



Pompe biogéochimique de l'Atlantique Nord

Résumé de l'atelier scientifique virtuel



15 et 16 décembre 2021

Organisé par : Pêches et Océans Canada





Table des matières

Introduction.....	3
Conclusions de l’atelier.....	6
Déroulement de l’atelier.....	9
État actuel des connaissances et de la recherche, de l’observation et de la surveillance (y compris les technologies) concernant le carbone en haute mer dans l’Atlantique Nord.....	10
État actuel des activités de modélisation à l’échelle régionale pour produire des estimations intégrées du puits de carbone et des prévisions/projections des changements à venir dans le puits.....	14
Identification des acteurs actuels et de leurs activités dans le domaine du carbone océanique dans l’Atlantique Nord.....	18
Séances en petits groupes.....	21
Thème 1 : Quelles sont les lacunes et les possibilités actuelles dans les connaissances et la recherche, les observations et la surveillance du carbone qui nécessitent un programme coordonné et exhaustif sur le carbone dans l’Atlantique Nord?.....	21
Thème 2 : Quelles sont les lacunes et les possibilités dans la modélisation du carbone qui nécessitent un programme coordonné et exhaustif sur le carbone dans l’Atlantique Nord?.	23
Thème 3 : Quelles sont les possibilités de collaboration dans la communauté internationale et comment pouvons-nous procéder pour améliorer l’approche coordonnée?.....	26
Séance plénière.....	31
Sommaire des discussions.....	38
Annexe 1 : Ordre du jour de l’atelier.....	40
Annexe 2 : Les participants.....	44
Annexe 3 : Document d’information.....	49
Annexe 4 : Comité directeur.....	55
Annexe 5 : Résultats du sondage avant l’atelier – Groupe de discussion 1.....	56
Annexe 6 : Acronymes.....	59



Introduction

L'océan joue un rôle essentiel dans le cycle mondial du carbone, stockant 50 fois plus de carbone que l'atmosphère et absorbant plus de carbone que toutes les forêts tropicales réunies. Parmi tous les océans, l'océan Atlantique Nord est l'un des puits de carbone anthropique les plus intenses de la planète, représentant environ 30 % de l'absorption mondiale de CO₂.

Il est essentiel de connaître le cycle du carbone océanique étant donné le rôle de l'océan dans la séquestration du CO₂ de l'atmosphère et pour atteindre des objectifs et des cibles comme ceux fixés dans l'Accord de Paris découlant de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) et le Programme de développement durable à l'horizon 2030 des Nations Unies, ainsi que pour contribuer à la réalisation des défis de la Décennie des Nations Unies pour les sciences océaniques au service du développement durable (2021 à 2030). Les émissions anthropiques expliquent en majeure partie l'augmentation des niveaux de CO₂ dans les océans, avec des impacts fondamentaux sur le cycle du carbone océanique et la santé des écosystèmes.

Le MPO a organisé l'atelier scientifique et technique sur la pompe biologique (BP) de l'Atlantique Nord à la suite de l'engagement pris par le ministre de l'Environnement et du Changement climatique lors de la réunion des ministres du G7 responsables du climat et de l'environnement en mars 2021. L'atelier a été conçu et présenté par un comité directeur (annexe 4) composé de membres de la communauté nationale et internationale travaillant sur le carbone océanique. L'atelier de deux jours a eu lieu en format virtuel les 15 et 16 décembre 2021. Soixante-neuf experts scientifiques et techniques de premier plan de 16 pays ont assisté à l'atelier et participé aux discussions sur l'élargissement des connaissances et la surveillance de la pompe biologique de l'Atlantique Nord.

Reprenant le travail effectué par la communauté internationale dans le domaine du carbone océanique, l'atelier visait à promouvoir une approche pour un programme intégré sur le carbone océanique dans l'Atlantique Nord, en utilisant l'exemple de la pompe biologique de l'Atlantique Nord pour examiner :

- l'état des connaissances scientifiques et de la compréhension des processus biogéochimiques et physiques du carbone dans la pompe biologique de l'Atlantique Nord
- les méthodologies, les possibilités et les lacunes dans les connaissances pour quantifier, observer, surveiller et modéliser la pompe biologique de l'Atlantique Nord
- les liens avec les activités de recherche nationales et internationales et les connaissances, actuelles et prévues





L'atelier comprenait des discours-programmes pour préparer le terrain, des séances en petits groupes pour des discussions ciblées sur la surveillance, la modélisation et les possibilités de collaboration, ainsi que des discussions en groupe sur une approche pour un projet sur le carbone océanique dans l'Atlantique Nord. La première journée a été consacrée à la détermination des lacunes, des défis et des possibilités dans la recherche, la modélisation, l'observation et la surveillance de la pompe biologique de l'Atlantique Nord. Les discussions se sont poursuivies le deuxième jour afin de définir les éléments scientifiques, les étapes et les activités nécessaires pour faire progresser une approche intégrée et exhaustive d'un programme sur le carbone océanique dans le cadre de la pompe biologique de l'Atlantique Nord.

Discussion en atelier sur les questions suivantes :

- Quel est l'état actuel des connaissances et de la recherche sur le carbone en haute mer, ainsi que de la modélisation, de l'observation et de la surveillance (in situ et par satellite) du carbone en haute mer en Amérique du Nord? Quelles sont les lacunes à combler pour pouvoir mieux le surveiller et le prévoir dans l'avenir?
 - Par exemple, que devons-nous étudier, modéliser, observer ou surveiller?
- Qui sont les principaux acteurs et que font-ils? Quelles sont les possibilités de collaboration et comment améliorer et coordonner la série existante de projets d'observation et de synthèse du carbone?
 - Par exemple, quelles parties et quels partenaires internationaux pourraient contribuer (et comment) à la conception et à l'exécution du programme ou de l'observatoire?
- Quelles sont les technologies qui sont actuellement utilisées et quelles nouvelles technologies pourraient améliorer les observations et l'analyse?
- Quels seraient les éléments clés d'un effort « pilote » coordonné?
- Quelles sont les mesures concrètes ou les étapes nécessaires pour intensifier les efforts (uniquement du point de vue scientifique)?
 - Par exemple, quels sont les conditions préalables, les étapes de mise en œuvre, l'échéancier?

Pendant cet atelier, les experts ont cerné les lacunes et la voie à suivre dans quatre grands domaines :

1. la science
2. la recherche et la compréhension
3. la technologie





4. la durabilité et la gouvernance

Les principaux résultats dans ces domaines sont résumés dans les conclusions de l'atelier.

L'atelier a conclu que l'absorption de carbone par l'Atlantique Nord est un élément crucial du cycle du carbone sur Terre, que nous devons comprendre et quantifier d'une façon beaucoup plus systématique et solide que ce que nous faisons maintenant pour appuyer les négociations sur le climat. La communauté internationale a une capacité énorme pour entreprendre cette tâche et est prête à agir une fois qu'une structure globale sera établie.





Conclusions de l'atelier

Les océans couvrent plus de 70 % de la surface de la Terre et jouent un rôle crucial en absorbant le CO₂ de l'atmosphère, environ le quart du CO₂ que les humains produisent en brûlant des combustibles fossiles (pétrole, charbon et gaz naturel). Reprenant le travail effectué par la communauté internationale dans le domaine du carbone océanique, cet atelier visait à faire progresser une approche pour un programme intégré sur le carbone océanique (recherche, modélisation, observation et surveillance) axé sur la pompe biologique de l'Atlantique Nord. L'atelier portait sur :

- l'état de la science, la recherche et la compréhension générale (dans les domaines de la surveillance, de la modélisation et du développement technologique)
- la gouvernance et la coordination avec les partenaires régionaux et internationaux
- les exigences et les limites technologiques
- les mécanismes et besoins de financement et de durabilité

Les différentes constatations de l'atelier sont résumées dans les catégories suivantes :

Science, recherche et compréhension

L'Atlantique Nord est un important puits de CO₂ en raison des processus biologiques, chimiques et physiques qui s'y déroulent et qui vont tous probablement changer. Ces caractéristiques uniques en font une région clé pour les recherches scientifiques sur le rôle de l'océan dans les changements climatiques, tant en soi qu'à titre d'exemple de la façon dont l'observation à grande échelle du cycle du carbone océanique peut être organisée. La pompe biologique de l'Atlantique Nord est un exemple viable pour mieux comprendre le cycle du carbone océanique.

La plupart des recherches et observations scientifiques antérieures sont des activités de recherche opportunistes, sans approche systématique, soutenue et coordonnée de la science du carbone océanique dans cette région unique de l'océan.

Il faut entreprendre des recherches et des activités scientifiques dans l'Atlantique Nord afin de mieux surveiller, comprendre et prévoir les processus et les fonctions du carbone océanique avant que nous puissions déterminer ses contributions potentielles à l'atténuation des changements climatiques.

Il est nécessaire d'élaborer une approche scientifique intégrée globale pour l'Atlantique Nord, qui relie la recherche sur les processus et fonctions liés au carbone à des programmes de modélisation et de surveillance continue. Nous devons connaître l'état actuel pour comprendre comment nous





modifions le cycle du carbone océanique et à cette fin, nous avons besoin d'observations soutenues et coordonnées.

Technologie

Reconnaissant que des technologies importantes existent et sont utilisées pour observer et surveiller les variables pertinentes pour le cycle du carbone océanique, nous devrions nous appuyer sur cette base technologique existante. Il faut perfectionner notre approche actuelle au moyen d'études plus poussées afin de déterminer les plateformes d'observation et de surveillance appropriées, d'améliorer le rendement et l'exactitude des capteurs, de concevoir une approche intégrée et appropriée (en fonction de la portée et des variables à mesurer) et d'explorer l'utilisation de technologies nouvelles et en évolution, y compris l'observation en temps réel.

La pompe biologique de l'Atlantique Nord offre une occasion et un emplacement uniques pour utiliser, mettre en place et perfectionner des plateformes d'observation et de surveillance autonomes à faibles émissions de carbone, comme les planeurs ou les véhicules automatisés sans équipage. Ces outils peuvent ensuite être déployés à l'échelle mondiale pour mener des activités semblables.

Durabilité

Nous disposons d'une solide capacité d'observer l'océan, mais nous ne la déployons pas nécessairement uniformément d'une année à l'autre. La majorité des recherches scientifiques sur les processus liés au carbone océanique dans la région reflètent des recherches opportunistes d'une durée fixe. Il n'existe pas non plus de programme soutenu de recherche et de surveillance axé sur la pompe biologique dans la région.

Pour comprendre le rôle potentiel de l'océan dans l'atténuation des changements climatiques, des observations soutenues sont fondamentales dans cette vaste région dynamique sur le plan saisonnier. Un programme intégré sur le carbone océanique dans l'Atlantique Nord devrait absolument être un système opérationnel durable pouvant produire des avantages à long terme, complété par différentes recherches individuelles.

Gouvernance

À l'heure actuelle, la communauté scientifique met à profit son expertise et son intérêt à l'échelle internationale, ainsi qu'une solide base de recherche sur le carbone océanique, d'observation et de modélisation, y compris la recherche sur le carbone océanique et les activités de surveillance dans l'Atlantique Nord. Cependant, la communauté internationale manque d'intégration et il n'existe





pas de système d'observation complet et coordonné avec une surveillance et une gouvernance internationales.

Nous devons mieux communiquer aux décideurs et aux organismes de financement les impacts du carbone océanique sur les changements climatiques et la santé des océans, de même que leurs répercussions sociétales.





Déroulement de l'atelier

Reprenant des travaux antérieurs effectués par la communauté internationale dans le domaine du carbone océanique, l'atelier visait à faire progresser une approche pour un programme intégré sur le carbone océanique (recherche, modélisation, observation et surveillance) axé sur la pompe biologique de l'Atlantique Nord. La première journée a été consacrée à la détermination des lacunes, des défis et des possibilités dans la recherche, l'observation, la surveillance et la modélisation de la pompe biologique de l'Atlantique Nord. Au cours de la deuxième journée, les participants ont examiné l'état actuel, les lacunes et les possibilités cernées au cours de la première journée, et ont discuté et défini les éléments scientifiques, les étapes et les activités nécessaires pour faire progresser une approche intégrée et exhaustive d'un programme sur le carbone océanique dans l'Atlantique Nord.

Introduction

M. Keith Lennon (directeur, Programme des sciences des océans et des changements climatiques, Pêches et Océans Canada) a souligné l'importance de l'atelier en insistant sur le rôle important que joue l'océan en ce qui concerne le carbone et l'absorption des émissions anthropiques de CO₂, notant que l'océan Atlantique Nord est l'un des puits de carbone les plus intenses et uniques de la planète. À ce titre, le Canada reconnaît la nécessité d'accroître notre compréhension collective du rôle de premier plan que joue l'océan dans la régulation de la Terre et de son climat. La connaissance et la compréhension actuelles du puits de carbone de l'Atlantique Nord ne permettent pas de prévoir avec exactitude les effets des modifications futures des émissions sur le cycle du carbone. Il est essentiel de comprendre le rôle potentiel de l'océan dans la séquestration et l'émission de CO₂ et d'améliorer la modélisation des changements climatiques.

Pêches et Océans Canada (MPO) a eu le plaisir d'organiser cet atelier scientifique, qui avait été recommandé à l'issue de la réunion des ministres du G7 responsables du climat et de l'environnement de 2021, afin d'approfondir la discussion sur l'approche scientifique utilisée pour mesurer, surveiller et modéliser le cycle du carbone dans les océans, ainsi que de cerner les lacunes dans les connaissances scientifiques et les possibilités en prenant l'océan Atlantique Nord comme modèle pour un cadre appliqué à l'échelle mondiale.

Mise en contexte

Les experts en carbone océanique ont dressé le contexte de l'atelier dans :

- des discours-programmes
- donnant un aperçu de haut niveau de l'état actuel des connaissances sur le carbone





- des observations, de la surveillance, de la modélisation
- des acteurs participant à ces activités

État actuel des connaissances et de la recherche, de l'observation et de la surveillance (y compris les technologies) concernant le carbone en haute mer dans l'Atlantique Nord



« La communauté travaillant sur le carbone océanique doit aller au-delà d'une approche fragmentaire de la recherche océanique, nous avons besoin d'observations soutenues et coordonnées. »

Rik Wanninkhof, Ph.D., scientifique principal, Atlantic Oceanographic and Meteorological Laboratory (AOML) de la National Oceanographic and Atmospheric Administration (NOAA) donne un aperçu de l'état actuel des connaissances, de la recherche, de l'observation et de la surveillance du carbone dans l'océan Atlantique

Nord.

Soulignant l'importance de la réduction du CO₂ à l'échelle mondiale pour atteindre les cibles de l'Accord de Paris sur la température atmosphérique, il cite les exemples d'efforts antérieurs comme fondement d'une approche améliorée de la recherche sur le carbone océanique pour l'Atlantique Nord. La communauté travaillant sur le carbone océanique doit aller au-delà de l'approche fragmentaire de la recherche océanique, nous devons connaître l'état actuel pour comprendre comment nous modifions le cycle du carbone océanique. Nous avons besoin d'observations soutenues et coordonnées et nous devons adapter une approche régionale dans laquelle les études peuvent être menées sur des échelles temporelles et spatiales plus longues et plus vastes, respectivement, en tenant compte des attributs régionaux uniques qui influencent le système de carbone océanique.

Parlant plus spécifiquement de l'Atlantique Nord, M. Wanninkhof a résumé l'état des connaissances du point de vue de 4 grandes questions de recherche fondamentale et émergente, définies dans le document de la Commission océanographique intergouvernementale (COI) intitulé « Integrated Ocean Carbon Research (IOC-R): A Summary of Ocean Carbon Knowledge and a Vision for Coordinated Ocean Carbon Research and Observations for the Next Decade »¹,

¹ Integrated Ocean Carbon Research (IOC-R): A summary of ocean carbon knowledge and a vision for coordinated ocean carbon research and observations for the next decade (en anglais seulement)

(<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000376708>)





qui fournit un cadre et une vision pour la recherche intégrée et coordonnée sur le carbone océanique :

L'absorption océanique du dioxyde de carbone (CO₂) anthropique demeurera-t-elle principalement un processus abiotique?

Plusieurs études ont montré que le carbone anthropique dans les océans du monde est stocké en majeure partie dans les 2 000 mètres supérieurs, sauf dans l'Atlantique Nord où il est détecté au fond. Cela peut s'expliquer par ses eaux océaniques bien ventilées, avec les caractéristiques uniques de la circulation méridienne de retournement de l'Atlantique (AMOC) et des courants limitrophes. Des recherches passées ont montré que l'absorption du carbone change avec les variations des courants limitrophes. Durant la décennie entre 1989 et 2003, les profils d'absorption du carbone d'origine anthropique entre l'Atlantique Nord et l'Atlantique Sud ont varié, l'Atlantique Nord affichant le taux le plus faible, ce qui est directement lié aux changements dans l'AMOC. D'après la recherche sur les processus d'échange gazeux qui contrôlent les flux d'air et de CO₂, les changements climatiques modifieront les structures du vent, ce qui aura un effet sur les flux de CO₂, y compris dans l'Atlantique Nord.

L'Atlantique Nord possède l'une des plus fortes densités de flux de l'océan mondial, ainsi qu'une des plus grandes incertitudes concernant les flux air-mer de CO₂. L'ampleur des flux diffère également entre les observations et les modèles. Davantage de recherches sont nécessaires pour consolider ces différences entre les observations et les modèles afin de répondre à la première question de la recherche intégrée sur le carbone océanique.

Quel est le rôle de la biologie dans le cycle du carbone océanique et comment évolue-t-il?

M. Wanninkhof explique que les études de la biologie dans l'Atlantique Nord sont effectuées dans le contexte de la biogéochimie au moyen d'études des processus, de séries chronologiques (jours à années) et d'une vision de plus en plus nuancée des pompes biologiques. Les proliférations printanières contribuent au grand puits de CO₂ de l'Atlantique Nord. Les études des paramètres physiques et biologiques pendant ces épisodes illustrent les défis liés à l'utilisation des concentrations de chlorophylle pour interpréter les concentrations de carbone². Les données des

² Short timescale variations of $f\text{CO}_2$ in a North Atlantic warm-core eddy: Results from the Gas-Ex 98 carbon interface ocean atmosphere (CARIOCA) buoy data (en anglais seulement) (<https://doi.org/10.1029/1999JC000278>)





séries chronologiques sur une échelle saisonnière à interannuelle montrent que le cycle du carbone est fortement influencé par la biologie³.

Quels sont les échanges de carbone entre la terre, l’océan et la glace, et comment évoluent-ils au fil du temps?

La plupart des études à cet égard sont locales et les recherches faites à l’échelle régionale ne sont pas suffisantes. Des études locales révèlent des changements de la température de surface résultant de changements dans la structure des courants. La côte Est du Canada et des États-Unis est très fortement influencée par les courants côtiers, et en particulier par l’interaction entre le Gulf Stream, qui coule vers le nord, et les courants côtiers qui sortent de la mer du Labrador et s’écoulent vers le sud. L’équilibre des courants vers le nord et vers le sud a un effet déterminant sur la chimie et la biologie du carbone.

Comment les humains modifient-ils le cycle du carbone océanique, et quelle est la rétroaction qui en résulte, y compris l’élimination intentionnelle possible du dioxyde de carbone de l’atmosphère?

Selon M. Wanninkhof, pour nous attaquer à l’élimination du dioxyde de carbone marin, nous devons mieux comprendre les conditions actuelles; en effet, il est important d’investir dans des observations et des recherches durables, réalisées d’une manière globale et holistique dans le cadre de la recherche sur l’élimination du dioxyde de carbone.

En terminant, M. Wanninkhof présente la récapitulation suivante :

- L’Atlantique Nord est une région principale pour la mise en œuvre d’une stratégie améliorée de recherche sur le carbone océanique et une région d’une importance cruciale pour la séquestration du carbone.
- Il existe une base solide sur laquelle on peut s’appuyer et une importante base de connaissances. Une communauté de recherche bien développée, des efforts d’observation soutenus et des ressources abondantes sont disponibles pour passer à l’étape suivante et exécuter les travaux importants pour la société.
- On peut recourir à des outils océaniques (capteurs et plateformes autonomes), à la télédétection (ASC, NASA et ESA) et aux capacités de modélisation (y compris l’apprentissage machine et l’intelligence artificielle) pour aborder et évaluer le problème.

³ Variability of pCO₂ on diel to seasonal timescales in the Sargasso Sea near Bermuda (en anglais seulement)
(<https://doi.org/10.1029/98JC00247>)





- Les systèmes côtiers dans un climat changeant sont sujets à des variations provoquées par la fonte des glaces, la couverture de glace saisonnière et les changements de la profondeur de convection, mais on ne sait pas exactement quel effet ces changements auront sur l'absorption du carbone. Le changement des systèmes côtiers est une question fondamentale que nous devons aborder dans des programmes de recherche afin de mieux comprendre le cycle global du carbone.
- Les changements de la température sont très différents entre la terre et l'océan, ce qui crée des gradients très marqués qui auront un impact sur la physique de l'atmosphère et de l'océan. Il est important de comprendre ces dynamiques pour comprendre et prévoir les effets des changements climatiques dans la zone côtière.



État actuel des activités de modélisation à l'échelle régionale pour produire des estimations intégrées du puits de carbone et des prévisions/projections des changements à venir dans le puits



« Les modèles actuels sont adaptés pour acquérir une compréhension mécaniste et ne sont pas conçus pour la comptabilisation du carbone et l'estimation précise de la quantité exacte de carbone échangée, ni pour l'établissement de projections exactes. »

Galen A. McKinley, Ph.D., professeur de sciences de la Terre et de l'environnement à l'Université Columbia et à l'Observatoire de la Terre Lamont Doherty, et Mme Lauren Moseley, de l'Université Columbia, ont présenté l'état actuel des activités de modélisation dans la région.

Elles décrivent plus précisément l'utilisation de modèles à l'échelle régionale pour comprendre l'état actuel et futur du puits de carbone de l'Atlantique Nord.

Le résumé des capacités actuelles de modélisation par Mme McKinley est présenté dans le tableau 1 ci-après. Les quatre catégories de modèles sont classées en fonction de la couverture spatiale, de la résolution, des données couplées par rapport aux données rétrospectives et prospectives et par rapport à l'assimilation des données. Mme McKinley fait remarquer que les modèles couplés et les modèles rétrospectifs ont une résolution physique semblable, mais que la biogéochimie de ces modèles mondiaux n'est pas optimisée pour l'Atlantique Nord. Elle souligne également que la structure physique et biogéochimique est importante pour modéliser les résultats lorsqu'il est question du système de carbone.

**Tableau 1 : Résumé des capacités actuelles de modélisation**

	Forçage	Résolution physique	BGC	Utilité	Exemple de références pour l'Atlantique Nord
Modèles de système terrestre (MST) (par exemple, CMIP5/CMIP6)	Couplé	~0,5 à 2 °	Optimisé mondialement	Capacités prédictives	Lavoie <i>et al.</i> (2019) Lebehot <i>et al.</i> (2021)
Modèles mondiaux rétrospectifs (par exemple, GCB)	Réanalyse	~1 °	Optimisé mondialement	Forcé avec la météorologie observée	Friedlingstein <i>et al.</i> (2021) Fay et McKinley (2021)
Modèles régionaux (par exemple, ASTE-BGC)	Réanalyse	~0,1 à 0,5 °	Optimisé régionalement	Mécanismes biogéochimiques	McKinley <i>et al.</i> (2018) Moseley <i>et al.</i> (en préparation)
Modèles côtiers (par exemple, ROMS)	Réanalyse	~0,05 à 0,1 °	Optimisé localement	Processus côtiers/du plateau	Fennel <i>et al.</i> (2006) Laurent <i>et al.</i> (2021)

Mme McKinley remarque que diverses décisions doivent être prises pour élaborer un modèle océanique, y compris la prise en compte de la grille du modèle, l'échelle mondiale ou régionale du modèle, le nombre de points de grille à inclure et le forçage du modèle. Elle mentionne les points suivants :

- Les équations doivent être écrites pour représenter tous les processus physiques, chimiques et biologiques.



- Un modèle rétrospectif (données de réanalyse forcées) peut être très différent des modèles de système terrestre (MST) parce que les modèles rétrospectifs forcés avec des observations ne peuvent pas produire de projections ou de prédictions et parce qu'en raison du couplage avec l'atmosphère dans le modèle de système terrestre, la sortie du modèle devrait être statistiquement cohérente avec les observations, mais n'est pas conçue pour reproduire des années réelles telles qu'elles ont été observées dans le passé.

L'assimilation des données commence avec tous les rouages d'un modèle océanique, mais ajoute ensuite un travail technique important pour amener l'état du modèle vers les observations. Dans certaines approches de l'assimilation des données, comme les filtres de Kalman, le modèle peut être amené assez près des observations, mais avec des changements d'état non physiques (c. -à-d. en enfreignant les règles physiques comme la conservation de la masse). Les pertes de masse non physiques seraient très problématiques si l'objectif de la modélisation est de déterminer un bilan de carbone. Mme McKinley est en faveur de l'approche adjointe, qui ne correspond pas aussi bien aux données, mais qui maintient la conservation de la masse et respecte toutes les équations physiques du modèle.

Elle précise que les modèles de système terrestre démontrent les changements futurs des puits en fonction des émissions et que l'Atlantique Nord subira des changements intenses⁴; nous devons donc acquérir une compréhension approfondie pour diagnostiquer et prévoir ces changements avec exactitude. Mme McKinley suggère aussi que d'autres travaux sont nécessaires pour améliorer les modèles afin qu'ils correspondent mieux aux observations. En effet, les études de la différence de rendement entre les modèles régionaux et les modèles de système terrestre montrent que les modèles régionaux donnent de meilleurs résultats que les modèles de système terrestre lorsqu'on compare les résultats aux observations de la salinité, de la température, de la chlorophylle et du nitrate. Il est également important de noter que tous les modèles régionaux exigent le forçage des conditions aux limites à partir des modèles de système terrestre ou d'autres modèles. De plus, le rendement du modèle par rapport aux observations peut varier selon les variables étudiées. Mme McKinley donne en exemple le fait qu'un modèle qui se compare bien aux observations de la température, n'indique pas nécessairement que le modèle donnera de bons résultats par rapport aux observations de la salinité ou de la chlorophylle. Il est important que des observations soient disponibles pour alimenter ces comparaisons et d'autres travaux sont nécessaires pour mieux comprendre comment les modèles peuvent refléter les tendances observées.

⁴ Ocean carbon uptake under a ggressive emission mitigation (en anglais seulement)

(<https://bg.copernicus.org/articles/18/2711/2021/bg-18-2711-2021.pdf>)





Mme McKinley indique que la résolution du modèle de système terrestre n'est pas une approximation de sa compétence⁵. Des études sur les flux moyens observés à l'aide de modèles océaniques rétrospectifs sur le bilan mondial du carbone montrent qu'il est nécessaire d'améliorer les modèles océaniques pour mieux représenter les processus d'absorption du carbone océanique⁶. Mme McKinley souligne qu'il faut utiliser les modèles de système terrestre pour projeter les changements futurs dans le puits de carbone. Les modèles régionaux ou côtiers peuvent être exécutés avec les conditions aux limites du modèle de système terrestre pour projeter les changements futurs à grande échelle dans le puits de carbone.

Mme McKinley insiste sur l'importance de connaître l'état initial, ce qui n'est pas parfait dans les modèles actuels pour les prévisions à court terme. Des travaux sont donc en cours pour utiliser une approche d'apprentissage automatique pour produire des prévisions.

Résumant l'état actuel des activités de modélisation à l'échelle régionale dans l'Atlantique Nord pour les estimations intégrées du puits de carbone océanique, Mme McKinley mentionne les points suivants :

- Les modèles de système terrestre sont mondiaux et élaborés à de nombreuses fins, ce qui entraîne des compromis
- Les modèles mondiaux rétrospectifs sont semblables aux modèles de système terrestre, mais ils sont uniquement océaniques et forcés avec la météorologie observée
- Les modèles régionaux et côtiers ont tendance à présenter une meilleure fidélité biogéochimique, mais leur durabilité est un défi parce que les ressources sont fournies par des droits de propriété intellectuelle individuels
- L'assimilation des données est une excellente approche qui améliore la physique, mais elle n'est pas encore appliquée systématiquement à la biogéochimie en raison du manque d'observations géochimiques et de connaissance adéquate des équations maîtresses, ainsi que du niveau élevé de non-linéarité

⁵ An observation-based evaluation and ranking of historical Earth system model simulations in the northwest North Atlantic Ocean (en anglais seulement) (<https://bg.copernicus.org/articles/18/1803/2021/>)

⁶ Observed regional fluxes to constrain modeled estimates of the ocean carbon sink (en anglais seulement) (<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2021GL095325>)





Identification des acteurs actuels et de leurs activités dans le domaine du carbone océanique dans l'Atlantique Nord



« Un changement radical de l'investissement est nécessaire pour combler les lacunes actuelles dans les observations et répondre aux besoins futurs en matière d'observation dans l'Atlantique Nord. »

Richard Sanders, Ph.D., directeur du Centre thématique océanique du Système intégré d'observation du carbone, présente les principaux organismes travaillant dans le domaine du carbone océanique dans l'Atlantique Nord et leurs activités. Soulignant l'importance de l'Atlantique Nord dans l'absorption d'une grande quantité de carbone anthropique, M. Sanders décrit les impacts que les futures activités (comme les initiatives de carboneutralité) auront sur notre compréhension du puits de carbone de l'Atlantique Nord. Il réaffirme que l'observation de l'Atlantique Nord doit être une collaboration internationale pour stimuler davantage d'efforts scientifiques et échanger l'expertise entre les nations afin de faire progresser les activités d'observation et de combler les lacunes dans les connaissances.

M. Sanders déclare que l'Atlantique Nord est sans doute le bassin océanique le mieux observé, mais qu'il ne l'est pas suffisamment pour fournir l'information pertinente permettant de comprendre le cycle du carbone. Il insiste sur la variabilité spatiale (horizontale) et temporelle massive de l'absorption du carbone dans l'Atlantique Nord et précise que des systèmes d'observation très importants sont en place pour quantifier les transferts tant horizontaux que verticaux de carbone. Voici quelques-unes des méthodes d'observation actuellement en place :

- Groupe mondial d'études hydrographiques de l'océan à partir de navires (GO-SHIP; section hydrographique)
- OceanSITES (stations de séries chronologiques à long terme)
- réseaux d'amarrages, séries chronologiques à partir de navires
- systèmes d'observation superficiels des océans, systèmes autonomes (planeurs, flotteurs), actions de synthèse
- pièges à sédiments
- relevés halieutiques à grande échelle
- études de processus (principalement pour l'amélioration des modèles)
- satellites (observer la surface de l'océan)





Notant que l'observation de l'Atlantique Nord est un effort international mené par de nombreux pays, M. Sanders ajoute que :

- le Canada
- les États-Unis d'Amérique
- le Royaume-Uni
- la Norvège
- la France
- l'Allemagne
- l'Espagne

comptent parmi les principaux acteurs qui font avancer les efforts d'observation dans l'Atlantique Nord. Il s'attarde ensuite sur les efforts actuels d'observation du carbone dans l'Atlantique Nord à l'aide d'un certain nombre d'exemples actuels et prévus dans un proche avenir et souligne la notion selon laquelle la valeur de ces efforts peut être grandement améliorée lorsqu'ils sont réunis à l'échelle mondiale ou régionale et liés à d'autres études, modèles et activités. Un observatoire du carbone dans l'Atlantique Nord (OCAN) pourrait permettre de mieux coordonner, gérer et communiquer les activités d'observation de l'Atlantique Nord.

Considérant que les études sur le carbone mondial ont révélé un décalage entre les sorties du modèle et les données observées, ce qui signifie que les données que nous recueillons ne sont pas nécessairement efficaces ou adéquates pour les modèles qui en ont besoin, M. Sanders fait remarquer que ce décalage est de plus en plus évident à un moment où il est essentiel de comprendre clairement l'absorption du carbone océanique. Il mentionne que la cause de ce décalage n'est pas claire, mais qu'il pourrait résulter d'un manque de données, d'un échantillonnage biaisé ou d'autres raisons que nous n'avons pas encore déterminées. De plus, nous constatons que même si nous avons la capacité d'observer l'océan, les capacités d'observation ne sont pas déployées de façon uniforme pendant de longues périodes, ce qui laisse des lacunes dans plusieurs années d'observation. M. Saunders conclut son exposé avec les recommandations suivantes :

- On déploie d'énormes efforts pour observer et comprendre le puits de carbone de l'océan Atlantique Nord, mais il y a un écart entre les observations recueillies et leur pertinence pour faire progresser la compréhension du puits de carbone de l'océan dans l'Atlantique Nord.
- La variabilité future prévue dans le puits de carbone de l'océan Atlantique Nord qui résultera des modifications apportées aux voies d'émission n'est pas claire et la capacité de





définir cette variabilité diminue en raison de l'absence de lien entre ce qui est observé et notre compréhension générale du puits de carbone.

- Les efforts visant à mieux coordonner les observations afin qu'elles contribuent directement à notre compréhension du puits de carbone de l'Atlantique Nord et de l'influence que l'évolution future des émissions sur lui sont primordiaux.
- Même si de nombreux groupes et activités sont consacrés au carbone océanique, il n'y a pas d'endroit unique qui coordonne ou intègre les diverses activités liées à l'Atlantique Nord ou même à l'observation mondiale du carbone.
- Un OCAN peut combler ce vide crucial dans l'endroit sans doute le plus important et servir de modèle mondial.





Séances en petits groupes

Des séances en petits groupes ont été organisées sous trois thèmes pour traiter des questions précises afin de cerner les lacunes, les défis et les possibilités dans la recherche, la modélisation, l'observation et la surveillance de la pompe biologique de l'Atlantique Nord.

Thème 1 : Quelles sont les lacunes et les possibilités actuelles dans les connaissances et la recherche, les observations et la surveillance du carbone qui nécessitent un programme coordonné et exhaustif sur le carbone dans l'Atlantique Nord?

M. Doug Wallace, Ph.D., de l'Université Dalhousie (Canada), a dirigé cette séance. M Wallace a mené un sondage auprès des participants avant l'atelier afin de comprendre les lacunes dans les connaissances et les enjeux clés de l'observation et de la surveillance du carbone dans les pays d'origine des participants. Les résultats de ce sondage se trouvent à l'annexe 5 et illustrent les nombreux problèmes communs parmi les répondants. Il a permis de déterminer que la mesure de la densité du carbone doit être améliorée de façon importante et que davantage de progrès peuvent être réalisés pour la plupart des autres problèmes. Un accès soutenu aux infrastructures, comme le temps-navire, constitue notamment un obstacle majeur. On semble également manquer de données d'observation sur quelques phénomènes, comme :

- l'effet pariétal (gradients près de la surface)
- variabilité interannuelle/sub-décennale
- effet du mélange profond sur le flux air-mer
- écarts entre les résultats du modèle et les données d'observation

Quels sont les aspects de la surveillance de l'Atlantique Nord qui nécessitent une collaboration internationale?

Durant la discussion, les participants ont cherché à cerner les lacunes dans les connaissances qui limitent la capacité de limiter les estimations de l'actuel échange de carbone dans l'Atlantique Nord. Dans l'ensemble, le groupe a relevé d'importantes lacunes dans la compréhension fondamentale de la pompe biologique de l'Atlantique Nord. En général, on manque globalement d'études de surveillance à long terme qui aideraient à combler des lacunes connues dans les connaissances et peut-être à cerner d'autres inconnues. Le manque de compréhension du lien entre le carbone organique et le carbone inorganique, le « problème de l'alcalinité » et la divergence de la conservation du sel dans les modèles physiques sont d'autres lacunes, plus précises, dans les connaissances. Enfin, beaucoup de discussions ont porté sur le manque de connaissances concernant les interactions avec la pompe biologique, telles que :





- les interactions terre-mer
- le lien entre le littoral et la pleine mer
- la profondeur de la couche mixte
- les interactions surface-atmosphère, l'échange de mélange profond
- la circulation
- le brassage convectif des systèmes frontaux
- le transport de l'eau douce et de la chaleur

Quels sont les obstacles qui nous retiennent? Comment pouvons-nous les éliminer?

Au cours de la discussion, les participants soulignent les obstacles à la collaboration internationale, notamment les infrastructures, les ressources humaines, les obstacles bureaucratiques, la gouvernance et le financement. Ils insistent sur l'importance d'une surveillance soutenue, reconnaissant qu'il y a des exemples de bonne coordination internationale (par exemple, JOGOFs, WOCE), mais remarquent que ces exemples sont peu nombreux et ont nécessité d'énormes efforts. La coordination internationale entre les pays en ce qui concerne les priorités scientifiques a toujours été une question complexe. Cependant, il existe des exemples, tels que l'Organisation européenne pour la recherche nucléaire (CERN), qui pourraient servir de modèles à suivre. Certaines de ces questions, comme les infrastructures, pourraient être abordées au moyen de technologies d'observation des océans appropriées pour l'observation et la surveillance du carbone océanique, comme un plus grand nombre de véhicules autonomes (planeurs, flotteurs Argo) et l'utilisation partagée de navires à l'international relevés à l'aide d'enregistreurs continus de plancton (ECP), Global Ocean Monitoring and Observing (GOMO).

Certaines discussions sur le financement sortaient de la portée de l'atelier, mais les participants ont commenté les questions liées au financement en tant qu'obstacle aux observations soutenues, y compris le fait que la période est un facteur essentiel pour les pays en ce qui concerne les cycles d'élection et de financement. Un financement durable est plus important qu'un financement accru pour des observations individuelles. De plus, les différentes nations ont tendance à prendre seules les décisions de financement, plutôt que de collaborer au financement avec leurs voisines. Les participants soulignent la nécessité de coordonner et de collaborer à l'échelle internationale.





Thème 2 : Quelles sont les lacunes et les possibilités dans la modélisation du carbone qui nécessitent un programme coordonné et exhaustif sur le carbone dans l'Atlantique Nord?

Diane Lavoie, Ph. D., du MPO, anime cette séance et présente les questions qui suivent sur la modélisation du carbone océanique, en particulier dans l'Atlantique Nord.

Quelles sont les capacités actuelles de modélisation dans l'Atlantique Nord et comment améliorer les sorties des modèles et réduire les incertitudes?

Les participants remarquent qu'il y a de nombreuses questions auxquelles il faut répondre, par exemple, sur quel type de systèmes de modélisation devrions-nous nous concentrer, avec quelles fonctions et quel degré de complexité. Différents modèles sont disponibles, avec diverses échelles, par exemple, les modèles de système terrestre, les modèles régionaux et les modèles d'assimilation des données. Les contributions sont possibles à partir de l'éventail complet des modèles en cours d'élaboration, par exemple, l'entraînement des modèles régionaux par les modèles de système terrestre, l'utilisation des modèles de système terrestre pour les comparaisons interrégionales et l'utilisation de modèles régionaux à plus grande résolution pour les processus plus localisés.

Les participants soulignent un certain nombre d'applications et de possibilités, comme l'utilisation de modèles pour combler des lacunes dans les domaines où les données d'observation sont rares, l'orientation des stratégies d'observation et la compréhension des processus.

La résolution de la circulation à méso-échelle, en particulier des tourbillons, est jugée importante pour comprendre les effets de la circulation sur la production primaire et sur la variabilité des concentrations de carbone dans l'Atlantique Nord. De plus, une meilleure définition de l'échelle de longueur de la reminéralisation (vitesse de chute par rapport au taux de reminéralisation de la matière organique) aiderait à obtenir les conditions biogéochimiques appropriées à l'échelle verticale et dans les différentes masses d'eau.

Les discussions ont permis de conclure qu'il existe divers besoins de modélisation qui exigent des approches multiples dans des domaines comme :

- les processus à méso-échelle
- les systèmes d'assimilation de données de grande qualité
- la combinaison de modèles physiques et biogéochimiques
- la collaboration et la coordination globales pour élaborer des modèles





Cependant, les modèles de système terrestre devraient toujours être une priorité, car ce sont eux qui sont couplés à l'atmosphère, et on peut réduire leur sortie pour forcer les modèles régionaux. Il est essentiel d'avoir une approche ciblée et coordonnée pour l'élaboration et la réduction de l'échelle des modèles régionaux.

Quelles sont les principales observations requises pour valider et améliorer les processus des modèles, et comment les modèles peuvent-ils orienter les stratégies d'observation?

Les participants sont d'accord sur l'importance de maintenir les longues séries chronologiques d'observations existantes, notant que des observations répétées sont nécessaires pour résoudre les processus qui se déroulent sur de plus longues périodes ou dans des régions plus dynamiques (par exemple, dans les zones côtières) et pour établir les incertitudes. En raison des ressources limitées, il est plus important de maintenir le réseau d'observation existant pour avoir des séries chronologiques longues et répétitives plutôt que d'ajouter de nouveaux types de renseignements. Toutefois, si les ressources étaient suffisantes pour ajouter des observations supplémentaires, il faudrait mettre l'accent sur les mesures des taux (comme les taux de reminéralisation, la production primaire). Le nombre de telles observations est inadéquat et doit être augmenté, sachant que les modèles peuvent être utilisés pour étayer les stratégies d'observation au moyen de différentes techniques pour déterminer les zones suréchantillonnées ou sous-échantillonnées.

Il est également important d'augmenter le nombre d'observations juste en dessous de la pycnocline (la majorité des observations actuelles disponibles portent sur la surface). On pourrait utiliser davantage les outils de Lagrange (qui peuvent être [en partie] validés avec des flotteurs), qui peuvent aider à déterminer les processus et les régions sources des traceurs biogéochimiques et leur évolution.

Comment coordonner les activités de modélisation régionale entre les établissements pour maximiser leur valeur?

Selon les participants, il est simple de comparer les modèles de système terrestre dans le cadre des expériences du Projet d'intercomparaison de modèles couplés (CMIP), parce qu'ils ont des protocoles bien définis et des sorties communes. Cependant, les modèles régionaux sont extrêmement différents et les participants recommandent d'élaborer des lignes directrices pour certains aspects (par exemple, sortie normalisée, objectifs ciblés, comme ce qui contrôle le taux de chute, comment il varie) qui pourraient mener à un exercice d'intercomparaison. Il peut y avoir un manque de transparence dans la conception des modèles et il est donc nécessaire que les modélisateurs partagent la conception des modèles. Une première étape pourrait consister à commencer à dresser un inventaire des modèles et à identifier les groupes intéressés par les





intercomparaisons de modèles. Il est également important de trouver une organisation qui pourrait aider à accomplir ces tâches et élaborer un guide.

Les participants reconnaissent l'importance de la coordination des activités de modélisation, notamment en ce qui concerne :

- l'utilisation d'approches
- de normes
- de protocoles et de sorties communs
- les intercomparaisons des modèles
- l'échange de connaissances

D'autres discussions sont nécessaires pour déterminer les mécanismes de collaboration aux échelles locale, régionale et mondiale. Une approche initiale envisageable consiste à commencer par un petit groupe de pays intéressés, travaillant sous l'égide d'un organisme parent.

Quelles sont les lacunes et les possibilités dans la modélisation du carbone qui nécessitent un programme coordonné et exhaustif sur le carbone dans l'Atlantique Nord?

Les participants indiquent que les principales lacunes sont :

- la disponibilité des données, en particulier sous la couche mixte, à des échelles temporelles appropriées pour divers systèmes de modélisation (par exemple, en temps quasi réel)
- le traitement des données (contrôle de la qualité) en produits (moyens et quadrillés) convenant à l'évaluation du modèle

Il y a une possibilité de collaboration avec la communauté de l'observation pour transformer les données en produits utilisables; un programme sur l'Atlantique Nord serait une occasion de renforcer la collaboration et la coordination entre la communauté de l'observation et les modélisateurs pour tirer parti des efforts et les optimiser. Cela comprend une collaboration sur les activités de modélisation, ainsi qu'entre les modélisateurs et les observateurs (par exemple, résolution, conception du système, contrôle de la qualité).

Quelle est la voie à suivre pour élaborer des analyses limitées par les données et des prévisions à court terme (échelles saisonnières à décennales) du puits de carbone de l'Atlantique Nord?

Pour pouvoir prévoir le carbone dans l'Atlantique Nord, nous devons être en mesure de prévoir d'autres variables, comme les concentrations d'éléments nutritifs, la biomasse du phytoplancton et la production primaire. Il est essentiel d'augmenter le nombre de mesures des paramètres





biogéochimiques à des échelles de temps pertinentes dans la thermocline pour parvenir à prévoir ces variables.

Une discussion plus poussée porte sur la rapidité de fourniture des données, qui dépend des échelles de temps des prévisions. L'échelle de la projection du modèle détermine la vitesse à laquelle les modélisateurs devraient avoir accès aux observations afin de préparer le meilleur état initial pour les projections. La fourniture de données en temps quasi réel est nécessaire pour la projection à court terme; les données en mode différé (obtenues quelques mois après la collecte) sont adéquates pour les projections décennales, qui sont importantes pour comprendre le puits de carbone.

Les participants conviennent de l'importance d'améliorer les modèles de système terrestre pour comprendre l'Atlantique Nord, les processus dynamiques dans la région (comme le tourbillon subpolaire ou le cycle saisonnier) et de l'importance du couplage océan-atmosphère-glace. Cependant, nous devons utiliser une combinaison d'approches, et les modèles statistiques sont un outil complémentaire (pour l'interprétation à court terme) qui peut produire de l'information sur la corrélation entre les différents processus.

Thème 3 : Quelles sont les possibilités de collaboration dans la communauté internationale et comment pouvons-nous procéder pour améliorer l'approche coordonnée?

Anya Waite, Ph.D., chef de la direction et directrice scientifique de l'Ocean Frontier Institute (OFI) et coprésidente du Global Ocean Observing System (GOOS), anime la discussion sur les possibilités de collaboration dans la communauté internationale et de progresser vers une approche coordonnée.

Comment pouvons-nous coordonner ce qui existe déjà?

Mme Waite reconnaît qu'un énorme investissement a été réalisé ces dernières années dans l'amélioration de la recherche et des technologies d'observation océanique dans l'Atlantique Nord. Les participants admettent qu'il faut plus d'observations pour combler les écarts temporels et spatiaux, mais ils conviennent qu'il est plus avantageux de réunir des observations, de les coordonner et de les rendre utiles pour améliorer la compréhension et fournir de l'information qui peut étayer la prise de décisions et l'élaboration des politiques. Il faut formuler des questions claires qui aideraient à façonner les efforts d'observation, de surveillance et de coordination du carbone de l'Atlantique Nord, et y répondre. Voici quelques-unes de ces questions :

- que souhaitons-nous accomplir?





- dans quels domaines une meilleure couverture et de meilleures observations sont-elles nécessaires?
- quelle échelle temporelle visons-nous pour prévoir le changement?
- mais surtout, quelle est la valeur sociétale de l'établissement d'un observatoire du carbone dans l'Atlantique Nord?

Les participants soulignent qu'il est essentiel d'obtenir le soutien nécessaire des décideurs et des nations. Étant donné la vaste zone géographique qu'un observatoire du carbone dans l'Atlantique Nord couvrirait, les réseaux régionaux pourraient être utiles pour définir les besoins et les intervenants avec lesquels nous devrions collaborer. Les participants estiment qu'un observatoire du carbone dans l'Atlantique Nord ne devrait pas être un projet de type « activités habituelles », mais plutôt un projet pilote qui permettrait d'observer l'océan de façon plus intelligente, modifiant radicalement la fonction et l'impact de l'observation océanique. Il est important d'apprendre des autres initiatives et de mettre à profit leurs résultats, ainsi que de favoriser le partage des infrastructures, des connaissances, de la gestion des données et des astuces de coordination pour faire les choses différemment cette fois-ci.

À ce jour, malgré le succès des principaux modèles et initiatives d'observation, il n'existe pas de cadre mondial systématique qui quantifie le puits de carbone océanique, en suit les changements et résout les mécanismes qui le sous-tendent. À l'heure actuelle, il y a de nombreux efforts de grande envergure, de nombreux objectifs, exigences et méthodes qui ne sont pas coordonnés et qui rendent difficile de visualiser le tableau global et la compréhension des océans mondiaux. Un observatoire du carbone dans l'Atlantique Nord pourrait être le premier système opérationnel à fournir cette information et à la communiquer de façon systématique et normalisée aux utilisateurs finaux (c'est-à-dire les décideurs et le grand public). Les participants conviennent que les travaux dans l'océan Atlantique Nord devraient consister en une approche multidimensionnelle, y compris des observations plus nombreuses et de meilleure qualité permettant d'améliorer le rendement des modèles d'assimilation pour comprendre les facteurs du changement, ainsi que l'état passé, actuel et futur de l'Atlantique Nord. Nous devons faire des prévisions adéquates.

Bien que les activités sur le carbone de l'Atlantique Nord soient axées sur une région particulière (l'océan Atlantique Nord), les participants considèrent qu'il s'agit d'un exemple raisonnable en servant de système opérationnel pilote régional lié à des systèmes à l'échelle mondiale. L'apprentissage et les pratiques exemplaires définies tirés de ce programme pilote pourraient orienter un système que l'on pourrait appliquer à grande échelle pour comprendre l'océan mondial. Plus nous en apprendrons au cours de la mise en place de l'observatoire du carbone dans





l'Atlantique Nord, plus il y aura d'occasions de passer à l'échelle mondiale ou dans plusieurs « points chauds » régionaux.

Comment transmettre/communiquer nos données aux décideurs pour qu'ils les utilisent?

Les participants admettent que la communauté travaillant sur le carbone océanique a la possibilité de mieux communiquer l'importance du carbone océanique et les données qui pourraient être facilement utilisées et comprises par les décideurs. Il est donc nécessaire de rendre les résultats de l'observatoire du carbone dans l'Atlantique Nord plus compréhensibles, appréciables et utiles pour les décideurs. Un observatoire du carbone dans l'Atlantique Nord doit offrir des avantages pour la société que la communauté des sciences océaniques peut utiliser pour mieux expliquer la nécessité d'un programme soutenu sur le carbone océanique dans l'Atlantique Nord et à l'échelle mondiale; à cette fin, on pourrait relier l'observatoire du carbone dans l'Atlantique Nord aux services et ressources écosystémiques marins, aux zones côtières, etc. Les participants soulignent l'importance de l'acceptation sociétale; par exemple, nous maintenons de longs enregistrements de la température à l'appui de nos efforts d'observation, de surveillance et de décisions concernant l'océan parce que les gens s'intéressent aux prévisions météorologiques en raison de l'incidence de la météo sur leurs activités quotidiennes. Pour susciter cette acceptation, il faut déployer des efforts coordonnés pour éduquer différents types de publics sur les avantages des données océaniques et pour comprendre la pompe biologique de l'Atlantique Nord, en prévoyant et en décrivant ce que les changements attendus signifient pour la société. Les pays pourraient utiliser un observatoire du carbone dans l'Atlantique Nord pour calculer l'absorption du carbone océanique comme ils le font pour les émissions de combustibles fossiles. Pour étudier les impacts humains, nous devons quantifier la situation actuelle. Nous avons besoin d'une base de référence.

À quoi peut ressembler une structure de coordination?

Beaucoup de travaux sur le carbone océanique sont en cours, mais il faut les regrouper de manière coordonnée. Un observatoire du carbone dans l'Atlantique Nord devrait être différent des diverses recherches, qui visent à réaliser une étude à court terme et à en publier les résultats, tandis que l'observatoire devrait être un système opérationnel durable capable de fonctionner pour produire des avantages à long terme et pas seulement à court terme (documents de recherche). Nous devons travailler sur une base de référence pour un observatoire durable du carbone océanique, une infrastructure adéquate pour répondre aux différents aspects que l'observatoire du carbone dans l'Atlantique Nord couvrirait, de l'océanographie physique et biologique à la modélisation et à d'autres sujets socio-économiques (comptabilisation du carbone, pêches, etc.). Ainsi, il pourrait être utile de présenter l'observatoire du carbone dans l'Atlantique Nord en tant que système régional qui appuie la science, la comptabilisation du carbone et les ressources (les pêches).





Par ailleurs, les participants indiquent clairement que la société et les décideurs devraient être davantage inclus dans le système opérationnel proposé. Les scientifiques devraient essayer de sortir des sentiers battus (leurs tâches habituelles : expériences et études scientifiques) et chercher à déterminer les éléments importants dont nous avons besoin pour comprendre clairement comment le système climatique fonctionne afin d'essayer de répondre aux questions d'importance sociétale. Les participants remarquent qu'il n'existe pas d'entité unique qui en serait le seul moteur, et que la collaboration est donc importante.

À quelles organisations internationales devrions-nous nous adresser pour le moment?

Pour aider à catalyser la discussion, Mme Waite donne quelques exemples de réseaux et d'organisations internationaux qui pourraient aider à atteindre les objectifs de ce thème en trouvant des occasions d'améliorer l'approche coordonnée par des collaborations avec la communauté internationale. Les participants reconnaissent l'importance de la mobilisation par des moyens non traditionnels comme le G7, le Groupe d'experts de haut niveau pour une économie océanique durable et d'autres, pour améliorer la visibilité de l'observatoire du carbone dans l'Atlantique Nord, la coordination des sciences océaniques et la capacité de répondre aux besoins de la société. Ils soulignent aussi la nécessité de faire la distinction entre les réseaux/organisations fondés sur le bénévolat et les réseaux/organisations entièrement financés, car nous avons besoin d'un système d'observation durable, et un élan soutenu est donc nécessaire pour mener un projet pilote ambitieux comme un observatoire du carbone dans l'Atlantique Nord. Même si de nombreuses organisations sont disponibles et contribuent aux activités sur le carbone océanique, aucune d'entre elles n'offre la structure de coordination appropriée nécessaire pour faire progresser un observatoire du carbone dans l'Atlantique Nord. Les participants ajoutent que certaines organisations sont confrontées à un manque de financement, tandis que d'autres ne communiquent pas avec tous les intervenants dans le domaine du carbone océanique. Compte tenu du fait qu'il n'y a pas d'organisation ou de réseau qui s'occupe d'un système opérationnel de carbone océanique, certains participants proposent de créer un nouveau centre qui pourrait attirer d'éventuels acteurs et bailleurs de fonds clés pour accélérer le processus. D'autres participants suggèrent que nous sollicitons l'appui des ministères de chaque pays pour la planification initiale, puis que nous établissons et exploitons un observatoire du carbone dans l'Atlantique Nord, avec l'aide du GOOS. Les participants soulignent également le manque d'efforts de coordination internationale dans le domaine de la modélisation biogéochimique, qui serait également un enjeu crucial pour un observatoire du carbone dans l'Atlantique Nord.

Quels sont les obstacles scientifiques, politiques et techniques à l'adoption d'une approche coordonnée?





Peu de gens travaillent sur les modèles biogéochimiques et l'intégration plus efficace des observations dans les modèles, et la création d'un cadre pour la rétroaction sur les modèles et les observations est donc un domaine à améliorer. Cet exemple pourrait ensuite s'appliquer à d'autres régions. Cependant, les participants pensent qu'il n'y a pas d'effort de coordination en modélisation, en particulier pour aborder les domaines prioritaires concernant la qualité ou le perfectionnement des modèles ou pour rédiger et publier des documents collaboratifs. De plus, les modèles pourraient avoir des faiblesses dans la détection de la variabilité saisonnière. Il faut donc savoir quel genre d'observations sont nécessaires pour améliorer les modèles d'assimilation. De nombreux projets ont été réalisés sur des sujets liés au carbone, mais nous avons besoin de plus de projets pilotes pour établir un système coordonné et nous devons parler du fonctionnement du système, de ses produits et de sa coordination. Les réseaux/organisations existants ne travaillent pas sur les aspects opérationnels du système (à l'exception du SIOC), et c'est ce qui pourrait être nécessaire.





Séance plénière

L'objectif de la séance plénière était de discuter et de définir les éléments scientifiques, les étapes et les activités nécessaires pour faire progresser une approche intégrée et exhaustive d'un programme sur le carbone océanique dans le cadre de la pompe biologique de l'Atlantique Nord, en tenant compte de l'état actuel, ainsi que des lacunes et des possibilités cernées durant la première journée de l'atelier.

M. Paul Snelgrove, Ph.D., (conseiller scientifique du MPO, directeur scientifique associé de l'Ocean Frontier Institute et professeur de sciences et de biologie océaniques à l'Université Memorial de Terre-Neuve, Canada) anime les discussions. Quatre experts en carbone océanique prennent part à la table ronde :

- Stephanie Henson, Ph.D., (scientifique principale au National Oceanography Centre (NOC) et professeur honoraire à l'Université de Southampton, Royaume-Uni)
- Brad de Young, Ph.D., (océanographe à l'Université Memorial, Canada)
- Maria Hood, Ph.D., (chef du Bureau de l'UE du Centre de coordination de l'Initiative sur l'avenir des mers et des océans (FSOI) du G7 et coordinatrice pour le G7 de l'EU4OceanObs)
- Andrew Watson, Ph.D., (professeur de recherche à la Royal Society et chef du groupe de recherche en sciences marines et atmosphériques d'Exeter, Royaume-Uni)

Voici les questions qui ont été posées :

Q1 : Les changements climatiques sont largement reconnus comme un enjeu sociétal, mais pas le carbone océanique. Comment pouvons-nous faire du carbone océanique un enjeu sociétal?

Il existe une lacune dans la communication des résultats scientifiques aux décideurs et au grand public. Il peut être avantageux que des spécialistes en communication, en sciences sociales ou en théorie du changement facilitent la diffusion et la traduction de la science en un message significatif adressé directement aux utilisateurs finaux, y compris les décideurs et le grand public. La communauté scientifique doit collectivement parler davantage des besoins de la société et moins des projets scientifiques. Les océanographes doivent être perçus comme des fournisseurs de services (comme le personnel médical) contribuant directement à la société.

Q2 : Que devons-nous mesurer et dans quelle mesure sommes-nous bien placés pour prendre ces mesures?





Dans son rapport de 2021⁷, le Global Carbon Project a estimé l'absorption de CO₂ dans les océans en fonction de la moyenne des taux observés et modélisés. En 2010, l'absorption de CO₂ atmosphérique mesurée selon des méthodes traditionnelles a été considérée comme précise à ± 10 %, mais la précision actuelle est beaucoup plus faible, en raison du manque d'observations par rapport à 2010. Nous devons donc effectuer des observations durables de l'absorption du carbone à l'aide d'une méthode normalisée. De plus, il est nécessaire d'avoir des observations tridimensionnelles de la biogéochimie, de préférence facilitées par des technologies autonomes (planeurs, navires autonomes) déployées dans des endroits inaccessibles aux navires de recherche, avec les données et les mesures prises à bord des navires de recherche comme référence. Un point important est qu'il faut approfondir le développement avant de pouvoir compter sur les données des capteurs; bon nombre d'entre eux sont encore des prototypes qui doivent être validés davantage avant de pouvoir remplacer les mesures à bord des navires.

Q3 : Si l'argent nécessaire est disponible aujourd'hui, est-ce le cas de la technologie?

Les panélistes conviennent fondamentalement que certaines plateformes et technologies de capteurs sont disponibles, bien qu'elles n'offrent peut-être pas actuellement la couverture géospatiale nécessaire (par exemple, plus de flotteurs Argo sont requis pour couvrir le bassin de l'Atlantique Nord). Toutefois, la technologie actuelle présente des limites pour certaines questions de recherche, comme la définition des mécanismes sous-jacents aux changements dans la pompe biologique. De plus, la technologie actuelle n'est pas entièrement compatible avec les conditions environnementales extrêmes de l'Atlantique Nord (fonctionnement des plateformes autonomes en hiver). Pour relever ce défi, on pourrait mettre à profit les navires de passage pour étendre les capacités d'observation, et de nouvelles technologies comme les drones voiliers pour les observations de surface de type pCO₂ pourraient fournir des données de haute qualité permettant de faire progresser l'état des connaissances. Des progrès parallèles doivent être réalisés dans tous les domaines, c'est-à-dire la recherche, la technologie, la science, etc. Les projets EuroSea⁸ pour la recherche, Blue Cloud⁹ pour la gestion des données et TechOceanS¹⁰ pour le développement de la technologie et des capteurs sont un exemple d'initiative parallèle, où des progrès sont réalisés

⁷ Global carbon budget (en anglais seulement) (<https://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/index.htm>)

⁸

EuroSea (en anglais seulement) (<https://eurosea.eu/>)

⁹ Blue-Cloud (en anglais seulement) (<https://www.blue-cloud.org/>)

¹⁰ Technologies for Ocean Sensing (en anglais seulement) (<https://cordis.europa.eu/project/id/101000858>)





simultanément dans tous les domaines. Le développement de la technologie des capteurs sera la clé de l'atteinte des objectifs d'un système pilote d'observation de l'Atlantique Nord.

La durabilité est un autre élément important pour la réussite d'un programme d'observation dans l'Atlantique Nord. Le Service météorologique national est un bon exemple de la façon de créer un système d'observation durable. L'obtention d'un financement continu ou opérationnel repose sur un critère standard qui consiste à avoir des systèmes opérationnels automatisés avec une diffusion de données en temps réel, où les données n'ont pas à passer par les mains des scientifiques avant d'être communiquées. La communauté océanographique devrait peut-être emprunter une voie semblable pour se doter d'un système durable.

Q4 : Que faut-il faire pour combler l'écart spatial entre les études du processus d'observation et les modèles?

L'ingestion de données inexactes dans les modèles peut produire des résultats et des conclusions inappropriés et incorrects. Il faudrait s'assurer que les données qui alimentent les modèles subissent un contrôle et une assurance de la qualité. Le domaine de l'océanographie doit évoluer vers un processus semblable à celui appliqué par la communauté qui travaille sur l'atmosphère, où l'on met particulièrement l'accent sur l'élaboration de modèles et l'intercomparaison, ce qui mène ensuite à une interaction avec les données pour corriger les diverses erreurs qui peuvent exister dans les données (ou les modèles). Afin de comprendre comment améliorer l'utilisation des données pour les modèles, il faut prédéfinir et comprendre des éléments comme le rendement attendu du modèle, l'échelle spatiale et temporelle et la représentation du modèle. Les efforts prioritaires devraient comprendre l'affectation de ressources aux groupes qui peuvent répondre efficacement à ces questions. La meilleure façon d'aller de l'avant est d'avoir différents types de modèles avec diverses échelles et de choisir le modèle approprié pour la question.

Q5 : Sans oublier le besoin défini de coordination entre les disciplines : les zones côtières et extracôtières, l'atmosphère et les océans, le carbone organique et inorganique, l'océan superficiel et subsuperficiel, les biologistes et les physiciens, à quoi ressemblerait une composante clé d'une structure coordonnée?

La structure de gouvernance pour ce type de coordination aurait besoin d'une approche descendante, avec des liens plus forts avec un cadre intergouvernemental. Dans la plupart des pays, le financement de la recherche est accordé séparément du financement de la surveillance soutenue. La recherche et la surveillance sont toutes les deux importantes, et la recherche peut être intégrée à un système de surveillance plus durable. Un réseau d'amarrages tropical est un bon exemple de système de surveillance durable qui est également utilisé pour les études de processus. Une





structure de gouvernance devrait comprendre une combinaison de recherche et de surveillance. Il existe quelques structures de coordination, souvent avec un financement minimal, comme AtlantOS¹¹, l'Accord de Galway qui fonctionne par l'entremise de la All-Atlantic Ocean Research Alliance (AAORA)¹² et le Système intégré d'observation du carbone (ICOS)¹³, qui pourraient être mises à profit pour mettre au point une expérience pilote pour l'Atlantique Nord. Le projet pilote devrait porter sur la gouvernance, la structure de coordination et une stratégie de ressources pour élaborer un système de surveillance durable.

Le Projet international de coordination sur le carbone et l'océan (IOCCP), qui fait partie du groupe d'experts en biochimie du GOOS, a été principalement élaboré pour coordonner les observations du carbone océanique dans différents programmes et systèmes. Il existe depuis longtemps, a un historique honorable et est appuyé par des scientifiques. L'IOCCP ne fait pas de coordination opérationnelle; cependant, c'est un endroit approprié où les nations peuvent se réunir et s'entendre sur de nombreux points, comme les pratiques exemplaires pour un projet pilote. Le fait d'avoir des liens avec le GOOS permettrait de s'adresser directement aux États membres, par l'intermédiaire de la COI, de l'Organisation météorologique mondiale (OMM) et du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), afin d'obtenir leur adhésion.

Certains participants suggèrent également de lancer le projet pilote dans l'Atlantique Nord, puis de bâtir la structure de gouvernance globale en parallèle, comme l'approche adoptée par le programme Argo. L'échelle du bassin serait la bonne approche pour entamer cette initiative, car les pays limitrophes pourraient immédiatement se concentrer sur les questions qui les préoccupent et les intéressent.

Les écarts dans la coordination entre les communautés de l'observation et de la modélisation sont principalement attribuables à des problèmes de communication et d'état d'esprit. Chaque modèle a une structure différente, et il est difficile de comprendre les sorties du modèle sans une bonne compréhension de sa structure. L'élaboration de normes pour décrire la structure du modèle aidera à résoudre ce problème. L'introduction de nouvelles traces dans un modèle de système terrestre complexe n'est pas possible, à moins d'être présentée sous la forme d'un paramétrage simple sur une bonne quantité d'observations. Les observateurs et les modélisateurs doivent collaborer et communiquer pour comprendre les modèles, générer des modèles qui sont plus proches des observations et comprendre pourquoi les sorties des modèles sont différentes des observations. Un

¹¹ AtlantOS (en anglais seulement) (<http://atlantos-ocean.org/index.html>)

¹² All-Atlantic Ocean Research Alliance (en anglais seulement) (<https://allatlanticocean.org/whoweare/>)

¹³ Integrated Carbon Observation System (en anglais seulement) (<https://www.icos-cp.eu/>)





autre défi est le niveau de soutien nécessaire pour intégrer de nouvelles mesures dans les modèles et en évaluer l'efficacité. Le niveau de base de fonctionnement des modèles n'a pas encore été atteint et constitue toujours un effort de recherche. Comparativement aux groupes communautaires d'observation, la communauté de la modélisation manque de groupes bien organisés pour mieux se coordonner afin de progresser dans des domaines comme l'élaboration des normes. Il y a aussi un manque de gens compétents pour faire le travail. Il est nécessaire d'organiser des programmes de formation pour former davantage de personnes qualifiées.

Les approches scientifiques actuelles sont compartimentées entre les observations, la recherche, la modélisation, etc., et il faut les transformer en un système durable qui examine le continuum des questions scientifiques comme un tout.

Q6 : Les programmes scientifiques nationaux se concentrent davantage sur le processus. Cependant, la continuité et la durabilité de l'observation constituent un défi. Y a-t-il un équilibre ou une différence d'approche nécessaire pour répondre aux besoins en matière d'études de processus et d'observation et de modélisation continues?

L'un des défis actuels qui a été cerné consiste à définir un programme qui passe de la recherche aux opérations tout au long de la chaîne de valeur, ainsi que les niveaux de préparation technologique, dans lequel, à un moment donné, le système évolue pour être admissible à un financement durable par des bailleurs de fonds nationaux et internationaux.

Il faudrait cibler le financement de la recherche sur les questions de préoccupation environnementale en ce qui a trait à la capacité de régler ces questions, techniques et technologies (par exemple, l'initiative Horizon 2050¹⁴ de l'Union européenne). Le financement sortait de la portée de l'atelier, mais on a suggéré que toute nouvelle structure de financement doit se situer en dehors de l'enveloppe de financement scientifique standard, qui est limitée par la façon dont la science est financée. D'après l'expérience actuelle, une structure de gouvernance de l'observatoire du carbone dans l'Atlantique Nord devrait faciliter la contribution des nations à un fonds combiné, afin qu'elles puissent atteindre les valeurs sociétales qu'elles recherchent.

Q7 : Quelles sont les mesures concrètes à prendre pour intensifier les efforts uniquement du point de vue scientifique, c'est-à-dire les conditions préalables, les étapes de mise en œuvre, les échéanciers, etc.? Y a-t-il une phase pilote ou une approche renforcée qui pourrait nous permettre d'atteindre notre objectif? Doit-elle être descendante?

¹⁴ [2050 long-term strategy \(en anglais seulement\)](#) [2050 long-term strategy \(europa.eu\)](#)





Les participants pensent qu'une première étape serait l'élaboration d'un programme pilote dans l'Atlantique Nord qui comprendrait des plateformes autonomes (flotteurs ARGO BGC et planeurs) pour soutenir les réseaux existants au cours de la prochaine année. Une bonne approche consisterait à créer l'observatoire du carbone dans l'Atlantique Nord en tant que projet pilote pluriannuel axé à la fois sur la recherche et la surveillance.

Avant d'ajouter d'autres instruments, certains panélistes proposent d'examiner la fourniture des données d'observation existantes qui ne sont pas utilisées de façon optimale pour le moment. La rationalisation de la fourniture des observations en données et en informations pourrait constituer une première étape. Certains panélistes sont également favorables à l'idée d'organiser une réunion/conférence pour davantage attirer l'attention et améliorer la sensibilisation sur le carbone océanique sur la planète et ce qu'il signifie pour le grand public. Une communication claire et simple pourrait mobiliser et sensibiliser le public, l'aider à comprendre le puits de carbone océanique et susciter l'intérêt de la communauté pour qu'elle contribue aux activités sur le carbone océanique.

Une autre approche proposée consiste à délimiter une zone définie géographiquement pour surveiller et démontrer clairement la capacité de répondre à certaines questions sociétales communes, avant d'étendre l'approche à mettre en œuvre à d'autres zones océaniques. Ce type d'approche ciblée simplifierait le processus d'identification de l'équipement approprié, des paramètres d'observation, de la densité spatiale et temporelle, des modèles, etc., pour répondre aux questions sociétales visées.

Les participants remarquent que le fait de connaître les questions auxquelles il faut répondre aiderait à définir les exigences d'un système d'observation, ce qui donne à penser que nous devons nous efforcer de comprendre les répercussions de l'absorption du carbone océanique et les voies vers la carboneutralité. Nous devons traduire l'information que nous recueillons dans un sens scientifique en quelque chose qui intéresse les gens; en d'autres termes, communiquer la science au public et aux décideurs. Ce message doit être délivré d'une manière créative, avec la bonne terminologie, pour permettre de comprendre les voies vers la carboneutralité. Enfin, nous avons besoin d'une initiative substantielle et durable reposant sur les éléments fondamentaux qui ont déjà fait leurs preuves en mode pilote au cours des 20 dernières années pour les démontrer et faire passer les choses à un niveau supérieur, en faisant un bond de géant dans les activités sur le carbone océanique.

Q8 : Selon vous, quelle serait la prochaine étape après aujourd'hui pour faire avancer cette initiative sur le carbone dans l'Atlantique Nord?





L'une des exigences initiales définies était de s'efforcer de mettre en place un programme durable qui s'appuie sur des fondations existantes ayant un long historique de réussite et qui sont susceptibles de faire avancer cet effort. Une meilleure communication avec les décideurs, les bailleurs de fonds et le grand public sera nécessaire pour inspirer l'action, changer les comportements et justifier un programme durable.

Un certain nombre de tâches simples ont été proposées, et on pourrait les classer par ordre de priorité afin d'améliorer la coordination des activités, en commençant par cartographier et réunir les connaissances existantes et les lacunes dans les domaines de l'observation et de la recherche, en stimulant le développement des capteurs et des technologies, et en définissant et comprenant les questions précises auxquelles il faut répondre. Parallèlement à ces activités, il faudrait s'efforcer de faire un bond en avant en investissant massivement dans les activités d'observation, de recherche et de modélisation du carbone océanique dans l'Atlantique Nord.

La sensibilisation du public, par le biais de tribunes publiques axées sur les observations du carbone dans l'Atlantique Nord comme élément clé pour communiquer l'importance sociétale de cet effort, est un autre domaine d'intérêt. Le grand public ne comprend pas suffisamment le rôle de l'océan dans le bilan de carbone mondial, ce qui a entraîné un manque de programmes et de coordination durables. En sensibilisant davantage les gens, on espère que cela facilitera les collaborations avec les partenaires afin d'amorcer les investissements importants nécessaires pour faire un bond de géant dans les activités sur le carbone océanique. Il faut également plus de personnes et plus de formation pour analyser et interpréter adéquatement les données et générer des produits à partir de celles-ci.





Sommaire des discussions

Les changements climatiques s'accélèrent, et la société exigera de plus en plus de meilleures réponses et une plus grande certitude que celles qui sont offertes actuellement. Il s'agit d'un grand défi qui nécessitera des ressources, du temps, ainsi que des efforts multidisciplinaires et multinationaux. Les participants ont convenu que cette question devrait être abordée à plus petite échelle en se concentrant sur une seule région afin d'obtenir une meilleure vue d'ensemble.

Ils se sont tous entendus sur le rôle important de l'océan dans les changements climatiques, et en particulier de l'Atlantique Nord, un point chaud mondial pour l'absorption du carbone. Il est ainsi justifié d'entreprendre un effort majeur dans l'Atlantique Nord, qui fournira un exemple pour des initiatives futures dans différentes régions.

Un consensus se dégage pour dire que la société reconnaît de plus en plus que les changements climatiques sont un problème et que la science pour les comprendre est abondante et de bonne qualité. Il y a aussi une bonne expertise, une base d'activités sur laquelle s'appuyer et un grand intérêt de la part de la communauté scientifique. Cependant, les efforts restent en grande partie mal coordonnés, et il y a une pénurie de ressources et de personnel pour accomplir les tâches. Les participants ont souligné la nécessité d'améliorer l'intégration et la coordination, non seulement pour réduire la redondance, mais surtout pour accroître l'impact des travaux. Ils ont également soulevé des préoccupations au sujet :

- de la stabilité des capteurs
- de la disponibilité des observations en temps réel
- de l'intégration et de l'utilisation efficaces des données
- de la durabilité des observations dans une région vaste et saisonnièrement dynamique qui évolue sur de longues périodes

Il s'agit d'une occasion et d'une raison impérieuse de faire un pas de géant en matière d'observation et de modélisation des océans afin de mieux comprendre comment l'océan Atlantique Nord contribue actuellement à l'atténuation des changements climatiques et, ce qui est peut-être plus important encore, de prévoir comment sa contribution évoluera à l'avenir.

Les participants ont défini des mesures hautement prioritaires et des lacunes dans les connaissances sur le cycle du carbone, comme le rôle de la calcification dans la détermination de l'alcalinité. Ils ont également souligné les lacunes critiques dans la compréhension des limites physiques, scientifiques et politiques, en particulier entre :

- les chercheurs sur les zones côtières et hauturières





- l'atmosphère et l'océan
- le carbone organique et inorganique
- les biologistes, physiciens et géochimistes océaniques
- les défis que pose le travail au-delà des frontières internationales

Les participants ont convenu que le travail sera plus efficace si l'on intègre les activités, non seulement pour optimiser l'utilisation des ressources disponibles, mais aussi pour agir rapidement afin de répondre aux besoins et aux lacunes en matière de données et de modélisation et pour réduire l'inégalité des observations aux échelles temporelle et spatiale. Nous devrions viser haut, le but ultime étant de révolutionner la recherche sur le carbone océanique, dans l'ensemble de la chaîne de valeur, de la technologie des capteurs aux études sur les processus, en passant par la gestion des données, la modélisation des données et la gouvernance.

Une communication efficace avec les décideurs, les organismes de financement et la société civile est essentielle et nécessite une amélioration radicale. La première étape consisterait à consulter les partenaires pour créer un groupe de travail sur la gouvernance du carbone océanique; ce groupe de travail serait chargé d'explorer une méthode pour répertorier et intégrer les programmes et les modèles existants, ainsi que de déterminer des stratégies pour combler les écarts critiques entre les programmes existants. Ces écarts comprendront probablement l'échelle et la densité des observations, l'emplacement précis de la phase initiale, les technologies à utiliser et ce à quoi devrait ressembler un programme dans le cadre d'une grande initiative qui attirerait l'attention.

Les participants ont convenu que les discussions initiales devraient inclure des considérations pour la conception d'un système d'observation, les moyens et les investissements nécessaires pour le faire avancer, les résultats attendus et leur utilisation. Une telle structure devrait comprendre des efforts internationaux, plusieurs disciplines et des approches de modélisation et d'observation.

Enfin, cet atelier a révélé que l'intérêt, la volonté, les connaissances et les ressources existent déjà pour élaborer une approche meilleure, intégrée et systématique pour un programme international sur le carbone dans l'océan Atlantique Nord. Le Canada s'est montré très désireux de faire progresser la compréhension du carbone océanique dans l'Atlantique Nord et poursuivra la conversation sur la compréhension, l'observation et la surveillance du carbone océanique dans l'Atlantique Nord.





Annexe 1 : Ordre du jour de l'atelier

Pompe biogéochimique de l'Atlantique Nord

Atelier scientifique virtuel

Objectif de l'atelier :

Sur la base des travaux réalisés par la communauté internationale de recherche sur le carbone océanique, proposer une approche d'un programme intégré sur le carbone océanique (recherche, modélisation, observation et surveillance) dans l'Atlantique Nord en utilisant la pompe biogéochimique de l'Atlantique Nord comme modèle.

Jour 1 : (4 heures)

Objectif : Cibler les lacunes, les défis et les possibilités en matière de recherche, de modélisation, d'observation et de surveillance de la pompe biogéochimique de l'Atlantique Nord.

1. Mot de bienvenue
2. Introduction et but de l'atelier
3. Mise en contexte — Présentation générale pour préparer le terrain
 - a) état actuel des connaissances et de la recherche, de l'observation et de la surveillance du carbone (y compris les technologies) en haute mer dans l'Atlantique Nord
 - b) état actuel des activités de modélisation à l'échelle régionale pour permettre de produire des estimations intégrées du puits de carbone océanique, et pour réaliser des prédictions des changements futurs du puits
 - c) identification des intervenants actuels et de leurs activités dans le domaine du carbone océanique dans l'Atlantique Nord
4. Séances en petits groupes — En fonction des discussions précédentes, cibler les lacunes et les possibilités du régime actuel

Thème 1. Quelles sont les lacunes et les possibilités actuelles en matière de connaissances et de recherche, d'observations et de surveillance du carbone qui nécessitent d'avoir un programme coordonné et complet sur le carbone dans l'Atlantique Nord?

Questions :

- que devons-nous rechercher, observer et surveiller?





- quelles sont les ressemblances et les différences entre l'Atlantique Nord et d'autres régions océaniques en ce qui concerne la séquestration du carbone (c'est-à-dire, que peut-on tirer des enseignements des travaux effectués dans d'autres bassins océaniques)?
- quelles sont les lacunes dans les connaissances qui limitent notre capacité à contraindre les estimations de l'échange de carbone actuel dans l'Atlantique Nord?
- quelles sont les technologies appropriées pour l'observation et la surveillance du carbone océanique?
- quels sont les aspects de la surveillance de l'Atlantique Nord qui nécessitent une collaboration internationale et qui sont les intervenants essentiels pour assurer la réussite de cette surveillance?

Thème 2. Quelles sont les lacunes et les possibilités en matière de modélisation du carbone qui nécessitent d'avoir un programme coordonné et complet sur le carbone dans l'Atlantique Nord?

Questions :

- quelles sont les capacités de modélisation actuelles dans l'Atlantique Nord, et comment améliorer les résultats des modèles et réduire les incertitudes?
- comment assurer la coordination des activités de modélisation régionale entre les institutions afin d'optimiser leur valeur?
- quelle voie faut-il emprunter pour mettre au point des analyses fondées sur des données et des prévisions à court terme (saisonnier-décennal) du puits de carbone de l'Atlantique Nord à partir d'une échelle saisonnière jusqu'à une échelle décennale?
- quelles sont les principales observations nécessaires pour valider et améliorer les processus des modèles, et comment les modèles peuvent-ils éclairer les stratégies d'observation?

Thème 3. Quelles sont les possibilités de collaboration au sein de la communauté internationale et que pouvons-nous faire pour améliorer l'approche coordonnée?

Questions :

- qui sont les principaux intervenants (organisations) qui devraient être consultés? (par exemple, la Commission océanographique internationale (COI), le Comité scientifique pour les recherches océaniques (SCOR), le Conseil international pour l'exploration de la mer (CIEM), divers pays).
- à quoi pourrait ressembler une structure de coordination permettant une mobilisation efficace des communautés de recherche, de modélisation et de surveillance des océans diversifiées, essentielles et dispersées?





- quels sont les principaux liens avec les activités nationales et internationales qui doivent être intégrés dans la structure?
- quels sont les obstacles scientifiques et techniques à l'adoption d'une approche coordonnée?

5. Retour en plénière (bref compte rendu et présentation du deuxième jour)

Jour 2 : (3 heures)

Objectif : Selon l'état actuel ainsi que les lacunes et les possibilités ciblées lors de la première journée, examiner les éléments scientifiques, les étapes et les activités nécessaires afin de promouvoir l'approche d'un programme intégré et global sur le carbone océanique dans la pompe biogéochimique de l'Atlantique Nord.

6. Mot de bienvenue du jour 2

7. Compte rendu des séances en petits groupes

Les responsables des trois groupes feront un résumé des discussions.

Thème 1. – constatations principales et observations

Thème 2. – constatations principales et observations

Thème 3. – constatations principales et observations

8. Discussions et questions pour préciser les résultats des séances en petits groupes

9. Séance plénière – Discussion dirigée par le conseiller scientifique du MPO sur les éléments scientifiques, les étapes et les activités nécessaires à l'adoption d'une approche intégrée et complète d'un programme sur le carbone océanique dans le cadre de la pompe biogéochimique de l'Atlantique Nord.

- Quels seraient les principaux éléments d'un effort concerté, et à quoi ressemblerait une structure de coordination? Voici quelques éléments essentiels :
 - Gouvernance des activités scientifiques
 - Intégration des thèmes de modélisation et d'observation
 - Concordance entre les activités scientifiques nationales et les objectifs internationaux pour éviter les redondances et parvenir à un résultat dont l'ensemble transcende les parties.





- Quelles sont les mesures et les étapes concrètes nécessaires pour intensifier les efforts (uniquement d'un point de vue scientifique) (p. ex. quelles sont les conditions préalables, les étapes de mise en œuvre, les échéances, etc.)

10. Résumé de l'atelier et prochaines étapes

- Présenter un résumé des discussions de l'atelier qui sera intégré au rapport définitif de l'atelier.

11. Clôture



Annexe 2 : Les participants

	Nom	Affiliation	Contact
1	Dr. Abed El Rahman Hassoun	CNRS-L	abedhassoun@cnrs.edu.lb
2	Dr. Adrian Martin	NOC	Adrian.martin@noc.ac.uk
3	Dr. Akihiko Murata	JAMSTEC	murataa@jamstec.go.jp
4	Dr. Andrea Fassbender	NOAA- PMEL	andrea.j.fassbender@noaa.gov
5	Dr. Andrew Watson	Université d'Exeter	Andrew.Watson@exeter.ac.uk
6	Dr. Angela D. Hatton	NOC	andh@noc.ac.uk
7	Dr. Anya Waite	OFI/GOOS	Anya.Waite@dal.ca
8	Dr. Are Olsen	Université de Bergen	Are.Olsen@uib.no
9	Dr. Bob Brewin	Université d'Exeter	r.brewin@exeter.ac.uk
10	Dr. Brad de Young	Université Memorial de Terre-Neuve	bdeyoung@mun.ca
11	Dr. Dariia Atamanchuk	Université Dalhousie	dariia.atamanchuk@dal.ca
12	Dr. Darryl Banjoo	Institut des affaires maritimes, Trinité-et-Tobago	dbanjoo@ima.gov.tt
13	Dr. Diane Lavoie	DFO	Diane.Lavoie@dfo-mpo.gc.ca
14	Dr. Dorothee Bakker	Université d'East Anglia	D.Bakker@uea.ac.uk
15	Dr. Douglas Wallace	Université Dalhousie	Douglas.Wallace@Dal.Ca





16	Dr. Fiz Perez	Institut de recherche marine, Espagne	fiz.perez@gmail.com
17	Dr. Frederic Cyr	DFO	Frederic.Cyr@dfo-mpo.gc.ca
18	Dr. Galen McKinley	Université Columbia	mckinley@ldeo.columbia.edu
19	Dr. Griet Neukermans	Université de Gand, Belgique	griet.neukermans@ugent.be
20	Dr. Hartmut Frenze	NOAA-PMEL/ Université de Washington	
21	Dr. James Christian	DFO	james.christian@dfo-mpo.gc.ca
22	Dr. Javier Arístegui	Université de Las Palmas, Gran Canaria	javier.aristegui@ulpgc.es
23	Dr. Katherine Hill	NOC	katy.hill@noc.ac.uk
24	Dr. Ken Johnson	MBARI	johnson@mbari.org
25	Dr. Lana Shaya	DFO	Lana.Shaya@dfo-mpo.gc.ca
26	Dr. Lauren Moseley	Université Columbia	laurenm@ldeo.columbia.edu
27	Dr. Lionel Guidi	CNRS	lguidi@obs-vlfr.fr
28	Dr. Lisa Miller	DFO	lisa.miller@dfo-mpo.gc.ca
29	Dr. Marcos Fontela	CCMAR, Portugal	mmfontela@ualg.pt
30	Dr. Maria Hood	Mercator Océan International	mhood@mercator-ocean.fr





31	Dr. Marin Cornec	NOAA-PMEL/ Université de Washington	marin.cornec@noaa.gov
32	Dr. Marion Gehlen	LSCE/IPSL	marion.gehlen@lscce.ipsl.fr
33	Dr. Meike Becker	Université de Bergen	meike.becker@uib.no
34	Dr. Michael St John	Université technique du Danemark	mstjo@aqu.dtu.dk
35	Dr. Momme Butenschön	CMCC Europe	momme.butenschon@cmcc.it
36	Dr. Nathan Briggs	NOC	nathan.briggs@noc.ac.uk
37	Dr. Neil Swart	ECCC	Neil.Swart@ec.gc.ca
38	Dr. Neill Mackay	Université d'Exeter	N.Mackay@exeter.ac.uk
39	Dr. Nicole Lovenduski	Université du Colorado, Boulder	nicole.lovenduski@colorado.edu
40	Dr. Paul Myers	Université de l'Alberta	pmyers@ualberta.ca
41	Dr. Paul Snelgrove	Université Memorial de Terre-Neuve /DFO	psnelgrove@mun.ca
42	Dr. Reiner Steinfeldt	Université de Brême, Allemagne	steinfel@uni-bremen.de
43	Dr. Richard Sanders	Université de Bergen	rsan@norceresearch.no
44	Dr. Rik Wanninkhof	NOAA/AOML	rik.wanninkhof@noaa.gov
45	Dr. Roberta Hamme	Université de Victoria	rhamme@uvic.ca





46	Dr. Sarah L.C. Giering	NOC	slcg@noc.ac.uk
47	Dr. Siv Kari Lauvset	Centre de recherche norvégien	siv.lauvset@norceresearch.no
48	Dr. Solveig Rosa Olafsdottir	Hafogavtn, Islande	solveig.rosa.olafsdottir@hafogvatn.is
49	Dr. Sophia Johannessen	DFO	Sophia.Johannessen@dfo-mpo.gc.ca
50	Dr. Stephanie Henson	NOC	s.henson@noc.ac.uk
51	Dr. Thorsten Kiefer	JPI Oceans	thorsten.kiefer@jpi-oceans.eu
52	Dr. Tobias Steinhoff	GEOMAR, Allemagne	tsteinhoff@geomar.de
53	Dr. Toste Tanhua	GOOS	ttanhua@geomar.de
54	Dr. Ute Schuster	Université d'Exeter	U.Schuster@exeter.ac.uk
55	Dr. Xose Anton Alvarez Salgado	CSIC- Spain	xsalgado@iim.csic.es
56	Dr. Zoe Finkel	Université Dalhousie	zfinkel@dal.ca
57	Mr. Andrew Stewart	DFO	Andrew.Stewart@dfo-mpo.gc.ca
58	Dr. Francois Oliva	DFO	Francois.Oliva@dfo-mpo.gc.ca
59	Mr. Keith Lennon	DFO	Keith.Lennon@dfo-mpo.gc.ca
60	Mr. Tyler Emmott	DFO	Tyler.Emmott@dfo-mpo.gc.ca
61	Ms. Champika Gallage	DFO	Champika.Gallage@dfo-mpo.gc.ca
62	Ms. Denise Joy	DFO	Denise.Joy@dfo-mpo.gc.ca





63	Ms. Isabelle Gaboury	DFO	Isabelle.Gaboury@dfo-mpo.gc.ca
64	Ms. Itahisa Deniz Gonzalez	IOC	i.deniz-gonzalez@unesco.org
65	Ms. Jenny Chiu	DFO	Jenny.Chiu@dfo-mpo.gc.ca
66	Ms. Kacie Conard	DFO	Kacie.Conrad@dfo-mpo.gc.ca
67	Ms. Larisa Lorinczi	Commission européenne	Larisa.LORINCZI@ec.europa.eu
68	Ms. Patricia Pernica	DFO	Patricia.Pernica@dfo-mpo.gc.ca
69	Ms. Sandra Ketelhake	JPI Oceans	saniketelhake@gmail.com





Annexe 3 : Document d'information

Pompe biogéochimique de l'Atlantique Nord

Atelier scientifique virtuel

15 et 16 décembre 2021

(Le présent document vise à fournir un contexte supplémentaire pour la préparation des participants avant l'atelier)

Introduction

L'océan stocke 50 fois plus de carbone que l'atmosphère et en absorbe plus que toutes les forêts tropicales combinées. De tous les océans, l'océan Atlantique Nord est l'un des puits de carbone anthropique les plus importants de la planète¹⁵, représentant environ 30 % de l'absorption globale de CO₂ par l'océan.

La connaissance du cycle du carbone océanique est primordiale étant donné le rôle de l'océan dans la séquestration du CO₂ de l'atmosphère et pour atteindre les objectifs tels que l'Accord de Paris de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC), le Programme de développement durable à l'horizon 2030 des Nations Unies et pour contribuer à la réalisation des défis de la Décennie des Nations Unies pour les sciences océaniques au service du développement durable (2021-2030). L'augmentation des niveaux de CO₂ dans l'océan est principalement due aux émissions provenant de l'activité humaine, qui ont des répercussions importantes sur le cycle de carbone des océans et la santé des écosystèmes¹⁶.

Pour progresser de manière crédible dans la réalisation des objectifs climatiques internationaux et des politiques nationales qui y sont associées, notamment la carboneutralité, il faut pouvoir mesurer et modéliser l'effet du carbone océanique sur le système climatique mondial. Les modèles de changement climatique reposent sur la compréhension de la manière dont l'océan et ses écosystèmes vivants influencent le cycle du carbone. Nous comprenons de manière générale

15

The role of the ocean in global net-zero ambitions:

Context for the North Atlantic Carbon Observatory (NACO) (en anglais seulement)

(https://docs.google.com/document/d/1_7-hwFZexd82wa0xxVij7tZdS_Oflc20Rm6RQqiDjTU/edit)

¹⁶ Integrated ocean carbon research: a summary of ocean carbon research, and vision of coordinated ocean carbon research and observations for the next decade (en anglais seulement)

(<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000376708>)





l'absorption du carbone par les océans, toutefois, notre capacité à limiter l'incertitude des modèles de changement climatique est freinée par des doutes importants concernant les modèles régionaux d'absorption et les réactions à long terme¹⁷. Certains secteurs ciblés par les modèles précédents comme des puits de carbone ont récemment été définis comme des secteurs importants d'émission de carbone dans l'atmosphère, en fonction d'un petit nombre de nouvelles observations.

Les objectifs climatiques à l'échelle mondiale et leurs bilans de carbone associés résultent d'estimations fiables du comportement futur du puits de carbone océanique et de ses composants biologiques, géochimiques et physiques complexes. Le développement des connaissances en matière d'absorption du carbone dans l'Atlantique Nord et de ses portes d'entrée dans l'Arctique, déterminante pour la capacité des océans à absorber le carbone, constituerait une première étape importante dans la quantification d'un vecteur essentiel pour la carboneutralité.

Le Canada organisera, dans le cadre du suivi de la réunion des ministres de l'environnement du G7 de 2021 et du Pacte du G7 pour la nature, cet atelier scientifique réunissant des experts scientifiques et techniques internationaux de premier plan afin d'examiner l'état des connaissances sur les puits de carbone les plus importants du monde et les méthodes scientifiques actuellement utilisées pour mesurer, surveiller et modéliser les cycles et les flux de carbone dans l'Atlantique Nord, afin de promouvoir l'approche d'un programme intégré sur le carbone océanique (recherche, modélisation, observation et surveillance) dans l'Atlantique Nord en utilisant la pompe biogéochimique de l'Atlantique Nord comme modèle. Cet atelier sera fondé sur les travaux réalisés au cours de la dernière décennie par la communauté internationale de recherche sur le carbone océanique.

Contexte

Sur la base d'évaluations scientifiques détaillées, les experts internationaux exhortent la communauté mondiale à parvenir à des émissions nettes de gaz à effet de serre (GES) nulles d'ici 2050 afin d'atteindre les objectifs de l'Accord de Paris et d'éviter des impacts climatiques potentiellement dangereux (GIEC, 2021). Pour atteindre les objectifs mondiaux en matière de climat, les Nations Unies ont lancé la campagne Objectif zéro (CCNUCC), la plus grande alliance jamais créée qui s'est engagée à atteindre un niveau d'émissions de carbone net zéro d'ici 2050 au

¹⁷ Canadell et al. (2021), Global Carbon and other Biogeochemical Cycles and Feedbacks. Dans : Bilan 2021 des changements climatiques : les bases scientifiques physiques. Contribution du Groupe de travail I au sixième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Cambridge University Press, Cambridge., Cambridge.





plus tard et qui compte près de 130 pays (qui se sont fixé ou envisagent de se fixer pour objectif de réduire les émissions à zéro d'ici le milieu du siècle) et des acteurs de l'économie réelle (villes/régions, entreprises, grands investisseurs et établissements d'enseignement supérieur) ([Net Zero Tracker | Energy & Climate Intelligence Unit \(eciu.net\) \(en anglais seulement\)](#)). En outre, plusieurs pays, dont le Canada, ont adopté des plans de réduction nette des émissions pour 2050, notamment des stratégies à long terme de neutralité climatique.

La *Loi canadienne sur la responsabilité en matière de carboneutralité*, présentée au Parlement le 19 novembre 2020, officialisera l'objectif du Canada d'atteindre de la carboneutralité d'ici 2050 et établira une série d'objectifs provisoires de réduction des émissions à des jalons de 5 ans pour atteindre cet objectif en sollicitant le soutien et la mobilisation de tous les secteurs de la société, y compris les provinces, les territoires, les peuples autochtones, les jeunes, les scientifiques et les entreprises ([La carboneutralité d'ici 2050 - Canada.ca](#)).

Lors de la réunion des ministres du G7 responsables du climat et de l'environnement en mai 2021, le ministre de l'Environnement et du Changement climatique (ECCC) a fait part de l'intention du Canada d'organiser un atelier scientifique et technique sur la pompe biogéochimique de l'Atlantique Nord. La ministre des Pêches, des Océans et de la Garde côtière canadienne lors de l'événement Blue Reset du Secrétariat du Commonwealth pour la Journée mondiale des océans 2021, s'est également engagée à réunir des experts scientifiques et techniques de premier plan dans les mois à venir pour discuter du développement des connaissances et de la surveillance de la pompe biogéochimique de l'Atlantique Nord. Pêches et Océans Canada (MPO) a réuni un comité directeur composé de membres du MPO, d'Environnement et Changement climatique Canada, du secrétariat du G7 sur l'avenir des mers et des océans, de l'Ocean Frontier Institute (OFI) et du Système mondial d'observation de l'océan (SMOO) en vue de l'organisation de l'atelier scientifique.

L'atelier scientifique se déroulera virtuellement pendant 3 à 4 heures chaque jour les 15 et 16 décembre 2021.

Objectif principal de l'atelier

Sur la base des travaux réalisés par la communauté internationale de recherche sur le carbone océanique, proposer une approche d'un programme intégré sur le carbone océanique (recherche, modélisation, observation et surveillance) dans l'Atlantique Nord en utilisant la pompe biogéochimique de l'Atlantique Nord comme modèle.

Portée de l'atelier





L'atelier a pour objectif de promouvoir une feuille de route pour un programme intégré sur le carbone océanique en examinant les points suivants :

- l'état de la science et de la compréhension des processus biogéochimiques et physiques du carbone en utilisant la pompe biogéochimique de l'Atlantique Nord comme modèle
- les méthodologies, les possibilités et les lacunes en matière de connaissances pour quantifier, surveiller et modéliser la pompe biogéochimique de l'Atlantique Nord
- les liens avec les activités de recherche et les connaissances nationales et internationales déjà en place et prévues

Les questions à aborder et à examiner lors de l'atelier

- 1) quel est l'état actuel des connaissances et des recherches, de la modélisation, de l'observation et de la surveillance (in situ et par satellite) du carbone en haute mer dans l'Atlantique Nord et quelles sont les lacunes à surveiller et à prévoir à l'avenir ?
 - p. ex. que faut-il rechercher, modéliser, observer et surveiller?
- 2) Qui sont les intervenants et quel est leur rôle? Quelles sont les occasions de collaboration et quelles sont les façons d'améliorer et de coordonner l'ensemble existant de projets pour l'observation et la synthèse du carbone?
 - p. ex. quelles parties et quels partenaires internationaux pourraient contribuer (et de quelle façon) à la conception et à la réalisation du programme et de l'observatoire.
- 3) quelles sont les technologies actuellement utilisées et quelles sont les nouvelles technologies qui pourraient améliorer les observations et les analyses?
- 4) quels sont les composants principaux d'un projet pilote coordonné?
- 5) quelles sont les mesures et les étapes concrètes nécessaires pour intensifier les efforts (uniquement d'un point de vue scientifique)
 - p. ex. quelles sont les conditions préalables, les étapes de mise en œuvre, les échéances, etc.

Documents de référence préalables à l'atelier

Voici une liste (non exhaustive) de documents scientifiques sur le carbone océanique.

- [Documents d'orientation d'OFI](#) (en anglais seulement)
- [Le rapport sur l'état du SMOC comporte un bon texte sur les motivations et les lacunes importantes](#) (en anglais seulement)





- [Cadre pour l'observation des océans – déterminés en fonction des exigences et besoins des utilisateurs en matière d'observation \(et de prévision\) des océans](#) (en anglais seulement)
- [un exemple d'exécution approfondie du Cadre pour l'observation des océans, déterminé en fonction des utilisateurs et des politiques](#) (en anglais seulement)
- [recherche intégrée sur le carbone océanique : résumé de la recherche sur le carbone océanique, et perspective de la recherche et des observations coordonnées sur le carbone océanique pour la prochaine décennie](#) (en anglais seulement)
- [Global Carbon Project \(GCP\)](#) (en anglais seulement)
- [Atelier de cadrage du JPI Océans sur le carbone](#) (en anglais seulement)



Fisheries and Oceans
Canada

Pêches et Océans
Canada



2021
2030
Décennie des Nations Unies
pour les sciences océaniques
au service du développement durable

Canada 



Annexe 4 : Comité directeur

Pêches et Océans Canada (MPO) a convoqué un comité directeur pour animer l'atelier scientifique. Voici la liste des membres du Comité directeur et leurs affiliations.

Nom	Affiliation
Dr. Andrew Watson	Université d'Exeter
Dr. Angela D. Hatton	NOC
Dr. Anya Waite	OFI/GOOS
Dr. Douglas Wallace	Dalhousie Université
Dr. Katy Hill	NOC
Dr. Kumiko Azetsu-Scott	DFO
Dr. Lisa Miller	DFO
Dr. Maria Hood	Mercator Océan International
Dr. Neil Swart	ECCC
Dr. Paul Snelgrove	Université Memorial de Terre-Neuve /DFO
Dr. Sophia Johannessen	DFO
Mr. Andrew Stewart	DFO
Mr. Keith Lennon	DFO
Ms. Champika Gallage	DFO

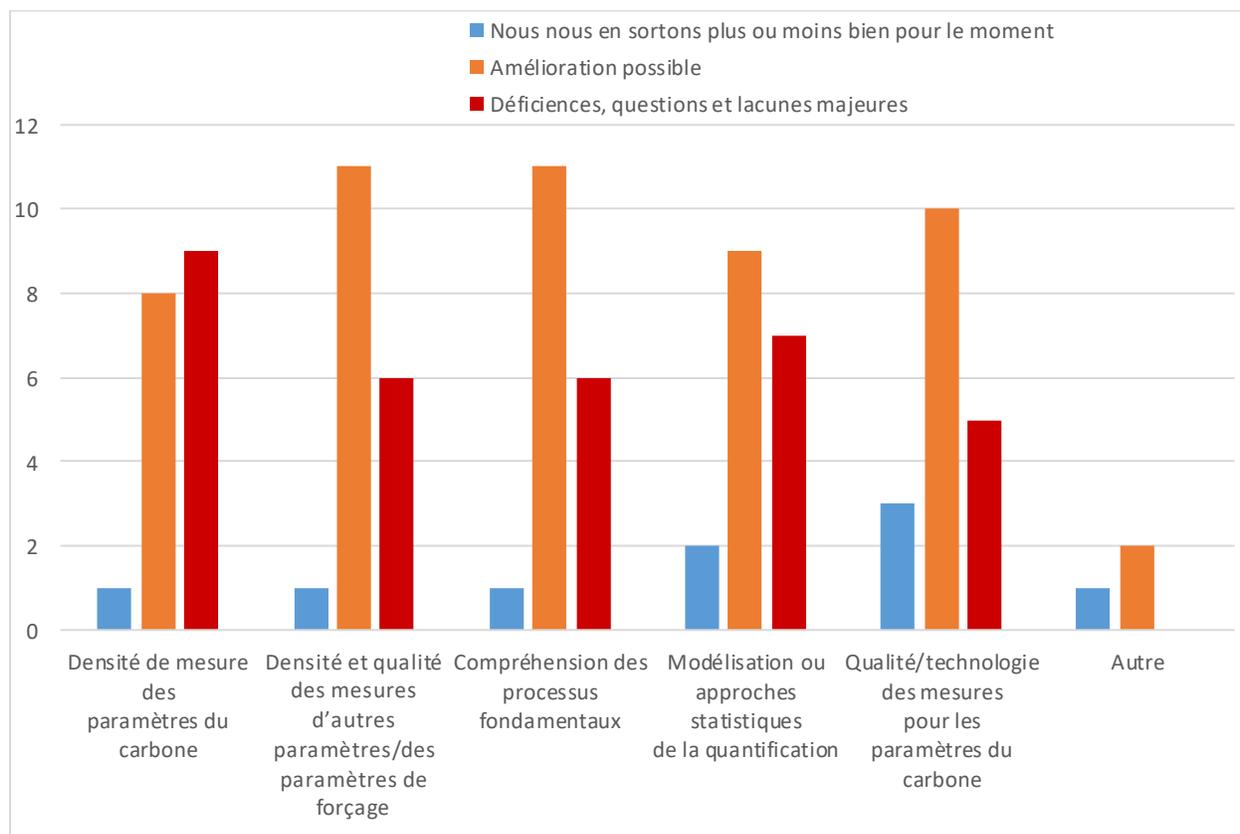




Annexe 5 : Résultats du sondage avant l’atelier – Groupe de discussion 1

Résultats du sondage réalisé avant l’atelier sur « quelles sont les lacunes et les possibilités actuelles en matière de connaissances et de recherche, d’observation et de surveillance du carbone qui nécessitent un programme coordonné et complet sur le carbone dans l’Atlantique Nord? »

Quelles sont les lacunes dans les connaissances qui limitent notre capacité de limiter l’actuelle absorption du carbone?



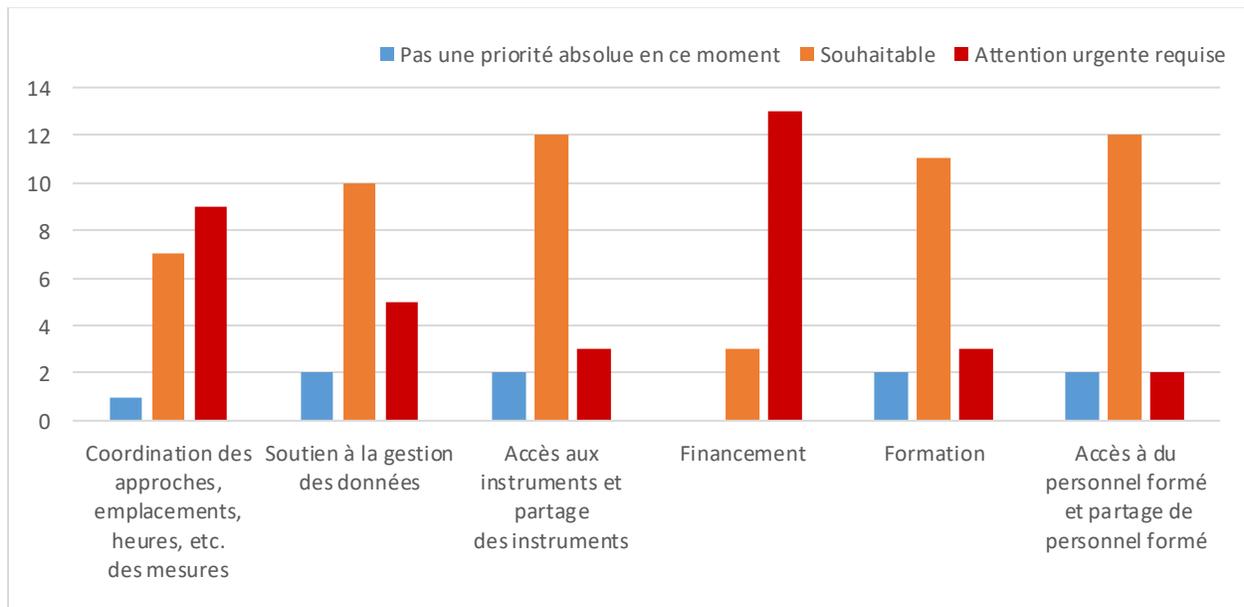
Quelles sont les lacunes dans les connaissances (et les possibilités)?

- mécanismes
 - pompe biologique : y compris les processus dans la couche mixte et la pompe de la couche mixte
 - mécanismes d’absorption air-mer : paramétrage de l’échange gazeux; effet pariétal et gradients près de la surface



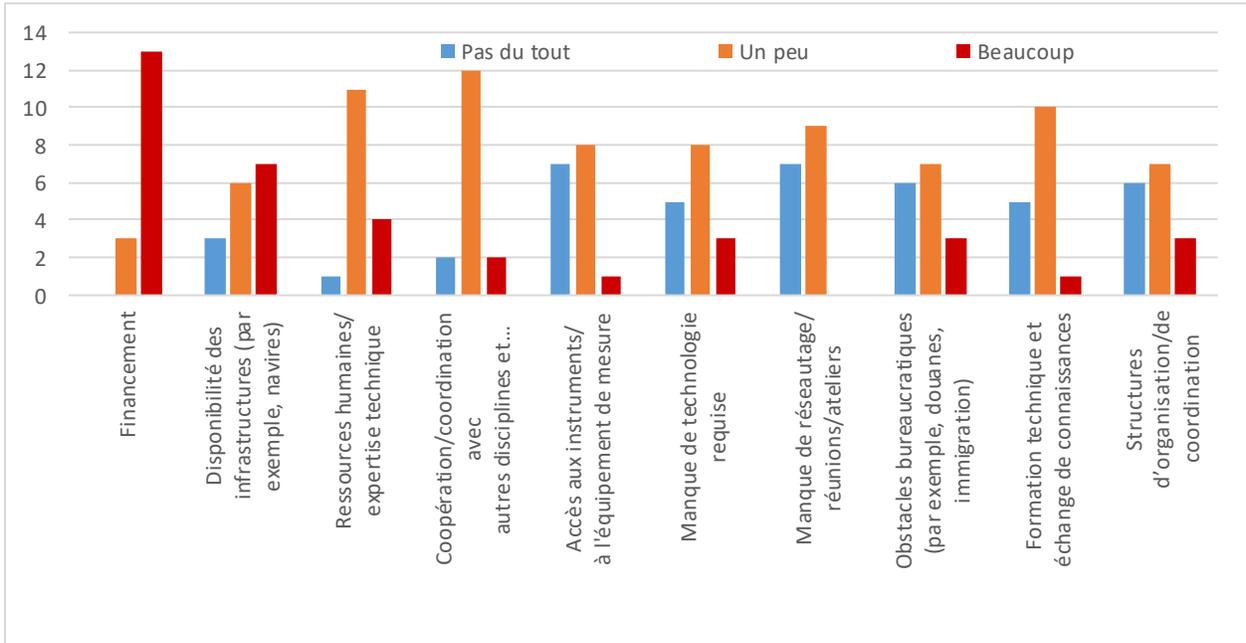
- compréhension de la variabilité à court terme (interannuelle/sous-décennale)
- effets du mélange profond sur le flux air-mer
- examiner les « échecs » du modèle pour trouver les lacunes dans les connaissances
- mise à niveau de la technologie de mesure / nouvelle technologie / nouveaux capteurs

Quels aspects de la surveillance de l'Atlantique Nord bénéficieraient d'une collaboration internationale renforcée?

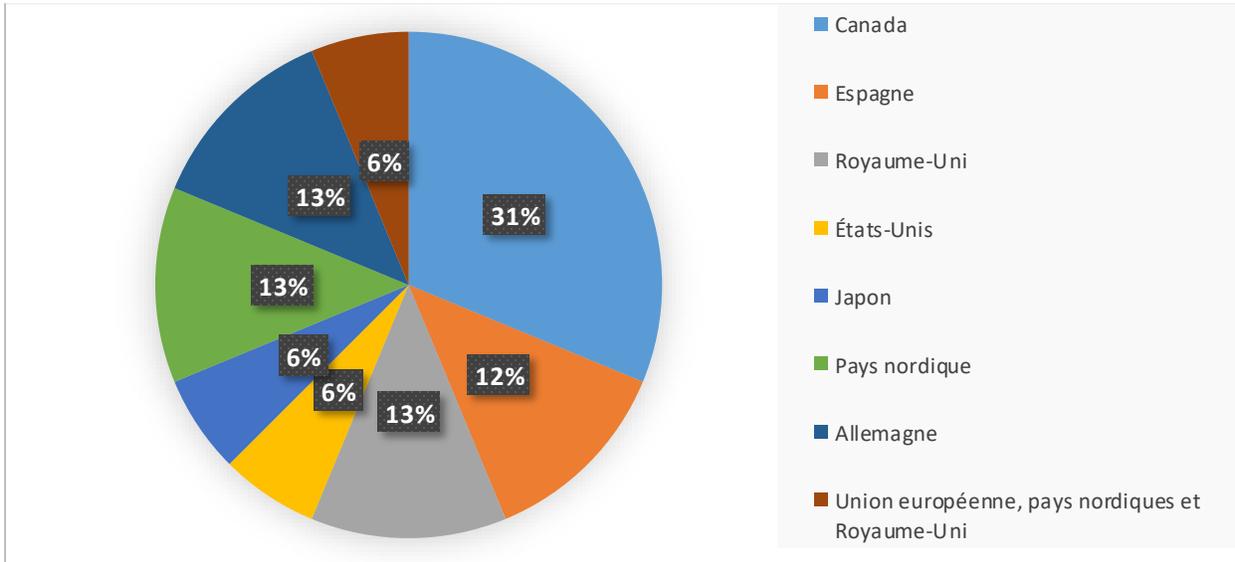




Quels sont les manques de capacité ou autres obstacles qui vous empêchent d'accomplir votre tâche dans votre pays?



De quel pays (ou groupe de pays) parlez-vous dans votre réponse à la question précédente?





Annexe 6 : Acronymes

AMOC	Circulation méridienne de retournement de l'Atlantique
AOML	Atlantic Oceanographic and Meteorological Laboratory (Laboratoire océanographique et météorologique de l'Atlantique)
ASC	Agence spatiale canadienne
ASE	Agence spatiale européenne
BGC	Biogéochimie
CCCM	Centre euro-méditerranéen sur les changements climatiques
CCMAR	Centre des sciences marines, Portugal
CD	Chef de la direction
CERN	Organisation européenne pour la recherche nucléaire
CIEM	Conseil international pour l'exploration de la mer
CMIP	Projet d'intercomparaison de modèles couplés
CNRS	Centre national de la recherche scientifique de la France
CNRS-L	Conseil national de la recherche scientifique – Liban
COI	Commission océanographique intergouvernementale
CSIC	Conseil national de recherche de l'Espagne
Décennie des Nations Unies	Décennie des Nations Unies pour les sciences océaniques au service du développement durable
ECCC	Environnement et Changement climatique Canada
ECP	Enregistreur continu de plancton





ÉDC	Élimination du dioxyde de carbone
FSOI	Future of the Seas and Oceans Initiative (Initiative sur l'avenir des mers et des océans)
GCB	Biogéochimie de l'océan mondial
GOMO	Global Ocean Monitoring and Observing (programme d'observation de l'océan mondial)
GOOS	Système mondial d'observation de l'océan
ICOS	Système intégré d'observation du carbone
IOCCP	Projet international de coordination sur le carbone et l'océan
IOC-R	Recherche intégrée sur le carbone océanique
JOGOFS	Étude conjointe sur les flux océaniques mondiaux
LSCE	Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement
MBARI	Monterey Bay Aquarium Research Institute (institut de recherche de l'Aquarium de Monterey Bay)
MPO	Pêches et Océans Canada
MST	Modèle de système terrestre
NACO	North Atlantic Carbon Observatory (Observatoire du carbone de l'Atlantique Nord)
NOC	National Oceanographic Centre (Centre national océanographique)
NORCE	Centre norvégien de recherche
OFI	Ocean Frontier Institute





OMM	Organisation météorologique mondiale
pCO ₂	Pression partielle en dioxyde de carbone
PMEL	Pacific Marine Environmental Laboratory (laboratoire environnemental marin du Pacifique)
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'environnement
R.-U.	Royaume-Uni
ROMS	Système de modélisation océanique régionale
SCOR	Comité scientifique pour les recherches océaniques
WOCE	Expérience sur la circulation océanique mondiale

