètres de sédiments (couches 0-1 cm et 1-2 cm; carottiers de 2,8 cm de diamètre) pour l'analyse de la structure de la communauté méiofaunique, 3 répliques du premier centimètre de sédiments (carottiers de 1 cm de diamètre) pour l'estimation de la concentration en phytodétritus (Figure 16), et nous avons prélevé du sédiment de surface pour l'extraction de la méiofaune et de la macrofaune qui feront l'objet d'analyses en laboratoire de la composition en isotopes stables du carbone et de l'azote. Nous ferons aussi ces mêmes analyses sur un sous-échantillon de sédiments. À certaines stations, nous avons déployé le chalut benthique Agassiz pour compléter l'échantillonnage de la faune benthique qui fera également l'objet d'analyses isotopiques (Figure 17). À l'exception des échantillons récoltés pour l'analyse de la structure de la communauté méiofaunique qui sont fixés dans du formol 4 %, tous les échantillons ont été conservés au congélateur à -80 °C.



Figure 15. Carottier à boîte (gauche) et chalut benthique Agassiz



Figure 16. Échantillonnage par seringues de la méiofaune et des phytodétritus dans le carottier à boîte



Figure 17. Échantillon de faune benthique collectée avec le chalut benthique Agassiz à la station G25. Des analyses isotopiques seront effectuées sur certaines espèces communes de cette faune benthique pour déterminer leur diète et leur contribution au fonctionnement.

Analyseur de taille de particules :

Environ 500 ml d'eau à différentes profondeurs dans la colonne d'eau ont également

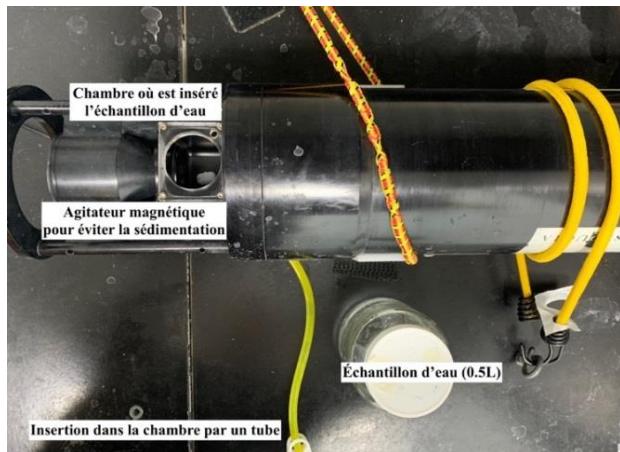


Figure 18. Mise en place de l'instrument LISST-100X © Anne-Sophie Fabris

été prélevés depuis la rosette afin de mesurer la taille de la MPS. Les échantillons d'eau reposaient une heure afin que les microbulles disparaissent. Par la suite, l'eau prélevée est insérée dans une chambre du diffractomètre laser Sequoia LISST-100X (Figure 18) de Type B (28 et 29 février) et de Type C (5 mars au 13 mars). Une feuille d'aluminium couvre la chambre afin de minimiser l'entrée de lumière lors de la récolte des données par l'appareil. Le LISST-100X fait la moyenne de 10 mesures

prises à chaque seconde, et ce pendant 60 secondes. Le logiciel LISST-SOP compris avec l'instrument permet ensuite d'analyser les données et d'obtenir la concentration du volume des particules pour 32 gammes de tailles, allant de 1,25 à 250 µm (Type B) et 2,5 à 500 µm (Type C).

Benne Van Veen et carottier à boîte :

Le carottier à boîte (Figure 19) permet de recueillir avec peu de perturbation des sédiments à l'interface eau/sédiment d'une superficie de 50 cm x 50 cm, et à une profondeur pouvant aller jusqu'à 50 cm également, selon la dureté du sédiment et la capacité du carottier à s'enfoncer. Lorsque le volume de sédiments était suffisant, ce qui était le cas pour la plupart des déploiements, deux push cores (tubes en PVC de 10 cm de diamètre et ~60 cm de longueur) étaient prélevés dans chaque boîte (Figure 20) en utilisant une pompe à vide pour réduire le taux de compression du sédiment.

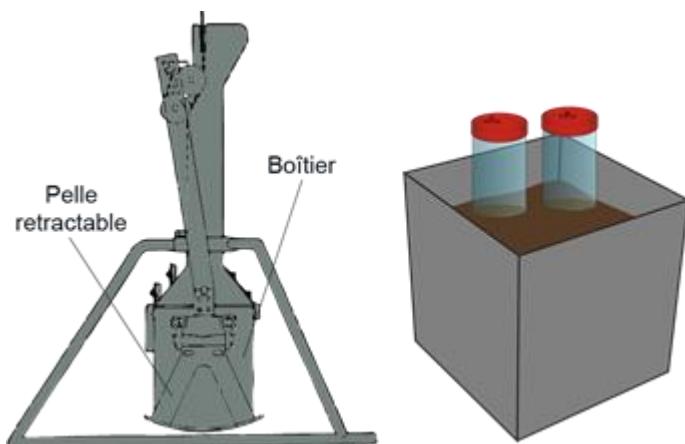


Figure 19. Schéma du carottier à boîte (gauche) et de la récolte d'échantillons grâce aux push cores (droite)

Une fois les push cores insérés, un échantillon de l'interface eau/sédiment était également recueilli autour des liners en PVC et conservé dans un sac refermable de type Ziploc. Ceci

afin d'identifier ultérieurement les assemblages sédimentaires de diatomées et d'analyser des pigments sédimentaires algues et bactériens.

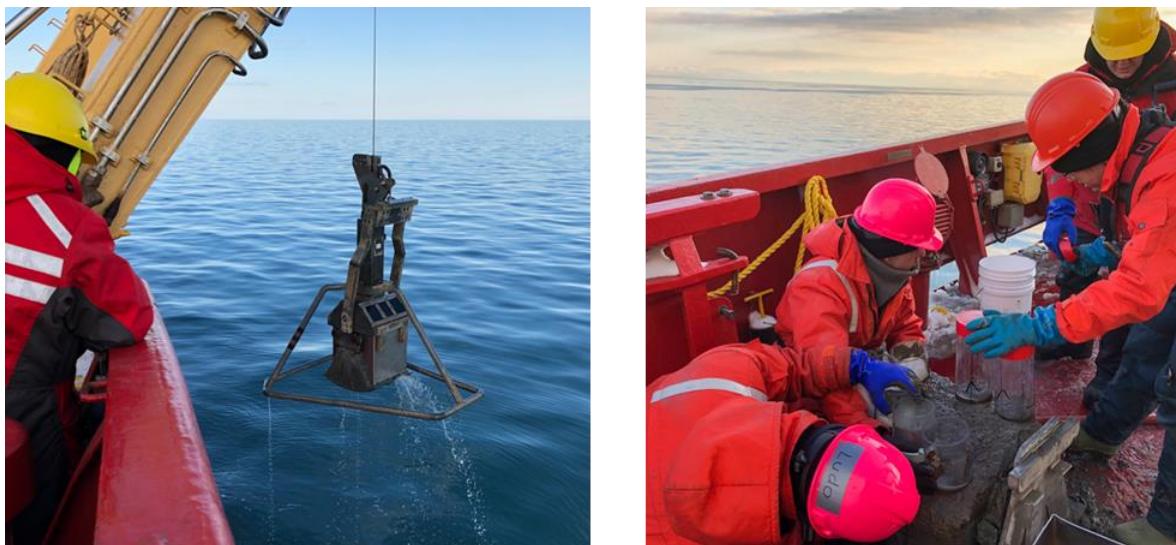


Figure 20. Récupération d'un carottier à boîte (à gauche) et échantillonnage des push-cores (à droite) © Anne Corminboeuf

Carottier à gravité :

Le carottier à gravité (Figure 21) permet d'échantillonner les sédiments à une plus grande profondeur que le carottier à boîte, bien que sur une surface plus réduite, grâce à un cylindre d'un diamètre de 10 cm et d'une longueur de 3,05 m. Il permet aussi l'échantillonnage rapide de carottes en conditions hivernales (Figure 22). Le carottier à gravité d'*Amundsen Science* utilisé à bord est d'une longueur de récupération maximale de ~2,80 m, grâce à un poids à la tête de 300 livres (136 kg). Il est muni d'un «core catcher», un dispositif qui permet de laisser rentrer le sédiment dans le tube et qui le piège dedans au moment de la récupération. La vitesse du treuil pendant le déploiement varie entre 25 à 40 mètres par minute selon la composition du fond marin (ex. sable, argiles). Une fois le carottier récupéré, la carotte est tranchée en sections de 150 cm ou moins, selon la taille de l'échantillon.

DÉPLOIEMENT / RECOUVREMENT

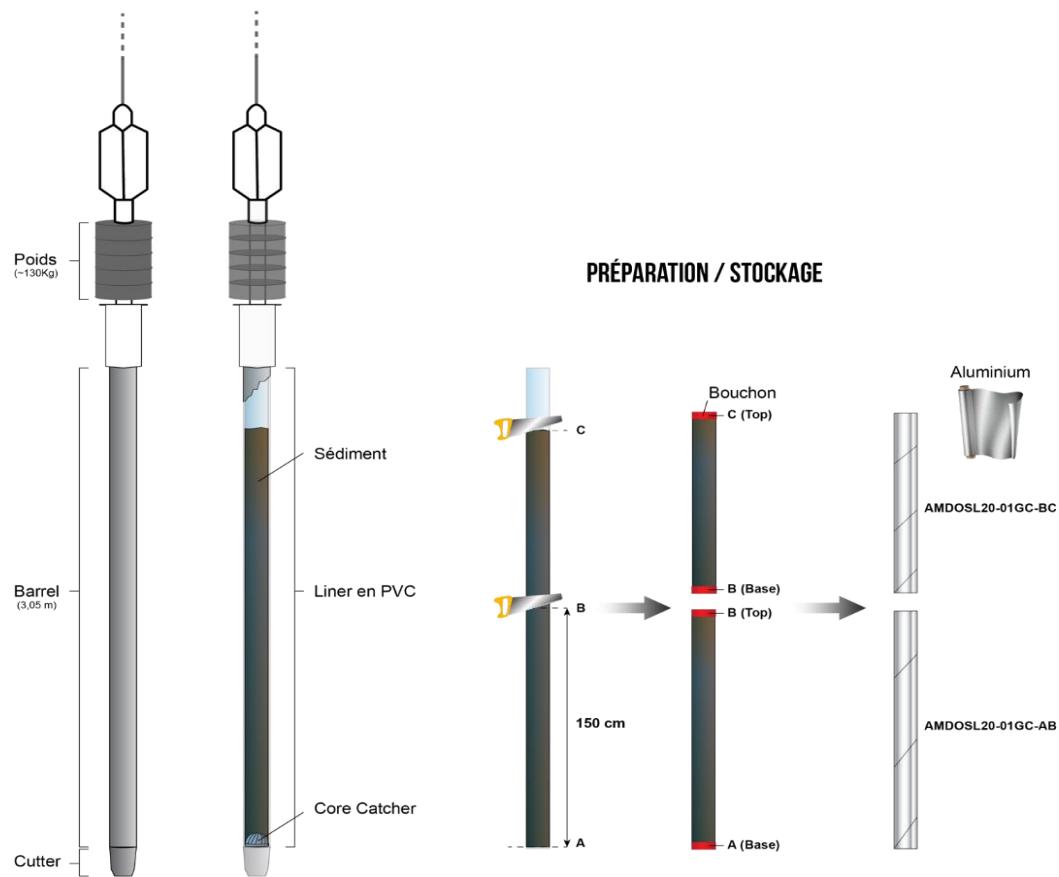


Figure 21. Schéma montrant la récupération d'un échantillon de carottier à gravité.



Figure 22. Récupération d'un carottier à gravité (à gauche) et manipulation des carottes dans le laboratoire de géologie du navire (à droite). © Anne Corminboeuf

Identification des échantillons :

Les échantillons de sédiments ont été identifiés à l'aide du système de numérotation suivant :

Exemple : AMDOSL20-01GC-AB

AMDOSL20 = Mission Amundsen d'Odyssée Saint-Laurent 2020

01 = Numéro de la carotte

GC = carottier à gravité, BC = carottier à boîte, BV = benne Van Veen

AB = Section de la carotte s'il y a lieu

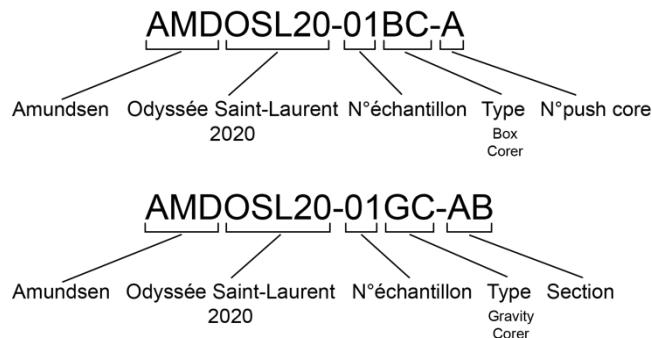


Figure 23. Identification des carottes au laboratoire et carottier à gravité avec le système d'identification utilisé pendant la mission.

Pour le carottier à gravité, les sections de 1,5 m sont étiquetées selon la figure 23 avec A pour la base et B pour le top (pour la section AB), suivie par BC, CD, etc. Lorsque plusieurs «push cores» ont été prélevés dans une carotte à boîte, ils ont été étiquetés en ajoutant un identifiant alphabétique séquentiel, par ex. 01BC-A, 01BC-B, 01BC-C, etc. Les carottes seront archivées dans la chambre froide du laboratoire de géologie marine de l'ISMER-UQAR.

Carottier à boîte :

Le nombre de *push cores* prélevés dans une même carotte à boîte est étiqueté en ajoutant un identifiant alphabétique séquentiel (01BC-A, 01BC-B, 01BC-C, etc.)

Carottier à gravité :

La carotte est divisée en sections de 1,5 m, qui sont ensuite étiquetées selon la tranche en Figure 6 (AB; BC)

Préservation des échantillons (INREST) :

Étant donné le souhait d'analyser les pigments sédimentaires et que ceux-ci demeurent sensibles à la dégradation par la lumière et par la chaleur, même une fois intégrés au sédiment, il est important de conserver les carottes au froid et dans l'obscurité. Les carottes ont donc été emballées dans du papier aluminium et entreposées dans une chambre froide (à 4 °C) dès que possible après l'échantillonnage. Les carottes de l'INREST seront stockées dans la chambre froide du laboratoire de géologie marine de l'ISMER-UQAR, en attendant de pouvoir être analysées.

Analyses biochimiques des carottes sédimentaires (Ludovic Pascal) :

Prélèvement de sédiment

Six grandes (diamètre interne 10 cm, hauteur de sédiment 25 cm) et une petite (diamètre interne 2,5 cm, hauteur de sédiment 5 cm) carottes de sédiment sont sous échantillonnées dans le carottier boîte. Ces carottes sont ensuite délicatement remplies d'eau de fond prélevée plus tôt par la rosette à la même station.

Microprofils d'oxygène et bio-irrigation

Deux grandes carottes sont utilisées pour des mesures de microprofils d' O_2 à l'aide d'une microélectrode (de type Clark) et pour des mesures

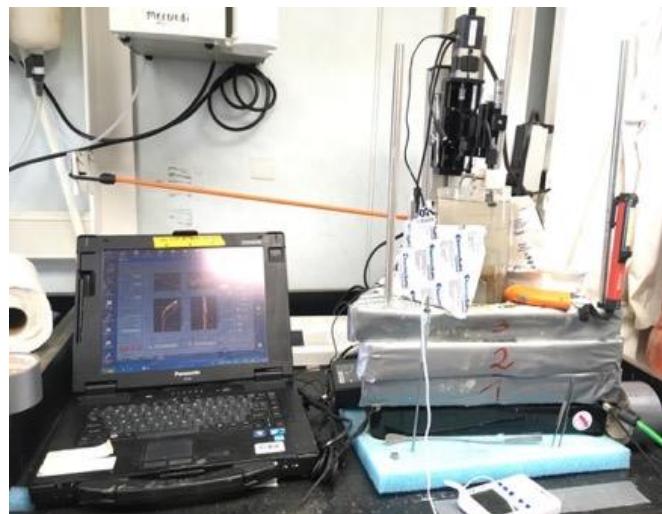


Figure 24. Microprofilage d' O_2 à l'aide d'une microélectrode de type Clark fixée sur un micromanipulateur.

de bio-irrigation. Les microprofils d' O_2 serviront à mesurer la pénétration maximale de l'oxygène dans le sédiment et à calculer un flux diffusif (Figure 24).

La bio-irrigation est mesurée en introduisant une solution de Br^- concentrée dans l'eau surnageante en début d'incubation (environ 24 h) et en récupérant des échantillons d'eau à différentes profondeurs de sédiment (0,5; 1; 1,5; 2; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12 cm) à l'aide de rhizones (Figure 25). Ces échantillons serviront au dosage de Br^- par une méthode colorimétrique afin de produire un profil vertical de concentration en Br^- sur lequel un modèle numérique sera ajusté pour déterminer un taux de bio-irrigation.



Figure 25. Prélèvement d'eau interstitielle avec des rhizones.

Flux total d'oxygène et remaniement sédimentaire

Trois grandes carottes sont utilisées pour des mesures de flux totaux d' O_2 et de remaniement sédimentaire. Au début de l'incubation (environ 24 h) 2,5 g de luminophores (grain de sédiment fluorescent orange; voir figure 26 pour un aperçu) sont délicatement déposés à la surface du sédiment et les carottes sont fermées hermétiquement à l'aide de capuchon. Pendant l'incubation, sous température



Figure 26. Surface d'une carotte de sédiment 24 h après l'ajout de luminophore orange.

contrôlée à 6 °C, la saturation en O₂ dans l'eau surnageante de chaque carotte est suivie en temps réel à l'aide d'une optode. Au bout de 24 h, les bouchons sont ouverts pour arrêter l'incubation et la saturation en oxygène de l'eau surnageante est suivie pendant 24 h supplémentaires pour s'assurer qu'elle se maintienne à son niveau initial. La figure 27 présente le montage de l'incubateur dans la chambre froide.

Enfin, 48 h après le prélèvement, les carottes sont découpées en section à 0,5; 1; 1,5; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10 cm de profondeur. Les sections de sédiment seront par la suite séchées et photographiées sous lumière noire pour compter le nombre de luminophores dans chaque section, ce qui permettra de produire un profil vertical de luminophore sur lequel un modèle numérique sera ajusté pour déterminer un taux de remaniement sédimentaire (figure 28).

Macrofaune

Une grande carotte de sédiment est tamisée sur une maille de 0,5 mm pour en récupérer la macrofaune. Si possible, les deux carottes de sédiment ayant servi aux microprofils d'O₂ et à la mesure de bioirrigation sont également tamisées.

Caractéristique sédimentaire

La petite carotte est découpée en section à 0,5; 1; 1,5; 2; 3; 4 et 5 cm de profondeur et les sédiments sont placés dans des vials à scintillation, préalablement pesés, puis congelés. Ces sous-échantillons seront utilisés pour des mesures de porosité, de carbone organique, d'azote total particulaire et de ²¹⁰Pb.



Figure 27. Incubation de carottes de sédiment dans un incubateur. La perceuse fixée sur le dessus de l'incubateur permet, grâce à un système d'aimants, de mélanger l'eau surnageante dans chaque carotte de sédiment afin d'éviter la stratification dans la colonne d'eau.

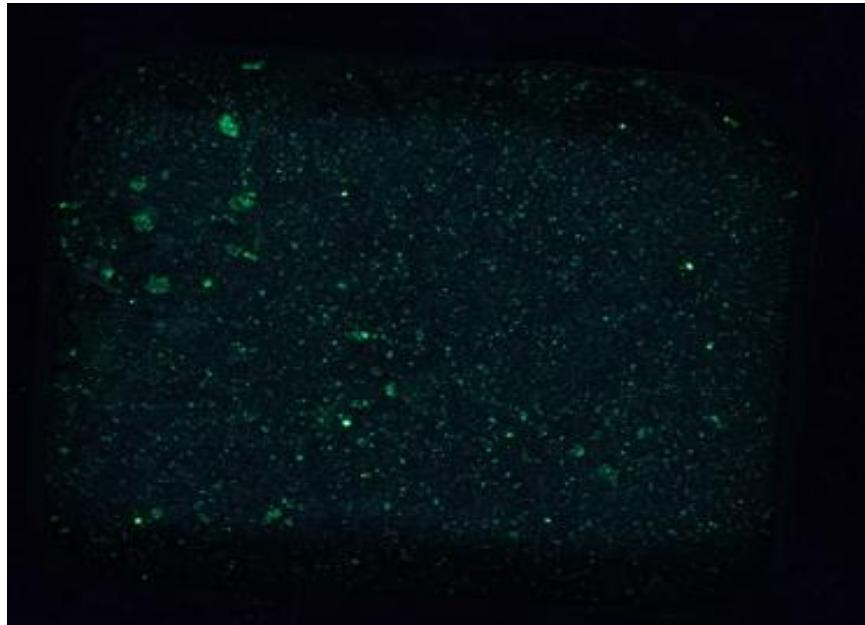


Figure 28. Exemple de photographie de section de sédiment prise sous lumière noire (cette image est issue d'une expérimentation faite avant la mission OSL20).

Échantillonnage de glace de mer

L'échantillonnage des plaques de glace de mer a été effectué à partir d'une cage suspendue à l'aide d'une grue et abaissée à partir du pont au-dessus de la zone d'échantillonnage, ou bien déposée légèrement sur la plaque de glace (Figure 29). Les échantillons de glace de mer chargés de sédiments ont été stockés dans des chaudières en PVC et laissés à température ambiante pour permettre leur fonte. Ils ont ensuite été entreposés dans les chaudières à 4 °C.

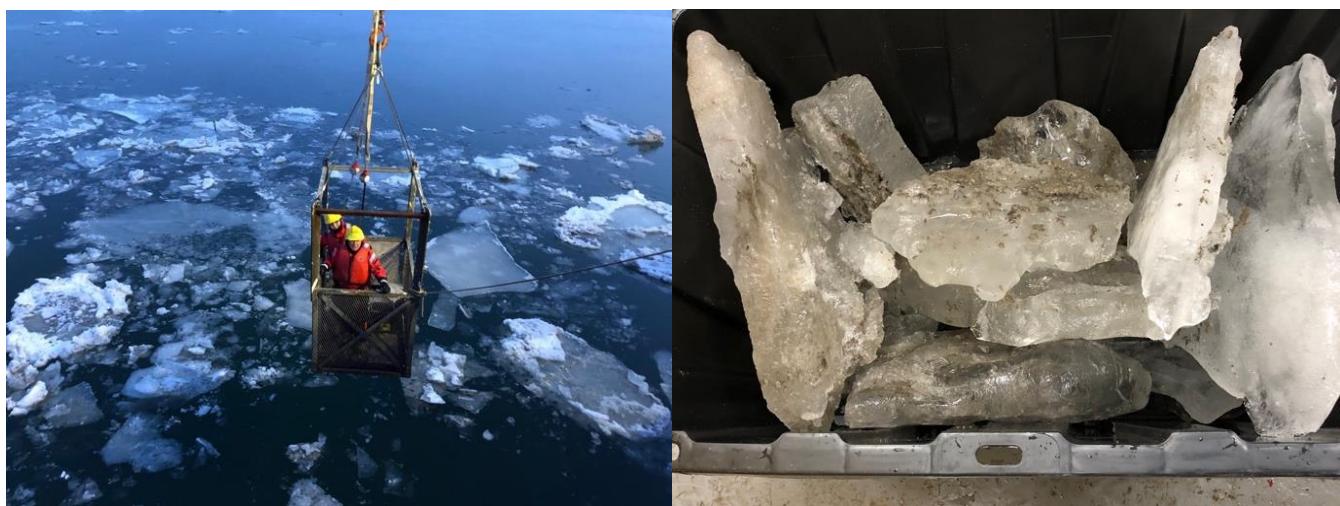


Figure 29. Récupération des blocs de glace de mer chargée de sédiments à partir de la cage (gauche) et blocs de glace récupérés (droite).

Analyse artistique :

Voici les opérations menées pendant la mission :

- Rencontres avec chaque équipe scientifique du début du processus d'échantillonnage à bord jusqu'au tri final des échantillons;
- Rencontres en détails pour chaque projet scientifique;
- Rencontres avec le Chef Officier, la Cheffe Mécanicienne, le Second Officier et le Maître d'équipage de façon plus détaillée;
- Prise de son d'ambiance selon les diverses réalités de l'*Amundsen* :
 - Timonerie
 - Bruits des glaces
 - Manoeuvres sur le pont
 - Laboratoires
 - Cuisines

N. B. Veuillez noter que chaque prise de son s'est faite avec l'accord des personnes impliquées en tout temps.

- Prises de photos pour avoir des références visuelles aux connaissances transmises visuellement ainsi que pour des archives éventuelles de la création du projet.

Localisation des stations

Tableau 3. Coordonnées des stations échantillonnées par la CTD-rosette

OSL20	Date	Heure UTC	Lat. (N)	Long. (W)
P1	28-02-2020	12 : 36	46,82797	-71,17934
P2	28-02-2020	17 : 57	47,03689	-70,76164
P2.5	28-02-2020	20 : 21	47,18115	-70,63387
P3	29-02-2020	11 : 14	47,31287	-70,51983
P3.5	29-02-2020	14 : 45	47,53448	-70,05178
P4	29-02-2020	17 : 31	47,74091	-69,89617
P5	01-03-2020	11 : 18	47,91219	-69,78271
P6	01-03-2020	16 : 09	48,17803	-69,48480
EM6	01-03-2020	20 : 13	48,39872	-69,25581
S18	02-03-2020	11 : 42	48,25632	-70,01351
S17	02-03-2020	18 : 03	48,16231	-69,85583
S16	02-03-2020	20 : 09	48,13840	-69,76697
P7	03-03-2020	12 : 46	48,31054	-69,21106
P8	03-03-2020	20 : 59	48,51559	-68,92302
P9	05-03-2020	12 : 18	48,66801	-68,57898
SI29	06-03-2020	11 : 27	50,13965	-66,39929
SI28	06-03-2020	18 : 42	50,19151	-66,43130
SI30	06-03-2020	22 : 09	50,06954	-66,39818
P12	07-03-2020	13 : 36	49,50646	-66,18935
P15	08-03-2020	12 : 52	48,79205	-62,76710
G23	09-03-2020	10 : 53	48,08250	-60,53986
G26	09-03-2020	19 : 35	48,47221	48,47221
A21	09-03-2020	10 : 40	49,78837	-62,61517
A22	10-03-2020	17 : 22	49,5444725	-61,5336312
G25	11-03-2020	10 : 26	48,2908285	-64,1888137
P14	11-03-2020	18 : 25	48,9435830	-63,6556697
P13	12-03-2020	10 : 46	49,4797993	-65,0926740
P10	13-03-2020	19 h 52	49005	-67,6365
P09	14-03-2020	2 h 8	48,66966667	-68,57783333
P05	14-03-2020	8 h 7	47,9195	-69,77066667

Tableau 4. Coordonnées et détails des échantillons de sédiments et de glace prélevés

OSL20	Date (y/m/d)	Heure (UTC)	Latitude (N)	Longitude (W)	Profondeu r	Type	Identification ISMER
P1	2020/02/28	15 h 39 min 2 s	46,82638	-71,18552	63	BV	AMDOSL20-01BV
P2.5	2020/02/28	21 h 35 min 9 s	47,17514	-70,64409	19,5	BV	AMDOSL20-02BV
P2.5	2020/02/28	21 h 41 min 5 s	47,17504	-70,64389	19,5	BV	AMDOSL20-03BV
P3.5	2020/02/29	16:06:05	47,53989	-70,04902	48	BV	AMDOSL20-04BV
EM6	2020/03/01	20 h 45 min 36 s	48,39724	-69,25318	305	BC	AMDOSL20-01BC
S18	2020/03/02	13 h 19 min 9 s	48,25661	-70,01103	178	BC	AMDOSL20-02BC
S16	2020/03/02	21:07:46	48,13815	-69,47646	238	BV	AMDOSL20-05BV
P7	2020/03/03	14 h 52 min 19 s	48,30769	-69,21211	267	BC	AMDOSL20-03BC
P7	2020/03/03	18:12:35	48,28060	-69,21244	190	GL	AMDOSL20-01GL
P8	2020/03/03	22:25:58	48,3035	-68,5511	295	GL	AMDOSL20-02GL
P9	2020/03/05	14:47:11	48,66865	-68,58006	332	BC	AMDOSL20-04BC
SI29	2020/03/06	12:25:59	50,13666	-66,40371	119	BC	AMDOSL20-05BC
SI29	2020/03/06	13:06:42	50,13663	-66,40359	119	GC	AMDOSL20-01-GC
SI28	2020/03/06	19:38:02	50,19195	-66,43249	25	BC	AMDOSL20-06BC
SI28	2020/03/06	20:05:27	50,18590	-66,42203	42	BC	AMDOSL20-06BC2
SI28	2020/03/06	20:29:06	50,17786	-66,40375	66	GC	AMDOSL20-02-GC AB
SI28	2020/03/06	20:55:43	50,17350	-66,39570	80	GC	AMDOSL20-03-GC
SI30	2020/03/06	23:12:42	50,06923	-66,39182	217	BC	AMDOSL20-07BC
SI30	2020/03/06	23:50:06	50,06960	-66,39150	214	GC	AMDOSL20-04GC
SI30	2020/03/07	00:25:51	50,06955	-66,39086	217	GC	AMDOSL20-05GC
P12	2020/03/07	16:38:05	49,52551	-66,20209	332	BC	AMDOSL20-08BC
P12	2020/03/07	12:06:27	48,43651	-62,94559	332	GL	AMDOSL20-03GL
P15	2020/03/08	15:14:22	48,78476	-62,77955	369	BC	AMDOSL20-09BC
P15.5	2020/03/08	20:37:19	48,48242	-62,89612	286	GC	AMDOSL20-06GC
P15.5	2020/03/08	21:01:41	48,47731	-62,89066	281	GC	AMDOSL20-07GC
P15.5	2020/03/08	19:35:36	49,52025	-66,19687	109	GL	AMDOSL20-04GL
G23	2020/03/09	13:19:48	48,08269	-60,54406	448	BC	AMDOSL20-10BC
G26	2020/03/09	21:39:54	48,47648	-61,39474	412	BC	AMDOSL20-11BC
G26	2020/03/09	22:17:22	48,47506	-61,39435	410	GC	AMDOSL20-08GC
A21	2020/03/10	11:53:57	49,79037	-62,61796	235	BC	AMDOSL20-12BC
A21	2020/03/10	12:26:53	49,78990	-62,61995	236	GC	AMDOSL20-09GC
A22	2020/03/10	20:23:11	49,54496	-61,54737	246	BC	AMDOSL20-13BC
A22	2020/03/10	21:07:04	49,54557	-61,54855	247	GC	AMDOSL20-10GC
A22.5	2020/03/11	00:42:59	49,10346	-61,64205	35	GL	AMDOSL20-05GL
G25	2020/03/11	12 h 14 min 4 s	48,29095	-64,18690	107	GC	AMDOSL20-11GC
G25	2020/03/11	12 h 32 min 53 s	48,29051	-64,18674	107	BC	AMDOSL20-14BC
G25	2020/03/11	13 h 54 min 11 s	48,31158	-64,16897	122	GL	AMDOSL20-06GL
P14	2020/03/11	20 h 42 min 16 s	48,94505	-63,64745	324	BC	n/a
P13	2020/03/12	12 h 56 min 19 s	49,48578	-65,09999	362	BC	AMDOSL20-15BC
P13-A	2020/03/12	14 h 33 min 54 s	49,47427	-65,06032	371	GL	AMDOSL20-07GL
P13-B	2020/03/12	15 h 28 min 27 s	49,46768	-65,02745	375	GL	AMDOSL20-08GL
P10	2020/03/13	18 h 17 min 48 s	49,00367	-67,63055	298	BC	AMDOSL20-16BC

Mesures et analyses à bord - Sommaire des résultats par station

Description des stations

Station OSL20-P1 :

CTD-Rosette — profondeurs en mètres (m) : 30, 25, 20, 15, 10 et surface

Filets : 20 (x2), 63 (x1) et 200 (x2) microns

Benne Van Veen (01BV) : OK

Station OSL20-P2 :

CTD-Rosette — profondeurs en mètres (m) : 12,25, 10 et surface

Filets : 20 (x2), 63 (x2) et 200 (x2) microns

Benne Van Veen (02BV) : gelée, pas d'échantillon

Station OSL20-P2.5 :

CTD-Rosette — profondeurs en mètres (m) : 12,35, 10 et surface

Filets : 20 (x2), 63 (x2) et 200 (x2) microns

Benne Van Veen (2,5 BV) : gelée, pas d'échantillon

Station OSL20-P3 :

CTD-Rosette — profondeurs en mètres (m) : 25, 10 et surface

Filets : 20 (x2), 63 (x2) et 200 (x2) microns

Station OSL20-P3.5 :

CTD-Rosette — profondeurs en mètres (m) : 40, 25, 10 et surface

Filets : 20 (x2), 63 (x2) et 200 (x2) microns

Benne Van Veen

Station OSL20-P4 :

CTD-Rosette — profondeurs en mètres (m) : 115, 75, 50, 25, 10 et surface

Filets : 20 (x2), 63 (x2) et 200 (x2) microns

Station OSL20-P5 :

Caméra appâtée

Station OSL20-P5 :

CTD-Rosette — profondeurs en mètres (m) : 123, 75, 50, 25, 10 et surface

Filets : 20 (x2), 63 (x2) et 200 (x2) microns

Station OSL20-P6 :

CTD-Rosette — profondeurs en mètres (m) : 200, 150, 100, 75, 50, 25, 10 et surface

Filets : 20 (x2), 63 (x2), 200 (x2) microns et filet à plancton oblique (333 microns)

Caméra appâtée

Station OSL20-EM6 :

CTD-Rosette — profondeurs en mètres (m) : 285, 250, 200, 100, 50, 25, 10 et surface

Box Core

Station OSL20-S18 :

CTD-Rosette — profondeurs en mètres (m) : 165, 100, 75, 50, 25, 10 et surface

Filets : 20 (x2), 63 (x1) et 200 (x2) microns

Carottier à boîte

Station OSL20-S17 :

CTD aller-retour au 2^e seuil x 3

CTD-Rosette — profondeurs en mètres (m) : 132, 100, 75, 50, 25, 10 et surface

Filets : 20 (x1), 63 (x1), 200 (x1) microns

Station OSL20-S16 :

CTD-Rosette — profondeurs en mètres (m) : 230, 150, 100, 50, 75, 25, 10 et surface**

**La rosette a été sortie de l'eau alors que les bouteilles de surface n'étaient pas fermées dû à un problème électronique. Nous l'avons remise à l'eau et déclenché les bouteilles restantes. Pour cette raison, cette rosette correspond aux casts #12 et #13.

Filets : 20 (x2), 63 (x1), 200 (x1) microns

Benne Van Veen

Station OSL20-P7 :

Caméra appâtée

CTD-Rosette — profondeurs en mètres (m) : 270, 200, 150, 100, 75, 50, 25, 10 et surface

Filets : 20 (x2), 63 (x2) et 200 (x1) microns et filet à plancton oblique (333 microns)

Carottier à boîte

Échantillonnage de mer

Station OSL20-P8 :

Caméra appâtée (une caméra seulement)

CTD-Rosette — profondeurs en mètres (m) : 290, 200, 150, 100, 75, 50, 25, 10 et surface

Filets : 20 (x2)

Échantillonnage de glace de mer

Filets : 63 (x2) et 200 (x1) microns

Station OSL20-P9 :
Caméra appâtée (déploiement)
CTD-Rosette — profondeurs en mètres (m) : 320, 300, 200, 150, 100, 75, 50, 25, 10 et surface
Filets : 20 (x2), 63 (x2), 200 (x1) microns et filet à plancton oblique (333 microns).
Carottier à boîte
Caméra appâtée (récupération)

Station OSL20-P10 :
Caméra appâtée (déploiement)
Filets : 20 (x2), 63 (x1)
Caméra appâtée (récupération)

Station OSL20-SI29 :
CTD-Rosette — profondeurs en mètres (m) : 90, 75, 50, 25, 10 et surface
Filets : 20 (x1), 63 (x1), 200 (x1) microns
Carottier à boîte
Carottier à gravité

Station OSL20-SI28 :
CTD-Rosette — profondeurs en mètres (m) : 15, 10 et surface
Filets : 20 (x2), 63 (x2), 200 (x1) microns
Carottier à boîte (x2)
Carottier à gravité (x2)

Station OSL20-SI30 :
CTD-Rosette — profondeurs en mètres (m) : 160, 100, 75, 50, 25, 10 et surface
Filets : 20 (x1), 63 (x1), 200 (x1) microns
Carottier à boîte (x1)
Carottier à gravité (x2)

OSL20-P12
Caméra appâtée (incomplet)
Échantillonnage de glaces de mer
CTD-Rosette — profondeurs en mètres (m) : 320, 300, 200, 150, 100, 50, 25, 10 et surface
Filets : 20 (x2), 63 (x2), 200 (x1) microns et filet à plancton oblique (333 microns)
Carottier à boîte

OSL20-P15
CTD-Rosette — profondeurs en mètres (m) : 355, 300, 200, 150, 100, 50, 25, 10 et surface
Filets : 20 (x2), 63 (x2), 200 (x1) microns et filet à plancton oblique (333 microns)
Carottier à boîte
Chalut Agassiz (x1)

OSL20-P15.5

Échantillonnage de glaces de mer

Carottier à gravité (x2)

OSL20-G23

CTD-Rosette — profondeurs en mètres (m) : 430, 300, 200, 150, 100, 50, 25, 10 et surface

Filets : 20 (x2), 63 (x2), 200 (x1) microns et filet à plancton oblique (333 microns)

Carottier à boîte

Chalut Agassiz (x1)

OSL20-G26

CTD-Rosette — profondeurs en mètres (m) : 395, 300, 200, 150, 100, 50, 25, 10 et surface

Filet à plancton oblique (333 microns)

Carottier à boîte

Carottier à gravité

Chalut Agassiz (x1)

Filets : 20 (x2), 63 (x2), 200 (x1) microns et filet à plancton oblique (500 microns)

Station OSL20-A21 :

CTD-Rosette — profondeurs en mètres (m) : 220, 200, 150, 100, 75, 50, 25, 10 et surface

Filets : 20 (x1), 63 (x1), 200 (x1) microns. Le filet à plancton oblique était en réparation.

Carottier à boîte

Carottier à gravité

Station OSL20-A22 :

CTD-Rosette — profondeurs en mètres (m) : 240, 200, 150, 100, 75, 50, 25, 10 et surface

Filets : 20 (x2), 63 (x2), 200 (x2) microns, filet à plancton oblique (500 microns)

Carottier à boîte

Carottier à gravité

Chalut Agassiz

OSL20-A22.5

Échantillonnage de glace

OSL20-G25

CTD-Rosette — profondeurs en mètres (m) : 98, 75, 50, 25, 10 et surface

Filets : 20 (x1), 63 (x1), 200 (x1) microns et filet à plancton oblique (500 microns)

Carottier à gravité

Carottier à boîte

Chalut Agassiz

Échantillonnage de glace de mer

OSL20-P14

CTD-Rosette — profondeurs en mètres (m) : 310, 300, 200, 150, 100, 50, 25, 10 et surface

Filets : 20 (x2), 63 (x2), 200 (x1) microns et filet à plancton oblique (500 microns)

Carottier à boîte

Chalut Agassiz

OSL20-P13

CTD-Rosette — profondeurs en mètres (m) : 356, 300, 200, 150, 100, 50, 25, 10 et surface

Filets : 20 (x2), 63 (x2), 200 (x1) microns et filet à plancton oblique (500 microns)

Carottier à boîte

Échantillonnage de glace de mer (x2)

OSL20-P10

CTD-Rosette — profondeurs en mètres (m) : 287, 200, 150, 100, 50, 25, 10 et surface

Filets : 200 (x1) microns et filet à plancton oblique (500 microns)

Chalut Agassiz

Carottier à boîte

OSL20-P9

CTD-Rosette — profondeurs en mètres (m) : 316, 305, 290, 275, 260, 245, 230, 215, 200, 175, 160, 145, 130, 115, 100, 85, 70, 55, 45, 35, 25, 15, 10 et surface

OSL20-P5 (14 mars à 4 h 11)

CTD-Rosette — profondeurs en mètres (m) : 105, 100, 95, 90, 85, 80, 75, 70, 65, 60, 55, 50, 45, 40, 35, 30, 25, 20, 15, 10, 5 et surface.

Résultats obtenus à bord

Propriétés physico-chimiques de la colonne d'eau

Équipe d'Alfonso Mucci (McGill) :

- i. Calibration de la sonde d'oxygène (méthode Winkler)

La figure ci-dessous présente la comparaison entre les données mesurées par la méthode Winkler et par la sonde attachée à la rosette.

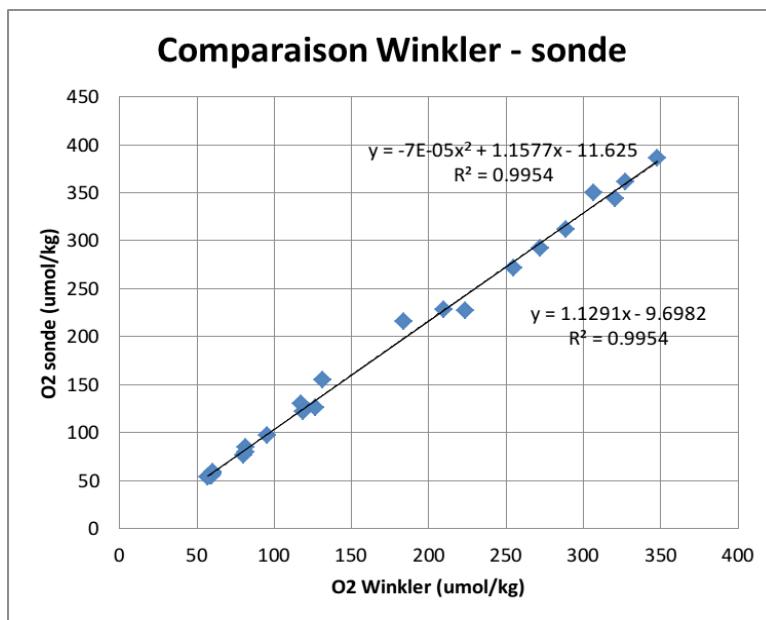


Figure 30. Comparaison des données mesurées par la méthode Winkler et par la sonde attachée à la rosette

La relation entre la sonde et les mesures Winkler sont bien expliquées par une relation linéaire, malgré le fait que les mesures de la sonde à basse concentration sont typiquement un peu trop basses (jusqu'à 7 %) et les mesures à haute concentration sont trop élevées (jusqu'à 15 %, voir tableau 3).

La relation linéaire pourra servir à corriger les valeurs obtenues avec la sonde. Une correction de $0,8857 * X + 8.5893$ permettra de corriger les données X obtenues par la sonde.

- ii. Concentration d'oxygène

À la station EM6, des valeurs d'oxygène très basses (~30 µmol/kg) ont été mesurées l'été dernier dans les eaux de fond. Les mesures prises cet hiver ne montrent pas de valeurs particulièrement basses (59 µmol/kg).

À la station P06, la concentration d'oxygène au fond est beaucoup plus élevée (127 µmol/kg) que la valeur mesurée l'année dernière (60 µmol/kg). Ceci signifie que du mélange accru a oxygéné les eaux de fond.

Tableau 5. Échantillonnage de l'oxygène

Station	Profondeur (m)	Oxygène Winkler (µmol/kg)	Oxygène Sonde (µmol/kg)
P04	115	223,4	226,9
	50	272,1	292,1
	2,3	320,6	343,4
P06	200	126,9	125,5
	100	209,7	228,7
	50	288,5	311,7
	25	306,5	350,1
EM6	fond	58,9	54,9
	250	60,2	57,2
	200	80,0	75,9
S18	166	254,5	272,0
	2	347,9	386,3
P07	270	60,0	59,0
	200	81,3	84,8
	150	177,6	130,4
	100	183,7	216,2
	2	327,1	361,7
P08	290	57,2	53,6
	200	81,5	79,0
	150	119,0	121,9
P09	330	62,6	
	200	95,4	
	150	131,6	
P10	290		
	200		
	100		
	50		
	3		

iii. Détermination du pH

Dans chaque station, le pH décroît avec la profondeur. Ceci est causé par une accumulation de carbone organique vers le fond, qui acidifie légèrement l'eau.

Ci-dessous sont présentés quelques résultats préliminaires. Cependant, les données de pH sont présentées à 25 °C, et devront être corrigées à la température in situ. Ces données ne sont donc pas corrigées.

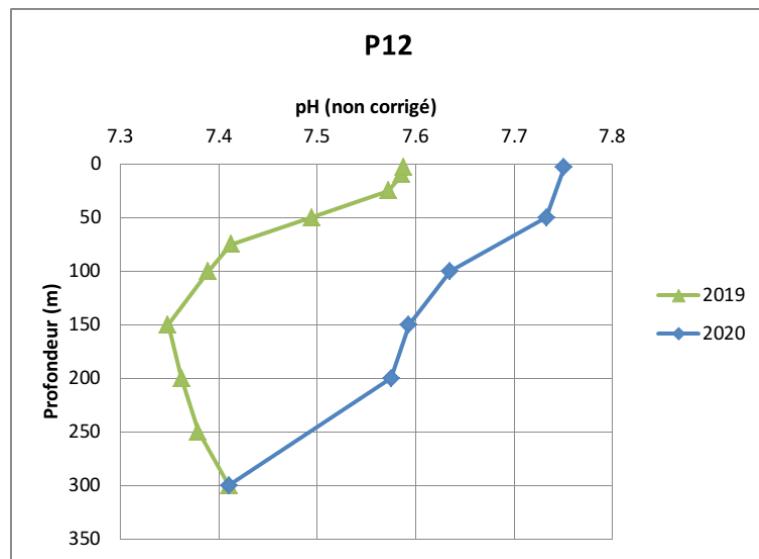


Figure 31. Profil du pH de la colonne d'eau entre 0 et 300 m (comparatif 2019-2020)

La figure ci-dessous montre le pH non corrigé de la station P12 à G26, donc le long du chenal laurentien, de l'amont vers l'aval. On semble observer que plus les eaux profondes entrent dans le chenal (de droite à gauche), plus les eaux sont acidifiées.

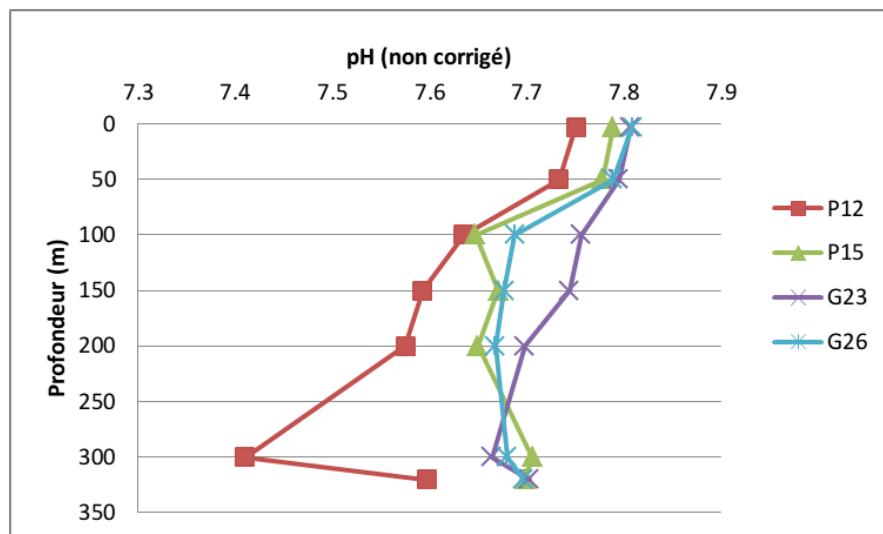


Figure 32. Profil du pH de la colonne d'eau aux stations P12 à G26 entre 0 et 300 m

Faits saillants

Basé sur les données de concentrations en oxygène dissous des eaux de fond mesurées par l'équipe de Mucci (Mathilde Jutras), les eaux de fonds en tête de chenal sont plus oxygénées que ce qui était mesuré en 2019, pendant la mission hivernale et pendant la mission stage. Cette ventilation des eaux de fond pourrait expliquer pourquoi sporadiquement nous y observons une grande quantité d'organismes benthiques (notamment des ophiures que nous y retrouvons en grand nombre). L'absence de glace semble favoriser le mélange des eaux de fond sous-oxygénées avec les eaux de la couche intermédiaire froide plus oxygénée. Par contre, en aval, au cœur du Chenal, les concentrations en oxygénées sont proches ou sous le seuil théorique de l'hypoxie, comme observée en hivers 2018 et 2019, et plus récemment à l'automne 2019.

Malgré les concentrations d'oxygène en tête de chenal, les pénétrations d'oxygène dans les sédiments des trois sites de la zone hypoxique, soit EM6, P09 et P10, sont autour de 5 mm. Dans les stations du Golfe, les pénétrations d'oxygène sont comprises entre 5 et 10 mm. Ces valeurs, bien que préliminaires, sont en accord avec ce que nous avons mesuré en 2019 et les années précédentes.

Équipe de Jean-Éric Tremblay (Université Laval) :

i. Nutriments de base

Voici des *sections plot* présentant les données de nutriments de base (nitrate, phosphate, silicate) récoltées durant la mission. L'axe des abscisses représente la distance entre Québec (0 km) et le golfe du Saint-Laurent.

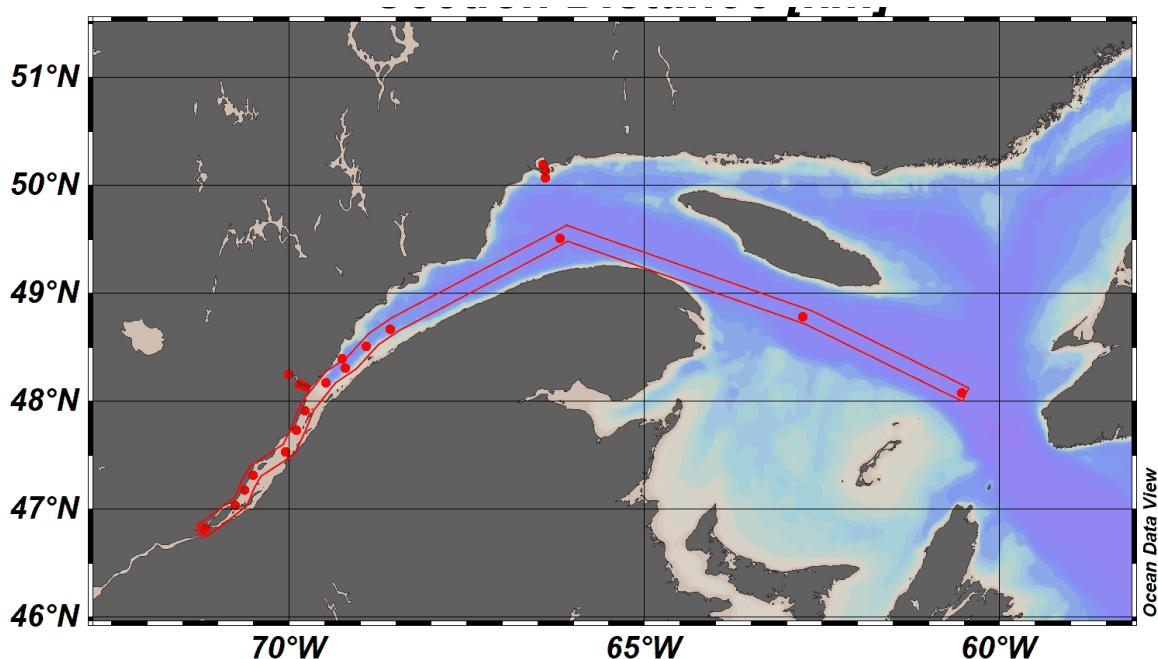


Figure 33. Section plot présentant les données de nutriments de base entre Québec et le golfe du Saint-Laurent

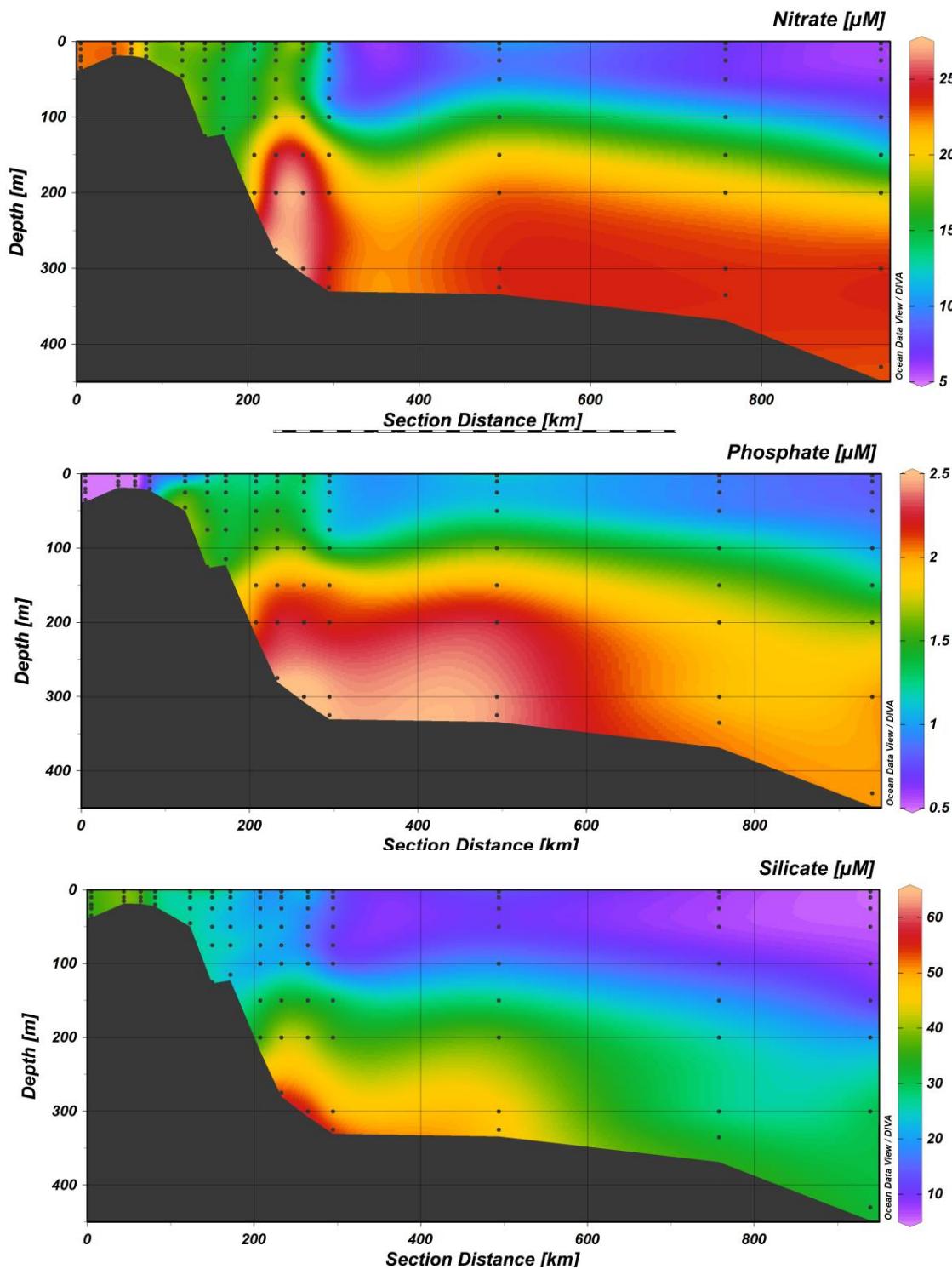


Figure 34. Profil des nutriments de base (nitrate, phosphate, silicate) récoltées durant la mission

Équipe de Michel Gosselin (UQAR-ISMER) :

i. Chlorophylle a

Les concentrations en chlorophylle a dans la colonne d'eau échantillonnées au cours des missions Odyssée St-Laurent 2018, 2019 et 2020 sont présentées en fonction de la profondeur (Figure 35). La chlorophylle a (chl a) est le pigment actif utilisé par le phytoplancton pour capter la lumière lors de la photosynthèse.

Pour toutes les stations, la biomasse phytoplanctonique est plus élevée dans les 10 premiers mètres sous la surface en 2020, comparativement aux années 2018 et 2019 où les concentrations sont plus faibles.

L'augmentation saisonnière de la durée du jour et de l'intensité lumineuse sont favorables à la croissance du phytoplancton. Deux hypothèses peuvent expliquer les différences de concentrations de chl a entre les trois années d'échantillonnage : (1) la diminution de la couverture de glace augmente la disponibilité de la lumière pour la croissance du phytoplancton dans les eaux de surface de l'estuaire moyen; (2) la quasi-absence de glace augmente le mélange vertical par le vent ce qui conduit à une resuspension des pigments qui se sont accumulés dans les sédiments de surface de l'estuaire moyen au cours de l'été et de l'automne 2019.

Ces deux facteurs contribuent probablement à la différence des concentrations de chl a dans la colonne d'eau.

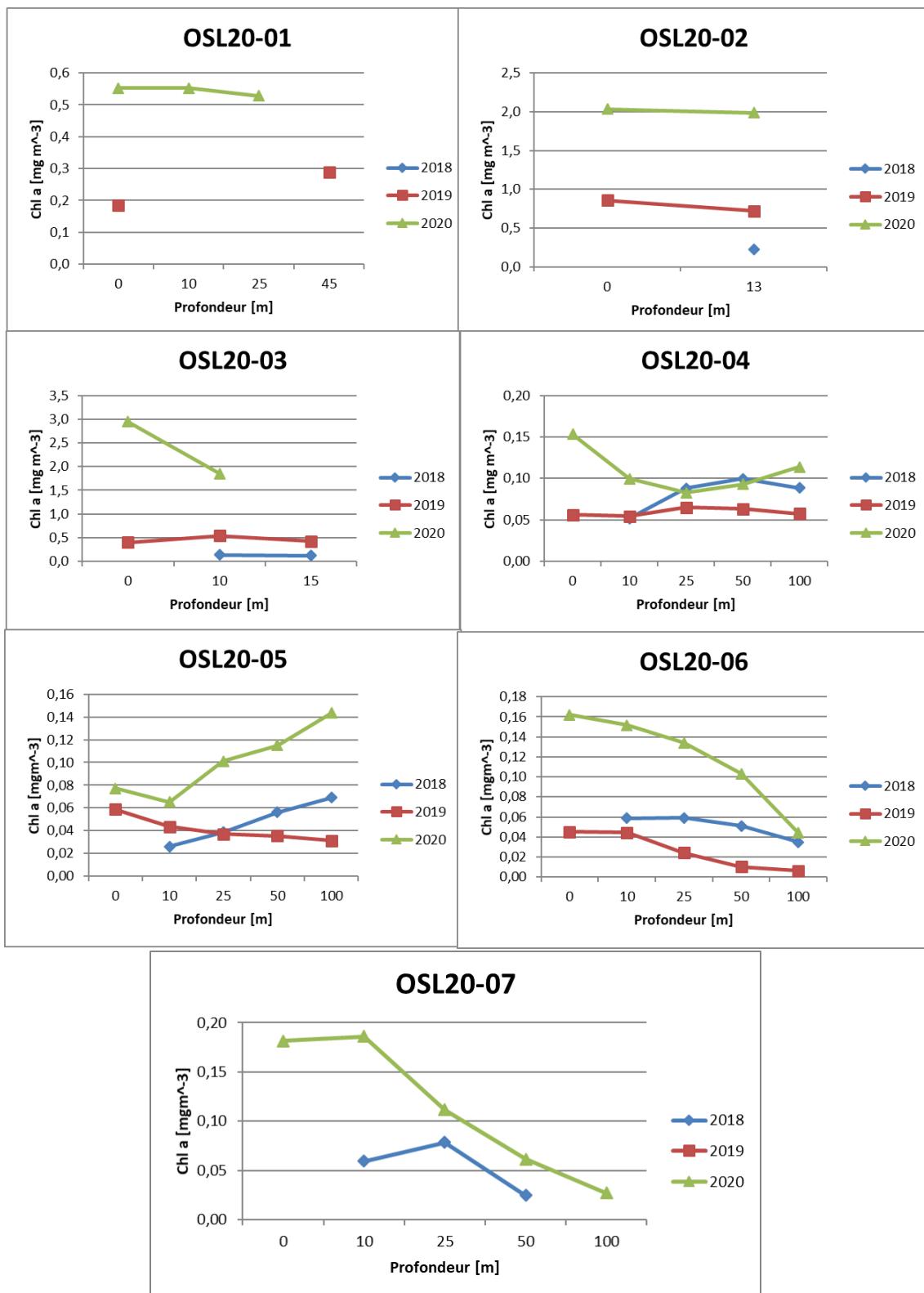


Figure 35. Concentrations en chlorophylle a dans la colonne d'eau échantillonnées au cours des missions Odyssée St-Laurent 2018, 2019 et 2020 sont présentées en fonction de la profondeur

Propriétés bio-physico-chimiques du sédiment

Équipe de Jean-Carlos Montero-Serrano (UQAR-ISMER):

Les faibles conditions de glace rencontrées au cours de la mission ont permis une mission scientifique efficace : toutes les stations prévues sur le plan de mission ont pu être échantillonnées. Une seule mission de déglaçage et d'escorte a été effectuée par le navire. Ainsi, ce sont 11 carottes à gravité, 16 carottiers à boîte, 28 stations d'échantillonnage de MPS et 8 échantillons de glace de mer qui ont pu être récoltés (Figures 36 et 37). Ces échantillons permettront de mieux documenter et comprendre la variabilité climatique dans la région à l'échelle du Quaternaire.

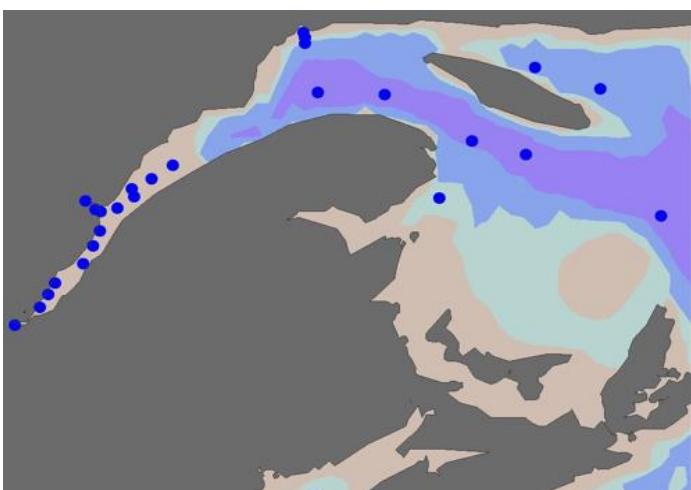


Figure 36. Localisation du matériel particulaire en suspension (MPS) récolté durant la mission Odyssée Saint-Laurent 2020

Pour accomplir les objectifs de cette mission, la composition minéralogique (fraction brute et argileuse), magnétique, et géochimique de l'ensemble des sédiments récoltés sera étudiée à l'ISMER-UQAR et comparée avec les données des sédiments provenant des principales rivières et plages de la Côte Nord et Sud alimentant l'EGSL. Les résultats seront d'abord présentés lors de congrès spécialisés et ensuite publiés dans des revues scientifiques internationales de haut niveau.

Dans le contexte de changements climatiques, ces données peuvent fournir d'importants indices pour améliorer nos connaissances sur (1) l'évolution de l'érosion côtière en relation avec les variations du couvert de glace hivernal et du niveau marin dans l'EGSL, et (2) les processus fondamentaux qui contrôlent la variabilité hydrologique dans l'EGSL au-delà de la période de temps couverte par les mesures instrumentales.

Enfin, du point de vue de formation du personnel hautement qualifié (PHQ), la mission a été une opportunité unique pour Pascal Rioux (technicien à l'ISMER-UQAR) de continuer à consolider ses connaissances sur les opérations de carottage et d'échantillonnage de sédiments dans des conditions hivernales. Les trois étudiantes à la maîtrise à l'ISMER-UQAR présentes pendant la mission, Anne-Sophie Fabris, Anne Corminboeuf et Maria-Emilia Rodriguez-Cuicas, ont pu être formées sur les différentes opérations menées à bord de l'*Amundsen* lors d'une mission océanographique.

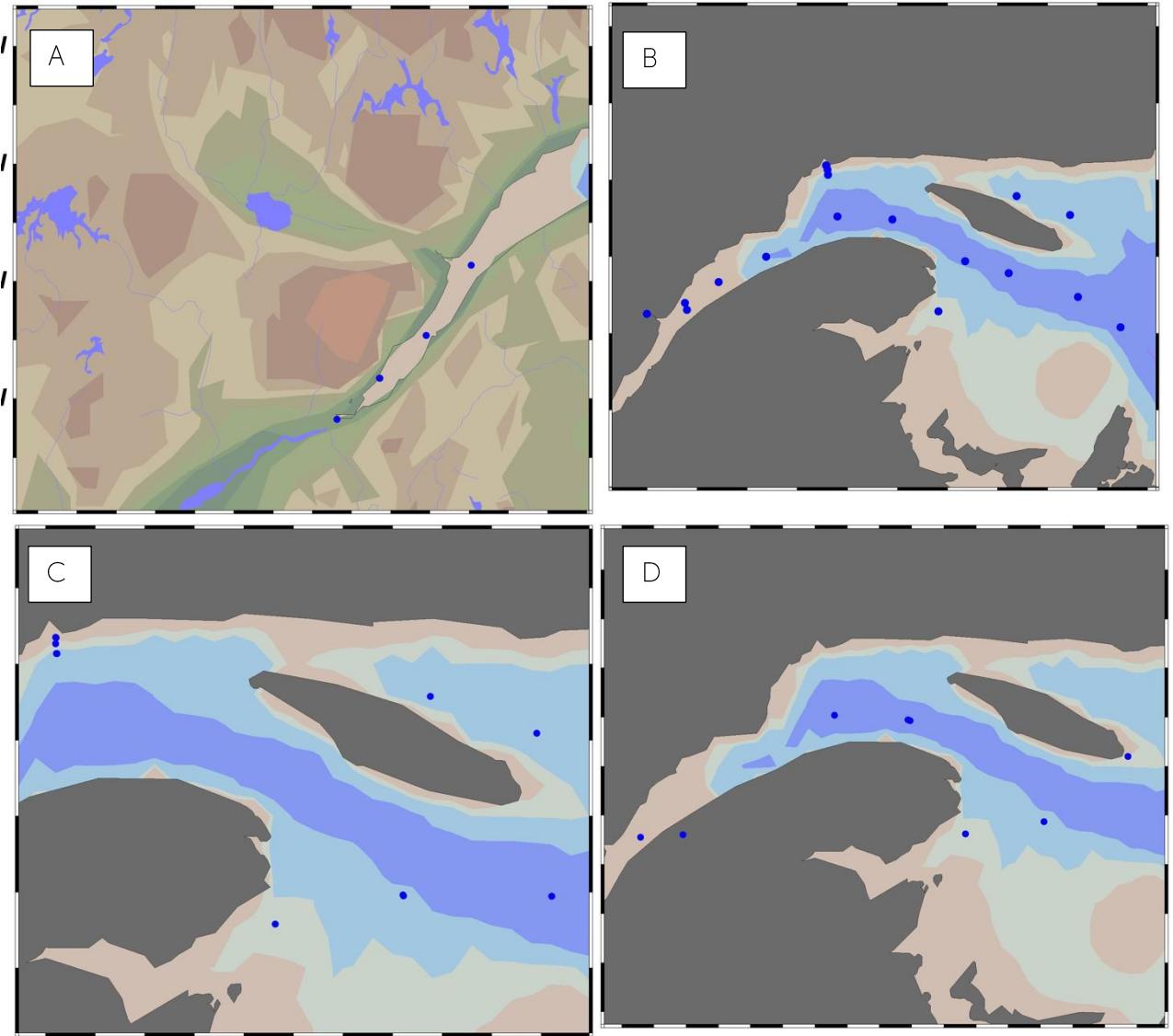


Figure 37. Localisation des échantillons de benne Van Veen (A), carottier à boîte (B), carottier à gravité (C) et glace de mer chargée de sédiments (D) récoltés durant la mission Odyssée Saint-Laurent 2019

Équipe de l'INREST :

Le plan de mission prévoyait 4 stations d'échantillonnage pour la baie de Sept-Îles, mais seulement 3 ont pu être échantillonnées pour accommoder le plan de navigation (voir Tableau 4 et Figure 38).

Tableau 6. Points d'échantillonnage prévus et échantillonés lors de la Mission OSL20.

Points prévus	Latitude	Longitude	Échantillonné (nom de station)
PT1H	50° 11,520' N	66° 25,965' O	Oui (OSL20-SI28)
PT2H	50° 08,537' N	66° 24,024' O	Oui (OSL20-SI29)
PT5-1H	50° 04,238' N	66° 23,907' O	Oui (OSL20-SI30)
PT5-2H	50° 07,148' N	66° 16,450' O	Non

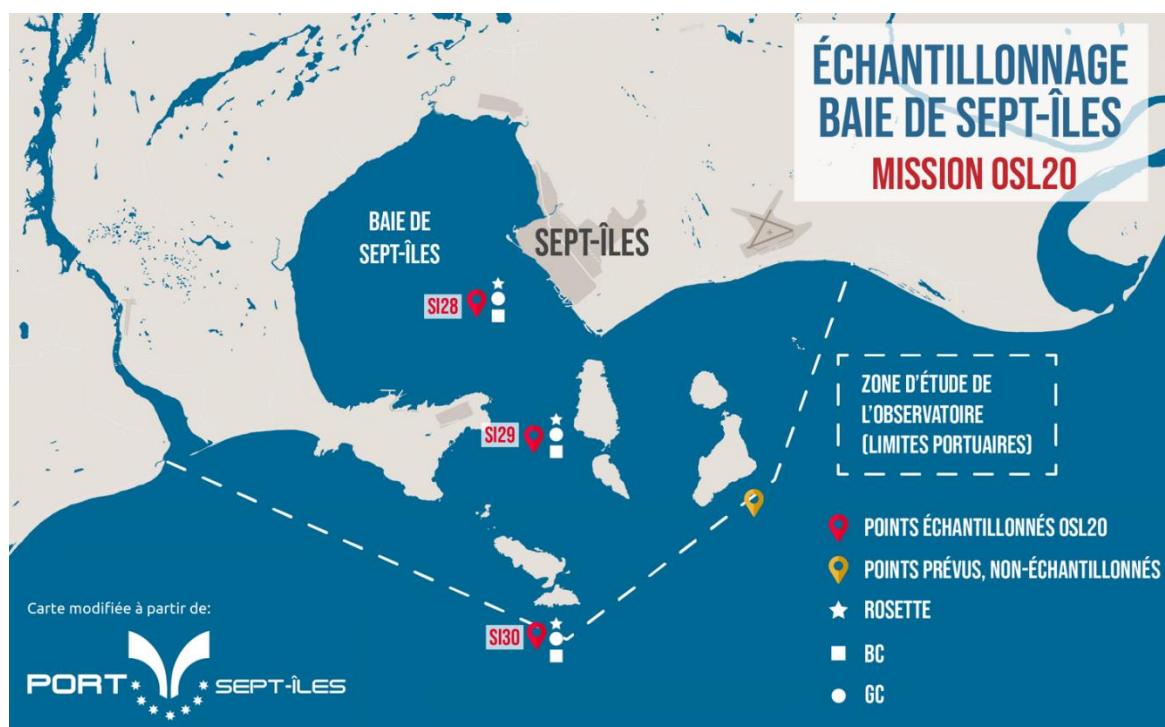


Figure 38. Carte montrant l'emplacement des stations et le type d'échantillonnages effectués dans la baie de Sept-Îles lors de la mission hivernale OSL20 (GC = Carottier à gravité; BC = Carottier à boîte)

Le but était de récolter des répliques d'échantillons pour l'ISMER-UQAR et pour l'INREST. Aux stations SI28 et SI30, le sédiment plus compact et granuleux a rendu la pénétration des carottiers difficile, entraînant une profondeur de carotte réduite (≤ 30 cm par endroits) par rapport à d'autres échantillons récoltés le long de l'estuaire et du golfe. Le carottier à boîte ainsi que le carottier à gravité ont dû être redéployés une seconde fois aux stations SI28 et SI30, après n'être revenus qu'avec un échantillon de surface la première fois. Dans le cas de SI29 où une seule carotte a pu être récupérée, celle-ci sera

partagée entre l'ISMER-UQAR et l'INREST lors de l'analyse (voir Tableau 5 compilant les échantillons pris lors de la Mission Odyssée Hivernale).

Tableau 7. Résumé des opérations de recherche effectuées dans la baie de Sept-Îles

Opérations	Stations (date & heure d'échantillonnage UTC)		
	SI29 (2020/03/06 11 h 12)	SI28 (2020/03/06 18 h 36)	SI30 (2020/03/06 21 h 52)
CTD Rosette	CTD Rosette	CTD Rosette	CTD Rosette
Phytoplancton (filet 20 µm)	Phytoplancton (filet 20 µm) (essai 1)		Phytoplancton (filet 20 µm)
Zooplancton (filet 63 µm)	Phytoplancton (filet 20 µm) (essai 2)	Zooplancton (filet 63 µm)	Zooplancton (filet 63 µm)
Mesozooplancton (filet 200 µm)	Zooplancton (filet 63 µm) (essai 1)	Mesozooplancton (filet 200 µm)	Mesozooplancton (filet 200 µm)
Carottier à boîte	Zooplancton (filet 63 µm) (essai 2)		Carottier à boîte
Carottier à gravité	Mesozooplancton (filet 200 µm) (essai 1)	Carottier à gravité (essai 1)	Carottier à gravité (essai 2)
	Carottier à boîte (essai 1)		
	Carottier à boîte (essai 2)		
	Carottier à gravité (essai 1)		
	Carottier à gravité (essai 2)		

Dans un contexte de changements climatiques et de développement industriel, tant dans la baie de Sept-Îles qu'en périphérie de l'ensemble du Saint-Laurent, ces données récoltées pourront fournir d'importants indices pour améliorer nos connaissances sur les variabilités spatio-temporelles de la composition minéralogique et des assemblages benthiques des sédiments, particulièrement dans une Zone Industrialo-Portuaire.

Cette mission a également été une opportunité pour le personnel de l'INREST d'approfondir ses connaissances en matière d'échantillonnage sédimentaire et hydrologique, qui seront des compétences essentielles et complémentaires dans le cadre du projet d'instrumentalisation du Saint-Laurent. Ceci permettra également à l'INREST de contribuer à la formation de Personnel Hautement Qualifié (PHQ) dans le cadre de la Chaire de recherche sur les écosystèmes côtiers et les activités portuaires, industrielles et maritimes.

Équipe de Gwenaëlle Chaillou (UQAR-ISMER):

i. Microprofil d'oxygène et bioirrigation

Des microprofils d'oxygène ont été effectués à 13 stations (Tableau 6) alors que l'objectif initial était fixé à 5 stations (S18, EM6¹, P09, P10, P12). À noter que la présence de graviers aux stations S18 et A21 n'a pas permis de faire des microprofils d'oxygène. Après avoir effectué les stations de Sept-Îles (SI28²-centre de la baie — et SI30³-entrée de la baie —) la même journée, nous avons dû sauter la station P12 du lendemain (manque de matériel à bord).

Tableau 8. Liste des stations prélevées.

Stations	Box Core	Incubation	Box Core Bioturbation	Microprofil	Macrofaune
P01	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
P02	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
P03	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
P3.5	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
P04	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
P05	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
P06	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
EM6	X	X	X	X	X
S18	X	X	X	N/A	X
S17	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
S16	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
P07	X	X	X	X	X
P08	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
P09	X	X	X	X	X
SI28	X	X	X	X	X
SI30	X	X	X	X	X
P12	X	N/A	N/A	N/A	N/A
P15	X	N/A	N/A	X	N/A
G23	X	N/A	N/A	X	N/A
G26	X	X	N/A	X	N/A
A21	X	NA	NA	NA	NA
A22	X	N/A	N/A	X	N/A
G25	X	N/A	N/A	X	N/A
P14	X	N/A	N/A	X	N/A
P13	X	N/A	N/A	X	N/A
P10	X	N/A	X	X	N/A

¹ 48° 23,930 N; 69° 15,350 W

Mission hivernale d'Odysée Saint-Laurent | Hiver 2020

² 50° 11,50 N; 66° 25,87 W

³ 50° 4,150 N; 66° 23,920 W

Les données de microélectrodes doivent être calibrées avec les valeurs de concentration d'oxygène d'eau de fond. Ces mesures ont été effectuées par une autre équipe (Mathilde Jutras) et ne sont pas encore finalisées. Bien que la sensibilité de la microélectrode peut varier dans le temps (d'où la nécessité de la calibrer avec les données d'oxygène), il est quand même possible d'estimer grossièrement la pénétration d'oxygène dans le sédiment à partir les données brutes. Le tableau ci-dessous (tableau 7) présente quelques données de pénétration d'oxygène. Il semble y avoir une tendance à l'augmentation de la pénétration d'oxygène dans le sédiment de la tête du chenal laurentien vers le golfe du Saint Laurent et une forte différence de pénétration d'oxygène dans le sédiment entre l'intérieur et l'extérieur de la baie de Sept-Îles. Les autres résultats (taux de remaniement sédimentaire, taux de bioirrigation, porosité du sédiment, flux diffusif et total d'oxygène, macrofaune benthique) seront analysés plus tard au laboratoire.

Tableau 9. Résultats préliminaires de mesures de pénétration d'oxygène dans le sédiment (moyenne de trois profils)

Station	Pénétration d'oxygène (mm)
Chenal laurentien	4,9
	5,7
	5,1
	8,5
	6,3
	10,2
Sept-Îles	7,0
	10,7

ii. Flux total d'oxygène et remaniement sédimentaire

Tout comme pour les mesures de microélectrodes, les mesures d'oxygène effectués avec les optodes (en % de saturation) doivent être calibré avec les valeurs de concentration d'oxygène (en $\mu\text{mol L}^{-1}$) d'eau de fond, ce qui sera fait ultérieurement. Les mesures de remaniement sédimentaire nécessitent une étape de lyophilisation puis la prise de photographie sous lumière noire, ce qui sera réalisé au retour à l'Université.

iii. Macrofaune

Des échantillons de macrofaune ont été récoltés à 6 stations (Tableau 6). À la station P14, aucun organisme n'a été retrouvé dans le tamis. Nos échantillons ne couvrent donc que la zone hypoxique de l'estuaire du Saint-Laurent et une station du Fjord. À la tête du chenal laurentien, un très grand nombre d'ophiures a été observé.

iv. Caractéristiques sédimentaires

Les échantillons seront traités au retour à l'Université.

Équipe de Gesche Winkler (UQAR-ISMER) :

Quelques observations des organismes du zooplancton ont été faites sous le binoculaire à bord :

Les communautés changent comme attendu avec le gradient de salinité. Nous avons trouvé des espèces d'eau douce (les rotifères, les copépodes cyclopoides) aux stations P1. À la station P2, il y avait beaucoup de débris et de détritus dans l'échantillon, mais pas de mesozooplancton visible. À la station P2.5 et P3, le copépode estuaire euryhaline *Eurytemora affinis*, domine la communauté du mesozooplancton de la zone de turbidité maximale ZTM. Le macrozooplancton de la station P2.5, P3 et P3.5 est dominé par le mysidacé *Neomysis americana* et *Mysis stenolepis* et *M. littoralis*, les espèces fourragères importantes de la ZTE. Aux stations P4, P5 ainsi que les stations du Fjord S18-S16, *N. americana* a été remplacé par le mysidacé *Mysis littoralis* et le krill arctique *Thysanoessa raschii* (figure 40). À partir de la station P06 de plus en plus les copépodes des eaux marines ont été présents comme *Calanus hyperboreus*, *Calanus finmarchicus*, *Paraeuchaeta norvegica*, *Metridia longa* et *Metridia lucens*. La dernière une espèce qui produit la bioluminescence qui a été observée une fois l'échantillon était à bord au laboratoire. Les cténophores (*Beroë cucumis*), les méduses (*Aglantha digitale*), les chaetognathes (*Sagitta* sp.), les polychètes holoplanctonique (*Autolytus* sp., *Tomopteris* sp.), les hyperiidae, le krill nordique (*Meganyctiphanes norvegica*) ainsi que les mysidacés des eaux profondes (*Boreomysis arctica*) (Figure 41) s'ajoutent à la communauté du macrozooplancton. Cette année nous avons trouvé à plusieurs stations des amphipodes arctiques, *Themisto libellula* (figure 42), qui réside dans l'estuaire et le golfe, une fois transporter dans le système via le courant du Labrador.

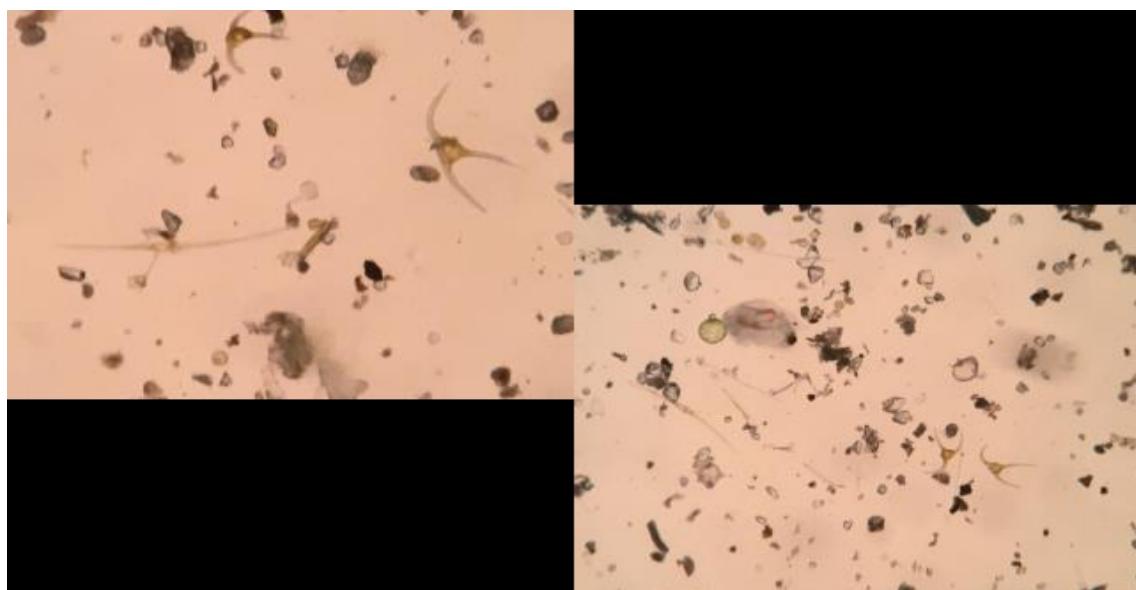


Figure 39. Échantillon du filet 63 µm. Présence de différentes espèces de dinoflagellés
© Gesche Winkler



Figure 40. Échantillon du filet Jacknet 202 µm. Présence de mysidacés, ici *Mysis litoralis* dans la photo de gauche et de krill, *Thysanoessa raschii* à droite
© Gesche Winkler

Les mysidacés sont en reproduction et un nombre considérable de femelles avec des marsupiums remplis d'œufs ou d'embryons ont été trouvées (figure 40). Pour la première fois, nous avons trouvé deux femelles de *Mysis stenolepis* à la station P3.5 qui portaient aussi les œufs. Comme l'an dernier, une partie de la communauté des copépodes est déjà en reproduction. Un grand nombre de femelles de *Calanus hyperboreus* ont des ovaires pleins d'œufs (figure 14) et des pontes ont été observés sous le binoculaire. De plus, *Paraeuchaeta norvegica*, une espèce qui porte un sac d'œufs, a été trouvé en pleine reproduction. Les jeunes stades de copépodes, nommés nauplii sont nombreux dans les premiers 50 m de la colonne d'eau échantillonnés par le filet de 63 µm. De plus, nous



Figure 41. *Boreomysis arctica* juvéniles lors du tri © Christophe Anderson



Figure 42. *Themisto libellula* lors du tri © Gesche Winkler

avons trouvé dans le filet Jacknet 202 µm du méroplancton, dont les larves de décapodes de type zoé de crabe (figure 43).

Au total, 131 filets verticaux ont été déployés, nettement plus que ce qui était attendu en début de mission. 48 filets de phytoplancton (20), 46 de microzooplancton (63) et 35 de mésozooplancton (202) ont été échantillonnés par notre équipe (Tableau 8). Une bonne partie du travail demeure à faire en taxonomie au retour pour identifier précisément le contenu de ces nombreux échantillons sur le vaste territoire couvert par la mission.

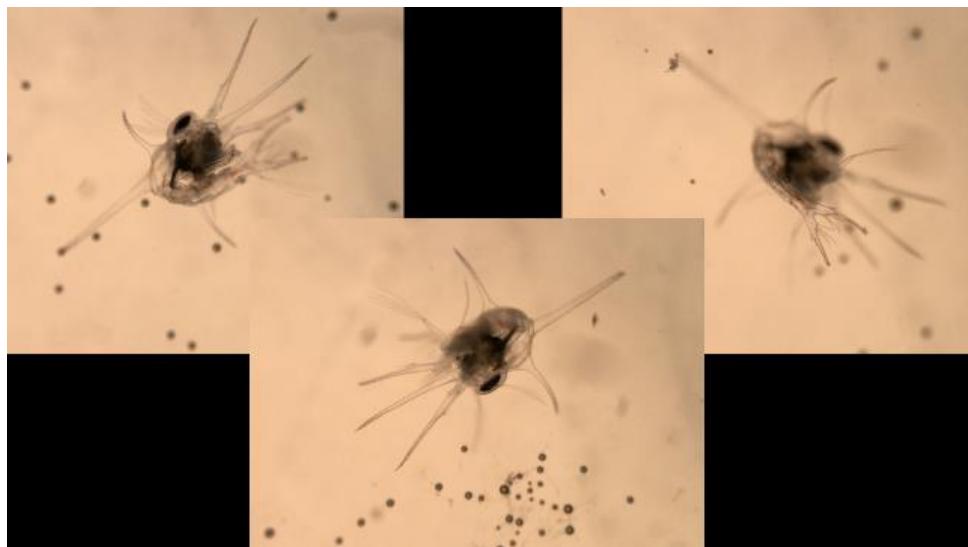


Figure 43. Larve de crabe, zoé de décapode lors du tri © Gesche Winkler

Tableau 10. Métadonnées de l'échantillonnage pour la MPS, MOP, isotopes et zooplancton

Mission	Station	Station depth (m)	Date	Filtrations (MPS, MOP, Isotopes)	20	63	202	Oblique (333, 500)
OSL2020	P1	46	28-02-2020	10 m/fond	XX	X	XX	
OSL2020	P2	19	28-02-2020	10 m/fond	XX	XX	XX	
OSL2020	P2.5	19	28-02-2020	10 m/fond	X	XX	XX	
OSL2020	P3	25	29-02-2020	10 m/fond	XX	XX	XX	
OSL2020	P3.5		29-02-2020	10 m/fond	XX	XX	XX	
OSL2020	P4		29-02-2020	10 m/fond	XX	XX	XX	
OSL2020	P5	123	01-03-2020	10 m/fond	XX	XX	XX	
OSL2020	P6	220	01-03-2020	10 m/fond	XX	XX	X	X
OSL2020	EM6	300	01-03-2020	10 m/fond				
OSL2020	S18	179	02-03-2020	10 m/fond	XX	X	XX	
OSL2020	S17	143	02-03-2020	100 m	X	X	X	
OSL2020	S16	242	02-03-2020	10 m/fond	XX	X	X	
OSL2020	P7	291	03-03-2020	10 m/fond	XX	XX	X	
OSL2020	P8	306	03-03-2020	10 m/fond	XX	XX	X	
OSL2020	P9	331	05-03-2020	10 m/fond	XX	XX	X	X
OSL2020	P10	297	05-03-2020		XX	X		
OSL2020	P10_BIS		13-03-2020	10 m/fond			X	X
OSL2020	SI29	98	6-03-2020	10 m/fond	X	X	X	
OSL2020	SI28	26	6-03-2020	10 m/fond	XX	XX	X	
OSL2020	SI30	181	6-03-2020	10 m/fond	X	X	X	
OSL2020	P12	388	7-03-2020	10 m/fond	XX	XX	X	X
OSL2020	P15	367	8-03-2020	10 m/fond	XX	XX	X	X
OSL2020	G23	448	9-03-2020	10 m/fond	XX	XX	X	X
OSL2020	G26	409	9-03-2020	10 m/fond	XX	XX	X	X
OSL2020	A21	235	10-03-2020	10 m/fond	X	X	X	
OSL2020	A22	252	10-03-2020	10 m/fond	XX	XX	X	X
OSL2020	G25	108	11-03-2020	10 m/fond	X	X	X	X
OSL2020	P14	324	11-03-2020	10 m/fond	XX	XX	X	X
OSL2020	P13	370	12-03-2020	10 m/fond	XX	XX	X	X

Expériences d'incubation

Deux expériences d'incubation de *Calanus hyperboreus* ont eu lieu à bord, pour un total de 120 femelles. Ce sont 47 de ces femelles qui ont pondu, pour un total de 2825 œufs. Parmi ces œufs pondus, 67 % ont éclos pour donner naissance à 1889 jeunes nauplii en stade N1. Ces taux sont un indicateur que la nouvelle production secondaire débute avant même le bloom phytoplanctonique printanier, pourtant la vie semble bien en branle même en fin février.

*Équipe de Dominique Robert et Marie-Julie Roux (UQAR-ISMER et IML) :
Projet larves de flétan*

L'échantillonnage de 11 stations au filet oblique a permis l'acquisition de 8 larves de poissons plats qui devront être identifiées plus précisément au laboratoire. Deux autres larves ont été récoltées dans le filet 202 µm vertical à la station P13 (tableau 9). Selon leur morphologie, ces larves pourraient être celles de flétan de l'Atlantique ou bien celles du flétan du Groenland (*Reinhardtius hippoglossoides*), qui se reproduit également dans les eaux du Golfe à la même période. S'il s'avère que ces larves sont celles du flétan de l'Atlantique, leur présence dans nos échantillons représente un pas important vers l'acquisition de données sur cette espèce, malgré le faible nombre. Le fait que la mission de 2020 a été réalisée en mars a possiblement facilité la capture de ces larves qui n'avaient pas été observées en février lors des années précédentes (2018-2019). La poursuite des efforts dirigés pour la capture d'ichtyoplancton dans les zones profondes du Golfe en hiver pourrait aider à corroborer les observations récentes d'aires de reproduction du flétan faites par télémétrie satellite (Le Bris et al. 2018).

Tableau 11. Métadonnées des filets obliques déployés lors de la mission Odyssée Saint-Laurent 2020, du 28 février au 13 mars 2020 dans l'estuaire du Saint-Laurent

Station	Profondeur station (m)	Date	Maille (µm)	Profondeur (m)	Larves de poissons plats	Notes
P6	215	01-03-2020	333	176,78	0	
P7	280	03-03-2020	333	268,70	0	
P9	332	05-03-2020	333	323,27	0	
P12	332	07-03-2020	333	311,13	0	
G23	446	09-03-2020	333	385,67	2	
G26	410	09-03-2020	202	344,15	0	Déchiré 333 au premier essai. Utilisation du 202 en oblique
A22	250	10-03-2020	500	196,60	0	filet 500 microns monté
G25	110	11-03-2020	500	84,85	0	
P14	324	11-03-2020	500	283,44	1	
P13	369	12-03-2020	500	344,72	7	2 larves dans 202 vertical
P10	300	13-03-2020	500	268,70	0	

i. *Projet caméra appâtée :*

Station P5 : Les autres opérations ont pris de l'avance pendant la journée du 29 février. Ceci a permis de libérer assez de temps pour se rendre à la station P5, la première station considérée par le chef de mission pour le déploiement des CVSA. Le déploiement s'est bien déroulé, mis à part que le réflecteur radar n'était pas stable et donc inutilisable. La récupération étant prévue à 17 h, les bouées ont été vues à la timonerie à 16 h 40, mais elles sont passées en dessous de la surface probablement à cause du fort courant. Le mouillage a été récupéré à 20 h 16, puisque les bouées sont réapparues à la dernière minute, avant d'abandonner les recherches pour la journée afin d'y revenir le lendemain. Les images de cette station ne sont pas concluantes en raison de la visibilité réduite et du courant fort qui ont fait traîner et basculer la cage dès que les bouées ont été mises à l'eau et que la ligne principale s'est tendue.

Station P6 : Le réflecteur radar a été stabilisé par un leste (manille), mais n'était toujours pas utilisable, probablement à cause de sa faible hauteur par rapport à la surface de l'eau. Des lestes (4 manilles) et deux barres de fer ont été fixées sur la cage pour améliorer sa stabilité (Figure 44). Les images de cette station sont riches en espèces et montrent un flétan (Figure 45), un phoque, un sébaste, des capelans, des crevettes, des crabes et des oursins.



Figure 44. Système de caméras vidéo sous-marines appâtées (CVSA) modifié avec barres de fer

Station P7 : Pendant ce déploiement, la caméra gauche a été mise en mode photo par erreur. Ceci nuit à la capacité de mesurer les organismes observés et limite le champ de vision. De plus, une des lumières a pris l'eau et a montré des signes de dysfonctionnement après le déploiement. Il semble y avoir moins d'organismes qu'à la station précédente, néanmoins, il est possible de voir une raie à plusieurs reprises, une morue, deux poissons non identifiés et des ophiures.



Figure 45. Image du flétan observé à la station P6

Station P8 : Ce déploiement a eu lieu peu de temps après celui de la station P7. Une des lumières n'étant pas fonctionnelle et n'ayant pas d'autres lumières de remplacement, une seule lumière a été installée sur la cage de façon à ce qu'elle illumine le champ de vision des deux caméras. Pendant la récupération, la cage a été complètement renversée, probablement à cause des barres de fer nouvellement installées qui se sont enfoncées dans le sédiment en créant un effet de levier. Malgré la présence d'une seule lumière, les images restent satisfaisantes. La station est dominée par les myxines, mais trois autres espèces de poissons sont observées. En remontant, la caméra a filmé un pock mark.

Station P9 : Les barres de fer ont été enlevées avant ce déploiement. La deuxième lumière a été réparée et installée. La station est dominée par les myxines. Des anémones et des plumes de mer sont observées sur le fond marin.

Station P10 : Le déploiement et la récupération ont été faits de manière efficace et sans problèmes. Les images montrent encore une fois la dominance des myxines qui ont créé beaucoup de bioturbation (Figure 46), ce qui réduit significativement la visibilité sur les images. Deux poissons plats sont observés et le fond est caractérisé par des plumes de mer et des anémones.

Station P12 : Cette station est marquée par la perte du système de caméras vidéo sous-marines appâtées (CVSA). Le couvert de glace était nettement plus important que les stations précédentes (Figure 4), correspondant à un déploiement à durée réduite selon le protocole d'échantillonnage. Les bouées sont passées sous quelques plaques de glaces et sont réapparues plusieurs fois pendant la première heure de déploiement. À 7 h 56, le contact visuel avec les bouées a été perdu. Un retard sur les autres opérations a alors privilégié le maintien des opérations plutôt que la récupération du CVSA. À 9 h 30 et à 11 h 40, le navire ayant dérivé à une distance de 1 nm, le commandant est revenu à la dernière position connue des bouées pour tenter de reprendre un contact visuel sur les bouées tout en poursuivant les opérations. De 14 h 45 à 20 h 30, la priorité a été mise sur la recherche du mouillage et beaucoup de membres de l'équipage y ont été mobilisés, sans succès. La marée étant haute pendant le début du déploiement, il est possible que celle-ci ait joué un rôle important dans la perte du système, ou que des courants forts aient abaissé les bouées en dessous de la surface. Le 13 mars 2020 à 6 h, le navire est retourné sur la dernière position connue des bouées, à marée haute, et a refait des passes de recherche pour tenter de localiser les bouées, mais celles-ci n'ont pas été aperçues.



Figure 46. Bioturbation créée par les myxines à la station P10

Physique

Équipe de Cédric Chavanne (UQAR-ISMER) :

Les données de température et salinité ont servi à calculer la densité des masses d'eau qui ont ensuite été interpolées horizontalement. Les figures qui en résultent serviront à analyser la formation du ressaut en condition hivernale et à comparer les données recueillies en hiver à celles de l'été 2018. En ordre les figures des transects 1, 2 et 3 de -200 à 2200 m et 4 de -200 à 3200 m, sont présentées ci-dessous.

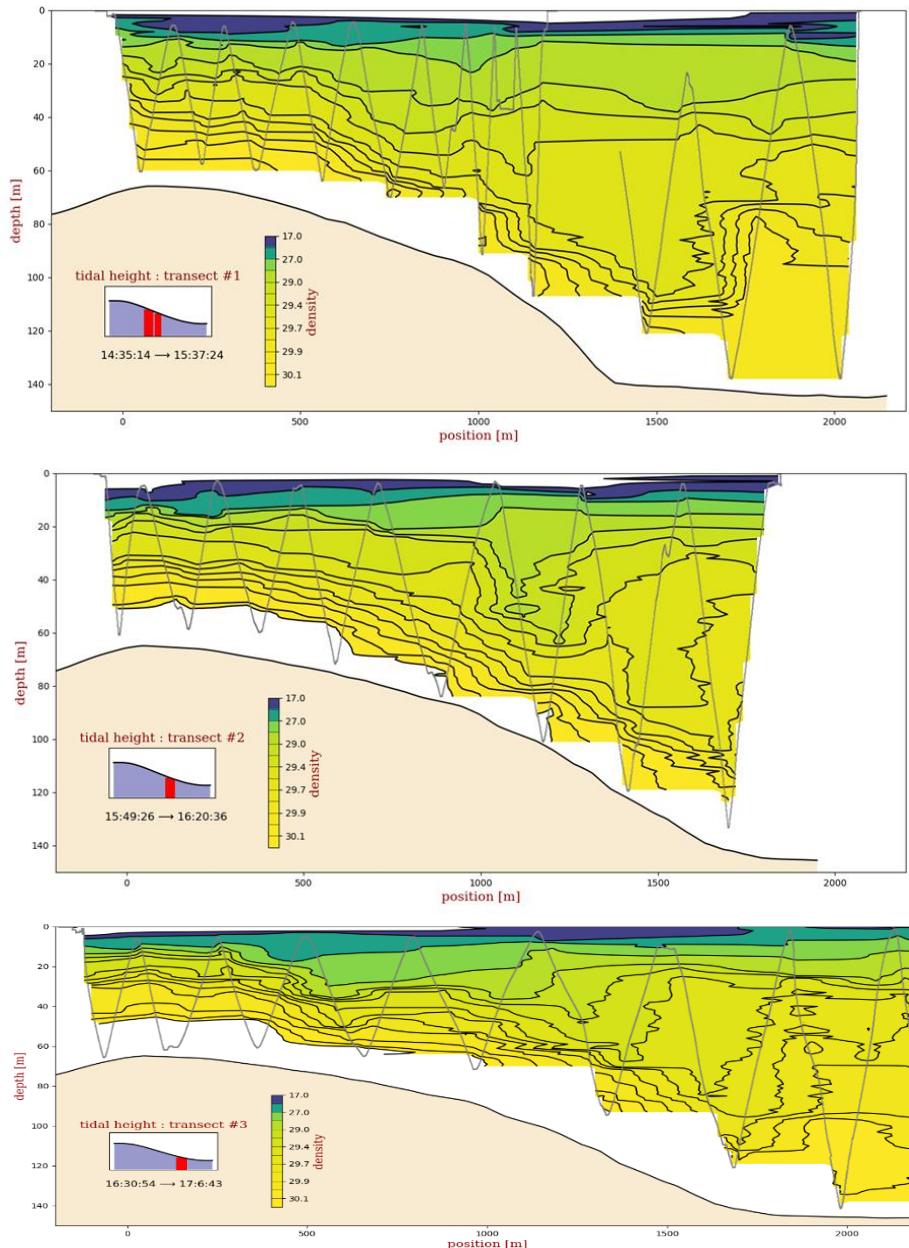


Figure 47. Transects 1, 2 et 3 de -200 à 2200 m. Interpolation horizontale de la densité du transect CTD-2

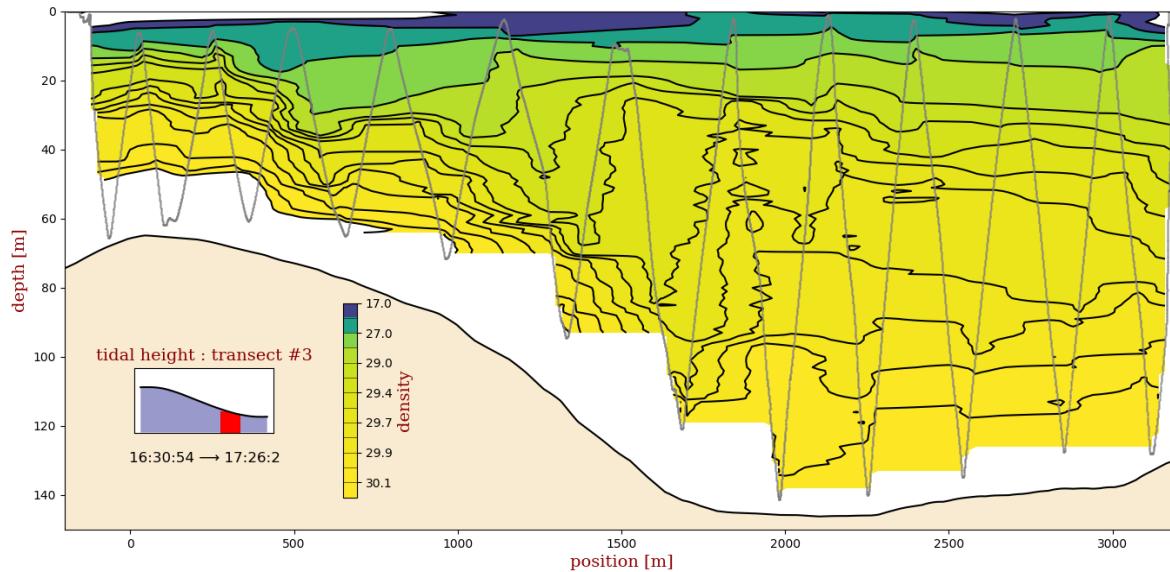


Figure 48. Transect 4 de -200 à 3200 m. Interpolation horizontale de la densité du transect CTD-2

Analyse artistique

Une mission telle que la Mission Odyssée Saint-Laurent se réalise à travers une complémentarité des savoirs et de savoir-faire. La transmission et la communication entre tous sont favorisées tant par une mise à jour rigoureuse de l'horaire en tout temps que par des rencontres, des présentations et des espaces communs informels d'échanges. Les liens qui se tissent deviennent en soi une source de connaissance et de transmission. Être aux premières loges de cette dynamique me permet de m'en imprégner, d'en faire partie et de pouvoir l'intégrer au récit de manière à ce que les projets de chacun et l'expertise de la navigation hivernale soient mis en valeur dans le récit, mais avec une approche par le vécu et par l'apport collaboratif de chacun. Cette façon de raconter me permettra de transmettre au spectateur l'ampleur de ce qui se réalise sur le Saint-Laurent. Chaque entrevue me mène à faire des liens avec les projets ou les enjeux des autres à bord.

D'une façon plus globale, je fais des liens avec l'ensemble de mes trois dernières années également. En effet, depuis 2017, j'ai fait près de 35000 km sur la Côte-Nord et sur la Côte Sud du Saint-Laurent. J'ai rencontré près de 200 collaborateurs au contenu, avec lesquels des liens se sont tissés. Naviguer dans le corridor saint — Laurent, de Québec à l'embouchure du golfe Saint-Laurent, porte ainsi un sens plus vaste, un lot de moments vécus, de savoirs transmis, de références, de réminiscence. Cette mission porte en quelque sorte un sens vaste, la source même d'éch2osystème : le Saint-Laurent.

Mesures, analyses et corrections post-mission —en cours et prévues

L'ensemble de données recueilli lors de cette mission hivernale sont disponible à la base de données du Réseau Québec maritime, ou le seront au courant de la prochaine année (2020-2021).

- Contaminant émergent (Université de Montréal)
- ADN environnemental (ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs)
- Spectrométrie de masse (p. ex., spectrométrie de masse à plasma à couplage inductif (ICP-QQQ-MS, Agilent 8800) et spectrométrie de masse haute résolution (Thermo Orbitrap Q-exactive) (Université de Trent)
- Analyse isotopique de la faune benthique au laboratoire de spectrométrie de masse de l'ISMER-UQAR

Recommandations

Amélioration de la CTD-Rosette (Christian Boutot) :

- o Les bouteilles :

Les pratiques d'armement des bouteilles de la rosette ont été améliorées tout le long de la mission, pour éviter les fuites d'eau. Des câbles ont été remplacés, des élastiques changés et autres raccourcis. Pour les problèmes d'*o-rings* qui sortent de leurs emplacements, l'application d'un peu d'eau sur ceux-ci aide à les tenir en place. Néanmoins, les rondelles (*o-ring*) en silicium sont plus difficiles à manipuler que celle en caoutchouc.

- o Sonde de Nitrate ISUS :

Nous avons fait la constatation que le caisson de batterie ne fournit pas un courant suffisant pour tenir la lampe UV de la sonde en marche. En nous branchant directement sur la sonde avec un fil USB et sur le logiciel ISUScom, nous avons constaté que la sonde se mettait en mode sécurité (*reached safe state*) après avoir des problèmes d'alimentations lors de la mise en marche de la lampe UV.

Le fait de la brancher sur alimentation voltage 6 du CTD 15V+ de l'auxiliaire JT6 a réglé le problème. Nous avons dû faire un câble sous-marin spécial à cet effet. Cette pratique sera gardée même si elle n'est pas recommandée par le fabricant qui d'ailleurs, ne supporte plus cet appareil.

- Carrousel :

Le problème de carrousel que nous avons observé semble être dû à un problème de port de communication de l'ordinateur d'acquisition. Les fils ont été resserrés et le problème n'est pas revenu. Un entretien rigoureux du carrousel est et sera fait.

Équipe de Gesche Winkler (UQAR-ISMER) :

Il est apprécié que le conteneur de stockage ait été apporté à bord pour le pont en avant. Ceci a permis de laisser les filets de zooplancton dégeler entre les stations dans un endroit à l'abri. Le conteneur a très bien été aménagé; le chauffage était assez puissant pour garder les filets déglacés.

L'équipage a été d'une aide inestimable, tant lors des opérations de pont qu'en cuisine. Leur professionnalisme et leur servabilité nous ont permis de travailler efficacement et en sécurité. Nous avons sincèrement apprécié la bonne ambiance de travail et le soutien qu'ils nous ont offert. Le système de mise à jour du plan de mission via Wifi était vraiment efficace et nous permettait de connaître en tout temps le déroulement des opérations. Les organisateurs ont fait un travail remarquable en ajustant les opérations aux besoins de chacun.

Quelques problèmes rencontrés :

La poulie compeuse, tant au début de la mission que lorsqu'il a fait froid, gèle; elle ne compte pas exactement le bon chiffre de longueur de câble déroulé. À cause de cette problématique, le filet oblique a été envoyé dans le fond à la station G26. Le filet 333 µm a aussi été endommagé; il a été déchiré à environ 30 cm. On a refait un trait oblique à cette station avec le filet 202 µm de backup et un godet de 333 µm. Il a donc fallu chauffer la poulie, ce qui a été fait après. Une personne a été affectée à la surveillance de la poulie lors des déploiements suivants.

Finalement, le filet a été rempli de glace à la station P12. À partir de ce moment, on a déployé le filet avec le bateau à l'arrêt (à 50 m) et on l'a récupéré avec un minimum d'angle dans le câble (à partir de 50 m de câble en vertical).

Équipe de Gwenaëlle Chaillou (UQAR-ISMER) :

Problèmes rencontrés à bord pour la réalisation de microprofils d'oxygène :

La mesure de concentration d'oxygène dans les premiers millimètres de la colonne sédimentaire est une mesure très délicate, nécessitant des conditions stables. À bord, nous avons rencontré des problèmes à trois niveaux :

- Le maintien de la température à la valeur in situ

La concentration en oxygène dans l'eau est fortement dépendante de sa température, il est donc primordial de réaliser les mesures à une température la plus proche possible de la température naturelle. Le laboratoire où étaient effectuées les analyses était plus chaud que la température de l'eau. Elle avait donc tendance à se réchauffer rapidement.

Deux mesures ont été prises à bord pour limiter cet artefact : l'utilisation d'ice packs et d'un thermomètre pour contrôler la température de l'eau ainsi que la réduction de la

durée d'acquisition d'un profil en réduisant le temps de stabilisation de la microélectrode à chaque profondeur, de 15 s à 7 s et en augmentant le pas d'échantillonnage de 100 à 200 µm. Cette dernière mesure a pour conséquence de réduire la précision du profil, mais est cohérente avec la méthode utilisée jusqu'à présent. Il a été envisagé d'effectuer ces mesures dans la chambre à température contrôlée, mais nous n'étions pas certains que les appareils puissent supporter la faible température de la pièce.

Pour le futur, nous envisageons de tester le bon fonctionnement de nos appareils lors d'une utilisation prolongée à faible température. Une autre solution envisagée serait d'utiliser un volume d'eau plus important pour augmenter l'inertie thermique. La variation de température tolérée pour nos mesures a été fixée à $\pm 3^\circ\text{C}$.

- Le maintien de la concentration en oxygène de l'eau surnageante à la valeur in situ

Notre projet est d'étudier des processus hypoxiques. Le fait de remonter le sédiment à la surface en présence d'oxygène réduit considérablement notre marge de manœuvre. En effet, dès que le sédiment est prélevé, il faut limiter le plus possible son contact avec l'air ambiant lors du sous-échantillonnage dans le carottier à boîte et durant l'acquisition de donnée.

À bord, nous avons tenté d'accélérer le plus que possible le sous-échantillonnage dans le carottier à boîte. Nous avons également réduit la durée d'acquisition comme détaillée au point précédent.

La variation de concentration d'oxygène dans l'eau surnageante tolérée pour nos mesures a été fixée à $\pm 10\%$ sat. En fonction de la forme des profils obtenus, cette tolérance pourra être revue à la baisse et certaines données seront écartées.

Pour le futur, nous envisageons de prélever un plus grand volume d'eau dont la concentration en oxygène pourra être surveillée et ajustée à l'aide d'un contrôleur dans une chaudière. Une pompe péristaltique permettra de renouveler de manière continue l'eau surnageante de la carotte de sédiment mesurée. Cette méthode présente aussi l'avantage de maintenir une légère turbulence dans l'eau surnageante de la carotte de sédiment, évitant ainsi sa stratification. Cependant ceci nécessite plus d'espace de laboratoire et l'utilisation de bouteille de gaz N2 à bord.

- Les vibrations du bateau

La méthode utilisée mesure une concentration d'oxygène à très petite échelle. À bord, les vibrations causées par l'utilisation des moteurs avaient une amplitude bien plus importante que le pas de mesure. Nous avons donc essayé de réduire la sensibilité aux vibrations de notre appareil de mesure en le posant sur une plaque de styrémousse. Nous avons également demandé une période de 45 min d'arrêt du bateau pour pouvoir effectuer les mesures sans vibrations.

Pour le futur, il est envisagé de trouver un matériau réduisant significativement les vibrations et éventuellement de changer l'emplacement où ces mesures seront effectuées sur le bateau. Il est important de noter que les vibrations du bateau ne

semblaient pas significativement impacter la mesure lorsque le bateau était en transit (pas de manœuvre de récupération d'appareils).

Problèmes rencontrés à bord pour la réalisation des incubations :

Les incubations nous servent à faire des mesures de flux total d'oxygène à travers l'interface eau sédiment. Classiquement, ces mesures nous informent sur la consommation d'oxygène dans l'eau surnageante par le sédiment (respiration du sédiment et de la faune associée). Pour cette mesure nous suivons la concentration d'oxygène dans l'eau surnageante au cours du temps dans des carottes fermées hermétiquement. Pour ces mesures nous avons fait face à deux problèmes; le bris du moteur permettant de maintenir une turbulence adéquate et constante dans l'eau surnageante (celui-ci a été remplacé par une perceuse) et les vibrations du bateau qui avaient tendance à soulever le couvercle étanche des carottes de sédiment. À bord, nous avons placé l'incubateur sur une plaque de styrémousse pour limiter les vibrations et ajouté du papier bulle entre les carottes de sédiment.

Équipe de Jean-Carlos Montero-Serrano (UQAR-ISMER) :

La mobilisation et préparation des équipements de la mission doit être effectuée au moins deux jours avant le début de la mission. Ceci permettra de donner plus de temps aux différentes équipes scientifiques et techniques de; préparer les laboratoires et instruments de mesure, d'effectuer les différentes présentations pour le déploiement des équipements scientifiques, et d'effectuer les tours de familiarisation et test d'évacuation.

Le treuil du pont avant a besoin d'une couverture chauffante afin de le maintenir prêt à être utilisé lors des opérations. Aussi, la rosette a bien fonctionné depuis le local extérieur du navire. Le technicien d'Amundsen Science, Thomas Linkowski, a été d'une grande aide pour l'entretien des équipements pendant la mission.

Dans l'ensemble, les conditions météorologiques n'ont pas permis d'accomplir le plan initial de la mission. Dans ce contexte, je suggère de déplacer la mission hivernale dans les deux dernières semaines du mois de février. Ceci va permettre d'avoir moins d'activités de déglaçage, lié aux périodes de grands froids. De plus, afin d'éviter la surcharge de travail du personnel technique et scientifique, je suggère que chaque chercheur impliqué dans la mission met à disposition du personnel pour aider dans la mobilisation et démobilisation des équipements et du personnel.

Équipe d'Alfonso Mucci (McGill):

Étant à Montréal, la seule communication qui parvenait jusqu'à nous était celle transmise par courriel. Ceci a peut-être rendu certaines informations qui pouvaient sembler évidentes ou sous-entendues moins claires pour nous. Par exemple, nous croyions que le retour se ferait à Québec. Le fait que ce ne le soit pas n'est pas un problème en soi, mais plutôt le fait que nous ne nous y attendions pas et que notre organisation n'était pas planifiée en conséquence. Peut-être qu'il faudrait s'assurer que toutes les informations, même celles qui peuvent sembler évidentes, soient transmises dans les courriels. Nommer aussi clairement les incertitudes qui planent dans ces courriels pourrait aider les participants qui sont physiquement loin de l'organisation à mieux comprendre ce qu'il en est.

Équipe de Dominique Robert et Marie-Julie Roux (IML et UQAR-ISMER):

Le filet a été changé à deux reprises, puisque celui de 333 µm a déchiré lorsque le filet a touché le fond et s'est rempli de sédiments. À sa sortie de l'eau, le filet était partiellement déchiré (sur 20 cm) par le poids des sédiments, mais a pu être partiellement rescapé grâce à l'expertise des matelots qui ont décrochi le cerceau. Cet accident s'est produit en raison d'un problème avec la poulie compteuse qui tend à geler sous les températures froides extérieures et sous-estime la longueur de câble déployé. Personne n'a remarqué le problème et le filet a probablement été déployé plus profondément qu'indiqué par la poulie. Il est aussi possible qu'une erreur d'identification de l'angle se soit produite en combinaison avec ce problème de poulie, mais cela aurait nécessité une erreur de 6° de l'angle mesuré, qui avait été vérifié par deux observateurs (C. Anderson, D. Ouellet). Pour éviter de reproduire cet accident, un observateur a été posté à la poulie pour assurer la descente sécuritaire du filet et la poulie a été réchauffée pendant plusieurs minutes avant chaque déploiement lors de journées froides. Nous avons aussi décidé de limiter les déploiements suivants à une distance de 20-25 mètres du fond au lieu de 15 m pour limiter le risque. La leçon demeure qu'il est absolument primordial de demeurer vigilant pendant le déploiement des filets, autant au niveau de l'équipe scientifique que de l'équipage, afin d'assurer la sécurité de tous et de limiter les risques de bris d'équipement.

De plus, la perte du système CVSA a mis fin à l'échantillonnage et a limité les données d'imagerie récoltées pendant la mission. Le risque de perte du système CVSA en période hivernale peut être réduit en limitant la durée du déploiement en conditions de glace relativement élevées (p. ex., supérieures ou égales à 6/10) et en améliorant la configuration du système. Or dans les deux cas, le risque de perte d'un tel mouillage ne peut être complètement éliminé. Voici une liste des améliorations possibles :

- Bouées plus grandes pour augmenter leur visibilité;
- Lumières sur les bouées pour augmenter leur visibilité;
- Émetteur GPS sur les bouées en cas de dérive ou de visibilité réduite;
- Émetteur acoustique sur la cage pour connaître la position du mouillage sur le fond (selon la longueur de ligne utilisée et la direction des courants, un périmètre de recherche plus restreint pourrait être établi);
- Déclencheur acoustique de bouée Pop-Up (solution déjà examinée, mais non prise en compte en raison des coûts et des problèmes de stabilité du système);
- Plus de plombage sur la ligne principale (une brasse plombée, une brasse non plombée) pour tenir le cordage plus à la verticale et limiter l'abaissement des bouées en dessous de la surface;
- Deuxième point d'ancrage déployé avant les CVSA pour limiter la dérive du système.

Remerciements

Nous tenons à remercier le commandant du NGCC Amundsen Alain Gariépy, le chef officier Jean Gaumond, le maître d'équipage Yannick Gagnon, le technicien d'Amundsen Science Thomas Linkowski ainsi que tous les membres de l'équipage pour leur aide tout au long de la mission. Nous remercions également l'équipe scientifique pour leur

efficacité lors des différentes opérations et pour leur implication dans le projet Odyssée Saint-Laurent. Cette mission est dirigée par le Réseau Québec maritime (RQM) et financée par le ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation du Québec, et vise à l'acquisition de connaissances stratégiques incluant la collecte de données océanographiques en période hivernale.

Références

- Armsworthy, S. L., Trzcinski, M. K. and Campana, S. E. (2014) 'Movements, environmental associations, and presumed spawning locations of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) in the northwest Atlantic determined using archival satellite pop-up tags', *Marine Biology*, 161(3), pp. 645–656. doi : 10.1007/s00227-013-2367-5.
- Blaxter, J. H. S. et al. (1983) «Description of the early development of the halibut *Hippoglossus hippoglossus* and attempts to rear the larvae past first feeding», *Marine Biology*, 73 (1), pp. 99 – 107. doi: 10.1007/BF00396290.
- Burkholder JM et al. (2006) Comprehensive trend analysis of nutrients and related variables in a large eutrophic estuary: A decadal study of anthropogenic and climatic influences. *Limnol. Oceanogr.* 51: 463-487.
- Cargnelli, L. M., Griesbach, S. J. and Morse, W. W. (1999) 'Atlantic halibut , *Hippoglossus hippoglossus*, life history and habitat characteristics', *NOAA Technical Memorandum NMFS-NE*, 125(September), p. 17.
- Cloern JE. (2001) Our evolving conceptual model of the coastal eutrophication problem. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 210 : 223-253.
- Gearing JN and Pocklington R. (1990) Organic geochemical studies in the St. Lawrence Estuary. In: El-Sabh MI, Silverberg N (eds) *Oceanography of a large-scale estuarine system*, the St.-Lawrence Coastal and estuarine studies 39. Springer, New York, 170-201.
- Grasshoff et al. (1999) *Methods of seawater analyses*, Weinheim, New-York.
- Haug, T. (1990) 'Biology of the Atlantic Halibut, *Hippoglossus hippoglossus* (L., 1758)', *Advances in Marine Biology*. Academic Press, 26(C), pp. 1–70. doi: 10.1016/S0065-2881(08)60198-4.
- Holmes et al. (1999) *Can J Fish Aquat Sci* 56: 1801-1808.
- Le Bris, A. et al. (2018) «Migration patterns and putative spawning habitats of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) in the Gulf of St. Lawrence revealed by geolocation of pop-up satellite archival tags», *ICES Journal of Marine Science*. Oxford University Press, 75(1), pp. 135–147. doi: 10.1093/icesjms/fsx098.
- Lewis, L. M., Lall, S. P. and Eckhard Witten, P. (2004) 'Morphological descriptions of the early stages of spine and vertebral development in hatchery-reared larval and juvenile Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*)', *Aquaculture*, 241(1–4), pp. 47 – 59. doi: 10.1016/j.aquaculture.2004.08.018.
- McCracken, F. D. (1958) «On the Biology and Fishery of the Canadian Atlantic Halibut, *Hippoglossus hippoglossus* L.», *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 15

(6), pp. 1269 – 1311. doi: 10.1139/f58-070.

Mucci A. et al. (2011) Acidification of Lower St. Lawrence Estuary bottom waters. *Atmosphere-Ocean* 46 (3): 206-218.

Sigman DM, Casciotti KL, Andreani M, Barford C, Galanter M, Bohlke JK. (2001) A bacterial method for the nitrogen isotopic analysis of nitrate in seawater and freshwater. *Analytical Chemistry* 73:4145–4153.

Solemdal, P., Tilseth, S. and OISTAD, V. (1974) 'Rearing of Halibut, 1. Incubation and the Early Larval Stages», *ICES CM*, 1974/F : 41, p. 5.

Thibodeau B, de Vernal A, Hillaire-Marcel C and Mucci A. (2010) Twentieth century warming in deep waters of the Gulf of St. Lawrence: a unique feature of the last millennium. *Geophys Res Lett* 37.

Valderrama JC. (1981) The simulation analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural waters. *Marine Chemistry* 10: 109-1

Winkler, L.W. (1888). Die Bestimmung des in Wasser gelösten Sauerstoffen. *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 21, page 2843.