|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| TEMPS CLIMAT EAU | **Organisation météorologique mondiale****COMMISSION DES OBSERVATIONS,** **DES INFRASTRUCTURES ET DES SYSTÈMES D’INFORMATION****Deuxième session**24-28 octobre 2022, Genève | **INFCOM-2/Doc. 6.6** |
| Présenté par:Président de séance 27.X.2022**VERSION APPROUVÉE** |

**POINT 6 DE L’ORDRE DU JOUR: RÈGLEMENT TECHNIQUE ET AUTRES
DÉCISIONS TECHNIQUES**

**POINT 6.6 DE L’ORDRE DU JOUR:** **Groupe d’étude des fonctions interdisciplinaires relatives à la cryosphère (SG-CRYO)**

# RECOMMANDATIONS DU GROUPE D’ÉTUDE: Combler les lacunesen matière d’intÉgration de LA CRYOSPHèRE dans LASTRATÉGIE de l’OMM RELATIVE AU SYSTèME TERRE

|  |
| --- |
|  |
|  |

# CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

### Recommandations du Groupe d’étude des fonctions interdisciplinaires relatives à la cryosphère (SG-CRYO):

### Recommandations pour combler les lacunes en matière d’intégration de la cryosphère dans la Stratégie de l’OMM relative au système Terre

Ce projet de résolution présente les décisions et les actions de la Commission des observations, des infrastructures et des systèmes d’information (INFCOM) résultant des recommandations émanant du rapport final du Groupe d’étude des fonctions interdisciplinaires relatives à la cryosphère – Veille mondiale de la cryosphère (SG-CRYO) pour combler les lacunes en matière d’intégration des informations sur la cryosphère dans la Stratégie de l’OMM relative au système Terre.

Les recommandations ont été élaborées en tant que prochaines étapes réalisables pour combler les principales lacunes constatées sur l’ensemble du cycle de valeur, l’objectif étant d’aider les Membres de l’OMM touchés par les effets des changements accélérés et largement irréversibles de la neige et de la glace, aux niveaux régional et mondial, par exemple les incertitudes accrues concernant les ressources en eau, l’élévation du niveau de la mer, le risque accru de dangers liés à la cryosphère, etc.

Grandes lignes du rapport final du SG-CRYO

Le rapport final du SG-CRYO figure en [annexe](#_Annexe_au_projet) du présent projet de résolution et conclut les travaux de ce groupe d’étude.

Le rapport comprend un aperçu des fonctions transversales de la cryosphère par rapport aux priorités stratégiques de l’OMM et les 14 recommandations formulées par le SG-CRYO. Ces recommandations sont adressées à l’INFCOM, avec des références pour les domaines de collaboration avec d’autres structures de l’OMM, couvrant:

1) L’intégration des activités liées à la cryosphère dans la structure de gouvernance de l’OMM;

2) Le rôle du Groupe consultatif pour la Veille mondiale de la cryosphère (GCW-AG) en tant que mécanisme de coordination et ses engagements nécessaires pour répondre durablement aux besoins en informations sur la cryosphère des priorités primordiales de l’OMM (*[Plan stratégique 2020-2023 de l’OMM](https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21526)* (OMM-N° 1225);

3) Une évaluation globale de toutes les composantes de la cryosphère qui sont pertinentes pour les services de l’OMM jugés prioritaires, par exemple la neige, la glace de mer, les glaciers, le pergélisol, les inlandsis, la glace d’eau douce, etc.

Les résultats des délibérations du SG-CRYO feront l’objet d’un livre blanc qui viendra compléter le rapport final [annexé](#_Annex_to_draft_3) à ce projet de résolution.

**Mesures attendues**

La Commission devra:

– Approuver le rapport du SG-CRYO et ses recommandations

– Approuver les actions spécifiques pour ses sous-structures

– Inviter les autres organes de l’OMM et les Membres de l’OMM à collaborer avec les structures de l’INFCOM pour la mise en œuvre de ces recommandations.

# Projet de résolution

## Projet de résolution 6.6/1 (INFCOM-2)

## Combler les lacunes en matière d’intégration de la cryosphèredans l’approche du système terrestre de l’OMM

LA COMMISSION DES OBSERVATIONS, DES INFRASTRUCTURES ET DES SYSTÈMES D’INFORMATION,

**Rappelant:**

1) [La résolution 48 (Cg-18) – Grands axes du Programme relatif aux régions polaires et de haute montagne pour la prochaine période financière de l’OMM (2020-2023),](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=9828" \l "page=176)

2) La [résolution 18 (EC-73) –Transition et plan préopérationnel de la Veille mondiale de la cryosphère,](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=11193" \l "page=364)

3) La [résolution 30 (EC-73)](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=11193" \l "page=521) – Groupe d’experts du Conseil exécutif pour les observations, la recherche et les services relatifs aux régions polaires et de haute montagne,

4) La [résolution 1 (INFCOM-1)](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=11146" \l "page=17) – Création des comités permanents et groupes d’étude de la Commission des observations, des infrastructures et des systèmes d’information,

5) La [résolution 7 (INFCOM-1)](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=11146" \l "page=116) – Groupe consultatif pour la Veille mondiale de la cryosphère,

**Ayant examiné** le rapport final du Groupe d’étude des fonctions interdisciplinaires relatives à la cryosphère - Veille mondiale de la cryosphère (SG-CRYO), tel qu’il figure dans l’[annexe](#_Annex_to_draft_3) à la présente résolution,

**Ayant examiné** les recommandations formulées par le Groupe d’experts du Conseil exécutif pour les observations, la recherche et les services relatifs aux régions polaires et de haute montagne ([EC‑PHORS‑11](https://community.wmo.int/final-reports-ec-phors-sessions)) à sa onzième session,

**Ayant à l’esprit** les conclusions du [sixième rapport d’évaluation](https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/) (AR6) du Groupe d’experts intergouvernemental sur l’évolution du climat (GIEC);

**Se félicite** de l’achèvement de l’Année de la prévision polaire et des résultats du Colloque international sur la glace, la neige et l’eau dans un monde en réchauffement (Islande, 2022);

**Prend note** des informations sur la cryosphère nécessaires pour assurer des services météorologiques, climatologiques, hydrologiques et environnementaux connexes efficaces, comme l’a résumé le SG‑CRYO dans son rapport final;

**Accepte** les quatorze (14) *[Secrétariat]* recommandations formulées par le SG-CRYO dans son rapport final figurant en annexe de la présente résolution;

**Décide:**

1) D’accélérer l’intégration des informations sur la cryosphère dans l’ensemble de ses activités afin de répondre durablement et équitablement aux besoins des Membres pour faire face aux risques mondiaux et régionaux liés aux changements irréversibles de la cryosphère et à leurs impacts en aval, par exemple sur les ressources en eau, l’élévation du niveau de la mer, les risques de catastrophes, etc.;

2) De modifier le mandat du Groupe consultatif pour la Veille mondiale de la cryosphère (GCW-AG), afin d’y intégrer les recommandations du SG-CRYO ([INFCOM‑2)/Doc. 2.1](https://meetings.wmo.int/INFCOM-2/French/Forms/AllItems.aspx?RootFolder=%2FINFCOM%2D2%2FFrench%2F1%2E%20Versions%20%C3%A0%20discuter&FolderCTID=0x012000182EF4A38B3B314488F0ADCE96276F83&View=%7BFFCA906D%2D59BD%2D4BFE%2DA68D%2DCC6FF898E17F%7D));

**Demande** à ses comités permanents d’incorporer dans leur plan de travail pour la prochaine intersession des actions prioritaires répondant aux recommandations du SG-CRYO, en étroite collaboration avec le Groupe consultatif pour la Veille mondiale de la cryosphère et en s’appuyant sur son expertise;

**Demande au Groupe consultatif pour la Veille mondiale de la cryosphère de:**

1) Collaborer avec ses comités permanents à l’élaboration de règlements techniques et de documents d’orientation mettant en œuvre les recommandations du SG-CRYO et rendant opérationnels les éléments de la Veille mondiale de la cryosphère dans le Système d’information de l’OMM (SIO), le Système mondial intégré d’observation de l’OMM (WIGOS) et le Système mondial de traitement des données et de prévision (SMTD), d’ici à la prochaine session de la Commission (INFCOM-3);

2) Préparer, en consultation avec le Comité permanent des systèmes d’observation et des réseaux de surveillance de la Terre (SC-ON), le mandat et le mode opératoire d’une équipe spéciale chargée de coordonner les capacités spatiales afin d’optimiser les avantages des observations spatiales de la cryosphère et l’accès à ces observations, en développant ceux du Groupe de travail sur l’espace polaire, pour approbation par le président de l’INFCOM;

3) Poursuivre la cartographie détaillée des activités de l’OMM relatives à la cryosphère à partir de l’appendice du rapport final du SG-CRYO et en consultation avec les organes subsidiaires compétents de l’INFCOM et de la SERCOM, en portant une attention particulière aux besoins du Groupe consultatif pour la Veille mondiale de la cryosphère *[Secrétariat; Fédération de Russie]* et des organes subsidiaires compétents de la SERCOM *[Fédération de Russie]* ainsi qu’aux synergies qui peuvent exister entre ces entités *[Secrétariat; Fédération de Russie]*;

4) Rendre compte à sa prochaine session (INFCOM-3) des progrès accomplis dans la mise en œuvre des recommandations du SG-CRYO;

**Demande en outre** au Groupe consultatif pour la Veille mondiale de la cryosphère et au SC-ESMP de présenter, à la troisième session de l’INFCOM, une feuille de route pour l’infrastructure soutenant la cryosphère entièrement couplée dans les modèles du système Terre, en intégrant les possibilités de concrétiser les résultats de la recherche éprouvés en activités opérationnelles, comme le sont celles du YOPP;

**Invite**

1) La SERCOM, le Conseil de la recherche et les conseils régionaux à collaborer, le cas échéant, sous la direction du Groupe de gestion de l’INFCOM, à la mise en œuvre des recommandations du SG-CRYO;

2) Le EC-PHORS à prendre en compte le rapport final du SG-CRYO dans ses stratégies et ses activités de sensibilisation;

**Prie instamment** les Membres de:

1) Continuer à encourager la collaboration de leurs Services météorologiques et hydrologiques nationaux (SMHN) avec des partenaires, des institutions de recherche et des universités afin de maximiser les avantages de l’intégration de la cryosphère par le biais de WIGOS, du SIO et du SMTDP;

2) Soutenir la mise en œuvre des recommandations du SG-CRYO, notamment par le biais du Fonds d’affectation spéciale de la Veille mondiale de la cryosphère et/ou d’experts détachés;

**Invite** les partenaires à prendre part à la mise en œuvre des recommandations du SG-CRYO;

**Prie** le Secrétaire général:

1) D’apporter l’assistance voulue et l’appui du Secrétariat aux Membres, en particulier aux pays en développement et aux pays les moins avancés, afin que la présente résolution soit mise en œuvre en fonction de leurs besoins et dans les limites des ressources disponibles;

2) Contribuer à la mobilisation des ressources nécessaires et à l’engagement d’experts pour soutenir la mise en œuvre des actions décrites dans la présente résolution.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

[Annexe: 1](#_Annex_to_draft_3)

## Annexe au projet de résolution 6.6/1 (INFCOM-2)

## Groupe d’étude des fonctions interdisciplinaires relatives à la cryosphère - Veille mondiale de la cryosphère (SG-CRYO)

# RAPPORT FINAL

**COMBLER LES LACUNES EN MATIÈRE D’INTÉGRATION DE LA CRYOSPHÈRE DANS L’APPROCHE DU SYSTÈME TERRE DE L’OMM**

Table des matières

1. Résumé 7

2. La cryosphère en mutation et l’évolution des besoins en information 6

3. Informations sur la cryosphère pour les services à la société 7

4. Améliorer les prévisions du système terrestre par l’intégration des informations
sur la cryosphère à toutes les échelles 9

5. Recommandations 13

6. Appendice du rapport final du SG-CRYO: cartographie de la cryosphère
dans les services de l’OMM 21

### 1. RÉSUMÉ

Le Groupe d’étude des fonctions interdisciplinaires relatives à la cryosphère- Surveillance mondiale de la cryosphère (SG-CRYO) a été établi par la [résolution 1 (INFCOM-1)](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=11146" \l "page=17) – Création des comités permanents et groupes d’étude de la Commission des observations, des infrastructures et des systèmes d’information (Commission de l’infrastructure), avec le mandat suivant:

a) Formuler des recommandations quant à l’intégration des attributions de la VMC et du Groupe d’experts pour les observations, la recherche et les services relatifs aux régions polaires et de haute montagne, tels qu’ils ont été approuvés par la [résolution 48 (Cg-18)](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=9828" \l "page=176), la [résolution 50 (Cg-18)](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=9828" \l "page=189) et la [résolution 6 (EC-71)](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10532" \l "page=21), aux mandats et au mode opératoire des comités permanents des commissions techniques et du Conseil de la recherche, afin de répondre aux besoins d’informations sur la cryosphère dans toutes les activités de l’Organisation, comme l’exposent le Plan stratégique et le Plan opérationnel de l’OMM, et mettre en évidence les lacunes;

b) Étudier les synergies possibles avec le Système mondial d’observation du climat (SMOC), le Programme mondial de recherche sur le climat (PMRC), l’Union géodésique et géophysique internationale (UGGI), le Comité scientifique pour les recherches antarctiques (SCAR) et les autres programmes et partenaires intéressés, en vue de favoriser une plus grande réciprocité au sein de l’OMM, et avec les partenaires actuels et nouveaux, dans le domaine de la cryosphère;

c) Recommander une intégration optimale de ces activités dans la structure de gouvernance de l’OMM et l’adoption d’un mécanisme de coordination pour répondre de manière cohérente aux besoins recensés en matière d’information sur la cryosphère, y compris en ce qui concerne les développements futurs;

Les résultats attendus par le SG-CRYO sont les suivants:

a) Rapport sur les fonctions interdisciplinaires de la cryosphère, dans le cadre des activités de l’OMM;

b) Recommandations relatives à l’intégration optimale de ces activités dans la structure de gouvernance de l’Organisation, à l’adoption d’un mécanisme de coordination de ces activités et à la nécessité de développer la collaboration pour répondre de manière systématique aux besoins d’information sur la cryosphère d’ici à la prochaine session ordinaire de la Commission,

c) Recommandations quant aux attributions et aux fonctions de la VMC en tant que mécanisme de coordination dans le cadre de l’OMM, couvrant toutes les composantes de la cryosphère qui sont pertinentes pour les priorités stratégiques de l’OMM, par exemple la neige, la glace de mer, les glaciers, le pergélisol, les inlandsis, etc.

Dans le cadre de ses travaux, le SG-CRYO a évalué les besoins d’information sur la cryosphère en vue de la réalisation des priorités stratégiques de l’OMM pour la période 2020-2030, en tenant compte de l’état et des perspectives de la recherche internationale sur les sciences cryosphériques, des nouveaux besoins en matière d’information et des capacités des Membres.

Le présent rapport fournit un résumé des fonctions interdisciplinaires de la cryosphère dans les activités de l’OMM (sections 3, 4 et [appendice](#_Annexe_au_rapport) du rapport) et 14 recommandations préparées par le SG-CRYO pour combler les lacunes identifiées dans la structure et les activités de l’OMM (section 5). Dans ses travaux, le SG-CRYO s’est concentré sur toutes les composantes de la cryosphère qui présentent un intérêt pour les activités de l’OMM relatives au temps, au climat, à l’eau et à l’environnement, à savoir la neige, la glace de mer, la glace de lac et de cours d’eau, les glaciers, les nappes et plateaux de glace glaciaire, les icebergs, le pergélisol et les sols gelés une partie de l’année, ainsi que les précipitations solides.

En préparant ce rapport, le SG-CRYO a voulu répondre aux dispositions de la [résolution 30 (EC-73)](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=11193" \l "page=521) de la soixante-treizième session du Conseil exécutif de l’OMM, qui demandait «à l’INFCOM, à la Commission du temps, du climat, de l’eau et des services et applications connexes en matière d’environnement (SERCOM) et au Conseil de la recherche d’intégrer dans leurs programmes de travail respectifs les priorités et les activités techniques, opérationnelles et scientifiques qui relevaient jusque-là de la compétence du Groupe d’experts EC-PHORS;». La [résolution 30 (EC-73)](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=11193" \l "page=521) demandait en outre que l’INFCOM, la SERCOM et le Conseil de la recherche élaborent «conjointement une feuille de route pour la transition entre la recherche scientifique et la fourniture de services, permettant d’intégrer les résultats du Projet de prévision polaire du PMRPT dans le cadre du Système mondial de traitement des données et de prévision (SMTDP), et de définir de nouvelles priorités de recherche, en contribuant notamment aux perspectives d’avenir que doit énoncer le Groupe consultatif scientifique;».

Sur la base de la recommandation du SG-CRYO, la [résolution 7 (INFCOM-1)](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=11146" \l "page=116) a établi le Groupe consultatif pour la Veille mondiale de la cryosphère (GCW-AG), relevant de l’INFCOM, en tant que mécanisme de coordination. Le présent rapport identifie d’autres domaines d’intérêt pour le GCW-AG, en abordant les priorités émergentes, comme par exemple la mise en œuvre de la politique unifiée de l’OMM en matière de données, avec des liens efficaces entre les structures de l’OMM et avec les partenaires concernés.

Dans l’ensemble, le SG-CRYO a conclu que les objectifs de l’OMM concernant une approche du système Terre en matière d’observation, de modélisation et de prévision nécessite des actions supplémentaires en matière d’intégration et d’utilisation des informations sur la cryosphère afin de combler les lacunes d’une cryosphère entièrement couplée au système Terre et de fournir des services efficaces répondant aux nouveaux besoins.

La coordination par l’intermédiaire de l’OMM, en tant qu’organisation intergouvernementale, est essentielle et très bénéfique pour les Membres, car elle permet d’étendre les pratiques bien établies pour le temps et le climat à l’intégration de la cryosphère, compte tenu de son rôle essentiel dans le système Terre.

Les 14 recommandations présentées dans la [section 5](#_Recommandations) fournissent une feuille de route de haut niveau pour l’intégration optimale des activités liées à la cryosphère dans la structure de l’OMM, couvrant les bases des observations et des données, la représentation des processus de la cryosphère dans la modélisation et la prévision du système Terre, l’approfondissement de la compréhension et de la recherche sur les changements de la cryosphère et les rétroactions dans le système climatique. Le rapport comprend une recommandation spécifique sur le rôle de l’OMM concernant les activités en Antarctique. Il est nécessaire de définir soigneusement les priorités et de collaborer avec toutes les structures de l’OMM.

Ce rapport sera suivi d’un livre blanc qui sera publié dans une revue à comité de lecture et qui fournira un examen complet des lacunes et des possibilités pour l’OMM, tel que compilés par le SG-CRYO.

### 2. La cryosphère en mutation et l’évolution des besoins en information

La neige, les glaciers, le sol gelé, l’eau douce et la glace de mer s’étendent bien au-delà des zones polaires et de haute montagne. Ils sont présents dans plus de 100 pays[[1]](#footnote-2) et influencent le temps, l’hydrologie, la disponibilité des ressources en eau et le climat, à l’échelle mondiale et régionale.

Les récents rapports publiés par le Groupe d’experts intergouvernemental sur l’évolution du climat (GIEC), à savoir le sixième Rapport d’évaluation (AR6 2021[[2]](#footnote-3), 2022[[3]](#footnote-4)) et le Rapport spécial sur l’océan et la cryosphère dans le contexte du changement climatique (SROCC, 2019[[4]](#footnote-5)) qui comprenait des chapitres sur la haute montagne (Hock *et al.*, 2019) et les régions polaires (Meredith *et al.*, 2019), ont documenté de manière approfondie les changements sans précédent de la cryosphère mondiale et leurs impacts. De nombreuses autres analyses des tendances de la cryosphère à l’échelle décennale sont disponibles dans la littérature scientifique et reflètent les perspectives mondiales et régionales.

La neige et la glace sont en déclin sur une grande partie de la planète, ce qui entraînent des rétroactions et des répercussions importantes sur les systèmes météorologiques, climatiques et hydrologiques de la planète. L’élévation du niveau de la mer s’est accélérée à l’échelle mondiale au cours des dernières décennies, en grande partie en raison de l’augmentation de la fonte des inlandsis du Groenland et de l’Antarctique et des glaciers du monde entier (IPCC SROCC, SMP, A3).

Souvent, les effets des changements dans la cryosphère sont ressentis bien au-delà des pays où ils se produisent, dans les pays en aval et par les communautés côtières et les petites îles, dans la mesure où ils passent des eaux polaires et des eaux d’amont aux vastes populations humaines et aux océans, via les systèmes hydrologiques et les impacts en cascade des changements de la neige et de la glace sur le temps et le climat.

Les changements dans la cryosphère sont en grande partie irréversibles dans le contexte du réchauffement climatique et plusieurs pistes parallèles sont nécessaires pour soutenir les décisions et les actions d’atténuation et d’adaptation des personnes et des sociétés à ces changements. Parallèlement, des progrès dans la compréhension et la représentation des processus cryosphériques dans le système Terre sont nécessaires pour accroître la capacité des Membres à répondre à leurs besoins. Les exigences et priorités émergentes en matière de prestation de services et de réduction des lacunes existantes en matière d’information, en particulier pour les communautés montagnardes et polaires, doivent être en phase avec la nécessité d’équité en matière d’information, de prévisions et de conseils d’atténuation pour tous.

### 3. Informations sur la cryosphère pour les services à la société

Cette section donne un aperçu des principales fonctions des services cryosphériques (So *et al.*, 2019) qui sont pertinentes pour les priorités de l’OMM[[5]](#footnote-6).

En termes d’importance et de durabilité, la surveillance des changements dans la cryosphère et les lacunes dans les connaissances sur leurs incidences et sur leur fonction par rapport aux services ne sont pas entièrement compatibles avec les besoins socio-économiques des régions touchées et leur importance pour la société. Dans le cycle de la valeur, l’observation critique et l’analyse des données, ainsi que la distribution de ces résultats, manquent encore ou sont sous-développés et leur traitement est resté une priorité.

Les informations sur la cryosphère font partie intégrante de tous les services coordonnés par l’OMM, du niveau mondial au niveau régional et local, et sont essentielles pour mieux répondre aux besoins de la société, comme le prévoit le premier objectif à long terme du Plan stratégique de l’OMM. L’[appendice](#_Appendix_to_the) de ce rapport fournit une cartographie des informations sur la cryosphère nécessaires à la fourniture de services coordonnés par la Commission des services de l’OMM.

3.1 Fonctions et services de régulation de la cryosphère

La cryosphère a une forte fonction de régulation sur le temps, le climat et les ressources en eau, à toutes les échelles de temps. Par exemple:

Les changements dans la glace de mer peuvent influencer les conditions météorologiques aux latitudes moyennes. L’albédo élevé de la glace de mer maintient sa surface plus fraîche que son environnement. La neige sur la glace de mer a un albédo encore plus élevé, isolant la glace de mer et retardant la fonte de la glace en été.

La fonte des neiges et la fonte des glaces sur terre contribuent à réguler le ruissellement hydrologique et sont essentielles à la régulation de la disponibilité des ressources en eau et des services écosystémiques, en aval.

L’écoulement des eaux de fonte des inlandsis a des répercussions sur l’océanographie physique (par exemple, le mélange, la stratification et les courants océaniques, etc.) et contribue de manière importante à l’élévation du niveau de la mer à l’échelle mondiale.

Sur des échelles de temps saisonnières à décennales, les modifications de la couverture neigeuse, de l’eau douce et de la glace de mer, des glaciers, des inlandsis et du pergélisol ont un impact sur les ressources en eau et les écosystèmes, y compris l’écologie des régions côtières et marines.

La cryosphère fait partie intégrante de l’écologie et de la géomorphologie des régions montagneuses et polaires, façonnant le paysage et fournissant des services écosystémiques essentiels tels que l’habitat des espèces terrestres dépendant de la neige et le maintien de températures plus fraîches de l’eau des rivières et des lacs dans les bassins versants dominés par les glaciers ou la neige, par exemple les habitats des poissons.

La cryosphère de l’hémisphère Nord, en particulier le pergélisol, joue un rôle clé de régulation du système climatique mondial en agissant comme un puits ou une source de carbone, ce qui modifie les émissions de gaz à effet de serre dans l’atmosphère. Le GIEC (SROCC, 2019) a estimé la quantité de carbone stockée dans le pergélisol à environ deux fois la quantité présente dans l’atmosphère aujourd’hui.

3.2 Approvisionnement de la cryosphère et fonctions et services culturels

Les informations sur la cryosphère sont essentielles pour les services de nombreux secteurs économiques.

Les glaciers et la neige sont des réservoirs naturels d’eau pour la production et l’exploitation hydroélectrique, l’approvisionnement en eau agricole et industrielle et pour l’eau potable pour des milliards de personnes. Les montagnes sont souvent appelées «châteaux d’eau» naturels, car elles donnent naissance à des nombreux cours d’eau qui prennent leur source dans la neige et la glace, ainsi que pour d’autres sources d’eau douce qui alimentent les aquifères.

La couverture neigeuse des montagnes et les glaciers sont essentiels au tourisme de montagne et à l’industrie du ski, tandis que les eaux de fonte provenant de la pluie et de la neige et le calendrier des cycles du sol gelé affectent l’agriculture, le secteur de l’agriculture et les moyens de subsistance des populations autochtones. La neige et la glace ont une valeur culturelle et spirituelle essentielle pour les communautés des montagnes et du Nord.

3.3 Fonctions et services de la cryosphère liés aux transports et aux infrastructures

Les informations sur l’état de la neige et de la glace sont essentielles à la planification opérationnelle et saisonnière des routes de navigation polaire et des réseaux de transport hivernal sur terre, sur les rivières et sur les lacs, qui revêtent souvent une importance vitale pour de nombreuses communautés.

Le trafic maritime de toute une série d’activités commerciales (par exemple, la pêche, l’exploitation des ressources, le tourisme, la navigation) dans l’Arctique et l’océan Austral dépend des compétences en matière de prévision, par exemple les alertes météorologiques et les alertes sur les glaces, pour informer la navigation et les services d’urgence maritime tels que les opérations de recherche et de sauvetage ou le nettoyage des marées noires.

Le secteur de l’énergie dépend des informations relatives aux températures automnales et printanières pour la construction de routes de glace destinées à protéger la toundra et pour l’utilisation des rivières gelées comme voies d’accès aux sites d’extraction. Le moment où la glace de mer gèle a un impact sur le transport du gaz naturel liquide (GNL), ainsi que sur le tourisme dans les hautes latitudes.

Sur des échelles de temps pluriannuelles à décennales, la connaissance de l’évolution des conditions de neige, de pergélisol et de glace (sur terre et en mer) est essentielle pour éclairer les normes de conception des infrastructures, les décisions en matière de planification, les prévisions en matière d’assurance et de réassurance, et les investissements. C’est le cas des bâtiments, des logements, des chemins de fer et des routes qui sont fortement affectés par la subsidence et l’érosion côtière (régions polaires et de haute montagne), ainsi que des investissements dans les grandes infrastructures maritimes telles que les brise-glace, la capacité des ports en eau profonde et les structures off-shore (par exemple, les plateformes de forage).

3.4 Changements dans la cryosphère et risques connexes

Comme l’a noté le GIEC (SROCC, 2019), les changements affectant les glaciers, la neige, la glace et le pergélisol ont modifié la fréquence, le moment, l’ampleur et la localisation de la plupart des risques naturels connexes, entraînant l’exposition des établissements humains et les moyens de subsistance à des risques accrus, avec une prévalence dans les zones de haute montagne et dans l’Arctique. Les dangers les plus courants de la cryosphère sont liés à l’augmentation et à la modification des pluies sur la neige et à la fonte des neiges au printemps, aux inondations par débordement des lacs glaciaires, aux glissements de terrain et au détachement des pentes/aux chutes de pierres dues à la dégradation du pergélisol et au recul des glaciers, aux avalanches de neige et de glace, à l’instabilité et au manque de fiabilité de l’état de la glace et de la neige, à la présence changeante d’icebergs, etc. Les personnes les plus exposées et les plus vulnérables aux dangers de la cryosphère sont souvent celles qui vivent dans les pays en développement, ceux dont la capacité d’adaptation est la plus faible.

Les informations en temps quasi réel sur la cryosphère sont essentielles pour soutenir le développement de systèmes d’alerte précoce adéquats, pour surveiller les événements extrêmes et en rendre compte, et pour réaliser les évaluations nécessaires relatives aux risques. Par exemple, en raison des changements des interactions entre l’océan, la mer, la glace et l’atmosphère, le régime de la glace de mer est en train de changer, et la glace de première année devient prévalente dans des zones de l’Arctique auparavant connues pour la glace de deuxième année ou pluriannuelle. Il s’agit d’un défi pour les techniques d’observation actuelles utilisées de manière opérationnelle pour cartographier et signaler les conditions de glace de mer. Il est nécessaire de développer des techniques de surveillance avancées pour permettre le suivi des conditions de la glace de mer à l’échelle régionale et synoptique.

Pour évaluer correctement les risques, il faut disposer de données climatiques fiables et à long terme sur la cryosphère afin de comprendre et de caractériser le niveau de risque et de soutenir les stratégies d’adaptation, notamment en ce qui concerne les normes et les paramètres de conception des infrastructures qui reflètent les changements futurs prévus.

3.5 Parties prenantes

Dans de nombreux pays, les responsabilités en matière d’observations et de services hydrométéorologiques pour les régions de montagne et les régions polaires sont partagées entre plusieurs agences, ministères et parties prenantes.

La plupart des services hydrométéorologiques existants sont conçus pour les basses terres et les latitudes moyennes à basses, où la population humaine est concentrée, et leur résolution spatiale est insuffisante pour représenter correctement les terrains complexes et les processus hydroclimatiques connexes dans les zones de montagne et les hautes latitudes. Il en résulte une représentation insuffisante de la cryosphère dans les applications opérationnelles, avec une fiabilité réduite des prévisions et des prédictions. Dans la plupart des pays, la majorité de la surveillance de la cryosphère est restée le fait des communautés de recherche, malgré les attentes pour des programmes continus et à long terme.

Là où elle existe, la résolution des réseaux de surveillance dans les régions de haute montagne et les régions polaires est insuffisante pour surmonter de manière adéquate la complexité des terrains et les processus hydroclimatiques associés.

L’engagement et la collaboration active, en particulier entre les entités de recherche et les entités opérationnelles, sont des étapes nécessaires pour combler le manque actuel d’informations sur la cryosphère.

### 4. Améliorer les prévisions du système Terre par l’intégration des informations sur la cryosphère à toutes les échelles

Pour ses priorités stratégiques 2030, l’OMM a adopté une approche unifiée du système Terre pour la surveillance et la prévision afin d’améliorer la prise de décision et l’élaboration des politiques.

L’analyse et la modélisation du système Terre comprennent l’évolution couplée de l’atmosphère, de l’océan, de la surface terrestre, de la cryosphère, des écosystèmes, du cycle hydrologique et des cycles biogéochimiques sur l’ensemble des échelles de temps. L’analyse et la prévision couplées exigent la cohérence des systèmes d’observation et de modélisation dans toutes les composantes du système Terre, y compris la cryosphère, avec 1) des réseaux d’observation durables et 2) des échanges de données fiables et des mécanismes permettant d’accéder rapidement aux observations et à leurs données.

Les processus du système Terre et de la cryosphère fonctionnent sur un continuum d’échelles de temps (voir la figure 1), qui sont représentées naturellement dans les systèmes de prévision mondiale sans discontinuité.

Les besoins en informations sur la cryosphère diffèrent selon les applications, en fonction de leurs échelles temporelles. Par exemple, les opérations de prévision numérique du temps peuvent généralement laisser de côté les changements dans les couches de glace polaires ou le permafrost sur des échelles de temps de quelques heures à quelques jours. À l’autre extrémité du spectre, les projections climatiques pour la fin du siècle ne nécessitent pas (ou ne bénéficient pas) d’une initialisation détaillée de l’état actuel de la couverture neigeuse et glaciaire saisonnière.



**Figure 1. Le continuum des échelles de temps pour la modélisation
des processus de la cryosphère dans le système Terre**

Pour améliorer les capacités des modèles du système Terre dans les régions polaires et de haute montagne, et l’intégration des informations sur la cryosphère, il est nécessaire d’accroître notre compréhension et la représentation des modèles des interactions complexes entre l’océan, la terre, la glace de mer et l’atmosphère qui dictent les conditions environnementales. Selon la résolution du modèle, beaucoup de ces processus et interactions s’observent principalement à une échelle inférieure à celle de la grille, et doivent être représentés par une physique simplifiée (c’est-à-dire paramétrée). Cependant, de nombreux processus à une échelle inférieure à celle de la grille ne sont pas bien représentés dans les modèles de prévision actuels, notamment la représentation sous-optimale du terrain montagneux manquant d’homogénéité (Rotach *et al.*, 2022[[6]](#footnote-7)). Ces lacunes deviennent encore plus importantes avec le passage à des modèles entièrement couplés.

L’hydrologie de la surface terrestre fait partie intégrante de la modélisation du système Terre. Pour de nombreuses applications, il est avantageux de coupler les modèles hydrologiques aux modèles du système Terre afin de saisir les rétroactions sur l’atmosphère (par exemple, l’humidité du sol, les conditions d’eau libre versus les conditions de glace pour les flux d’énergie, le mouvement et l’humidité, l’état thermique et l’albédo des surfaces de neige et de glace). Pour d’autres applications, les modèles hydrologiques fonctionnent efficacement en mode «autonome», contraints par les résultats des modèles météorologiques et climatiques. Cela nécessite souvent une étape supplémentaire pour réduire l’échelle des résultats et les adapter à la résolution native des modèles hydrologiques et cryosphériques basés sur les processus, souvent de quelques dizaines ou centaines de mètres. Cette ligne de modélisation permet de générer des ensembles de prévisions hydrologiques (c’est-à-dire couvrant les incertitudes des paramètres et des forçages du modèle) afin de fournir des informations probabilistes pour des applications clés telles que les prévisions de crues ou les scénarios saisonniers de ressources en eau.

### 5. Recommandations

Comme la prévision numérique du temps est à la base de la plupart des services hydrométéorologiques, climatologiques et environnementaux et des réanalyses du climat, les recommandations du SG-CRYO se concentrent sur l’amélioration des capacités de la prévision numérique du temps qui sont actuellement insuffisantes pour intégrer les informations sur la cryosphère, comme condition préalable à des services d’information efficaces, aux niveaux régional et mondial. Il est nécessaire d’améliorer les infrastructures (par exemple les observations, l’accès à des données de qualité, le calcul et le remaniement des codes, etc.) pour permettre l’assimilation des données sur la cryosphère et accroître la précision et la fiabilité des modèles afin d’améliorer les prévisions pour les événements à court terme et tactiques, ainsi que les projections à plus long terme et les réanalyses climatiques.

Étant donné que les régions polaires et de haute montagne abritent de nombreuses populations indigènes et communautés rurales, le SG-CRYO reconnaît qu’il est prioritaire de travailler avec ces groupes pour développer conjointement des systèmes d’information qui communiqueraient efficacement l’impact du changement climatique sur leurs moyens de subsistance (changement des conditions de glace et déplacements plus dangereux sur les lacs et rivières gelés, changements de glaciers, etc.)

Recommandation 1

**Mandat ciblé du Groupe consultatif pour la Veille mondiale de la cryosphère pour soutenir la stratégie de l’OMM**

Le Groupe d’étude des fonctions interdisciplinaires relatives à la cryosphère (SG-CRYO) recommande à l’INFCOM de mettre à jour le mandat du Groupe consultatif pour la Veille mondiale de la cryosphère (GCW-AG) afin d’y intégrer les recommandations du présent rapport. Le GCW-AG joue un rôle essentiel pour l’INFCOM et, de manière générale, pour l’OMM, en mobilisant les diverses compétences des communautés partenaires afin que toutes en tirent profit.

Lors de l’élaboration de ses recommandations, le SG-CRYO a tenu compte des progrès importants réalisés par la Veille mondiale de la cryosphère en ce qui concerne l’intégration des observations et des données relatives à la cryosphère dans le Système mondial intégré des systèmes d’observation de l’OMM (WIGOS) et le Système d’information de l’OMM (SIO), la création de passerelles entre l’OMM et les communautés de la cryosphère, ainsi que le soutien apporté à la mise en place de services spécifiques, comme démontré via le Centre climatique régional en réseau pour l’Arctique (ArcRCC-Network) et le Centre climatique régional en réseau pour le Troisième pôle (TPRCC-Network).

La composition du GCW-AG doit permettre aux Membres de bénéficier de l’apport de compétences essentielles et correspondre aux besoins d’information sur chacune des composantes de la cryosphère. Il est recommandé de poursuivre la collaboration avec les structures concernées de la SERCOM, ainsi qu’avec le Programme mondial de recherche sur la prévision du temps (PMRPT) et le Programme mondial de recherche sur le climat (PMRC) relevant du Conseil de la recherche. La collaboration avec d’autres partenaires de l’OMM est bénéfique, notamment dans le cadre des partenariats mis en place par le Groupe d’experts du Conseil exécutif pour les observations, la recherche et les services relatifs aux régions polaires et de haute montagne (EC-PHORS), par exemple l’Union géodésique et géophysique internationale (UGGI), le Comité scientifique pour les recherches antarctiques (SCAR), l’Initiative pour la recherche sur la montagne, l’environnement du Troisième pôle et le Soutien aux réseaux d’observation de l’Arctique (SAON).

Recommandation 2

**La cryosphère, une composante à part entière des activités de l’OMM**

Le SG-CRYO recommande que les comités permanents de l’INFCOM incluent dans leurs plans de travail des actions visant à prendre en compte de manière systématique la cryosphère dans le Système mondial intégré des systèmes d’observation de l’OMM (WIGOS), le Système d’information de l’OMM (SIO) et le Système mondial de traitement des données et de prévision (SMTDP), et que le Groupe consultatif pour la Veille mondiale de la cryosphère garantisse la participation et l’appui durables de ses experts afin d’atteindre ces objectifs.

Recommandation 3

**Feuille de route des infrastructures pour une pleine intégration de la cryosphère dans les modèles de système Terre**

Notant que l’objectif de surveillance, de modélisation et de prévision du système Terre est au cœur de la stratégie de l’OMM, le SG-CRYO recommande que l’INFCOM charge le Groupe consultatif pour la Veille mondiale de la cryosphère (GCW-AG) et le Comité permanent du traitement des données pour la modélisation et la prévision appliquées au système Terre (SC-ESMP) de coordonner l’élaboration d’une feuille de route des infrastructures permettant une pleine intégration de la cryosphère dans les modèles du système Terre (atmosphère-cryosphère-terres-océans), comme condition préalable à des services d’information efficaces, aux niveaux régional et mondial, comme indiqué dans les sections 3 et 4 du présent rapport.

Il est nécessaire d’organiser des consultations avec les structures de l’OMM et les partenaires concernés afin de tirer le meilleur parti des initiatives actuelles pertinentes à cet égard, de recenser les projets pilotes et de répondre aux besoins des utilisateurs. Un rapport sur les progrès réalisés devrait être présenté à la prochaine session ordinaire de la Commission.

Le SG-CRYO a préparé une liste non exhaustive de points essentiels à prendre en compte dans le cadre de ce processus, notamment:

● L’utilisation de la réduction d’échelle dynamique et de la réduction d’échelle statistique dans la modélisation des processus cryosphériques, hydrologiques et océanographiques, en fonction des besoins des acteurs locaux et régionaux.

● Les mesures à prendre pour combler les écarts entre la prévision numérique du temps (PNT) et la prévision saisonnière, afin d’appuyer la création de produits hydrologiques et climatologiques utilisables dans les régions polaires et de haute montagne, par exemple en soutenant la mise en place du Centre climatique régional en réseau pour le Troisième pôle (TPRCC).

● Les capacités en matière d’assimilation de données et de prévisions issues de modèles en ce qui concerne les événements cryosphériques extrêmes et l’évaluation des dangers liés à la cryosphère (par exemple, les embâcles, les glissements de terrain, les avalanches, les vidanges brutales de lac glaciaire, les icebergs).

● La combinaison de modèles issus de la PNT et de la modélisation hydrologique avec des méthodes avancées de réduction d’échelle (température de l’air, rayonnement, quantité de précipitations, phase des précipitations…) et la prise en compte des effets d’un forçage atmosphérique à haute résolution sur les modèles hydrologiques et glaciologiques indépendants.

● L’application des modèles glacio-hydrologiques existants, c’est-à-dire leur utilisation pour les prédictions quotidiennes à saisonnières du ruissellement des eaux de fonte.

● L’accès aux données cryosphériques, le contrôle de leur qualité et la conservation des ensembles de données pour l’assimilation des données et la validation des modèles.

● L’amélioration de la compréhension des incertitudes liées aux observations et aux données de la cryosphère, ainsi que des problèmes d’incohérence et de représentativité, et le renforcement de leur utilisation, notamment pour contraindre les modèles.

● L’exploitation des observations satellitaires de la cryosphère dans les modèles du système Terre, y compris l’augmentation de la capacité d’assimilation des produits satellitaires relatifs à la cryosphère.

● L’amélioration de la compréhension des biais et des incertitudes (y compris les problèmes d’incohérence et de représentativité) pouvant affecter les observations et les données cryosphériques et l’amélioration de leur prise en compte, notamment pour contraindre les modèles, par exemple en quantifiant les incertitudes relatives aux précipitations solides et en utilisant ces résultats pour l’analyse de l’inventaire hydrique des bassins et dans les modèles hydrologiques.

● L’évaluation des normes relatives aux observations cryosphériques à haute résolution (inférieures au kilomètre) pour initialiser, vérifier et réduire l’échelle des modèles météorologiques et des modèles du système Terre et l’organisation de campagnes de recherche et d’observation pour produire ces ensembles de données.

Recommandation 4

**Améliorer la disponibilité des observations de la cryosphère dans le Système mondial intégré des systèmes d’observation de l’OMM (WIGOS)**

Le SG-CRYO recommande que le Groupe consultatif pour la Veille mondiale de la cryosphère (GCW-AG) continue d’aider les Membres à analyser et à combler leurs lacunes en matière d’observation pour toutes les composantes de la cryosphère et dans des domaines connexes (par exemple, pour les régions polaires et de haute montagne), en fonction des besoins exprimés par les Membres. Il s’agit de contribuer à la mise au point des règlements techniques et des guides, par exemple en normalisant les observations. La collaboration du GCW-AG avec le Comité permanent des systèmes d’observation et des réseaux de surveillance de la Terre (SC-ON) et le Comité permanent des mesures, des instruments et de la traçabilité (SC-MINT) est essentielle pour obtenir les résultats escomptés.

Le SG-CRYO insiste sur la nécessité de documenter les exigences en matière d’observation de la cryosphère pour les domaines d’application de l’étude continue des besoins de l’OMM, un point essentiel pour surmonter l’importante fragmentation actuelle. L’analyse doit fournir un examen critique des capacités des systèmes d’observation (*in situ* et par télédétection), attirer l’attention sur les lacunes les plus importantes des capacités actuelles des systèmes d’observation de la cryosphère et déterminer les possibilités d’améliorer la compréhension des incertitudes en matière d’observation de la cryosphère (i et par télédétection), notamment en continuant à favoriser les comparaisons.

Le Réseau d’observation de base mondial (ROBM) examinera une recommandation visant à synthétiser les exigences en matière d’observation pour la prévision numérique du temps et la réanalyse du climat au niveau mondial.

Recommandation 5

**Les données cryosphériques dans la politique unifiée de l’OMM en matière de données**

Le SG-CRYO recommande que le GCW-AG collabore avec le SC-ON pour examiner et mettre à jour régulièrement l’[annexe 1 de la résolution 1 (Cg-Ext(2021))](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=11112" \l "page=16) relative à la politique unifiée de l’OMM en matière de données. Il s’agit de spécifier l’ensemble minimal de données fondamentales sur la cryosphère que les Membres doivent échanger de manière libre et gratuite, de préciser quelles autres données devraient être échangées et de rédiger en conséquence des projets de modification des règlements techniques pour examen par l’INFCOM.

Recommandation 6

**Données cryosphériques: normalisation des données et amélioration de l’accès grâce au SIO**

Le SC-CRYO recommande que l’INFCOM charge le GCW-AG de travailler avec les comités permanents de l’INFCOM et les partenaires concernés pour combler les lacunes en matière de normalisation des observations et des données relatives à la cryosphère et pour encourager et faciliter le partage des données cryosphériques et polaires par l’application de normes d’interopérabilité conformes aux principes directeurs FAIR (*Findable, Accessible, Interoperable, Reusable*, soit localisables, accessibles, interopérables et réutilisables), dans le cadre du Système d’information de l’OMM (SIO). À cet égard, le SG-CRYO a dégagé trois priorités essentielles:

1) Élaborer et présenter des mises à jour, si nécessaire, du *Règlement technique* de l’OMM, sur les normes de mesure et de communication des données et les meilleures pratiques pour toutes les composantes de la cryosphère, et encourager leur mise en application dans le cadre de la mise en œuvre de la Veille mondiale de la cryosphère;

2) Faciliter l’intégration des données cryosphériques pertinentes et d’autres données dans le SIO, en mettant l’accent sur l’échange de données en temps réel;

3) Faciliter l’accès aux données cryosphériques et leur archivage, par exemple en créant des centres de données spécialisés.

Recommandation 7

**Intégrer des fonctions spécifiques à la cryosphère dans le** **[S](https://public.wmo.int/en/programmes/global-data-processing-and-forecasting-system)ystème mondial de traitement des données et de prévision**

Le SG-CRYO recommande que le GCW-AG et le SC-ESMP facilitent l’intégration de fonctions spécifiques à la cryosphère dans le cadre du [S](https://public.wmo.int/en/programmes/global-data-processing-and-forecasting-system)ystème mondial de traitement des données et de prévision(SMTDP), mettant en évidence les besoins d’information des régions polaires et de haute montagne, en s’appuyant sur l’expérience des centres climatiques régionaux en réseau pour l’Arctique et pour le Troisième pôle, ainsi que sur les recommandations du Sommet sur les zones de haute montagne de 2019, encore très pertinentes. Il conviendrait de tenir compte des besoins d’information dans de nombreux domaines, et à différentes échelles, des régions polaires et de haute montagne, par exemple en renforçant le lien entre climatologie et hydrologie.

Recommandation 8

**Approche systématique des risques liés à la cryosphère dans le cadre actuel de l’OMM relatif à la réduction des risques de catastrophe**

Le SG-CRYO recommande que l’INFCOM et la SERCOM mènent une réflexion commune visant à intégrer les risques liés à la cryosphère dans le cadre actuel de l’OMM en matière de réduction des risques de catastrophe. Cette démarche doit soutenir la priorité accordée par l’OMM aux systèmes d’alerte précoce pour tous.

Le SG-CRYO recommande que l’INFCOM charge le GCW-AG de faciliter la participation de partenaires ayant une expérience avérée en la matière, tels que l’Association internationale des sciences cryosphériques, l’Association internationale du pergélisol ou le programme sur l’environnement du Troisième pôle.

La réflexion menée par l’INFCOM et la SERCOM devrait permettre de définir les éléments à prendre en considération dans le cadre des activités de l’OMM, par exemple la définition et le catalogage des dangers, les exigences en matière d’observation et l’accès aux données, la surveillance des événements extrêmes, les pratiques en matière d’alerte précoce ou les recherches supplémentaires à entreprendre.

Recommandation 9

**La cryosphère dans le Système mondial d’observation du climat (SMOC)**

Le SG-CRYO recommande que l’INFCOM charge le GCW-AG d’organiser un dialogue avec le Comité directeur du SMOC sur l’évolution de la surveillance de la cryosphère dans le cadre du SMOC en s’appuyant sur les changements dans la prise en compte des variables climatologiques essentielles, par exemple la variable mer-glace (Lavergne *et al.*,2022[[7]](#footnote-8)).

Le SG-CRYO reconnaît la nécessité de répondre à l’évolution des besoins des Membres en matière de surveillance du climat à différentes échelles au moyen d’une révision des variables climatologiques essentielles, coordonnée par le SMOC, dans le but de soutenir efficacement la surveillance du changement climatique et de ses conséquences dans les montagnes et les régions polaires. Lors de la préparation de cette recommandation, le SG-CRYO a pris note du travail mené par le Soutien aux réseaux d’observation de l’Arctique (SAON) portant sur la définition des variables arctiques partagées, exposé dans la feuille de route pour l’observation de l’Arctique et les systèmes de données *(Roadmap to Arctic* *Observing and Data Systems*, [ROADS](https://www.arcticobserving.org/news/378-guidelines-for-contributing-to-saon-s-roadmap-for-arctic-observing-and-data-systems-roads)). Il a également pris note de l’examen des variables climatologiques essentielles[[8]](#footnote-9) relatives aux montagnes. Le SG-CRYO a reconnu que des liens pouvaient être établis avec les services climatologiques opérationnels. La mise en place d’un système harmonisé, qui prend en compte une nécessaire complexité tout en conservant une certaine prudence, serait précieux pour la communauté mondiale.

Recommandation 10

**Feuille de route pour une recherche au service des régions polaires et de haute montagne**

Le SG-CRYO exhorte l’INFCOM à collaborer avec le Conseil de la recherche et à tirer parti du projet intitulé «Année de la prévision polaire», qui touche à sa fin, pour élaborer une feuille de route permettant d’exploiter les résultats de la recherche dans le but de mettre en place des services durables. Le SG-CRYO souligne la nécessité de demander l’attribution des ressources nécessaires à la transposition des connaissances acquises en capacités durables et à la prise en compte des enseignements tirés de ce projet, par exemple l’utilité de la participation des utilisateurs à la phase de conception.

Le SG-CRYO est d’avis que les investissements importants consentis par les Membres pour organiser des projets de recherche à grande échelle, comme dans le cadre de l’Année de la prévision polaire, doivent déboucher sur des améliorations durables pour la communauté météorologique mondiale, par exemple l’optimisation des systèmes d’observation et des systèmes de données dans les régions où les données sont rares ou l’amélioration des modèles.

D’une manière plus générale, le SG-CRYO a reconnu l’importance d’autres projets de recherche et campagnes d’observation coordonnés au niveau international pour faire progresser la compréhension et la représentation des processus physiques à l’œuvre dans la cryosphère dans le système Terre. Il a pris note des possibilités offertes par le programme et l’expérience TEAMx sur les processus multiéchelles de transport et d’échange dans l’atmosphère au-dessus des montagnes *(Multi-Scale Transport and Exchange Processes in the Atmosphere over Mountains–Program and Experiment)*,par la deuxième expédition sur le plateau tibétain (STEP2), par les groupes de discussion régionaux sur l’hydroclimat qui se sont tenus dans le cadre de l’Expérience mondiale sur les cycles de l’énergie et de l’eau (GEWEX), sous l’égide du Programme mondial de recherche sur le climat (PMRC), ainsi que par ceux organisés dans le cadre du Projet relatif au climat et à la cryosphère, relevant également du PMRC.

Recommandation 11

**Poursuite des recherches sur des questions clés concernant la cryosphère et ses incidences, de l’échelle locale à l’échelle mondiale**

Le SG-CRYO recommande que des recherches supplémentaires, coordonnées par le Conseil de la recherche, soient entreprises avec la collaboration active des commissions techniques afin de renforcer la capacité des Membres à satisfaire les nouveaux besoins d’information.

En se fondant sur son évaluation, le SG-CRYO a établi qu’il serait bénéfique d’aborder les points suivants:

1) L’amélioration de la compréhension et de la représentation dans les modèles numériques des processus spécifiques aux régions polaires et de haute montagne qui jouent un rôle dans les changements rapides et profonds liés à l’évolution du climat et qui affectent toutes les régions du globe, et

2) L’amélioration des capacités de modélisation afin de répondre à la demande croissante de produits et de services météorologiques, climatologiques et hydrologiques, locaux et régionaux, grâce à la synthèse d’observations historiques et nouvelles, à l’amélioration de la fidélité des modèles, aux analyses et aux résultats opérationnels.

La liste non exhaustive des points à prendre en considération pour les recherches futures comprend les éléments suivants:

● L’amélioration de la résolution spatiale et temporelle des modèles: une résolution permettant la simulation de la convection dans les projections climatiques et des produits de la prévision numérique du temps à des échelles correspondant aux besoins spécifiques

● L’équilibre à trouver entre le recours à une résolution supérieure et l’adoption de méthodes plus générales, permettant de fournir des informations probabilistes

● Une normalisation du post-traitement, de sorte que les sorties de modèles se prêtent au post-traitement à des échelles pertinentes

● Des progrès dans la modélisation et la prévision inlandsis/océan/système Terre

● La quantification de l’évolution des incertitudes, ces dernières influant sur l’incohérence et la représentativité des observations de la cryosphère, à l’échelle locale et régionale et locale, comme condition préalable à l’utilisation de modèles précis

● Examen du modèle / intelligence artificielle/observations et apprentissage automatique

Recommandation 12

**Accès aux produits spatiaux de la cryosphère: collaboration avec les agences spatiales**

Les observations de la cryosphère depuis l’espace sont d’autant plus essentielles que le coût, les difficultés d’accès, les conditions d’exploitation extrêmes et la représentativité limitée des systèmes d’observation in situ de la cryosphère constituent des obstacles importants à leur utilisation à grande échelle et à leur entretien. L’OMM est la mieux placée pour user de son influence et demander l’organisation de nouvelles missions satellitaires qui garantiraient un accès continu à des flux essentiels de données par la communication d’exigences solides en matière d’observation et en favorisant le développement de produits satellitaires opérationnels pour la cryosphère, utilisables par des modèles et des applications opérationnels.

À cet égard, le SG-CRYO recommande que l’INFCOM assure la continuité de la collaboration avec les agences spatiales qui exploitent les missions d’observation de la cryosphère, en s’appuyant sur le succès du Groupe des activités spatiales pour les régions polaires, qui fait rapport au Groupe d’experts du Conseil exécutif pour les observations, la recherche et les services relatifs aux régions polaires et de haute montagne, et dans le cadre de la mise en œuvre de la résolution 30 (EC-73). Le rôle fédérateur de l’OMM, par sa capacité à mobiliser les compétences spécifiques et complémentaires de chacun des organismes participants, qu’elles soient axées sur la recherche et le développement ou sur l’exploitation, permettra de tirer le meilleur parti de cette collaboration.

Le SG-CRYO estime que la collaboration du GCW-AG avec le Comité permanent des systèmes d’observation et des réseaux de surveillance du système Terre (SC-ON), associée à la communication régulière d’informations à l’EC-PHORS, permet une meilleure mobilisation des compétences au service des Membres, tant au sein de l’OMM qu’avec ses partenaires extérieurs. Ce travail collaboratif devrait s’attacher à l’amélioration de l’acquisition et de la diffusion d’ensembles de données satellitaires relatives à la cryosphère, aux pôles et à la haute montagne, dans le but de contribuer à la conception de produits dérivés spécifiques à l’appui de la recherche scientifique sur la cryosphère et de faire progresser leur utilisation dans des applications opérationnelles.

L’OMM doit également favoriser les comparaisons entre les produits de la cryosphère obtenus par satellite, ce qui inclut un accès garanti à des observations in situ complémentaires et une meilleure prise en compte des incertitudes liées aux variables dans l’assimilation, la validation et la vérification des données. Le SG-CRYO a salué la réussite du Groupe consultatif pour la Veille mondiale de la cryosphère, qui a favorisé l’établissement de comparaisons (couverture neigeuse, épaisseur des glaces de mer) et recommande qu’il poursuive ces activités à l’avenir.

Recommandation 13

**La cryosphère, indicateur du changement climatique régional et mondial**

Le SG-CRYO recommande à l’INFCOM de charger le GCW-AG de favoriser la définition d’indicateurs représentatifs de l’évolution de la cryosphère, à l’appui de la fourniture de services hydroclimatiques à différentes échelles. À cette fin, le GCW-AG, en collaboration avec les structures compétentes de la SERCOM et des conseils régionaux, contribuerait à la rédaction des publications de l’OMM (par exemple des rapports régionaux et mondiaux sur l’état du climat) et communiquerait avec les utilisateurs, par exemple lors des Forums sur le climat. Les indicateurs retenus pourraient être des projections relatives à l’évolution des ressources en eau, une évaluation des risques, des évaluations saisonnières et des indicateurs relatifs à l’évolution de la neige et de la glace, des événements extrêmes (toutes composantes), etc.

Recommandation 14

**Rôle de l’OMM dans l’Antarctique**

Les activités de l’OMM dans l’Antarctique ont toujours constitué une priorité pour l’Organisation, le deuxième Congrès météorologique mondial (1963) ayant créé le premier Comité permanent de l’Antarctique sous l’égide du Conseil exécutif. Entre 2007 et 2019, cette fonction a été assumée par le Groupe d’experts du Conseil exécutif pour les observations, la recherche et les services relatifs aux régions polaires et de haute montagne (EC-PHORS). À la suite de la réforme de la gouvernance de l’OMM, la [résolution 30 (EC‑73)](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=11193" \l "page=521) a rétabli l’EC-PHORS dans son rôle de coordonnateur des activités menées dans l’Antarctique, l’accent étant mis sur les mesures stratégiques et les activités de plaidoyer.

Le SG-CRYO a coordonné les consultations entre le Groupe d’experts EC-PHORS et l’INFCOM. Les rapports des réunions EC-PHORS-10 et EC-PHORS-11 précisent qu’il a été convenu que les aspects techniques liés aux observations, à l’échange de données et à l’amélioration des méthodes et instruments d’observation dans les conditions extrêmes de l’Antarctique doivent entrer dans les attributions des comités permanents de l’INFCOM et être inscrits dans leur plan de travail. Le groupe d’experts EC-PHORS a établi son groupe consultatif sur l’Antarctique, qui coordonne l’ensemble de ses activités.

En conclusion de l’examen par le SG-CRYO des activités menées en Antarctique, il est recommandé de maintenir un lien étroit entre le Groupe consultatif pour la Veille mondiale de la cryosphère et lesdites activités, l’objectif étant d’établir un lien avec la petite communauté scientifique active dans la région.

### 6. Appendice du rapport final du SG-CRYO: cartographie préliminaire *[Fédération de Russie]* de la cryosphère dans les services de l’OMM

La cartographie ci-dessous donne une indication des informations sur la cryosphère qui sont nécessaires pour générer les services respectifs, conformément aux domaines de services coordonnés par l’OMM.

**Services climatologiques (SC-CLI)**

a) Prévisions à long terme des ressources en eau: neige, glaciers, précipitations solides;

b) Élévation du niveau de la mer et services côtiers connexes: glaciers, inlandsis, glace de mer, pergélisol;

c) Acheminement et flux d’eau douce vers les océans: neige, glaciers, inlandsis, pergélisol;

d) Rétroactions du carbone du pergélisol: pergélisol, neige (impacts sur la profondeur de la couche active);

e) Évolution du paysage et lien avec les normes d’infrastructure et les considérations de conception: neige, pergélisol, glaciers, inlandsis;

f) Climat-cryosphère: albédo, énergie latente, rétroactions (glace de mer, neige, inlandsis);

g) Bilan et circulation de l’eau douce dans l’océan: neige/chute de neige, glace de mer, inlandsis;

h) Modifications du cycle des précipitations, par exemple augmentation du ruissellement d’eau douce provenant des précipitations;

i) Changements régionaux dans les plans d’eau libre par jour/an: océan/glace de mer, glace de rivière, glace de lac;

j) Projections du changement climatique et flux de carbone associés à l’évolution des conditions du pergélisol et de la glace de mer (couverture neigeuse, glace de mer, pergélisol).

**Services hydrologiques (SC-HYD)**

a) Modélisation et prévision *[Fédération de Russie]* hydrologiques opérationnelles: neige, glaciers, pergélisol, sols gelés;

b) Modélisation et prévision *[Fédération de Russie]* des inondations: prévisions opérationnelles, évaluations des risques saisonniers: accumulation de neige, glace de lac et de rivière, sol gelé;

c) Prévisions saisonnières de l’écoulement *[Fédération de Russie]* pour l’agriculture, la gestion de la sécheresse et la gestion de la production hydroélectrique et des ressources en eau *[Fédération de Russie]*: neige, glaciers;

d) Prévision des phénomènes relatifs à la glace: glaces de lac et de cours d’eau, neige *[Fédération de Russie]*;

e) Projections à long terme (par exemple décennales) des ressources en eau à l’appui du groupe eau-alimentation-énergie *[Fédération de Russie]*: neige, glaciers, permafrost.

**Réduction des risques de catastrophes et services météorologiques destinés publics (dangers, alertes)**

a) Systèmes d’alerte (précoce) pour faire face à l’évolution des risques cryosphériques:

● Chutes de neige abondantes, pluie verglaçante

● Avalanches (neige, conditions météorologiques dans les régions de montagne)

● Effondrement de glacier, inondations par débordement de lac glaciaire; chutes de glace et de pierres (glaciers, pergélisol de montagne et sols gelés une partie de l’année)

● Érosion côtière (pergélisol, glace de mer, banquise côtière, précipitations solides)

● Modification de l’épaisseur et de la phénologie des lacs, des rivières et de la glace de mer (eau douce et glace de mer)

b) Résilience des infrastructures aux inondations, au dégel du pergélisol, au givrage, aux fortes chutes de neige/blizzards/dépressions polaires: neige, pluie sur la neige, pergélisol;

c) Sécurité alimentaire/réduction des risques liés aux écosystèmes;

d) Activités de subsistance qui sont fortement touchées par l’évolution de la cryosphère;

e) Soutien à la prévention, à la préparation et à l’intervention en cas d’urgence, par exemple recherche et sauvetage dans les régions polaires et de haute montagne, soutien à l’intervention en cas de déversement d’hydrocarbures, ou impacts d’une augmentation du trafic maritime, etc.

**Services de météorologie maritime et d’océanographie (SC-MMO)**

a) Informations régulières sur les glaces pour aider les navigateurs et les communautés;

b) Systèmes de prévision de la glace de mer, de l’échelle opérationnelle à l’échelle saisonnière: glace de mer;

c) Suivi des icebergs: nappes de glace, plates-formes de glace, interactions glace-océan;

d) Bilans d’eau douce: chutes de neige/neige, permafrost pour les modèles hydrologiques/de ruissellement;

e) Mélange et courants: glace de mer, plates-formes de glace, écoulement des inlandsis;

f) Planification à long terme des routes maritimes et des infrastructures: glace de mer, icebergs.

**Services pour l’agriculture (SC-AGR)**

a) Prévisions hydrologiques opérationnelles pour guider l’utilisation de l’eau: la neige;

b) Prévisions saisonnières des ressources en eau pour l’irrigation et la gestion des cultures: neige, glaciers.

**Services énergétiques intégrés (SG-ENE)** – fourniture de services météorologiques et climatologiques pour l’énergie

a) Gestion de l’exploitation des centrales et réservoirs hydroélectriques: neige, glaciers;

b) Disponibilité de ressources en eau pour les centrales thermiques, les besoins industriels: neige, glaciers;

**Services écologiques**

a) Qualité et quantité de l’eau liées à l’écologie aquatique: neige, glaciers;

b) Écosystèmes dépendant de la glace et de la neige, des algues aux ours polaires en passant par les lemmings: glace de mer, neige, glaciers, inlandsis.

**Services économiques**

a) Tourisme et loisirs en montagne: neige, glaciers;

b) Tourisme polaire: neige, glaciers, inlandsis, icebergs, glace de lac, glace de mer, permafrost;

c) Transport saisonnier, commerce, mobilité via les routes de glace: lac, rivière et mer de glace, gel et débâcle printanière;

d) Navigation commerciale et pêche qui dépendent des conditions de glace: rivière, lac et glace de mer;

e) Activités de subsistance (chasse, pêche) des communautés autochtones, nordiques et montagnardes: neige, rivière, lac, glaciers, permafrost, glace de mer;

**Considérations de santé**

a) Qualité de l’eau et disponibilité des ressources en eau: neige, glaciers, permafrost;

b) Santé des écosystèmes aquatiques et implications pour la sécurité alimentaire: neige, glace d’eau douce;

c) Contaminants hérités (par exemple, les PCB) et virus: glaciers, pergélisol.

**Considérations géopolitiques et politiques**

a) Partenariats internationaux et diplomatie scientifique (par exemple, recherche et surveillance de la cryosphère dans le cadre du traité sur l’Antarctique, groupes de travail du Conseil de l’Arctique, Conseil international de la science, etc;)

b) La sécurité transfrontalière de l’eau dans les régions de montagne: neige, glaciers;

c) Impact mondial de l’élévation du niveau moyen de la mer.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1. Marshall, S.J. (2011). *La cryosphère. Primers in Climate Science, Princeton University Press*. [↑](#footnote-ref-2)
2. GIEC, 2021: *Changements climatiques 2021: Les éléments scientifiques. Contribution du groupe de travail I au sixième rapport d’évaluation du Groupe d’experts intergouvernemental sur l’évolution du climat* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, et B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, NY, États-Unis, sous presse, doi:[10.1017/9781009157896](https://dx.doi.org/10.1017/9781009157896). [↑](#footnote-ref-3)
3. GIEC, 2022: *Changement climatique 2022: Impacts, adaptation et vulnérabilité*. Contribution du groupe de travail II au sixième rapport d’évaluation du Groupe d’experts intergouvernemental sur l’évolution du climat [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Sous presse. [↑](#footnote-ref-4)
4. GIEC, 2019: Résumé à l’intention des décideurs. Dans: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.- O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. Sous presse. [↑](#footnote-ref-5)
5. Durabilité, 2019, 11, 4365; Services de la cryosphère et bien-être humain doi:10.3390/su11164365. [↑](#footnote-ref-6)
6. Rotach, M. W., *et al*.,2022. A Collaborative Effort to Better Understand, Measure, and Model Atmospheric Exchange Processes over Mountains, Bulletin of the American Meteorological Society, 103(5), E1282-E1295. Consulté le 5 septembre 2022, à l’adresse [https://journals.ametsoc.org/view/
journals/bams/103/5/BAMS-D-21-0232.1.xml](https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/103/5/BAMS-D-21-0232.1.xml). [↑](#footnote-ref-7)
7. Lavergne, T., Kern, *et al.* (2022). A New Structure for the Sea-Ice Essential Climate Variables of the Global Climate Observing System, *Bulletin of the American Meteorological Society, 103*(6), E1502-E1521. Consulté le 5 septembre 2022, à l’adresse [https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/103/6/
BAMS-D-21-0227.1.xml](https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/103/6/BAMS-D-21-0227.1.xml). [↑](#footnote-ref-8)
8. James M. Thornton, et al, Toward a definition of Essential Mountain Climate Variables, One Earth, Volume 4, Issue 6, 2021, Pages 805-827, ISSN 2590-3322, <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.05.005>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590332221002487>) [↑](#footnote-ref-9)