|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 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. 4.2** |
| Présenté par:  Coprésidents du SG-GHG  20.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.]*

## INFRASTRUCTURE COORDONNÉE PAR L’OMM POUR LA SURVEILLANCE DES GAZ À EFFET DE SERRE

*Note de synthèse*

*Projet de travail, 18 octobre 2022*

*Groupe d’étude mixte de l’OMM sur la surveillance des gaz à effet de serre*

### Fond

Les trois principaux gaz à effet de serre influencés par les activités humaines sont le dioxyde de carbone (CO2), le méthane (CH4) et le protoxyde d’azote (N2O). L’abondance croissante de ces gaz dans l’environnement est la cause des changements climatiques observés et d’autres impacts selon le Groupe d’experts intergouvernemental sur l’évolution du climat (GIEC, réf. AR6, WG1). L’augmentation récente (post-industrialisation‑) des concentrations de CO2, de CH4 et de N2O a été démontrée par les activités humaines. L’Accord de Paris, adopté par 196 Parties à la Conférence des Parties à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) en 2015, fixe des objectifs spécifiques en matière d’élévation maximale de la température moyenne mondiale et indique les moyens d’atteindre cet objectif par la réduction des émissions de GES.

Lors de la 26e Conférence des Parties (Glasgow, novembre 2021), les Parties ont reconnu que « {...} La limitation du réchauffement planétaire à 1,5 °C d’ici à 2100 nécessite une réduction rapide, profonde et soutenue des émissions mondiales de gaz à effet de serre, y compris la réduction des émissions mondiales de dioxyde de carbone de 45 % d’ici à 2030 par rapport au niveau de 2010, et une réduction nette de zéro aux alentours du milieu du siècle, ainsi que des réductions importantes d’autres gaz à effet de serre {...} » (Décision 1/CMA3). La disponibilité d’informations sur les niveaux et les budgets des gaz à effet de serre est essentielle pour aider les pays à guider leurs engagements et à suivre les progrès accomplis en matière de réduction des émissions.

### Nécessité d’améliorer la connaissance quantitative des cycles des gaz à effet de serre

L’Article 13 de l’Accord de Paris prie les Parties de fournir régulièrement (...): « a) Un inventaire national des émissions anthropiques par sources et absorptions par puits de gaz à effet de serre, préparé à l’aide de bonnes pratiques acceptées par le GIEC et convenu par la Conférence des Parties agissant comme réunion des Parties à cet accord; » b) Informations nécessaires pour suivre les progrès accomplis dans la mise en œuvre et la réalisation de sa contribution déterminée au niveau national au titre de l’article 4.

En application de l’article 14 de l’Accord de Paris, les Parties utiliseront ces données pour dresser un bilan mondial tous les cinq ans afin de suivre les progrès quantitatifs accomplis dans la réalisation des objectifs et de l’objectif de l’Accord, et ils le feront « à la lumière de {...} la meilleure science disponible ». Le premier bilan mondial doit être achevé d’ici novembre 2023. Les émissions anthropiques signalées seront fondées sur les lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre, incluant des méthodes de complexité et de sophistication diverses (actuellement classées par le GIEC comme méthodes de niveau 1, 2 et 3).

Comme mentionné ci-dessus, la plus grande partie du forçage anthropique induit par le système climatique est causée par l’évolution de la concentration atmosphérique des gaz à effet de serre persistants. La surveillance de ces gaz à l’échelle mondiale revêt donc une importance primordiale. Toutefois, ces concentrations ne sont pas déterminées uniquement par les émissions anthropiques. Les concentrations de GES sont fortement influencées par les cycles naturels, qui sont ensuite influencés par le climat et d’autres changements environnementaux. Les variations des émissions naturelles et de l’absorption des gaz à effet de serre peuvent interagir avec les efforts d’atténuation visant à accroître ou à diminuer leur efficacité. Notre connaissance quantitative de certaines sources et puits de GAZ À EFFET DE SERRE présente de grandes incertitudes, tant elles opèrent actuellement que la mesure dans laquelle elles évolueront à l’avenir en réponse par exemple au changement climatique.

À l’heure actuelle, la plupart des mesures de gaz à effet de serre (GES) dans l’environnement et le traitement de ces données d’observation nécessaires aux mesures d’atténuation, reposent principalement sur les activités de recherche et le financement. Le caractère limité dans le temps du financement de la recherche et l’incertitude de son attribution conduisent à une fragilité inhérente du système de surveillance des GES, qui est difficile à concilier avec son importance critique et croissante en tant que facteur politique.

Une infrastructure de surveillance régulière et soutenue des concentrations et des flux de GES, à l’aide de protocoles et de méthodes normalisés, semblable à celles utilisées pour la surveillance du temps et du climat, fournira une foule de données quantitatives pour améliorer notre compréhension des cycles de GES. Il fournira des champs mondiaux continus dans le temps de l’abondance des gaz à effet de serre dans l’atmosphère, ce qui fournira un aperçu sans précédent des distributions géographiques et saisonnières des gaz à effet de serre, ce qui favorisera la fourniture d’estimations des flux nets mensuels, par exemple sur une résolution de 1x1° (environ 100 km d’environ 100 km). Ces quantités constitueront le principal résultat de la surveillance opérationnelle proposée des gaz à effet de serre. De plus, des efforts sont actuellement déployés pour développer des capacités de séparation de ces flux nets en émissions de sources d’émission, ce qui pourrait conduire à d’autres produits opérationnels à l’avenir. Conformément à la politique de l’OMM en matière de données, les données seront mises à la disposition de tous les utilisateurs intéressés gratuitement et sans restriction.

Les produits de données seront élaborés à l’aide de méthodes déjà élaborées par les chercheurs et les spécialistes de l’exploitation, la Veille de l’atmosphère globale (VAG) de l’OMM a par exemple 50 ans d’expérience dans l’élaboration des directives de mesure des gaz à effet de serre qui sont appliquées, par exemple, dans les réseaux opérationnels d’Europe (ICOS) et aux États-Unis d’Amérique (Administration américaine pour les océans et l’atmosphère (NOAA)). Le produit de flux fondé sur les observations complétera les estimations actuelles des émissions anthropiques. Ces produits peuvent aider les Parties à évaluer leurs efforts individuels de réduction des émissions et les progrès mondiaux accomplis en vue d’atteindre les objectifs de l’Accord de Paris en matière d’atténuation.

Compte tenu de la nécessité d’une fourniture régulière et soutenue de produits de haute qualité couvrant l’ensemble du domaine mondial à l’appui de l’atténuation, cette note souligne l’exemple de la mise en place d’une infrastructure mondiale de surveillance régulière et coordonnée à l’échelle internationale des gaz à effet de serre, qui fournira ces données à la communauté scientifique et aux Parties sur une base plus régulière et soutenue. L’infrastructure sera développée grâce à la coopération entre différentes organisations qui participent déjà à la surveillance environnementale des gaz à effet de serre.

### Infrastructure coordonnée de surveillance des gaz à effet de serre à l’échelle mondiale

Dans sa configuration initiale, un système mondial régulier de surveillance des gaz à effet de serre se composerait de quatre éléments principaux:

* 1. « Un ensemble global et complet d’observations en surface et par satellite des concentrations de CO2, DE CH4 et de N2O, des quantités totales dans la colonne, des colonnes partielles, des profils verticaux et des flux, ainsi que des variables météorologiques, océaniques et terrestres, échangées à l’échelle internationale en temps quasi réel; »
  2. Estimations préalables des émissions de GES;
  3. Ensemble de modèles mondiaux haute résolution représentant les concentrations, les sources et les puits de GES;
  4. Associés à ces modèles, les systèmes d’assimilation des données qui combinent de manière optimale les observations avec le contexte du modèle pour générer des produits d’une plus grande précision.

L’abondance du CO2, du CH4 et du N2O peut être mesurée in situ dans l’atmosphère et les milieux aquatiques avec une grande précision (0,1 % et mieux), ce qui permet de déterminer les flux. Les mesures in situ effectuées à la surface et à partir de plates-formes aériennes ont été largement utilisées depuis de nombreuses décennies, fournissant des données de grande précision à de nombreux endroits du monde entier. Au cours de la dernière décennie ou deux, les capacités de mesure depuis l’espace, en particulier pour le CO2 et le CH4, ont considérablement progressé, bien que la précision de ces observations soit inférieure à celle des observations in situ, mais les plates-formes satellitaires permettent une couverture mondiale.

La composante atmosphérique de cette infrastructure s’appuiera sur les divers éléments d’infrastructure préexistants d’observation et de modélisation des gaz à effet de serre soutenus par l’OMM depuis 1975 et sur d’autres initiatives pertinentes au niveau national, régional et mondial.

La composante « Observation de l’océan » de l’infrastructure s’appuiera sur l’infrastructure de recherche et de surveillance coordonnée par le Système mondial d’observation de l’océan (GOOS). Il s’agit notamment des composantes biologiques, physiques, chimiques et géologiques des cycles du carbone et de l’azote qui sont directement impliquées dans les processus biogéochimiques qui influent sur les gaz à effet de serre.

Les connaissances actuelles sur les émissions anthropiques sont documentées sous forme d’inventaires élaborés à des échelles allant d’une échelle locale à mondiale. Les inventaires sont fondés sur les données d’entrée de diverses données socio-économiques, telles que la consommation des combustibles fossiles, et sur les facteurs d’émission pour différents types de sources. Ces inventaires sont produits à la fois par le secteur universitaire (par exemple, la base de données sur les émissions pour la recherche atmosphérique mondiale (EDGAR) et les inventaires odIAC) et par les autorités publiques pour leur obligation de communication nationale et infranationale. Les inventaires resteront essentiels dans le cadre de l’infrastructure de surveillance des GAZ À EFFET DE SERRE, car il est nécessaire pour les systèmes de modélisation et d’assimilation des données.

La composante modélisation utilisera davantage l’infrastructure et les méthodes employées depuis plus de 50 ans pour la prévision opérationnelle du temps. Au cours de la dernière décennie, cette infrastructure a évolué pour adopter une approche axée sur le système Terre. Les systèmes les plus perfectionnés utilisés pour la prévision numérique du temps intègrent désormais de plus en plus la modélisation détaillée de la végétation, de l’océan, de la composition de l’atmosphère et de la cryosphère. Cela constitue une excellente base pour représenter les cycles des principaux gaz à effet de serre. Le couplage direct vers la biosphère terrestre et les modèles océaniques contribuera à améliorer notre compréhension des cycles des GAZ À EFFET DE SERRE, de leur évolution et de l’efficacité de diverses stratégies d’atténuation.

Les principales données de sortie proposées par l’infrastructure de surveillance des GAZ À EFFET DE SERRE seront les suivants

* Champs mondiaux réguliers des concentrations de GES;
* Estimations mensuelles régulières en temps voulu des flux nets de GES à une résolution horizontale élevée (par exemple à 1 x 1°).

Des produits supplémentaires de données seront possibles, en fonction des besoins des utilisateurs et de l’évolution des besoins en matière de services liés aux GES (par exemple les estimations des émissions anthropiques et des flux terrestres et océaniques naturels). On trouvera dans la section 5 des exemples de produits et d’applications potentiels en aval qui peuvent être fondés sur les résultats du système.

Comme c’est le cas pour la prévision numérique opérationnelle du temps, une solide composante de recherche parallèlement aux opérations sera nécessaire afin d’améliorer en permanence les techniques de mesure, la compréhension des processus de GES et les systèmes d’assimilation des données. Sans un tel effort de recherche soutenu, il est peu probable que l’infrastructure puisse fournir des informations qui répondent à l’évolution des besoins des utilisateurs.

### Capacités et initiatives actuelles et prévues de surveillance des GES

Depuis de nombreuses années, divers efforts ont été déployés pour surveiller quantitativement les gaz à effet de serre sur la base d’une ou de plusieurs des composantes du système décrites ci-dessus.

Depuis 1989, le programme de la VAG de l’OMM a coordonné l’acquisition de mesures, la gestion de la qualité, le développement des capacités et l’élaboration de produits et de services en aval liés à la composition de l’atmosphère, y compris les gaz à effet de serre. La VAG fournit le cadre international pour les observations in situ des gaz à effet de serre en les organisant de stations mondiales à locales de la VAG. Le cadre implique également la mise en place de réseaux d’observation des gaz à effet de serre exploités par de nombreux autres organismes. Par exemple, le TCCON est utilisé pour la vérification des observations des gaz à effet de serre depuis l’espace. Les données sont gérées de manière centralisée par le Centre mondial de données sur les gaz à effet de serre, soutenu par le Japon, afin d’assurer la cohérence et la qualité des données, au détriment d’un délai considérable de transmission des données. Des tentatives ont été faites pour étendre les capacités d’observation des gaz à effet de serre en zones peu couvertes. Toutefois, dans la majeure partie du globe, la densité horizontale du réseau d’observation en surface reste insuffisante pour assurer un suivi efficace, bien que des réseaux régionaux plus denses soient trouvés en Europe (Système intégré d’observation du carbone (ICOS)), la Chine, l’Amérique du Nord et quelques autres endroits. L’échange libre des données reste un problème dans certaines régions.

Du côté des satellites, le Jet Propulsion Lab de la NASA a ouvert la voie à la mesure du premier CO2 et, plus tard, du CH4 depuis l’espace. À commencer par le satellite d’observation des gaz à effet de serre (GOSAT) en 2009, par le biais du GOSAT-2, qui sera suivi par GOSAT-GW, le Japon a continué de développer et d’affiner ses capacités spatiales de surveillance du CO2 et du CH4. La Chine dispose de capacités de surveillance du CO2 et du CH4 sur son orbite polaire FY-3D, sur sa mission dédiée TanSat et sur GaoFen-5, avec d’autres capacités spatiales dans le pipeline. L’observation pionnière du CH4 à l’aide d’instruments SCIAMACHY exploite actuellement Sentinel-5/Tropomi et compte un ensemble de missions de CO2 prévues, à commencer par Microcarb et suivie de la mission Copernicus CO2M (CO2M) de l’UNION européenne pour son lancement en 2026. La coordination internationale de ces activités s’effectue principalement par l’intermédiaire du Comité sur les satellites d’observation de la Terre (constellations virtuelles, du Groupe de travail sur cal/Val du CSO) et, dans une certaine mesure, par le biais du CGMS.

Du côté de la modélisation et de l’assimilation, l’un des efforts les plus avancés fait partie du programme Copernicus de la Commission européenne. Le Service Copernicus de surveillance de l’atmosphère (CAMS) partage un grand nombre des objectifs énumérés dans la section précédente concernant le suivi quantitatif du CO2 et du CH4. Il est prévu d’élargir encore le système et d’élaborer une nouvelle capacité mondiale de surveillance et de vérification des émissions anthropiques de CO2 et de CH4, en utilisant la complémentarité des observations et des modèles informatiques. Des efforts similaires ont été déployés pour modéliser et assimiler les observations du CO2 aux États-Unis d’Amérique, tant l’Administration américaine pour l’aéronautique et l’espace (NASA) que la NOAA ayant des capacités dans ce domaine, notamment avec le CarbonTracker, tandis que le Japon a progressé ses efforts, notamment les observations, les observations, les navires et les mesures d’aéronefs, et la Chine prévoit également de développer ses propres capacités au cours des années à venir. Les efforts de modélisation s’appuient sur une longue expérience et sur des travaux pionniers de la communauté TRANSCOM, dont de nombreux contributeurs participent toujours aux initiatives de modélisation mentionnées.

Outre les efforts recensés ici, plusieurs autres initiatives liées aux GAZ À effet de serre sont en cours d’élaboration, ce qui témoigne d’une large reconnaissance de la nécessité d’améliorer l’information sur les GAZ À EFFET DE SERRE. Compte tenu des vastes implications politiques et économiques de la surveillance des GAZ À EFFET DE SERRE, d’autres efforts seront probablement déployés au cours des années à venir. Pour maintenir une base d’information crédible sur les mesures d’atténuation des effets du changement climatique, il est essentiel de renforcer la coordination de ces efforts en toute transparence auprès de toutes les Parties.

### Applications potentielles en aval

Les résultats de l’infrastructure proposée pour la surveillance des gaz à effet de serre seront accessibles au public, les observations des gaz à effet de serre (en surface et depuis l’espace), les champs mondiaux de concentration de GES modélisés à une résolution de 1 x 1° et les flux de surface modélisés avec une résolution de 1x1° à l’échelle mondiale. La liste initiale de l’application potentielle comprend:

* Interprétation du produit mondial dans le contexte de l’Accord de Paris assorti d’un bilan mondial, y compris:
  + Agrégation mondiale et/ou régionale des sources et des puits d’émission.
  + Méthodes de partitionnement des flux mondiaux en secteurs, gaz, régions.
  + Incertitudes associées aux produits agrégés.
* Agrégation d’informations sur les flux de 1 x 1° à l’échelle régionale aux fins de l’interprétation des flux d’émissions à l’échelle régionale:
  + Pour l’évaluation des flux océaniques qui ne figurent pas dans les inventaires nationaux et qui sont actuellement manqués dans le bilan mondial. Il est à noter que ces données apporteront également une valeur ajoutée à la déclaration sur l’acidité marine par rapport à l’objectif de développement durable (ODD 14.3.1).
  + Pour l’évaluation des flux de carbone terrestres à l’échelle régionale, qui sont partiellement inclus dans les inventaires nationaux. Le suivi de la variabilité interannuelle (par exemple en réponse à la sécheresse) sera essentiel.
  + Émissions anthropiques agrégées à l’échelle nationale pour les pays qui disposent actuellement de peu ou pas d’infrastructures pour déterminer les émissions à partir des données d’activité, ce qui permet de commencer à élaborer des informations améliorées sur les émissions; Peut être particulièrement pertinent pour les sources d’émission autres que le CO2.
  + Analyse des incertitudes associées à ces produits globaux.
* Fourniture de conditions aux limites des études régionales, nationales et infranationales. Cela utilisera généralement les champs de concentration des GES plutôt que les flux produits. Cela permettra aux entités d’élaborer des informations plus fines sur les émissions pour leur domaine d’intérêt.
  + Analyse de l’incertitude pour les conditions aux limites dérivées.
  + Orientations sur la façon dont ces efforts de réduction d’échelle devraient être déployés (en utilisant d’autres mécanismes tels que les bonnes pratiques du Système.

### Rôle de l’OMM

Il existe deux raisons principales pour lesquelles l’OMM est bien placée pour jouer un rôle central dans la coordination d’une infrastructure mondiale de surveillance des gaz à effet de serre.

Premièrement, l’OMM dispose d’activités et d’expériences dans trois des quatre grands domaines énumérés dans la section 3: Les observations en surface et à partir de l’espace portant à la fois sur les variables météorologiques de base et les constituants atmosphériques mineurs, l’échange international de données, les activités de modélisation et d’assimilation des données pertinentes, et la recherche. Par l’intermédiaire du Système mondial d’observation du climat (SMOC) et de sa collaboration avec le Programme des Nations Unies pour l’environnement (PNUE), l’OMM dispose de certaines activités d’observation à la surface des terres émergées, ainsi que du GOOS et de la collaboration avec la Commission océanographique intergouvernementale (COI), d’importantes activités d’observation de l’océan et de modélisation des océans.

Deuxièmement, en tant qu’organisation intergouvernementale, l’OMM a des décennies d’expérience dans la coordination des efforts internationaux, la mise en place de systèmes internationaux et l’établissement de normes et de pratiques exemplaires dans des domaines étroitement liés tels que les observations météorologiques et climatologiques (Système mondial intégré des systèmes d’observation de l’OMM (WIGOS), le SMOC, le GOOS, la prévision numérique du temps (Programme mondial de recherche sur la prévision du temps (PMRPT) et le Système mondial de traitement des données et de prévision (SMTDP)), et la mesure et la modélisation des concentrations de constituants atmosphériques mineurs (VAG).

En outre, la Veille météorologique mondiale (VMM) est un modèle utile pour l’infrastructure envisagée ici, puisqu’elle englobe les observations, l’échange de données, la modélisation et l’assimilation des données et les méthodes de vérification courantes. Il s’agit des Membres de l’OMM qui réalisent des observations, exploitent des modèles et fournissent des données aux utilisateurs. La VMM établit un cadre de collaboration pour ces pays (« infrastructure » dans la terminologie de l’OMM), au sein duquel ses Membres exploitent les différentes composantes du système de manière à les compléter et à les exploiter mutuellement pour en tirer le meilleur parti possible. Sous les auspices de la Convention de l’OMM, les Membres de l’OMM (pays et territoires) ont défini les besoins en matière de systèmes d’observation, d’échange international de données, de modélisation mondiale et d’assimilation, ainsi que de diffusion et de vérification des champs de modèles mondiaux. Les systèmes eux-mêmes sont exploités par les Membres de l’OMM, soit individuellement, soit en tant que groupes de Membres. Ce paradigme doit être élargi pour englober de nombreuses autres institutions et parties prenantes au sein des pays Membres et à l’échelle internationale afin de permettre la mise en œuvre complète de l’infrastructure envisagée.

Par analogie avec le rôle joué par la VMM dans la prévision numérique du temps, le rôle d’une infrastructure commune de surveillance des gaz à effet de serre serait de mettre en place:

* Exigences relatives à un système intégré d’observation en surface, à bord d’aéronefs et de satellites.
* Conception d’un vaste système d’observation en surface et des besoins nationaux en matière d’observation, conformément au Réseau d’observation de base mondial de l’OMM (ROBM), accompagné d’un mécanisme de financement de la mise en œuvre et de l’exploitation dans les pays en développement, conformément au Mécanisme de financement des observations systématiques (SOFF);
* Amélioration et rapidité de l’échange de toutes les observations satellitaires, d’aéronefs et de gaz à effet de serre en surface, y compris la planification coordonnée des futurs systèmes d’observation par satellite;
* Collaboration sur les méthodes et pratiques communes de modélisation et d’assimilation des données relatives aux GES;
* Formats de fichiers communs et pratiques d’échange de champs de modèles;
* Méthodes communes de vérification et de validation;
* Orientations communes sur les méthodes de post-traitement et de diffusion descendante.

La VMM ne produit ni ne diffuse des prévisions météorologiques, et de même il ne sera pas le rôle de l’infrastructure de surveillance des GAZ À EFFET DE SERRE de l’OMM pour fournir directement des estimations ou des vérifications des émissions anthropiques. Il s’agit de la compétence de chaque Partie à l’Accord de Paris, aidée au besoin par des systèmes ciblés tels qu’IG3IS ou élaborés dans le cadre du programme Copernicus.

### Prochaines étapes

À ce stade (septembre 2022), le Conseil exécutif de l’OMM a lancé une étude approfondie pour faire progresser cette infrastructure mondiale coordonnée par l’OMM pour la surveillance des gaz à effet de serre. Un vaste Groupe d’étude mixte a été chargé d’élaborer son concept et de soumettre une architecture proposée au Dix-neuvième Congrès météorologique mondial en mai 2023.

Parallèlement, l’OMM collabore avec l’ensemble des acteurs de la surveillance des gaz à effet de serre pour veiller à ce que ce développement soit pris en compte par les diverses entités qui développent déjà activement ses principales composantes (voir la section 4).

On trouvera de plus amples informations sur le développement de cette infrastructure mondiale de surveillance des gaz à effet de serre sur le [site Web](https://public.wmo.int/en/our-mandate/focus-areas/environment/greenhouse-gases/global-greenhouse-gas-monitoring-infrastructure).

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