|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 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/INF. 6.1(1)** |
| Présenté par: Président  25.X.2022 |

## *[Ce document, produit à titre indicatif, est le résultat d’une traduction automatique sans post‑édition. Aucune garantie, expresse ou implicite, n’est donnée quant à son exactitude, sa fiabilité ou sa précision. Les divergences ou différences ayant pu résulter de la traduction vers le français du contenu du document original ne créent aucune obligation et n’ont aucun effet juridique en termes de conformité, d’exécution ou à toute autre fin. Il se peut que certains contenus (tels que les images) n’aient pu être traduits en raison des limites techniques du système. En cas de doute sur l’exactitude des informations contenues dans la traduction, veuillez vous reporter à l’original anglais qui constitue la version officielle du document.]*

## ORIENTATIONS DE HAUT NIVEAU SUR L'ÉVOLUTION DES SYSTÈMES MONDIAUX D'OBSERVATION AU COURS DE LA PÉRIODE 2023-2027 EN RÉPONSE AUX PERSPECTIVES POUR LE WIGOS À L'HORIZON 2040

(Projet de document compilé par le Groupe de travail JET-EOSDE, avec l'appui d'un consultant et d'experts du Secrétariat de l'OMM et du SMOC, du SC-MINT, de la VAG, du SG-GBON et de l'Équipe spéciale pour l'évaluation des données océanographiques)

Contenu

[1. Objet et champ d'application 3](#_Toc100657079)

[1.1 La nécessité de répondre aux Perspectives pour le WIGOS à l'horizon 2040 3](#_Toc100657080)

[1.2 Objet du document 4](#_Toc100657081)

[2. Orientations sur l'évolution des capacités mondiales d'observation compte tenu des éléments ci-après   
 Perspectives pour le WIGOS à l'horizon 2040 5](#_Toc100657082)

[2.1 Synthèse des principales lacunes en matière d'observations tirées des déclarations d'orientation et de quelques-unes des principales lacunes en matière d'observations Recommandations 6](#_Toc100657083)

[2.1.1 PNT à l'échelle mondiale 9](#_Toc100657084)

[2.1.2 Prévisions infrasaisonnières à plus longue échéance 10](#_Toc100657085)

[2.1.3 PNT haute résolution 11](#_Toc100657086)

[2.1.4 Prévision immédiate et à très courte échéance 12](#_Toc100657087)

[2.1.5 Météorologie aéronautique 13](#_Toc100657088)

[2.1.6 Météorologie de l'espace 14](#_Toc100657089)

[2.1.7 Applications océaniques 15](#_Toc100657090)

[2.1.8 Surveillance du climat 16](#_Toc100657091)

[2.1.9 Composition de l'atmosphère 17](#_Toc100657092)

[2.1.10 Services cryosphériques émergents 20](#_Toc100657093)

[2.1.11 Services hydrologiques 22](#_Toc100657094)

[2.2 Conclusions et recommandations issues de la série de prévisions numériques de l'impact des observations Ateliers et autres domaines 23](#_Toc100657095)

[2.2.1 Ateliers internationaux sur les incidences des divers systèmes d'observation sur   
 PNT 24](#_Toc100657096)

[2.2.2 Conclusions et recommandations dans d'autres domaines 27](#_Toc100657097)

[2.3 Observations depuis l'espace 28](#_Toc100657098)

[2.4 Observations en surface 30](#_Toc100657099)

[2.4.1 Orientations sur l'expansion du réseau du ROBM 30](#_Toc100657100)

[2.4.2 Liens ROBM et ROBR 32](#_Toc100657101)

[2.4.3 Analyse du rapport coût-efficacité des capacités d'observation nécessaires pour fournir les services requis Informations et produits 33](#_Toc100657102)

[2.4.4 Possibilités de synergies et d'optimisation des systèmes d'observation 33](#_Toc100657103)

[2.4.5 Stratégie et orientations à l'intention des Membres sur les observations urbaines 37](#_Toc100657104)

[2.4.6 Recommandations sur l'utilisation des nouvelles technologies d'observation 38](#_Toc100657105)

[2.4.7 Pérennité de l'environnement des observations 43](#_Toc100657106)

[2.4.8 Gestion des risques et atténuation 44](#_Toc100657107)

[2.5 Mesures hautement prioritaires concernant l'évolution de l'espace et de la surface Systèmes d'observation fondés 45](#_Toc100657108)

[2.6 Recommandations sur la politique en matière de données et la disponibilité des données 51](#_Toc100657109)

[2.7 Coordination des fréquences radioélectriques 51](#_Toc100657110)

[3. Orientations sur l'élaboration d'une stratégie nationale de mise en œuvre des perspectives d'avenir du WIGOS en 2040 52](#_Toc100657111)

[3.1 Enquête sur les besoins nationaux des différents domaines d'application 52](#_Toc100657112)

[3.2 Compilation des besoins nationaux sans technologie et de la conception de réseaux Principes 53](#_Toc100657113)

[3.3 Concept relatif au développement des capacités nationales d'observation 53](#_Toc100657114)

[3.4 Propositions d'activités pilotes 53](#_Toc100657115)

[4. Possibilités de développement des capacités et orientations fondées sur une approche systématique Mécanisme de financement des observations (SOFF) et Initiative de soutien aux pays 53](#_Toc100657116)

[5. Plan de communication sur la nécessité de répondre aux Perspectives pour le WIGOS à l'horizon 2040 58](#_Toc100657117)

[Annexe 1. Documents, textes réglementaires et documents d'orientation relatifs au WIGOS 60](#_Toc100657118)

[1. Documents pertinents du WIGOS 60](#_Toc100657119)

[2. Textes réglementaires et d'orientation relatifs au WIGOS 62](#_Toc100657120)

[Annexe 2. Déclaration d'orientation: aperçu des écarts par variable 65](#_Toc100657121)

[Annexe 3. Principales mesures du Plan d'action pour l'évolution des systèmes mondiaux d'observation que les Membres doivent mener à bien 112](#_Toc100657122)

[Annexe 4. Aperçu des exigences relatives au ROBM (doit/devrait) 114](#_Toc100657123)

[Annexe 5. Services urbains intégrés (SIU) pour les directives de haut niveau relatives au WIGOS 116](#_Toc100657124)

[Annexe 6. Variables de la composition de l'atmosphère à l'appui des applications de surveillance et de prévision 128](#_Toc100657125)

[Acronymes 129](#_Toc100657126)

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

**Orientations de haut niveau sur l'évolution des systèmes mondiaux d'observation au cours de la période 2023-2027 en réponse aux Perspectives pour le WIGOS à l'horizon 2040**

1. **Objet et champ d'application**

**1.1 La nécessité de répondre aux Perspectives pour le WIGOS à l'horizon 2040**

Le présent document fournit aux Membres de l'OMM des orientations sur l'évolution envisagée des systèmes d'observation, à l'échelle nationale et régionale, en tant que composantes du Système mondial intégré des systèmes d'observation de l'OMM (WIGOS) jusqu'en 2040. Ces directives se composent principalement de principes de nature générale qui devraient être pris en compte pour l'élaboration de plans de mise en œuvre par les Membres et d'autres exploitants de réseaux d'observation. En outre, les directives recensent des mesures spécifiques urgentes qui découlent des priorités du WIGOS, des programmes de l'OMM et de notre connaissance des lacunes actuelles en matière de données. Le document donne un aperçu structuré des documents relatifs aux Perspectives pour le WIGOS à l'horizon 2040 ([AR](https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21727), [EN](https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21716#.YPbKgOj7QUE), [ES](https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21736), [FR](https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21729), [RU](https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21735), [ZH](https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21728)) et fixe des priorités pour les cinq prochaines années (2023-2027) afin de mettre en œuvre le scénario des Perspectives pour le WIGOS à l'horizon 2040. On part du principe que le lecteur de ce document est conscient du contenu des Perspectives pour le WIGOS à l'horizon 2040.

Au cours de la phase d'élaboration et de préopérationnelle du WIGOS, un certain nombre de documents ont été rédigés pour entretenir et développer tous les systèmes d'observation qui composent  [l'OMM. L'annexe 1](#_Annex_1._WIGOS) énumère les documents, outils et textes réglementaires pertinents du WIGOS et illustre comment ils sont reliés. Le présent document s'appuie sur l'information d'un grand nombre de ces documents sous-jacents.

Les perspectives d'avenir du Système mondial d'observation (SMO) à l'horizon 2025, approuvées par le Conseil exécutif à sa soixante et unième session (Genève, 2009), ont permis de définir des objectifs de haut niveau devant guider l'évolution des systèmes mondiaux d'observation. L'étude continue des besoins présente les « déclarations d'orientation » qui recensent les principales lacunes des systèmes d'observation dans les domaines d'application de l'OMM. Le Plan d'action pour l'évolution des systèmes mondiaux [d'observation, disponible dans les langues de l'OMM (EN](https://wmoomm.sharepoint.com/:b:/s/wmocpdb/ETeDnDonmulOiJu9zkzieu4Bp7thwbeKXXfCq1G8nxjjQA?e=KokUlQ), [ES](https://wmoomm.sharepoint.com/:b:/s/wmocpdb/EZWZcp0fuphPqjejJkPOBxYBFN6n9aBU7gVl5z2RnhhQ-A?e=zQnoR6), [FR](https://wmoomm.sharepoint.com/:b:/s/wmocpdb/EVRItRhG7OVCibWplVTp8U4BoxwVpJ02saZ9szskDLAueA?e=vrcmdh), [RU](https://wmoomm.sharepoint.com/:b:/s/wmocpdb/ERL2_7-DqEBMmfcUhLGtdBsB8u0za8LwyXpWZ140Lb_R-Q?e=yaCr0E), [ZH](https://wmoomm.sharepoint.com/:b:/s/wmocpdb/EaZir2WZg25DlK61b8knNkMBEz-AjoQQziP17creMJp2yA?e=TNWVI3)), accompagne les perspectives du SMO. Le Plan d'action pour l'évolution des systèmes mondiaux d'observation avait pour objectif de répondre au mieux aux besoins de l'OMM en matière d'observations liées au temps, au climat et à l'eau. Le plan de mise en œuvre comporte des mesures précises pour la mise au point des composantes spatiale et de surface des systèmes d'observation de l'OMM qui ont été régulièrement examinées. En 2018, un sous-ensemble de 10 mesures de ce type ont été adoptées lors de la dix-huitième session du Congrès météorologique mondial (voir [l'annexe 3](#_Annex_3._Key)) et la liste d'action du Plan d'action pour l'évolution des systèmes mondiaux d'observation a été examinée lors de l'élaboration de ce document d'orientation de haut niveau et celles qui restent pertinentes ont été incluses dans les recommandations figurant dans la [section 2.5](#_2.5_Actions_with).

Les progrès accomplis dans la mise en œuvre du WIGOS appellent à une mise à jour des Perspectives pour tenir compte des défis et des opportunités actuels. Grâce à ces informations, les Services météorologiques et hydrologiques nationaux (SMHN), les agences spatiales et d'autres concepteurs de systèmes d'observation pourront adapter leurs efforts de planification de manière à optimiser les synergies et à optimiser le rapport qualité-prix. Si l'on s'étend jusqu'à l'horizon 2040, les Perspectives pour le WIGOS ont une vision à long terme. Dans une large mesure, cet horizon temporel est fonction des longs cycles d'élaboration et de mise en œuvre de composantes spécifiques telles que les satellites opérationnels ou le programme de remplacement des radars.

La phase opérationnelle initiale du WIGOS, qui commence en 2020, répond à la demande croissante de services météorologiques, hydrologiques et climatologiques des Membres qui résistent mieux aux conséquences socio-économiques des phénomènes extrêmes liés au temps, au climat, à l'eau et à l'environnement. L'approche de l'OMM[[1]](#footnote-2) axée sur les besoins des utilisateurs et les progrès des techniques d'observation, ainsi que le rôle accru que le secteur privé et les tierces parties devraient jouer, a été examinée dans les Perspectives pour le WIGOS à l'horizon 2040. Il est maintenant nécessaire de réaligner les stratégies d'observation pour concrétiser la Vision.

Conformément à la [résolution 37 (Cg-18)](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=9827#page=127) – Passage du WIGOS au stade opérationnel à compter de 2020, l'annexe de la présente résolution décrit les principales activités qui devraient avoir lieu à compter de 2020 et au-delà afin de développer le système au cours de la prochaine période. Les observations du système terrestre mondial permettront de répondre à la demande d'accroître les capacités de prévision sans discontinuité, de l'échelle météorologique à l'échelle climatique, sur la base d'approches de modélisation unifiées. Par ailleurs[, dans sa résolution 38 (Cg-18),](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=9827#page=137) le Congrès prie la Commission des infrastructures d'entreprendre les activités de planification nécessaires pour aider les Membres et les organisations partenaires à donner suite aux Perspectives pour le WIGOS à l'horizon 2040. Il demande en outre aux Membres de tenir compte des Perspectives pour le WIGOS à l'horizon 2040 lorsqu'ils planifient l'évolution de leurs réseaux d'observation.

Lors de sa première session, la Commission des observations, des infrastructures et des systèmes d'information (INFCOM) a approuvé un plan relatif au début de la phase opérationnelle du WIGOS (2020-2023) (WIOP). Dans ce plan, qui a ensuite été adopté par le Conseil exécutif (EC‑73/Doc. 4.2(1)), un degré élevé de priorité a été accordé aux activités qui aideront les Membres à élaborer et à mettre en œuvre le WIGOS à l'échelle nationale, régionale et mondiale. Elle demande aussi aux Membres de promouvoir le respect des dispositions du Règlement technique du WIGOS. En outre, le Programme propose d'aider les Membres à faire évoluer leurs systèmes d'observation au cours de la période 2020-2023 en vue d'atteindre les Perspectives pour le WIGOS à l'horizon 2040 (voir [l'annexe 1](#_Annex_1._WIGOS) pour plus de détails). Le Programme comprend des activités spécifiques à l'appui de la mise en œuvre du WIGOS à l'échelle nationale et de l'élaboration des conseils régionaux, qui ne feront pas partie des considérations du présent document, mais viendront les compléter.

**1.2 Objet du document**

Les Perspectives pour le WIGOS à l'horizon 2040 présentent un scénario probable de l'évolution des besoins des utilisateurs en matière de données d'observation dans le domaine de l'OMM au cours des prochaines décennies, ainsi qu'une vision ambitieuse, technique et économiquement réalisable d'un système d'observation intégré susceptible de les satisfaire. Grâce à ces informations, les SMHN, les agences spatiales et d'autres concepteurs de systèmes d'observation pourront adapter leurs efforts de planification en conséquence et pourront prendre les décisions nécessaires pour mettre en œuvre ce système intégré. Il informe également les utilisateurs des observations météorologiques, climatologiques, hydrologiques, de la composition de l'atmosphère et d'autres observations connexes sur ce que l'on attend de cette période et donne des orientations concernant la planification des systèmes de technologies de l'information et de communication, les activités de recherche-développement, les effectifs et l'enseignement et la formation professionnelle.

Le plan relatif au début de la phase opérationnelle du WIGOS (2020-2023) décrit les principales activités prévues à court terme. Entre autres, un document d'orientation sur l'évolution des capacités mondiales d'observation compte tenu des Perspectives pour le WIGOS à l'horizon 2040 sera élaboré (section 5.7 du plan).

Il s'agit de l'objectif du présent document: il fournit des orientations de haut niveau pour aider les Membres à faire évoluer leurs systèmes d'observation au cours des cinq prochaines années (2023-2027) d'une manière simple et facile à utiliser par tous les acteurs, en mettant l'accent sur les pays les moins avancés, les pays en développement sans littoral et les petits États insulaires en développement. Le document d'orientation actuel définit plusieurs domaines hautement prioritaires où des améliorations concrètes et efficaces des capacités des systèmes d'observation peuvent être réalisées et des progrès peuvent être démontrés au cours des cinq prochaines années. Les mesures recommandées sont écrites de manière à éclairer les décideurs et les planificateurs stratégiques de haut niveau.

Le document met l'accent sur certaines priorités clés, tout en adoptant une approche plus dynamique que celle adoptée par l'ancien Plan d'action pour le SMO à l'horizon 2025, le Plan d'action pour l'évolution des systèmes mondiaux d'observation (EGOS-IP) et ses 115 actions ciblées. Cette nouvelle approche permettra d'ajuster les mesures de mise en œuvre en fonction de l'évolution des besoins, des technologies et des possibilités. Dans [le chapitre 2](#_2._Guidance_on), un résumé des conclusions et des recommandations issues d'une série d'ateliers internationaux sur l'impact de divers systèmes d'observation sur la prévision numérique du temps, ainsi qu'une synthèse des principales lacunes en matière d'observation découlant de l'étude continue des déclarations d'orientation sur les besoins, et quelques recommandations sur la combinaison de technologies utilisées pour combler ces lacunes. Ainsi, les priorités seront définies selon l'approche axée sur le système Terre, la PNT à l'échelle mondiale et la surveillance du climat considérées comme des applications fondamentales[[2]](#footnote-3) , ainsi que dans les domaines dans lesquels des avantages socio-économiques considérables peuvent être tirés, y compris la réduction des risques de catastrophes.

[Le chapitre 2](#_2._Guidance_on) comprend également des orientations et des obligations concernant la mise en œuvre et la gestion du réseau d'observation de base mondial (ROBM) ainsi que les engagements des Membres à élargir et à renforcer l'échange libre et gratuit des données. Le présent chapitre présente d'autres aspects évolutifs lors de la mise en place des Perspectives pour le WIGOS à l'horizon 2040. [Le chapitre 3](#_3._Guidance_on) propose des mesures à prendre pour élaborer une stratégie nationale de mise en œuvre des perspectives pour le WIGOS à l'horizon 2040.  [Le chapitre 4](#_4._Capacity_development) traite des possibilités de développement des capacités et [le chapitre 5](#_Communication_Plan_on) présente des détails pour un plan de communication.

1. **Orientations sur l'évolution des capacités mondiales d'observation en réponse aux Perspectives pour le WIGOS à l'horizon 2040**

Le WIGOS fournit le cadre mondial et les outils de gestion et de conception de tous les systèmes d'observation participants, afin d'optimiser les investissements axés sur les utilisateurs pour les développements durables afin de fournir les services environnementaux liés au temps, à l'eau, à la composition de l'atmosphère et au climat. Les principales composantes du WIGOS comprennent les réseaux du Système mondial d'observation (SMO), la composante Observation de la Veille de l'atmosphère globale (VAG), les composantes d'observation de la Veille mondiale de la cryosphère (VMC) et le Système d'observation hydrologique de l'OMM (SOHO). En outre, l'OMM collabore avec des organisations partenaires pour compléter ces réseaux dans le cadre du WIGOS pour la surveillance du climat et l'observation de l'océan par le biais du Système mondial d'observation du climat (SMOC) et du Système mondial d'observation de l'océan (GOOS), respectivement.

Les Perspectives pour le WIGOS à l'horizon 2040 sont un scénario de la façon dont les systèmes d'observation en surface et à partir de l'espace pourraient évoluer au cours des deux prochaines décennies afin de répondre à l'évolution des besoins des utilisateurs en matière d'observations. En outre, il répond à l'évolution des besoins des utilisateurs et à l'évolution attendue des technologies d'observation à partir de l'espace et en surface. Il s'agit d'un plan ambitieux, mais techniquement et économiquement réalisable. Selon les perspectives d'avenir, les futurs systèmes d'observation s'appuieront sur les sous-systèmes existants, tant au sol qu'à partir de l'espace, tout en exploitant les techniques d'observation existantes, nouvelles et émergentes qui ne sont pas encore incorporées ou pleinement exploitées. Le Projet intègre les observations recueillies par des exploitants commerciaux et d'autres tiers et considère leur importance ainsi que les défis à relever pour garantir l'échange libre et gratuit de ces données entre les SMHN et d'autres partenaires nationaux et internationaux.

Les orientations de haut niveau figurant dans le présent document résument les lacunes recensées dans les réseaux d'observation actuels, énumèrent des priorités précises pour les actions à mener au cours des cinq prochaines années (2023-2027) et formulent des recommandations sur les faits nouveaux à prendre en compte lors de la mise en œuvre des Perspectives pour 2040.

Certains sujets seront abordés dans le présent chapitre, comme l'analyse des lacunes de [la section 2.1](#_2.1_Synthesis_of), les recommandations issues des études d'impact de la prévision numérique du temps ([section 2.2](#_2.2_Findings_and)), les informations sur l'état et les procédures à suivre pour élargir le ROBM ([section 2.4.1](#_2.4.1_Guidance_on)) et les nouvelles activités relatives à la politique en matière de données ([sections 2.4.1](#_2.4.1_Guidance_on) et [2.6](#_2.6_Recommendations_on)). ), donner lieu à des actions spécifiques destinées aux Membres d'élaborer une stratégie pour mettre en œuvre les Perspectives pour le WIGOS à l'horizon 2040. D'autres sujets abordés dans le présent chapitre, comme les informations sur le rapport coût-efficacité des systèmes d'observation et les possibilités de combiner des activités à l'échelle mondiale et régionale, aideront les gestionnaires de réseaux à exploiter plus efficacement leurs réseaux.

**2.1 Synthèse des principales lacunes en matière d'observations issues des déclarations d'orientation, avec quelques recommandations**

Pour parvenir à un consensus sur les besoins des utilisateurs en matière de données d'observation et sur la conception et la mise en œuvre des systèmes d'observation intégrés de l'OMM, l'OMM exécute le processus d'étude continue des besoins.

Le processus d'étude continue des besoins examine conjointement l'évolution des besoins des Membres en matière d'observations et les capacités des systèmes d'observation existants et prévus. Par conséquent, par le biais de « déclarations d'orientation », les experts de chaque domaine d'application examinent dans quelle mesure les capacités répondent aux exigences et produisent des analyses des lacunes avec des recommandations sur la manière dont ces lacunes pourraient être comblées. Pour chaque domaine d'application, le processus se compose de quatre étapes:

1. Examen sans technologie des besoins des Membres en matière d'observations dans un domaine d'application couvert par les programmes de l'OMM et les programmes coparrainés;
2. Examen des capacités d'observation des systèmes d'observation existants et prévus, tant au sol qu'à partir de l'espace;
3. « Examen critique » de la mesure dans laquelle les capacités b) répondent aux besoins a); » Et
4. Déclaration d'orientation fondée sur c).

Ce processus est répété sur un cycle d'environ deux ans. Ces groupes de travail constituent également une ressource utile pour dialoguer avec les organismes chargés des systèmes d'observation pour déterminer si les systèmes existants devraient être maintenus, modifiés ou interrompus, si de nouveaux systèmes devraient être planifiés et mis en œuvre, et si la recherche-développement est nécessaire pour répondre aux besoins des utilisateurs non satisfaits.

Un domaine d'application de l'OMM décrit une activité homogène pour laquelle il est possible de compiler un ensemble cohérent de besoins des utilisateurs en matière d'observations convenus par des experts de la communauté qui travaillent sur le plan opérationnel dans ce domaine. Les domaines d'application actuellement recensés sont les suivants[SoG, domaines d'application](https://community.wmo.int/rolling-review-requirements-process)):

1. PNT à l'échelle mondiale;
2. PNT haute résolution;
3. Prévision immédiate et à très courte échéance;
4. Prévisions infrasaisonnières à plus longue échéance;
5. Météorologie aéronautique;
6. Prévision de la composition de l'atmosphère;
7. Surveillance de la composition de l'atmosphère;
8. Fourniture d'informations sur la composition de l'atmosphère à l'appui des services dans les zones urbaines et peuplées;
9. Applications océaniques;
10. Surveillance du climat (SMOC);
11. Météorologie agricole;
12. Hydrologie;
13. Météorologie de l'espace.

L'état des besoins des utilisateurs en matière d'observations est consigné dans [OSCAR/Requirements](https://space.oscar.wmo.int/observingrequirements) et l'état des groupes de travail pour les domaines d'application de l'OMM est présenté sous le lien suivant: [SoG, Domaines d'application](https://community.wmo.int/rolling-review-requirements-process). Il existe une certaine variabilité quant au niveau de maturité des groupes d'observation des divers domaines d'application. Les groupes de travail de la PNT à l'échelle mondiale, de la PNT à haute résolution, de la prévision immédiate et de la prévision à très courte échéance, des prévisions infrasaisonnières à plus longue échéance, de la météorologie aéronautique et de la météorologie de l'espace sont à jour. Le SoG pour les applications océaniques a quelques années, mais des dispositions ont été prises pour obtenir des mises à jour. La VMC, la VAG, le SMOC et le SOHO s'efforcent d'inclure dans le présent document des déclarations de haut niveau dès qu'elles seront disponibles.

Le Plan stratégique de l'OMM pour la période 2020-2023, adopté par le Dix-huitième Congrès, fixe les grandes priorités, qui doivent être respectées lors de la détermination des principales lacunes en matière d'observation des groupes de travail. Voici ce qui suit:

1. l'approche du « système terrestre » ; »
2. priorités en matière d'avantages socio-économiques; Et
3. réduction des risques de catastrophes par rapport aux phénomènes météorologiques à fort impact.

Dans le cadre de l'approche de l'OMM axée sur le système terre, la Terre est considérée comme un système intégré de l'atmosphère, de l'océan, de la cryosphère, de l'hydrologie intérieure, de la biosphère et de la géosphère. Cela éclaire les politiques et les décideurs en s'appuyant sur une meilleure compréhension des interactions physiques, chimiques, biologiques et humaines qui déterminent les états passés, présents et futurs de la Terre. À cet égard, le domaine d'application de la PNT à l'échelle mondiale est considéré comme fondamental, ses modèles nécessitant des données issues de diverses composantes du système Terre. Il est donc prioritaire. Ainsi, des interfaces entre les domaines du système Terre ont été intégrées. L'amélioration des activités de surveillance et de prévision contribue à réduire les impacts des catastrophes par rapport aux conditions météorologiques à haut risque et à accroître les avantages socio-économiques de la société.

Il faudrait aussi accorder des priorités à la surveillance et à la prévision à des échelles infrasaisonnières et à plus longue échéance pour les applications et les services climatologiques, l'hydrologie et la répartition et la variabilité des gaz à effet de serre et de la météorologie chimique et de l'air. Nombre de ces besoins se chevauchent et sont synergiques pour des variables de prévision numérique du temps courantes, même s'il est souvent nécessaire de disposer de rapports récapitulatifs supplémentaires (quotidiens et mensuels). Il est également nécessaire de surveiller et de prévoir la composition de l'atmosphère terrestre (pollution, par exemple) et les variables océaniques qui ne sont généralement pas utilisées par la prévision numérique du temps.

En résumé, les principaux facteurs et priorités suivants sont les suivants

Principaux moteurs[[3]](#footnote-4):

1. Améliorer la protection des personnes et des biens, les risques de catastrophe et la réduction des impacts
2. Phénomènes météorologiques à fort impact
3. D'autres domaines d'application tels que les services urbains intégrés ou les applications océaniques seront davantage axés si le futur Plan stratégique de l'OMM fixe les priorités en conséquence.
4. Vagues de chaleur, sécheresse et pénurie d'eau;
5. Crues, inondations (pluviales, fluviales, côtières);
6. Pollution extrême
7. Améliorer les avantages sociétaux et socio-économiques
8. Services de transport (aviation, route et rail, navigation maritime, navigation intérieure);
9. Disponibilité et qualité des ressources en eau;
10. Services climatologiques pour l'atténuation et l'adaptation;
11. Agriculture, services d'aquaculture;
12. Appui à la production d'énergie;
13. Services touristiques et récréatifs;
14. Appui aux écosystèmes et à la biodiversité;
15. Services de santé

Domaines d'application hautement prioritaires:

1. PNT à l'échelle mondiale, considérée comme un domaine d'application fondamental dans l'approche de l'OMM axée sur le système Terre, en accordant une attention particulière aux exigences  [du ROBM (voir l'annexe 4](#_Annex_4._Overview) pour plus de détails) et aux interfaces entre les domaines du système Terre:
2. Atmosphère – Océans, y compris glaces de mer,
3. Atmosphère – Terres émergées;
4. Atmosphère – Cryosphère;
5. Atmosphère – Hydrosphère.
6. Surveillance du climat, applications et services climatologiques;
7. Prévision infrasaisonnière à plus longue échéance;
8. « Surveillance et services d'information sur les gaz à effet de serre pour la gestion des émissions de gaz à effet de serre; »
9. Surveillance hydrologique et Services pour la gestion de l'eau.

Les domaines d'application ont été sélectionnés en raison des priorités actuelles du Plan stratégique de l'OMM et des domaines du système Terre, dans lesquels les programmes de l'OMM ont fixé des priorités au cours des cinq prochaines années. D'autres applications, y compris les applications océaniques et urbaines, vont gagner en importance à l'avenir.

Dans le reste du présent chapitre, une synthèse des principales lacunes en matière d'observation sera donnée avec des recommandations sur la manière de les combler, en tenant compte des priorités indiquées ci-dessus. Pour les groupes de travail complets du domaine d'application correspondant, voir le lien ci-dessus.

**2.1.1 PNT à l'échelle mondiale**

Les systèmes mondiaux de prévision numérique du temps produisent des prévisions météorologiques à courte et moyenne échéance jusqu'à 10 à 15 jours de l'état de l'atmosphère, avec une résolution horizontale généralement de 10 à 25 km et une résolution verticale de 10 à 30 m près de la surface, qui peut atteindre 500 à 1 000 m dans la stratosphère. Les grands ensembles multi-membres de ces prévisions fournissent des estimations de l'incertitude. Les prévisionnistes utilisent les sorties des modèles de prévision numérique du temps pour diffuser des prévisions de variables météorologiques importantes pour leur domaine d'intérêt. Les sorties de modèles d'ensemble servent à prévoir le risque de phénomènes météorologiques extrêmes ou violents et destructeurs en termes de probabilités. Ces ensembles nécessitent une bonne connaissance de l'incertitude associée au modèle de prévision numérique du temps et de toutes les données d'entrée, y compris les observations. Les modèles mondiaux de PNT sont également utilisés pour fournir des conditions aux limites pour la PNT à l'échelle régionale, pour les modèles haute résolution, pour les systèmes prévoyant la qualité de l'air et la composition de l'atmosphère, ainsi que pour l'océanographie et l'hydrologie opérationnelles. Les derniers développements concernant les systèmes de prévision couplés font état des avantages du couplage des modèles océaniques et des glaces de mer avec l'atmosphère pour les prévisions numériques du temps, selon l'approche axée sur le système Terre. Les observations en surface et les observations par satellite contribuent sensiblement à l'exactitude de la prévision numérique du temps. Les données de sondage par satellite donnent une résolution horizontale et une couverture très satisfaisantes, mais une résolution verticale limitée.

Les modèles de prévision numérique du temps ont montré un fort impact positif des instruments perfectionnés de sondage hyperfréquences tels que l'AMSU-A[[4]](#footnote-5), le MHS et l'ATMS, ainsi que par des sondeurs haute résolution spectrale avec une meilleure résolution verticale (AIRS, IASI et CrIS). Les mesures d'occultation radio sans biais complètent désormais d'autres systèmes grâce à une grande précision et à une résolution verticale élevée, avec des incidences significatives de la PNT. Les données de recherche du lidar Doppler Aeolus ont démontré leur utilité dans les systèmes opérationnels, confirmant la nécessité d'une mission opérationnelle fournissant des informations sur le vent à haute résolution verticale.

Les composantes modernes d'assimilation des données des systèmes de prévision numérique du temps permettent d'utiliser efficacement les observations synoptiques et asynoptiques. Ces méthodes ont facilité l'extraction d'informations à partir de séries chronologiques provenant de satellites en orbite basse et de satellites géostationnaires, d'aéronefs et de stations automatiques en surface, ainsi que de mesures des nuages, des précipitations, de l'ozone, etc. Les observations disponibles en temps quasi réel tirent le plus d'avantages. À l'heure actuelle, plusieurs types de données de mesure in situ et de données pluviométriques radar ne sont pas diffusés à l'échelle mondiale. L'échange en temps quasi réel de ces observations fournirait des informations supplémentaires aux modèles de prévision numérique du temps, en particulier sur l'humidité du sol, l'épaisseur de la neige ou l'équivalent en eau de la couverture neigeuse, les rafales de vent, les précipitations (provenant de pluviomètres et de radars) et les données GPS au sol.

La caractérisation précise des surfaces terrestres et cryosphériques pose des problèmes spécifiques: a) la représentation des processus à petite échelle affectant les glaces de mer, la neige, les précipitations solides, les nuages en phase mixte et les couches limites stables, y compris les couches limites de montagne, et leurs incertitudes, b) la faible disponibilité, la maintenance/qualité et l'échange en temps réel des observations de la neige et de la glace, c) l'assimilation sous-optimale (généralement au-dessus de la neige et des surfaces recouvertes de glace) des grandes données « les volumes provenant des satellites en orbite polaire en raison des propriétés ambiguës des signaux et des erreurs systématiques des modèles plus importantes qu'à des latitudes plus basses; et d) l'absence de produits satellitaires mesurant avec précision les précipitations solides, l'épaisseur de la neige ou l'équivalent en eau de la couverture neigeuse, le changement de masse des glaciers et le pergélisol à toutes les latitudes et e) la coordination continue de maximiser les avantages des observations de la cryosphère depuis l'espace à l'aide d'un radar à synthèse d'ouverture. »

Les responsables de la PNT ont défini les priorités ci-après en matière d'amélioration des systèmes d'observation et de leur transmission à l'échelle mondiale:

1. Profils verticaux du vecteur vent horizontal (u,v) à tous les niveaux situés à l'extérieur des zones peuplées principales, en particulier dans les régions tropicales, pour les régions océaniques et la stratosphère;
2. Profils de la température et de l'humidité d'une résolution verticale adéquate dans les zones nuageuses, en particulier au-dessus des pôles et des terres émergées peu peuplées où l'utilisation des données satellitaires reste difficile;
3. Disponibilité et distribution plus larges en temps voulu de plusieurs types de mesures en surface et de données radar qui sont effectuées mais qui ne sont pas actuellement diffusées à l'échelle mondiale;
4. Augmentation de la couverture des données d'aéronefs, en particulier des profils de montée et de descente dans les tropiques;
5. Diffusion à l'échelle mondiale de mesures de radiosondage haute résolution BUFR avec des informations détaillées sur l'espace temporel provenant de tous les sites de radiosondage;
6. D'autres observations de l'épaisseur de la glace de mer, ainsi que des observations de l'Arctique et de la cryosphère en général sur l'épaisseur de la neige et l'équivalent en eau de la couverture neigeuse;
7. De plus amples observations océaniques (température de surface de la mer, salinité et profil de la mer en surface) et des mesures des océans à proximité de la surface sont nécessaires;
8. Augmentation de la couverture spatiale et temporelle (période d'échantillonnage ciblée de 1 heure) de certaines observations satellitaires, par exemple sondage hyperfréquences et hyperspectral dans l'infrarouge.

**2.1.2 Prévisions infrasaisonnières à plus longue échéance**

Afin de fournir des prévisions à des échelles de temps infrasaisonnières à décennales de l'ordre de deux semaines à 10 ans, on utilise généralement des modèles océan-terre-atmosphère entièrement couplés. Tout comme pour la prévision du temps, les prévisions d'ensemble à l'aide de ces modèles couplés fournissent des prévisions probabilistes des risques climatiques. Dans certaines parties, les besoins en matière de prévisions infrasaisonnières à plus longue échéance sont essentiellement les mêmes que pour la PNT à l'échelle mondiale. C'est pourquoi le Groupe de coordination pour la recherche sur les océans et les méthodes d'observation en question se concentre sur des éléments importants pour l'initialisation, la validation et l'étalonnage des prévisions infrasaisonnières et à plus longue échéance.

Les capacités d'observation dans les régions polaires et de montagne sont nécessaires pour améliorer la paramétrisation des processus relatifs aux régions polaires et montagneuses, par exemple les nouvelles techniques d'observation, les produits de télédétection pour les applications et les nouvelles stratégies de conception des réseaux et d'assimilation des données en terrain complexe, afin de répondre aux besoins des systèmes couplés de prévision des glaces de terre, de l'atmosphère, de l'océan et de la glace de mer, y compris l'initialisation des prévisions couplées entre les interfaces. Par exemple, l'assimilation des données d'observation des glaces de mer et des océans dans les systèmes d'initialisation des données est remise en cause par les grandes incertitudes des modèles et des observations (telles que l'épaisseur des glaces de mer) et les interactions complexes entre les variables relatives aux glaces de mer.

Voici les principales possibilités résumées dans les déclarations d'orientation relatives à l'amélioration des modèles DEPD

1. Les produits de haute qualité sur la température de la mer en surface sont très importants pour les prévisions infrasaisonnières à saisonnières. Actuellement, l'exactitude et l'échelle spatiale de ces produits diurnes de la mer ne sont que légèrement suffisantes. Les navires et les bouées ancrées et dérivantes fournissent des observations de surface avec une exactitude acceptable, mais leur couverture et leur fréquence sont médiocres ou marginales dans de vastes zones.
2. Meilleure estimation des précipitations au-dessus des océans.
3. Estimation précise des conditions initiales de surface des terres, telles que l'humidité du sol et les caractéristiques de la neige, pour les prévisions à l'échelle infrasaisonnière.
4. Les aérosols sulfatés stratosphériques injectés par de grandes éruptions volcaniques explosives ont un impact significatif sur le climat mondial. Par conséquent, les prévisions infrasaisonnières à décennales nécessitent une répartition géographique de la charge en aérosols à une résolution verticale ou mensuelle de 1 à 2 km.

**2.1.3 Haute résolutionPNT**

Les modèles de prévision numérique du temps à haute résolution (HR) produisent des prévisions de phénomènes météorologiques avec une résolution horizontale de 1 à 5 km. Ces prévisions sont plus détaillées en raison d'une description plus réaliste des phénomènes atmosphériques tels que les nuages et les précipitations. L'ajout de détails est rendu possible par une grille de calcul plus fine, une spécification plus détaillée du terrain et une prescription plus précise des processus physiques. Les modèles ont besoin d'observations plus fréquentes et plus denses pour préciser les conditions initiales adéquates. Les schémas d'assimilation des données pour les systèmes de prévision numérique du temps des RESSOURCES HUMAINES nécessitent souvent des analyses fréquentes, toutes les 6, 3 ou 1 heure, et, par conséquent, des observations plus courtes avec un délai de transmission plus court.

Les modèles de prévision numérique du temps à haute résolution utilisent les mêmes observations que la PNT à l'échelle mondiale, ainsi que certains systèmes locaux d'observation en surface, principalement situés au-dessus des terres émergées, comme les radars météorologiques. En particulier, les résultats de la PNT à l'échelle des ressources humaines bénéficieraient des avantages suivants:

1. Une meilleure utilisation des observations des nuages et des précipitations par radar météorologique Doppler, y compris les types de précipitations déduits des mesures polarimétriques;
2. Augmentation de la couverture des mesures du profil de la température et de l'humidité dans la couche limite, car c'est là que la résolution verticale du modèle est la plus élevée;
3. Augmentation de la couverture des données d'aéronefs, en particulier les profils en cours de montée et de descente, y compris l'humidité;
4. « Des mesures supplémentaires des variables décrivant la surface terrestre, telles que l'humidité du sol et l'épaisseur de la neige; »
5. Observations à haute résolution temporelle et spatiale à haute résolution effectuées en surface dans les zones urbaines, au-dessus de la mer ou au-dessus des zones exposées aux phénomènes météorologiques à fort impact.
6. Observations du Système mondial de navigation par satellite (GNSS) au sol fournissant des informations sur la colonne totale de vapeur d'eau;
7. Utiliser pleinement les observations satellitaires haute résolution spatiale, à partir des orbites GEO et des orbites leo;
8. Données de sondeur hyperspectral hyperspectral dans l'infrarouge provenant d'une orbite géostationnaire;
9. Température de surface de la mer haute résolution et haute fréquence, y compris la représentation de fronts et de gradients forts induits par les processus océaniques méso et subsocale dans les zones côtières, dans le panache des cours d'eau, dans les remontées d'eau, dans les zones à forte énergie et turbulentes pendant la prévision et la prévision immédiates.

**2.1.4 Prévision immédiate et à très courte échéance**

Les prévisions pour les 0 à 2 heures à venir sont appelées prévision immédiate (NWC), de 2 à 12 heures – Prévision à très courte échéance (VSRF) et prévision à courte échéance au-delà de ce point. Les techniques de prévision immédiate utilisent l'extrapolation des observations, en appliquant des règles heuristiques pour modifier ces observations à l'avenir, comme la déplacement des cellules orageuses en suivant les vecteurs dérivés. Avec l'augmentation des règles synoptiques en temps d'échéance et la prise en charge des données de prévision numérique du temps. Selon les phénomènes, les prévisions immédiates et les prévisions à très courte échéance couvrent des échelles spatiales allant de la micro-alpha (centaines de mètres à 2 km) à la méso-alpha (200-2000 km). Les échelles temporelles sont de quelques minutes à 12 heures ou plus.

Les techniques de prévision immédiate et de prévision à très courte échéance peuvent s'appliquer à de nombreux phénomènes. Ils sont le plus fréquemment utilisés pour prévoir les orages convectifs associés à des phénomènes connexes. Caractéristiques de moyenne échelle associées aux tempêtes extratropicales et tropicales; Brouillard et nuages bas; Précipitations forcées localement; temps hivernal (neige, glace, verglas, blizzards, avalanches); feux incontrôlés et zones contaminées par la pollution atmosphérique, les accidents chimiques ou radioactifs. La résolution horizontale des observations destinées à prévoir ces phénomènes est acceptable dans certaines zones peuplées, mais marginale à absente dans les zones peu peuplées et au-dessus de la mer. Seul un sous-ensemble de toutes les observations de surface disponibles arrive à temps utile pour les SMHN. Les données provenant des réseaux de radars météorologiques ont des résolutions spatio-temporelles élevées et fournissent des informations importantes sur la structure interne et le déplacement des orages violents et sont essentielles pour la détection des phénomènes météorologiques à fort impact en temps réel, mais les sites radar ne se trouvent que dans des zones peuplées et l'échange transfrontalier de données doit être amélioré.

Les prévisions numériques déterminologiques à très haute résolution sont maintenant produites avec des modèles de prévision numérique du temps à haute résolution, certains d'entre eux disposant de cycles de mise à jour rapides. Au cours des dernières années, les prévisions immédiates et les prévisions à très courte échéance reposent davantage sur les techniques de combinaison de plusieurs sources de données (observations in situ et par télédétection, PNT, statistiques de sortie de modèles, données MOS), topographie haute résolution, règles heuristiques) sans discontinuité à l'aide de facteurs de temps à l'avance, tant déterministes que probabilistes. L'exploitation de méthodes modernes axées sur les données (INTELLIGENCE, apprentissage approfondi) et l'utilisation de données de prévision participative non conventionnelles (par exemple, les données pour smartphones) ont été attirées par les applications de prévision immédiate. Les prévisionnistes humains jouent également un rôle inestimable (actuellement irremplaçable) dans les délais requis pour les prévisions à très courte échéance. De telles échelles temporelles sont aussi celles où les données provenant des réseaux « complets » et même les données de mauvaise qualité entrent en jeu pour aider à l'appréciation humaine.

Les principales lacunes en matière d'observation abordées ici se concentrent sur les utilisations autres que par l'assimilation des données et la PNT, qui sont déjà abordées dans les sections précédentes. Les propositions visant à combler les lacunes en matière de prévision immédiate et de prévision à très courte échéance sont les suivantes

1. Des données supplémentaires provenant de nombreux réseaux méso-réseaux locaux pourraient être utilisées si les données sont largement disponibles. (Données et images participatives pour l'identification et la prévision immédiate des impacts liés au temps);
2. D'autres radars météorologiques devraient être installés à proximité, mais pas immédiatement dans des zones sensibles telles que les aéroports, les ports et les villes;
3. Les radars profileurs de vent qui fournissent des profils à haute résolution verticale à intervalles infra-horaires – leur couverture géographique se limite à quelques régions du monde.
4. Les nouveaux systèmes lidars de profilage de la température et de la vapeur d'eau fournissent des profils verticaux précis à haute résolution, mais à l'heure actuelle, très peu d'instruments sont opérationnels dans le monde entier.
5. Les réseaux de détection des éclairs au sol dotés d'une bonne efficacité de détection sont le plus souvent disponibles dans les pays développés. Les instruments de détection de la foudre embarqués à partir de l'espace pourraient combler les lacunes en matière de fonctionnement sur des satellites GEO récemment lancés tels que GOES et FY (et bientôt AUSSI MTG), mais ne disposant pas encore d'une couverture mondiale complète de la détection de la foudre sur le GEO;
6. Observations d'aéronefs: des profils fiables de retransmission des données météorologiques d'aéronefs (AMDAR) sont disponibles à partir de la montée et de la descente à proximité des aéroports avec une bonne couverture spatiale et temporelle, et les observations AMDAR au niveau de vol sont disponibles sur les grandes routes de vol; Les observations AMDAR sont de plus en plus complétées par des données d'aéronefs provenant de systèmes réglementés par l'OACI et la gestion du transport aérien (ADS-C et ADS-B/Mode-S).
7. Données satellitaires: les satellites géostationnaires imageurs rapides échantillonnant la surface de la Terre à une cadence de 2 ms sont essentiels pour la prévision immédiate, mais ne sont pas entièrement disponibles pour tous les satellites géostationnaires. Les satellites géostationnaires de nouvelle génération fournissent également des observations de la foudre qui, combinées à des données d'imagerie, peuvent atténuer le manque d'observations radar. Ce potentiel devrait être pleinement étudié.

**2.1.5 Météorologie aéronautique**

Les services de météorologie aéronautique concourent à la sécurité, à l'efficacité et aux capacités du trafic aérien dans le monde, d'où des avantages économiques et environnementaux. Les exigences de base sont énoncées dans l'Annexe 3 de la Convention de l'OACI relative à l'aviation civile internationale– Assistance météorologique à la navigation aérienne internationale. La météorologie aéronautique a un rôle mondial, où ses utilisateurs vont des pilotes, du contrôle et de la gestion du trafic aérien aux bureaux d'expédition des lignes aériennes et aux autorités aéroportuaires. Le Système mondial de prévisions de zone (S WAFS) de l'OACI est une multitude d'installations et de services requis dans l'Annexe 3 de l'OACI. Le SMPZ définit les prévisions sous une forme multiple par deux centres mondiaux de prévisions de zone (CMPZ) désignés par l'OACI, Londres et Washington. Les prévisions mondiales du SMPZ produites par les CMPZ sont établies à l'aide d'une combinaison d'observations au sol et de données satellitaires ainsi que de modèles de prévision numérique du temps. Les autres types d'installations et de services requis dans l'Annexe 3 de l'OACI comprennent (sans s'y limiter) la fourniture d'observations, de messages d'observation, de prévisions, d'avis et d'alertes météorologiques aux aérodromes et la fourniture de renseignements sur l'occurrence ou l'apparition prévue de conditions météorologiques dangereuses dans l'espace aérien en route (appelés SIGMET). Dans certains pays, ces installations et ces services sont complétés par les méthodes de prévision immédiate et à très courte échéance. Les besoins des utilisateurs figurent dans la base de données de l'OMM sur l'analyse de la capacité des systèmes d'observation (OSCAR).

Pour les prévisions et les avis en région terminale, les mesures en surface et les techniques de télédétection au sol sont susceptibles de répondre aux besoins. Il s'agit de grands centres des pays développés, mais ses coûts élevés entravent la disponibilité générale à l'échelle mondiale. Les mécanismes de développement des capacités exposés au [chapitre 4](#_4._Capacity_development) du présent document pourraient améliorer la situation dans les pays en développement.

Dans les grands aéroports internationaux, les usagers ont besoin de nouvelles prévisions et avis d'aérodrome pour les grandes zones d'approche et de départ. Les problèmes que posent les observations et, par conséquent, la prévision et l'alerte propres à l'aviation comprennent l'observation des cisaillements/microrafales, des turbulences, des cendres volcaniques et de la concentration de SO2 et de la faible visibilité. Des réseaux de méso, y compris la détection des éclairs, les lidars et les radars Doppler dotés de fonctions de double polarisation couplées à des algorithmes de prévision immédiate, seront demandés pour ces aéroports.

L'évolution des besoins des utilisateurs et l'évolution de l'environnement opérationnel entraînent un passage progressif des observations anthropiques aux observations entièrement automatisées aux aérodromes.

Dans certains pays, la production de messages d'observations météorologiques régulières et spéciales d'aérodrome (METAR et SPECI) par des observations humaines ou des observations entièrement automatisées peut constituer la seule source d'observations régulières, fiables et de haute qualité en surface (au sol), c'est-à-dire qu'elles ne peuvent être complétées par la disponibilité des messages SYNOP. La politique dominante exige que les services météorologiques comprenant toutes les observations, messages, prévisions, avis et alertes à l'appui de la navigation aérienne internationale et contrôlés sous les auspices de la Convention de l'OACI, qui peuvent faire l'objet d'un recouvrement des coûts à l'échelle nationale ou multinationale, ne sont disponibles que sur le service fixe aéronautique de l'OACI. Par conséquent, les METAR/SPECI et d'autres types d'observations/messages d'observation météorologique tels que les comptes rendus en vol spéciaux (AIREP) ne sont pas inclus dans le WIGOS.

**2.1.6 Météorologie de l'espace**

La météorologie de l'espace est l'état physique et phénoménologique de l'environnement spatial naturel, y compris le Soleil, le vent solaire, la magnétosphère, l'ionosphère et la thermosphère, et son interaction avec la Terre. À l'origine du Soleil, les perturbations liées à la météorologie de l'espace évoluent pendant leur propagation dans les milieux interplanétaires avant d'atteindre l'espace proche de la Terre, de perturber la magnétosphère et l'ionosphère et d'influer sur le champ magnétique terrestre. Les phénomènes liés à la météorologie de l'espace peuvent avoir des répercussions néfastes sur les infrastructures et les technologies essentielles qui opèrent dans l'espace et sur terre.

De multiples types d'infrastructures technologiques modernes sont affectés par la météorologie de l'espace. Parmi ces technologies vulnérables figurent les satellites, la navigation et les communications, les réseaux électriques et les opérations sur pipelines, l'aviation et d'autres. Le lancement du service opérationnel de météorologie de l'espace à l'OACI en novembre 2019 a défini de nouvelles exigences hautement prioritaires pour la fourniture continue de données en temps quasi réel et pour la diffusion des prévisions immédiates et des prévisions d'impacts sur certaines de ces technologies et sur l'aviation. La robustesse et la continuité des mesures sont loin d'être suffisantes pour répondre aux exigences existantes.

Les services de météorologie de l'espace sont fournis en tant qu'efforts nationaux et par des consortiums et organisations multinationaux. Le Service international de l'environnement spatial assure la coordination des centres de météorologie de l'espace situés dans différents pays. Aujourd'hui, les services de météorologie de l'espace reposent à la fois sur les installations d'exploitation et de recherche, terrestres et spatiales, qui ne sont pas pleinement intégrés dans les réseaux d'observation coordonnés capables de fournir des données en temps quasi réel à des fins opérationnelles. L'analyse des lacunes contenue dans les déclarations d'orientation pour les services de météorologie de l'espace décrit les besoins opérationnels en six catégories, à savoir le vent solaire, le vent solaire et l'héliosphère, les particules énergétiques dans l'environnement proche de la Terre, l'ionosphère, la thermosphère et le champ géomagnétique. On trouvera dans la section 2 de la [Déclaration d'orientation relative](https://wmoomm.sharepoint.com/:b:/s/wmocpdb/EZTGPBpj9NtEhM55X59DA0kB16jfthKqZxtbHagFvKPd9w?e=MimnYZ)  aux observations solaires des recommandations sur la manière de combler les lacunes recensées.

**2.1.7 Applications océaniques**

Ces recommandations ont été tirées d'une version préliminaire du document élaboré en 2016 et mis à jour en 2021 par l'Équipe spéciale pour l'évaluation des systèmes d'observation de l'océan. Les principaux défis sont l'observation de la biogéochimie océanique à l'échelle mondiale, des observations spatiales haute résolution et des observations côtières.

1. Les satellites fournissent des informations essentielles sur l'état de la mer en surface pour limiter les modèles de prévision océanique de l'océan bleu et, en particulier, la physique de l'océan, y compris les vagues. Informations sur la hauteur significative des vagues, les courants géostrophiques, la hauteur du niveau de la mer, la température et depuis peu salinité. Les caractéristiques de moyenne échelle sont dérivées de satellites à l'échelle mondiale avec une résolution toujours plus grande. Pour l'altimétrie satellitaire, il est nécessaire d'obtenir une résolution spatiale satisfaisante (c'est-à-dire <100 km et encore moins pour les zones côtières), une combinaison de plusieurs instruments. La résolution des produits altimétriques dans les régions côtières reste trop grossière. L'altimétrie de nouvelle génération basée sur des observations à large fauchée (par exemple, la topographie des eaux de surface et de l'océan (SWOT) est prometteuse pour ces fins et fournira des observations à une résolution plus élevée (<50 km).
2. En général, l'utilisation synergique des données provenant de missions satellitaires et de plates-formes d'observation en surface est très nécessaire pour élaborer des produits océaniques précis. Par exemple, les mesures effectuées à partir de bouées dérivantes et de marégraphes, de la salinité de surface de la mer, de la température et des données radiométriques sont nécessaires à la mise au point d'un altimètre de qualité, de la couleur de l'océan et de la salinité des océans. Cette coordination est encore insuffisante. Cela est particulièrement important dans certaines régions, telles que les zones côtières et les océans polaires.
3. La dynamique de l'océan côtier est fortement régie par ses limites latérales. La qualité des prévisions océaniques peut être affectée par un forçage trop grosseur. Une information haute résolution sur les flux de chaleur, d'eau, de nutriments provenant de l'atmosphère et des terres émergées permettrait d'améliorer les performances des systèmes de prévision côtière. Pour le calcul des vagues océaniques, la précision des données satellitaires sur le vent de surface est insuffisante, en particulier dans la plage de vitesse des vents orageux. La dynamique côtière peut être observée par un radar haute fréquence mesurant les courants de surface.
4. L'assimilation de la concentration des glaces de mer observée par des radiomètres hyperfréquences embarqués à bord de satellites tels que le SSMI/SSMIS de l'AMSRE et de l'AMSR2, etc. est souvent effectuée par des systèmes de prévision infrasaisonnière à plus long terme, ce qui a une incidence cruciale sur l'estimation précise de l'état initial des glaces de mer. La capacité d'observation actuelle pendant la saison de gel est suffisante si la qualité actuelle des systèmes de prévision infrasaisonnière à plus longue est considérée. Certains chercheurs indiquent que l'assimilation de l'épaisseur de la glace de mer est efficace pour améliorer la prévision de l'étendue des glaces de mer pendant les saisons de fonte des glaces.
5. Échantillonnage sur 6 heures des mesures par diffusiomètre pour le vent de surface.
6. La qualité de la prévision océanique à la surface de la mer s'améliore si les modèles océaniques assimilent des données de surface et sous la surface. L'avènement de plates-formes autonomes, telles que le système Argos, les planeurs, les bouées et les bouées ancrées, a amélioré la qualité des prévisions océaniques qui fournissent des observations en mode (N)RT. En particulier, les plates-formes autonomes de détection des glaces de mer sont particulièrement utiles dans les océans polaires, où les lacunes en matière d'observation (en temps réel) entravent la fiabilité des prévisions relatives aux glaces de mer avec une incidence sur la prévision numérique du temps.
7. Au cours de la prochaine décennie, un boom de flotteurs Argo (flotteurs argos, planeurs) et d'observations biogéochimiques satellitaires devrait se développer, améliorant ainsi les capacités de prévision de l'océan vert (biochimie et écosystème).

**2.1.8 Surveillance du climat**

Un système mondial d'observation du climat, en surface comme par satellite, procure de nombreux avantages à tous les pays et à la société. Ils soutiennent les résultats des modèles, des prévisions et des projections mondiales. Les systèmes d'alerte d'urgence utilisent des modèles locaux et des observations intégrées dans un système mondial de modélisation et la planification utilisent souvent des modèles à échelle réduite à partir des résultats mondiaux. Les politiques relatives au climat sont fondées sur les données: la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) est un processus scientifique fondé sur les évaluations de l'état du climat effectuées par le GIEC à partir des observations climatologiques et des rapports d'observation sur l'état du climat. La mise en place et l'élargissement des systèmes d'observation nécessaires à la surveillance à long terme du système terrestre exigent des efforts et une collaboration considérables à tous les niveaux, y compris les organisations internationales, les organismes nationaux et la communauté scientifique.

Bon nombre des principales exigences en matière de surveillance du climat sont similaires à celles recensées pour d'autres applications (voir ci-dessus). Toutefois, les besoins en matière de climat vont généralement bien au-delà de ceux de la prévision météorologique, car des niveaux élevés d'exactitude et de cohérence sont nécessaires pour détecter les changements à long terme intégrés dans les variations diurnes, saisonnières et rédactionnelles. Les données d'observation anciennes provenant de sources bien réparties sur l'ensemble du globe sont nécessaires pour établir les tendances à long terme nécessaires pour comprendre et mieux planifier les changements futurs du climat. Les observations historiques sont également nécessaires à la réanalyse du climat, avec de multiples avantages pour la surveillance et les applications climatologiques, y compris l'adaptation. Enfin, la surveillance du climat nécessite un ensemble d'observations comprenant aussi des observations terrestres et océaniques. Le SMOC spécifie actuellement 54 variables climatologiques essentielles qui contribuent de manière critique à la caractérisation du climat de la Terre.

En conséquence, les principales exigences en matière de surveillance du climat sont les suivantes:

1. Appui durable à long terme à un système mondial d'observation du climat;
2. Observations de référence: Le SMOC a créé le Réseau aérologique de référence du SMOC (GRUAN) et est en train de mettre en place, avec l'OMM, un réseau de référence du SMOC pour les observations en surface (GSRN). Ces dernières années, des progrès considérables ont été accomplis dans la mise en œuvre du GRUAN– le réseau s'est considérablement étendu à plusieurs stations dans des régions auparavant sous-représentées, dont la première station des tropiques et de l'Antarctique;
3. La gestion, l'archivage et l'accès aux données: il est essentiel de préserver les relevés climatologiques fondamentaux, d'assurer une bonne gestion, d'archiver et d'accéder aux données. Le sauvetage des données à partir de copies papier ou de formats numériques archaïques est essentiel pour garantir la plus longue série chronologique possible de données de base;
4. échange de résumés quotidiens et mensuels (messages CLIMAT et DAILY-CLIMAT) et de données historiques et en temps proche recueillies par les Membres;
5. Inclusion d'observations de plusieurs variables climatologiques essentielles supplémentaires terrestres et océaniques qui ne sont normalement pas mesurées par les SMHN.

Le Rapport d'activité 2021 du SMOC sera publié en octobre 2021 et fournira des informations plus précises sur les lacunes existantes. Les principales conclusions de ce rapport sont les suivantes:

1. Il existe encore des lacunes dans la couverture mondiale des observations in situ: les observations en surface pour presque toutes les VCE sont systématiquement déficientes sur certaines régions, notamment certaines parties de l'Afrique, de l'Amérique du Sud, de l'Asie du Sud-Est, de l'océan Austral et des régions recouvertes de glace.
2. Les observations in situ sur glace restent problématiques en raison des difficultés logistiques.
3. Des lacunes importantes subsistent en matière d'observations océaniques, en particulier le long des limites continentales, des océans polaires et des mers marginales. Les mesures sous la surface de l'océan sont essentielles pour surveiller et prévoir le système climatique. La décision d'élargir le programme Argo (flotteurs profilants océaniques) à l'ensemble de la colonne d'eau et sous les glaces de mer, y compris les variables biogéochimiques, répond à ce défi, mais les efforts doivent être soutenus.
4. Parmi les lacunes des observations par satellite figurent l'ozone troposphérique plus bas pour compléter la couverture limitée des observations en surface et déterminer les tendances, et un instrument qui mesure les profils stratosphériques CH4 à l'échelle mondiale.
5. Les observations de nombreuses VCE ne sont pas financées de manière durable. Les observations concernant par exemple la composition de l'atmosphère, le pergélisol et les profondeurs océaniques dépendent d'un financement à court terme sans garantie d'exploitation à long terme.

Les groupes d'experts du SMOC, les groupes d'experts des observations atmosphériques pour l'étude du climat, l'OOPC et le TOPC commenceront à discuter des mesures à prendre pour améliorer le Système mondial d'observation du climat et combler les lacunes recensées dans le Rapport d'activité. Les mesures définies seront intégrées dans la prochaine version du plan de mise en œuvre du SMOC, qui sera publiée en octobre 2022.

**2.1.9 Composition de l'atmosphère**

La composante Observation du Programme de la VAG fournit des informations mondiales sur la composition chimique de l'atmosphère et les caractéristiques physiques qui s'y rapportent. Ces observations servent à de multiples applications et sont nécessaires pour réduire les risques environnementaux pour la société, répondre aux exigences des conventions sur l'environnement, renforcer les capacités de prévision de la qualité de l'air, du climat et du temps et contribuer à des évaluations scientifiques à l'appui de la politique environnementale[[5]](#footnote-6). La VAG aide les pays Membres à observer et échanger des données sur la composition de l'atmosphère. La composition de l'atmosphère et ses changements ont de multiples répercussions sur nos vies et notre environnement. L'évolution des concentrations de gaz à effet de serre est bien documentée grâce aux observations. Les données du réseau mondial d'observation des gaz à effet de serre sont diffusées par le Centre mondial de données relatives aux gaz à effet de serre (WGCGG), hébergé par le Service météorologique japonais. Ce réseau mondial est complété par les données issues des projets lancés par le [Système mondial intégré d'information sur les gaz à effet de serre de la VAG](https://ig3is.wmo.int/), qui examine la répartition des gaz à effet de serre avec une résolution spatiale et temporelle plus élevée à l'appui des estimations des émissions à l'appui de différents objectifs (de l'échelle urbaine et des installations à l'échelle nationale). La Stratégie mondiale d'observation du carbone (GEO) présente une conception globale des réseaux pour l'étude des cycles du carbone. En outre, le Comité sur les satellites d'observation de la Terre (CSO) constellation virtuelle pour la composition de l'atmosphère a élaboré un [livre blanc](https://ceos.org/document_management/Virtual_Constellations/ACC/Documents/CEOS_AC-VC_GHG_White_Paper_Version_1_20181009.pdf) décrivant comment les estimations du CO2 et du CH4 à partir de capteurs spatiaux peuvent être intégrées dans un système mondial de surveillance du carbone. Les observations des gaz à effet de serre permettent de suivre l'évolution des facteurs climatiques, de recenser les points chauds des émissions, d'établir des objectifs de réduction des émissions et d'évaluer les progrès accomplis ou de prendre de nouvelles mesures migratoires au titre de l'Accord de Paris.

Les observations de l'ozone ont démontré le succès du traité et le début de la reconstitution de la couche d'ozone depuis 2000 ([Évaluation scientifique de 2018](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=5704)[[6]](#footnote-7)). Selon les estimations, la mauvaise qualité de l'air locale et régionale due à un niveau élevé de polluants atmosphériques est à l'origine de sept millions de décès prématurés chaque année (Organisation mondiale de la Santé, 2016). Les données sur l'abondance des aérosols et des gaz réactifs sont essentielles pour déterminer les menaces sanitaires aiguës et sont utilisées dans les estimations de la charge mondiale de maladies (Shaddick et al., 2021[[7]](#footnote-8)). La fourniture de telles données en temps quasi réel est cruciale pour améliorer la précision des prévisions qui peuvent être utilisées pour diffuser des alertes et orienter les mesures d'atténuation. Les observations servent également à définir des mesures de politique visant à lutter contre les polluants atmosphériques, à surveiller le respect des normes et à évaluer l'impact de ces mesures (Maas, R., P. Grennfelt, 2016[[8]](#footnote-9)).

Bien que le réseau d'observations de la VAG ne cesse de croître, des lacunes importantes subsistent (Laj et al., Bulletin de l'OMM , Volume 68 (2) – 2019). Il n'existe pas d'infrastructure d'observation dans de vastes régions du globe. En outre, certaines observations ne sont pas partagées et, par conséquent, elles ne sont pas mises à la disposition de la communauté internationale, soit par le biais de la VAG, soit par d'autres mécanismes.

Alors que la couverture et la disponibilité des données représentent des problèmes évidents, la qualité des données d'observation est un autre aspect à considérer. Certaines observations ne comportent pas de métadonnées décrivant la qualité des données qui empêchent leur pleine utilisation. Les exigences en matière d'observation ne s'appliquent pas seulement à la qualité des données d'observation brutes. Ils définissent également la qualité des produits et services finals qui s'appuient sur eux, ainsi que les délais de fourniture dont ils disposent.

**La surveillance de la composition de l'atmosphère**  couvre les applications liées à l'évaluation de la répartition et à l'analyse des variations de la composition de l'atmosphère, temporellement et spatialement, à l'échelle régionale à mondiale. Ces applications sont à l'appui d'évaluations scientifiques et d'études de processus et nécessitent une très faible incertitude quant à la représentativité des données et une représentativité mondiale ou régionale des données, tandis que les retards dans la fourniture des données peuvent être plutôt importants pour garantir une grande qualité des observations. Il existe des synergies avec la [stratégie d'observation du SMOC](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=3417)  et ses variables climatologiques essentielles de surveillance à l'échelle mondiale.

Lors de la réunion de 2021 du directeur de la recherche sur l'ozone, le directeur de la recherche sur l'ozone a souligné la nécessité de rétablir et d'élargir la surveillance régulière et à long terme, où les besoins scientifiques sont clairement recensés. Les régions clés sont celles des échanges troposphère-stratosphère, comme les régions de mousson, l'Asie du Sud-Est, le continent maritime et les régions montagneuses. Les mesures de l'ozone et du rayonnement ultraviolet devraient aussi être ciblées sur les zones où les données sont rares (Amérique du Sud, Afrique et Asie, par exemple) et dans la région intertropicale pour détecter avec précision les variations de la circulation Brewer-Dobson et d'autres phénomènes de transport.

La couverture mondiale requise pour surveiller un large éventail de variables de la composition de l'atmosphère exige l'emploi de plates-formes satellitaires pour effectuer des observations complètes et cohérentes. La combinaison actuelle de stations de surveillance au sol et de données de télédétection n'est toujours pas suffisante pour identifier précisément les sources de nombreux constituants atmosphériques et leur transport dans l'atmosphère.

La surveillance mondiale des gaz à effet de serre atmosphériques, telles que le CO2 et le CH4, à l'appui de la surveillance du climat, a été élaborée en tirant parti des ressources issues de la PNT et des données satellitaires sur les GAZ À EFFET DE SERRE recueillies à partir de satellites d'observation récents de GES (par exemple GOSAT, OCO-2, TROPOMI). Les grands centres de modélisation et d'assimilation des données, tels que le Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme (CAMS) et le Global Modelling and Assimilation Office (GEOS) de la NASA, produisent des produits de plus en plus perfectionnés.

La mise en œuvre de l'Accord de Paris exigera des pays et des entités infranationales (mégapoles, par exemple) de prendre des mesures pour réduire les émissions de gaz à effet de serre de manière optimale. Pour les aider à respecter leurs engagements, l'OMM a lancé la mise en place d'un [Système mondial intégré d'information sur les gaz à effet de serre](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10034)  (IG3IS). Ig3IS combine des mesures atmosphériques exactes avec des données d'activité socio-économique améliorées et des analyses de modèles afin de fournir des informations aux constructeurs d'inventaires afin de contribuer à la compilation et à la communication des inventaires nationaux d'émissions et de réduire l'incertitude des inventaires nationaux d'émissions signalés à la CCNUCC.

Ig3IS s'appuie sur l'intégration et l'amélioration des réseaux de mesure en surface existants et prévus, des observations aéroportées et satellitaires, des cadres de modélisation et des systèmes d'assimilation des données, afin de combler les principales lacunes de ces systèmes. En collaboration avec le Groupe de coordination pour les satellites météorologiques (CGMS), le Système mondial intégré d'information sur les gaz à effet de serre (IG3IS) intégrera les mesures en surface et en altitude du CO2 et du CH4 avec celles des capteurs spatiaux disponibles et prévus afin de mettre au point un prototype, un produit mondial de CO2 et de CH4 à l'échelle du globe afin d'aider les constructeurs d'inventaires d'émissions de GES à élaborer des inventaires d'émissions de GES pour le bilan mondial de 2023.

**La prévision des changements de la composition de l'atmosphère**  et de ses phénomènes environnementaux induits couvre des applications d'échelle mondiale à régionale, avec des résolutions horizontales similaires à celles de la prévision numérique du temps à l'échelle mondiale (environ 10 km et moins) et avec des exigences rigoureuses en matière de rapidité de fourniture (en temps quasi réel). L'incertitude de ces observations peut être plus élevée que dans le cas du contrôle. Ces applications comprennent l'appui à des activités telles que la prévision de la qualité de l'air et des prévisions météorologiques chimiques, les avis de tempêtes de sable et de poussière, la dispersion du panache de feux de forêt et la prévision du brouillard de brume sèche. Un grand nombre d'applications de la prévision numérique du temps sont en contact étroit et en synergie.

La prévision numérique des propriétés des particules d'aérosols est devenue une activité importante dans de nombreux centres de recherche et de météorologie opérationnelle. Cela est dû à l'intérêt croissant d'un ensemble divers d'acteurs tels que les organismes de réglementation de la qualité de l'air, les autorités aéronautiques et militaires, les gestionnaires des centrales solaires, les prestataires de services climatologiques et les professionnels de la santé. [Benedetti et al. (2018)](https://acp.copernicus.org/articles/18/10615/2018/) ont décrit les lacunes exceptionnelles en matière d'observation des aérosols, notamment la nécessité d'améliorer la speciation des aérosols et la répartition granulométrique des aérosols pour la modélisation et l'assimilation et la vérification des données.

La prévision de la composition de l'atmosphère nécessite également la validation de modèles et de produits, des données pour la recherche-développement, des données permettant d'obtenir des améliorations de modèles et d'autres besoins à l'appui de services tels que le Service Copernicus de surveillance de l'atmosphère (CAMS). Les lacunes en matière de prévision opérationnelle ont été décrites par [Peuch lors de la Conférence de l'OMM sur](https://meetings.wmo.int/WMO-Data-Conference/PublishingImages/SitePages/Preparatory%20Workshops/What%20are%20the%20atmospheric%20observation%20data%20gaps%20and%20what%20should%20WMO%20do%20to%20close%20them.pdf)  les données de 2020. Ces lacunes existent dans de vastes régions d'Afrique, d'Amérique du Sud et d'Asie du Sud. Il est nécessaire d'améliorer la composition des aérosols et la fraction ultrafine, les concentrations de gaz à effet de serre de grande précision, les oxydes d'azote de haute précision, les composés organiques volatils et les isotopes stables. Le domaine vertical reste difficile. Il existe très peu de sondes, de ballons et de plates-formes d'aéronefs commerciaux.

L'utilisation d'observations par satellite pour la troposphère et les mesures à proximité de la surface de la composition chimique de l'atmosphère (pour certaines variables seulement) n'apparaissent qu'en dehors du domaine universitaire (par exemple, le spectromètre sud-coréen de surveillance de l'environnement géostationnaire (GEMS) lancé récemment. Alors que les plates-formes géostationnaires vont améliorer notre capacité de surveiller, de prévoir et de gérer la qualité de l'air, les plans actuels pour le futur WIGOS ne disposent pas de la constellation de missions spécialisées du GEO nécessaires à la surveillance continue de la qualité de l'air.

**La fourniture d'informations sur la composition de l'atmosphère à l'appui des services fournis dans les zones urbaines et peuplées** conduit à un ensemble très précis de besoins en matière d'observation qui ciblent les mégapoles et les grands complexes urbains (avec une résolution horizontale de quelques kilomètres ou moins, par exemple, blocs de villes) et, dans certains cas, avec des exigences rigoureuses en matière de rapidité d'acheminement. Une caractéristique distinctive de cette catégorie d'applications est l'accent mis sur la recherche à l'appui des services opérationnels, tels que la prévision de la qualité de l'air, qui utilise des approches comme des projets pilotes et des démonstrations de faisabilité telles que la mise en place d'un nouveau service de prévision de la qualité de l'air dans plusieurs villes d'Amérique latine. Des systèmes de prévision complets à l'échelle urbaine peuvent contribuer à renforcer la résilience de ces centres urbains et à fournir des systèmes d'alerte précoce pour toute une série de conditions météorologiques et environnementales.

Le projet de recherche relevant de la VAG sur la météorologie et l'environnement en milieu urbain (GURME) joue un rôle important dans l'élaboration de ces modèles d'échelle urbaine qui doivent coupler étroitement la météorologie, la composition de l'atmosphère, l'hydrologie et les processus climatiques. Au cours de la mise au point de systèmes urbains, le projet GURME collaborera avec d'autres acteurs pour définir les systèmes d'observation susceptibles de faciliter l'évaluation et, éventuellement, l'assimilation à ces échelles.

L'une des principales exigences en matière d'observation est de déterminer les émissions anthropiques dans les grandes villes urbaines. Pour tenir compte de sources réalistes, il est également nécessaire d'établir des inventaires d'émissions sur les activités humaines avec une résolution relativement élevée. La mise en place de stations locales pour favoriser et améliorer la recherche et les services dans les zones touchées par les sources d'émissions voisines contribuera à combler ces lacunes. Les stations locales complètent les données de pollution de l'air recueillies par les autorités réglementaires locales et/ou peuvent constituer un noyau pour la constitution de tels réseaux dans des régions qui n'ont pas de surveillance opérationnelle de la qualité de l'air en place.

Ig3IS fournit en temps voulu aux grandes régions urbaines des informations quantifiées sur les quantités, tendances et attributions par secteur des émissions de gaz à effet de serre (GES) afin d'évaluer et d'orienter les progrès vers les objectifs de réduction des émissions. Ig3IS détermine les attentes et les besoins des parties prenantes en lien direct avec les autorités municipales et en créant un groupe consultatif composé de parties prenantes intéressées et de villes pilotes. Grâce à un certain nombre de projets de démonstration, ces interactions facilitent la conception des réseaux de mesure et soutiennent l'amélioration de l'inventaire et de l'identité des anomalies d'émission.

**2.1.10 Émergents Services cryosphériques**

La cryosphère fait partie du système climatique terrestre, qui comprend les précipitations solides, la neige, les glaces de mer, de lac et de cours d'eau, les icebergs, les glaciers et les calottes glaciaires, les inlandsis et les plateaux de glace, ainsi que le pergélisol et les sols gelés de façon saisonnière. Il s'agit d'une composante importante du système climatique terrestre, qui influe sur le bilan énergétique en échange de chaleur, d'humidité et par la rétroaction albédo-température. La variabilité accrue du manteau neigeux, le recul généralisé des glaciers, la diminution des glaces de mer et le dégel du pergélisol à toutes les latitudes et toutes les altitudes ont des conséquences majeures sur les économies, les sociétés et les environnements. Les stratégies concrètes d'atténuation et d'adaptation nécessitent des prévisions précises des changements anticipés de la cryosphère, à des échelles de temps utiles pour des applications telles que la prévision de l'océan et de l'atmosphère et la surveillance du climat. Malgré les grands progrès accomplis ces dernières années, les prévisions précises sont entravées par l'insuffisance des observations de la cryosphère, la compréhension des processus et les capacités de modélisation[[9]](#footnote-10). Les observations couvrant plusieurs décennies sont nécessaires pour quantifier les tendances qui comprennent le comportement climatique et déterminer les changements, car les différentes composantes de la cryosphère ont des échelles de temps différentes.

Dans les régions polaires et montagneuses qui produisent des prévisions précises et fiables allant des heures à la saison à l'avance, il est plus difficile que dans d'autres régions en raison des difficultés liées à la compréhension des processus, de la modélisation et des lacunes en matière d'observation de la cryosphère. Dans les saisons et les zones où la neige et les glaces de mer sont présentes, il n'existe pas d'utilisation optimale des observations de surface et par satellite disponibles pour la prévision météorologique et hydrologique et la surveillance du climat. La plupart des observations de la cryosphère, par exemple les glaces de mer, les glaciers, le pergélisol, la neige, sont fragmentées par de multiples institutions, parfois dans le cadre de programmes de recherche, et ne font souvent pas l'objet de normes et de règlements, d'où une grande variabilité des résultats. L'utilisation de normes convenues d'un commun accord permettrait aux centres et organismes de données d'accroître la confiance dans la fourniture régulière d'informations. De nombreuses régions de montagne sont restées insuffisamment surveillées, car les stations d'observation sont rares à haute altitude, ce qui entraîne un biais altitudinal, par exemple sur les précipitations. Les stations hydrométriques sont de façon disproportionnée à basse altitude et ont tendance à mesurer les rivières de montagne plus importantes que les cours d'eau supérieurs plutôt que les cours d'eau supérieurs à haute altitude. En outre, la surveillance de la neige, des glaciers, du pergélisol et des écosystèmes critiques des hautes terres tropicales est peu coordonnée, essentiellement peu coordonnée, principalement dans le cadre de projets de recherche limités dans le temps, leurs données n'étant pas toujours accessibles.

**Surveillance et prévision des** glaces de mer – Il est nécessaire d'améliorer la modélisation des glaces de mer (et de la modélisation couplée océan-glaces de mer) en ce qui concerne à la fois l'Arctique et la glace de mer de l'océan Austral, notamment en ce qui concerne l'assimilation des données et la prévision. Cette situation est entravée en partie par la sous-échantillonnage spatiotemporale générale des océans polaires, en particulier pour la grande fauchée de la zone des glaces de mer de l'Antarctique, et les difficultés à établir et à évaluer des produits précis sur divers paramètres clés concernant les glaces de mer, tels que l'épaisseur des glaces de mer, l'épaisseur de la neige sur les glaces de mer et l'âge des glaces de mer, à partir des données obtenues par télédétection dans les deux hémisphères. Il existe des différences hémisphériques entre les glaces de mer et la couverture neigeuse, d'une part, qui rendent difficile la traduction directe d'observations en variables relatives aux glaces de mer, tout en exigeant l'approche globale de la modélisation. La présence de glaces de mer a des conséquences sur l'échange de température de la mer et de la chaleur. L'incertitude liée à l'apparition de l'instabilité des calottes glaciaires découle d'observations limitées, d'une représentation inadéquate des processus des calottes glaciaires et d'une compréhension limitée des interactions complexes entre l'atmosphère, l'océan et l'inlandsis.

**Surveillance opérationnelle des glaces de mer à l'échelle régionale pour la navigation** – L'appui aux services nationaux relatifs aux glaces de mer est nécessaire pour que les marins puissent disposer régulièrement d'informations sur les glaces de mer à l'appui des personnes et de la sécurité. Étant donné que les glaces de mer de l'Arctique sont de plus en plus jeunes et qu'elles sont plus variables en ce qui concerne par exemple l'épaisseur, la dérive et la déformation des glaces, il est de plus en plus essentiel que les services opérationnels d'information sur les glaces évoluent pour inclure des informations plus précises et plus précises sur les zones et les caractéristiques des glaces de mer et sur leurs caractéristiques et leur prévision des glaces.

**Modélisation** glaciologique – Les modèles de processus glaciologiques sont nécessaires pour la dynamique de l'écoulement des glaces, l'évolution des géométries, avec des liens avec la modélisation hydrologique. En outre, il est nécessaire de disposer de données et de modèles d'albédo, de la compréhension des processus de charge particulaire et de nettoyage des processus qui relient la prévision numérique du temps aux poussières et aux particules (carbone noir, feux de forêt, etc.) sur les glaciers.

**2.1.11 Hydrologique Services**

Les services hydrologiques sont nécessaires à tous les aspects de la gestion de l'eau: évaluation et atténuation des risques d'inondation et de sécheresse, approvisionnement en eau potable, agriculture, industrie, hydroélectricité, navigation, loisirs/tourisme et écosystèmes, avec un impact direct sur le bien-être des populations. L'objectif de développement durable 6 des Nations Unies relatif à l'eau, le Cadre de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe et l'Accord de Paris sur le climat appellent à une meilleure gestion de l'eau.

Les services hydrologiques englobent une grande variété de produits de données (informations sur l'état actuel, tendances saisonnières et à long terme, statistiques, caractéristiques de conception, etc.), prévisions et prévisions à échéance de quelques minutes à plusieurs saisons, avis, y compris cartes et cartes. Ces produits doivent connaître l'état actuel et futur du cycle de l'eau dans son ensemble, y compris l'évaporation et l'évapotranspiration, les précipitations, l'humidité du sol, le ruissellement de surface et sous la surface, les flux d'eaux souterraines, y compris la qualité de l'eau. L'OMM développe des activités clés telles que l'HydroHub (surveillance de l'eau) et HydroSOS (produits d'évaluation et de prévision) pour soutenir les efforts déployés par les Membres. Pour évaluer le cycle hydrologique/ (bilan hydrique), il faut mesurer de nombreuses variables à toutes les échelles spatio-temporelles, dont beaucoup font partie d'autres zones (atmosphère, climat, cryosphère, océan, etc.) des orientations de haut niveau et constituent un bon exemple de l'avantage de l'approche axée sur le système Terre.

Les mesures terrestres types sont, par exemple, pour le niveau des cours d'eau, des lacs, des réservoirs et du niveau des eaux souterraines, le débit, la vitesse de l'écoulement, les sédiments, la température de l'eau et d'autres paramètres chimiques, physiques et biologiques. L'humidité du sol dans différentes couches de sol est également essentielle. Les paramètres de la cryosphère sont énumérés ci-dessous. Les variables atmosphériques sont par exemple les précipitations, la vitesse du vent, l'humidité, la température de l'air, le rayonnement, l'évapotranspiration. Les paramètres océaniques pertinents pour l'hydrologie sont ceux mesurés dans les zones côtières et les estuaires, généralement le niveau d'eau des deltas et des estuaires, les courbes des remontées d'eau et la dynamique des marées, les algues, les paramètres biologiques et la salinisation des cours d'eau et des eaux souterraines.

La cryosphère a besoin d'une attention particulière. La plupart des modèles hydrologiques de surface des terres émergées appliqués au climat modéré avec la formation de la neige, les régions polaires et de haute montagne n'ont pas la représentation des principaux processus de la région froide, par exemple la dynamique du manteau neigeux, la redistribution de la neige, le transport vertical de la vapeur d'eau dans le manteau neigeux, le bilan énergétique, l'interaction thermique entre le manteau neigeux et le sol gelé, la dynamique des glaciers, la formation d'Aufeis, la dynamique saisonnière de la profondeur de la couche active du pergélisol, et évapotranspiration supprimée du froid, de l'eau libre, des embâcles, des embâcles, des embâcles, etc. Le manteau neigeux saisonnier influe sur l'humidité du sol, l'épaisseur de la couche active et le débit fluvial (printemps).

Les besoins en matière d'observation de la cryosphère pour l'information sur les ressources en eau et hydrologiques, comme mentionné ci-dessus, comprennent le manteau neigeux saisonnier et l'accumulation de la température de l'air, l'évolution de l'étendue de la masse glaciaire, l'observation régulière des cours d'eau et des crues et les prévisions, y compris les inondations liées aux embâcles pendant le gel et la débâcle, sur les prévisions saisonnières à infrasaisonnières des températures et des précipitations, afin de prévoir avec précision le moment et la gravité des crues liées à la débâcle au printemps, Gel, observations et surveillance améliorée du pergélisol, ainsi que la recherche indiquant comment les modifications du pergélisol influent sur les modèles opérationnels pluie-débit et les eaux souterraines. À mesure que le pergélisol fond et que le paysage évolue, les relations pluie/ruissellement changent aussi. Cette méthode est mal comprise ou modélisée de façon dynamique pour des utilisations opérationnelles. À plus long terme, la fonte du pergélisol est un lien avec les émissions de GES.

L'eau de mer est une variable cruciale pour les conditions de fonte nivale et la modélisation correcte du ruissellement. Il est bien connu qu'il est difficile d'extraire avec précision l'information de la SWE dans les régions montagneuses et doit être améliorée. Par ailleurs, l'estimation des quantités d'eau est influencée par la canopée et reste difficile lors de la fonte des neiges, qui revêtent une grande importance pour la gestion des ressources en eau, la production d'énergie hydroélectrique, etc.

Pour les simulations du changement climatique, il est nécessaire d'observer et de modéliser le manteau neigeux saisonnier dans de vastes domaines.

Les régimes hydrologiques et le cycle hydrologique sont influencés par les activités humaines, telles que les barrages hydroélectriques, le pompage pour l'irrigation, l'industrie et l'eau potable, etc. Il sera donc important d'obtenir des données sur l'utilisation de l'eau (débits et volumes de prélèvements, recharges, exploitation de réservoirs d'eau, etc.). Il convient de noter que ce type de données est rarement partagé, lié à des stratégies privées et nationales, et qu'il n'entre pas souvent dans les attributions des SMHN. Néanmoins, la coordination avec d'autres organismes des Nations Unies chargés de tels sujets, en général la FAO pour l'irrigation, pourrait être bénéfique.

La réglementation actuelle de l'OMM sur la conception des réseaux d'hydrométrie (souvent à l'échelle nationale ou à l'échelle d'un bassin) doit être révisée afin de prendre en compte d'une part les connaissances scientifiques les plus récentes pour étudier la complexité et les interconnexions des processus à toutes les échelles spatio-temporelles, et d'autre part de nouveaux besoins des utilisateurs. Les notes de synthèse sur les variables hydrologiques du ROBM, la mise en œuvre de la politique unifiée en matière de données ainsi que la révision du processus d'étude continue des besoins permettront de réviser la méthode de conception des réseaux. Cette activité fait partie du plan d'action hydrologique approuvé par le Congrès météorologique mondial à sa session extraordinaire de 2021 (Cg-Ext(2021)).

**2.2 Conclusions et recommandations issues de la série de prévisions numériques de l'impact des ateliers d'observation et d'autres domaines**

La PNT est à la base de la plupart des prévisions météorologiques et climatologiques et des produits et services connexes pour les domaines d'application de l'OMM. Les observations en surface et les observations par satellite contribuent sensiblement à l'exactitude de la prévision numérique du temps. Les incidences des ateliers de l'OMM sur la prévision numérique du temps ont une grande influence sur le développement global du système d'observation et sur les textes réglementaires et documents d'orientation de l'OMM associés. La série d'ateliers est devenue un forum bien établi pour l'échange d'informations sur l'impact des observations sur la prévision numérique du temps (mondiale et régionale) et sur l'interprétation des résultats.

La série d'ateliers est un élément clé du processus d'étude continue des besoins. Les résultats informent l'OMM et ses Membres, ainsi que les travaux d'élaboration d'assimilation des données dans les centres de prévision numérique du temps et les instituts de recherche, sur les recommandations visant à améliorer et à développer le système d'observation à partir de l'espace et en surface. Les recommandations issues des ateliers ont une grande influence sur les activités nationales de mise en œuvre des Membres. Les recommandations issues des ateliers donnent des conseils sur la combinaison la plus efficace possible des observations effectuées depuis l'espace et en surface pour l'assimilation des données des systèmes de prévision numérique du temps et guident les Membres de l'OMM sur la façon d'exploiter leurs réseaux d'observation de façon économique.

Avec l'approche axée sur le système Terre adoptée par l'OMM pour la période 2020–2023, les modèles exploités dans le domaine d'application de la PNT à l'échelle mondiale ont besoin de données d'observation provenant de diverses composantes du système Terre. L'approche axée sur le système Terre offre donc l'occasion de coopérer dans différents domaines (océans, atmosphère, terres émergées, neige et glace, hydrologie, ...).

Pour l'essentiel, il existe trois raisons de réaliser des études d'impact des observations:

1. optimisation de l'utilisation et de l'impact de la topologie des réseaux d'observation que nous avons actuellement
2. Mise à l'essai de nouveaux ajouts novateurs (potentiels) au réseau d'observation (nouvelles techniques et méthodes);
3. Justifier les investissements continus dans les capacités d'observation existantes.

Afin de mener à bien ces études, il y a un effort constant pour améliorer ces études.

Dans les sections ci-après, un résumé des principales activités à mener pour le maintien et l'évolution du WIGOS, ainsi que les conclusions et les recommandations issues des ateliers d'impact seront donnés. Les réseaux d'observation évoluent rapidement avec les nouvelles technologies et, parallèlement, les services se développent rapidement, y compris dans le secteur privé. L'évaluation de l'impact des observations a été utilisée depuis longtemps dans les domaines de la prévision numérique du temps, de l'océan et de l'atmosphère et évolue dans d'autres domaines. Certaines méthodes sont polyvalentes dans tous les domaines. Par conséquent, les résultats seront présentés séparément pour la PNT d'autres domaines.

**2.2.1 Ateliers internationaux sur les incidences des divers systèmes d'observation sur la PNT**

La série d'ateliers internationaux sur l'impact des divers systèmes d'observation sur la prévision numérique du temps a été lancée en 1997, avec la participation active des grands centres de prévision numérique du temps dès le début. Des ateliers ont été organisés tous les quatre ans par l'ancienne Commission des systèmes de base (CSB). Ils recensent les questions scientifiques à examiner et recommandent des études d'impact spécifiques. Les ateliers analysent leurs résultats et formulent des recommandations à l'OMM et à ses Membres au sujet de l'évolution de la conception des systèmes d'observation en surface et depuis l'espace sur la base des conclusions concernant la contribution des diverses composantes du système d'observation à la qualité des prévisions à courte et moyenne échéance. Ces ateliers sont devenus une plate-forme majeure d'échange et d'examen des résultats des récentes expériences d'impact des observations et ont eu une influence considérable sur le développement global des systèmes d'observation depuis l'espace et en surface, ainsi que sur les textes réglementaires et d'orientation connexes de l'OMM.

Les résultats des expériences sur les systèmes d'observation (OSE), tant à l'échelle mondiale que régionale, ont été présentés. Des conclusions ont été tirées concernant la contribution des diverses composantes du système d'observation à la qualité des prévisions à courte et moyenne échéance. Depuis le début de ces ateliers, des changements et des développements importants ont eu des répercussions sur le Système mondial d'observation et des efforts supplémentaires ont été consacrés aux systèmes d'assimilation des données à méso-échelle. Il existe aussi une tendance soutenue à l'utilisation de techniques autres que les expériences d'observation de l'ensemble pour documenter l'impact des données, telles que les impacts des prévisions adjointes et les prévisions d'ensemble axées sur la sensibilité des prévisions (FSOI et EFSOI) et les estimations de l'incertitude de l'analyse.

Le rapport final présentant des présentations sur le sixième atelier a été publié sur le site Web de l'OMM[[10]](#footnote-11). Le septième événement s'est tenu en ligne en décembre 2020. Au nombre des participants figuraient des experts de l'assimilation des données et des incidences des observations, des spécialistes des changements climatiques et des prévisions saisonnières, des représentants des agences spatiales et du secteur privé, ainsi que des gestionnaires des réseaux d'observation.

On trouvera ci-après une synthèse des recommandations de cet atelier sur l'évolution du système d'observation compte tenu des Perspectives pour le WIGOS à l'horizon 2040.

**Points clés pour l'évolution du WIGOS**

Il importe d'échanger à l'échelle internationale toutes les observations qui ont un impact positif sur la PNT à l'échelle mondiale. L'échange libre et gratuit de toutes les données d'observation pertinentes a été adopté par le Congrès à sa session extraordinaire de [2021 via la résolution 1 (Cg-Ext(2021))](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=11113#page=9) en tant que principe fondamental de la nouvelle Politique unifiée de l'OMM pour l'échange international de données sur le système Terre.

Dans ce contexte, le concept du ROBM, qui joue un rôle essentiel dans tous les produits et services fournis par les SMHN, est important. Le concept, qui vise à répondre aux besoins fondamentaux de la PNT à l'échelle mondiale et de la réanalyse du climat, contribuera à réduire l'inhomogénéité des pratiques de densité et de transmission des réseaux. Parallèlement au développement du ROBM, l'OMM collabore avec un groupe d'environ 30 partenaires internationaux pour le développement et le financement de l'action climatique en vue de mettre en place le Mécanisme de financement des observations systématiques (SOFF), afin de fournir des ressources destinées à faciliter la mise en place et l'exploitation du ROBM dans les régions du monde où les ressources locales ont besoin d'aide. L'élaboration du SOFF est un mécanisme important pour combler les lacunes existantes dans le ROBM. Pour [, voir les sections 2.4.1](#_2.4.1_Guidance_on) et [4 ci-dessous.](#_4._Capacity_development) plus de détails sur le ROBM et le SOFF

Les échanges internationaux sont importants non seulement pour les observations nécessaires à la PNT à l'échelle mondiale, mais aussi pour ceux qui sont principalement axés sur la PNT à l'échelle régionale et les applications locales. Les incidences sur la qualité des prévisions régionales (à aire limitée) découlent d'une combinaison d'assimilation directe des observations dans le domaine limité et de l'influence des conditions aux limites latérales fournies par le modèle mondial.

Les nouvelles technologies d'observation qui entrent en service ont eu des répercussions positives sur la prévision numérique du temps, notamment la mission lidar Aeolus de l'ESA. De nombreuses techniques d'observation font également état d'améliorations de l'exactitude des modèles par rapport à celles qui ont été démontrées lors d'ateliers précédents.

L'assimilation des données des radars météorologiques continue d'offrir un moyen prometteur d'obtenir de nouveaux impacts positifs sur la PNT. Il est urgent de normaliser les produits et les formats des données radar afin de faciliter l'échange des données, au moins au niveau régional. L'archivage à long terme est également nécessaire, comme l'a demandé  [le SMOC](https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21403#.YLOZRjZKhzU).

**Conclusions concernant des systèmes d'observation spécifiques**

Dans le domaine de la PNT à l'échelle mondiale:

1. Radiosondes. Des améliorations notables ont été apportées à l'assimilation de données verticales haute résolution, à partir de profils en descente en plus des profils ascendants, à partir de sondes parachutées fournies par des campagnes spéciales et en tenant compte de la dérive des sondes.
2. Traitement et assimilation de la luminance énergétique par satellite. Les luminances énergétiques hyperfréquences (MW) sont le type d'observation le plus important en termes d'impact. L'assimilation de la luminance énergétique hyperfréquence dans le ciel est de plus en plus importante. L'amincissement, le contrôle de la qualité, la modélisation du transfert radiatif et la définition des erreurs d'observation ont permis d'améliorer l'impact tant pour les hyperfrécations que pour les irrésistances.
3. Occultation radio (R). Les effets positifs sur les champs de PNT d'humidité, en plus des champs de température et de vent, ont été relevés. L'amélioration de la qualité des données COSMIC-2 et l'augmentation des volumes de données RO en général, sans signe quelconque de saturation, ont eu des impacts améliorés. La capacité de toutes les conditions météorologiques a réduit les erreurs dans les modèles de PNT. On a également pris note de l'impact accru des progrès des méthodes de traitement et d'assimilation.
4. Observations d'aéronefs. Des avantages ont été obtenus en assimilant les observations à plus haute résolution spatiale, notamment pour les prévisions relatives aux cyclones tropicaux. Des impacts positifs ont été relevés dans les nouveaux types d'observation disponibles: TAMDAR, MODE-S et HUMIDITÉ AMDAR.
5. Vecteurs de mouvement atmosphérique (AMV). L'augmentation du nombre et du type de VM, y compris ceux des satellites récemment lancés, a permis d'en tirer des avantages. En outre, l'assimilation des observations à une plus haute résolution spatiale et temporelle a montré quelques effets positifs.
6. GNSS au sol. L'assimilant les observations à une plus haute résolution temporelle a permis d'observer de meilleurs impacts.

Dans la PNT à l'échelle régionale:

1. Observations par radar météorologique. Ces observations fournissent des informations sur les précipitations (intensité et type) et sur les vents (radiales). Les tendances à l'assimilation de la réflectivité se sont poursuivies. Plusieurs centres ont noté des améliorations de leurs incidences, notamment sur les champs de précipitations en général et sur la prévision des fortes précipitations à moyenne échelle, et même pour modéliser les variables d'état au-delà des délais de prévision immédiate.
2. Observations d'aéronefs. Dans certaines régions, ces éléments fournissent les données les plus importantes pour la PNT à l'échelle régionale. L'importance et le potentiel croissants du mode S ont été relevés, notamment sur les vents et les températures en altitude.
3. GNSS au sol. Les avantages ont été signalés par un nombre croissant de centres: sur les prévisions à courte échéance des précipitations (emplacement et intensité des fortes pluies) et sur l'humidité et les nuages.
4. Observations des précipitations en surface (pluviomètres). Des incidences positives sur les analyses de l'humidité ont été relevées.
5. L'assimilation des luminances énergétiques (micro-ondes et infrarouges) a eu de plus en plus d'impact.

Également:

1. Les observations océaniques ont été signalées comme ayant une incidence déterminante sur la qualité des réanalyses de la température de surface de la mer et de la quantité et l'épaisseur des glaces de mer. Les observations comprennent les profils in situ de la température et de la salinité sous la surface (en particulier Argo), la température de surface de la mer, la concentration des glaces de mer (SIC), l'épaisseur de la glace de mer (SIT) et les anomalies du niveau de la mer (SLA). Ces observations sont également importantes pour la prévision à moyenne, mensuelle et saisonnière.
2. Impacts dans les régions polaires. De fortes dépendances saisonnières ont été relevées, les observations en surface ayant un impact plus important en hiver et en hyperfréquences satellitaires en été. On a constaté que des radiosondes supplémentaires fournies pendant la période d'observation de l'Année de la prévision atmosphérique et de l'année de la prévision atmosphérique étaient bénéfiques. Les observations effectuées dans l'Arctique ont été démontrées, tant au sein de l'Arctique qu'aux latitudes moyennes de l'hémisphère Nord.

**2.2.2 Conclusions et recommandations dans d'autres domaines**

(Océans, terres émergées, hydrologie, cryosphère, composition de l'atmosphère)

**Composition de l'atmosphère**

La VAG de l'OMM a créé une équipe spéciale sur les besoins en matière d'observation et les mesures par satellite en ce qui concerne la composition de l'atmosphère et les paramètres physiques connexes afin de passer en revue les besoins des utilisateurs en matière de composition de l'atmosphère. L'Équipe spéciale a également analysé le rôle des observations de la composition de l'atmosphère dans différents domaines d'application de [l'OMM (rapport N° 221 de la VAG](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=7186)). Après le deuxième atelier de la TT-ObsReq (12-13 août 2014, Zürich), le Comité a recensé les principaux paramètres nécessaires à la surveillance et à la prévision de la composition de l'atmosphère. Cette équipe spéciale a été transformée en équipe d'experts pour l'évolution et la conception des réseaux de composition de l'atmosphère en 2019 et a continué de remplir la base de données OSCAR en fonction des besoins en matière d'observation des variables de la composition de l'atmosphère à l'appui des applications de surveillance et de prévision décrites ci-dessus.

Les variables jugées prioritaires sont énumérées à [l'annexe 6](#_Annex_6._Atmospheric).

**Synthèse des résultats de l'Atelier de cadrage sur la prévision du système Terre organisé en déc 2019 pour le domaine océanique**

Les prévisions océaniques sont effectuées par les centres opérationnels nationaux, les instituts de recherche et les organismes et les universités. La coordination et l'amélioration des systèmes mondiaux et régionaux d'analyse et de prévision océaniques sont organisées dans le cadre du  [programme OceanPredict](https://oceanpredict.org/) Science. OceanPredict offre une plate-forme pour l'échange de connaissances et de communication géré par les scientifiques et les experts de l'océanographie opérationnelle du monde entier, ce qui leur permet d'accélérer, de renforcer et d'accroître l'impact de la prévision océanique. Les systèmes d'assimilation des données océaniques (SADO) sont utilisés dans les prévisions saisonnières et, récemment, météorologiques à infrasaisonnières. Ils peuvent fournir des conditions initiales pour le modèle de circulation générale couplé atmosphère-océan (CGCM) initialisé qui fournissent des prévisions saisonnières décennales. Une approche axée sur le système Terre est déjà très bénéfique pour la prévision océanique. Par exemple, un état des océans fiable est nécessaire pour établir des prévisions couplées, car les interactions air-mer devraient avoir une forte incidence sur la convection tropicale. Le couplage avec l'hydrologie est également nécessaire pour la zone côtière, par exemple la modélisation hydrodynamique et biogéochimique côtière.

Le secteur de l'observation de l'océan est composé d'un éventail beaucoup plus large de bailleurs de fonds et de responsables de la mise en œuvre que ce n'est le cas pour les observations météorologiques, y compris les agences satellitaires, les services météorologiques opérationnels, les instituts de recherche et les instituts de recherche, les universités et les fondations scientifiques, et le secteur privé. Il est principalement coordonné par le biais de réseaux qui collaborent bénévolement à l'échelle mondiale, régionale et nationale. La Stratégie du GOOS à l'horizon 2030 prévoit la mise en place d'un système pleinement intégré d'observation de l'océan à l'horizon 2030 fournissant les informations océaniques essentielles nécessaires pour faire face au changement climatique, produire des prévisions, protéger la santé des océans et soutenir une croissance durable, avec la participation de toutes les nations.

Les activités d'évaluation des observations ne sont pas, en général, aussi matures pour les océans que pour les observations météorologiques. Bien qu'il y ait des efforts dans les groupes de recherche et d'exploitation, il n'existe pas d'activité coordonnée d'évaluation de l'impact des observations récurrente. Ces activités reposent sur un financement externe et sont principalement menées dans des centres bien établis (états-Unis d'Amérique, Canada, Europe, Japon, Australie, etc.). Copernicus mettra au point une nouvelle ligne de service dans le cadre de la deuxième session du programme Copernicus pour les activités conjointes de l'OSE et de l'OSSE afin de contribuer à la conception de l'évolution du futur système d'observation (satellites/Sentinel et observations en surface).

Le ROBM met actuellement l'accent sur les observations effectuées à la surface des terres émergées pour répondre aux besoins de la PNT et de la réanalyse du climat à l'échelle du globe. Le ROBM pourrait être élargi aux observations effectuées au-dessus et à l'intérieur des océans, même si les principes actuels du ROBM devraient être revus afin de traiter les zones océaniques du globe où il n'existe pas de juridiction nationale.

Des recommandations plus précises issues de l'atelier sur l'évolution du système d'observation sont les suivantes

1. Une grande partie des systèmes d'observation maritime et océanique est actuellement assurée par des fonds alloués à la recherche pour une durée limitée. Les milieux de l'observation des océans devraient assurer un financement durable des principaux systèmes d'observation.
2. Les déclarations d'impact sur les observations de l'OMM aideraient les océanographiques à faire progresser les activités d'évaluation des observations.
3. Des activités de recherche sont nécessaires pour mettre en place de nouvelles techniques d'observation et trouver la meilleure combinaison possible de données de surface et de satellites. Il convient de mettre au point des technologies environnementales pour encourager et élargir l'observation des océans à l'échelle mondiale provenant de nombreux pays côtiers.

**2.3 Observations depuis l'espace**

La composante spatiale des Perspectives pour le WIGOS à l'horizon 2040 repose sur un système de satellites héliosynchrones en orbite basse dans trois plans orbitaux et un anneau de satellites géostationnaires fournissant une couverture complète en dehors des régions polaires, complété par des satellites dans d'autres plans orbitaux et des satellites dérivants. Avec l'avènement de l'assimilation variationnelle de 4 d, l'ancien concept d'observations strictement colocalisées, par exemple les sondages hyperfréquences et infrarouges, ne fonctionne pas nécessairement bien à l'avenir. Les différences temporelles peuvent désormais être bien ajustées par assimilation des données, ce qui compense, au moins dans une certaine mesure, les différences de géométrie de visée. Compte tenu de la nécessité d'accroître la couverture temporelle et spatiale, les orbites supplémentaires des perspectives pour le WIGOS seront de plus en plus importantes, en particulier parce que la technologie de sondage hyperfréquences mature offre des possibilités d'hébergement sur de petites plates-formes satellitaires, par exemple des constellations de CubeSats.

Les mesures de référence d'étalonnage en orbite sont actuellement disponibles pour l'infrarouge à partir de l'IASI et du CrIS et sont fortement nécessaires à l'avenir. Dans ce sens, le système de référence en orbite polaire remplit aujourd'hui deux fonctions distinctes: observations de référence et 2) mesures de référence pour l'étalonnage. Il convient donc d'étudier une architecture future optimisée pour les mesures de référence d'étalonnage, aussi pour le VISIBLE/NIR et le MW.

**Groupe de coordination pour les satellites météorologiques (CGMS)**

Le CGMS est un forum pour l'échange d'informations techniques sur les systèmes de satellites météorologiques et environnementaux ainsi que sur les missions de recherche-développement à l'appui de l'étude continue des besoins de l'OMM, de la COI de l'UNESCO et d'autres utilisateurs. Les activités du CGMS soutiennent la surveillance et la prévision opérationnelles du temps, de la météorologie de l'espace et du climat.

La configuration [« de référence](https://www.cgms-info.org/documents/CGMS_Baseline_v3-2021.pdf) » constitue les engagements pris par les membres du CGMS et les plans visant à fournir des observations et des services particuliers à l'appui du WIGOS. La planification du maintien du Plan de référence et la mise en œuvre de nouveaux éléments restent compatibles avec les principes énoncés dans les Perspectives pour le WIGOS à l'horizon 2040. À cette fin, le CGMS examine périodiquement le plan de référence qui constitue les engagements et les plans des membres du CGMS en vue de fournir des observations, des mesures et des services particuliers, et l'OMM effectue périodiquement une analyse des lacunes par rapport au Plan de référence et par rapport aux Perspectives pour le WIGOS à l'horizon 2040.

L'examen 2020 du Plan de référence du CGMS a conclu que le Plan de référence était encore une réponse complète aux Perspectives pour le WIGOS à l'horizon 2040, en abordant les principaux domaines d'application. Toutefois, au cours des années à venir, les membres du CGMS lanceront plusieurs satellites dotés de nouvelles capacités élargissant la réponse au projet d'avenir, et le CGMS a donc décidé d'inclure les capacités de mesure suivantes dans le Plan de référence du CGMS:

1. Spectromètres infrarouges à ondes courtes pour la surveillance des gaz à effet de serre (CO2 et CH4),
2. Imagerie multi-visée, multicanale, multipolarisation pour les aérosols,
3. Spectrométrie de sondage au limbe ultraviolet pour les profils de l'ozone et des gaz à l'état de traces.

De plus, un certain nombre de nouveaux programmes satellitaires sont en cours de planification ou d'examen par les membres du CGMS, qui offrent la possibilité d'élargir la réponse à cette vision soit grâce à l'application de nouvelles technologies, soit à l'élargissement de la couverture des capacités existantes (voir le [Plan prioritaire de haut niveau du CGMS](https://www.cgms-info.org/documents/CGMS_HIGH_LEVEL_PRIORITY_PLAN.pdf)).

Afin de tenir compte de la dernière position de l'OMM sur les besoins en données satellitaires de référence exprimés par les milieux de la prévision numérique du temps à l'échelle mondiale et de recenser les données centrales et supplémentaires et les besoins des utilisateurs qui s'y associent pour compléter le ROBM,  [l'INFCOM](https://meetings.wmo.int/INFCOM-1-III/_layouts/15/WopiFrame.aspx?sourcedoc=/INFCOM-1-III/English/2.%20PROVISIONAL%20REPORT%20(Approved%20documents)/INFCOM-1(III)-d05-1-1(1)-SATELLITE-DATA-REQS-FOR-GLOBAL-NWP-approved_en.docx&action=default) a adopté une décision sur les « besoins en matière de données satellitaires pour la PNT à l'échelle mondiale ». Ce document rend compte des besoins établis en matière d'échange de données satellitaires pour la PNT à l'échelle mondiale, en vue des cinq à dix prochaines années, et s'aligne sur le processus d'étude continue des besoins et sur les Perspectives pour le WIGOS à l'horizon 2040. Comme la modélisation du système Terre avec un couplage plus étroit entre différents domaines du système Terre continuera d'évoluer, il faudra ajouter des données issues de capteurs existants ou nouveaux au système central. Ce document servira de base à d'éventuelles améliorations à l'avenir et à leur inclusion dans le document de référence du CGMS. D'autres domaines d'application suivront en 2022.

**Comité sur les satellites d'observation de la Terre (CSO)**

À l'appui des objectifs du Groupe sur l'observation de la Terre (GEO) et en tant que composante spatiale du Système mondial des systèmes d'observation de la Terre (GEOSS), le CSO a élaboré le concept de constellations virtuelles à partir de l'espace. Une constellation virtuelle est un ensemble coordonné de capacités du segment spatial et/ou du segment terrien émanant de différents partenaires qui se concentrent sur l'observation d'un paramètre ou d'un ensemble particulier de paramètres du système Terre.

Les constellations virtuelles du CS CEOS coordonnent les systèmes de transmission de données à partir de l'espace, au sol et/ou au sol pour répondre à un ensemble commun d'exigences dans un domaine particulier. Ils tirent parti de la collaboration et des partenariats interinstitutions pour combler les lacunes en matière d'observation, assurer la collecte régulière d'observations essentielles et réduire au minimum les doublons et les chevauchements, tout en préservant l'indépendance des contributions individuelles de l'agence du CSO. Les constellations virtuelles actuelles qui contribuent à la vision d'avenir du WIGOS sont les suivantes

1. [Composition de](https://ceos.org/ourwork/virtual-constellations/acc/) l'atmosphère (CV-AC);
2. [Imagerie terrestre en surface](https://ceos.org/ourwork/virtual-constellations/lsi/) (CV-LSI)
3. [Radiométrie couleur de l'océan](https://ceos.org/ourwork/virtual-constellations/ocr/)  (VC-OCR);
4. [Topographie de la surface de](https://ceos.org/ourwork/virtual-constellations/ost/) l'océan (CV-OST);
5. [Vecteur vent à la surface de l'océan](https://ceos.org/ourwork/virtual-constellations/osvw/) (OSVW-VC);
6. [Précipitations](https://ceos.org/ourwork/virtual-constellations/p-vc/) (P-VC);
7. [Température de surface de la mer](https://ceos.org/ourwork/virtual-constellations/sst/) (CV-SST)

Un exemple clé de réussite des constellations virtuelles est la coordination des cv-TSO du traitement d'une grande précision des données altimétriques pour la variable climatologique essentielle du niveau moyen de la mer.

**Nouvelles possibilités offertes par les fournisseurs de données commerciaux**

Aujourd'hui, les données satellitaires commerciales ont déjà démontré leur qualité et leur impact précieux sur les modèles de prévision numérique du temps, en particulier dans le domaine des mesures par occultation radio. En outre, il existe des missions commerciales prometteuses pour la cryosphère et de nouvelles observations spatiales prévues, par exemple en ce qui concerne les radars de sondage à hyperfréquences et les radars de mesure des précipitations. En outre, l'étude 2018 de la NOAA sur l'architecture du système d'observation par satellite a conclu que l'agence devrait s'appuyer à l'avenir sur une architecture hybride englobant à la fois les satellites gouvernementaux et les données commerciales. Le projet pilote de données météorologiques commerciales lancé par la NOAA en 2020 servira de projet de démonstration, dans lequel la NOAA évaluera les données commerciales pour démontrer la qualité des données et leur impact sur les modèles de prévision météorologique, et informera la NOAA du processus d'ingérer, d'évaluer et d'utiliser les données commerciales à l'avenir. De même, EUMETSAT a approuvé l'acquisition de données commerciales d'occultation radio et le traite actuellement et le diffuse pour la modélisation de la prévision numérique du temps. Ainsi, nous espérons que de plus en plus d'agences spatiales utilisent des missions satellitaires du secteur privé et des missions gouvernementales. Lorsque les missions satellitaires commerciales offrent de nouvelles capacités d'observation spatiale, elles constituent également une nouvelle façon de contribuer à la mise en œuvre des Perspectives pour le WIGOS à l'horizon 2040, où les jeux de données dépendent en partie des satellites du secteur privé, mais conformément à la politique de l'OMM en matière de données, qui s'engage à élargir et à renforcer l'échange international libre et gratuit des données du système Terre.

**2.4 Observations en surface**

Depuis l'adoption des Perspectives pour le WIGOS à l'horizon 2040, plusieurs faits nouveaux importants ont permis de proposer aux Membres des mesures plus précises à prendre au cours des cinq prochaines années. D'autres développements abordés dans la présente section sont moins mûrs et deviendront plus importants à l'avenir, lorsqu'ils seront plus approfondis.

**2.4.1 Orientation L'expansion du réseau ROBM**

La PNT à l'échelle mondiale et la réanalyse du climat jouent un rôle essentiel dans de nombreux produits et services fournis par les Membres de l'OMM, même à l'échelle régionale et locale. Dans le cadre du processus d'étude continue des besoins de l'OMM, tous les domaines d'application actuellement répertoriés, à l'exception de la météorologie de l'espace, sont tributaires de certains produits mondiaux de prévision numérique du temps et de réanalyse du climat.

Les systèmes mondiaux qui fournissent ces produits dépendent de l'accès à des jeux de données cohérents à l'échelle mondiale émanant de systèmes d'observation en surface et dans l'espace. L'OMM facilite, coordonne et surveille la collecte et l'échange international de telles observations.

L'échange international d'observations en météorologie a connu une longue histoire et a beaucoup évolué au fil du temps. Le Congrès a adopté [la résolution 1 (Cg-Ext(2021))](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=11113#page=9) – Politique unifiée de l'OMM en matière de données pour l'échange international de données sur le système Terre, qui élargira et améliorera l'échange international libre et gratuit de ces données.

Les rapports préliminaires du projet pilote de prévision numérique du temps du Système de contrôle de la qualité des données du WIGOS (WDQMS) font apparaître une mauvaise disponibilité constante d'observations en surface dans de nombreuses régions du monde. Cela limite l'aptitude de tous les Membres de l'OMM à fournir des produits et services météorologiques et climatologiques de grande qualité à leurs utilisateurs.

Afin de garantir une meilleure efficacité des besoins en matière d'observation de la PNT et de la réanalyse du climat à l'échelle mondiale, une nouvelle approche a été proposée, dans laquelle le réseau d'observation de surface de base essentiel à l'appui de ces applications est conçu et défini à l'échelle mondiale. Ce réseau est le Réseau d'observation de base mondial (ROBM).

L'outil de contrôle en ligne du SCQDW illustre, par exemple, la disponibilité d'observations de la pression à la surface des terres émergées reçues par un ou plusieurs centres mondiaux de prévision numérique du temps et montre que, en moyenne, 20 à 25 % des Membres de l'OMM respectent les dispositions du ROBM[[11]](#footnote-12), 25 à 30 % ne sont pas pleinement conformes et que le reste n'est pas actuellement en mesure de se conformer au ROBM en raison de plusieurs raisons, y compris par exemple un manque de ressources.

Le ROBM est un sous-ensemble du sous-système de surface du WIGOS, utilisé conjointement avec le sous-système spatial et d'autres systèmes d'observation en surface du WIGOS, pour contribuer à répondre aux besoins de la PNT à l'échelle mondiale, y compris la réanalyse à l'appui de la surveillance du climat. Le ROBM répond aux besoins de la PNT à l'échelle mondiale qui ne peuvent être satisfaits ou totalement satisfaits par les systèmes d'observation par satellite.

Notes sur les stations et plates-formes du ROBM:

1. La composante géographiquement pertinente du ROBM constitue une composante essentielle de chaque réseau d'observation de base régional.
2. Le ROBM est fondé sur une conception globale et la mise en œuvre est surveillée à l'échelle mondiale.
3. Les spécifications relatives au ROBM sont fournies sous forme de tableau dans [l'annexe 4](#_4._Capacity_development) (à partir de l'atelier sur le ROBM, février 2020). Celles-ci sont tirées des besoins en matière d'observation de la PNT à l'échelle mondiale qui figurent dans la base de données OSCAR/Besoins, ainsi que d'une analyse des technologies opérationnelles utilisées pour la collecte de ces observations et de la disponibilité des observations provenant d'autres sources.
4. La liste des stations/plates-formes du ROBM sera tirée de la liste de toutes les stations/plates-formes disponibles du WIGOS enregistrées dans OSCAR/Surface par les Membres.

Le Dix-huitième Congrès météorologique mondial a adopté en 2019 le concept de ROBM via [la résolution 34 (Cg-18)](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=9827#page=120) et a prié la Commission des infrastructures de rédiger des dispositions pertinentes sur la conception, la mise en œuvre et la gestion du ROBM. Cela sera défini dans la  [section 3.2.2 du Système mondial intégré des systèmes d'observation de l'](https://library.wmo.int/?lvl=notice_display&id=19223#.Yk7fIedBxPY)OMM (OMM-N° 1160). Les stations du ROBM doivent se conformer à la gestion de la qualité du WIGOS. Il sera suivi des progrès accomplis en ce qui concerne la mise en œuvre et les engagements des Membres et des organisations et programmes internationaux concernés. En collaboration avec l'INFCOM, les conseils régionaux coordonneront les activités de contrôle. Certaines fonctions de surveillance et la gestion des incidents seront coordonnées par le biais du SCQDW.

Le ROBM impose à tous les Membres de l'OMM d'acquérir et d'échanger sur le plan international les données d'observation de surface les plus essentielles. Alors que certaines régions fournissent une bonne offre d'observations en surface et robustes, certaines régions du monde, notamment les petits États insulaires en développement (PEID) et les pays les moins avancés (PMA), manquent considérablement d'infrastructures et de capacités pour répondre aux besoins du ROBM. En 2020, l'OMM a entrepris une analyse des lacunes du ROBM, qui a fourni une estimation quantitative du nombre de stations d'observation en surface qui devront être installées, réhabilitées ou modernisées et échanger des données pour répondre aux besoins du ROBM. Le SOFF aidera les PMA et les PEID à produire et échanger des données d'observation essentielles pour le ROBM, c'est-à-dire améliorer les prévisions météorologiques et les services climatologiques. Il fournira une assistance technique et financière pour laquelle le suivi du ROBM orientera les investissements. [La section 4](#_4._Capacity_development) du présent document fournira davantage d'informations sur l'initiative du SOFF.

Lors de la deuxième partie de la deuxième partie de l'INFCOM, en novembre 2020, la résolution 4 sur le ROBM a été adoptée en même temps que la recommandation du Règlement technique du ROBM. Il a également été examiné et recommandé par le Conseil exécutif via la recommandation 4 (EC-73) et approuvé par le Congrès météorologique mondial à sa session extraordinaire d'octobre 2021 (projet de résolution 5.2/1).

L'approche axée sur le système Terre et d'autres grandes priorités du Plan stratégique de l'OMM exigent que de nouvelles options de mise en œuvre pour l'évolution du ROBM soient examinées. Cet examen devrait porter notamment sur les incidences sur les programmes de l'OMM relatifs à diverses techniques d'observation, la nécessité de stimuler le développement des nouvelles technologies d'observation à partir de l'espace et en surface, et le renforcement de la collaboration avec le secteur de la recherche et sa participation au processus d'étude continue des besoins.

Dans [la section 2.1](#_2.1_Synthesis_of) du présent document, les priorités en matière d'évolution et d'optimisation des réseaux d'observation ont été examinées et les principales lacunes en matière d'observation ont été recensées. À partir de ce point de vue, le SC-ON devrait examiner plus avant, en coordination avec le Groupe d'étude sur le ROBM, les expansions suivantes du ROBM:

1. Observations océaniques;
2. Surveillance du climat, applications et services climatologiques;
3. GES, ozone, aérosols (pour plus de détails, voir [la section 2.1](#_2.1_Synthesis_of));
4. Cryosphère (pour plus de détails, voir les groupes d'observation de la cryosphère dans [la section 2.1](#_2.1_Synthesis_of)),
5. Hydrologie (pour plus de détails, voir les groupes d'opérations de [la section 2.1](#_2.1_Synthesis_of)).

**2.4.2 ROBM Et les liens entre les ROBR**

En 2019, le Dix-huitième Congrès météorologique mondial a adopté le Règlement technique pour le Réseau d'observation de base régional (ROBR), tandis que ceux des réseaux synoptiques et climatologiques de base régionaux (RSBR et RCBR) ne sont plus en vigueur (voir  [le Paragraphe 3.2.3 du Manuel du WIGOS](https://library.wmo.int/?lvl=notice_display&id=19223#.Yk7fIedBxPY) (OMM-N° 1160). Par rapport au ROBM, qui répond aux besoins de la PNT à l'échelle mondiale et de la réanalyse des données climatologiques, le ROBR a pour objet de compléter le ROBM et de remplacer et d'élargir les réseaux RSBR et RCBR en répondant aux besoins des utilisateurs en matière d'observations dans les domaines d'application de l'OMM, classés par ordre de priorité pour les principaux défis régionaux liés au temps, au climat, à l'eau et à l'environnement dans les régions. Le ROBM portera sur d'autres techniques d'observation telles que les stations d'observation en surface par télédétection, y compris les radars météorologiques, les stations hydrologiques et les stations d'observation de l'océan. Toutefois, alors que le ROBM vise des exigences rigoureuses en termes de résolutions spatio-temporelles et de fréquence du cycle d'observation pour des types spécifiques de systèmes d'observation, à savoir des stations météorologiques de surface et des radiosondes, le ROBR examine plutôt la nature composite du système d'observation et cible les besoins des utilisateurs en matière d'observations des variables requises au niveau seuil (voir la base de données OSCAR/Besoins). La Commission des infrastructures définit les critères de conception du ROBR au niveau régional et sa décision devrait être prise d'ici à la fin de 2022. À compter de 2023, ce type de conception doit être réalisé par les groupes de travail des conseils régionaux sur l'infrastructure, en consultation avec les Membres de la Région, et la composition du ROBR, finalement décidée par le conseil régional. Les Membres sont priés instamment de contribuer à la composition des réseaux régionaux du ROBR.

**2.4.3 Analyse Du rapport coût-efficacité des capacités d'observation requises pour fournir les informations et les produits requis**

L'un des aspects importants de la conception d'un système d'observation est son rapport coût-efficacité. En raison des pressions exercées sur les fonds publics, de nombreux SMHN ont été contraints de démontrer clairement l'importance de leur infrastructure d'observation et de traitement des données et de la recherche pour fournir des services essentiels d'information, de prévision et d'alerte au public à leurs communautés nationales.

Les composantes d'observation des services météorologiques, hydrologiques et climatologiques font partie des éléments les plus coûteux de la prestation totale de services. Il s'agit d'un objectif central du WIGOS de promouvoir et de faciliter la mise au point de systèmes d'observation qui fournissent des produits améliorés aux utilisateurs de façon plus économique.

L'ancien CSB a encouragé les Membres à évaluer le rapport coût-efficacité des systèmes d'observation. Un calcul complet coûts-avantages permettrait d'évaluer les coûts annuels des systèmes d'observation, l'impact des observations sur chaque domaine d'application du processus d'étude continue des besoins, les répercussions sur les services et les avantages pour les utilisateurs imputables à l'impact sur les services. À titre d'exemple, le Met Office (Royaume-Uni) a étudié l'impact par rapport aux observations effectuées dans le cadre de la PNT à l'échelle mondiale en utilisant une technique adjointe, appelée FSOI, pour évaluer l'impact pour chaque type de système d'observation. Pour de plus amples renseignements, voir l'étude complète du [Met Office](https://wmoomm.sharepoint.com/sites/wmocpdb/eve_activityarea/Forms/AllItems.aspx?id=%2Fsites%2Fwmocpdb%2Feve%5Factivityarea%2FGlobal%20Observing%20System%20%28GOS%29%5F7f452102%2D7575%2De911%2Da98e%2D000d3a44bd9c%2FRRR%2FDocuments%2FUK%2DMetoffice%2DCost%2DBenefit%2DStudy%2D201408%2DFRTR%5F593%5F2014P%2Epdf&parent=%2Fsites%2Fwmocpdb%2Feve%5Factivityarea%2FGlobal%20Observing%20System%20%28GOS%29%5F7f452102%2D7575%2De911%2Da98e%2D000d3a44bd9c%2FRRR%2FDocuments&p=true). Il est nécessaire d'intensifier ce travail, notamment dans d'autres domaines, et les Membres sont encouragés à participer à de nouvelles études.

Une étude récente[[12]](#footnote-13) menée par la Banque mondiale, l'OMM et le Met Office a estimé que l'amélioration de la couverture et de l'échange d'observations de surface pour répondre aux spécifications du ROBM pourrait procurer des avantages socio-économiques mondiaux supplémentaires de plus de cinq milliards de dollars É.-U. par an. En conclusion, les observations en surface devraient être considérées comme un bien public essentiel, sous la supervision du public et l'échange libre au sein des communautés météorologique et climatologique.

**2.4.4 Possibilités Pour créer des synergies et optimiser les systèmes d'observation**

La coopération régionale et mondiale entre les SMHN et leurs organisations nationales et régionales de protection de l'environnement, les instituts de recherche et les universités peut renforcer sensiblement les capacités en fournissant des observations de plus en plus améliorées, ce que les Membres ne seraient pas en mesure de fournir sur le plan national. Les données d'observation collectives peuvent être fournies sur les océans et d'autres zones reculées, des lacunes régionales pourraient être comblées et grâce à des services centralisés tels que le contrôle centralisé de la qualité, un partage de la charge de travail et un meilleur rapport coût-efficacité pourrait être atteint.

On trouvera dans la présente section des exemples de programmes de coopération régionale et mondiale fructueux afin d'encourager les Membres à adhérer à ces programmes ou à favoriser des synergies dans leur Région.

**Observations d'aéronefs**

Le programme AMDAR mondial a été lancé par l'Organisation météorologique mondiale (OMM) et ses Membres, en collaboration avec des partenaires aéronautiques, et a conduit au développement du système d'observation AMDAR. Au début, des programmes AMDAR nationaux ont été mis en place entre les Membres et leurs compagnies aériennes nationales. Le système AMDAR fait appel à des capteurs embarqués, à des ordinateurs et à des systèmes de communication pour recueillir, traiter, formater et transmettre les données météorologiques aux stations au sol par satellite ou par liaison radio. Une fois sur le terrain, les données sont transmises aux SMHN, où elles sont traitées, contrôlées de qualité et transmises sur le Système mondial de télécommunications (SMT) de l'OMM. Par la suite, des programmes régionaux tels que les observations d'aéronefs d'EUMETNET ont été mis en place dans l'intérêt d'un processus optimisé de collecte de données, d'un contrôle centralisé de la qualité et d'une gestion rentable.

L'OMM tient à jour les textes réglementaires et normes internationaux sur le fonctionnement du système d'observation AMDAR et supervise, par l'intermédiaire de ses commissions techniques, la maintenance et le développement du système d'observation AMDAR et du programme de travail sur les systèmes d'observation AMDAR par le biais de la coordination des équipes d'experts des commissions techniques. Les Membres de l'OMM continuent de développer et d'élargir le système d'observation AMDAR conformément aux recommandations du processus d'étude continue des besoins et à la déclaration d'orientation ainsi qu'aux résultats des études d'impact de la prévision numérique du temps. Le  [domaine de développement du programme AMDAR de l'OMM et du programme AMDAR](https://community.wmo.int/activity-areas/aircraft-based-observations) comprend des ressources didactiques sur le développement du programme AMDAR à l'échelle nationale et régionale .

Les données recueillies sont utilisées pour toute une série d'applications météorologiques, notamment la prévision numérique du temps, les prévisions météorologiques destinées au public, la surveillance et la prévision du climat, les systèmes d'alerte précoce pour les dangers météorologiques et, surtout, la surveillance et la prévision météorologiques à l'appui de l'industrie aéronautique.

Pour la prévision numérique du temps, le système AMDAR fournit des profils précis (en cours de montée/descente) à partir du voisinage des aéroports avec une bonne couverture spatiale et temporelle au-dessus des États-Unis, de l'Europe, de l'Australie/Nouvelle-Zélande, de la Chine orientale et de grandes parties de l'Amérique du Sud. Les observations AMDAR au niveau de vol sont disponibles sur les grandes routes de vol. Les observations AMDAR sont de plus en plus complétées par des données d'aéronefs provenant de systèmes réglementés par l'OACI et la gestion du transport aérien (ADS-C et ADS-B/Mode-S).

Alors que le Programme s'est amélioré et fonctionne avec succès en Europe, en Amérique du Nord, en Asie et en Océanie, il reste des zones importantes, telles que l'Afrique du Nord et l'Afrique centrale, l'Europe de l'Est, l'Asie occidentale et centrale, le Pacifique Sud-Ouest et le Moyen-Orient, où la couverture est limitée. L'une des raisons qui expliquent la modicité des fonds alloués dans ces régions pour l'expansion du programme.

Reconnaissant les avantages des données AMDAR, l'IATA et l'OMM proposent d'étendre conjointement le Programme à de nouvelles zones géographiques tout en permettant aux compagnies aériennes participantes de mieux contrôler et d'accéder aux données qu'ils fournissent. Le Programme de collaboration AMDAR OMM-IATA (WICAP) permettra d'élaborer et de mettre en place la coopération voulue pour atteindre ces objectifs. Entre autres choses, le WICAP vise à mettre en œuvre un processus plus efficace et simplifié pour que les compagnies aériennes rejoignent et contribuent au Programme, et de mettre en place des processus de financement durable et une structure régionale à l'appui des activités et de l'expansion du programme AMDAR. Cela facilitera également la participation des PMA et des PEID. Grâce à l'établissement de relations commerciales plus efficaces entre les opérateurs du programme AMDAR( SMHN), les utilisateurs de données, les fournisseurs de données et d'autres parties prenantes, une meilleure couverture mondiale des données d'observation d'aéronefs sera assurée, notamment en mettant l'accent sur l'élargissement des mesures de la vapeur d'eau et des turbulences à l'échelle mondiale.

Dans le cadre du WICAP, le fonctionnement d'un certain nombre d'aspects du programme AMDAR va devenir plus centralisé, notamment en ce qui concerne l'établissement des besoins en données, l'établissement d'accords, le traitement des données AMDAR et le partage des coûts et de l'infrastructure des programmes par les Membres de l'OMM qui choisissent de participer au Programme. Les besoins seront recueillis et analysés par les conseils régionaux de l'OMM, les partenariats avec les compagnies aériennes et les fonctions de traitement des données seront également coordonnés au niveau régional. On trouvera des informations plus détaillées et plus détaillées sur tous les aspects du fonctionnement proposé du WICAP dans l'intégralité du principe de fonctionnement du WICAP, disponible sous forme de [document d'information](https://elioscloud.wmo.int/share/s/0_TQ_vzsRfiFUtRqN0kh5g).

Les conseils régionaux de l'OMM et leurs Membres sont encouragés à poursuivre la mise en place de programmes AMDAR régionaux dans le cadre du WICAP, conformément au plan de mise en œuvre du WICAP. La participation à ces programmes régionaux du WICAP ne remplacera pas dans un premier temps les programmes AMDAR nationaux et régionaux existants, même si l'on s'attend à ce que la migration vers le WICAP soit offerte.

En octobre 2020, les arrangements de travail sur la mise en place et le fonctionnement du WICAP ont été signés entre l'IATA et l'OMM. La poursuite du développement de la mise en œuvre du WICAP est guidée par le JET-ABO, une équipe d'experts relevant du Comité permanent des systèmes d'observation et des réseaux de surveillance de la Terre (SC-ON). Le Conseil d'administration du WICAP, composé de fonctionnaires et de représentants techniques nommés par l'IATA et l'OMM, a tenu sa première réunion début 2021. Il s'agit toujours de l'objectif de mettre en œuvre, d'ici à la fin de 2023, l'intégralité de la gouvernance et des structures opérationnelles régionales du WICAP. On trouvera des informations les plus récentes sur le programme AMDAR collaboratif OMM-IATA sur le [site Web](https://community.wmo.int/activity-areas/aircraft-based-observations/about-wicap) de la plate-forme communautaire de l'OMM.

**EUMETNET**

EUMETNET est un réseau de 31 Services météorologiques nationaux européens, créé pour encourager la collaboration entre les Membres afin d'accroître l'efficacité, l'efficacité et l'influence internationale. Ses principaux domaines d'action sont les observations, les services de prévision et l'aviation. Le programme d'observations d'EUMETNET est la principale activité d'EUMETNET et son objectif est de gérer et de développer le Système européen composite d'observation (EUCOS). Elle contribue également à des efforts d'observation mondiaux plus larges en soutenant le développement et l'exploitation du WIGOS. L'objectif principal du domaine d'activité relatif aux observations d'EUMETNET est d'améliorer les performances du système européen d'observation afin d'améliorer la prévision immédiate, la prévision numérique du temps, la météorologie aéronautique et la surveillance du climat. À la suite de consultations récentes avec les communautés d'usagers européennes, il a été conclu que leurs besoins les plus élevés se rapportaient à l'amélioration de la prévision à l'échelle km.

Outre ces programmes opérationnels, le domaine d'activité relatif aux observations d'EUMETNET fournit également:

1. Un programme de recherche-développement, qui vise à faire progresser la conception et l'évolution d'EUCOS afin de répondre à un besoin croissant d'observations tout en maintenant les coûts futurs à un niveau abordable;
2. Un centre régional du WIGOS chargé de surveiller l'efficacité des réseaux d'observation dans une grande partie de la Région VI de l'OMM et de veiller à ce que des mesures correctives soient prises si nécessaire;
3. Cadre de collaboration entre les Membres sur d'autres sujets d'intérêt commun, notamment le contrôle de la qualité des données, les instruments de surface, la production participative et les opérations de radiosondage;
4. La représentation internationale au nom des Membres, pour soutenir des efforts plus larges à l'échelle mondiale visant à renforcer le WIGOS, contribuer à des initiatives européennes connexes telles que Copernicus et influencer les décisions internationales dans l'intérêt des Membres d'EUMETNET.

Le Service météorologique du Royaume-Uni, qui collabore avec le Service météorologique allemand (Deutscher Wetterdienst), est responsable du domaine d'activité relatif aux capacités des observations d'EUMETNET pour la phase 2019–2023 du programme.

Le Programme opérationnel de l'EUCOS a permis d'accroître considérablement les capacités des Membres qui, collectivement, ne seraient pas en mesure d'exécuter sur le plan national:

1. Fournir davantage d'observations au-dessus de l'océan, optimiser les mesures effectuées par les aéronefs au-dessus de l'Europe, les données sur la vapeur d'eau transmises par les GNSS et de nouvelles données provenant de systèmes européens de profilage du vent et de radars météorologiques;
2. l'amélioration des résultats de la PNT en établissant le Programme d'études EUCOS pour donner des conseils sur la conception des réseaux d'observation– ainsi que l'Équipe scientifique consultative d'EUCOS, diverses études d'impact des données ont été lancées afin de donner des orientations sur la façon de concevoir le système euCOS afin de mieux répondre aux besoins des utilisateurs;
3. Optimiser le futur réseau d'observation en altitude de l'EUCOS en utilisant au mieux le réseau de radiosondage et en intégrant les mesures de profil des aéronefs commerciaux, des profileurs de vent, des radars météorologiques et des vapeurs d'eau intégrées extraites des mesures effectuées au sol par le GNSS – EUCOS coordonne l'harmonisation des réseaux nationaux d'observation en altitude en fonction des besoins mondiaux, régionaux et nationaux;
4. Assurer un service centralisé de contrôle de la qualité grâce à l'amélioration des performances des réseaux grâce aux procédures de contrôle de la qualité et de correction des anomalies de l'EUCOS;
5. Faire partie du WIGOS et faciliter la mise en œuvre des propositions d'évolution de l'OMM pour l'Europe;
6. Partager la charge de travail et les coûts des programmes intégrés;
7. compensation des exploitants nationaux dans lesquels les SMN réalisent davantage d'observations dans l'intérêt de tous.

Selon la Stratégie d'EUMETNET pour les observations 2020-2025, les SMHN européens seraient disposés à élargir l'idée d'EUCOS à d'autres régions. L'expérience acquise en matière de collaboration avec EUMETNET, en particulier dans le cadre d'EUCOS, offre un modèle potentiel de collaboration dans l'intérêt d'autres régions et pourrait contribuer à combler les lacunes des réseaux mondiaux d'observation. Les activités ci-après menées dans le domaine des capacités d'observation d'EUMETNET présentent un intérêt particulier pour combler les lacunes actuelles du système d'observation:

1. OPERA: Les objectifs de ce programme sont d'offrir une plate-forme européenne pour échanger des compétences en matière de radars météorologiques, d'échanger des données radar sur un seul site provenant des quelque 180 radars météorologiques opérationnels de ses membres européens et d'élaborer, de produire et de diffuser des produits composites pan-européens de haute qualité.
2. Profil électronique: le programme E-PROFILE gère le réseau européen de radars profileurs de vent et de lidars automatiques et célomètres pour la surveillance des profils verticaux du vent et des aérosols, y compris les cendres volcaniques.
3. E-ABO: le programme d'observations d'aéronefs effectue des mesures de haute qualité des variables météorologiques en altitude effectuées depuis des aéronefs.
4. E-SURFMAR: le programme E-SURFMAR coordonne, optimise et intègre progressivement les activités européennes relatives aux observations maritimes en surface.
5. E-GVAP: le programme E-GVAP a pour but de fournir à EUMETNET des partenaires européens du GNSS et des mesures de la vapeur d'eau aux fins de la météorologie opérationnelle.
6. E-ASAP: Le service opérationnel E-ASAP d'EUMETNET-ASAP a pour objectif de coordonner et d'optimiser les observations de ballons météorologiques dans les régions océaniques où les données sont rares.

**Autres programmes pilotes spécifiques**

1. Coopération du CR III avec les observations hydrologiques
2. D'autres (peuvent être ajoutés lors de mises à jour ultérieures du document)

**2.4.5 Stratégie Orientations à l'intention des Membres sur les observations urbaines**

Le [Guide sur les services hydrométéorologiques, climatologiques et environnementaux intégrés en milieu urbain (SIU)](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=9903) (OMM-N° 1234) fournit aux Membres de l'OMM une base pour l'élaboration et la mise en œuvre de services urbains intégrés destinés à répondre à la diversité et aux besoins spécifiques des parties prenantes urbaines dans leur pays. Le champ d'application du SIU comprend le climat, le temps, l'environnement (y compris la qualité de l'air et de l'eau, l'écologie, le biote, les gaz à effet de serre) et l'eau. Les SMHN sont les mieux placés pour fournir des SIU en raison de leur expertise, de leur infrastructure et du rôle historique d'alerte précoce.  [On trouvera à l'annexe 5](#_Communication_Plan_on) un exposé détaillé des lacunes des SIU pour le WIGOS.

D'ici à 2050, 80 % de la population mondiale se trouvera dans des centres urbains dotés d'une protection et d'une sécurité de la population, de l'environnement, des infrastructures essentielles et de l'économie. Un phénomène dangereux donné peut entraîner un processus en cascade qui peut avoir des impacts multiformes (par exemple, les inondations entraînent des interruptions de transport ou des pannes d'électricité et perturbent les opérations de sauvetage et de récupération), nécessitant des alertes précoces multidangers cohérentes et précises pour la prise de décisions. Les questions liées au temps, au climat, à l'environnement et à l'eau dominent la conception urbaine et les opérations de gestion des situations d'urgence. Il est donc nécessaire de mettre en place une approche intégrée, sans discontinuité et sans discontinuité du système Terre et de la chaîne de valeur de la prestation de services urbains. L'intégration peut se produire tout au long de la chaîne de valeur, de l'observation à l'étape de la prise de décision.

Les observations urbaines et les produits dérivés sont directement nécessaires pour comprendre les processus et les sciences urbaines, développer des relations statistiques et des paramétrages de modèles ruraux, élaborer des climatologies, pour des alertes précoces, pour une vérification en temps réel, pour maintenir la vigilance des situations, pour les systèmes d'aide à la décision automatisés en aval utilisés pour la gestion des situations d'urgence ou dans d'autres processus décisionnels multidangers.

Les orientations existantes dans tous les domaines d'application du WIGOS sont pertinentes, car les SIU sont multiéchelles et vont de l'échelle mondiale, régionale, régionale, locale (voisine), à la microéchelle spatiale (bâtiment). En outre, la couche limite urbaine est tridimensionnelle et se compose des sous-couches inertielles, rugosité et sous-couches du couvert végétal (~100 m à 2 km). Les processus chimiques de l'atmosphère varient à des échelles spatiales et temporelles encore plus fines (~secondes). Toutefois, les observations et les réseaux urbains diffèrent sensiblement en raison des méthodes d'observation, de l'hétérogénéité des capteurs et des technologies, de l'installation de capteurs multiples, de l'environnement urbain (couverture de surface, bâtis, perméabilité), de la hauteur de mesure multiple due aux problèmes locaux d'obstruction ainsi qu'à l'ensemble des variables.

Une information détaillée sur l'environnement urbain et une classification normalisée est fondamentale pour comprendre la représentativité des observations, définir les exigences en matière de mesure et de site et comparer et transmettre efficacement les résultats scientifiques. Une action internationale fondée sur la communauté internationale pour acquérir et diffuser des informations sur les zones climatiques locales et les micro-milieux urbains a été lancée (Outils de portail de données mondiales sur les zones urbaines et d'accès). Ces informations sur l'environnement, ainsi que les informations sur l'instrument et le site, et peut-être les données sur le vent, doivent être incluses et fréquemment mises à jour dans les métadonnées.

Peu de SMHN disposent de stations météorologiques urbaines alors que de nombreux organismes de l'environnement ont déployé des stations de haute qualité de l'air équipées de capteurs météorologiques. Certaines municipalités ont déployé des réseaux de stations météorologiques compactes; La plupart des cours d'eau et certains réseaux d'égouts en milieu urbain sont jurtés; Des projets de recherche, des projets de démonstration et des bancs d'essai ont déployé des réseaux de télédétection et de technologies in situ; et les véhicules mobiles disposent de capteurs météorologiques ou de contrôle de la température de l'air lorsqu'ils combinent peuvent fournir des observations de niveau de base et de référence. Les technologies de la production participative comprennent les tours à hyperfréquences de téléphonie cellulaire, les technologies des véhicules (température, détecteurs de précipitations pour l'activation du wigos, les lidars, les radars et les caméras pour l'assistance au conducteur), les téléphones portables (température, pression, UV), les applications de production participative (messages météorologiques, activité Twitter, Instagram) peuvent fournir des observations de niveaux complets tout au long de la chaîne de valeur pour permettre une vérification des SIU à fort impact. L'intégration de ces réseaux permettra de renforcer les capacités, d'accroître les capacités, de réduire les doublons et les coûts. À mesure que les SIU évoluent, les attentes en matière d'exactitude vont augmenter la surveillance de facteurs supplémentaires (p. ex. accumulation de débris qui bloquent les égouts et les rivières urbaines) qui nécessiteront la mise au point de nouvelles technologies et une adaptation adaptée au système de prévision. Compte tenu de l'ampleur des problèmes, des stations urbaines de référence sont nécessaires pour résoudre les problèmes d'interprétation et de qualité des données.

La conception des réseaux d'observation dépend des exigences en matière de services. Bien qu'il existe de bons exemples précis de SIU, la mise en œuvre du SIU peut être considérée comme marginale à l'échelle mondiale. Des activités sont en cours pour officialiser les exigences en matière d'observation, de métadonnées et de services. La gestion, la connaissance des données et produits de l'IUS et l'accès à ceux-ci, les mécanismes d'échange, la propriété intellectuelle, la vie privée, l'accélération de la recherche à l'exploitation et à l'exploitation aux services, et les avantages mutuels de l'intégration et des partenariats tout au long de la chaîne de valeur exigent le leadership, les capacités et le développement des capacités.

**2.4.6 Recommandations Utilisation des nouvelles technologies d'observation**

***2.4.6.1 Orientations sur l'utilisation des nouvelles technologies d'observation en surface***

Une partie de la stratégie du SC-MINT pour l'avenir des mesures environnementales est de fournir des orientations sur la mise en œuvre de nouvelles techniques de mesure et de déterminer les possibilités des nouvelles techniques et techniques de mesure. Les centres principaux, les équipes d'experts et les centres régionaux d'instruments ainsi que les chercheurs continueront de jouer un rôle crucial dans le passage des nouvelles technologies à l'exploitation.

Une condition nécessaire à l'entrée en service de tout nouveau système d'observation est la visibilité et la disponibilité commerciales. En outre, tous les nouveaux instruments et systèmes doivent être testés et évalués dans des conditions opérationnelles réalistes sur une période de temps suffisamment longue. Ces essais sont nécessaires pour permettre une évaluation complète de la commodité et de la robustesse de l'exploitation ainsi que pour définir une estimation fiable de l'exactitude des mesures et de la qualité des produits dérivés. La préparation opérationnelle d'un instrument ou d'un système donné peut être classée à l'aide du concept de niveau de préparation à la technologie normalisée. Enfin, tous les coûts de vie et d'exploitation doivent être analysés objectivement car l'accessibilité financière constitue une contrainte majeure et qu'un rapport coûts/avantages acceptable est nécessaire avant que tout nouvel instrument ou système d'observation puisse être mis en œuvre en exploitation.

Un concept de réseau à plusieurs niveaux, créé à l'origine par le SMOC, est désormais envisagé également pour d'autres réseaux par l'INFCOM. Le développement de cette architecture, s'il est adopté, constituera un élément important pour l'évolution du WIGOS. Les centres principaux de mesure pourraient jouer un rôle dans l'examen et l'expérimentation de technologies et de systèmes nouveaux et émergents et élaborer des orientations sur leur utilisation.

Voir aussi [la section 2.1](#_2.1_Synthesis_of) pour l'analyse des lacunes et  [la section 2.5](#_2.5_Actions_with) sur les besoins les plus pressants en matière de développement de la technologie des capteurs.

**Techniques de télédétection au sol**

Plusieurs méthodes de télédétection au sol, à la fois actives et passives, conviennent à la météorologie opérationnelle. Ils peuvent être divisés en longueurs d'onde, soit en « portée optique », y compris l'UV et l'INFRAROUGE, soit en « portée hyperfréquence ». La longueur d'onde utilisée détermine les propriétés physiques de propagation et de diffusion: la portée de mesure des systèmes optiques dépend de l'épaisseur optique de l'atmosphère, tandis que les systèmes de sondage hyperfréquences peuvent généralement pénétrer les nuages et les précipitations. Pour les longueurs d'onde très courtes (UV), la diffusion moléculaire est pertinente. Dans les autres cas, la diffusion se produit principalement aux particules en suspension (aérosols, nuages, précipitations) dans l'air. Pour les longueurs d'onde dans la gamme decimetre et pour la diffusion en air clair (indice de réfraction) est utile. Les systèmes passifs analysent le rayonnement atmosphérique généré par les émissions thermiques. Tout prolongement futur du système d'observation à l'aide de systèmes de télédétection doit tenir compte de ces contraintes physiques de propagation des vagues de chaque méthode, qui expliquent en grande partie la plupart des capacités et les limites.

Les méthodes de télédétection peuvent généralement fournir des données à haute résolution temporelle, les méthodes actives fournissant en outre des profils thermodynamiques à résolution verticale des variables thermodynamiques, telles que le vent, la température et l'humidité, ainsi que des informations quantitatives indirectes sur les petites particules liquides et solides (nuages, aérosols) en suspension dans l'atmosphère.

Une nouvelle génération d'instruments de télédétection au sol, souvent appelés « profileurs », est déjà utilisée en exploitation, comme les profileurs de vent (radars et lidars), ou est actuellement en cours d'élaboration, en mettant l'accent sur la mesure de la température, de l'humidité, des aérosols ou des propriétés des nuages.

**Plates-formes sans équipage**

Le rythme rapide du développement technique a permis entre-temps la mise au point de véhicules « robotisés » largement autonomes, la classe la plus importante étant les aéronefs robotisés (UAS), qui couvrent une large gamme de sondes de couche limite entièrement automatisées[[13]](#footnote-14) jusqu'à des aéronefs tels que global Hawk de la NASA [[14]](#footnote-15) (qui ne sont plus en service). Selon leur taille, ces plates-formes d'aéronefs télémétriques peuvent être équipés de capteurs de surface et de télédétection.

Des propositions ont déjà été faites en ce qui concerne l'emploi d'un réseau d'aéronefs d'aéronefs multi-copters autonomes pour établir des systèmes d'observation 3D Mésonets, mais il reste encore à répondre à un certain nombre de questions pratiques, telles que les règlements d'exploitation de l'espace aérien et les limites des conditions météorologiques défavorables. Le bulletin d'information N° 21 de l'ABO contient un résumé des systèmes d'aéronefs aériens en météorologie opérationnelle.

Les systèmes d'aéronefs télé uas à haute altitude et à longue endurance sont particulièrement intéressants en ce qui concerne leur capacité à combler les lacunes dans les zones reculées, notamment en ce qui concerne les phénomènes météorologiques à fort impact.

Les flotteurs Argo, les saildrones, les bouées ancrées et dérivantes, les limnimètres, les radars haute fréquence (HF) et les capteurs embarqués sur des animaux sont des exemples de plates-formes non dévissées pour les applications océaniques. D'autres exemples de véhicules sans équipage sont des flotteurs de type Argo et d'autres véhicules semblables pour évaluer l'épaisseur de la glace de mer.

La Commission des infrastructures a adopté un plan de démonstration mondial sur l'utilisation des systèmes d'aéronefs d'aéronefs sans équipage dans le domaine de la météorologie opérationnelle (voir [la décision 5.1.1(7)/1 (INFCOM-1(III)).](https://meetings.wmo.int/INFCOM-1-III/_layouts/15/WopiFrame.aspx?sourcedoc=/INFCOM-1-III/English/2.%20PROVISIONAL%20REPORT%20(Approved%20documents)/INFCOM-1(III)-d05-1-1(7)-UAS-DEMO-approved_en.docx&action=default) Les Membres qui souhaitent participer au projet de démonstration sont invités à prendre contact avec le Secrétariat de l'OMM.

**Préparation technique des nouveaux systèmes d'observation**

Du point de vue des bonnes pratiques de gestion, il est toujours nécessaire d'examiner les performances des instruments individuels avant d'être mis en œuvre de manière opérationnelle. L'identification claire du principe de la mesure – télédétection directe ou télédétection et la méthode de transducteur physique elle-même sont importantes pour déceler rapidement les problèmes de conception technique qui peuvent être résolus.

L'aptitude d'un instrument donné à une utilisation opérationnelle peut être classée à l'aide de l'outil de gestion du niveau de préparation technologique ([TRL](https://en.wikipedia.org/wiki/technology_readiness_level)). L'attribution d'instruments dans le TRL peut présenter des défis et devrait être effectuée sous la forme d'un ensemble clair de critères clairement définis qui soient dépourvus d'ambiguïté et objectifs, le plus possible:

1. Système réel éprouvé dans l'environnement opérationnel;
2. Système complet et qualifié;
3. Démonstration du prototype de système dans un environnement opérationnel;
4. La technologie démontrée dans un environnement pertinent;
5. Validation de la technologie dans un environnement pertinent;
6. Validation de la technologie en laboratoire;
7. Validation expérimentale du concept;
8. Concept technologique formulé;
9. Principes de base observés.

Toute analyse réussie doit montrer une disponibilité suffisante des instruments techniques (par exemple > 95 % au cours d'une année), une exploitabilité à l'extérieur du tout temps, ainsi qu'une disponibilité et une qualité suffisantes des données qui sont « adaptées à l'usage » - liées aux critères énoncés dans OSCAR/Besoins.

***2.4.6.2 Stratégie et plan pour l'utilisation des mégadonnées, de la production participative et d'autres sources d'observation émanant du secteur privé, du grand public et des tiers***

Ces dernières années, l'exploitation de méthodes modernes axées sur les données (intelligence artificielle, apprentissage approfondi) et l'utilisation des données issues de la production participative ont attiré l'attention sur les applications de prévision immédiate. Bien que la disponibilité des données traditionnelles de surface et de télédétection reste d'une importance majeure, ces données supplémentaires peuvent ajouter des informations, notamment à des échelles géographiques et temporelles plus fines. L'utilisation de ces données dépend généralement des exigences et des priorités nationales du SMHN et repose sur des contrats individuels. Voici quelques exemples de sources de données provenant du secteur public et du secteur privé, de données non conventionnelles et de production participative:

1. Données provenant d'institutions publiques;
2. Pression et autres valeurs des smartphones;
3. Capteurs dans les véhicules;
4. Capteurs d'Internet des objets;
5. Contribution du grand public;
6. Estimations des précipitations à partir de l'atténuation des liaisons de communication;
7. Systèmes de localisation des éclairs;
8. Réseau GNSS au sol pour l'eau précipitable totale;
9. Petits systèmes d'aéronefs sans équipage pour la livraison des paquets et des envois de colis;
10. Observations opportunistes réalisées par l'industrie maritime et véhicules d'observation sans équipage dans l'océan;
11. Constellations de petits satellites fournissant GNSS-RO.
12. et d'autres.

En général, les données issues de la production participative sont fournies ou recueillies gratuitement, mais les gouvernements peuvent choisir de contracter un agrégateur pour acquérir à partir de systèmes ouverts, effectuer un contrôle de la qualité et fournir au gouvernement dans des formats appropriés via des voies de communication spécialisées en temps réel, en lieu et place de la création de capacités internes.

Aux États-Unis d'Amérique, les exemples ci-dessus peuvent être élargis pour inclure des observations environnementales qui sont de nature conventionnelle, mais qui ne proviennent pas de réseaux exploités par le gouvernement national, qui fournit l'épine dorsale des capacités d'observation. Un exemple est celui des mésonets exploités par les gouvernements publics ou le secteur privé. Il s'agit de systèmes d'observation de qualité supérieure qui entretiennent une infrastructure de qualité et fournissent des observations de qualité et des métadonnées correspondantes. En règle générale, le coût de l'acquisition des données fournies par ces systèmes offre un avantage économique par rapport au bâtiment du gouvernement fédéral et à l'entretien des réseaux fédéraux. Les mésonets ont maintenant dépassé la fourniture d'observations météorologiques standard en surface et fournissent des profils verticaux à partir de la télédétection au sol, le comblement des lacunes dans les radars à courte longueur d'onde sous l'égide nationale Doppler, et de nombreuses variables se rapportant à la surface et à l'hydrologie des terres émergées, y compris l'humidité du sol et la température à de multiples profondeurs, ainsi que les composantes du rayonnement de surface et du bilan énergétique.

De la production participative de données ubiquitaires et gratuites, mais de données de moindre qualité, aux réseaux professionnels, privés et non fédéraux de haut niveau, l'objectif est de combler les lacunes dans les capacités centrales nationales en créant des partenariats public-privé qui offrent un avantage financier au gouvernement par rapport au renforcement et à l'exploitation d'une capacité gouvernementale. Cela nécessite des compromis qui, le plus souvent, ont des répercussions sur les catégories de droits et de redistribution des données et ont des répercussions sur la capacité d'échanger des données avec des partenaires mondiaux, comme cela est décrit plus en détail ci-dessous.

**Capteurs à faible coût pour l'observation de la composition de l'atmosphère**

De nouvelles sources de données sur la composition de l'atmosphère sont émergentes et l'information est de plus en plus produite par des capteurs à faible coût. Une étude récente des experts des centres mondiaux de mesure de la composition de l'atmosphère disponible sur le marché a conclu que ces centres ne devaient pas être considérés comme des remplacements pleinement opérationnels des systèmes de mesure plus perfectionnés et devraient être utilisés avec prudence (Rapport de l'OMM N° 1215: Une mise à jour des capteurs à faible coût pour la mesure de la composition de l'atmosphère, éditée par Richard E. Peltier, décembre 2020). Alors que les unités des LCS peuvent fournir des données utiles et constituer une occasion d'élargir les connaissances sur les conditions environnementales locales, elles ne sont pas encore au niveau de robustesse dans lequel une surveillance de référence est nécessaire. Cela s'explique en partie par le fait qu'il reste plusieurs complexités scientifiques à considérer comme la caractérisation complète et une procédure d'assurance qualité et d'étalonnage bien conçues qui doivent être continuellement appliquées. Comme ces technologies se trouvent généralement sur une trajectoire d'amélioration constante des capacités avec les progrès des caractéristiques, un meilleur couplage atmosphérique, une meilleure précision, une qualité et une fiabilité accrues, et, souvent, une baisse des coûts d'achat, leur développement et leur adéquation à différentes applications devraient être évalués régulièrement.

***2.4.6.3 Orientations sur la façon d'établir des partenariats***

Les parties prenantes de tous les secteurs et de toutes les parties de la communauté mondiale dépendent des sorties des modèles mondiaux pour l'élaboration et la prestation de services essentiels. Cela ne peut fonctionner que si les données, tant les observations que les sorties de modèles, sont échangées à l'échelle mondiale. Il importe de combler les lacunes en matière d'observation du système terrestre en renforçant la collaboration entre les SMHN et les communautés partenaires. Les partenariats public-privé et la coopération avec les universités sont importants et ouvriront de nouvelles perspectives tout au long de la chaîne de valeur de la surveillance et de la prévision du système Terre. Afin de tirer le meilleur parti de ces politiques, politiques, lois et modèles commerciaux doivent encore être développés et s'adapter mutuellement.

Au cours des dernières années, l'OMM, en coopération avec divers partenaires, a élaboré une nouvelle approche visant à renforcer la collaboration entre les secteurs public, privé et universitaire qui opèrent dans le cadre de l'entreprise météorologique mondiale. En 2018 et 2019 – lors de la soixante-dixième session de son Conseil exécutif et de la dix-huitième session du Congrès météorologique mondial, l'OMM a affiné les orientations et les politiques visant à encourager et à permettre aux Membres de nouer des partenariats mutuellement bénéfiques et de collaborer avec tous les secteurs et toutes les parties prenantes afin d'améliorer les services météorologiques, climatologiques et hydrologiques destinés aux entreprises, aux particuliers et à la société dans son ensemble. On trouvera des informations détaillées sur les partenariats public-privé, y compris les directives et sur la plate-forme consultative ouverte de l'OMM intitulée « Partenariat et innovation pour le nouveau savoir météorologique et climatologique » sur le [site Web de l'OMM](https://public.wmo.int/en/our-mandate/how-we-do-it/public-private-engagement-ppe).

Les exemples ci-après pourraient aider les Membres à établir des partenariats avec le secteur privé, le cas échéant.

Lors de l'acquisition de données de tiers de sources non gouvernementales, l'objectif est d'obtenir toujours les droits de redistribuer les données à d'autres partenaires mondiaux dans l'esprit de la [résolution 1 (Cg-Ext(2021)).](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=11113#page=9) Cependant, au-delà d'un certain point de prix, cela devient intenable pour les budgets. D'une manière générale, les États-Unis d'Amérique ont pour objectif de sécuriser et de payer les droits de sous-traitance de distribuer aux partenaires mondiaux des données ayant une empreinte mondiale ou des profils verticaux provenant de diverses sources qui sont les plus précieuses pour tous les centres de PNT à l'échelle mondiale. Dans certains cas, les États-Unis financeront intégralement l'achat de ces droits de redistribution; Il s'agit de l'objectif d'accroître l'empreinte de l'achat de données GNSS-RO provenant de sources commerciales. Il s'agit naturellement d'un coût accru parce que le fournisseur de données n'a pas d'autre gouvernement dans leur espace de marché. Un autre modèle est un mécanisme mondial de partage des coûts, qui permet aux gouvernements individuels d'acheter des observations sur leur territoire souverain ou en partenariat avec les SMHN régionaux de l'OMM, et de partager leurs sources les unes avec les autres en temps réel afin d'assurer une disponibilité ouverte de l'empreinte mondiale totale. C'est le modèle du Programme AMDAR mondial de l'OMM.

Dans d'autres cas, les données considérées comme d'utilité limitée pour la PNT à l'échelle mondiale sont achetées avec des droits de redistribution limités à divers niveaux. Les données du Programme National Mesonet sont principalement limitées à l'utilisation de la NOAA, ce qui permet à ces réseaux d'accéder à un marché privé d'utilisateurs de données et d'autres organismes gouvernementaux et à divers niveaux, de l'administration fédérale à l'échelon local. Comme on peut s'y attendre, cela présente le plus grand avantage économique pour la NOAA. Les données sur la foudre, GPS-Met et certaines observations de navires/bouées fonctionnent selon ce modèle limité de droits de données.

Un des particularités des États-Unis par rapport aux autres SMHN est qu'ils ne fournissent pas de produits et de services commerciaux. Ils se réservent le droit, dans les arrangements contractuels, de distribuer librement et ouvertement tous les produits et services de prévision qui intègrent des données de tiers, même s'ils ne conviennent pas de redistribuer eux-mêmes les données d'observation brutes. Cela peut représenter un défi pour d'autres SMHN qui commercialisent des produits et services. Souvent, un fournisseur privé de données d'observation est également sur le marché de la fourniture de produits et de services utilisant leurs propres données, et tout accord avec les SMHN concernant l'utilisation de leurs données d'observation serait peut-être le fait que le SMHN ne crée pas de produits et de services commerciaux dans leur espace commercial.

On trouvera ici un recueil des bonnes pratiques nationales en matière de partenariats public-privé et d'autres ressources connexes.

**2.4.7 Environnement Pérennité des observations**

Le Programme des instruments et des méthodes d'observation de l'OMM définit des normes techniques, des procédures de contrôle de la qualité et des directives pour l'utilisation des instruments et des méthodes météorologiques afin de promouvoir les normes mondiales. Des procédures de sécurité appropriées ont été élaborées pour l'utilisation du mercure et le choix des matériaux de radiosondage.

La Convention de Minamata sur le mercure du Programme des Nations Unies pour l'environnement (OMM-N° 8, Volume I, Ch 1) interdit toute production, importation et exportation d'instruments contenant du mercure. Cet accord est un traité mondial visant à éliminer l'utilisation du mercure pour protéger la santé humaine et l'environnement de ses effets néfastes.

Les observations de la composition de l'atmosphère de la VAG font parfois appel à des emballages de sondes d'ozone biodégradables, en réponse au renforcement de la réglementation environnementale en Antarctique qui limitera les vols de radiosondage d'ozone non récupérés. D'autres pays ont adopté des expéditions pré-payées de sondes trouvées afin de réutiliser et de remettre à neuf les instruments récupérés et d'encourager la protection de l'environnement. Les spectrophotomètres Brewer ont utilisé des commutateurs au mercure dans leurs appareils électroniques, mais ils ont été remplacés par des composants plus respectueux de l'environnement.

Dans le cas des radiosondes, le [Guide des instruments et des méthodes d'observation](https://library.wmo.int/index.php?id=12407&lvl=notice_display#.YlVCrudBxPY)  (OMM-N° 8) donne également des suggestions sur la manière dont la pollution de l'environnement pourrait être réduite.

Dans le contexte du développement futur du ROBM, les incidences environnementales de diverses techniques d'observation ont été examinées et doivent toujours être prises en compte. L'INFCOM a adopté la résolution 4 (INFCOM-1) sur l'avenir du ROBM, qui souligne l'importance de cet aspect. De nombreux Membres ont commencé à adopter des technologies plus propres et durables et l'INFCOM coordonnera d'autres orientations sur cette question. Les Membres sont encouragés à suivre l'évolution de la situation et à appliquer de nouvelles orientations dès qu'elles seront disponibles.

**2.4.8 Risque Gestion et atténuation**

En raison de la COVID-19, de nombreuses observations ont été réduites, utilisées comme éléments d'entrée pour des applications essentielles à l'appui de la prestation de services dans les domaines de l'OMM liés au temps, au climat et à l'eau. L'impact le plus immédiat a été un déclin rapide de la disponibilité globale des observations d'aéronefs. En particulier dans les pays en développement, où un grand nombre de stations d'observation comptent toujours sur l'intervention humaine pour lire des instruments ou transmettre des données d'observation, on pourrait voir les répercussions sur la disponibilité des observations en surface. Le système d'observation maritime a également été touché, en particulier par les navires participant au Programme de navires d'observation bénévoles (VOS).

Cela a montré à nouveau l'importance de la résilience au sein du système d'observation et de la nécessité d'y remédier, grâce à la planification des réseaux et au développement équilibré des systèmes d'observation entre les différentes composantes du système. Des réductions considérables ont été enregistrées pendant la pandémie, par exemple en ce qui concerne les observations d'aéronefs, les systèmes d'observation de l'océan et les réseaux d'observation en surface, en particulier les stations d'observation dotées de personnel.

Ces répercussions de la COVID-19 sur le fonctionnement des systèmes d'observation du WIGOS et la disponibilité des données ont été analysées dans le Bulletin de l'OMM (Volume 69(2)[[15]](#footnote-16)). De même, le GOOS a lancé en avril 2020 une enquête sur les impacts de la COVID-19 afin d'[[16]](#footnote-17)évaluer et de prévoir l'impact de la pandémie sur les observations océaniques mondiales.

Comme l'atténuation de leurs effets, certains Membres ont réagi à ces lacunes en matière d'observations en augmentant par exemple la fréquence des lâchers de radiosondes afin d'atténuer les effets de la réduction des observations d'aéronefs. En outre, au moins deux entreprises privées ont mis gratuitement à la disposition de certains centres de prévision numérique du temps des données supplémentaires pendant le pic de crise. Compte tenu des contraintes commerciales et opérationnelles imposées par la dépendance à des données de tiers telles que celles dont ils disposent, les Membres ont besoin d'investir dans des observations essentielles qui sont effectuées uniquement pour répondre aux besoins des services météorologiques, climatologiques, hydrologiques et environnementaux. La crise de la COVID-19 met également en évidence l'intérêt d'une redondance dans les systèmes de mesure, où la même variable peut être mesurée par plus d'une technologie ou d'un instrument, et l'importance de la conception et de la mise en œuvre de stratégies d'observation adaptatives. L'expérience acquise collectivement pendant cette pandémie peut être utilisée pour renforcer la résilience dans le système d'observation. À cet égard, le Conseil exécutif de l'OMM élabore des orientations et des orientations préliminaires sur le fonctionnement et l'entretien des systèmes des Membres touchés par la COVID-19 sont disponibles dans l'annexe 2 du projet de décision 3.1/1 (EC-74).

**2.5 Mesures hautement prioritaires concernant l'évolution des systèmes d'observation depuis l'espace et en surface**

Les principales lacunes en matière d'observation et recommandations sur la manière de les combler ont été recensées dans les sections précédentes. En outre, les recommandations issues des ateliers de prévision numérique du temps sur l'impact des observations ont été analysées en fonction des contributions des composantes spatiale et de surface du système d'observation afin d'améliorer la qualité des prévisions.

La présente section présente des recommandations aux Membres afin d'aider les Membres à hiérarchiser leurs mesures visant à faire évoluer les systèmes d'observation afin d'atteindre les Perspectives pour le WIGOS à l'horizon 2040. Nous rappelons qu'en 2018, un sous-ensemble de 10 mesures de ce type a été adopté par le Dix-huitième Congrès météorologique mondial [(résolution 40 (Cg-18)](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=9827#page=144)) (voir l'annexe 3) comme points prioritaires issus du Plan d'action pour l'évolution des systèmes mondiaux d'observation. Compte tenu des derniers développements tels que la nouvelle structure de l'OMM, le plan de travail des comités permanents de l'INFCOM, récemment lors de sa session extraordinaire de 2021, a adopté le Règlement technique (robM, Politique unifiée de l'OMM pour l'échange international de données sur le système Terre), les listes d'action egoS-IP ont été examinées par l'Équipe d'experts conjointe de la Commission des infrastructures pour la conception et l'évolution des systèmes d'observation de la Terre (JET-EOSDE) et celles qui restent pertinentes et urgentes ont été incluses dans les recommandations ci-dessous.

L'approche axée sur le système Terre est un aspect essentiel de la Stratégie de l'OMM. Un éventail croissant de systèmes d'observation intéressent les domaines d'application de l'OMM. Au cours des dix dernières années, les progrès scientifiques et techniques ont fait progresser la physique des modèles et la capacité de calcul disponibles, de telle sorte que la capacité actuelle d'améliorer la qualité, la résolution et l'horizon temporel des prévisions météorologiques et climatiques est la disponibilité des données. Cela inclut les données des domaines du système Terre traditionnellement exclus en raison des limites des modèles et des capacités. Les modèles mondiaux actuels de prévision numérique du temps ont besoin de données issues de diverses composantes du modèle du système Terre, ce qui nécessite davantage d'observations de l'atmosphère, des profondeurs océaniques, des océans et des terres émergées, des cours d'eau et des lacs, de la composition de l'atmosphère, des glaces de mer et de la cryosphère en général.

La Perspective d'avenir du WIGOS à l'horizon 2040 présente un scénario probable sur la manière dont les besoins des utilisateurs en matière de données d'observation peuvent évoluer au cours des prochaines décennies. Avec ces informations, les SMHN, les agences spatiales et d'autres concepteurs de systèmes d'observation pourront adopter leurs activités de planification en conséquence pour développer les composantes spatiales et de surface du WIGOS. Le document d'orientation de haut niveau actuel met l'accent sur le calendrier des cinq prochaines années et donne des recommandations sur les activités nécessaires à ce jour.

Compte tenu de ces priorités et des nouvelles orientations stratégiques claires de l'OMM, et considérant que la PNT à l'échelle mondiale est considérée comme un domaine d'application fondamental pour l'approche du système Terre, les mesures ci-après, qui reposent sur les connaissances d'experts des domaines d'application et du Groupe de travail sur le HLG du JET-EOSDE, sont recommandées lors de la mise en œuvre du WIGOS au cours des cinq prochaines années (la numérotation des tableaux est destinée à suivre les objectifs, il ne s'agit pas d'une indication de la priorité relative).

| **Recommandations générales à l'intention des Membres pour la période 2023-2027** | | |
| --- | --- | --- |
| **N° de l'action** |  | **Suivi des performances** |
| **1.1** | Mettre en œuvre le concept du ROBM – Tous les Membres doivent mettre pleinement en œuvre le ROBM dans leurs pays respectifs. Grâce à l'appui des partenaires pour le développement et des mécanismes financiers tels que le SOFF, les PMA et les PEID contribuent à l'expansion des réseaux du ROBM sur leur territoire et à des sites d'observation classés par ordre de priorité. | Par le biais du contrôle du SCQDW au centre et au niveau des CENTRES RÉGIONAUX DU WIGOS. |
| **1.2** | Mettre en œuvre la nouvelle politique unifiée de l'OMM pour l'échange international de données sur le système Terre. | En surveillant les centres mondiaux de prévision numérique du temps et le SCQDW. |
| **1.3** | Les Membres (et les agences spatiales) de faire progresser la mise en œuvre des Perspectives pour le WIGOS à l'horizon 2040, par exemple le lidar éolien et un système complet de surveillance du carbone depuis l'espace, ainsi que d'autres problèmes recensés dans le cadre de l'analyse annuelle des lacunes de l'OMM, grâce à la mise en place de capacités supplémentaires d'observation depuis l'espace. | Évaluer l'état des perspectives pour le WIGOS à l'horizon 2040 grâce à une analyse des lacunes de l'OMM sur les capacités actuelles et futures engagées par rapport aux exigences du WIGOS à l'horizon 2040 et présentée aux agences spatiales par le biais du CGMS et du CSO pour examen et inclusion dans le Plan de référence du CGMS et dans les initiatives futures du CSO. |
| **1.4** | Les Membres (et les agences spatiales) de répondre aux besoins en données satellitaires tels qu'ils sont exprimés dans les documents de position de l'OMM, comme l'INFCOM, a approuvé les « Besoins en données satellitaires pour la PNT à l'échelle mondiale », pour les domaines d'application pertinents, via la coordination, principalement par le biais du CGMS, mais aussi du CS CEOS. | Mesurer la disponibilité et l'échange des données satellitaires essentielles et recommandées (conformément à la résolution 1/2021), comme indiqué dans les documents de position par rapport à la mise en œuvre réelle de la composante spatiale, telle qu'elle est saisie dans OSCAR/Espace. |
| **1.5** | Veiller à ce que tous les exploitants qui produisent des observations le fassent conformément aux règles et normes du SIO et du WIGOS. | Surveillance opérationnelle du SIO, centralisée et dans les centres mondiaux et régionaux de prévision numérique du temps. |
| **1.6** | Pour appuyer la mise en place d'un concept de réseau à plusieurs niveaux par l'INFCOM – LE SMOC et le WIGOS, les deux ont recommandé que les réseaux fassent partie d'un système à plusieurs niveaux de réseaux, afin d'inclure de nouvelles sources de données en partenariat avec le secteur privé et des tiers. Les travaux relatifs au GRUAN, au GSRN, au ROBM et au ROBR seront essentiels pour que les niveaux supérieurs (référence et référence) soient remplis. | Disponibilité accrue des stations du GRUAN et du GSRN, suivies par les réanalyses climatologiques, les centres de prévision numérique du temps et le SCQDW. Délégation nationale des capacités d'observation à des niveaux (nombre de stations). |
| **1.7** | Les Membres de prendre des mesures continues pour protéger les fréquences radioélectriques hyperfréquences pour les applications météorologiques, notamment en participant activement à la préparation de la prochaine Conférence mondiale des radiocommunications prévue en 2023 et 2027. | Bandes de fréquences d'observation disponibles /non disponibles avec le niveau requis de protection. |
| **1.8** | Les Membres d'informer le SC-ON de tout usage ou application météorologique existant et futur concernant le domaine des fréquences. | Veiller à ce que toutes ces nouvelles exigences soient bien connues et protégées au niveau international. |
| **1.9** | Favoriser l'établissement de normes et de pratiques exemplaires pour plusieurs types de mesures grâce à la coopération entre pays développés et pays en développement, à l'amélioration de la formation et à la mise en commun de l'expérience acquise. | Disponibilité des données selon OSCAR/Surface. |
| **1.10** | Étudier et mettre au point de nouvelles techniques de mesure dont la liste figure dans l' [annexe 2](#_Annex_2._Statement) | Nombre de nouvelles technologies prototypes utilisées. |

| **Recommandations adressées aux Membres sur l'évolution des systèmes d'observation  pour la période 2023-2027** | | | |
| --- | --- | --- | --- |
| **N° de l'action** |  | **Suivi des performances** | |
| **2.1** | Échanger à l'échelle internationale toutes les observations qui ont un impact positif sur la PNT à l'échelle mondiale, conformément au ROBM et à la nouvelle politique unifiée de l'OMM pour l'échange international de données sur le système Terre, adoptée par le Congrès météorologique mondial à sa session extraordinaire d'octobre 20212021. | Disponibilité des données selon OSCAR/Surface et OSCAR-Espace. Indicateurs de suivi normalisés utilisés dans la prévision numérique du temps et le SCQDW | |
| **2.2** | Disponibilité en temps voulu et distribution plus large de plusieurs types de mesures in situ et par télédétection. Des exemples particuliers sont les profils du vent à tous les niveaux disponibles, en particulier dans les tropiques, et les profils de température et d'humidité aux hautes latitudes et zones terrestres peu peuplées. En outre, des données plus précises sur la composition de l'atmosphère sont nécessaires. | Disponibilité des données selon OSCAR/Surface et OSCAR-Espace. Indicateurs de suivi normalisés utilisés dans la prévision numérique du temps et le SCQDW | |
| **2.3** | De redoubler d'efforts pour combler les lacunes en matière de couverture mondiale des observations en surface. Mettre l'accent sur davantage d'observations de l'épaisseur de la glace de mer, de l'épaisseur de la neige, de l'équivalent en eau de la couverture neigeuse, de l'humidité du sol et de la salinité de surface des océans. | Disponibilité des données selon OSCAR/Espace et OSCAR-Surface. Indicateurs de suivi normalisés utilisés dans la prévision numérique du temps et le SCQDW. | |
| **2.4** | Diffusion à l'échelle mondiale des mesures de radiosondage – Données BUFR haute résolution provenant de tous les sites, y compris les radiosondes exploitées pendant des campagnes uniquement, fournir des mesures provenant de radiosondes descendantes, protéger les radiosondes en des lieux éloignés ou réactiver des stations de radiosondage muettes. | Nombre de stations de radiosondage qui signalent en BUFR. Nombre de profils décroissants disponibles sur le SMT. Disponibilité des données selon OSCAR/Surface. Indicateurs de suivi normalisés utilisés dans la prévision numérique du temps et le SCQDW. | |
| **3.6** | « Mettre au point des techniques novatrices de profilage in situ qui permettent d'effectuer des mesures aérologiques à moindre coût et à grande échelle; » | | Application de techniques de mesure innovantes telles que le système de sondage dérivant à retour d'excursions. [Chine] | |
| **2.5** | Établir un réseau de stations de profilage par télédétection – Réseau de stations de profilage par télédétection à mettre au point pour compléter les systèmes d'observation par radiosondage et par aéronef, assurer l'échange régional et mondial de données de profilage. | Nombre de stations de profilage fournissant des données en temps réel au SIO/SMT. Disponibilité des données selon OSCAR/Surface. Indicateurs de suivi normalisés utilisés dans la prévision numérique du temps et le SCQDW. | |
| **2.6** | Diffusion plus large des données des radars météorologiques – Il est urgent de normaliser les produits et les formats des données radar. Les données devraient être échangées au moins à l'échelle régionale et un archivage à long terme devrait être établi. Déployer et entretenir des radars météorologiques dans les pays en développement sensibles aux tempêtes et aux inondations. | Nombre de jeux de données de radars météorologiques disponibles dans les centres régionaux de données. | |
| **2.7** | Des efforts soutenus visant à étendre la couverture des données d'aéronef – les observations AMDAR devraient être complétées par des données d'aéronefs provenant de l'OACI et des systèmes réglementés par la gestion du transport aérien tels que ADS-C, ADS-B/Mode-S. Les Membres devraient soutenir la coopération entre l'OMM et l'IATA. Des observations supplémentaires provenant du système TAMDAR devraient être utilisées si possible. Élargir le service d'aéronefs pour une activité du Système mondial d'observation (IAGOS) afin d'améliorer la qualité de l'air et la validation des modèles climatiques. Les Membres sont encouragés à évaluer les nouvelles technologies telles que les systèmes d'aéronefs en aéronefs aéronefs et à prendre des mesures à l'échelon national pour garantir leur fonctionnement juridique. | Nombre d'observations provenant de zones où les données sont rares dans le système de surveillance de l'aéronef. | |
| **2.8** | Intégrer, étendre et soutenir les observations hydrologiques du SOHO conformément aux normes du WIGOS et partager les données à l'appui du système de surveillance hydrologique. | Données/stations partagées par le biais du SOHO. | |
| **2.9** | « Des observations plus et soutenues des varaibles physiques des océans à la fois à la surface et sous la surface de la mer [Royaume-Uni]. » Se concerter avec le programme GOOS Ocean Obs. | JCOMM-OPS et indicateurs de suivi normalisés des centres de prévision numérique du temps. | |
| **2.10** | D'autres études sont encouragées sur le rapport coût-efficacité des systèmes d'observation, c'est-à-dire sur la mesure de leur valeur (ou de leur impact) par rapport à leur coût. | Nombre d'études présentées lors d'ateliers sur l'impact des observations. | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Recommandations spécifiques relatives à la technologie des capteurs pour les Membres pour la période 2023-2027** | | |
| **N° de l'action** |  | **Indicateur de performance** |
| **3.1** | Installer davantage de stations au sol GNSS. | Nombre de stations au sol GNSS disponibles sur le SIO/SMT. |
| **3.2** | Étendre la densité spatiale des profileurs de vent Doppler. | Nombre de stations radar de profilage du vent disponibles sur le SIO/SMT. |
| **3.3** | Évaluer de nouveaux systèmes lidars pour établir régulièrement des profils de la température et de la vapeur d'eau. | Rapports d'essai des équipes d'experts du SC-MINT. |
| **3.4** | Niveau de l'eau et marégraphes pour la surveillance de l'élévation du niveau de la mer. | JCOMM-OPS et indicateurs de suivi normalisés des centres de prévision numérique du temps. |
| **3.5** | Affecter des ressources et un plan d'évaluation des nouvelles technologies dans tous les domaines du système Terre (télédétection, science citoyenne, à faible coût) pour une utilisation systématique en complément des mesures standard. | Pas encore réglé. |
|  |  |  |

| **Recommandations spécifiques relatives aux services urbains intégrés à l'intention des Membres pour la période 2023-2027** | | |
| --- | --- | --- |
| **N° de l'action** |  | **Indicateur de performance** |
| **4.1** | Établir des informations sur l'environnement urbain (couverture terrestre, zones bâties, hauteur du bâtiment, perméabilité de la surface). | Nombre de cartes de classification de l'environnement de agglomération dans la base de données WUDAPT. |
| **4.2** | Créer des stations de référence du SIU intégrées. | Définition des besoins en matière d'observations et de la norme relative aux métadonnées de l'IUS.  Nombre de stations de référence IUS disponibles sur le SIO. |
| **4.3** | Mise en place de réseaux d'observation en milieu urbain grâce à la collaboration et à la coopération et à la démonstration de ces réseaux. | Nombre de projets de démonstration menés ou de bancs d'essai établis.  Nombre d'ateliers sur le développement des capacités des SIU.  Rapport sur le rapport coût-avantages (perspective de la chaîne de valeur) ou le nombre d'alertes/décisions.  Nombre de agglomérations avec des réseaux d'observation du SIU.  Nombre de produits co-design et documentés. |
| **4.4** | Renforcer le soutien aux efforts d'atténuation des émissions de GES dans les villes et d'autres parties prenantes infranationales grâce à une coopération plus étroite avec les Membres. | Nombre de projets pilotes menés.  Déterminer l'impact des activités d'atténuation.  Amélioration des directives en matière de bonnes pratiques. |

| **Recommandations spécifiques relatives aux systèmes spatiaux pour les Membres pour la période 2023-2027** | | |
| --- | --- | --- |
| **N° de l'action** |  | **Indicateur de performance** |
| **5.1** | Faire progresser la composante spatiale du système de surveillance des gaz à effet de serre, y compris la prise en compte de nouvelles technologies telles que le lidar, en collaboration avec IG3IS et d'autres services de mesure des gaz à effet de serre. | Analyse annuelle des écarts entre l'OMM et le CGMS  Utilisation des mesures spatiales dans les services de mesure des gaz à effet de serre |
| **5.2** | Faire progresser la nouvelle génération de satellites GEO, y compris les systèmes perfectionnés d'imagerie, de cartographie des éclairs et de sondage infrarouge à haute résolution spectrale pour l'ensemble de l'anneau géostationnaire; | Analyse annuelle des écarts entre l'OMM et le CGMS |
| **5.3** | Faire progresser durablement la constellation d'occultation radio de l'atmosphère, avec pour objectif à long terme d'assurer durablement des occultations de bonne qualité pour 20000; | Analyse annuelle des écarts entre l'OMM et le CGMS |
| **5.4** | Œuvrer à la cartographie horaire et horaire du rayonnement ultraviolet/vis à partir de l'orbite GEO; | Analyse annuelle des écarts entre l'OMM et le CGMS  Nombre de plates-formes géostationnaires effectuant des mesures pertinentes pour la qualité de l'air troposphérique  Amélioration de la rapidité des observations pour les utilisateurs finals  Indicateurs de partage des données |
| **5.5** | Œuvrer à la réalisation des mesures par diffusiomètre pour obtenir les besoins en matière d'échantillonnage sur 6 heures | Analyse annuelle des écarts entre l'OMM et le CGMS |
| **5.6** | Œuvrer à la réalisation d'observations opérationnelles du vent et des profils des aérosols réalisées au moyen d'un lidar à partir de l'espace | Analyse annuelle des écarts entre l'OMM et le CGMS |
| **5.7** | « Effectuer des observations horaires à l'échelle mondiale en hyperfréquences; » | Analyse annuelle des écarts entre l'OMM et le CGMS |
| **5.8** | « Œuvrer à la continuité des mesures des précipitations et des nuages par radar; » | Analyse annuelle des écarts entre l'OMM et le CGMS |
| **5.9** | Fournir des mesures altimétriques opérationnelles pour la surveillance de la cryosphère aux très hautes latitudes. | Analyse annuelle des écarts entre l'OMM et le CGMS. |
| **5.10** | Améliorer les observations par satellite en tant que partie intégrante du système d'observation. Prendre en compte les besoins en matière d'observation de la composition de l'atmosphère lors de l'élaboration des systèmes de mesure, de la transmission et de l'échange des données. | Utilisation des observations spatiales de la composition de l'atmosphère dans les systèmes de mesure. |
| **5.11** | Assurer la continuité des observations de sondage au limbe INFRAROUGE |  |
| **5.12** | Étudier l'architecture des futures missions de référence absolues d'étalonnage, couvrant le visible et le proche infrarouge, l'infrarouge et le rayonnement hyperfréquentimétrique | Analyse annuelle des écarts entre l'OMM et le CGMS |

Les concepts, les orientations et les exigences en matière d'observation sont en cours d'officialisation, mais il existe un consensus général sur les lacunes, priorités et actions de premier ordre. On trouvera  [à l'annexe 5](#_Annex_5._Integrated) un exposé détaillé des priorités.

[L'annexe 2](#_Annex_2._Statement) de la Déclaration d'orientation intitulée « Gap Overview per Variable » énumère les techniques disponibles pour mesurer les variables requises et fait part de commentaires sur les coûts, la complémentarité des technologies et les aspects liés au développement des capacités.

**2.6 Recommandations sur la politique en matière de données et la disponibilité des données**

Lors de sa session extraordinaire d'octobre 2021, le Congrès météorologique mondial a adopté la résolution 1 sur la politique unifiée de l'OMM en matière de données pour l'échange international de données sur le système Terre. En tant que principe fondamental de l'OMM et en raison des besoins croissants de ses compétences scientifiques et techniques, l'OMM s'engage à élargir et à renforcer l'échange international libre et gratuit de données sur le système Terre. Le Congrès accepte d'adopter une politique unifiée en matière de données pour tous les domaines et disciplines de l'OMM. Le champ d'application de la politique en matière de données couvre les données du système Terre échangées entre les Membres, l'annexe de la résolution énumère l'ensemble minimal de données fondamentales que les Membres échangeront librement et sans restriction. Il recense également certaines données recommandées qui devraient être échangées par les Membres pour soutenir les efforts de surveillance et de prévision du système Terre. L'INFCOM est invitée, en coordination avec la SERCOM et le Conseil de la recherche, à rédiger un projet de Règlement technique à l'appui de la mise en œuvre de la présente résolution jusqu'au Congrès de l'OMM en 2023. Pour de plus amples renseignements, voir la résolution complète.

Le Groupe de travail spécial GODEX-NWP (échange mondial de données pour la prévision numérique du temps) permet d'examiner et de résoudre les problèmes pratiques liés à l'échange de données de toutes les observations du système Terre requises par les centres mondiaux de prévision numérique du temps pour les observations satellitaires et en surface.

**2.7 Coordination des fréquences radioélectriques**

Les services spécifiques de radiocommunication attribués dans le Règlement des radiocommunications revêtent une importance capitale pour les activités météorologiques et environnementales connexes. Ces bandes de fréquences et leur protection sont essentielles pour les données météorologiques recueillies par les systèmes d'exploration de la Terre (y compris la télédétection) et les systèmes d'observation en surface, notamment les radiosondes, les radars météorologiques, les radiomètres et les radars profileurs de vent.

Afin d'assurer l'utilisation à long terme de ces équipements météorologiques, et en particulier en raison des pressions exercées sur le spectre radioélectrique créés par le nouveau déploiement de nouvelles technologies de communication commerciales, les Membres de l'OMM ont tout intérêt à contribuer activement à toute évolution de la réglementation des fréquences radioélectriques à l'échelle nationale, régionale ou internationale et, en particulier, en ce qui concerne la préparation des prochaines conférences mondiales des radiocommunications prévues en 2023 et 2027.

En outre, en raison de la longue période requise pour obtenir de nouveaux droits d'exploitation des futurs systèmes météorologiques, tout nouveau développement ou amélioration impliquant des fréquences radioélectriques pour informer le SC-ON.

1. **Orientations sur l'élaboration d'une stratégie nationale de mise en œuvre des perspectives d'avenir du WIGOS à l'horizon 2040**

Dans la présente section, on trouvera un exemple de la façon dont le Deutscher Wetterdienst (DWD) a procédé pour élaborer une stratégie nationale visant à mettre en œuvre les Perspectives pour le WIGOS à l'horizon 2040. La mise au point des systèmes nationaux d'observation doit être conforme aux objectifs stratégiques nationaux du Service météorologique, compte tenu des besoins de l'OMM. Le processus d'étude continue des besoins de l'OMM et les Perspectives pour le WIGOS à l'horizon 2040 constituent le point de départ de l'élaboration d'une stratégie nationale de mise en œuvre.

Lors de l'élaboration d'une stratégie nationale sur l'évolution des systèmes d'observation, des experts des différents domaines d'application et des experts techniques de la conception et des instruments de réseaux doivent contribuer à la stratégie nationale de mise en œuvre. Cela est très important, car de nombreux aspects différents doivent être pris en compte. Les besoins des utilisateurs doivent être harmonisés avec l'exactitude et la fiabilité des mesures, le contrôle de la qualité et les procédures de contrôle de la qualité, les contraintes financières et les délais de mise en œuvre.

Les sections suivantes donnent un résumé de l'approche adoptée par le DWD.

**3.1 Enquête sur les besoins nationaux des différents domaines d'application**

Intégré dans le Règlement technique et les orientations de l'OMM pour les systèmes d'observation régionaux et mondiaux, le réseau national d'observation doit répondre à des besoins particuliers au niveau national. Ces éléments couvrent les besoins des processus d'alerte et de prévision pour le grand public, les services à l'aviation, la surveillance et la prévision du climat et seront fournis par le biais d'applications de prévision immédiate, de prévision numérique du temps et de modèles climatiques. La stratégie du DWD englobe plusieurs objectifs dédiés:

1. Mise au point d'un système de prévision sans discontinuité allant de l'observation à la prévision à 12 heures avec une résolution temporelle de 5 minutes pour la télédétection et les données de surface;
2. Amélioration de la disponibilité des données pour les processus de surveillance, de prévision et d'alerte météorologiques, utilisation des données de tiers;
3. Fournir des services améliorés pour la sécurité du trafic aérien et la gestion globale des aéroports;
4. Amélioration de la recherche sur le climat et des services climatologiques grâce à l'acquisition et à l'appui durables des réseaux de référence.

**3.2 Compilation des exigences nationales sans technologie et des principes régissant la conception de réseaux**

Sur la base des exigences nationales énoncées dans la [section 3.1](#_3.1_Survey_of), un résumé des besoins sans technologie a été établi (semblable à OSCAR/Besoins) et, en outre, des combinaisons pertinentes de techniques in situ et de télédétection, y compris des programmes satellitaires susceptibles de répondre à ces besoins.

Les principes régissant la conception d'un réseau d'observation du WIGOS donnent des indications sur différents aspects à prendre en compte lors de la conception et/ou de l'amélioration du système d'observation. En tenant compte de ces besoins, les besoins détaillés du système d'observation ont été définis, tels que le suivi de la disponibilité des données, les exigences en matière de qualité, l'exactitude, la rapidité d'acheminement, l'homogénéité et la durabilité.

**3.3 Concept relatif au développement des capacités nationales d'observation**

Sur la base des informations fournies dans les sections précédentes, une vision d'avenir a été élaborée pour la vision à long terme de l'élaboration du système national intégré d'observation.

La stratégie nationale de mise en œuvre, élaborée sur la base du projet d'avenir, a été divisée en trois axes de développement:

1. Système intégré de prévision;
2. automatisation complète des réseaux d'observation au sol;
3. Combinaison de différentes grandeurs mesurées à partir des mesures effectuées en surface et par satellite pour estimer les variables météorologiques pertinentes (c'est-à-dire l'état du sol, la durée d'insolation).

**3.4 Propositions d'activités pilotes**

Enfin, dans le cadre des lignes de développement, des plans détaillés de projet pour les activités pilotes ont été élaborés, avec des réalisations attendues, des lignes budgétaires, des calendriers, etc.

1. **Possibilités de développement des capacités et orientations fondées sur le Mécanisme de financement des observations systématiques (SOFF) et l'Initiative de soutien aux pays (ISP)**

De nombreux pays en développement et pays à économie de transition ne disposent pas des capacités ou des ressources nécessaires pour fournir les observations de surface essentielles. Il s'agit là d'un défi pour la cohérence et l'homogénéité des observations, en particulier à l'échelle mondiale. Des efforts sont donc nécessaires pour soutenir ces pays, en particulier les PMA et les PEID, en produisant des directives et en organisant des activités de formation et de renforcement des capacités dans leurs Régions respectives, et en les aidant à mettre en place, renforcer et entretenir leur infrastructure grâce à de nouveaux instruments de financement.

**Possibilités de développement des capacités**

Les installations et initiatives telles que le [SOFF](https://public.wmo.int/en/our-mandate/how-we-do-it/development-partnerships/Innovating-finance) et [l'ISP](https://public.wmo.int/en/our-mandate/how-we-do-it/development-partnerships/csi) sont conçues pour évaluer systématiquement les lacunes en matière de capacités et prendre des mesures actives pour renforcer les capacités, en particulier pour les PMA et les PEID. Ces mécanismes sont destinés à être bénéfiques à la fois à court et à long terme. Le SOFF aidera en particulier les pays à produire et échanger des données d'observation de base indispensables à l'amélioration des prévisions météorologiques et des services climatologiques. Il apportera une assistance technique et financière de nouvelles façons – en appliquant des critères convenus à l'échelle internationale et aux exigences du ROBM – afin d'orienter les investissements, d'utiliser l'échange de données pour mesurer le succès et de générer des avantages locaux tout en offrant un bien public mondial. Le SOFF contribuera à renforcer l'adaptation au climat et la résilience dans le monde entier, au profit notamment des plus vulnérables.

La création du SOFF est dirigée par l'OMM, en collaboration avec un large éventail d'organisations internationales, y compris les membres de l'[Alliance pour le développement hydrométéorologique](https://alliancehydromet.org/). L'Alliance rassemble les efforts de grands partenaires pour le développement et le financement de l'action climatique afin de combler le déficit de capacités en matière de prévisions météorologiques, de systèmes d'alerte précoce et d'informations climatologiques de qualité. Les Membres de l'Alliance s'engagent à renforcer la capacité des SMHN à exploiter durablement les systèmes d'observation et l'échange de données qui répondent aux normes de l'OMM en matière de couverture minimale de surveillance et de fréquence de transmission.

Les prévisions météorologiques et climatiques dont dépend la société ne seraient pas possibles sans l'échange international en temps réel des données d'observation en provenance du monde entier. Le ROBM améliorera sensiblement la disponibilité et l'échange international de données d'observation en surface. Cela peut procurer des avantages de plus de 5 milliards de dollars É.-U.12 Annuellement.

Les avantages de l'augmentation des observations de surface au moyen du ROBM seront ressentis dans les régions les plus vulnérables au changement climatique et à ses incidences, notamment en Afrique, en Amérique du Sud, dans le Pacifique Sud-Ouest et dans certaines régions d'Asie. Le ROBM définit l'obligation et la nécessité claire pour tous les Membres de l'OMM d'acquérir et d'échanger à l'échelle internationale les données d'observation de surface les plus essentielles à un niveau minimal de résolution spatiale et temporelle.

Alors que certaines régions fournissent une bonne quantité d'observations de surface, certaines régions du monde, notamment les PEID et les PMA, ne disposent pas d'infrastructures et de capacités importantes pour répondre aux besoins du ROBM. Pour combler ces lacunes, il faut disposer d'un nouveau mode de financement. Le [SOFF](https://alliancehydromet.org/systematic-observations-financing-facility/) est en cours d'établissement pour fournir une assistance technique et financière de nouvelles façons. Le SOFF utilisera l'échange de données comme critère de réussite. Dans sa phase initiale, le SOFF a pour objectif d'aider 68 PEID et PMA à se conformer durablement au ROBM.

Le SOFF apportera son soutien au pays en trois phases. Lors de la phase de préparation, on évaluera l'état hydrométéorologique du pays, les lacunes définies pour le ROBM et un plan élaboré pour combler ces lacunes. La phase d'investissement permet aux pays de combler les lacunes en matière d'investissement et de capacité du ROBM. La phase de conformité soutient une conformité soutenue au ROBM et permet l'accès à des prévisions météorologiques et à des produits d'analyse du climat améliorés.

Lors de la COP 25 en décembre 2019, l'Alliance pour le développement hydrométéorologique a été lancée. La création du SOFF devrait devenir une action hautement prioritaire pour l'Alliance. Pour la période de transition, l'OMM a décidé d'établir l'ISP, en tant que moyen complémentaire d'aider les partenaires pour le développement et le financement de l'action climatique à s'assurer que leurs financements pour les observations répondent aux obligations du ROBM.

Dans le cadre de la conception du ROBM, il est reconnu que les observations ne répondent pas aux exigences du ROBM des PEID et des PMA. Le principal moteur du ROBM est la PNT à l'échelle mondiale, qui définit une « obligation » pour tous les Membres de fournir des observations essentielles répondant aux exigences de base. La « culture du respect des règles », telle qu'elle est préconisée dans le plan relatif au début de la phase opérationnelle du WIGOS (2020-2023), est une stratégie visant à accroître le volume de données échangées et à déterminer dans quelle mesure les données respectent les normes établies par l'OMM. Si de telles approches impliquent un resserrement de la façon dont l'utilisation prévue de l'infrastructure mondiale du système Terre est prescrite aux Membres, les PEID et les PMA pourraient aussi avoir des avantages sous la forme d'un accès aux sorties de modèles de prévision numérique du temps et aux résultats des systèmes d'alerte précoce, y compris des améliorations apportées à la PNT en utilisant des observations plus nombreuses/de meilleure qualité, car les lacunes en matière d'observation sont réduites. La politique unifiée de l'OMM, telle qu'approuvée par le Congrès à sa session extraordinaire de 2021, pour l'échange international de données sur le système Terre vise à assurer un partage aussi équitable des données, qu'il s'agisse des données d'observation ou des sorties de modèles, tant que les données sont identifiées comme étant soit « essentielles » soit « recommandées ». Par exemple, les données de base *comprendront les champs d'analyse et de prévision mondiaux fournis par les systèmes mondiaux de prévision numérique du temps des centres de production désignés du Système mondial de traitement des données et de prévision (SMTDP), tel que spécifié dans le Manuel du Système mondial de traitement des données et de prévision (OMM-N° 485).* Cela présente un grand avantage potentiel dans un contexte de développement des capacités, car il offre la possibilité d'équilibrer les exigences du ROBM en matière d'accès aux observations pour la prévision numérique du temps et les besoins des prestataires en matière d'accès à des prévisions météorologiques de qualité, aux résultats des systèmes d'alerte précoce et aux informations climatologiques.

Ces dernières années, les inégalités et les disparités entre pays développés et pays en développement ont augmenté en ce qui concerne la disponibilité et la capacité de tirer parti des innovations apportées aux technologies de l'information et de la communication et à en tirer parti. Cela s'applique à la fois aux ressources informatiques pour gérer et traiter les données et la capacité des réseaux à partager des données et des informations. L'informatique en nuage est susceptible de changer les choses à cet égard, si elle est mise à profit équitablement, et des initiatives sont en cours pour la démontrer. Par exemple, le Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme (CEPMMT), EUMETSAT et les Services météorologiques nationaux de leurs États Membres) est en cours d'établissement et peut servir de validation du concept du Conseil régional VI. Les observations et les sorties de modèles recueillies sur les plates-formes d'informatique en nuage peuvent être envisagées en tenant compte des points suivants:

1. Dans le cas d'une disponibilité en nuage de i) plus d'observations que possible localement par le biais de systèmes traditionnels de commutation de messages pour un Membre type; ii) sorties de modèles de prévision numérique du temps; iii) autres produits d'observation et de modélisation du système Terre; « iv) fonctions de visualisation/d'affichage (cela est particulièrement utile au début du développement des capacités, afin d'offrir un obstacle aussi faible que possible, par exemple pour accéder aux prévisions sous forme graphique); » v) les ressources informatiques et les cadres logiciels pour créer des flux de travail personnalisés. Cela est utile aux Membres dotés de capacités intermédiaires et avancées pour créer des applications et des informations à l'appui de leurs mandats. vi) données éventuellement archivées; vii) matériel didactique.
2. Développement, exploitation et entretien de la plate-forme d'informatique en nuage collectivement, par le biais d'un consortium de Membres et/ou par l'intermédiaire d'un prestataire de services.
3. Le point technique de défaillance d'un Membre devient, en principe, réduit à la connectivité du réseau au nuage.

Une telle validation du concept et d'autres expériences similaires peut être élaborée et étendue à l'application mondiale, au profit de tous les Membres de l'OMM. Ces stratégies techniques peuvent donc être très utiles pour le partage des données et le développement des capacités.

Les critères permettant d'évaluer le succès, sous la forme de quantités quantifiées d'échange de données, par exemple pour le suivi des activités du SOFF, devraient être bidirectionnels. La disponibilité des observations d'un Membre, dans le but de remplir ses obligations au sein du ROBM, peut être associée à la disponibilité des sorties de modèles de PNT à l'appui de ce Membre. Ainsi, les centres mondiaux de prévision numérique du temps mettent à disposition leurs résultats. Cela est déjà fait dans une certaine mesure, par exemple, le CEPMMT fournit les résultats des modèles de PNT sous forme graphique et prend des mesures pour que ses données de modèle soient disponibles conformément à la politique en matière de données ouvertes. L'augmentation de la disponibilité des sorties de modèles de prévision numérique du temps émanant des centres mondiaux de prévision numérique du temps permettrait d'obtenir des mesures d'incitation et d'équité susceptibles de stimuler la conformité du ROBM et du WIGOS et le renforcement des capacités.

**Offres de formation**

Le Plan relatif au début de la phase opérationnelle du WIGOS (2020-2023) inclut la promotion d'un certain nombre d'activités visant à renforcer les capacités. En particulier, des documents d'orientation, du matériel didactique et des activités de formation sont organisés à l'échelle régionale avec l'appui des CRW et des centres régionaux de formation professionnelle, qui couvrent des sujets tels que la collecte de métadonnées du WIGOS dans [OSCAR/Surface, l'](https://oscar.wmo.int/surface)utilisation du  [Système de gestion de la qualité des données du WIGOS](https://wdqms.wmo.int/) et le Système de gestion des incidents. Ces documents sont disponibles sur le [portail d'apprentissage du WIGOS](https://etrp.wmo.int/course/view.php?id=146).

Le SC-MINT a entrepris d'élaborer et de promouvoir du matériel didactique et de recommander des activités de formation axées sur les compétences dans le domaine des mesures environnementales, des instruments et de la traçabilité, en collaboration avec les CRFP, les centres régionaux d'instruments, les centres régionaux d'instruments maritimes, les centres radiométriques régionaux et les centres principaux de mesure. Plusieurs conseils régionaux de l'OMM ont déjà organisé une série d'ateliers sur le passage aux mesures automatiques au sol et sur la qualité, la traçabilité et la conformité, qui seront étendus à d'autres Régions, selon qu'il conviendra. Ces activités de formation, ainsi que d'autres activités de formation prévues, couvrent des sujets abordés dans le Registre des cadres de compétences pour les instruments, l'étalonnage, les observations météorologiques et le Programme d'observation et la gestion des réseaux. Des exposés et des enregistrements de ces ateliers et du matériel didactique associé sont également disponibles sur le portail d'apprentissage du WIGOS.

Le Centre d'enseignement et de formation professionnelle de la VAG (GAWTEC) est responsable de la formation et de l'enseignement du personnel des stations provenant des stations mondiales et régionales de la VAG en enseignant les techniques de mesure et l'analyse des données, y compris pour les observations de l'ozone au moyen d'instruments Brewer et Dobson et de sondes d'ozone. La VAG parraine également des cours de formation et des ateliers de formation sur les COV axés sur les techniques, les méthodes de mesure, le contrôle de la qualité des données et la communication des données.

Certains pays disposent de stations de réception par satellite ou reçoivent des données satellitaires par le biais du SIO, mais ils n'ont pas les compétences voulues pour tirer parti des informations dont ils ont besoin. Le Laboratoire virtuel pour l'enseignement et la formation dans le domaine de la météorologie sa satellite (en)[VLab](https://www.wmo-sat.info/vlab/)) peut aider; Il s'agit d'un réseau mondial de centres de formation spécialisés et d'exploitants de satellites météorologiques qui collaborent pour améliorer l'utilisation des données et des produits des satellites météorologiques et environnementaux. Le VLab peut continuer de coordonner son action avec le CS CEOS [Groupe de travail pour le renforcement des capacités et la démocratie des données](https://gcc02.safelinks.protection.outlook.com/?url=http%3A%2F%2Fceos.org%2Fourwork%2Fworkinggroups%2Fwgcapd%2F&data=04%7C01%7Cmaudood.n.khan%40nasa.gov%7Ce9fef00d2b72497a75f908d9d54f79c5%7C7005d45845be48ae8140d43da96dd17b%7C0%7C0%7C637775359619322746%7CUnknown%7CTWFpbGZsb3d8eyJWIjoiMC4wLjAwMDAiLCJQIjoiV2luMzIiLCJBTiI6Ik1haWwiLCJXVCI6Mn0%3D%7C3000&sdata=56MfebSgQK5YiIYOqejrRf666yuD46CWCvlpWYUmtLs%3D&reserved=0) « Groupe de travail pour le renforcement des compétences des utilisateurs des pays en développement, en proposant un large éventail de formations sur l'observation de la Terre et leurs applications; » [Calendrier de formation du CS CEOS](https://gcc02.safelinks.protection.outlook.com/?url=https%3A%2F%2Ftraining.ceos.org%2F&data=04%7C01%7Cmaudood.n.khan%40nasa.gov%7Ce9fef00d2b72497a75f908d9d54f79c5%7C7005d45845be48ae8140d43da96dd17b%7C0%7C0%7C637775359619322746%7CUnknown%7CTWFpbGZsb3d8eyJWIjoiMC4wLjAwMDAiLCJQIjoiV2luMzIiLCJBTiI6Ik1haWwiLCJXVCI6Mn0%3D%7C3000&sdata=J0HrVwH3oTpLMtiZn0ByQarfVncMfB74LyBaOq0yi2s%3D&reserved=0). Le calendrier de formation peut être utilisé pour trouver ou promouvoir des formations relatives à un large éventail de thèmes et de contextes géographiques offerts par les membres du CSO et les associés, les membres du Groupe sur l'observation de la Terre (GEO) et d'autres organisations participant à des formations sur l'observation de la Terre. Poursuite de la participation à la [Formation, enseignement et développement des capacités dans le domaine de l'observation de la Terre](https://gcc02.safelinks.protection.outlook.com/?url=https%3A%2F%2Fceos.org%2Feotec&data=04%7C01%7Cmaudood.n.khan%40nasa.gov%7Ce9fef00d2b72497a75f908d9d54f79c5%7C7005d45845be48ae8140d43da96dd17b%7C0%7C0%7C637775359619322746%7CUnknown%7CTWFpbGZsb3d8eyJWIjoiMC4wLjAwMDAiLCJQIjoiV2luMzIiLCJBTiI6Ik1haWwiLCJXVCI6Mn0%3D%7C3000&sdata=XLlRw3hqvEeo4xm8VNa47Gg%2F9NxsNmmTyIBItRma94w%3D&reserved=0) (EOTEC-DevNet), initiative conjointe du CSOT, du CGMS, du GEO, de l'OMM et de l'UNOOSA, est encouragée à répondre à un besoin important de coordonner diverses activités de renforcement des capacités, de sensibilisation et de formation tout au long de la chaîne de valeur, depuis les observations spatiales jusqu'aux services en aval et aux utilisateurs finals.

**Recommandations**

Les recommandations de haut niveau suivantes sont formulées:

1. Les pays développés sont encouragés à mettre leurs résultats de prévision numérique du temps à la disposition des pays en développement conformément à la politique unifiée de l'OMM en matière de données pour l'échange international de données sur le système Terre; Il est possible d'envisager des efforts à l'échelle régionale pour promouvoir des solutions de calcul en nuage à cette fin;
2. Les PMA et les PEID sont encouragés à faire des applications pour renforcer ou poursuivre la mise en place de leur infrastructure d'observation du ROBM au moyen du SOFF, selon les besoins.
3. Il est particulièrement difficile de maintenir les capacités une fois qu'elle est développée, lorsque des efforts ciblés sont déployés sous la forme de projets assortis de ressources associées, de transition vers des programmes d'organisation réguliers qui peuvent ne pas être dotés de ressources adéquates. Il faudrait donc s'efforcer au niveau national d'assurer la viabilité de l'infrastructure du ROBM mise en œuvre.

En outre, les directives suivantes sont proposées pour l'attribution des priorités pour les activités de coopération technique relatives aux systèmes d'observation météorologique (par ordre de priorité):

1. « Mettre en place des projets visant à améliorer/restaurer les capacités d'observation en altitude existantes et à renforcer de nouvelles capacités d'observation en altitude du ROBR, en mettant l'[[17]](#footnote-18)accent sur l'activation de stations d'observation en altitude muettes et sur l'amélioration de la couverture dans les zones où les données sont rares (notamment en ce qui concerne l'achat d'équipements et de consommables, les télécommunications et la formation du personnel); »
2. Étendre la couverture AMDAR aux pays en développement, aux pays les moins avancés et aux PEID afin de compléter les rares observations aérologiques ou d'offrir une alternative rentable aux pays qui ne peuvent se permettre des systèmes coûteux de sondage en altitude, en tirant parti du WICAP (voir [la section 2.4.3](#_2.4.3_Analysis_of)).
3. Mettre en place des projets visant à améliorer la qualité, la régularité et la couverture des observations en surface du ROBR, en mettant l'accent sur l'activation des stations muettes et sur l'amélioration de la couverture des zones où les données sont rares.
4. Mettre en place des projets relatifs à l'introduction et/ou à l'utilisation de nouveaux équipements et systèmes d'observation, notamment lorsque les stations météorologiques automatiques en surface, les stations météorologiques automatiques d'observation en surface, le programme AMDAR, le programme ASAP et les bouées dérivantes sont rentables.

La coopération technique pour parvenir à des communications fiables contribuerait utilement à garantir que les données d'observation, une fois recueillies, pourront être largement échangées.

Enfin, les recommandations suivantes devraient être prises en compte lors de l'évolution des systèmes d'observation dans les pays en développement:

1. Définir les zones géographiques auxquelles il faudrait affecter la priorité aux observations supplémentaires, si des fonds supplémentaires sont disponibles.
2. Accorder un degré élevé de priorité, au niveau régional, à la maintenance d'un réseau minimal de radiosondage avec des performances acceptables.
3. Mettre à profit des activités de sauvetage des données pour préserver les relevés d'observation historiques dans les pays en développement et ceux des stations d'observation anciennes et mettre à disposition des jeux de données portant sur de longues périodes pour des activités telles que la réanalyse, la recherche, l'adaptation, la surveillance et d'autres services climatologiques.
4. « D'encourager les conseils régionaux à définir, en collaboration avec la Commission des infrastructures, des expériences sur le terrain dans des zones où les données sont rares pendant une période limitée, afin d'évaluer dans quelle mesure des données supplémentaires contribueraient à améliorer les résultats à l'échelle régionale et mondiale, en suivant l'exemple de l'analyse multidisciplinaire des moussons en Afrique (AMMA[[18]](#footnote-19)); »
5. Étudier la mesure dans laquelle les stations automatiques pourraient devenir viables et rentables une alternative rentable aux stations manuelles du réseau d'observation en surface et étudier la possibilité d'améliorer la configuration des stations automatiques et manuelles.
6. Suivre les principes régissant la conception d'un réseau d'observation (voir la section 2.2.2.1 et l'appendice 2.1 de la publication OMM-N° 1160) et les pratiques appropriées de gestion des changements lorsqu'elles sont apportées aux systèmes d'observation du climat grâce à une étroite collaboration entre les responsables des observations et les climatologues[[19]](#footnote-20).
7. Pour la prévision immédiate et l'atténuation des risques dans les zones vulnérables, la disponibilité d'une infrastructure de télécommunication robuste (contre les conditions météorologiques extrêmes) pose problème. Utiliser des réseaux de télécommunications robustes.
8. Utiliser le concept de centre régional pour donner accès à des spécialistes qui pourraient assurer la formation et la maintenance de systèmes plus complexes, y compris les SMA.

Un pas important a été franchi lors de la session extraordinaire du Congrès de l'OMM en octobre 2021 en approuvant le projet de résolution 4.2/1 qui approuve la création du SOFF, qui apportera un soutien technique et financier pour la mise en œuvre et le fonctionnement durable du ROBM dans les PMA et les PEID. Le Secrétaire général, en collaboration avec le Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD), le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) et le Bureau du Fonds d'affectation spéciale pluri-partenaires des Nations Unies, afin de poursuivre la création du SOFF en tant que fonds d'affectation spéciale multi-partenaires des Nations Unies, d'urgence.

1. **PLAN DE COMMUNICATION SUR LA NÉCESSITÉ DE RÉPONDRE AUX PERSPECTIVES POUR LE WIGOS À L'HORIZON 2040**

Les mesures prioritaires proposées dans le présent document d'orientation de haut niveau sur l'évolution des systèmes d'observation par satellite et en surface qui figurent dans la section 2.5 ci-dessus doivent être communiquées aux principales parties prenantes et aux agents de mise en œuvre. Les messages clés doivent être communiqués à divers publics cibles afin de les mobiliser efficacement. Au cours de la phase opérationnelle du WIGOS, les SMHN, collaborant avec des partenaires nationaux, seront appelés à assumer une plus grande responsabilité pour la mise en œuvre du SYSTÈME à l'échelle nationale.

Favoriser le respect des dispositions du Règlement technique du WIGOS est une priorité essentielle lors de la phase opérationnelle initiale du WIGOS. Grâce aux indicateurs wigos adoptés par le Conseil exécutif (voir [la décision 4.2(4)/1 (EC-73)](https://meetings.wmo.int/EC-73/_layouts/15/WopiFrame.aspx?sourcedoc=/EC-73/English/2.%20PROVISIONAL%20REPORT%20(Approved%20documents)/EC-73-d04-2(4)-WIGOS-INDICATORS-approved_en.docx&action=default)), les progrès de la mise en œuvre du WIGOS à l'échelle nationale peuvent être suivis. Ces indicateurs permettent d'évaluer plus réalistement le respect par les Membres de la mise en œuvre du WIGOS et de l'évolution des systèmes d'observation. Le plan relatif au début de la phase opérationnelle du WIGOS, approuvé par le Conseil exécutif (voir [ici](https://meetings.wmo.int/EC-73/_layouts/15/WopiFrame.aspx?sourcedoc=/EC-73/English/2.%20PROVISIONAL%20REPORT%20(Approved%20documents)/EC-73-d04-2(1)-PLAN-WIGOS-OPERATIONAL-PHASE-approved_en.docx&action=default)), comprend une section sur la culture du respect des règles en tant que l'une des priorités du plan.

Les principaux messages d'orientation de ce document d'orientation seront communiqués aux parties prenantes et aux agents de mise en œuvre, à savoir:

1. Responsables techniques et cadres des SMHN;
2. Organisations et programmes partenaires internationaux;
3. Organisations partenaires nationales;
4. Agences spatiales;
5. Des partenaires scientifiques issus d'universités;
6. organismes de financement et donateurs.

Pour communiquer le contenu du document d'orientation de haut niveau, il est possible d'utiliser les voies de communication et les activités suivantes:

1. Activités de formation du WIGOS et centres régionaux de formation professionnelle de l'OMM pour l'échange d'informations
2. Centres régionaux du WIGOS;
3. Correspondants nationaux pour le WIGOS;
4. Présentation des résultats des orientations de haut niveau, lorsque des occasions existent, lors d'événements parallèles organisés par des partenaires et d'autres parties prenantes.

Les activités seront régulièrement examinées et mises à jour, en tenant compte des progrès de la mise en œuvre et des retours d'information de toutes les parties prenantes.

**ANNEXE 1**

**Documents, textes réglementaires et documents d'orientation relatifs au WIGOS**

1. **Documents pertinents du WIGOS**

Au cours de la phase de développement et de préopérationnelle (2016–2019) pour le WIGOS, plusieurs documents et outils d'appui, ainsi que des textes réglementaires et d'orientation, ont été élaborés. En outre, un plan relatif au début de la phase opérationnelle du WIGOS (2020-2023) a été élaboré.

Dans la présente annexe, les documents, outils et textes réglementaires pertinents du WIGOS sont reliés et des conseils sont donnés sur la manière dont ils sont reliés.

Le WIGOS est une activité de base et un élément d'infrastructure de base de l'OMM à l'appui de tous les programmes et domaines d'application de l'Organisation. Le WIGOS fournit le cadre mondial, les outils de gestion et de conception de tous les systèmes d'observation participants afin d'optimiser les investissements axés sur les utilisateurs pour que les développements durables puissent offrir des services météorologiques, climatologiques, hydrologiques et environnementaux connexes. C'est particulièrement le cas pour les types d'observations suivants:

1. Observations météorologiques et climatologiques du Système mondial d'observation (SMO) et des réseaux du SMOC;
2. Observations de la composition de l'atmosphère, à savoir la composante Observation de la Veille de l'atmosphère globale (VAG);
3. Observations hydrologiques du Système d'observation hydrologique de l'OMM (SOHO);
4. Les observations de la cryosphère, à savoir la composante Observation de la Veille mondiale de la cryosphère (VMC);
5. Observations océanographiques et de météorologie maritime du Système mondial d'observation de l'océan (GOOS).

On trouvera des informations détaillées sur la page Web du WIGOS: <https://public.wmo.int/en/programmes/wigos> et <https://community.wmo.int/activity-areas/wigos>

On trouvera de plus amples détails sur les plans de mise en œuvre des composantes du WIGOS dans les points suivants:

1. Plan de mise en œuvre de la Veille mondiale de la cryosphère (VMC), version 1.6 (24 janvier 2015) et version 1.7 (19 avril 2016),
2. Plan de mise en œuvre de la Veille de l'atmosphère globale (VAG) de l'OMM pour la période 2016–2023. Rapport N° 228 de la VAG. Organisation météorologique mondiale, 2017,
3. Le Système mondial d'observation à des fins climatologiques: besoins relatifs à la mise en œuvre. SMOC-200. OMM, 2016,
4. Plan de mise en œuvre du Cadre mondial pour les services climatologiques (CMSC). OMM, 2014,
5. Phase II du Système d'observation hydrologique de l'OMM (SOHO) – Plan de mise en œuvre initial, OMM, mai 2018.

Au cours de la phase préopérationnelle du WIGOS de 2016 à 2019, les principales activités ont été articulées autour de cinq domaines prioritaires, à savoir: 1) la mise en œuvre du WIGOS à l'échelle nationale; 2) Que les textes réglementaires du WIGOS sont complétés par les textes d'orientation nécessaires pour aider les Membres à mettre en œuvre le Règlement technique du WIGOS; 3) Poursuite du développement des ressources du WIGOS consacrées à l'information, l'accent étant mis sur le déploiement opérationnel des bases de données OSCAR; 4) L'élaboration et la mise en œuvre du SCQDW; 5) L'élaboration du concept et la création initiale des centres régionaux du WIGOS sont données dans le Plan relatif à la phase préopérationnelle du WIGOS (2016–2019). Le Congrès de l'OMM a pris note en 2018 ([résolution 37 (Cg-18)](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=9827#page=127)) des progrès accomplis pendant la mise en œuvre et la phase préopérationnelle du WIGOS et a décidé que ce système devrait être considéré comme opérationnel à compter du 1er janvier 2020 et devrait être maintenu en tant qu'activité centrale de l'OMM. Par conséquent, la Commission des observations, des infrastructures et des systèmes d'information (INFCOM) a approuvé un plan relatif au début de la phase opérationnelle du WIGOS (2020-2023), lors de sa première session, qui a ensuite été adoptée par le Conseil exécutif à sa soixante-treizième session (voir [ici](https://meetings.wmo.int/EC-73/_layouts/15/WopiFrame.aspx?sourcedoc=/EC-73/English/2.%20PROVISIONAL%20REPORT%20(Approved%20documents)/EC-73-d04-2(1)-PLAN-WIGOS-OPERATIONAL-PHASE-approved_en.docx&action=default)). Les priorités les plus élevées pour le WIGOS au cours de cette période sont les suivantes

1. Mise en œuvre du WIGOS à l'échelle nationale, y compris le développement des capacités, les accords de partenariat et l'intégration des systèmes d'observation dans tous les domaines d'application.
2. Promouvoir le respect des dispositions du Règlement technique du WIGOS.
3. Mise en place du Réseau d'observation de base mondial et des réseaux d'observation de base régionaux.
4. Mise en place opérationnelle du Système de contrôle de la qualité des données du WIGOS.
5. Mise en œuvre opérationnelle des centres régionaux du WIGOS.
6. Poursuite du développement des bases de données OSCAR.

Une priorité élevée sera accordée aux activités qui aideront les Membres à élaborer et à mettre en œuvre leurs plans nationaux de mise en œuvre du WIGOS, en mettant l'accent sur les PMA, les pays en développement sans littoral et les PEID dont les besoins sont les plus élevés.

Le plan relatif au début de la phase opérationnelle du WIGOS (2020-2023) s'appuie sur les capacités développées pendant la phase préopérationnelle. Notant le Plan d'action pour l'évolution des systèmes mondiaux d'observation, le Dix-huitième Congrès invite les Membres et les agents de mise en œuvre désignés à prendre des mesures plus appropriées pour mener à bien certaines activités du Plan d'action, telles qu'elles figurent dans [l'annexe 3](#_Annex_3._Key) du présent document.

Une [stratégie de communication et de sensibilisation](https://community.wmo.int/comms-outreach) a été conçue pour soutenir la mise en œuvre du WIGOS. La Stratégie vise à garantir que toutes les informations pertinentes sur le WIGOS – concept, avantages, incidences, activités de mise en œuvre clés, progrès et défis – sont facilement accessibles à tous les Membres et parties prenantes de l'OMM.

L['étude continue](https://community.wmo.int/rolling-review-requirements-process)  des besoins réunit des informations sur l'évolution des besoins des Membres en matière d'observations dans 14 domaines d'application qui répondent aux besoins de tous les programmes de l'OMM. La comparaison des besoins des utilisateurs et des capacités des systèmes d'observation pour un domaine d'application donné est appelée examen critique. Cet objectif est d'attirer l'attention sur les lacunes les plus importantes entre les besoins des utilisateurs et les capacités des systèmes d'observation dans le contexte de l'application (voir aussi [la section 2.1](#_2.1_Synthesis_of)). Compte tenu de l'approche de l'OMM axée sur le système Terre et de l'évolution des besoins des utilisateurs et du rôle accru du secteur privé, l'étude continue des besoins et ses processus sont examinés par l'INFCOM au cours de l'intersession 2020-2023.

Une compilation détaillée de toutes les variables et exigences pour les différents domaines d'application est présentée dans la base de données OSCAR ([Outil d'analyse de la capacité des systèmes d'observation et d'examen](http://oscar.wmo.int/) de la capacité des systèmes d'observation). De nouvelles versions d'OSCAR/Espace et d'OSCAR-Surface ont été mises en service au cours du second semestre 2020.

Les [Perspectives d'avenir du WIGOS à l'horizon 2040](https://community.wmo.int/vision2040) présentent un scénario susceptible d'orienter l'évolution du WIGOS au cours des décennies à venir, ainsi qu'une vision ambitieuse, mais techniquement et économiquement réalisable d'un système d'observation intégré qui réponde aux besoins recensés en matière d'observations. Il anticipe l'élaboration et la mise en œuvre complète d'un cadre du WIGOS à l'appui de toutes les activités de l'OMM et de ses Membres dans les domaines généraux du temps, du climat, de l'eau et d'autres applications environnementales connexes. Les perspectives visent à répondre aux besoins de tous les domaines d'application avec les programmes de l'OMM et les programmes coparrainés auxquels le WIGOS répond. Selon les perspectives d'avenir, les futurs systèmes d'observation s'appuieront sur les sous-systèmes existants, tant au sol qu'à partir de l'espace, et tireront parti des techniques d'observation existantes, nouvelles et émergentes qui ne sont pas encore intégrées ou pleinement exploitées.

Les SMHN ne sont plus les seuls fournisseurs d'observations météorologiques. En général, divers organismes exploitent maintenant des systèmes d'observation intéressant les domaines d'application de l'OMM. Il s'agit d'un principe du WIGOS qui consiste à intégrer ces observations dans un système global dans la mesure du possible.

Le [ROBM](https://community.wmo.int/gbon) est un élément fondamental du WIGOS. Le ROBM vise en particulier à renforcer les composantes de surface du système d'observation et à répondre aux besoins en matière d'observation qui ne peuvent être satisfaits par les systèmes d'observation par satellite. Elle représente une nouvelle approche dans laquelle le réseau d'observation de base en surface est conçu, défini et surveillé au niveau mondial. Une fois mis en place, le ROBM améliorera la disponibilité des données de surface les plus essentielles, ce qui aura un impact positif direct sur la qualité des prévisions météorologiques. Le site Web de la communauté de l'OMM comprend le concept, un résumé et des exposés sur le ROBM.

Le projet de dispositions relatives au ROBM et le projet de processus de désignation des stations du ROBM ont été examinés lors de la première session de la Commission des infrastructures de  [l'OMM (voir OMM-N° 1251](https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21866), Rapport final abrégé de la session) et soumis à la soixante-treizième session du Conseil exécutif après examen par les Membres. Le projet de dispositions relatives au ROBM a été finalement adopté par le Congrès météorologique mondial à sa session extraordinaire d'octobre 2021. Celles-ci entreront en vigueur le 1er janvier 2023.

1. **Textes réglementaires et d'orientation relatifs au WIGOS**

Le Règlement technique vise à assurer l'uniformité et la normalisation adéquates des pratiques et procédures pour faciliter la coopération entre les Membres en matière de météorologie et d'hydrologie (voir le Règlement technique ([OMM-N° 49](https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=14073#.XmdNhKhKi70)), Volume I – Pratiques météorologiques générales normalisées et recommandées, Partie I – WIGOS.

Le Manuel du WIGOS indique l'obligation, pour les Membres, de mettre en œuvre et d'exploiter le WIGOS. Il facilite la coopération entre les Membres en matière d'observations et assure l'uniformité et la normalisation adéquates des pratiques et procédures employées (Manuel du WIGOS ([OMM-N° 1160](https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=19223#.XmdPOahKi70)), édition 2019)

La version mise à jour du Guide en 2018 présente des éléments pertinents pour certaines des nouvelles règles relatives au WIGOS. Parmi les sujets abordés figurent le nouveau système d'indicatifs de stations du WIGOS, les nouvelles exigences pour consigner et diffuser les métadonnées conformément à la Norme relative aux métadonnées du WIGOS, le nouvel outil OSCAR qui sera utilisé par les Membres pour présenter des métadonnées pour la compilation mondiale de l'OMM et les nouveaux principes relatifs à la conception des réseaux d'observation. Ces principes donnent des orientations aux SMHN sur la façon de concevoir et de faire évoluer leurs réseaux d'observation. Les Membres sont encouragés à suivre les principes de l'OND. Pour l'évolution du Système mondial d'observation entre 2020 et 2023, il est important d'adopter une approche par réseaux à plusieurs niveaux, grâce à laquelle les informations provenant d'observations de référence de grande qualité peuvent être transférées à d'autres observations et utilisées pour améliorer leur qualité et leur utilité. Pour plus de détails, voir le Guide du Système mondial intégré [des systèmes d'observation de l'OMM (OMM-N° 1165](https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=20026#.XmdPY6hKi70)), édition 2017 mise à jour en 2018.

Le Guide des instruments et des méthodes d'observation météorologiques (Guide de la [CIMO](https://community.wmo.int/activity-areas/imop)) donne des conseils sur les bonnes pratiques en matière de mesures et d'observations météorologiques. Il définit des normes techniques, des procédures de contrôle de la qualité et des directives pour l'utilisation des instruments et des méthodes d'observation météorologiques afin de promouvoir le développement et la normalisation à l'échelle mondiale. À l'heure actuelle, les techniques d'observation telles que les instruments de télédétection fonctionnant à bord des satellites et à la surface de la Terre (par exemple les radars météorologiques) constituent la principale source d'information sur l'atmosphère et la surface de la Terre. On trouvera des informations techniques et opérationnelles détaillées sur l'utilisation des fréquences radioélectriques par les systèmes météorologiques dans le Manuel OMM/UIT sur l'utilisation du spectre radioélectrique pour la météorologie ([Manuel sur l'utilisation du spectre radioélectrique](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=3793)). Il est très important que la communauté météorologique défende la bande de fréquences requise contre d'autres utilisateurs commerciaux. Des équipes d'experts de l'OMM, des experts des agences spatiales et des programmes de coopération régionale, comme EUMETFREQ, ont mené de nombreuses études pour protéger les bandes de fréquences et représenter l'OMM au niveau de l'UIT. Ces efforts doivent se poursuivre. En outre, il est primordial que toute nouvelle application ou matériel utilisant les fréquences radioélectriques soit connue à l'échelle internationale (UIT) afin d'assurer la protection voulue. En tant que processus d'élaboration de textes réglementaires à l'échelle internationale, il est indispensable de disposer d'informations préalables aux équipes d'experts de l'OMM pour assurer une protection adéquate. En outre, les efforts déployés par l'Équipe d'experts de l'OMM pour la coordination des fréquences radioélectriques doivent être soutenus par des experts nationaux.

Le WIGOS fournit un certain nombre d'outils qui peuvent être utiles pour la mise en œuvre du SYSTÈME à l'échelle mondiale, régionale et nationale. OSCAR est une ressource développée par l'OMM à l'appui des applications d'observation de la Terre, des études de planification des réseaux et de la coordination mondiale. L['outil OSCAR](http://oscar.wmo.int/) est un inventaire en ligne de toutes les stations et plates-formes d'observation en surface et à partir de l'espace du WIGOS, qui comprend les éléments suivants:

1. OSCAR-Surface et OSCAR-Espace contiennent des informations sur les capacités des systèmes d'observation en surface et depuis l'espace.
2. OSCAR-Requirements contient les besoins des utilisateurs dans tous les domaines d'application à l'appui des programmes de l'OMM, et
3. OSCAR-Analyse servira à comparer ces besoins avec les capacités des systèmes d'observation (étude continue des besoins, examen critique). L'outil est en cours de développement et de nouvelles fonctionnalités et des informations seront ajoutées selon les besoins.

OSCAR-Espace est disponible au Secrétariat de l'OMM depuis 2012, la dernière version 2.6 étant publiée en octobre 2021. Il s'agissait d'une mise à niveau majeure du logiciel, avec plusieurs nouvelles fonctionnalités liées à l'analyse des lacunes et à l'outil de recherche. OSCAR-Espace contient aujourd'hui des informations sur 1 000 instruments. Environ 650 de ces missions sont consacrées à l'observation de la Terre et 350 pour les missions de météorologie de l'espace. Il s'agit d'une source de référence pour les informations conservées par l'OMM au profit des utilisateurs de satellites et des agences d'exploitation de satellites du monde entier.

OSCAR-Surface a été élaboré conjointement par l'OMM et MétéoSuisse depuis 2014 pour les composantes surface, besoins et analyse. Des améliorations sont régulièrement apportées par le biais de versions régulières d'OSCAR/Surface, par exemple, la version d'octobre 2021 a ajouté une fonction permettant d'intégrer automatiquement les informations de surveillance du Système de contrôle de la qualité des données de l'OMM afin de rendre compte du statut opérationnel réel des stations d'observation dans OSCAR/Surface.

Pour en savoir plus sur OSCAR et d'autres outils du WIGOS, consultez le  [portail d'apprentissage du WIGOS](https://etrp.wmo.int/course/view.php?id=146), qui contient un certain nombre de tutoriels et de cours de formation. Il contient du matériel didactique pour OSCAR/Surface, pour le SCQDW et d'autres sujets liés au WIGOS, tels que des vidéos, des présentations, des documents, des liens, etc., ainsi que des ressources fournies lors d'ateliers régionaux de formation.

L'[outil Web du SCQDW](https://wdqms.wmo.int/nwp/synop/six_hour/availability/pressure/all/2020-06-28/18), étroitement lié à OSCAR, est une ressource mise au point par l'OMM et hébergée par le CEPMMT pour suivre les performances de toutes les  [WIGOS.](https://public.wmo.int/en/programmes/wigos) composantes d'observation du

La version opérationnelle actuelle de l'outil Web surveille la disponibilité et la qualité des données d'observation à partir d'informations de surveillance en temps quasi réel émanant des quatre centres mondiaux de prévision numérique du temps participants: le Service météorologique allemand (DWD), le CEPMMT, le Service météorologique japonais (JMA) et les Centres nationaux de prévision environnementale (NCEP) des États-Unis d'Amérique. L'outil établit un lien entre la disponibilité et la qualité des données d'observation en surface fournies par les centres de contrôle du WIGOS avec les métadonnées du WIGOS et les besoins des utilisateurs de l'outil OSCAR, fournissant aux Membres de l'OMM et aux centres régionaux du WIGOS des informations sur les problèmes que posent les réseaux et les stations. Le contrôle de la PNT est actuellement disponible pour les stations terrestres d'observation en surface (messages SYNOP) et les stations terrestres de radiosondage en altitude (MESSAGES TEMP et PILOT).

À sa soixante-neuvième session, le Conseil exécutif a approuvé les indicateurs de suivi de l'état d'avancement de la mise en œuvre du WIGOS à l'échelle nationale, et sur le  [site Web de préparation du WIGOS](https://www.wmo.int/pages/prog/www/wigos/wigos-readiness.html), les progrès accomplis peuvent être suivis (à compter du 1er juin 2019).

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

**ANNEXE 2**

**Déclaration d'orientation: aperçu des écarts par variable**

Le tableau 1 ci-dessous donne un aperçu des lacunes en matière d'observation extraites des déclarations d'orientation des domaines d'application de l'OMM, avec indication des priorités pour les traiter, des technologies disponibles et émergentes, ainsi que des observations ou recommandations à examiner.

**Tableau 1: Variables requises et lacunes des déclarations d'orientation**

| **Variable** | **Domaine d'application et lacunes** | **Technologie disponible pour combler les lacunes** | **Technologies émergentes** | **Commentaires/recommandations (coûts, complémentarité des technologies, volet développement des capacités, développement du ROBM, etc.)** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| vous et v-comp du vent dans le domaine 3D. | **PNT à l'échelle mondiale:**   * Couverture marginale ou médiocre au-dessus de l'océan et terres peu habitées * Très peu d'observations du vent in situ effectuées dans les régions polaires. Dans la basse stratosphère, seules les radiosondes fournissent des informations sur le vent * Avec la mise à disposition de sondeurs hyperspectraux dans l'infrarouge sur des satellites géostationnaires, cela pourrait permettre d'améliorer encore le champ de vent 3D analysé   **PNT haute résolution:**   * Dans de nombreuses régions cependant, l'absence d'observations fiables est évidente. La qualité des données obtenues à partir de profileurs de vent bien entretenus est bonne, alors que la qualité des vents à partir de la technique vaD (Affichage vitesse-azimut) peut être douteuse. * En outre, les données issues de satellites géostationnaires sur le vent donnent des informations acceptables en raison de la fréquence d'observation élevée et de la haute résolution horizontale, bien qu'en général limitée à un seul niveau de vent à peu de niveaux déterminés avec une précision médiocre.   **Prévision immédiate et prévisions à très courte échéance:**   * La couverture éolienne dans les régions polaires est essentiellement absente. * La résolution temporelle des profils de vent par les radiosondes est marginale. * Les vents par satellite sont acceptables pour une précision marginale et la couverture verticale est marginale   **Météorologie aéronautique:**   * Il est possible d'obtenir une plus grande précision dans les prévisions de vent en améliorant la collecte des données d'observation d'aéronefs (par exemple, celles qui proviennent du système AMDAR, ADS-B (surveillance dépendante automatique) et des systèmes mode-S) et observées dans les régions terminales. * En outre, les radars météorologiques à balayage sont souvent confrontés à des problèmes de mesure près de la surface en raison de la présence de nombreux artéfacts non météorologiques qui contaminent fortement le signal. | Radiosondes, ballons-pilotes,  Vents d'aéronefs  Radars profileurs de vent, radars météorologiques, vent, VAD  Mesures du vent Doppler multistatique,  Mesures indirectes du vent: imagerie multispectrale dans le visible et l'infrarouge avec cycles de répétition rapides.  Sondeurs hyperspectraux infrarouges hyperspectraux satellitaires | Mode S (assimilation opérationnelle au Met Office depuis 2020, PNT à l'échelle mondiale et PNT haute résolution, Li 2021)  Lidar Doppler (mission Aeolus assimilée sur le plan opérationnel au CEPMMT depuis 2020 à l'échelle mondiale)  Véhicules aériens sans pilote (UAV) pour un modèle haute résolution.  Lidar Doppler basé au sol, dans la couche limite et dans les nuages optiquement minces  Mesures par radiosondage par descente.  Système de sondage dérivant à retour. [Chine] | Mode S: Données libres, capacité de profilage près de l'aéroport, bonne couverture au niveau de croisière  Aeolus a été conçu dans les années 1990, et censé durer au moins trois ans, de sorte qu'il existe de nombreux aspects de la technologie qui pourraient être améliorés dans une éventuelle mission opérationnelle.  UAV: Altitude limitée (en fonction de la réglementation nationale) MeteoSuisse fait des expériences avec un drone entièrement automatisé allant jusqu'à 2 km. (Leuenberger et al. 2020)  En 2022-2023, l'équipe jet-ABO de l'OMM s'attend à organiser un projet de démonstration mondial axé sur la qualité des données, les normes et les formats des données météorologiques, ainsi qu'une évaluation de l'impact de l'assimilation des données sur la PNT à l'échelle régionale. Collaboration possible avec des tiers utilisant un drone (10 ans)  La technologie laser à diode permet une technique lidar moins coûteuse qu'auparavant. Ne souffre pas comme les radars des échos de sol, de l'attribution des fréquences. Utile pour les aéroports, la météorologie urbaine (Barlow, 2011).  Le lidar Doppler de vent sera équipé d'autres instruments utilisés pour le Projet de démonstration de la recherche (RECHERCHE-développement) Jeux olympiques de Paris 2024.  Une technique novatrice et peu coûteuse de profilage, le système de sondage dérivant à trois niveaux basé sur le système chinois de navigation par satellite Beidou, qui permet d'obtenir des données de sondages étendues et rentables est prête à être utilisée en exploitation. En libérant un ballon-sonde, il fournit successivement le profil vertical ascendant, le profil horizontal flottant et le profil vertical descendant des données de sondage haute résolution. La technique spéciale de profilage est prête à être utilisée en exploitation après plus de 3 000 essais réussis en cinq ans. [Chine] |
| Pression en surface | **PNT à l'échelle mondiale:**   * Couverture marginale ou absente dans certaines régions tropicales et dans l'Arctique * La pression en surface n'est pas observée par les systèmes satellitaires actuels ou prévus, à l'exception de quelques données d'occultation radio et des mesures de soG pour la PNT - 4 – épaisseur optique différentielle de l'atmosphère pour un gaz dont la composition est connue, comme l'oxygène (par exemple, la mission OCO-2 de la NASA)   **Réanalyses à long terme pour les études climatologiques**   * Comme il existe de longues données d'observation in situ de la pression en surface, les données sont principalement utilisées comme données d'observation primaires dans les réanalyses à long terme pour les études climatologiques, et elles aideront ces applications à poursuivre les observations in situ de la pression en surface.   **Applications océaniques:**   * Les navires et les bouées dérivants effectuent des observations standard en surface de plusieurs variables atmosphériques, y compris la pression en surface de la mer. Seuls quelques bouées ancrées mesurent la pression à la surface de la mer. Dans les eaux relativement peu profondes, les plates-formes pétrolières font de même, mais la fréquence et la couverture spatiale sont marginales pour les applications des services maritimes. * La résolution des observations de la pression en surface devrait être accrue afin d'améliorer la précision des prévisions du niveau total de la mer dans les régions côtières et estuaires, en particulier lors de phénomènes météorologiques extrêmes. | Navires, bouées dérivants, bouées ancrées, stations d'observation en surface  Spectromètre NIR | Voiles au-dessus de l'océan | Les études de sensibilité à l'aide de systèmes d'assimilation des données atmosphériques indiquent les données sur la pression en surface de la mer aux latitudes moyennes et élevées , ce qui a des répercussions considérables sur les capacités de prévision météorologique. Mais l'impact des données sur la pression en surface de la mer dans les tropiques n'est pas évident.  Les capteurs de pression sont relativement chers par rapport aux capteurs d'autres éléments atmosphériques de surface standard tels que la température, l'humidité et les vents. Il devient l'obstacle pour l'installer sur des bouées ancrées. |
| Près de la surface et v-comp du vent, sous la forme d'un champ 2D  Généralement à 10 m | **PNT à l'échelle mondiale:**   * Couverture marginale ou absente dans certaines régions tropicales et dans l'Arctique * Les altimètres embarqués sur des satellites polaires ne donnent des informations sur la vitesse du vent qu'avec une couverture mondiale et une bonne précision. Toutefois, la couverture horizontale et temporelle est limitée   **PNT haute résolution:**   * L'interprétation des données locales sur le vent est compliquée en terrain montagneux, où les circulations diurnes locales sont courantes * Les données sur le vent à la surface des satellites en orbite polaire sont très utiles pour les modèles mondiaux, mais leur fréquence temporelle est marginale pour les prévisions à moyenne échelle   **Prévision immédiate et prévisions à très courte échéance:**   * L'interprétation des données locales sur le vent est compliquée en terrain montagneux, où les circulations diurnes locales sont courantes * La mesure du vent peut être bonne localement, mais dans de nombreuses régions, il suffit d'accepter ou même de marginaler les applications de prévision immédiate. * Au-dessus de l'océan, les navires et les bouées fournissent des observations du vent d'une fréquence et d'une exactitude acceptables/marginales   **Météorologie aéronautique:**   * Les profileurs de vent dans la couche limite fournissent des informations utiles sur le cisaillement vertical et la turbulence, mais sont limités dans l'échantillonnage des variations horizontales du vent au-dessus des trajectoires de vol pour alerter le cisaillement du vent. * Les vents du mouvement des nuages sont rarement capables de fournir des données continues dans la couche limite planétaire au-dessus des terres émergées.   **Applications océaniques:**   * Pour le calcul des vagues océaniques, la couverture des données n'est pas suffisante et la précision des données satellitaires sur le vent de surface est insuffisante, en particulier dans la plage de vitesse des vents orageux. | Diffusiomètres à orbite polaire  Navires, bouées,  Radiomètres polarimétriques passifs,  Imageurs hyperfréquences en bande L,  Réseaux locaux d'observation à moyenne échelle  Lidars Doppler et radars météorologiques Doppler d'aérodrome, profileurs de vent dans la couche limite,  Sondeurs hyperspectraux dans l'infrarouge, imagerie dans le visible et l'infrarouge, réalisation d'une bande jour/nuit, missions de réflectométrie GNSS (GNSS-R); » MW passif; Radar à synthèse d'ouverture (RSO) | Missions de réflectométrie GNSS (GNSS-R); MW passif; Sar | On se reportera à la section « tension du vent océanique » pour utiliser les données sur le vent de surface pour forcer les modèles de la circulation générale de l'océan. |
| Température de l'air dans le domaine 3D | **PNT à l'échelle mondiale:**   * Au-dessus de la plupart des terres émergées – océaniques et peu habitées – la couverture des données in situ est marginale ou inexistante   **PNT haute résolution:**   * En ce qui concerne les besoins de la PNT haute résolution dans la couche limite, la résolution verticale des sondeurs satellitaires reste marginale.   **Prévision immédiate et prévisions à très courte échéance:**   * Les systèmes actuels, à l'exception des radiosondes et du système AMDAR/MODE-S, ne disposent pas de la résolution verticale requise pour résoudre le sommet de la sonde de pression, et leur capacité est donc médiocre pour des applications telles que la prévision du lancement de la convection (c'est-à-dire des satellites géostationnaires ou des radiomètres au sol). | Radiosondes, aéronefs, satellites polaires, occultation radio,  Imagerie multispectrale dans le visible et l'infrarouge avec cycles de répétition rapides, sondeurs hyperspectraux ir,  Imagerie dans le visible et l'infrarouge, réalisation d'une bande jour/nuit, imagerie hyperfréquences, sondeurs aérologiques stratosphériques et mésosphériques en hyperfréquences  Mission VIS/NIR/SWIR/IR pour une couverture polaire continue (Arctique et Antarctique) | Raman-Lidar  HSRL-DIAL  Lidar à absorption différentielle  Radiomètre  Mesures par radiosondage par descente.  Système de sondage dérivant à retour. [Chine] | Raman-lidar: disponible sur le plan commercial, des mesures très détaillées des 3 premiers km répondent aux exigences décisives en matière de prévision immédiate. Peut coûter cher pour le déploiement d'un réseau. (Lange 2019). Limitée par les nuages.  RHL: non disponible sur le plan commercial, élaboré par le Centre national de recherche atmosphérique (NCAR) et l'Université d'État du Montana (MSU). (Stillwell et al. 2020). Limitée par les nuages.  Radiomètre. Disponible sur le plan commercial. Résolution verticale médiocre, mais détection de l'inversion de température en km inférieur. Améliorer les capacités verticales dans les conditions arctiques. MétéoSuisse teste actuellement l'impact sur leur modèle haute résolution par assimilation directe des données de température de luminance. |
| Humidité de l'air dans le domaine 3D | **PNT à l'échelle mondiale:**   * disponibles à partir de radiosondes situées dans des zones continentales peuplées et à partir de navires de l'Atlantique Nord (les radars météorologiques d'observation bénévoles( E-ASAP). Dans ces zones, la résolution horizontale et temporelle est généralement acceptable (mais parfois marginale, en raison de la forte variabilité horizontale du champ) * Au-dessus de la majeure partie de la Terre – l'océan et les terres habitées faiblement habitées – couverture est marginale ou inexistante * Les instruments de sondage en orbite polaire fournissent des informations sur l'humidité troposphérique à couverture mondiale. Bien que la résolution verticale des luminances passives en hyperfréquences sensibles à l'humidité n'est sensible qu'à grande échelle   **Prévision immédiate et prévisions à très courte échéance:**   * L'extraction de données sur le champ d'humidité à partir du système de télédétection présente une faible résolution verticale pour le Centre météorologique nationaux du WIGOS * La couverture des radars météorologiques Doppler est marginale car elle repose sur des cibles d'échos de sol (disponibles uniquement près du radar).   **Météorologie aéronautique:**   * Les systèmes de sondage par satellite (sondeurs hyperfréquences) commencent à avoir un impact positif sur les zones océaniques lorsque de telles données sont utilisées pour l'assimilation des données pour la prévision numérique du temps, mais la résolution verticale et la disponibilité régulière des données sont encore jugées insuffisantes pour les besoins de la météorologie aéronautique. * C'est pourquoi les capteurs d'humidité des aéronefs AMDAR deviendront très importants si le problème de sensibilité et d'exactitude à très faible humidité aux niveaux de la haute troposphère et de la stratosphère peut être résolu. | Radiosondes, aéronefs, instruments de sondage en orbite polaire, satellites géostationnaires, radiomètres au sol, AMSU, capteurs multispectrals, radio-occultation radio GNSS (constellation de base), constellation de sondeurs hyperfréquences haute fréquence, uv/VIS/NIR/IR/MW | CADRAN  Raman-Lidar  HSRL-DIAL  GNSS (oblique, tomographie)  Radiomètre au sol  Mais  MODES ANGLE DE COURBURE  Système de sondage dérivant à retour. [Chine] | Le prototype à cadran à large bande de Vaisala a été testé dans un large éventail de climats (Newson et al. 2020, Roininen et Münkel 2017, Mariani et al. 2020, Yeung et al., 2020). Devrait bientôt être disponible sur le marché. Limitée aux 3 premiers km par la quantité d'aérosols et de nuages.  Raman-Lidar et RHH: mesurer la température et l'humidité (voir le commentaire précédent et la référence sur la mesure de la température.  Le GNSS donne une vapeur d'eau intégrée, l'assimilation des retards dans les délais peut propager un peu d'informations verticales, un réseau très dense (espacement de 5 à 25 km) pourrait permettre la tomographie. (Brenot 2014)  Radiomètre au sol: résolution verticale limitée, quantité de vapeur d'eau presque intégrée, comme pour la température Météo suisse évalue actuellement leur impact. (disponible sur le plan commercial)  Radiomètre azimutal à balayage – Scanning azimut radiomètre Themens 2014 (stade de projet) avec un canal supplémentaire dans la région fenêtre peut donner plus de liberté spatiale qu'un radiomètre pointant verticalement, toujours presque intégré  DAR; Radar à absorption différentielle, donne le profil de la vapeur d'eau dans les nuages, en cours de développement au Laboratoire de propulsion jet (JPL), (Roy et al. 2020)  Angle de courbure mode-S: stade de projet. <https://www.meteorologicaltechnologyinternational.com/news/aviation/technique-for-tracking-humidity-through-aircraft-signals-wins-top-european-award.html> |
| Température de l'eau juste au-dessous de la surface. (pas la température radiative de la peau) | **PNT à l'échelle mondiale:**   * La couverture est marginale ou inexistante dans certaines régions de la Terre, mais les améliorations apportées récemment au réseau in situ ont considérablement amélioré leur couverture.   **PNT haute résolution:**   * En raison de l'importante couverture nuageuse, les informations sur la température de la mer fournies par les imageurs IR satellitaires sont très limitées. L'extension de la couverture des bouées et des navires, souvent marginale, peut donc apporter des informations précieuses.   **Prévision immédiate et prévisions à très courte échéance:**   * Mêmes exigences que la PNT à haute résolution du SoG   **Prévisions infrasaisonnières à plus longue échéance:**   * Les navires et les bouées ancrées et dérivantes fournissent des observations in situ avec une exactitude acceptable, mais leur couverture et leur fréquence sont médiocres ou marginales sur de vastes étendues de la Terre. * Les satellites géostationnaires fournissent des données horaires sur la SST avec une résolution de 1 à 4 km. Bien que les données soient absentes dans la zone couverte de nuages, la résolution horizontale et temporelle est acceptable pour résoudre le cycle diurne, mais sa couverture ne s'étend pas aux latitudes plus élevées.   **Réanalyses à long terme pour les études climatologiques**   * La température de surface de la mer est une variable essentielle pour les réanalyses à long terme pour les études climatologiques, ainsi que pour les données sur la pression en surface, car il existe de longues bases de données historiques et qu'elle a des incidences cruciales sur l'état du climat. La poursuite des observations de la SST est également nécessaire pour ces applications.   **Applications océaniques:**   * L'objectif de haute qualité en haute mer est d'obtenir une échelle spatiale de 5 km avec une précision de 0,5 K et une livraison rapide (disponibilité dans un délai d'une heure). Dans les régions côtières, l'objectif est de 1 km avec une précision de 0,5 K et un délai de livraison de 1 heure. * La couverture des navires, des bouées ancrées et dérivantes est marginale ou médiocre dans certaines zones de l'océan mondial pour l'étalonnage des données satellitaires et la validation des produits satellitaires et des champs de modèles. * La couverture des navires, des bouées ancrées et dérivantes est marginale ou médiocre dans certaines zones de l'océan mondial pour l'étalonnage des données satellitaires et la validation des produits satellitaires et des champs de modèles. * Une combinaison de données infrarouges et hyperfréquences est nécessaire, car chacune d'elles présente des propriétés différentes de la couverture et des erreurs. * En outre, les radiomètres hyperfréquences ne peuvent pas être utilisés pour les applications côtières en raison de a) la résolution spatiale relativement grossière et b) la contamination par les signaux terrestres. * L'amélioration de la précision des températures de surface de la mer par satellite dans les zones d'eau peu profonde et à proximité des lisières des glaces de mer contribuera à améliorer les performances des prévisions océaniques. | Navires, bouées, instruments infrarouges et hyperfréquences embarqués sur des satellites polaires  Imageurs géostationnaires à mesurages fenêtres dédoublées, imagerie multispectrale dans le visible et l'infrarouge avec cycles de répétition rapides  Sondeurs hyperspectraux infrarouges, imagerie dans le visible et l'infrarouge, réalisation d'une bande jour/nuit, imagerie hyperfréquences, imagerie hyperfréquences, imageurs hyperfréquences en altitude stratosphérique et mésosphérique,  Mission VIS/NIR/SWIR/IR pour une couverture polaire continue (Arctique et Antarctique) | CIMR – un nouveau capteur à hyperfréquences embarqué à bord d'un satellite ayant une résolution spatiale améliorée (par rapport au SSM/I-SSMIS et à l'AMSR-E – AMSR-E) | Il convient de souligner la nécessité de compléter les mesures IR-MN. Il est nécessaire de mener des activités d'étalonnage vicariant (radiomètres ir à bord de navires, tels que le M-AERI).  Le CIMR offrira une SST de haute qualité et une précision sans précédent des estimations du SIC, ce qui réduira cette source d'incertitude dans les régions polaires. |
| Couverture et épaisseur des glaces de mer. | **PNT haute résolution:**   * L'interprétation des données peut être difficile lorsque la glace est partiellement recouverte d'étangs de fonte. La surveillance opérationnelle de l'épaisseur de la glace sera nécessaire à plus long terme, mais elle n'est pas prévue actuellement.   **Prévision immédiate et prévisions à très courte échéance:**   * Mêmes exigences que la PNT à haute résolution du SoG   **Prévisions infrasaisonnières à plus longue échéance:**   * L'assimilation du SIC observée par des radiomètres hyperfréquences embarqués à bord de satellites tels que SSMI/SSMIS ou AMSRE/AMSR2, etc. est souvent effectuée dans des systèmes de prévision infrasaisonnière à plus longue et a confirmé qu'il a un impact crucial pour reproduire les états initiaux précis des glaces de mer. La capacité d'observation actuelle pendant la saison de gel est suffisante si la qualité actuelle des systèmes de prévision infrasaisonnière à plus longue est considérée. Les erreurs systématiques d'observation en été sont devenues plus mesurables pendant l'été, mais elles entravent encore l'assimilation utile de ces données pendant les mois d'été. * Certains chercheurs indiquent que l'assimilation de l'épaisseur de la glace de mer est efficace pour améliorer la prévision de l'étendue des glaces de mer pendant les saisons de fonte des glaces. * L'épaisseur de la glace de mer in situ est plutôt limitée. * Les évaluations de l'épaisseur des glaces de mer réalisées à l'aide d'observations satellitaires telles que ICESat (Satellite sur la glace, les nuages et l'élévation des terres) ont une haute résolution spatiale mais une largeur étroite de fauchée. CryoSat et CryoSat-2, à l'aide d'un satellite en orbite basse, surveillent les variations de l'étendue et de l'épaisseur de la glace polaire. Les données SMOS sur l'épaisseur des glaces de mer sont limitées à la détection des glaces de mer minces (< 1 m) et présentent des erreurs complexes. Ces produits satellitaires sur l'épaisseur des glaces de mer sont globalement peu précis. Les observations continues sont souhaitables pour être utilisées en exploitation dans les prévisions infrasaisonnières et à plus longue échéance. * L'assimilation de la température de surface de la glace est également testée. Il pourrait avoir des répercussions sur la prévision de l'état de l'atmosphère dans les régions polaires et subpolaires. * L'épaisseur de la neige sur les glaces de mer est importante pour le climat de la région polaire et un paramètre clé pour l'extraction des données sur l'épaisseur de la glace de mer à l'aide de l'altimétrie. Il existe plusieurs efforts pour estimer l'épaisseur de la neige à partir de données satellitaires (capteurs passifs à hyperfréquences, combinaison d'altimètres radar et laser).   **Applications océaniques:**   * Bien que les messages d'observation en surface puissent fournir d'excellentes précisions sur la glace, en particulier son épaisseur et sa topographie de surface, il est généralement admis que, pour la plupart des régions, les messages d'observation en surface ne sont pas vraiment adéquats pour décrire parfaitement l'état des glaces. * Les conditions météorologiques défavorables – brouillard, précipitations et nuages bas – limiteront ou interrompront les observations et les problèmes habituels de restrictions de vol à la base de l'aéronef peuvent également être un facteur même si le temps au-dessus de la glace est suffisant pour l'observation. * La couverture satellitaire peut être large à faible résolution ou couvrir une fauchée étroite à haute résolution. Dans ce dernier cas, les données d'un lieu donné ne peuvent être obtenues qu'à des intervalles de plusieurs jours. * Des observations précises relatives à la glace, telles que l'épaisseur, la concentration de glace, l'âge de la glace, l'épaisseur de la neige sur les glaces de mer, l'albédo de la glace et la couverture d'étangs de fonte, la température de surface de la glace et la vitesse de la glace, sont nécessaires pour la validation des modèles et les applications d'assimilation des données. * L'assimilation de la vitesse des glaces de mer est testée dans certains systèmes. Les champs de convergence/divergence des glaces de mer présentent un intérêt pour les modéliseurs en raison de l'ouverture des conduits et/ou des polynyas et de la déformation des glaces de mer. * Des observations in situ de la SIC, de l'épaisseur, de l'âge, de l'albédo de surface et de la température, de l'épaisseur et du type de neige et de la dérive sont nécessaires pour valider les mesures satellitaires. | Orbite polaire, satellites à forte inclinaison équipés d'instruments passifs à hyperfréquences (SSMIS, MWRI, AMSR2, SMAP, SMOS) pour le SIC, l'épaisseur de neige, épaisseur, âge et dérive, ii) diffusiomètres (ASCAT, OSCAT) pour l'âge et la dérive des glaces de mer, iii) RSO (Sentinel-1, RADARSAT-2, TerraSAR-X, al.) pour les données SIC haute résolution, la dérive et l'âge, iv) altimètres laser ou radar (ICESat-2, CryoSat-2, Saral/AltiKa, Sentinel-3) pour l'épaisseur de la glace de mer et l'épaisseur de la neige, iv) « v) Capteurs VIS/NIR/IR (AVHRR, MODIS, VIIRS, Landsat, Sentinel-2/-3) pour la température en surface, l'albédo et la couverture des étangs de fonte; »  Capteurs aéroportés des types énumérés ci-dessus  Autres observations d'aéronefs/reconnaissance classiques  Radar côtier et embarqué  Mission à orbite elliptique élevée dans le visible et l'infrarouge pour une couverture polaire continue (Arctique et Antarctique), altimètres radar à large fauchée, altimétrie par radar interférométrique (longueur d'onde unique), hyperspectrale dans le visible  Observations visuelles provenant des établissements humains côtiers, des phares et des navires  Stations d'observation au sol en mer/pendant des expéditions, y compris des radars sur glace, des bouées sur glace, des observations sur plates-formes captées sur des glaces, des véhicules ancrées et sous-marins basées sur des sonars à vision ascendante | Utilisation accrue de radars à bande X à bord de navires pour l'observation des vagues et les crêtes de glace de mer.  Avec la nouvelle génération de brise-glace, il est possible de disposer d'un système automatisé (semi-) normalisé pour l'observation des glaces de mer et de la neige.  Une meilleure compréhension du GNSS-R fournit d'autres observations.  Radiomètre imageur hyperfréquence copernicus (CIMR)  Instruments passifs à hyperfréquences, diffusiomètres embarqués à bord de satellites polaires, aéronefs traditionnels et radars côtiers, imagerie aéroportée dans le visible et l'infrarouge, profilomètres aéroportés, diffusiomètres, radars à visée latérale (SLAR/ SLR) ou SAR, satellites ou aéroportés, observations visuelles provenant des établissements côtiers, des phares et des navires, SSMR (concentration de glace), SSMIS (concentration de glace), VIIRS (température de la glace) | Arctique: Potentiel des stations côtières à proximité de la banquise côtière et de la dérive des glaces de mer.  Antarctique: Sites du Réseau pour les glaces côtières de l'Antarctique (AFIN) en tant que complément potentiel d'une infrastructure déjà en place.  Bouées plus petites, moins coûteuses et respectueuses de l'environnement équipées d'instruments perfectionnés, à moindre coût de télécommunication par satellite, déploiement en vol.  Des radars côtiers haute fréquence, des observations plus systématiques lors d'expéditions sur le terrain ou à partir de navires utilisant des capteurs VIS/NIR/IR et MW pour l'évaluation des produits satellitaires.  Améliorer la couverture spatiotempororale, la maturité et la portée des données sur les glaces de mer et les données auxiliaires (paramètres météorologiques et océanographiques) recueillies par les navires de recherche, les navires de tourisme et les navires occasionnels.  Renforcer le chevauchement entre les besoins des spécialistes de l'exploitation et du climat en matière d'observation des glaces de mer et leur compréhension.  Protocoles normalisés sur les glaces de mer, de l'exploitation à la recherche sur les glaces de mer.  Il est nécessaire de disposer d'un plus grand nombre d'observations provenant de capteurs embarqués au sol et sous-marins ancrées et de capteurs aéroportés pour l'élaboration d'algorithmes et l'évaluation des produits, en particulier pour les glaces de mer saisonnières de l'Arctique et l'Antarctique dans son ensemble. |
| Température et salinité dans le domaine 3D. | **PNT à l'échelle mondiale et haute résolution:**   * Le contenu thermique de l'océan, qui est estimé à partir de la température sous la surface de l'océan, a des effets cruciaux sur le développement des cyclones tropicaux. Ainsi, l'assimilation des données sur la température sous la surface de l'océan est efficace lorsqu'un modèle couplé atmosphère-océan est utilisé pour la prévision. Les observations in situ ne sont pas suffisantes pour attraper des tourbillons de méso-échelle présentant de grandes anomalies du contenu thermique, de sorte qu'il est préférable de disposer d'un soutien supplémentaire à partir de données satellitaires sur la topographie de la surface de la mer.   **Prévisions infrasaisonnières à plus longue échéance:**   * Les flotteurs profilants Argo fournissent une couverture quasi mondiale des profils de température et de salinité jusqu'à ~2 000 m, principalement avec une bonne résolution verticale (toutes les ~5 m) et des résolutions spatiales (environ 3 degrés); Toutefois, il n'y a pas de flotteurs dans les zones couvertes de glaces de mer et dans les mers peu profondes. Le nombre est relativement faible près de l'équateur en raison de la divergence équatoriale, de sorte que les bouées ancrées à proximité de l'équateur sont un complément important. * Le réseau de bouées ancrées tropicales (TAO/TRITON, PIRATA, RAMA) a une résolution spatiale plus faible que la résolution spatiale marginale, mais le nombre de bouées TRITON dans l'ouest du Pacifique tropical est fortement réduit en raison de pénuries dans le budget de maintenance de son service de gestion. Il est préférable d'accroître la résolution verticale des observations de la température et de la salinité à proximité de la surface afin de limiter les variations de la couche mixte océanique. Le réseau de bouées ancrées du Pacifique est actuellement en train de passer à une nouvelle conception proposée par le projet TPOS2020, avec une résolution verticale plus élevée dans la couche mixte et un plus petit nombre de bouées dans les régions situées au large de l'équatorial. Le manque de financement durable du réseau de bouées ancrées tropicales est une question de préoccupation. * Il n'existe pas de système d'observation de la température et de la salinité sous la surface sur les plateaux continentaux qui entourent les calottes glaciaires du Groenland et de l'Antarctique, même si les conditions océaniques ont joué un rôle majeur dans la perte de glace à ces deux endroits.   **Applications océaniques:**   * Les mesures de la température sous la surface des thermographes bathy extensibles (XBT) sont coordonnées par le Programme de navires occasionnels (SOOP). Les profils de température et de salinité des CTD et des profils de température XBT sont également fournis par des navires de recherche sur de nombreuses lignes de densité ciblées, fréquemment répétées et à haute résolution horizontale. Cependant, l'échantillonnage d'environ la moitié des lignes ciblées reste insuffisant. La résolution temporelle de ces observations est généralement marginale, mais acceptable dans certaines lignes de navires, pour la surveillance des variations du volume océanique et du transport thermique à des échelles de temps infrasaisonnières à saisonnières et la validation des prévisions océaniques dans des sections verticales spécifiques. Elle est insuffisante pour d'autres applications océaniques, en particulier pour les applications côtières. Les CTD et les XBT fournissent des données avec une bonne résolution verticale (généralement 1 m) en différé, mais les données en temps réel sont limitées par les limites des codes traditionnels de caractères du SMT actuellement utilisés. * Un grand nombre de profils de température et de salinité observés par les flotteurs Argo sont également utiles pour les applications océaniques, mais leur résolution temporelle est marginale pour les services maritimes. * Le nombre d'observations de la température et de la salinité des océans est insuffisant dans les mers côtières, ce qui limite les applications de validation des modèles et d'assimilation des données dans les régions côtières. * Des planeurs sous-marins sont déployés par diverses institutions pour un large éventail d'applications. Les déploiements sont le plus souvent à proximité des côtes en raison de contraintes logistiques. Des efforts sont déployés aux États-Unis pour déployer des planeurs pour les applications des ouragans pendant la saison des ouragans dans l'Atlantique. | Flotteurs profilants dérivants libres, (flotteurs Argo), SOOP (XBTs), bouées ancrées (PIRATA, RAMA, TAO/TRITONTRITON), navires de recherche (XBT, CTD), planeurs sous-marins, plates-formes animales |  |  |
| Niveau de la mer | **Applications océaniques:**   * En raison de la demande croissante de systèmes de prévision et d'alerte aux tsunamis, aux ondes de tempête et aux inondations côtières et pour l'étalonnage et la validation des altimètres et modèles satellitaires, cette partie du spectre doit être prise en compte dès à présent et devrait être prise en compte lors du choix d'un nouvel instrument et de la conception de stations in situ sur le niveau de la mer. En outre, on a mis l'accent sur le fait que le plus grand nombre possible de pluviomètres GLOSS fournissent des données en temps réel et/ou quasi réel, c'est-à-dire en général dans une heure. L'une des questions en cours concernant ces données est que les mesures du niveau de la mer n'ont pas été bien intégrées dans les SMHN. * Pour la prévision des ondes de tempête et des tsunamis, un espacement de 10 km est nécessaire, tandis que pour la modélisation du climat, cet espacement de 50 km permettra d'atteindre le seuil. Il faudra donc disposer d'un réseau plus dense qu'aujourd'hui. * Échantillonnage du niveau de la mer moyenné sur une période suffisamment longue pour éviter le repliement des vagues, à des intervalles généralement de 6 secondes ou moins si l'instrument doit aussi être utilisé pour la prévision et l'annonce des tsunamis, des ondes de tempête et des inondations côtières. * Le temps de l'instrument est compatible avec une précision de niveau, ce qui signifie une exactitude supérieure à une minute (et, dans la pratique, à des secondes ou mieux avec des pluviomètres électroniques) – une précision marginale. * Les mesures doivent être effectuées par rapport à un point de repère fixe et permanent de marégraphes locaux (TGBM). Cela devrait être relié à plusieurs repères auxiliaires afin de protéger son déplacement ou sa destruction. Les connexions entre le TGBM et le zéro de l'échelle devraient être faites avec une précision de quelques millimètres à intervalles réguliers (par exemple annuelles) – exactitude acceptable. * Les marégraphes GLOSS à utiliser pour l'étude des tendances à long terme, de la circulation océanique et de l'étalonnage/validation des altimètres par satellite doivent être équipés de récepteurs GPS (et contrôlés par d'autres techniques géodésiques) situés aussi près que possible de l'instrument. * Les valeurs relevées pour chaque niveau de la mer devraient être faites avec une précision de 10 mm, ce qui est acceptable. * Les sites de mesure devraient, si possible, être équipés pour enregistrer les signaux émis par les tsunamis et les ondes de tempête, ce qui suppose que le site soit équipé d'un capteur de pression capable de mesurer la fréquence d'échantillonnage de 15 secondes ou sur une minute, et éventuellement pour enregistrer les conditions de vagues, ce qui implique une fréquence d'échantillonnage d'une seconde , avec une précision médiocre. * Les sites de jaugeage devraient également être équipés pour la transmission automatique des données aux centres de données par satellite, Par Internet, etc., en plus d'enregistrer localement les données sur place. * Les bassins exposés aux tsunamis et aux ondes de tempête (par exemple le golfe du Bengale, le golfe du Mexique et les îles du Pacifique) nécessitent une densité accrue d'observations du niveau de la mer. Les mesures du niveau de la mer devraient être accompagnées d'observations de la pression atmosphérique et, si possible, des vents et d'autres paramètres environnementaux, qui présentent un intérêt direct pour l'analyse des données sur le niveau de la mer. * Pour couvrir l'ensemble du domaine méso-échelle et du littoral, il est nécessaire d'accroître l'échantillonnage spatial en fusionnant (de manière optimale avec des jeux de données d'étalonnage transversal) différents jeux de données altimétriques. La mission SWOT en cours pour l'altimètre à large fauchée de la NASA contribuera à relever ce défi, le lancement étant prévu vers février 2022. | Pluviomètres gloss, altimètres satellitaires, altimètres radars à large fauchée et altimètres inclinés à haute altitude, altimètres haute précision |  | Voir la « topographie de l'océan » pour les observations du niveau de la mer utilisées pour estimer les distributions de la température et de la salinité de l'océan à l'intérieur des océans et les courants océaniques. |
| Salinité de surface | **Prévisions infrasaisonnières à plus longue échéance:**   * Certains navires de recherche prennent des séries chronologiques de salinité de surface de la mer le long de leur trajectoire par thermosalinographes. Bien que la couverture et la fréquence soient insuffisantes, elles peuvent servir à valider les champs océaniques initialisés et prévus. * Des données précieuses proviennent également de certains bouées ancrées tropicales, en particulier des bouées TRITON, bien que la couverture des données soit plutôt limitée. * La salinité de surface est également mesurée par des satellites comme Aquarius, SMOS et SMAP avec une bonne couverture, acceptable pour une bonne résolution spatiale et temporelle, mais avec une précision marginale. Il faut établir des moyennes temporelles pour obtenir l'exactitude acceptable. * La limitation de la salinité de l'assimilation des données océaniques reste problématique, car les flux d'eau douce (précipitations, évaporation et ruissellement des cours d'eau) sont très incertains, ce qui a une incidence sur la salinité de surface et les propriétés des couches mixtes. * Les observations SSS peuvent compléter le manque de pluviomètres dans les zones océaniques. Dans ce sens, il est préférable d'ajouter un capteur de salinité aux bouées dérivants. Cela peut fournir des informations à couverture mondiale sur les précipitations, ainsi que des informations sur la SST et la SLP. * Les mesures de la salinité par satellite peuvent également faire obstacle aux estimations de l'évaporation moins des précipitations et éventuellement du ruissellement des grandes rivières.   **Applications océaniques:**   * La couverture est marginale ou médiocre dans certaines zones de l'océan mondial. Il est nécessaire de disposer d'un SSS de haute qualité en haute mer, si possible avec une précision < 0,1 SA sur une échelle spatiale de 10 km, et une diffusion rapide (disponibilité dans un délai d'une heure). Dans les régions côtières, une densité plus élevée est requise (précision < 0,1 SA sur une échelle spatiale de 1 km). * Les instruments de télédétection passent actuellement de l'expérimentation à l'exploitation. Il est nécessaire de limiter cette variable d'état à la surface où la variabilité est la plus grande, et les flux de masse sont connus pour avoir de grandes erreurs. * L'amélioration de la précision du SSS (ainsi que de la température de surface de la mer en surface) dans les régions d'eau peu profonde contribuera à améliorer les performances des prévisions océaniques. | Aquarius, SMOS et SMAP, TSG, bouées TRITON, télédétection, imagerie hyperfréquences à basse fréquence | Bouées dérivantes  CIMR | La télédétection par satellite du SSS dans les régions polaires souffre d'une faible sensibilité du signal mesuré aux variations de salinité. En outre, les glaces de mer donnent lieu à des estimations biaisées. Il convient d'améliorer l'exactitude de l'extraction des données SSS dans les régions polaires, par exemple en révisant des algorithmes, en fusionnant des observations différentes (par satellite), en fournissant un nombre accru d'observations in situ plus matures.  Améliorer les systèmes d'observation de la salinité depuis l'espace afin d'accroître l'échantillonnage et de réduire l'incertitude, en particulier dans les océans polaires. |
| Couverture neigeuse, épaisseur de la neige et équivalent en eau de la neige | **PNT à l'échelle mondiale:**   * De nombreux messages SYNOP omettent d'effectuer des observations de l'épaisseur de neige lorsque la neige n'est pas présente au sol et que de grandes régions et les pays présentent des stations SYNOP extrêmement clairsemées qui signalent l'épaisseur de neige * La mise à disposition des données nationales sur la neige à l'intention des utilisateurs de la prévision numérique du temps serait très utile * Des lacunes subsistent dans certains pays de l'hémisphère Nord et dans la majeure partie de l'hémisphère Sud * Les images satellitaires dans le visible et le proche infrarouge fournissent des informations d'une bonne résolution horizontale et temporelle et d'une précision correctes sur l'étendue du manteau neigeux (mais pas sur la masse neigeuse) pendant la journée dans les zones sans nuages. Il existe une grave lacune dans le système d'observation de la cryosphère, car aucun des instruments actuels ne peut fournir une estimation fiable de l'équivalent en eau de la neige depuis l'espace * La couverture neigeuse au-dessus des glaces de mer pose également des problèmes d'interprétation des données. Les futures missions satellitaires capables de mesurer l'équivalent en eau de la neige seraient extrêmement utiles pour les progrès de l'assimilation couplée, ce qui profiterait systématiquement à la surface et à l'assimilation des données atmosphériques dans les systèmes de prévision numérique du temps   **PNT haute résolution:**   * Les stations d'observation en surface mesurent la couverture neigeuse avec une bonne résolution temporelle, mais une résolution horizontale et une exactitude marginales (principalement en raison de problèmes d'échantillonnage spatial) * Les images satellites dans le visible et l'infrarouge proche infrarouge fournissent des informations d'une bonne résolution horizontale et temporelle et d'une précision correctes sur la couverture neigeuse (mais pas sur son équivalent en eau) dans la journée dans les zones sans nuages * L'imagerie hyperfréquence offre le potentiel d'informations supplémentaires sur la teneur en eau de la neige (à une résolution inférieure mais toujours bonne) mais l'interprétation des données est difficile. * La couverture neigeuse au-dessus des glaces de mer pose également des problèmes d'interprétation des données, mais cela est moins crucial pour la PNT haute résolution que pour la PNT à l'échelle mondiale en raison du très peu de modèles couvrant ces zones.   **Prévision immédiate et prévisions à très courte échéance:**   * Mêmes exigences que la PNT à haute résolution du SoG   **Prévisions infrasaisonnières à plus longue échéance:**   * Les observations relatives à l'épaisseur de la neige et à l'eau sont insuffisantes (mauvaises) pour initialiser les prévisions infrasaisonnières à saisonnières. Bien que les stations SYNOP d'observation en surface transmettent des mesures de l'épaisseur de neige locale avec une précision élevée, la couverture des stations SYNOP signalant l'épaisseur de la neige n'est pas suffisante (voir aussi soG pour la PNT à l'échelle mondiale). L'imagerie hyperfréquence peut également améliorer l'évaluation de la masse neigeuse dans l'analyse des terres.   **Hydrologie:**   * L'accès aux données du SWE par le SMHN peut être difficile, car ces dernières sont souvent mesurées par des organismes régionaux chargés de la prévision hydrologique ou de la gestion de l'eau ou par des entreprises hydroélectriques. Les données de la SWE peuvent également consister en des relevés nigements manuels qui ne sont pas nécessairement disponibles en temps quasi réel. L'équivalent en eau des stations automatiques est également affecté par une couverture spatiale limitée représentative (identique à l'épaisseur de neige, voir SoG Haute résolution PNT). * Les images satellitaires dans le visible et le proche infrarouge fournissent des informations d'une bonne résolution horizontale et temporelle et d'une bonne précision sur la couverture neigeuse et l'albédo de la surface dans la journée dans les zones sans nuages. Aucun des instruments actuels embarqués à bord des satellites ne peut fournir une estimation fiable de l'effet SWE depuis l'espace. Les extractions actuelles de données de la SWE à partir de capteurs hyperfréquences sont disponibles à basse résolution et ne peuvent fournir une estimation précise de l'eau de fond en montagne. * Les observatoires aéroportés utilisant un lidar à balayage et un spectromètre imageur peuvent fournir des mesures précises de l'épaisseur de la neige et de l'albédo. Ces informations peuvent être combinées avec des informations issues de modèles pour obtenir une estimation de la température de surface de la neige et de la fonte des neiges. Toutefois, cette méthode se limite aux bassins hydrographiques de petite échelle. * Modification du cycle hydrologique et des régimes hydrologiques et apports pour la gestion de l'eau, les crues et la sécheresse par le biais d'HydroSOS, entre autres outils. | Stations d'observation en surface, imagerie par satellite infrarouge, imagerie hyperfréquences, imagerie passive dans les hyperfréquences, infrarouges infrarouges et imageurs SSM/I haute résolution multispectrales dans le visible et l'infrarouge, imagerie multispectrale dans le visible et l'infrarouge avec cycles de répétition rapide, imagerie dans le visible et l'infrarouge, réalisation d'une bande jour/nuit, imagerie hyperfréquences, et  Diffusiomètres, altimètres radars à large fauchée et altimètres inclinés à haute précision, imageurs hyperfréquences à basse fréquence  Missions de réflectométrie GNSS(GNSS-R), mw passives; Imagerie sar et altimètres (laser et radar), lidar (longueur d'onde unique) – pouvant être montés sur des aéronefs télé uav, des altimètres radars à large fauchée et des altimètres haute précision inclinés à haute altitude  Mission VIS/NIR/SWIR/IR pour une couverture polaire continue (Arctique et Antarctique),  Missions gravimétriques,  Instruments montés sur la glace, observations in situ des glaces dérivantes, observations de bouées de glace  Cartographie de la fonte nivale en mettant au point des données d'images RSO à plusieurs jours. Terrain aplati nécessaire pour éliminer les effets d'ombre des montagnes (selon les modèles altimétriques numériques) | Observations de navire  Combinaison de la couverture radar n snow avec de nouveaux modèles altimétriques numériques de surfaces glaciaires (provenant de lidars aéroportés ou de plates-formes satellitaires)  Cartographie de l'épaisseur de neige RSO à l'aide des données interférométriques dans la bande L de SAOCOM-1 A et des données combinées en bande L et en bande S fournies par NISAR (en cours d'élaboration par la NASA/ISRO)  Altimétrie laser future / Altimétrie interférométrique de fauchée pour l'enregistrement vertical des images des glaciers, pour les estimations du bilan de masse  Projet de mission canadienne sur la masse neigeuse en bande Ku (TSMM) pour obtenir une estimation de la température de surface de la neige à haute résolution | Mesures de surface dans la basse atmosphère et des zones impraticables à l'aide de drones  L'utilisation accrue de caméras vidéo à l'appui de la prévision locale.  Avec la nouvelle génération de brise-glace, il est possible de disposer d'un système automatisé (semi-) normalisé pour la couverture neigeuse au-dessus des glaces de mer et des floes.  Neige provenant de bouées de glace, Neige sur la glace de mer – encore une lacune;  Progrès accomplis dans le domaine de la cryosphère de haute montagne, combinant imagerie optique/radar,  altimétrie et gravimétrie; différenciation de MN par rapport aux données stéréo optiques.  La cartographie de l'étendue de la neige et des glaciers dépend encore largement de la résistance optique d'environ 10 mètres. Jeux de données mondiaux, décennals et librement accessibles provenant de Landsat, ASTER et Sentinel-2, complétés par des rés. (<10 m), des images optiques de couverture limitée (et données stéréo) fournies par SPOT, Pléiades, Cartosat-I, etc.  Coordination multiorganisations ou constellations de satellites nécessaires pour revoir la fréquence afin de répondre aux besoins des services opérationnels de fonte nivale  À l'heure actuelle, il n'est pas possible de mesurer avec précision les précipitations solides, l'épaisseur de la neige ou l'eau de surface dans les montagnes. Manque de produits opérationnels permettant de recueillir de façon satisfaisante les données sur l'eau et l'eau à des échelles spatiales appropriées |
| Humidité du sol | **PNT à l'échelle mondiale:**   * Certaines stations terrestres d'observation en surface transmettent régulièrement l'humidité du sol (par exemple le réseau d'analyse du climat (SCAN) aux États-Unis d'Amérique, mais leur couverture est limitée, et les données nécessitent un réétalonnage régulier   **PNT haute résolution:**   * La précision des mesures des radiomètres hyperfréquences et de la résolution temporelle est généralement bonne, tandis que les résolutions horizontales restent, au mieux, marginales.   **Prévision immédiate et prévisions à très courte échéance:**   * La précision des mesures des diffusiomètres (ASCAT) et la résolution temporelle sont acceptables, tandis que les résolutions horizontales restent, au mieux, marginales.   **Prévisions infrasaisonnières à plus longue échéance:**   * À l'heure actuelle, seul le SCAN fournit un réseau de profils verticaux en temps réel de l'humidité du sol et de la couverture du sol est limité à l'ensemble de la zone des États-Unis. Un réseau de mesures semblables couvrant le domaine mondial serait très utile. Le produit opérationnel actuel de mesure de l'humidité du sol provenant de l'ASCAT a une résolution spatiale acceptable, mais une précision marginale. Les imageurs hyperfréquences passifs en bande L comme le SMOS et le SMAP présentent un grand potentiel.   **Météorologie agricole:**   * La surveillance optimale de l'humidité du sol exige des mesures in situ à des profondeurs de 20, 50 et 100 cm toutes les 5 à 7 ou 10 jours, avec une résolution horizontale supérieure à 100 m.   **Hydrologie:**   * La plupart des instruments hyperfréquences actifs et passifs fournissent des informations sur l'humidité du sol pour les régions de couverture végétale limitée. Toutefois, dans de nombreuses conditions, les données de télédétection sont insuffisantes et les informations relatives à la profondeur de l'humidité restent insaisissables. Malheureusement, aucun des instruments ne fournit une combinaison satisfaisante de la résolution spatiale et de l'heure du cycle de répétition (2 à 3 jours). Les données AMSR sont proches de fournir des informations sur l'humidité du sol ou l'humidité des terres émergées qui peuvent être légèrement utiles pour les modèles méso-échelle, mais le délai de transmission de ces données reste difficile. | Imageurs hyperfréquences passifs en bande L (par exemple SMOS, SMAP)  Diffusiomètres actifs à hyperfréquences, ASCAT  Imagerie hyperfréquences, imagerie hyperfréquences hyperfréquences, sondeur hyperfréquences et imagerie en orbites inclinées,  Imageurs SAR et altimètres,  Missions de réflectométrie GNSS (GNSS-R); MW passif; Sar | Capteurs d'humidité du sol dans les rayons cosmiques – échelle de terrain: [essd-12-2289‒2020.pdf (copernicus.org)](https://essd.copernicus.org/articles/12/2289/2020/essd-12-2289-2020.pdf) |  |
| Température de l'air près de la surface, généralement à 2 m | **PNT à l'échelle mondiale:**   * La couverture est marginale ou absente sur de vastes étendues de la Terre. Sur les terres émergées, les stations d'observation en surface mesurent avec une résolution horizontale et temporelle bonne dans certaines régions et marginales dans d'autres   **PNT haute résolution:**   * La précision des mesures est généralement bonne, même si cela peut être difficile à utiliser lorsque le terrain de surface n'est pas plat, en raison de la sensibilité des mesures à la variabilité locale que les modèles de PNT à haute résolution continuent de résoudre plus précisément que les modèles mondiaux.   **Prévision immédiate et prévisions à très courte échéance:**   * Couverture marginale ou inexistante sur de vastes étendues de la Terre * Les instruments satellitaires n'observent pas directement ces variables à proximité de la surface | Navires, bouées, stations d'observation en surface,  Imagerie multispectrale dans le visible et l'infrarouge avec cycles de répétition rapides, sondeurs hyperspectraux ir, imagerie dans le visible et l'infrarouge, réalisation d'une bande jour/nuit, imagerie hyperfréquences, sondeurs hyperfréquences en altitude stratosphérique et mésosphérique  Mission VIS/NIR/SWIR/IR pour une couverture polaire continue (Arctique et Antarctique) |  |  |
| Près de la surface, généralement à 2 m. | **PNT à l'échelle mondiale:**   * La couverture est marginale ou absente sur de vastes étendues de la Terre. Sur les terres émergées, les stations d'observation en surface mesurent avec une résolution horizontale et temporelle bonne dans certaines régions et marginales dans d'autres   **Prévision immédiate et prévisions à très courte échéance:**   * Couverture marginale ou inexistante sur de vastes étendues de la Terre * Les instruments satellitaires n'observent pas directement ces variables à proximité de la surface | Navires, bouées, stations d'observation en surface, sondeurs hyperspectraux dans l'infrarouge, sondeurs UV/VIS/NIR, occultation radio GNSS (constellation de base), Constellation de sondages hyperfréquences haute fréquence, UV/VIS/NIR/IR/MW |  |  |
| Température pelliculaire à la surface des glaces terrestres | **PNT à l'échelle mondiale:**   * L'exactitude est affectée par les problèmes de détection des nuages et les incertitudes liées à l'émissivité en surface, et l'interprétation est difficile en raison de la nature hétérogène de la surface d'émission pour de nombreux types de surface * Le cycle diurne de la température en surface n'est généralement pas bien échantillonné, sauf pour les capteurs embarqués à bord de satellites géostationnaires (par exemple SEVERI sur MSG) qui ne peuvent assurer une couverture mondiale   **PNT haute résolution:**   * Des questions similaires s'appliquent à la PNT à l'échelle mondiale | Imageurs et sondeurs infrarouges et hyperfréquences satellitaires |  |  |
| Température pelliculaire de la glace de lac | **PNT à l'échelle mondiale:**   * L'exactitude est affectée par les problèmes de détection des nuages et les incertitudes liées à l'émissivité en surface, et l'interprétation est difficile en raison de la nature hétérogène de la surface d'émission pour de nombreux types de surface * Le cycle diurne de la température en surface n'est généralement pas bien échantillonné, sauf pour les capteurs embarqués à bord de satellites géostationnaires (par exemple SEVERI sur MSG) qui ne peuvent assurer une couverture mondiale   **PNT haute résolution:**   * Des questions similaires s'appliquent à la PNT à l'échelle mondiale   **Prévision immédiate et prévisions à très courte échéance:**   * Des questions similaires s'appliquent à la PNT à l'échelle mondiale | Imageurs et sondeurs infrarouges et hyperfréquences satellitaires |  |  |  |
| Type de végétation, couverture et NDVI | **PNT à l'échelle mondiale:**   * La limitation de l'utilisation efficace des données disponibles est que les modèles couplés doivent être réétalonné (interactions en surface – couche limite) lorsque le type ou les caractéristiques de la végétation (par exemple la LAI) évoluent   **Hydrologie:**   * Dans certains cas, les produits du type NDVI et du type de végétation ne peuvent pas être interchangeables en raison de bandes spectrales légèrement différentes. | Imagerie satellite à partir de canaux dans le visible et le proche infrarouge, MODIS, imagerie multispectrale dans le visible et l'infrarouge avec cycles de répétition rapide, imagerie dans le visible et l'infrarouge, réalisation d'une bande jour/nuit, d'imageurs hyperspectraux ou à bande étroite, vis/NIR/SWIR/IR pour une couverture polaire continue (Arctique et Antarctique), radar et lidar pour la cartographie de la végétation |  |  |  |
| Nuages  Nébulosité, hauteur des nuages, base des nuages et température du sommet des nuages.  Paramètres relatifs aux nuages | **PNT à l'échelle mondiale:**   * Les stations d'observation en surface estiment la nébulosité et la base des nuages avec une résolution temporelle et une précision acceptables, mais une résolution horizontale marginale dans certaines régions et qui manque au-dessus de la majeure partie de la Terre. * À l'heure actuelle, le problème principal n'est pas l'observation des nuages proprement dit, mais avec leur assimilation, en raison de problèmes de représentativité et de faiblesses des méthodes d'assimilation des données et de la paramétrisation des hydrométéores nuageux et d'autres aspects du cycle hydrologique dans les modèles de prévision numérique du temps.   **PNT haute résolution:**   * Les mesures satellitaires dans le spectre visible et l'infrarouge ne donnent que peu d'exactitude en raison des mauvaises relations entre la température au sommet des nuages et la physique des précipitations sous-jacentes * Les mesures hyperfréquences sont influencées par la sensibilité à l'émissivité de la surface des terres émergées et par des propriétés optiques similaires de l'eau des nuages et de la faible pluie. Par conséquent, et pour les modèles de prévision numérique du temps à haute résolution, les imageurs et les sondeurs hyperfréquences fournissent des informations sur les nuages de faible exactitude, de résolution horizontale et temporelle.   **Prévision immédiate et prévisions à très courte échéance:**   * Les données des satellites géostationnaires sont manquantes pour les hautes latitudes où les satellites en orbite polaire fournissent des observations précieuses avec une fréquence acceptable en raison de la convergence des trajectoires orbitales.   **Météorologie aéronautique:**   * Les informations sur la taille des gouttelettes de nuages pour les prévisions de givrage ne sont actuellement pas directement observées. * Les observations effectuées par satellite se situent au sommet d'une couche nuageuse, et ce n'est que lorsque cette couche est visible depuis l'espace. Seules les données de radiosondage et les données d'aéronefs peuvent fournir une résolution verticale acceptable de ces paramètres, mais les heures du cycle et la résolution horizontale sont marginales à faible. La doublepolarisation des radars météorologiques, en particulier si elles sont exploitées dans la bande X, promet encore une fois d'obtenir une exactitude acceptable pour déterminer la quantité et la répartition des gouttelettes de type SLW, mais même si les données sont encore bien trop rares dans certains pays, leur impact mondial est considérable. * La détermination automatique de la nébulosité et de la hauteur de la base des nuages à partir de mesures effectuées à partir d'un seul célomètre pourrait être difficile aux endroits où la topographie est complexe (vallées, stations côtières et grandes villes à forte charge d'aérosols, par exemple). | Stations d'observation en surface, imageurs et sondeurs infrarouges, Imagerie optique active (lidar) et hyperfréquences (radar), satellites géostationnaires, satellites à orbite polaire, imagerie multispectrale dans le visible et l'infrarouge avec cycles rapides de répétition, sondeurs hyperspectraux ir, sondeurs UV/VIS/NIR, imagerie dans le visible et l'infrarouge, réalisation d'une bande jour/nuit, imagerie hyperfréquences, imageurs hyperfréquences, radars de nuages, imageurs submistrés, UV/VIS/NIR/IR/MW Mission VIS/NIR/SWIR/IR pour une couverture polaire continue (Arctique et Antarctique), spectromètre INFRAROUGE, capteurs hyperspectraux hyperspectraux MW | Radars de nuages spatiaux (Baggatalia et al., 2020)  Radar sol-sol DE détection des nuages | Radar de détection des nuages au sol. Cette technique permet une grande sensibilité avec moins d'énergie que les radars à impulsions. Disponible sur le plan commercial. (Delanoë 2016) |
| Précipitations  Type et quantité (sur une période donnée, généralement 24 heures) | **PNT à l'échelle mondiale:**   * La résolution horizontale est médiocre dans de vastes régions du monde, et où la couverture est bonne, les données ne sont souvent pas disponibles pour les échanges internationaux. * Les radars au sol mesurent les précipitations instantanées avec une bonne résolution horizontale et temporelle et une précision acceptable, mais sur quelques terres émergées uniquement * Les imageurs infrarouges géostationnaires donnent des informations à une résolution temporelle beaucoup plus élevée grâce à la corrélation des précipitations de surface avec les propriétés du sommet des nuages, mais la précision est marginale en raison de la nature indirecte de cette relation.   **PNT haute résolution:**   * Le radar météorologique dont la précision dépend de sa fréquence et de l'intensité de la pluie. * Il est difficile d'exploiter au-dessus de la mer les échos de mer à l'au-dessus de la mer grâce à des balayages effectués à basse altitude. * L'obstruction du faisceau est aussi souvent un problème dans les régions montagneuses et les zones peuplées en raison des bâtiments.   **Prévision immédiate et prévisions à très courte échéance:**   * L'imagerie rapide (de l'ordre des minutes) est cruciale pour la prévision immédiate, mais elle n'est pas encore fournie par tous les satellites géostationnaires * La détection des précipitations est marginale pour les imageurs hyperfréquences et, selon la longueur d'onde de l'instrument, bonne à médiocre pour les diffusiomètres   **Hydrologie:**   * Les observations terrestres sont effectuées, mais l'accès global aux données sur les eaux souterraines (vitesse de recharge et de prélèvement en particulier) est très limité. L'IGRAC a compilé des informations mondiales sur les ressources en eau souterraine. Des techniques d'observation gravimétrique (telles que grace) pour les masses d'eaux souterraines de très grande taille sont disponibles, mais elles ne sont pas encore pleinement éprouvées en conditions opérationnelles. L'utilisation des données du GOCE est en cours d'exploration. * Pour ce qui est de l'estimation quantitative des précipitations par satellite, il est nécessaire de mettre au point des produits de front et d'intégrer des produits sur les précipitations destinés à une utilisation quotidienne sur le long terme dans les Services hydrologiques nationaux. | Station d'observation en surface, radars au sol, imageurs et sondeurs hyperfréquences, imageurs géostationnaires infrarouges, polarimétrie radar, imagerie multispectrale dans le visible et l'infrarouge avec cycles de répétition rapide, imagerie hyperspectrale ir, imagerie dans le visible et l'infrarouge, réalisation d'une bande jour/nuit, imagerie hyperfréquences, sondeur hyperfréquences et imagerie en orbites inclinées, mission VIS/NIR/SWIR/IR pour une couverture polaire continue (Arctique et Antarctique), occultation radio GNSS; « Constellation supplémentaire de satellites de sondages atmosphériques/ionosphériques améliorés (y compris polarimétriques), y compris l'occultation radio LEO-LEO pour des fréquences supplémentaires optimisées pour les sondages atmosphériques, les radars de détection des précipitations par satellite et les radars de détection des nuages; » | Atténuation du signal du téléphone mobile par pluie.  Les radars adaptatifs à balayage électronique (réseau à commande progressive) acquerront des données de manière non conventionnelle, ce qui nécessite l'adaptation par l'infrastructure d'échange et de traitement des données. | Cela nécessite une collaboration avec les opérateurs de téléphonie mobile, peut s'avérer très utile dans le pays doté d'un réseau de radars météorologiques de secours. (Turko 2020)  Élargissement des radars météorologiques Doppler et polarimétriques aux pays en développement, y compris la formation sur le traitement et l'interprétation, et le renforcement des capacités de traitement et de gestion des données extrêmement importantes.  Élargissement des réseaux qui ne font pas partie des SMHN, y compris les réseaux bénévoles et privés, avec diffusion/collecte automatique aux centres nationaux d'archivage. |
| Ozone  Concentration dans le domaine 3D | **PNT à l'échelle mondiale:**   * Toutefois, pour maintenir des distributions verticales réalistes de l'ozone dans les modèles de PNT, des informations sur l'ozone résolues verticalement sont nécessaires. * Les résultats des sondes d'ozone ont du mal à fournir des informations statistiquement significatives en raison du nombre limité de profils disponibles, car certaines de ces données ne sont pas diffusées à l'échelle internationale. | Sondeurs infrarouges haute résolution et instruments de rétrodiffusion solaire plus précis, limbosondeurs (tels que MLS), sondeurs hyperfréquences à balayage à hyperfréquences (SMLS), sondeurs hyperspectraux dans l'infrarouge, sondeurs UV/VIS/NIR, Constellation de sondeurs hyperfréquences haute fréquence, UV/NIR/IR/MW, capteurs hyperspectraux hyperspectral |  |  |
| Hauteur, direction et période des vagues | **PNT à l'échelle mondiale:**   * Les bouées et les capteurs montés sur des plates-formes et des plates-formes pétrolières sont marginaux ou absents sur de vastes étendues de la Terre. * Les altimètres embarqués sur des satellites polaires à couverture horizontale et temporelle sont limités. Des informations sur le spectre des vagues 2D sont fournies par les instruments RSO avec une exactitude acceptable, mais avec une résolution horizontale et temporelle marginale.   **Prévision immédiate et prévisions à très courte échéance:**   * Des questions similaires s'appliquent à la PNT à l'échelle mondiale * Des informations sur le spectre des vagues 2D sont fournies par les instruments RSO dont la précision est bonne, mais avec une résolution horizontale et temporelle marginale.   **Applications océaniques:**   * La couverture géographique des données sur les vagues in situ est encore très limitée et la plupart des mesures sont effectuées dans l'hémisphère Nord (principalement au large des côtes nord-américaines et occidentales). * Des différences ont été relevées en ce qui a trait aux vagues mesurées à partir de différentes plates-formes, capteurs, traitement et amarrage. En particulier, un biais systématique de 10 % a été constaté entre les bouées américaines et canadiennes, les deux plus grands réseaux de bouées ancrées. * Les altimètres satellitaires fournissent des informations sur la hauteur significative des vagues avec une couverture mondiale et une bonne précision. Toutefois, la couverture horizontale/temporelle est marginale. La mission SWOT en cours pour l'altimètre à large fauchée de la NASA contribuera à relever ce défi, le lancement étant prévu vers février 2022. * Les altimètres multiples sont nécessaires pour assurer un échantillonnage transsectoriel adéquat. * Les instruments RSO fournissent des informations sur la densité énergétique spectrale des vagues à 2 D avec une précision médiocre, mais avec une résolution horizontale/temporelle marginale. La résolution horizontale de 100 km est nécessaire pour être utilisée dans les modèles régionaux, avec une livraison rapide (dans les six heures). Les capacités des radars à ouverture réelle devraient être disponibles dans les cinq ans à venir. | Bouées, capteurs, altimètres embarqués sur des satellites polaires, instruments RSO, bouées non spectrales et spectrales in situ, altimètres radars à large fauchée et altimètres inclinés à haute altitude, inclinés et haute précision |  |  |
| Concentration des aérosols en 3D  Paramètres relatifs aux aérosols | **PNT à l'échelle mondiale:**   * L'imagerie satellite dans le visible et le proche infrarouge a une précision marginale | Imagerie satellite dans le visible et le proche infrarouge, imageurs perfectionnés tels que MODIS, stations au sol qui utilisent des photomètres solaires tels que le Réseau robotisé d'aérosols (AERONET), des radiomètres, des spectromètres optiques, des imageurs géostationnaires, Aeolus Doppler lidar, des images multispectrales dans le visible et l'infrarouge avec des cycles de répétition rapides, des sondeurs hyperspectraux ir, des sondeurs UV/VIS/NIR, des imageurs hyperspectraux à bande étroite ou hyperspectrale  SAR multipolarisation; Spectromètre hyperspectral VIS, NIR | Raman-lidar  Accord HSRL  Poignée de multiwavelength  Lidar polarisé  Lidar (Doppler et rétrodiffusion double/triple fréquence), céilometres | L'utilisation de la technologie de diode laser a réduit le coût et le coût de fonctionnement de tous les lidars. |
| w-comp du vent dans le domaine 3D | **PNT à l'échelle mondiale:**   * Il n'existe actuellement aucune capacité actuelle ou prévue   **PNT haute résolution:**   * Une augmentation considérable de la résolution spatiale des modèles de prévision numérique du temps haute résolution est nécessaire avant que ces modèles puissent résoudre les nuages et produire un certain mouvement vertical qui peut être comparé à (par exemple) les observations de la vitesse verticale Doppler. | Imagerie infrarouge géostationnaire ou radar Doppler permis de capteurs hyperfréquences, lidar (Doppler et rétrodiffusion double/triple fréquence) Radar Doppler, lidar Doppler | Radar à double longueur d'onde (Radenz 2018) |  |
| Visibilité | **Prévision immédiate et prévisions à très courte échéance:**   * Pas observé au-dessus de l'océan en général. Près des aéroports, les modèles à très haute résolution (1D ou 3D) permettent d'estimer la visibilité et la base des nuages dans la gamme des NWC et VSRF avec une précision utile. Ces modèles ont besoin de plusieurs stations d'observation à haute fréquence supplémentaires. C'est pourquoi ils ne sont disponibles que dans très peu d'aéroports. * généralement bon dans les aéroports, mais marginal ailleurs. * Le LIDAR fournit de bons profils verticaux, mais très peu d'instruments sont opérationnels dans le monde entier.   **Météorologie aéronautique:**   * Pour déterminer automatiquement la visibilité dominante, il faudrait généralement installer un ensemble de mètres de visibilité dans des endroits appropriés situés à l'intérieur ou à proximité de l'aéroport. Bien que la transmission des portées visuelles Slant Path (SVR) ait un impact positif sur la sécurité et l'efficacité, aucune technologie opérationnelle n'est recommandée à ce jour. Pour les prévisions en route des vols VFR, la résolution horizontale et l'heure du cycle des stations d'observation existantes qui signalent des informations météorologiques aéronautiques en code METAR ne peuvent être acceptables que dans les zones densément peuplées et dans la majeure partie du globe. Il est recommandé d'utiliser d'autres observations provenant de stations météorologiques synoptiques.   **Applications océaniques:**   * Ce paramètre peut varier sensiblement sur de courtes distances. L'exactitude est acceptable dans les zones côtières et marginale en haute mer. La résolution horizontale/temporelle est médiocre sur la majeure partie de l'océan mondial. En règle générale, la visibilité est déduite des résultats des modèles atmosphériques régionaux (voir la prévision numérique du temps à l'échelle régionale). | Aviation, stations d'observation synoptique en surface, LIDAR |  |  |
| Détection de la foudre  (Emplacement du flux magnétique des éclairs) | **Prévision immédiate et prévisions à très courte échéance:**   * Faible efficacité de détection des éclairs intra-nuages. * Sur la plupart des océans, les terres émergées et les hautes latitudes habitées sont faiblement habitées, mais la couverture est marginale à acceptable par les réseaux terrestres, au moins pour toute l'information sur les éclairs. Dans ces zones, l'efficacité de détection et l'exactitude de la localisation sont souvent insuffisantes pour les éclairs intra-nuages (IC), de sorte que le TL se compose principalement d'éclairs nuage-sol. | Détection des éclairs en temps réel (total ou distinct entre les nuages et le sol, instruments d'imagerie de la foudre, imageurs de la foudre) |  |  |
| Éclairement énergétique descendant de courte longueur d'onde à la surface terrestre | **Prévision immédiate et prévisions à très courte échéance:**   * En général, la résolution horizontale est marginale, mais lorsqu'on combine des informations satellitaires sur la couverture nuageuse, il est possible d'obtenir une qualité acceptable. | Radiomètres à large bande absolument étalonnés et radiomètres de l'éclairement énergétique solaire total et de l'éclairement spectral solaire total |  |  |
| Tension du vent dans l'océan | **Prévisions infrasaisonnières à plus longue échéance:**   * Les bouées fixes et dérivantes et les navires en dehors du Pacifique tropical fournissent des observations avec une couverture et une fréquence marginales; Exactitude acceptable pour le même but. Bien que la couverture et la fréquence des données sur le vent à la surface des océans in situ ne soient pas suffisantes (ou insuffisantes) pour les systèmes d'assimilation des données atmosphériques, l'assimilation de ces données a une incidence prononcée sur la vitesse du vent analysée, et donc sur les champs de stress du vent, contribuant à améliorer les conditions initiales océaniques. Les données in situ sur le vent de surface sont également nécessaires pour étalonner les données sur la tension du vent par satellite. * Dans l'ensemble, les diffusiomètres fournissent une bonne couverture et une fréquence et une exactitude acceptables, et les données des diffusiomètres complètent les observations océaniques. Les données de diffusiomètres de grande qualité sont les meilleurs produits disponibles pour le moment et doivent être maintenus en exploitation.   **Applications océaniques:**   * Des observations haute résolution pour la prévision des modèles de vents près de la surface sont nécessaires pour améliorer la précision des prévisions du niveau total de l'eau dans les régions côtières et estuaires, en particulier pendant les phénomènes météorologiques extrêmes. Les champs de vent de surface issus des systèmes actuels d'assimilation des données atmosphériques n'ont pas suffisamment d'exactitude pour les applications côtières et il est préférable d'améliorer l'exactitude grâce à une assimilation supplémentaire des données sur le vent de surface. | Diffusiomètres, bouées fixes et dérivantes, imagerie hyperfréquences, imagerie hyperfréquences basse fréquence, sondeur hyperfréquences et imagerie en orbites inclinées, missions de réflectométrie GNSS (GNSS-R); MW passif; SAR, verticale |  | Voir « vent de surface » dans le but autre que pour forçage des modèles de circulation générale de l'océan |
| Topographie de l'océan | **Prévisions infrasaisonnières à plus longue échéance:**   * Les données relatives à la topographie de l'océan recueillies par satellite sont utiles pour surveiller le contenu thermique de l'océan et les courants océaniques, et essentielles pour l'initialisation des océans dans les prévisions infrasaisonnières à plus longue échéance * Des engagements à long terme pour l'observation de l'altimétrie par satellite sont nécessaires * La fourniture d'une couverture mondiale est un élément important pour les modèles couplés à plus haute résolution (résolution océanique d'environ 30 km), dans lesquels il existe une représentation partielle des tourbillons d'océan. * Les données altimétriques satellitaires nécessitent une validation avec des mesures in situ du niveau de la mer ou des profils de température et de salinité.   **Applications océaniques:**   * La topographie de l'océan à partir de l'altimétrie satellitaire est l'observation la plus importante pour limiter la dynamique des systèmes de prévision océanique. * L'altimétrie satellitaire permet d'estimer les courants géostrophiques (voir « courants océaniques 3D »). La résolution actuelle permet de résoudre les caractéristiques de grande échelle à moyenne échelle (>150 km). La couverture actuelle n'est pas suffisante pour les zones côtières. Une meilleure résolution permettra d'améliorer la résolution des méso-échelles océaniques et des processus côtiers. L'altimètre de nouvelle génération (SWOT) est prometteur à ces fins. * Des informations géoïdes haute résolution sont nécessaires pour estimer la topographie océanique précise et les champs de courants géostrophiques. Les données actuelles du géoïde fournies par la mission de géoïde satellitaire sont marginales pour résoudre les tourbillons océaniques de méso-échelle et les données océaniques observées par les bouées dérivantes et les profils hydrologiques sont utilisées pour affiner les données. | Altimètres satellitaires (nadir et radar à fauchée), mission gravimétrique du satellite, |  | Voir aussi le niveau de la mer pour les observations du niveau de la mer pour surveiller lui-même le niveau de la mer. |
| Chaleur de surface, flux radiatifs et d'eau douce | **Prévisions infrasaisonnières à plus longue échéance:**   * Les données satellitaires donnent des perspectives pour plusieurs composantes des flux de chaleur et de rayonnement radiatif, en particulier le rayonnement de courte longueur d'onde, mais à l'heure actuelle, aucune n'est utilisée régulièrement pour les prévisions infrasaisonnières à saisonnières, en raison de certaines difficultés techniques dans les zones où se trouve la glace de mer. * Des incertitudes importantes subsistent quant aux estimations des précipitations au-dessus des océans. En outre, les informations sur l'écoulement d'eau douce provenant des rivières (larges estuaires) deviendront importantes dans certaines régions océaniques (par exemple dans le golfe du Bengale). Il serait toujours utile de disposer de données supplémentaires, par exemple pour permettre une meilleure estimation des flux de chaleur et P−E (précipitations moins l'évaporation), ce qui permettrait de mieux définir la structure de la couche mixte et de reproduire la couche barrière. * Plusieurs composantes des flux de chaleur ne peuvent être observées par des satellites. En outre, les observations par satellite nécessitent un étalonnage avec des observations in situ. Par conséquent, les stations de météorologie maritime de haute qualité, qui fournissent toutes les données requises pour l'estimation des flux de l'air et de la mer (c'est-à-dire la température et l'humidité de l'air en surface, la pression au niveau de la mer, la vitesse du vent de surface, les rayonnements de grandes et courtes longueurs d'onde et la température de surface de la mer) sont nécessaires pour fournir des données sur le flux de l'air en mer avec une précision suffisante. La couverture actuelle de ces stations métrologiques est médiocre. Le déploiement de stations météorologiques aux latitudes moyennes et élevées renforcera encore cette évolution sur toute la gamme des conditions qui se produisent à l'interface air-mer.   **Applications océaniques:**   * Des données haute résolution sur les flux de chaleur et d'eau douce en surface sont nécessaires pour forcer les modèles océaniques à prévoir les zones côtières. Les informations sur l'écoulement d'eau douce provenant des rivières (grands estuaires) ont un effet significatif sur les systèmes de prévision côtière, en particulier pour les prévisions du niveau total de l'eau dans les régions côtières et dans les estuaires pendant les phénomènes météorologiques extrêmes. |  |  |  |
| Courants océaniques | **Prévisions infrasaisonnières à plus longue échéance:**   * Les courants de surface mesurés par des bouées dérivantes sont acceptables en termes d'exactitude et de résolution temporelle, mais marginales dans la couverture spatiale. * Les observations effectuées par les bouées ancrées ont une bonne précision et une fréquence médiocres à faible couverture spatiale. * Il est nécessaire d'obtenir des informations sur les courants océaniques de surface pour estimer un champ précis de tension du vent.   **Applications océaniques:**   * Le ciblage des bouées dérivantes dans des régions à forte variabilité, telles que les courants limites et la turbulence géostrophique en aval, contribuerait à accroître leur impact sur les systèmes de prévision océanique. Les bouées ancrées sont de bonne qualité en résolution temporelle et en exactitude, mais marginales ou médiocres. * Le profileur de courant à effet Doppler (ADCP) fournit des observations des courants océaniques sur une gamme de profondeurs, avec une précision acceptable. La couverture est marginale ou médiocre dans la plupart des zones océaniques, avec une résolution verticale marginale pour les applications de services maritimes, qui nécessitent des données haute résolution verticale dans la couche mixte. * La surveillance multiéchelle multiéchelle de la mer à la surface de la mer est désignée comme mission satellitaire candidate de l'ESA-E9 et prévoit de fournir des données sur les courants océaniques de surface. Il devrait améliorer considérablement la couverture des données sur les courants océaniques de surface. * Le réseau terrestre de radars haute fréquence (HF) peut fournir des données haute résolution sur les courants de surface. Cependant, la distance d'observation efficace est limitée à proximité des côtes et la couverture régionale est très limitée en raison des hautes fréquences de ces systèmes. | Bouées dérivantes, bouées ancrées, PCA, altimétrie satellitaire, radars HF | SKIM EN MER |  |
| Mer profonde | **Prévisions infrasaisonnières à plus longue échéance:**   * Bien qu'il reste difficile d'évaluer les incidences de ces nouvelles plates-formes, les observations en haute mer peuvent être utiles pour la prévision décennale et la projection climatique, au moins dans le but de valider les prévisions. Les mesures de bouées ancrées en profondeur sont utiles pour la surveillance du climat.   **Applications océaniques:**   * OceanSITES est conçu pour recueillir, diffuser et promouvoir des observations à long terme haute fréquence de la colonne d'eau de toute la profondeur (y compris les données en mer profonde) à des emplacements fixes. * Les mesures en haute mer permettent d'estimer l'évolution des propriétés des eaux profondes, en lien avec le changement climatique. Ces mesures sont actuellement très rares. | Mesures à partir de navires, programme Argo profond, OceanSITES |  |  |
| Aérosols et gaz à effet de serre | **Prévisions infrasaisonnières à plus longue échéance:**   * Les instruments satellitaires tels que les sondeurs infrarouges à haute résolution et les rétrodiffusions solaires fournissent des mesures précises de la colonne totale d'ozone. Toutefois, il faut disposer d'informations sur l'ozone résolues verticalement. Les limbosondeurs hyperfréquences sont susceptibles d'offrir une bonne résolution verticale et une précision correctes. | Sondeurs infrarouges haute résolution, rétrodiffusions solaires, limbosondeurs hyperfréquences |  |  |
| Éclairement énergétique solaire | **Prévisions infrasaisonnières à plus longue échéance:**   * Bien que les données soient actuellement disponibles pour la période limitée (2004-aujourd'hui) et qu'il serait difficile d'évaluer l'exactitude, l'observation continue de l'éclairement spectral est nécessaire pour les prévisions saisonnières à décennales. Certaines études suggèrent que l'analyse de l'éclairement énergétique ultraviolet (200-400 nm) avec une résolution temporelle mensuelle est nécessaire pour les prévisions saisonnières à décennales. | Surveillance spectrale de l'éclairement énergétique (SIM) et expérience de comparaison de l'éclairement énergétique solaire (SOLSTICE) à bord de la mission satellitaire de l'Expérience sur le rayonnement solaire et le climat (SORCE), radiomètres à large bande absolument étalonnés, radiomètres à large bande et radiomètres de l'éclairement énergétique solaire total et radiomètres à spectre solaire, |  |  |
| Données atmosphériques | **Prévisions infrasaisonnières à plus longue échéance:**   * Similaire à celle de l'application mondiale de la PNT. * Une exigence générale en matière de prévision infrasaisonnière à saisonnière est la disponibilité de jeux de données d'observation historiques cohérents et d'une fourniture continue de données d'observation exactes à l'avenir. | Imagerie multispectrale dans le visible et l'infrarouge avec cycles de répétition rapides, sondeurs hyperspectraux ir, sondeurs UV/VIS/NIR, nadir et limbe |  |  |
| Ondes de gravité | **Météorologie aéronautique:**   * Il serait utile d'obtenir des données d'observation en cours de montée et de descente à partir d'aéronefs AMDAR/ ADS-B/ Mode-S, ainsi que la résolution complète des profils de radiosondage. Les heures de cycle et la disponibilité des radiosondes situées immédiatement en amont des chaînes de montagnes doivent être considérées comme acceptables seulement dans quelques zones densément peuplées et dans d'autres régions pauvres. | Imagerie satellite de la vapeur d'eau à partir de satellites géostationnaires, mesures par occultation radio GNSS (comme GPS) |  |  |
| Aérosols de cendres volcaniques | **Météorologie aéronautique:**   * De nombreux volcans se trouvent dans des régions reculées et peu peuplées, où la détection et la détermination fiables de la nature de l'éruption ne peuvent être fondées que sur des méthodes de télédétection. * Les produits satellitaires sont particulièrement utiles lorsqu'il y a de fortes concentrations de cendres volcaniques, bien que, pour certaines phases de l'épisode actuel, des signaux clairs à grande distance dans le vent aient également été facilement détectés. * De plus amples recherches sur les applications satellitaires sont nécessaires pour déterminer des évaluations quantitatives plus précises de la concentration des panaches de cendres volcaniques. * Les produits satellitaires peuvent être affectés par la présence de nuages sous-jacents, qui recouvrent ou enveloppent les nuages, en particulier les nuages de glace. * Les techniques de « modélisation inverse » satellitaires pour mieux limiter le terme source en éruption ne sont actuellement disponibles qu'en mode de recherche post-événement. | Satellites, instruments de télédétection des aérosols, LIDAR, célomètres, localisation des éclairs, sondes d'aérosols embarquées sur des aéronefs téléguidés, sondes d'aérosols, imagerie multispectrale dans le visible et l'infrarouge avec cycles de répétition rapide, imagerie dans le visible et l'infrarouge, réalisation d'une bande jour/nuit, radars pluviométriques et radars nuageux, mission VIS/NIR/SWIR/IR pour une couverture polaire continue (Arctique et Antarctique) |  |  |
| Aérosols de sable et de poussière | **Météorologie aéronautique:**   * Alors que la détection de tels phénomènes au sens qualitatif apparaît bien au niveau de l'imagerie satellitaire visible, la détection automatique à l'extérieur des heures de jour reste problématique, et les observations en surface dans les régions exposées à ces phénomènes sont rares. * La visibilité, en particulier l'épaisseur optique des aérosols et la vitesse et la rafale du vent, sont étudiées comme des paramètres indicatifs en l'absence de toute mesure de la charge des aérosols. En association avec des produits spécialisés dérivés d'images satellitaires, on s'attend à ce qu'ils soient les plus prometteurs. | Imagerie multispectrale dans le visible et l'infrarouge avec cycles de répétition rapide, imagerie dans le visible et l'infrarouge, réalisation d'une bande jour/nuit |  |  |
| Couleur de l'océan, chlorophylle, nitrate, silice et concentration en phosphate | **Prévisions infrasaisonnières à plus longue échéance:**   * Les composantes optiques actives de l'océan (chlorophylle « a », matières particulaires en suspension, matière organique dissoute couleur) déterminent la pénétration des vagues courtes à l'intérieur de l'océan et peuvent donc affecter le réchauffement et la stabilité à proximité de la surface, ce qui crée une rétroaction biophysique vers l'atmosphère qui peut affecter les prévisions du cycle de l'eau, du phénomène ENSO et d'autres signaux climatiques. La résolution et la fréquence sont probablement suffisantes pour les prévisions, mais le développement du modèle et de l'assimilation des données sont nécessaires pour utiliser les données.   **Applications océaniques:**   * Des mesures in situ sont nécessaires pour compléter les observations satellitaires de la concentration de la chlorophylle océanique. Ces mesures devraient s'accompagner d'observations quotidiennes en temps réel de la température de l'océan, du vent de surface et des nutriments (phosphate, nitrate, nitrite, ammonium, silicate). * L'oxygène dissous est un traceur important de processus physiques (par exemple la ventilation) et biogéochimiques (photosynthèse, respiration, etc.). Il est maintenant mesuré régulièrement par des capteurs automatiques déployés sur des plates-formes eulériens et lagrangiennes avec une qualité accrue. L'oxygène peut être assimilé dans les modèles pour améliorer les prévisions biogéochimiques et les réanalyses. * Pour les océans oligotrophiques, la concentration de nitrates ne peut être obtenue qu'à l'aide d'essais chimiques en laboratoire. * Les mesures satellitaires fournissent des données haute résolution sur la chlorophylle. Il est nécessaire de limiter cette variable d'état à la surface où la variabilité est la plus importante. L'exactitude en haute mer est acceptable pour l'assimilation par les modèles des écosystèmes océaniques et par les services maritimes. Toutefois, les données sur la chlorophylle le long des côtes sont insuffisantes et doivent être limitées par des données in situ de grande qualité (par exemple, les données HPLC). * Les navires fournissent des données sur la chlorophylle, les nitrates, la silice et la concentration en phosphates d'une faible résolution spatio-temporelle dans de nombreuses régions. Ces produits sont peu adaptés à la rapidité d'acheminement des services maritimes. * Les observations des satellites en bande L peuvent être utilisées pour estimer la salinité océanique près de la surface et fournir des informations précieuses pour la validation des systèmes de prévision. | Imageurs satellitaires (par exemple, SGLI, GOCI, VIIRS), spectromètres satellitaires (MODIS, OLCI, bouées ancrées, analyseurs automatiques de qualité de l'eau, etc.) |  |  |
| Température du sol | **Météorologie agricole:**   * Toutes les catégories de stations de météorologie agricole devraient également porter sur les mesures de la température du sol. Les niveaux auxquels la température du sol est observée devraient comprendre les profondeurs suivantes: 5, 10, 20, 50 et 100 cm. À des niveaux plus profonds (50 et 100 cm), où les variations de température sont lentes, les relevés quotidiens sont généralement suffisants. Lorsque la température du sol est mesurée dans une forêt, le niveau de référence pour la mesure de la profondeur devrait être clairement indiqué: la surface supérieure des débris, l'humus ou la couche de masse est considérée comme étant à 0 cm; ou si l'interface terre-litière est considérée comme zéro de référence. Chaque fois que le sol est gelé ou recouvert de neige, il est particulièrement intéressant de connaître la température du sol sous la neige non perturbée, l'épaisseur de la neige et l'épaisseur de gelée dans le sol. | Stations d'observation en surface |  |  |
| Débit d'eau de surface | **Hydrologie:**   * La qualité de ces observations n'est pas encore totalement déterminée et les observations in situ pour l'étalonnage sont essentielles. Plusieurs méthodes satellitaires sont disponibles sur demande pour cartographier l'étendue des inondations dans les plaines inondables ou les grands systèmes fluviaux ainsi que la durée des inondations, y compris les capteurs visuels, infrarouges et radar. Cependant, en général, les observations hydrologiques effectuées par les véhicules spatiaux ne sont pas disponibles quotidiennement en raison de la géométrie des orbites des véhicules spatiaux. Dans la plupart des cas, il n'est possible d'obtenir des données qu'une fois tous les deux à trois semaines à un endroit donné, ce qui constitue une contrainte sérieuse. * Le débit fluvial est une donnée essentielle pour fournir des services hydrologiques pour la gestion de l'eau, y compris les crues et les sécheresses, l'analyse du climat, le partage des eaux transfrontières et pour comprendre l'ensemble du cycle de l'eau. Dans de nombreux pays, les observations hydrologiques sont encore trop peu nombreuses. L'installation de l'équipement et l'entretien et l'exploitation des stations hydrologiques sont problématiques. Cela s'explique d'une part par le manque de financement national durable et d'autre part par le manque de professionnels. * Les informations satellitaires émergentes nécessitent des observations in situ pour l'étalonnage et la validation/vérification. Plusieurs méthodes satellitaires sont disponibles sur demande pour cartographier l'étendue des inondations dans les plaines inondables ou les grands systèmes fluviaux ainsi que la durée des inondations, y compris les capteurs visuels, infrarouges et radar. Cependant, en général, les observations hydrologiques effectuées par les véhicules spatiaux ne sont pas disponibles quotidiennement en raison de la géométrie des orbites des véhicules spatiaux. Dans la plupart des cas, il n'est possible d'obtenir des données qu'une fois tous les deux à trois semaines à un endroit donné, ce qui constitue une contrainte sérieuse. Il n'existe pas de mesure par satellite de la vitesse de surface et du débit appliqué en exploitation. Cela peut être réalisé au moyen de méthodes de mesure de la vitesse de surface (basées sur l'image, par radar) ou par assimilation de l'élévation de la surface de l'eau et de la pente dans les modèles hydrodynamiques. Les deux approches ne sont encore qu'à la phase de validation du concept et se limitent à de très grandes rivières uniquement en raison des limites de résolution. | De nouvelles approches, notamment des capteurs à faible coût, des vidéos, la science citoyenne, de nouveaux programmes satellitaires (par exemple SWOT), l'IoT et des projets similaires peuvent être testés dans le cadre de plusieurs projets de l'OMM.  Données in situ, visuelles, infrarouge, radars, capteurs hyperspectraux, vélocimétrie acoustique Doppler, stations de surveillance conventionnelles avec cadences d'échantillonnage infra-journalières (méthodes de mesure de la hauteur d'eau et de l'indice de vitesse)  In situ: stations hydrométriques qui surveillent le niveau d'eau (parfois la pente et l'indice de vitesse), les courbes de tarage de hauteur-débit étalonnées au moyen de mesures occasionnelles de hauteur-débit (jaugeages) | Vitesse de l'image (IV)  Mesure du débit par drone combinée à la modélisation hydrodynamique  Mesures satellitaires: capteurs visuels, infrarouge, radar, hyperspectral mw  Technologies de mesure et de surveillance du débit à faible coût et en accès libre | IV est économique tant pour les mesures directes que pour la surveillance continue et la sécurité des opérations, car il n'est pas nécessaire de déployer des bateaux dans les cours d'eau.  Les stations hydrométriques traditionnelles fournissent des séries chronologiques de débit dont la couverture spatiale est limitée, mais avec une résolution temporelle très élevée et un biais minime grâce aux mesures de la mesure des débits. La continuité à long terme des séries chronologiques de débits est nécessaire, en évitant les lacunes et les erreurs/perturbations. Les estimations satellitaires peuvent fournir une couverture spatiale étendue, mais il faut des observations au sol pour l'étalonnage et la validation, de sorte qu'elles doivent être considérées comme une extension, et non comme un remplacement des réseaux hydrométriques.  Dans de nombreux programmes et réseaux, l'équipement moderne (profileurs hydroacoustiques, communications par satellite, etc.) peut poser problème en raison de leur complexité, de leur coût d'entretien et de leur robustesse. Dans de tels cas, il faudrait envisager davantage de techniques de base, y compris des solutions à faible coût, mécanique et à base d'exploitants. |
| Stockage d'eau de surface | **Hydrologie:**   * Il existe un problème assez similaire de stockage de l'eau dans les cours d'eau, les plaines inondables et les grands estuaires, ce qui représente plus un défi de mesurer en permanence. * En général, les observations ne sont pas encore disponibles pour les zones humides, les grandes plaines inondables et les estuaires. Cela peut changer avec l'amélioration des données altimétriques numériques. * De nombreuses incertitudes subsistent en ce qui concerne la rétention d'écoulement dans les barrages, les réservoirs, les lacs et les zones humides; la perte par évaporation de l'eau à partir des surfaces de stockage; et infiltration dans les réserves d'eaux souterraines. | Observations terrestres et altimétriques, capteurs hyperspectraux hyperspectraux hyperspectraux |  |  |
| Stockage des eaux souterraines | **Hydrologie:**   * Les observations terrestres sont effectuées, mais l'accès global aux données sur les eaux souterraines (vitesse de recharge et de prélèvement en particulier) est très limité. L'IGRAC a compilé des informations mondiales sur les ressources en eau souterraine. Des techniques d'observation gravimétrique (telles que grace) pour les masses d'eaux souterraines de très grande taille sont disponibles, mais elles ne sont pas encore pleinement éprouvées en conditions opérationnelles. L'utilisation des données du GOCE est en cours d'exploration. | IGRAC, GRACE, GOCE, missions gravimétriques |  |  |
| Évaporation et évapotranspiration | **Hydrologie:**   * Les observations directes sont clairsemées et la plupart des valeurs de l'évaporation sont en fait des estimations dérivées. L'évaporation dans le contexte de la SOG fait référence à des mesures « directes » de l'évaporation réelle. En raison des méthodes d'observation, même les mesures directes sont des estimations. Les mesures terrestres à l'échelle mondiale diminuent en termes de couverture spatiale à une époque où les observations traditionnelles in situ telles que les bacs d'évaporation et les lysimètres sont en grande partie interrompues. * L'accès à l'évapotranspiration spatiale augmente, mais la disponibilité de données de réalité de terrain a considérablement diminué au fil du temps. En termes de résolution spatiale, les sources actuelles de données ne sont pas toujours adéquates pour les analyses de petits bassins, en particulier pour ce qui est du calcul des pertes par évaporation à partir de grands réservoirs. | Bacs d'évaporation et lysimètres, tours de flux, corrélation des tourbillons et techniques du rapport de Bowen, |  |  |
| Pergélisol (épaisseur de la couche active, température du sol, vitesse de fluage des glaciers rocheux, etc.) | **Surveillance du climat: Surveillance de la cryosphère.**   * Surveillance du pergélisol plus systématique en tant que partenariat entre les organismes de recherche et d'exploitation, à l'échelle nationale et régionale, les données normalisées et échangées à l'échelle internationale * La viabilité à long terme des stations de recherche est nécessaire pour faciliter la disponibilité des relevés climatologiques. * Écart – Acquisitions systématiques inSAR en modes haute résolution pour le changement de terrain   **Hydrologie:** | Observations par satellite: imageurs multispectral à haute résolution dans le visible et l'infrarouge; Imagerie RSO et altimètres (laser) et radar; Missions de réflectométrie GNSS (GNSS-R), hyperfréquemétrie passive, RSO  Observations en surface (augmentation du nombre de stations, long terme, partage des données) |  | Capacité d'imagerie actuelle inadaptée à la surveillance des glaciers rocheux dans le pergélisol de montagne  Il est extrêmement difficile d'obtenir des hautes rés de haute altitude contiguës, saisonnières et sans nuages. Images optiques du littoral (du pergélisol côtier) – pour permettre la mosaïque du recul du rivage  Rés. saisonnières de fortes rés. données nécessaires à la compréhension des phénomènes suivants: bidonvilles de Thaw; Glaciers rocheux; Déversoirs glaçons (petits étangs)  Aucun outil approprié pour la surveillance des glaciers rocheux dans le pergélisol – futur essai de la bande L DansSAR prévu (jaxa PALSAR-2 non disponible)  Difficulté d'obtenir des séries chronologiques continues et multi-sat sur tous les points froids  Images hyperspectrales (phénologie) des avantages potentiels, par exemple PRISMA |
| Glaciers (par exemple bilan de masse, altitude de la ligne d'équilibre, débit et épaisseur) | **Surveillance du climat: Surveillance de la cryosphère.**   * Un suivi des glaciers plus systématique sera établi en tant que partenariat entre les organismes de recherche et d'exploitation, à l'échelle nationale et régionale, et les données seront normalisées et échangées à l'échelle internationale   **Hydrologie:** | Observations par satellite: altimètres radars à large fauchée et altimètres inclinés à haute altitude, inclinés et haute précision; SAR multipolaire, hyperspectral VIS; Missions gravimétriques  Observations aériennes: Lidar  Observations et relevés en surface | Drones  Radar de pénétration au sol (GPR)  Sondage par radio-écho (RES) – volume des glaciers | La viabilité à long terme des stations de recherche est nécessaire pour faciliter la disponibilité des relevés climatologiques.  La cartographie de l'étendue de la neige et des glaciers dépend encore largement de la résistance optique d'environ 10 mètres. Jeux de données mondiaux, décennals et librement accessibles provenant de Landsat, ASTER et Sentinel-2, complétés par des rés. (<10 m), des images optiques de couverture limitée (et données stéréo) fournies par SPOT, Pléiades, Cartosat-I, etc. |
| Inlandsis | **Surveillance du climat: Surveillance de la cryosphère.**   * L'opération qui succède à CryoSat-2 a été recherchée dans le cadre de l'évolution de la mission Copernicus (mission sur la glace et la topographie de la neige) pour l'élévation de la surface de la glace à > 82° * Calcul consolidé du vêlage/flux des icebergs sur le plateau de glace * Nécessité d'un suivi continu de la migration des câbles * La source résiduelle la plus importante d'incertitude dans l'élévation du niveau de la mer est la péninsule antarctique   **Applications océaniques:** | Occultation radio GNSS (constellation de base),  Imagerie RSO et altimètres (laser) et radar  Missions de réflectométrie GNSS (GNSS-R), hyperfréquemétrie passive, RSO  Observations de la cryosphère – observations en surface |  | Nécessité d'une couverture inSAR à gauche dans le centre de l'Antarctique – projeté d'être satisfaite par la NASA/ISRO NISAR (bande L) à l'avenir  Lacune dans la continuité des séries chronologiques du bilan de masse de l'inlandsis gravimétrique – maintenant continué par GRACE-FO  Nécessité d'un rafraîchissement régulier des MNT des inlandsis dans les régions dynamiques (intervalle à déterminer) |
| Berges de glace (position, taille, concentration, prélèvement, etc.) | **Prévision immédiate et prévisions à très courte échéance:**  **Prévision océanique:**   * L'augmentation du transit dans les régions polaires, y compris les navires de tourisme, les navires de SMA autonomes permettront d'effectuer des observations sur la glace en temps utile (régions polaires, océan Austral, etc.). | Observations à proximité de la surface au-dessus de l'océan: observations de navire  Altimétrie satellitaire (CryoSat2), imagerie (MODIS) | Images ASAR d'ENVISAT  RSO extra large; » Swatch large interféromètre (IWS) | Données de grande résolution et d'exactitude élevée provenant de navires de recherche à distribuer en temps réel.  Mesures plus systématiques des radiomètres infrarouges à bord de navires pour validation par satellite. |
| Glace de lac et de rivière | **PNT haute résolution:**  **Hydrologie:** | Observations hydrologiques et cryosphériques  Observations bénévoles des dates de gel/dégel des lacs et des cours d'eau – |  | Mesure automatique des chutes de neige et de l'épaisseur de la neige.  Expansion des mesures automatiques de l'humidité et de la température du sol  Observations bénévoles des dates de gel et de dégel des lacs et des cours d'eau – diffusées à l'échelle internationale et archivées. |
| Utilisation de l'eau | **Hydrologie:**   * À l'heure actuelle, seules des informations limitées sont disponibles sur cette variable qui est également très hétérogène en matière de qualité et de disponibilité (administratives, spatiales et temporelles). Alors que les informations sectorielles (principalement les estimations) sont disponibles sur le plan national et local, les informations globales sur l'utilisation de l'eau, tant sur la consommation d'eau que sur la consommation d'eau, ne sont pas disponibles et la plupart des informations existantes sont extrapolées ou dérivées d'un nombre relativement restreint de sources de données accessibles. * Les pays devraient fournir les informations sur l'utilisation de l'eau à l'échelle internationale. | AQUASTAT |  |  |  |
| Mesures du flux électromagnétique: flux solaire de l'EUV, flux de rayons X, émissions radioélectriques | **Météorologie de l'espace:**   * Pour surveiller la variabilité solaire à long terme et pour alimenter les modèles numériques de l'environnement spatial et de l'atmosphère, on utilise des mesures du flux à 2800 MHz (10,7 cm). Ces données ne sont actuellement fournies que par le radiotélescope de Penticton. Il y a lieu de garantir la continuité et la cohérence à long terme de ces séries de données. * Pour obtenir une couverture de 24h, ces mesures effectuées grâce à l'infrastructure au sol nécessitent la contribution des observatoires du monde entier. Il existe des réseaux qui recueillent de telles données dans le monde entier, mais qui ne garantissent pas la disponibilité publique des données qui respectent les critères ci-dessus. Le Réseau de télescopes solaires radioélectriques (RSTN) exploité par l'Armée de l'air américaine couvre le monde entier en temps réel, mais pas tous les spectres en temps réel sont publics. Les données du réseau eCallisto sont publiques mais peu de stations contribuent en temps réel. * La fourniture des flux de rayonnementS SOLAIRES, des rayons X et des données sur les émissions radioélectriques devrait être évaluée comme marginale à acceptable. * Les principaux systèmes au sol conçus pour la science devraient mettre au point un mode en temps réel pour les applications relatives à la météorologie de l'espace et être coordonnés à l'échelle mondiale afin d'assurer la continuité des observations et un bon interétalonnage. | Satellites NOAA/GOES, Observatoire dynamique solaire (SDO), PROBA2/LYRA, Radio Télescope radio de Penticton, RSTN, eCallisto, spectrographe à rayons X au GEO |  |  |  |
| Images solaires: rayons X, EUV, H-Alpha, Calcium-K, Lumière blanche, Champ magnétique | **Météorologie de l'espace:**   * Nombre d'observations solaires au sol sont prises en charge semi-opérationnelles, avec un certain niveau de continuité à long terme, bien qu'il n'y ait pas de services en temps réel, tandis que les observations spatiales, telles que l'Observatoire SOlar et l'Observatoire héliosphérique (SOHO) (les plus largement utilisés dans les services opérationnels de météorologie de l'espace), SDO et STEREO PROBA-2, sont des missions de recherche. Étant des missions de recherche, elles ne sont généralement pas conçues pour répondre aux exigences opérationnelles en matière de rapidité d'acheminement, et surtout il n'est pas clair si et comment leurs capacités seront remplacées. * Fourniture d'images solaires: rayons X, EUV, H-Alpha, Calcium-K, lumière blanche, données sur le champ magnétique devraient être estimées comme marginales. * Les principaux systèmes au sol conçus pour la science devraient mettre au point un mode en temps réel pour les applications relatives à la météorologie de l'espace et être coordonnés à l'échelle mondiale afin d'assurer la continuité des observations et un bon interétalonnage. | GONG, BIENTÔT, SOHO, le SDO, l'Observatoire des relations terrestres solaires (STEREO), PRoject pour l'autonomie embarquée-2 (PROBA-2), et al., spectrographe à rayons X au GEO |  |  |  |
| Images des coronagraphes solaires | **Météorologie de l'espace:**   * La fourniture d'images de couronnes solaires devrait être estimée comme médiocre. * Une préoccupation particulière dans ce domaine est d'assurer la continuité des données sur les coronagraphes pour l'estimation des paramètres d'initiation de la CME, qui ont des répercussions profondes sur les capacités de prévision de la météorologie de l'espace. * Les principaux systèmes au sol conçus pour la science devraient mettre au point un mode en temps réel pour les applications relatives à la météorologie de l'espace et être coordonnés à l'échelle mondiale afin d'assurer la continuité des observations et un bon interétalonnage. | COronagraphe à grand angle et spectrométrique (LASCO) embarqué à bord du satellite SOlar Heliosphere Orbiter, Satellite Coronal et Étude héliosphérique du Soleil (SECCHI) embarqué sur l'instrument STÉRÉO, coronagraphe solaire et spectrographe radio au point L1 |  |  |  |
| Vitesse de masse, densité et température du vent solaire | **Météorologie de l'espace:**   * Malheureusement, en raison des différences d'instruments, les paramètres du vent solaire global fournis par ces deux satellites présentent parfois de grandes différences. Les paramètres du vent solaire global (sauf le FMI) sont également disponibles (non en temps réel) par l'SOHO (situé au point L1) et par les missions de recherche SUR LE VENT. La situation actuelle avec la fourniture de données sur les paramètres de la masse du vent solaire et le FMI peut être estimée comme marginale. | ACE (Advanced Composition Explorer), DSCOVR (Observatoire du climat de l'espace lointain, NOAA), vent solaire, plasma in situ, particules énergétiques et champ magnétique au point L1 |  |  |  |
| Flux de particules énergétiques solaires | **Météorologie de l'espace:**   * Malheureusement, DSCOVR, n'a pas d'instruments de particules énergétiques. * Les mesures d'électrons de haute énergie au niveau L1 ne sont pas actuellement disponibles. * Ainsi, la disponibilité actuelle des données sur les particules énergétiques solaires à partir des mesures du vent solaire devrait être définie comme médiocre. | ACE, SOHO (NASA/ESA) et VENT (NASA), position hors L1, les particules énergétiques sont mesurées par l'un des satellites STÉRÉO, le vent solaire, le plasma in situ, les particules énergétiques et le champ magnétique au point L1 |  |  |  |
| Images héliosphériques | **Météorologie de l'espace:**   * L'un des satellites a récemment cessé de fournir des observations. La fourniture de données devrait être estimée comme médiocre. | STÉRÉO, Coronagraphe solaire et imagerie héliosphérique, sur et hors de la ligne Terre-Soleil (par exemple, au point L5) |  |  |  |
| Flux directionnel différentiel d'électrons (GEO, MEO, LEO) | **Météorologie de l'espace:**   * La couverture d'électrons à faible énergie (< 100 keV) est médiocre, tout comme la disponibilité des données. Il faut augmenter le nombre de sites sur orbite géostationnaire et sur orbite basse où ces électrons sont mesurés et que les données sont disponibles en temps réel. Il est également nécessaire d'accroître la disponibilité de mesures d'électrons haute énergie sur orbite géostationnaire et de orbite basse, tout comme la disponibilité accrue d'électrons à haute énergie sur orbite basse. Des mesures supplémentaires d'électrons sur orbites HEO amélioreraient la capacité de spécifier les niveaux de flux d'électrons dans toute la magnétosphère. Marginal. |  |  |  |  |
| Flux neutronique de rayons cosmiques (en surface) | **Météorologie de l'espace:**   * Seuls un nombre limité de sites fournissent des données de haute qualité en temps réel. L'amélioration de la qualité des données en temps réel et l'intégration de ces données dans les modèles mondiaux pourraient contribuer à améliorer les estimations des niveaux de rayonnement à bord des aéronefs. Marginal. | Moniteurs de neutrons au sol et détecteurs de muons, |  |  |  |
| Taux de dose de rayonnement (aéronef) | **Météorologie de l'espace:**   * Les mesures de la dose de rayonnement ne sont pas couramment disponibles sur les aéronefs. Il faudrait établir une base de référence pour ces mesures qui pourraient servir à développer les capacités initiales de service (y compris la vérification des modèles) puis à affiner les besoins en matière de mesure. Pauvres. |  |  |  |  |
| Contenu total d'électrons (CTE) | **Météorologie de l'espace:**   * La situation s'aggrave avec la disponibilité des données au-dessus des océans, pour lesquelles les observations satellitaires du GNSS sont un moyen réalisable de combler les lacunes. Le Service international du GNSS (IGS) fournit des données au sol GNSS provenant d'un réseau de sites répartis à l'échelle mondiale, y compris GPS et GLONASS, et pourrait à l'avenir être étendue pour intégrer BeiDou (anciennement boussole), GALILEO et d'autres systèmes GNSS. Dans l'ensemble, pour les récepteurs GNSS au sol, la fourniture de données est acceptable dans certaines régions (états-Unis d'Amérique, Japon, Europe, etc.) mais médiocre à l'échelle du globe (problèmes particulièrement en temps opportun). * La résolution horizontale et la couverture des observations GNSS-RO seront améliorées avec le lancement de la constellation COSMIC-II GNSS-RO (2017-2020), avec un délai estimé d'environ 45 minutes. Cette situation se situe dans le seuil, mais elle est encore médiocre par rapport à l'objectif. Ainsi, l'estimation des observations fournies par le GNSS-RO est médiocre (problèmes particulièrement dans le délai de diffusion). | Occultation radio GNSS (constellation de base), occultation radio GNSS; « constellation supplémentaire pour les sondages atmosphériques/ionosphériques améliorés (y compris polarimétriques), y compris l'occultation radio LEO-LEO pour des fréquences supplémentaires optimisées pour les sondages atmosphériques; » |  |  |  |
| Scintillation (S4 et ✔φ) | **Météorologie de l'espace:**   * Pour les mesures de scintillation, il est nécessaire d'augmenter le nombre de récepteurs de scintillation au sol du GNSS, en particulier dans les régions polaires et équatoriales où se produisent le plus souvent les phénomènes, afin d'obtenir une couverture plus homogène et de répondre aux besoins. Des solutions novatrices devraient être recherchées pour couvrir les régions océaniques afin de soutenir les activités au large des côtes. Jusqu'à présent, la fourniture de données devrait être définie comme médiocre. |  |  |  |  |
| Ennemis | **Météorologie de l'espace:**   * La fourniture de données pour le suivi des caractéristiques ci-dessus des régions F et E de l'ionosphère peut être considérée comme acceptable dans certaines régions (par exemple dans les pays d'Europe moyenne) mais médiocre à l'échelle mondiale (problèmes dans le délai de fourniture). |  |  |  |  |
| Absorption dans la région D | **Météorologie de l'espace:**   * Dans l'ensemble, les observations d'absorption dans les régions D sont insuffisantes. La disponibilité et la rapidité de transmission des données, en particulier celles fournies par les riomètres scientifiques, amélioreraient les caractéristiques de l'iosphérique dans des conditions extrêmes. |  |  |  |  |
| Température (espace) | **Météorologie de l'espace:**   * Évaluation des écarts: Température de la basse thermosphère: marginale – Les données OSIRIS sont disponibles, mais elles ne couvrent pas toute la gamme verticale et présentent peu de délais. * Évaluation des écarts: Température de la haute thermosphère: médiocre – Seuls quelques observations FPI rares sont disponibles. Mauvais délai. | Satellite OSIRIS, FPI |  |  |  |
| Densité de l'atmosphère | **Météorologie de l'espace:**   * Évaluation des écarts: Faible densité de la thermosphère – moins faible / marginale – SSUSI et SSULI peuvent répondre aux besoins, mais aucune information n'est disponible sur la précision, le cycle d'observation et le délai de diffusion. * Évaluation des écarts: Densité de la thermosphère supérieure – marginale – Essaim répond à la plupart des besoins, en dehors des délais et de la résolution verticale. Ces dernières pourraient être prises en compte par l'introduction de nouvelles missions telles que DANDE et le grace follow-on SSUSI et SSULI peuvent répondre aux exigences, mais aucune information n'est disponible sur la précision, le cycle d'observation et le délai de diffusion. |  |  |  |  |
| Vent horizontal | **Météorologie de l'espace:**   * Évaluation des écarts: Vent dans la basse thermosphère – faible – pas d'observations actuelles. En attendant la mission ICON en 2017. * Évaluation des écarts: Vent dans la haute thermosphère – médiocre – Seuls quelques observations FPI clairsemées. Mauvais délai. Les vents des accéléromètres comportent des erreurs trop importantes pour être utiles. |  |  |  |  |
| Observations au sol du champ géomagnétique | **Météorologie de l'espace:**   * Les besoins en matière de répartition spatiale (100 km) dans plusieurs zones ne sont pas satisfaits en fonction de l'uniformité actuelle des sites des observations géomagnétiques interMAGNET dans le monde entier. Ils sont les plus denses en Europe et les moins denses en Afrique, en Amérique du Sud et dans la partie asiatique de la Russie. Les autres réseaux collaboratifs des magnétomètres au sol ne satisfont pas aux exigences concernant plus de paramètres que interMAGNET. * Les données INTERMAGNET satisfont aux exigences du cycle d'observation (1 seconde) et de l'incertitude (0,1 nT). Dans le même temps, la transmission de données INTERMAGNET se fait dans les 72 heures suivant l'acquisition, ce qui ne permet pas de respecter un seuil de 60 minutes. * En général, la disponibilité, la cadence d'échantillonnage et la qualité des données géomagnétiques au sol devraient être considérées comme marginales pour (dans certains endroits), alors que le délai de transmission est encore insuffisant. |  |  |  |  |
| Observations spatiales (LEO, GEO) du champ géomagnétique | **Météorologie de l'espace:**   * Les besoins en matière d'observations des champs géomagnétiques sur orbites GEO et LEO peuvent être considérés comme satisfaits au niveau de marginalité avec l'objectif de résolution horizontale sur orbite géomagnétique et sur orbite basse ainsi que les délais de réalisation de ces données. Toutefois, comme cela a été souligné, ces sites ne représentent pas la situation globale de la magnétosphère dynamique, en particulier aux hautes latitudes de la magnétosphère (qui, à l'avenir, pourraient être remplies par une mission HEO à forte inclinaison). Ainsi, la couverture spatiale globale et la résolution temporelle des données de champ magnétique magnétosphérique à l'échelle du globe doivent être améliorées et, dans l'état actuel, elles devraient être classées comme insuffisantes. |  |  |  |  |

**Références:**

Aberle, J., Rennie, C., Admiraal, D. et Muste, M. (2017). Hydrauliques expérimentales: Instruments et techniques de mesure, CCR Press, Taylor & Francis Group, Londres, UK, ISBN: 978-1-138-03815-8; 410 p.

Battaglia A, Pavlos Kollias Ranvir Dhillon Richard Roy Richard Tanelli Katia Lamer Mircea Grecu Matthew Lebsock Daniel Watters Kamil Mroz Gerald Heymsfield Lihua Liji Furukawa: Spaceborne Cloud and Precipitation Radars: Status, Challenges, and Ways Forward', 2020, Review of Geophysics. <https://doi.org/10.1029/2019RG000686>

Barlow, J. F., Dunbar, T. M., Nemitz, G., Wood, C. R., Gallagher, M. W., Davies, F., O'Connor, E., et Harrison, R. M.: Boundary layer dynamics over Londres, Royaume-Uni, tel qu'observé à l'aide du lidar Doppler au cours de REPARTEE-II, Atmos. Chem. Phys., 11, 211-2125, <https://doi.org/10.5194/acp-11-2111-2011>, 2011.

Brenot, H., Neméghaire, J., Delobbe, L., Clerbaux, N., De Meutter, P., Deckmyn, A., Delcloo, A., Frappez, L., Van Roozendael, M. (2013) Signes préliminaires du lancement de la convection profonde par GNSS, Atmos. Chem. Phys., 13, 5425-5449, <https://doi.org/10.5194/acp-13-5425-2013>

Delanoë, J., Protat, A., Vinson, J., Brett, W., Caudoux, C., Bertrand, F., Parent du Chatelet, J., Hallali, R., Barthes, L., Haeffelin, M., & Dupont, J. (2016). BASTA: A 95-GHz RADAR Doppler Doppler for Cloud and Fog Studies, *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, *33*(5), 1023-1038. from <https://journals.ametsoc.org/view/journals/atot/33/5/jtech-d-15-0104_1.xml>

Kawabata T. et Yoshinori Shoji (30 mai 2018). Applications of GNSS Slant Path Delay Data on Meteorology at Storm Scales, Fonctionnement plurifonctionnel et application du GPS, Rustam B. Rustamov et Arif M. Hashimov, IntechOpen, DOI: 10.5772/intech open.75101. Disponible à partir de: <https://www.intechopen.com/books/multifunctional-operation-and-application-of-gps/applications-of-gnss-slant-path-delay-data-on-meteorology-at-storm-scales>

Küchler, N., S. Kneifel, U. Löhnert, P. Kollias, H. Czekala, T. Rose, 2017: A W-band radar-radiometer for accurate and continu monitoring of clouds and precipitation, *J. Atmos. Oceanic Tech.* https://doi.org/10.1175/JTECH-D-17-0019.1

Lange, D., A. Behrendt, V. Wulfmeyer, 2019: Compact Tropospheric Water Vapor and Temperature Raman Lidar avec résolution turbulence. Geophysical Research Letters 46, 14844-14853. DOI:10.1029/2019GL085774, 2019

Leuenberger D, A Haefele, N Omanovic, Mn Fengler, G Martucci, B Calpini, O Fuhrer, et A Rossa « Améliorer la prévision numérique du temps à fort impact avec les observations lidar et drone ». Publié en ligne: 17 juillet 2020 Publication imprimée: 01 juillet 2020; DOI: <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-19-0119.1> Page(s): E1036‒E1051

Li Z, « Impact of assimiling Mode-S EHS winds in the Met Office » (Impact of assiming Mode-S EHS winds in the Met Office), qui sera publié dans Met App 2021

Mariani, Z., Stanton, N., Whiteway, J., Lehtinen R. « Toronto Water Vapor Lidar Inter-Comparison Campaign », Remote Sensing Letter, 2020

Newsom, R. K., D. D. Turner, R. Lehtinen, C. Münkel, J. Kallio et R. Roininen, 2020: « Evaluation of a Compact Broadband Differential Absorption Lidar for Routine Water Vapor Profile in the Atmospheric Boundary Layer », J. Atmos. Oceanic Technol., 37, 47-65, DOI: <https://doi.org/10.1175/JTECH-D-18-0102.1>

Radenz, M., Bühl, J., Lehmann, V., Görsdorf, U., et Leinweber, R.: Combining cloud radar and radar wind profiler pour une estimation à valeur ajoutée du mouvement vertical de l'air et de la vitesse terminale des particules dans les nuages, Atmos. Meas. Tech., 11, 5925‒5940, <https://doi.org/10.5194/amt-11-5925-2018>, 2018.

Roininen, R., et C. Münkel, 2017: Results from continuous atmospheric boundary layer humidity profiling with a compact DIAL instrument. Huitième Colloque sur les applications atmosphériques lidar, Seattle, WA, Amer. Meteor. Soc., 12.3, <https://ams.confex.com/ams/97Annual/webprogram/Paper301717.html>.

Roy, R. J., Lebsock, M., Millán, L., & Cooper, K. B. (2020). Validation d'un radar à absorption différentielle des nuages à bande G pour la télédétection  *de l'humidité, Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, *37*(6), 1085-1102., à partir de <https://journals.ametsoc.org/view/journals/atot/37/6/jtechD190122.xml>

Schnitt, S., U. Löhnert, R. Preusker, 2020: Potential of Dual-Frequency Radar and Microwave Radiometer Synergy for Water Vapor Profile in the Cloudy Trade Wind Environment, Journal of Oceanic and Atmospheric Technology, 37(11), 1973-1986, <https://doi.org/10.1175/JTECH-D-19-0110.1>

Spuler, S. M., Hayman, M., Stillwell, R. A., Carnes, J., Bernatsky, T., et Repasky, K. S.: MicroPulse DIAL (MPD) – a Diode-Laser-Based Lidar Architecture for Quantitative Atmospheric Profiling, Atmos. Meas. Tech. Discussion. [preprint], <https://doi.org/10.5194/amt-2021-41>, en revue, 2021

Stillwell, R. Scott M. Spuler, Matthew Hayman, Kevin S. Repasky, et Catharine E. Bunn, « Démonstration d'un lidar combiné d'absorption différentielle et de haute résolution spectrale pour le profilage de la température atmosphérique », Opt. Express 28, 71-93 (2020). <https://doi.org/10.1364/OE.379804>.

Turko, Maxima & Gosset, Marielle & Bouvier, Christophe & Chahinian, N. & Alcoba, Matias & Kacou, Modeste & Yappi, Apoline. (2020) Mesure des précipitations par le réseau mobile de télécommunications et avantages potentiels de l'hydrologie urbaine en Afrique: un cadre de simulation pour l'analyse de propagation de l'incertitude. Compte rendu de l'Association internationale des sciences hydrologiques. 383. 237-240. 10.5194/piahs-383-237-2020.

Yeung, W.L., Chan, P.W., Lehtinen, R., Roininen, R., Münkel, C. et Chiu, Y.Y. (2020), Observations of subtropical weather by a prototype Water vapour LiDAR à l'Observatoire de Hong Kong. Météo, 75: 244-251. <https://doi.org/10.1002/wea.3663>

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

**ANNEXE 3**

**Principales mesures du Plan d'action pour l'évolution des systèmes mondiaux d'observation que les Membres doivent mener à bien**

Annexe de la résolution 40 (Cg-18)

Les Membres sont encouragés à se concentrer sur les principales activités du Plan d'action pour l'évolution des systèmes mondiaux d'observation (voir le document sur le Plan d'action dans les langues de l'OMM: [EN](https://wmoomm.sharepoint.com/:b:/s/wmocpdb/ETeDnDonmulOiJu9zkzieu4Bp7thwbeKXXfCq1G8nxjjQA?e=KokUlQ), [ES](https://wmoomm.sharepoint.com/:b:/s/wmocpdb/EZWZcp0fuphPqjejJkPOBxYBFN6n9aBU7gVl5z2RnhhQ-A?e=zQnoR6), [FR](https://wmoomm.sharepoint.com/:b:/s/wmocpdb/EVRItRhG7OVCibWplVTp8U4BoxwVpJ02saZ9szskDLAueA?e=vrcmdh), [RU](https://wmoomm.sharepoint.com/:b:/s/wmocpdb/ERL2_7-DqEBMmfcUhLGtdBsB8u0za8LwyXpWZ140Lb_R-Q?e=yaCr0E), [ZH](https://wmoomm.sharepoint.com/:b:/s/wmocpdb/EaZir2WZg25DlK61b8knNkMBEz-AjoQQziP17creMJp2yA?e=TNWVI3)) énumérées dans le tableau ci-dessous, et à fournir des informations en retour sur la façon dont elles sont mises en œuvre à l'échelle nationale. Toutefois, les mesures restantes sont également importantes et doivent être prises en compte par les acteurs recensés dans le Plan d'action pour l'évolution des siens.

| **N° de l'action** | **Action** | **Indicateur de performance** |
| --- | --- | --- |
| C3 | Normes du SIO – Veiller à ce que tous les exploitants qui produisent des observations respectent les normes du SIO. | Mesure dans laquelle les normes du SIO sont appliquées. |
| C4 | Consultation des utilisateurs – Une préparation minutieuse est nécessaire avant d'introduire de nouveaux systèmes d'observation (ou de modifier les systèmes d'observation existants). L'impact doit être évalué en consultation préalable et continue avec les utilisateurs de données et l'ensemble des utilisateurs. En outre, les utilisateurs de données doivent recevoir des orientations sur la réception et l'acquisition des données, l'infrastructure de traitement et d'analyse, la fourniture de données indirectes et la mise en place de programmes d'enseignement et de formation professionnelle. | Mesure dans laquelle les préoccupations des utilisateurs sont prises en compte. |
| C7 | Procédures de « gestion du changement » – Assurer la continuité et le chevauchement des éléments clés du système d'observation et de leurs relevés, conformément aux besoins des utilisateurs, grâce à des procédures appropriées de gestion des changements. | Continuité et cohérence des relevés de données. |
| C8 | Principes d'échange des données – Pour les systèmes d'observation de l'OMM et les systèmes d'observation coparrainés, veiller à ce que les principes de l'OMM en matière de partage des données, indépendamment de l'origine des données, y compris les données fournies par des entités commerciales, continuent de s'y conformer. | Disponibilité permanente de toutes les données d'observation essentielles à tous les Membres de l'OMM. |
| C12 | Fréquences radioélectriques – Assurer un contrôle continu des fréquences radioélectriques nécessaires aux différentes composantes du WIGOS, afin de s'assurer qu'elles sont disponibles et qu'elles sont protégées. Fournir toutes nouvelles informations concernant les nouvelles applications ou les nouveaux équipements utilisant les fréquences radioélectriques. | Bandes de fréquences d'observation disponibles/non disponibles avec le niveau requis de protection. |
| G2 | Échange de données horaires – Assurer, dans la mesure du possible, un échange mondial de données horaires qui sont utilisées dans des applications mondiales, optimisées pour équilibrer les besoins des utilisateurs par rapport aux contraintes techniques et financières. | Les indicateurs normalisés de surveillance utilisés dans la PNT à l'échelle mondiale. |
| G4 | Normes du WIGOS – Assurer l'échange d'observations atmosphériques, océaniques et terrestres, conformément aux normes du WIGOS. Au besoin, organiser différents niveaux d'observations pré-traitées afin de répondre à différents besoins des utilisateurs. | Statistiques sur les données mises à la disposition de chaque application. |
| G7 | Radiosondes dans les zones où les données sont rares – Multiplier les stations de radiosondage ou réactiver les stations de radiosondage muettes dans les régions I, II et III où la couverture en données est la plus faible. De tout mettre en œuvre pour éviter de fermer les stations existantes dans ces zones où les données sont rares, même si un très petit nombre de stations de radiosondage peut apporter un avantage essentiel à tous les utilisateurs. | Les indicateurs normalisés de surveillance utilisés dans la PNT. |
| G13 | « Accès aux données de radiosondage – Recenser les stations de radiosondage qui effectuent régulièrement des mesures (y compris les radiosondes exploitées pendant des campagnes uniquement), mais pour lesquelles les données ne sont pas transmises en temps réel; » Prendre des mesures pour mettre les données à disposition. | Nombre de stations de radiosondage indiquées ci-dessus fournissant des données au SMT, ainsi que des indicateurs standard de contrôle de la disponibilité et de la rapidité de transmission des données de radiosondage. |
| G14 | Données de radiosondage HR – Assurer la diffusion en temps voulu des mesures de radiosondage à haute résolution verticale, avec indication de la position et de l'heure pour chaque donnée, ainsi que des métadonnées connexes. | Nombre de sites de radiosondage fournissant les profils haute résolution. |
| G17 | Stations régionales de profilage par télédétection – Établir des réseaux de stations de profilage par télédétection à l'échelle régionale afin de compléter les systèmes d'observation par radiosondage et par aéronef, principalement en fonction des besoins des utilisateurs régionaux, nationaux et locaux (même si une partie des données mesurées sera utilisée à l'échelle mondiale). | Nombre de stations de profilage fournissant en temps réel des données dont la qualité a été évaluée par rapport au SIO/SMT. |
| G18 | Traitement et échange de données de profileurs – Assurer, dans la mesure du possible, le traitement et l'échange des données de profileur pour un usage local, régional et mondial. Lorsque les données des profileurs peuvent être produites plus fréquemment que 1 heure, un jeu de données ne contenant que des observations horaires peut être échangé à l'échelle mondiale selon les principes du SIO. | Nombre de stations de profilage échangées à l'échelle mondiale. |
| G40 | Métadonnées et représentativité des stations spéciales – Assurer, dans la mesure du possible en temps réel, l'échange d'observations, les métadonnées pertinentes, y compris la mesure de la représentativité des stations d'observation en surface destinées à des applications spécifiques (transports routiers, aviation, météorologie agricole, météorologie urbaine, etc.). | Pourcentage d'observations provenant des stations susmentionnées échangées en temps réel à l'échelle régionale et mondiale. |
| G45 | Radars à double polarisation – Accroître le déploiement, l'étalonnage et l'utilisation de radars à double polarisation dans les régions où il est bénéfique. | Couverture en données obtenue à partir de ce type de radar pour chaque région. |
| G47 | Radars météorologiques pour les pays en développement et la réduction des risques de catastrophes – Dans les pays en développement sensibles aux tempêtes et aux inondations, il faut tout particulièrement s'efforcer de mettre en place et d'entretenir des stations radar météorologiques. | Nombre de stations de radars météorologiques opérationnels situées dans les zones indiquées ci-dessus. |

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

**ANNEXE 4**

**Aperçu des exigences relatives au ROBM (doit/devrait)**

(sur la base des dispositions du ROBM contenues dans le Manuel du WIGOS, OMM-N° 1160, édition 2021)

|  | **EST** | | | | | **DEVRAIT** | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Type de réseau** | **Variables** | **Résolution horizontale** | **Résolution temporelle** | **Résolution verticale** | **Échange de données** | **Résolution horizontale** | **Variables[[20]](#footnote-21)** | **Résolution temporelle** | **Résolution verticale** |
| **Stations terrestres d'observation en surface** | * Pression atmosphérique * Température de l'air * Humidité * Vent horizontal * Précipitations * Épaisseur de neige (le cas échéant) | 200 km | Horaire | - | À l'échelle mondiale en temps réel / quasi réel | < 100 km | * Pression atmosphérique * Température de l'air * Humidité * Vent horizontal * Précipitations * Épaisseur de neige * > observations disponibles | < = horaire | - |
| **Stations d'observation en altitude**  **Au-dessus des terres émergées** | * Température * Humidité * Vent horizontal | Jusqu'à 30 hPa ou plus: 500 km | 2x/jour ou plus fréquemment | 100 m | Temps réel/quasi réel à l'échelle du globe | Jusqu'à 30 hPa: 200 km ou plus  Sous-série: jusqu'à 10 hPa ou plus: 1 000 km ou plus | * Température * Humidité * Vent horizontal * > observations disponibles | Jusqu'à 30 hPa: 2 jours ou plus fréquemment  Jusqu'à 10 hPa ou plus: 1/d ou plus | 100 m |
| **Stations d'observation en altitude**  **au-dessus de l'océan** | * Température * Humidité * Vent horizontal | Jusqu'à 30 hPa ou plus: 1000 km | 2x/jour ou plus fréquemment | 100 m |  |  |  |  |  |
| **Stations maritimes d'observation en surface** | * Pression atmosphérique * Température de surface de la mer | 500 km | Horaire |  | Temps réel/quasi réel à l'échelle du globe |  |  |  |  |
| **Observation météorologique d'aéronef**  **Montées/descentes** |  |  |  |  | Temps réel/quasi réel à l'échelle du globe |  | * Température * [Humidité] * Vents horizontaux * > observations disponibles | Fréquence horaire ou plus fréquente | 300 m ou plus |
| **Observation météorologique d'aéronef**  **Vol en palier** |  |  |  |  | Temps réel/quasi réel à l'échelle du globe | < = 100 km | * Température * [Humidité] * Vents horizontaux * > observations disponibles |  |  |
| **Profileur de télédétection** |  |  |  |  | Temps réel/quasi réel à l'échelle du globe |  | * [Température] * [Humidité] * Vents horizontaux * > observations disponibles | Horaire | 100 m ou plus |

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

**ANNEXE 5**

**Services urbains intégrés (SIU) pour les directives de haut niveau relatives au WIGOS**

**Introduction**

D'ici à 2050, 80 % de la population mondiale sera en centres urbains (ICLEI, 2020). Si elle est bien planifiée et bien gérée, l'urbanisation peut être un outil puissant pour le développement durable tant pour les pays en développement que pour les pays développés. Les objectifs de développement durable des Nations Unies (ODD 11) et le nouveau Programme d'action pour les villes des Nations Unies représentent une vision commune d'un avenir meilleur, résilient, plus durable et plus sain pour les villes (ONU, 2016; ONU, 2019). L'OMM a répondu en faisant connaître le concept de services urbains intégrés (résolution 68 (Cg-17); Cg-18, résolution 32 et 61; EC-68, décision 15; EC-69, décision 41; EC-70, décision 7, annexe 1 et 2; Plan stratégique de l'OMM pour la période 2020-2023.

Le présent document a pour objectif d'énoncer les besoins et les priorités de haut niveau en matière de surveillance et d'observation dans le cadre du Guide de haut niveau du WIGOS 2040 à l'intention des SMHN, qui doivent être mis en œuvre au cours des cinq prochaines années (2021-2025).

Comme des activités simultanées donnent des informations détaillées et des orientations sur les services urbains intégrés, l'IUS (Groupe d'étude des services urbains intégrés (SG-URB), 2021), les perspectives résumées ici utilisent à la fois des documents existants et des projets de documents et examinés par le Sg-URB et d'autres experts. Les orientations fournies par des experts sur les SIU évolueront et doivent être formalisées, mais il existe un consensus général sur les points de vue et les priorités énoncés dans le présent document.

Le SIU n'est pas un domaine d'application du WIGOS existant, bien qu'il soit étroitement lié au domaine d'application le plus étroit qui consiste à fournir des informations sur la composition de l'atmosphère à l'appui des services fournis en milieu urbain et peuplé, ce qui se limite à la prévision de la qualité de l'air. Compte tenu de la nature et des problèmes distinctifs des observations urbaines (variété, surface variable, hauteur, emplacement virtuel (multi-emplacement), haute résolution spatiale et temporelle et rapidité d'acheminement, faible latence, nécessité de partenariats, qualité des données, représentativité, intégration, intégration et métadonnées importantes) et utilisation directe par les utilisateurs et les décideurs pour la prise de décisions en matière d'alerte précoce, l'examen d'un nouveau système d'information sur le WIGOS (AA) pour capturer le suivi des SIU peut s'avérer nécessaire. Compte tenu de son inclusion dans ce document d'orientation de haut niveau du WIGOS et sur la base des discussions avec le SG-URB, l'analyse des lacunes et des priorités est présentée ici en supposant que les observations à l'appui des services urbains intégrés peuvent être considérées comme distinctes AA et que la formalisation des buts, des objectifs, de la portée et des exigences suivra dans l'intégralité du temps.

**Concept de services urbains intégrés**

Besoins en matière de services urbains: La densité des populations, la diversité de l'environnement urbain (par exemple, densité du bâtiment, hauteur des bâtiments, surface, perméabilité, émissions anthropiques), la concentration des infrastructures artificielles essentielles (énergie, télécommunications, routes, égouts, etc.) crée une sensibilité accrue aux dangers dus au temps, au climat, à la qualité de l'air et à l'hydrologie. L'impact des aléas est interdépendant et il existe un effet domino en cascade non linéaire de grande portée en aval (OMM, 2019; OMM, 2021, ICLEI, C40). Les besoins en matière de services urbains et de sous-couche d'infrastructures sont déterminés non seulement par les besoins à court terme en matière de préparation aux aléas, mais aussi par les exigences à long terme en matière de planification et d'adaptation.

La planification urbaine pour des villes saines (qualité de l'air, écologie, qualité de vie, résilience), considérant le changement climatique, est multiforme et prend en compte les aspects de la refonte des villes (espaces verts, bleus ou espaces aquatiques), structures urbaines (toits verts, matériaux de construction, sources d'eau pour le stockage de chaleur ou processus de refroidissement), écologie/biodiversité (plantes, espèces, flore, faune) et qualité de vie (transports efficaces, transports, sources d'eau pour le stockage de chaleur ou de refroidissement) air pur, eau propre, gaz à effet de serre).

Les zones d'agglomération sont si importantes que les dangers et les alertes/impacts associés dans un même lieu peuvent ne pas affecter d'autres sites et services d'urgence (déploiement d'équipes de sauvetage dans les zones inondables et vents violents, admissions à l'hôpital d'urgence, préparation et personnel approprié) ainsi que des services quotidiens.

Nécessité d'une intégration: Ces questions multidimensionnelles nécessitent des informations précises, cohérentes et précises et des informations précises et précises pour la planification stratégique à long terme et le relèvement tactique des situations d'urgence. L'intégration est également nécessaire dans tous les domaines pour utiliser au mieux les ressources nécessaires à l'infrastructure d'observation. Les services météorologiques, climatologiques, environnementaux et hydrologiques nécessitent des données météorologiques communes, un échange de données propres à des services afin de permettre de nouvelles capacités à haute résolution spatiale, efficacement et sans double emploi. L'interopérabilité (normes, formats d'échange, accès aux données, métadonnées) est fondamentale ainsi que la connaissance des différences de traitement, des délais, de l'accès aux données et du délai de latence. La résolution spatiale à haute densité, la spécificité et le coût des observations urbaines nécessitent des compétences spécialisées qui ne peuvent être obtenues que par des partenariats et une intégration. L'intégration est essentielle à la prévision sans discontinuité, à la modélisation du système Terre, à la chaîne de valeur, à la recherche rapide à l'exploitation et à l'exploitation aux éléments du transfert de technologie dans le Plan stratégique et le Plan opérationnel de l'OMM pour la période 2020–2023 (Brunet et al., 2015; Grimmond et al., 2015; WMO-HIW, 2021; Golding, 2021).

Portée du SIU: Le concept de services urbains intégrés a été formulé par l'OMM (OMM, 2019 (G1); OMM, 2020 (G2); Grimmond et al., 2020; Ren et McGregor, 2021; SG-URB, 2021) et comprend les domaines suivants:

1. Temps – alertes dangereuses (plus spécifiques), services d'urgence, chaleur supplémentaire;
2. Climat – codes de construction, aménagement urbain, changement climatique (gaz à effet de serre, OMM-IG3IS, 2018);
3. Eau – Gestion des égouts, inondations urbaines (côtières, fluviales);
4. Environnement[[21]](#footnote-22) – composition de l'atmosphère ainsi que santé, écologie (insectes, flore et faune), qualité de l'eau et autres

Méthodes d'intégration: La méthodologie mise au point par l'OMM comprend plusieurs méthodes d'intégration différentes:

1. Intégration au niveau des services;
2. Intégration au niveau des produits/post-traitement;
3. Intégration au niveau de la modélisation;
4. Intégration au niveau de l'observation

L'intégration de l'infrastructure d'observation est l'aspect le plus pertinent des services urbains intégrés pour cette déclaration. En fonction du service et de l'usage en question, les observations urbaines auront des exigences différentes en matière de traitement, d'emplacement et de densité qui doivent être prises en compte lors de l'intégration de diverses sources d'observations, et celles-ci doivent être incluses dans les métadonnées (par exemple, la moyenne temporelle, la précision et la précision, la couverture; » OMM-WIGOS, 2021). Les SIU exigent un flux d'informations,données/métadonnées ou être intégrés tout au long de la chaîne de valeur (Golding, 2021; WMO-HIW, 2021)) pour l'utilisation et l'interprétation par les systèmes d'aide à la décision (par exemple, les systèmes de visualisation des données et des produits pouvant inclure le traitement des « mégadonnées » et comprendront également des experts de domaine) et des décideurs (par exemple des maires des villes). Par conséquent, des produits intégrés à l'appui de ces services pourraient être créés à l'aide de capteurs individuels (par exemple des séries chronologiques d'estimations des précipitations individuelles), ou de divers réseaux de surveillance homogènes (par exemple des cartes de précipitations à partir de pluviomètres ou de radars) ou hétérogènes (cartes de précipitations à partir de pluviomètres, de radars et de satellites, par exemple). Le traitement peut être très complexe et peut inclure l'utilisation de modèles numériques du temps (réanalyse, par exemple).

**Patrimoine**

Initiatives de l'OMM: Le Congrès et le Conseil exécutif de l'OMM ont approuvé le concept et demandé l'élaboration de textes d'orientation sur les SIU.

1. Le Congrès approuve le concept de SIU (résolution 68, Cg-17, 2015; Décision 15, EC-68, 2016; Décision 41 ( EC-69) – 2017)
2. Plan stratégique et opérationnel de l'OMM pour la période 2020-2023;
3. Orientations sur les services hydrométéorologiques, climatologiques et environnementaux intégrés en milieu urbain, Volume I: Concepts et méthodologies ont été officiellement approuvés et acceptés (2019);
4. Orientations sur les services hydrométéorologiques, climatologiques et environnementaux intégrés en milieu urbain, Volume II: Les villes pilotes ont été officiellement approuvées et acceptées (2021);
5. Des orientations sur les îlots de chaleur urbains sont en cours d'élaboration (publication 2022);
6. Le Groupe d'étude des services urbains intégrés (SG-URB) a été constitué (2020);
7. Le SG-URB met en place des bonnes pratiques en matière de modélisation haute résolution pour l'IUS.
8. Bonnes pratiques pour l'évaluation fondée sur l'observation des émissions de GES en milieu urbain (OMM-IG3IS, 2021)

Les textes d'orientation existants de l'OMM sont disponibles:

1. Première orientation sur les observations urbaines (OMM, 2006)
2. Textes d'orientation sur l'aq, l'eau, la PNT, les documents de la CIMO (OMM, 2018)

Autres

1. National Research Council, États-Unis d'Amérique, 2012;
2. HIW (Golding, 2021);
3. Healthy Cities Book (Ren et McGregor, 2021)

Rôle/mandat des villes: Les services et les alertes urbains sont généralement le mandat des villes qui se sont organisées (avec un soutien national et mondial) pour aborder les questions locales de durabilité urbaine et jouer un rôle important dans la définition des exigences, des priorités et des actions.

1. L'ICLEI – Les gouvernements locaux pour la durabilité, formés en 1990, avec le soutien des Nations Unies, a été formé en tant qu'ONG pour fournir une assistance technique aux gouvernements locaux afin de soutenir les objectifs de durabilité.
2. Le C40, formé en 2005, est un groupe de 97 mégapoles qui se sont engagées à prendre des mesures audacieuses pour un avenir sain et durable.
3. Alliance mondiale des maires

Rôle des SMHN: Un message d'orientation clé sur les services urbains intégrés était que les SMHN sont bien placés et devraient diriger le développement de SIU (Rogers, 2013; C40, 2020) en raison de:

1. Capacité, en particulier en matière de modélisation à haute résolution urbaine (mondiale, régionale, locale et microéchelle, y compris la modélisation de la dispersion des risques chimiques, biologiques, radiologiques ou nucléaires et explosifs (CBRNE)
2. Les capacités existantes, les mandats relatifs à l'air, au climat, à l'environnement et à l'eau à l'échelle mondiale, nationale et les voies existantes de diffusion des alertes.
3. patrimoine, rôle dans les systèmes d'alerte précoce multidangers, la prévention des catastrophes et le changement climatique
4. Voix faisant autorité, expert reconnu et chef de file en matière de dispositions relatives aux alertes et rôle essentiel dans les processus décisionnels

IUS et Observations: Parallèlement, l'OMM fournit des orientations sur l'avenir du système mondial d'observation par le biais des perspectives d'avenir du WIGOS à l'horizon 2040 du Système mondial d'observation (PERSPECTIVES POUR L'OMM À L'HORIZON 2040). Les concepts d'avenir du WIGOS concordent avec ceux des SIU, en particulier:

1. Systèmes d'observation intégrés;
2. Observations de capteurs et de plates-formes non traditionnels;
3. Gestion et accès aux données;
4. Services à fort impact et sans discontinuité;
5. Mettre l'accent sur les méta-données; Et
6. Partenariats.

Parmi les questions à prendre en compte, citons notamment:

1. « Mettre l'accent sur les sources d'observation non traditionnelles et inclure des stations de référence dans la conception des réseaux; »
2. Analyse de capteurs/réseaux d'observation hétérogènes pour le contrôle de la qualité;
3. Mettre l'accent sur les observations locales/micro et la représentativité à diverses échelles;
4. Données non météorologiques pour la vérification des phénomènes à fort impact

**Contexte/état des connaissances**

1. Les SIU sont affectés par des systèmes mondiaux et régionaux d'échelle météorologique et climatique tels que le changement climatique, les systèmes synoptiques et extratropicaux ainsi que les ouragans/typhons. Les villes sont influencées par les processus à toutes les échelles et, par conséquent,  **les directives relatives aux observations mondiales ou régionales sont pertinentes pour les observations du SIU**.
2. Il existe des processus et des impacts **locaux (échelle de la ville ou de l'agglomération aux quartiers), micro (blocs-villes) et obstacles (bâtiments individuels**). Les agglomérations sont suffisamment larges pour que les aléas touchent un lieu, mais peut-être pas un autre et qu'ils se produisent ou se produisent dans un endroit éloigné de l'endroit où il a un impact. Grâce à de nouvelles capacités d'observation, l'amélioration de la densité, de la modélisation et de la prise de décisions ciblées, les SIU provenant de systèmes locaux, de micro ou d'obstacles vont évoluer.
3. Alors qu'il existe une association étroite d'échelles spatio-temporelles pour les conditions météorologiques, il existe des applications de l'IUS (par exemple l'aménagement urbain) où des informations à des échelles microspatiales sont nécessaires à des échelles temporelles plus longues (climatologiques). Pour les applications relatives au temps et à la qualité de l'air, la  **nature tridimensionnelle** des différentes couches de canopée urbaine (~100 m à ~2 km) joue un rôle important dans la caractérisation des processus et la modélisation numérique. Les processus chimiques de l'atmosphère et la répartition des constituants varient à des échelles verticales encore plus fines (IHI- OMM, 2022; SG-URB, 2021).
4. Les services urbains relèvent généralement du mandat des municipalités soutenues par les autorités régionales (étatiques) et nationales.  **Il existe déjà des services urbains**, ce qui est le plus souvent le cas au niveau des services, où des informations et des compétences disparates provenant de diverses sources sont combinées manuellement pour les décideurs, comme dans les opérations de gestion des situations d'urgence civile. Un autre exemple de services urbains actuels consiste à établir des codes de construction ou de construction à partir de données climatologiques (à partir de longues séries chronologiques d'informations météorologiques). Parallèlement, il existe une lacune évidente dans l'intégration de ces services fournis par différentes organisations.
5. Les services climatologiques traditionnels s'appuient sur les observations d'un **site rural** (souvent un aéroport) et **sont adaptés ou interprétés pour des** sites/environnements urbains en utilisant des relations statistiques à partir de « normales sur 30 ans ». Toutefois, les urbanistes ont besoin de prévisions météorologiques, de qualité de l'air et de l'eau à l'échelle micro (et peut-être à obstacle) dans le cadre des scénarios de changement climatique et de développement urbain (Amorin et al., 2018). Souvent, les observations urbaines qui peuvent être directement utilisées à l'appui des services urbains intégrés sont manquantes ou réalisées de manière dispersée par différentes organisations.
6. Quel que soit le niveau d'intégration, l'**intégration au niveau de service fera toujours partie du « dernier kilomètre », étant**  donné la complexité et les connaissances nécessaires pour interpréter les informations disparates et pour susciter la confiance des décideurs (par exemple les maires). Les observations sont directement nécessaires à la vérification des produits produits et à la confiance tout au long de la chaîne de valeur.
7. En général, l'**environnement urbain n'est pas bien représenté** dans la production actuelle de PNT opérationnelle, même lorsque les modèles mondiaux ou régionaux (pour la prévision du temps et du climat) ont une résolution de grille sur l'échelle kilométrique (généralement 2 à 4 km). Les villes sont simplement représentées ou non (c'est-à-dire traitées comme rurales) dans ces modèles. L'un des principaux avantages des modèles à plus haute résolution est qu'il capte les processus à grande échelle (~O(100 km)) de meilleure qualité (structures plus précises et meilleure prévision de l'intensité en soi) qui, en soi, améliore la prévision urbaine à mesure qu'il prévoit mieux le milieu rural. Les SIU nécessitent des modèles à l'échelle infra-kilomètre pour résoudre les variations et les processus urbains de l'environnement. Certains modèles fonctionnent à des échelles de 2 et 3 m.
8. **L'assimilation des données pour** la prévision numérique du temps à haute résolution est encore au stade de la recherche-développement. Les progrès de la compréhension scientifique des processus urbains (échange de surface) et de leur paramétrisation sont encore nécessaires. Les modèles urbains actuels (et services) sont lancés à l'aide de modèles mondiaux ou régionaux où des observations mondiales et régionales sont assimilées. Ainsi, i) l'amélioration du réseau de surveillance à l'échelle mondiale et régionale profitera aux SIU et ii) à la conception de réseaux d'observation urbains pour le lancement de la prévision numérique du temps sera une priorité future. Il convient de noter que la nouvelle génération de systèmes de paramétrisation et d'assimilation fondés sur l'intelligence artificielle est en cours de développement rapide et que les progrès pourraient grandement accélérer ce développement.
9. Les **capacités à microéchelle à haute résolution des modèles urbains** et les observations attendues définissent les capacités actuelles et futures du SIU. Par exemple, les concepteurs urbains ont besoin d'une connaissance de l'environnement urbain à microéchelle pour combiner le vert (**arbres**, parcs, jardins) et le bleu (sources d'eau pour le chauffage et le refroidissement, les puits d'effluents pour les systèmes de gestion des égouts à des fins de durabilité) des zones propices à des aménagements urbains sains (bâtiments et sites d'usine; Weston, 2021). L'étude des modèles numériques urbains indique que les modèles à l'échelle hectorielle (~O(100) m) sont courants dans la recherche et la préopérationnelle, ainsi que dans les modèles géospatiaux dont la résolution descend jusqu'à des dizaines de mètres. La conception urbaine pour la ventilation de l'air est à l'échelle du canyon de la rue (Ng, 2009; Ren et al., 2018).
10. La première étape de la modélisation urbaine est la représentation des **conditions initiales et aux limites** (environnement urbain) à l'échelle locale, micro-obstacle et à l'échelle locale. Selon le degré de complexité des applications urbaines (par exemple le climat), il peut suffire **d'identifier les zones climatiques locales** (Stewart et Oke, 2012) pour traduire les observations en milieu rural en observations météorologiques/climatologiques urbaines ou en sorties de modèles (échelle locale).
11. Toutefois, la **représentation de l'environnement urbain** à haute résolution (ou de quelques centaines de mètres et moins)  **des modèles à domaine limité urbanisé** exige un niveau de détail plus élevé où les structures urbaines telles que les bâtiments, leur hauteur et leur densité, l'imperméabilité de la surface, le réchauffement micro/obstacle ou les sources d'émission telles que les autoroutes, les usines industrielles et la cuisine dans les cours (et donc l'activité humaine comme le travail et les modes de circulation, L'utilisation de climatiseurs, de cuisine dans une cour arrière) est représentée (Ching et al., 2018).
12. L'**environnement urbain évolue** avec le temps avec les autoroutes, les usines industrielles, les bâtiments construits et les zones inondables de faible altitude (passages souterrains) et où les voies d'eau et les plaines inondables sont transformées en zones utilisées. Compte tenu de l'évolution constante de l'environnement, les métadonnées relatives aux données et à l'environnement décrivant celles-ci nécessitent des mises à jour et des améliorations fréquentes sur les pratiques actuelles.
13. L'interprétation de l'observation nécessite une connaissance de l'environnement qu'elle représente (zones climatiques locales (LCZ) ou micro-milieux urbains). La longueur du fetch et même la vitesse et la direction du vent ont une incidence sur l'interprétation. Par conséquent,  **les méta-données urbaines sont essentielles pour interpréter l'observation et devraient inclure des informations sur l'environnement urbain ainsi que sur la représentativité du site.**
14. Dans les systèmes d'aide à la décision existants, en particulier à l'ère de l'analyse des mégadonnées et de l'intelligence artificielle,  **les produits dérivés des observations sont nécessaires et traités comme des données** pour le traitement et l'appui des services en aval. Par exemple, les précipitations peuvent être traitées, dérivées ou soumises à un contrôle qualité à partir de capteurs multiples (pluviomètres, radar, satellite, production participative ou réanalyse), et la source d'observation originale n'est pas pertinente.
15. **Les projets de développement et de démonstration**, les bancs d'essai et d'autres projets de recherche améliorent et accélèrent la **recherche à l'exploitation**  et à l'**exploitation aux services** et **aux services à l'appui des**  processus de transfert de technologie à la suite des objectifs stratégiques à long terme de l'OMM.

**Conception intégrée des observations urbaines et des réseaux**

1. **Une taille ne convient pas à tous.**  Les besoins en matière d'observation et de surveillance évolueront en fonction des besoins et des applications des services urbains intégrés, et ils seront spécifiques à chaque agglomération. La géographie jouera un rôle important dans la conception des SIU, mais pour la première fois, cela est déjà couvert par les systèmes mondiaux (et régionaux) d'observation du climat. Cela dit, il existe des points communs entre les villes pour les services locaux/micro-échelle pour les aléas météorologiques et de qualité de l'air, pour faire face aux incidences du changement climatique, aux crues locales et à la planification urbaine, ce qui nécessite des observations de plus grande résolution.
2. **Variables essentielles des SIU**: Il existe une grande variété de variables qu'il convient de mesurer. Les informations météorologiques de base (température, vent, précipitations, etc.) sont courantes dans tous les domaines des SIU. Des observations spécifiques à des domaines tels que les flux, les émissions, les niveaux d'eau et d'autres paramètres peuvent également être nécessaires par d'autres domaines, tels que la quantité/le niveau de l'eau dans les bassins urbains et les égouts, aux fins d'étalonnage, de vérification ou d'estimation des impacts. Les observations multisectorielles permettront le couplage des modèles, la mise au point de nouvelles connaissances scientifiques et de nouveaux services et de meilleurs services. Il peut s'agir de critères de réussite pour les utilisateurs (admissions à l'hôpital, données épidémiologiques, etc.) afin d'évaluer correctement l'impact du SIU.
3. **Siting IUS**: Il existe des principes existants pour la conception des réseaux et les directives relatives aux métadonnées (OMM-WIGOS, 2021; WIGOS, 2019). Toutefois, les observations urbaines diffèrent fondamentalement des observations en milieu rural du fait: i) les capteurs qui composent une station urbaine peuvent être déplacés horizontalement et/ou verticalement, ii) la surface sous-jacente est variable et iii) la hauteur de l'observation, en particulier par rapport à la nature tridimensionnelle de la canopée urbaine. Des orientations antérieures sur les observations urbaines axées sur le climat urbain (échelle locale et développement ultérieur du concept de zone climatique locale) indiquent que les capteurs composant une « station » peuvent être déplacés physiquement. La température peut être mesurée en un seul endroit, mais le vent peut être mesuré à plusieurs bâtiments à l'extérieur pour échapper aux effets de l'écoulement des obstacles. Les observations sur les toits sont déconseillées pour les services climatologiques urbains, mais elles sont nécessaires si elles sont considérées comme des composantes critiques de l'îlot de chaleur ou font partie de la physique de la modélisation urbaine (SG-URB, PA15). Le vent peut être capté en un lieu et/ou à différentes hauteurs au-dessus du sol dans la couche limite urbaine (couche de canopée urbaine, sous-couche de rugosité, sous-couche inertielle, IHI 2021).
4. **Besoins en observations denses**: Des observations haute résolution sont nécessaires pour diverses raisons: développement de la compréhension scientifique, paramétrage des processus dans les modèles, établissement de relations climatologiques/statistiques (nécessitant une surveillance à long terme), pour les prévisions immédiates à micro-échelle et la préparation d'alertes précoces (délai de fourniture/faible latence, haute résolution spatiale/temporelle, maintien de la connaissance de la situation, préparation d'alertes), définition des conditions initiales et aux limites des modèles, et définition des conditions initiales et aux limites Pour la validation (vérification des hypothèses de traitement des modèles/produits sont correctes), l'utilisation par les systèmes de décision en aval (par exemple, l'utilisation dans les systèmes de « mégadonnées » et d'intelligence artificielle) et la vérification (les prévisions de vérification sont correctes pour établir la confiance) dans le processus décisionnel. Pour les alertes à fort impact, les données de vérification devraient également inclure des indicateurs et des paramètres liés à l'impact du phénomène (par exemple la hauteur des crues, la zone, les hospitalisations, les paramètres écologiques). Ces données peuvent ne pas être facilement accessibles à la communauté scientifique, mais elles seront nécessaires pour démontrer le succès des services et leurs coûts. »
5. **Lacunes en matière de réseau intégré d'observation urbaine. Peu de SMHN disposent de**  stations urbaines alors que de nombreux organismes de l'environnement ont déployé des stations de haute qualité de la qualité de l'air équipées de capteurs météorologiques, certaines **municipalités** ont déployé des réseaux compacts de stations météorologiques et des capteurs de la composition de l'atmosphère, la plupart des rivières et certains réseaux d'égouts situés en milieu urbain sont mesurées, et des projets de recherche, des projets de démonstration et des bancs d'essai ont déployé des réseaux de télédétection et des technologies in situ (radar, environnement, recherche, bancs d'essai) lidar, célomètre); Les véhicules mobiles (voitures ou vélos) ont des capteurs de composition météorologique ou atmosphérique (Google, 2021) lorsqu'ils peuvent être combinés pour fournir des observations à niveau de référence et de base. Parmi les technologies de la production participative figurent les tours à hyperfréquences de téléphonie cellulaire, les technologies des véhicules (température, détecteurs de précipitations pour l'activation du wigos, les lidars, les radars et les caméras pour l'assistance au conducteur), les téléphones portables (température, pression, UV), les applications de production participative (messages météorologiques, activité Twitter, Instagram) peuvent fournir des observations de niveau complet tout au long de la chaîne de valeur de la vérification des SIU à fort impact (Elmore et al., 2014; Smith et al., 2015; McNicholas et Masse, 2021). Au fur et à mesure que les services de SIU augmentent, il faudra s'attendre à une amélioration de la qualité, ce qui exigera un suivi supplémentaire des facteurs de confusion supplémentaires (accumulation de débris dans les égouts, par exemple) là où de nouvelles technologies seront mises au point. Grâce à des partenariats, la **création de réseaux intégrés d'observation urbaine** permettra de renforcer les capacités, d'accroître les capacités, de réduire les doublons et les coûts des observations urbaines.
6. **Lacunes en matière d'information sur l'environnement** urbain: Pour les applications climatologiques, les observations rurales (et les prévisions) sont utilisées de manière statistique pour les applications urbaines. L'utilisation la plus courante consiste à estimer l'augmentation de la température due à l'effet d'îlot de chaleur urbain à l'échelle locale ou urbaine, où on suppose un impact spatial quasi gaussien. Pour les échelles locales, **des indications initiales**  ont été données pour fournir les exigences en matière d'instruments et de sites dans un environnement urbain (OMM, 2006; OMM, 2019). Pour ce qui est du site, la représentativité est résumée dans des considérations de fetch nécessitant une uniformité de l'environnement urbain à une échelle de 500 m ou plus. Récemment, en utilisant le concept de classification des zones climatiques locales (par exemple hauteur du bâtiment, densité, type de surface) et en supposant que l'universalité, les observations de surveillance urbaine peuvent être appliquées pour réduire les exigences en matière de surveillance du réseau urbain (Stewart et Oke, 2012). Pour les modèles et services urbains, des informations détaillées sur l'environnement urbain à microéchelle sont nécessaires, comme dans le cas des phénomènes météorologiques violents, des inondations ou de la qualité de l'air, ou lorsque les sources d'eau font partie des concepts de conception et de mise en œuvre en vert-bleu. La connaissance de l**'environnement urbain**, pour interpréter correctement les observations et les réseaux urbains, est **fondamentale pour tous les SIU et constitue donc la première lacune à combler**. Le Portail mondial des données et de l'accès aux données urbaines (WUDAPT) est une initiative internationale fondée sur la communauté internationale pour recueillir les milieux urbains locaux et à microéchelle (Ching et al., 2018).
7. **Écart entre les stations de référence:** Compte tenu de l'ampleur des problèmes d'hétérogénéité des capteurs, des types d'observation, du traitement **et** d'autres problèmes de gestion de la qualité, les stations de référence sont nécessaires pour étalonner ou contrôler la qualité des données. Les stations rurales et urbaines situées dans les zones climatiques locales (ou tout autre système de classification) ou dans les zones d'émission doivent être établies dans le cadre de la conception du réseau. Il s'agit là d'une lacune importante.
8. **Lacune en matière de métadonnées urbaines:** Comme les observations doivent répondre à de multiples usages, les **métadonnées** doivent comporter suffisamment d'informations pour permettre l'utilisation de l'observation (interprétation pour « adapter l'application »). L'environnement urbain est un aspect qui doit être capturé, car les observations seront affectées par les obstacles et les structures à microéchelle (OMM, 2006). Comme le milieu urbain est soumis à un renouvellement constant, il a été recommandé d'actualiser chaque année cette mise à jour dans les métadonnées (OMM, 2006; Grimmond et Ward, 2021; Muller et al., 2013). La norme relative aux métadonnées relatives aux observations urbaines est nécessaire.
9. **Lacune en matière de gestion des données:** Les connaissances relatives aux données disponibles, aux mécanismes d'échange de données, aux formats de données, aux algorithmes de traitement des signaux et au traitement des données  **et au contrôle de la qualité sont reconnues** comme des questions nécessitant un leadership, des capacités techniques et des avantages mutuels démontrés avant que les partenariats puissent prospérer. Un échange efficace de données exigerait que la vie privée et les droits de propriété intellectuelle soient respectés. Le partage des données entre les fournisseurs des différentes composantes du système d'observation constitue une lacune majeure. La gestion des métadonnées est essentielle. **Des projets de démonstration, des bancs d'essai et des échanges de connaissances sont nécessaires**. Une nouvelle politique en matière de données ouvertes de l'OMM pourrait servir de levier pour améliorer l'échange de données d'observation urbaine et l'harmonisation des formats et protocoles d'échange de données.
10. **Évaluation des lacunes:** Des exemples de services intégrés pleinement mis en œuvre existent, en particulier dans les petits États-villes (Baklanov et al., 2020), même s'il existe des lacunes importantes en matière de prestation de SIU dans le monde entier.

**Priorités de l'IUO**

1. La priorité absolue et fondamentale pour toutes les applications de l'IUS est **l'information sur l'environnement urbain** (tissu, texture, hauteur des bâtiments, perméabilité de la surface). Il est particulièrement important: i) d'interpréter les observations urbaines pour leur représentativité et ii) la conception des réseaux d'observation. Cela a été conceptualisé pour les services climatologiques urbains à l'échelle locale comme LCZ. Les services urbains à microéchelle qui présentent une plus grande variabilité nécessiteront des informations plus précises sur l'environnement urbain. L'établissement et l'adoption de normes communes de classification à diverses échelles permettront de transférer les résultats et d'évaluer avec précision les risques et les impacts, ce qui réduira les doublons et les coûts.
2. La deuxième priorité absolue est d'**établir une ou plusieurs stations de référence du SIU**. Compte tenu des différences avec les exigences en matière de mesure rurale (emplacement, variabilité de la surface et de l'altitude, variables essentielles), des stations de référence du SIU sont nécessaires pour appuyer (étalonner, interpréter) le concept de réseau de base, de référence et de réseau global du WIGOS. Dans de nombreux cas, les stations urbaines n'existent pas et les SIU sont grossièrement basées sur des concepts simples d'îlots de chaleur et, dans cette situation simple, la distinction entre stations de base et stations de référence peut être moot ou basée sur l'exhaustivité de l'ensemble des variables mesurées. Divers degrés de sophistication peuvent être déployés: i) une seule station de référence représentant l'ensemble de la agglomération fournira un IUS de base fondé sur des preuves, ii) des stations de référence par station représentative de LCZ, iii) des stations de référence pour chaque centre de agglomération.
3. La troisième priorité est  **d'élaborer et de démontrer les concepts de réseaux d'observation de l'**IUS pour i) accélérer leur développement, ii) établir et tester des normes, notamment en ce qui concerne les métadonnées, iii) démontrer les avantages et les incidences des SIU aux Membres, iv) instaurer des partenariats et créer des bancs d'essai, l'échange et l'accès aux données, v) accélérer la mise au point et la démonstration de réseaux complets, y compris la production participative, et les nouvelles technologies, l'extraction de l'information et le contrôle de la qualité, et vi) offrir une formation aux capacités et des possibilités de renforcement des capacités pour les Membres entre autres. Des projets de démonstration coordonnés avec différents besoins et partenariats en matière de services sont nécessaires pour tester l'universalité des normes et processus proposés et des modalités d'élaboration, d'intégration et d'élaboration des SIU.

**Références**

|  |
| --- |
| Amorim JH, Asker C, Belusic D, Carvalho AC, Engardt M, Gidhagen L, Hundecha Y, Körnich H, Lind P, Olsson E, Olsson J, Segersson D, Strömbäck L, Joe P, Baklanov A (2018) Integrated Urban Services for European cities: the Stockholm case. Bulletin de l'OMM, 67(2): 33-40 |
| Baklanov, A., B. Cárdenas, T. Lee, S. Leroyer, V. Masson, L.T. Molina, T. Müller, C. Ren, F.R. Vogel, J. Voogt, (2020) Integrated urban services: Experience from four cities on different continents, Urban Climate, 32, https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100610 |
| Ching J, Mills G, Bechtel B, Voir L Feddema J, Wang X, Ren C, Brousse O, Martilli A, Neophytou M, Mouzourides P, Stewart I, Hanna A, Ng E, Foley M, Alexander P, Aliaga D, Niyogi D, Shreevastava A, Bhalachandran P, Masson V, Hidalgo J, Fung J, Andrade M, Baklanov A, Dai W, Milcinski G, Demuzere M, Brunsell N, Pesaresi M, Miao S, Mu Q, Chen F, Theeuwes N, 2018: World Urban Database and Access Portal (WUDAPT): An Urban Weather, Climate and Environmental Modelling Infrastructure for the Anthropocene. Bull Am Meteorol Soc 99 (9):1907–1924. doi:10.1175/bams-d-16-0236.1. |
| Elmore, K.L., Z.L. Flamig, V. Lakshmanan, B. T. Kaney, V. Farmer, H. D. Reeves, et L. P. Rothfusz, 2014: MPING: Crowd-Sourcing Weather Reports for Research, BAMS, https://doi.org/10.1175/BAMS-D-13-00014.1. |
| Golding, B. (éditeur), 2021: Towards the « Perfect » weather warning: Bridging disciplinary gaps through partnership and communication, Springer Nature, Suisse. |
| Google, 2021: Sensibilisation à la Terre, qualité de l'air, https://www.google.com/earth/outreach/special-projects/air-quality/. (Consulté le 27 septembre 2021.) |
| Grimmond C, G Carmichael, H Lean, A Baklanov, S Leroyer, V Masson, K Schluenzen, B Golding, 2015: Urban-scale environmental prediction systems. Prévision sans discontinuité du système terrestre: de quelques minutes à plusieurs mois (Eds Brunet G, Jones S. Ruti P) (Chap 18) OMM-N° 1156, 347-370. |
| Grimmond S, Bouchet V, Molina LT, Baklanov A, Tan J, Schluenzen KH, Mills G, Golding B, Masson V, Ren C, Voogt J, Miao S, Lean H, Heusinkveld B, Hovespyan A, Teruggi G, Parrish P, Joe P, 2020: Integrated Urban Hydrometeorological, Climate and Environmental Services: Concept, méthodologie et messages clés. Climat urbain: 100623. doi:10.1016/j.uclim.2020.100623. |
| Grimmond S. et H.C. Ward, 2021: Urban measurements and their interpretation. Dans: Foken T (éd.), Handbook of Atmospheric Measurements. Springer Nature, Suisse, 1393-1425. https://doi.org/10.1007/978-3-030-52171-4\_52. |
| ICLEI, 2020: IcLEI Corporate Report 2018-2019. https://worldcongress2018.iclei.org/wp-content/uploads/Corporate%20Report%202018-2019.pdf. (Consulté le 8 février 2020.) |
| Smith, L., Q. Liang, P. James et W. Lin, 2015: Assessing the utility of social media as a data source for flood risk management using a real-time modelling framework, J. of Flood Risk Management, DOI: 10.1111/jfr3.12154, https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/jfr3.12154. (Consulté le 27 septembre 2021.) |
| McNicholas, C. et C.F. Mass, 2021: Bias correction, anonymisation et analyse of smartphone pressure observations using machine learning and multi-résolution Kriging, WAF, https://doi.org/10.1175/WAF-D-20-0222.1. |
| Muller C.L., Chapman L., Grimmond C.S.B., Young D.T., Cai X-M (2013) Vers un protocole normalisé de métadonnées pour les réseaux météorologiques urbains. Bull Am Meteorol Soc 94 (8):1161–1185. doi:10.1175/BAMS-D-12-00096.1.  Ng, E., 2009: Policies and technical guidelines for urban planning of high-density cities - air ventilation assessment (AVA) of Hong Kong. Bâtiment et environnement, 44(7), 1478-1488.  Ren, C., Ng, E., & Katzschner, L. (2011). Études de cartes climatiques urbaines: un examen. International Journal of Climatology, 31(15), 2213-2233. doi: DOI: 10.1002/joc.2237  Ren, C. et G. McGregor (éditeurs), 2021: Urban Climate Science for Planning Healthy Cities, Springer Nature, Suisse. |
| Rogers D.P., et V.V. Tsirkunov, 2013: Services météorologiques et hydrologiques nationaux. Dans: Rogers DP, Tsirkunov VV (éds) Résilience météorologique et climatique: préparation efficace par le biais des Services météorologiques et hydrologiques nationaux. Banque mondiale. https://doi.org/10.1596/9781464800269\_Ch03. (Consulté le 10 février 2020.) |
| SG-URB, 2021: Groupe d'étude des services urbains intégrés, https://community.wmo.int/activity-areas/sercom/sg-urb. (Consulté le 29 septembre 2021.) |
| Stewart I., et T. Oke, 2012: Local climate zones for urban temperature studies Bulletin of the American Meteorological Society 93(12), 1879 - 1900. https://dx.doi.org/10.1175/bams-d-11-00019.1. |
| ONU, 2016: Nouveau Programme pour les villes – HABITAT III. http://habitat3.org/the-new-urban-agenda. (Consulté le 2 mars 2020.) |
| ONU, 2019: Objectifs de développement durable des Nations Unies. https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals. (Consulté le 8 février 2020.)  Weston, P., 2021: Green Streets, in The Guardian Weekly, 205 (16), U.K., 22-23.  WIGOS, 2019: Manuel du Système mondial intégré des systèmes d'observation de l'OMM, Annexe VIII du Règlement technique de l'OMM, https://library.wmo.int/doc\_num.php?explnum\_id=10145 (consulté le 28 septembre 2021).  OMM, 2006: Initial Guidance to Obtain Representative Meteorological Observations at Urban Sites, WMO/TD-No. 1250; Rapport de l'OIM N° 81. https://library.wmo.int/doc\_num.php?explnum\_id=9286. (Consulté le 9 février 2020.) |
| OMM, 2019: Orientations pour les services hydrométéorologiques, climatologiques et environnementaux intégrés en milieu urbain. Volume I: Concept et méthodologie. OMM-N° 1234, https://library.wmo.int/doc\_num.php?explnum\_id=9903. (Consulté le 26 juillet 2021.) |
| OMM, 2021: Orientations pour les services hydrométéorologiques, climatologiques et environnementaux intégrés en milieu urbain. Volume II: Villes pilotes. OMM-N° 1234, https://library.wmo.int/doc\_num.php?explnum\_id=105547 (consulté le 22 juillet 2021).  WMO-IG3IS, 2018: Science Implementation Plan adopté par le Conseil exécutif à sa soixante-dixième session.  WMO-IG3IS, 2021: Integrated Global Greenhouse Gas Information System, https://ig3is.wmo.int/en/events/towards-international-standard-urban-ghg-monitoring-and-assessment , (consulté le 1er novembre 2021). |

**ANNEXE 6**

**Variables de la composition de l'atmosphère à l'appui des applications de surveillance et de prévision**

Les variables suivantes ont été jugées prioritaires:

**Prévision de la composition de l'atmosphère (F)**

1. Toutes les variables de la PNT à l'échelle mondiale (par exemple, la couche limite planétaire (PBL) + hauteur de la tropopause)
2. Aérosols (masse d'aérosols, répartition granulométrique (ou au moins masse à trois fractions de taille: 1, 2,5 et 10 microns), speciation et composition chimique, épaisseur optique des aérosols à plusieurs longueurs d'onde, épaisseur optique des aérosols (AAOD), teneur en eau, rapport de la masse à l'épaisseur optique des aérosols, distribution verticale de l'extinction.
3. Ozone total, profil de l'ozone, ozone troposphérique, NO, NO2 (surface, colonne, profil), PAN, HNO3, NH3, CO, VOC (isoprene, terpène, alcools, aldéhydes, cétones, alkanes, alkynes, aromatiques), SO2 (surface et colonne), CH4, CO2, N2O, HCHO, HOx, Clx, ClO, BrO, OClO, ClONO2, HDO, CFC, HCFC, HFC, HFC, Rn, SF6.
4. Autres: flux actinique, énergie radiative des incendies, proxies terrestres, éclairs, dépôts secs et humides, pollen (espèces clés), OCS.

**Surveillance de la composition de l'atmosphère (M)**

1. Toutes les variables de la PNT à l'échelle mondiale (pBL + hauteur de la tropopause, par exemple) et d'autres variables météorologiques/climatologiques (température de surface de la mer, température de l'océan profond, variabilité solaire, albédo, utilisation des terres, humidité du sol, précipitations, couverture de glaces de mer, enneigement, nuages stratosphériques polaires (CFP).
2. Aérosols (masse des aérosols, Nombre, taille/distribution en surface (1, 2,5, 10 microns), speciation et composition chimique, ÉPAISSEUR optique des aérosols à de multiples longueurs d'onde, AAOD, teneur en eau, rapport de la masse à l'épaisseur optique des aérosols, distribution verticale de l'extinction), coefficient de rétrodiffusion des aérosols stratosphériques, composition de la CFP, concentration de métaux, composition chimique du PM (sulfate, nitrate, ammonium, BC, OM, OM, poussière, sel de mer, BS, SOA) indice des aérosols, indice Indice de réfraction, composition chimique des précipitations, Hg, polluants organiques persistants (POP), particules biologiques primaires.
3. Ozone total, profil de l'ozone, ozone troposphérique, NO, NO2 (surface, colonne, profil), PAN, HNO3, NH3, CO, VOC (isoprene, terpène, alcools, aldéhydes, cétones, alkenes, alkenes, alkynes, aromatiques), SO2 (surface, colonne), CH4, CO2, N2O, N2O5, NO3, HCHO, HOx, Cly, ClO, BrO, OClO, ClONO2, HDO, CFCS, HFC, HFC, H2O, H3Br, CH3Cl, BrONO2, Rn, SF6, glyoxal, méthyl chloroforme, H2O, H2O, H2O H2, rapport O2/N2, sulfure de diméthyle (DMS), acide méthanesulphonique (MSA), OCS.
4. Isotopes du CO2, du CH4, du N2O, du CO, (D, 13C, 14C, 17O, 18O, 15N) également pendant la phase des aérosols.
5. Flux actinique, énergie radiative des incendies, proxies terrestres, éclairs, dépôts secs et humides, pollens (espèces clés), couleur de l'océan, chlorophyl-A, indice de surface foliaire (LAI), fraction du PAR (fPAR), fraction du PAR (fPAR), chlorophylle, cartes de la végétation, cartes de l'utilisation des terres, zones brûlées, lumière nocturne, nombre d'incendies, terres humides, routes maritimes, inventaire des forêts, densité de biomasse, terres cultivées.

Il convient de noter que cette liste de variables représente plutôt une liste de souhaits et des orientations sont fournies par le Programme de la VAG uniquement sur le nombre limité de variables énumérées. Les besoins des utilisateurs dans la base de données OSCAR ne sont décrits que pour le sous-ensemble de ces variables qui ont l'importance première.

**Acronymes**

Abonnement Observations d'aéronefs

AMDAR Retransmission des données météorologiques d'aéronefs

Amv Vecteurs de mouvement atmosphérique

ARGO Programme de flotteurs profilants

Atm Gestion du trafic aérien

CAMES Service Copernicus de surveillance de l'atmosphère

CGCM Modèle couplé de circulation générale

CGMS Groupe de coordination pour les satellites météorologiques

Csi Initiative de soutien aux pays

Rrc Réduction des risques de catastrophes

Ecv Variable climatologique essentielle

EGOS-IP Plan d'action pour l'évolution des systèmes mondiaux d'observation

EUMETNET Réseau des Services météorologiques européens

FSOI Impact des observations basée sur la sensibilité des prévisions

Gaw Veille de l'atmosphère globale

ROBM Réseau d'observation de base mondial

GCOS Système mondial d'observation du climat (OMM, COI de l'UNESCO, ISC, ONU-Environnement)

Gcw Veille mondiale de la cryosphère

SMTDP Système mondial de traitement des données et de prévision

GEMMES Spectromètre géostationnaire de surveillance de l'environnement

Ges Serre

GNSS Système mondial de navigation par satellite

Chien Système mondial d'observation

GOOS Système mondial d'observation de l'océan (COI de l'UNESCO, OMM, ISC, ONU-Environnement)

FEMME Référence du SMOC-Réseau aérien

GSRN Réseau de référence du SMOC pour les observations en surface

Gts Système mondial de télécommunications de l'OMM

GASTRONOMIQUES Recherche relevant de la VAG sur la météorologie et l'environnement en milieu urbain

OACI Organisation de l'aviation civile internationale

INFCOM Commission des observations, des infrastructures et des systèmes d'information de l'OMM

IMOP Programme des instruments et des méthodes d'observation

IPET-OSDE Ancienne Équipe d'experts pour la conception et l'évolution des systèmes d'observation relevant de la Commission des systèmes de base

Et InfrastructureRouge

JET-EOSDE Équipe d'experts conjointe INFCOM pour la conception et l'évolution des systèmes d'observation de la Terre

Pma Pays les moins avancés

SMN Service météorologique et hydrologique national

Nrt Près-Temps réel

PNT Prévision numérique du temps

NE PAS Statistiques des sorties de modèles

Mw Micro-ondes

ODES Système d'assimilation des données océanographiques

GASO-IOS Ancien Groupe d'action sectoriel ouvert des systèmes d'observation intégrés relevant de la Commission des systèmes de base

OSCAR Outil d'analyse de la capacité des systèmes d'observation

OSE Expériences sur les systèmes d'observation

Peu Point de contact

PWPP Plan relatif à la phase préopérationnelle du WIGOS (2016)–2019

Ro Radio Occultation

Rrr Étude continue des besoins

Rwc Centre régional du WIGOS

SC-MINT Comité permanent des mesures, des instruments et de la traçabilité relevant de l'INFCOM

SC-ON INFCOM Comité permanent des systèmes d'observation et des réseaux de surveillance de la Terre

Sdg Objectif de développement durable de l'ONU

SERCOM Commission des services et applications se rapportant au temps, au climat, à l'eau et à l'environnement

SG-DIP Groupe d'étude des questions et politiques relatives aux données de l'INFCOM

Sic Mer-Concentration de glace

PEID Petits États insulaires en développement

S' asseoir Mer-Épaisseur de la glace

Sla Anomalie du niveau de la mer

BU Mécanisme de financement des observations systématiques

Ressac Déclaration d'orientation

Sop Période d'observation spéciale

Sst Température de surface de la mer

M. PRAP Prévisions infrasaisonnières à plus longue échéance

Leur Équivalent en eau de la neige ()Teneur en eau obtenue à partir de la fonte de la neige accumulée)

TAMDAR Transmission de données météorologiques troposphériques

Trl Niveau de préparation technique

Uas Système d'aéronef sans équipage

VSRF Prévision à très courte échéance

WAFS Système mondial de prévision de zone

WDQMS Système de contrôle de la qualité des données du WIGOS

SOHO Système d'observation hydrologique de l'OMM

WICAP Programme de collaboration AMDAR OMM-IATA

WIGOS Système mondial intégré des systèmes d'observation de l'OMM

Nous Ressources du WIGOS consacrées à l'information

Wis Système d'information de l'OMM

WUDAPT Bases de données mondiales sur les zones urbaines et outils de portail d'accès

Www Veille météorologique mondiale

Année de l'année de la prévision Année de la prévision polaire

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

1. Le Plan stratégique de l'OMM pour la période 2020-2023 introduit l'approche de l'OMM axée sur le système Terre, qui est le principal facteur déterminant de la mise en œuvre des politiques et des actions nationales et internationales telles que le Programme de développement durable à l'horizon 2030, l'Accord de Paris sur les changements climatiques et le Cadre de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe exigera de plus en plus d'informations et de services exploitables, accessibles et officiels sur l'évolution de l'état dans son ensemble Système terrestre. Dans ce contexte, la Terre est considérée comme un système intégré de l'atmosphère, de l'océan, de la cryosphère, de l'hydrosphère, de la biosphère et de la géosphère, qui éclaire les politiques et les décisions fondées sur une meilleure compréhension des interactions physiques, chimiques, biologiques et humaines qui déterminent les états passés, présents et futurs de la Terre. [↑](#footnote-ref-2)
2. fondé sur la signification de la PNT à l'échelle mondiale fournissant des résultats à d'autres applications de l'OMM, ce qui permet aux Membres de l'OMM de prendre en compte un large éventail d'avantages socio-économiques. [↑](#footnote-ref-3)
3. Ces principaux facteurs ont été identifiés comme clés pour ce document lors d'une réunion JET-EOSDE, ce n'est pas une liste exhaustive. [↑](#footnote-ref-4)
4. On trouvera des informations détaillées sur les programmes et les instruments satellitaires dans https://space.oscar.wmo.int/spacecapabilities [↑](#footnote-ref-5)
5. Y compris les obligations énoncées dans l'[*Accord de Paris avec la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques* (2015)](https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement) et [*la Convention de Vienne pour la protection de la couche d'ozone* (1985)](https://ozone.unep.org/treaties/vienna-convention/vienna-convention-protection-ozone-layer). [↑](#footnote-ref-6)
6. OMM (Organisation météorologique mondiale), Évaluation scientifique de l'appauvrissement de la couche d'ozone: 2018, Global Ozone Research and Monitoring Project–Report No. 58, 588 pp., Genève, Suisse, 2018. [↑](#footnote-ref-7)
7. Shaddick, G.; Salter, J.M.; Peuch, V.-H.; Ruggeri, G.; Thomas, M.L.; Mudu, P.; Tarasova, O.; Baklanov, A.; Gumy, S. Global Air Quality: Une approche interdisciplinaire de l'évaluation de l'exposition au fardeau de l'analyse des maladies. Atmosphère **2021**, 12, 48 https://doi.org/10.3390/atmos12010048 [↑](#footnote-ref-8)
8. Maas, R., P. Grennfelt (éds), 2016. Vers un air plus propre. Rapport d'évaluation scientifique 2016. Organe directeur et Groupe de travail de l'EMEP sur les effets de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance, Oslo. xx+50pp. [↑](#footnote-ref-9)
9. Hock Regine, Hutchings Jennifer K., Lehning Michael: Grands défis dans les sciences cryosphériques: vers une meilleure prévisibilité des glaciers, de la neige et des glaces de mer; Frontiers in Earth Science, Vol. 5, 2017, 64 pages, <https://doi.org/10.3389/feart.2017.00064> [↑](#footnote-ref-10)
10. https://old.wmo.int/extranet/pages/prog/www/WIGOS-WIS/reports/6NWP\_Shanghai2016/WMO6-Impact-workshop\_Shanghai-May2016.html [↑](#footnote-ref-11)
11. Au moment de la rédaction du présent rapport, les dispositions relatives au ROBM ne sont pas encore en vigueur, bien que les Membres soient déjà encouragés à faire respecter les stations d'observation existantes conformément au Règlement technique du ROBM, en particulier en ce qui concerne la disponibilité des données et la transmission plus fréquente des données. Les dispositions relatives au ROBM devraient entrer en vigueur à compter du 1er janvier 2023. [↑](#footnote-ref-12)
12. Étude de la Banque mondiale et de l'OMM sur l'utilité des données d'observation météorologique en surface (voir [le lien](https://wmoomm.sharepoint.com/sites/wmocpdb/eve_group/Forms/AllItems.aspx?id=%2Fsites%2Fwmocpdb%2Feve%5Fgroup%2FJoint%20Expert%20Team%20on%20Earth%20Observing%20System%20Design%20and%20Evolution%20%28JET%2DEOSDE%29%5F5d83ed17%2Ddde6%2Dea11%2Da817%2D000d3a25bdee%2FGroup%20Members%2FThe%2DValue%2Dof%2DSurface%2Dbased%2DMeteorological%2DObservation%2DData%2Epdf&parent=%2Fsites%2Fwmocpdb%2Feve%5Fgroup%2FJoint%20Expert%20Team%20on%20Earth%20Observing%20System%20Design%20and%20Evolution%20%28JET%2DEOSDE%29%5F5d83ed17%2Ddde6%2Dea11%2Da817%2D000d3a25bdee%2FGroup%20Members&p=true&originalPath=aHR0cHM6Ly93bW9vbW0uc2hhcmVwb2ludC5jb20vOmI6L3Mvd21vY3BkYi9FYkV2ZTFhRWxXZEtrYW13elBScWtoOEJQdU9ZaXhwTG5uclFqeVdRNmI4bWdnP3J0aW1lPUZVM2Jld01FMlVn)) [↑](#footnote-ref-13)
13. Avantages socio-économiques et environnementaux potentiels et bénéficiaires des profils atmosphériques d'aéronefs en aéronefs en aéronefs (Mesonet) dans: Phénomènes météorologiques, climatologiques et sociétaux, Volume 13 , édition 2 (2021) (ametsoc.org [↑](#footnote-ref-14)
14. Risques de télédétection avec les techniques opérationnelles sans pilote (SHOUT) –Observations and Forecast Impacts in: Bulletin of the American Meteorological Society Volume 101 Numéro 7 (2020) (ametsoc.org) [↑](#footnote-ref-15)
15. Lars Peter Riishojgaard: Impact of Covid-19 Restrictions on Observations and Monitoring, Bulletin 69(2) de l'OMM, 2020 [↑](#footnote-ref-16)
16. Emma Heslop et al. Répercussions de la COVID-19 sur le système d'observation de l'océan et capacité de prévoir le temps et prévoir le changement climatique, note d'information du GOOS, juin 2020 [↑](#footnote-ref-17)
17. Les stations du Réseau d'observation en surface pour le SMOC (GSN) et du GUAN font partie du ROBR (Réseau d'observation de base régional) [↑](#footnote-ref-18)
18. Voir <http://amma-international.org/> [↑](#footnote-ref-19)
19. Voir le numéro 1378 de la publication WMO-TD-No 1378 sur: <https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=4545> [↑](#footnote-ref-20)
20. Sont indiquées entre crochets ces variables qui devraient être transmises chaque fois que les observations sont disponibles. [↑](#footnote-ref-21)
21. On notera que dans le présent document, l'«environnement urbain » désigne les caractéristiques physiques de la ville, la répartition des bâtiments, l'espace vert et bleu, la densité et la hauteur des bâtiments, la perméabilité des surfaces, etc. tandis que les « services environnementaux » désignent la qualité de l'air et de l'eau, l'écologie, le biote de la ville. [↑](#footnote-ref-22)