

**Commission économique pour l'Europe****Conférence des statisticiens européens****Soixante-septième réunion plénière**

Genève, 26-28 juin 2019

Point 9 b) de l'ordre du jour provisoire

**Utilisation des images satellitaires et des données d'observation
de la Terre dans les statistiques officielles****Étude approfondie de l'utilisation de l'imagerie satellitaire
et des autres technologies d'observation de la Terre
dans les statistiques officielles****Document établi par le Canada et le Mexique***Résumé*

Le présent document est une version actualisée du document relatif à l'étude approfondie de l'utilisation de l'imagerie satellitaire et des autres technologies d'observation de la Terre dans les statistiques officielles, que le Bureau de la Conférence des statisticiens européens a examiné en octobre 2018.

L'étude approfondie a porté sur l'utilisation des technologies d'observation de la Terre et des images satellitaires aux fins de l'établissement de statistiques officielles, et sur la manière dont ces moyens peuvent répondre aux besoins actuels ou nouveaux en matière de données. Le présent document donne un aperçu des activités menées dans ce domaine par les organisations internationales et par les programmes statistiques de l'Autriche, du Canada, du Mexique et d'Eurostat. L'étude dresse l'inventaire des possibilités et des leçons dégagées et elle se conclut par des recommandations sur la manière de faire progresser l'utilisation, dans les statistiques officielles, de l'imagerie satellitaire et des autres technologies d'observation de la Terre. La section IX contient une synthèse des débats menés par le Bureau en octobre 2018 ainsi que la décision qu'il a adoptée.

Le présent document est soumis à la Conférence des statisticiens européens pour examen à sa réunion plénière de 2019.



Table des matières

	<i>Page</i>
I. Résumé analytique	3
II. Introduction	4
III. Champ d'application/délimitation de l'étude	5
IV. Aperçu des activités menées récemment dans le domaine	5
A. Guide pratique sur l'utilisation des données d'observation de la Terre dans les statistiques officielles	7
B. L'observation de la Terre à l'appui des objectifs de développement durable	8
C. Guide pratique sur la télédétection pour les statistiques agricoles	9
V. Aperçu des activités récentes de certains pays/organismes	10
A. Eurostat	10
B. Mexique (INEGI).....	11
C. Statistique Canada	13
D. Autriche	15
VI. Incidences des crises sur le domaine de la statistique	16
VII. Principales conclusions, nouvelles questions et nouvelles possibilités pour les organismes nationaux de statistique	17
A. Utilisation actuelle des données d'observation de la Terre par les organismes nationaux de statistique	17
B. Travaux de recherche sur l'observation de la Terre menés par les organismes nationaux de statistique	17
C. Enjeux et incidences	18
D. Possibilités offertes par les données d'observation de la Terre	18
VIII. Conclusions et recommandations	20
IX. Débats et décision du Bureau de la Conférence des statisticiens européens	22
X. Références	23
XI. Remerciements et équipe chargée de l'étude	24

I. Résumé analytique

1. Compte tenu des progrès constants enregistrés au cours des dernières décennies dans les technologies d'observation de la Terre et l'infrastructure qui s'y rapporte, et de l'utilisation sélective de données d'observation de la Terre par certains organismes nationaux de statistique, l'objectif de la présente étude approfondie est de rendre compte des activités menées en ce qui concerne cette source de données et de déterminer dans quelle mesure celle-ci peut satisfaire aux besoins actuels ou nouveaux dans le domaine de la statistique officielle.

2. Pour situer le contexte, les travaux de trois importantes organisations internationales, ainsi que trois études exhaustives menées récemment sur les applications existantes et potentielles des données d'observation de la Terre pour divers programmes statistiques, seront passés en revue, et leurs éventuelles implications seront indiquées. Puis seront examinées les activités liées à l'observation de la Terre menées dans le cadre des programmes statistiques de l'Autriche, du Canada, du Mexique et d'Eurostat.

3. L'examen par pays a révélé que les données d'observation de la Terre étaient couramment utilisées à l'appui des statistiques agricoles et de la comptabilité environnementale, et servaient de plus en plus à l'établissement d'indicateurs de développement durable tels que l'utilisation des terres, les changements climatiques, le stress hydrique et la qualité de l'eau. En ce qui concerne la recherche sur les applications nouvelles, les connaissances relatives aux moyens de stocker et de manipuler plus efficacement les images issues de l'observation de la Terre ont progressé (Australie, Mexique), ces images pouvant servir à l'évaluation des biens immobiliers, la tenue de registres statistiques (Autriche, Canada) ou l'établissement de rapports sur les indicateurs de développement durable (Canada, Mexique, Eurostat).

4. On peut dégager plusieurs enseignements porteurs de mises en garde en ce qui concerne l'utilisation des données d'observation de la Terre par les organismes nationaux de statistique :

- Les organismes nationaux de statistique manquent souvent du savoir-faire nécessaire pour traiter les données d'observation de la Terre et les appliquer selon leurs besoins ;
- Il existe un risque que les organismes nationaux de statistique placent une confiance excessive en les données d'observation de la Terre, s'imaginant qu'elles constituent la solution ultime à leurs besoins dans un domaine donné ;
- La transformation des modes de fonctionnement de l'organisme pour les rendre compatibles avec l'utilisation de données d'observation de la Terre exige du temps, des ressources financières et l'engagement de l'ensemble de l'institution.

5. Malgré ces considérations importantes, l'étude a révélé de réelles possibilités dans ce domaine pour les organismes nationaux de statistique :

- Les données d'observation de la Terre se prêtent particulièrement bien à la collecte de macrodonnées aux fins de l'établissement de rapports, un niveau global qui convient notamment pour les statistiques relatives à l'agriculture et l'environnement ;
- Les objectifs de développement durable et leurs indicateurs font l'objet d'une attention croissante, or les données d'observation de la Terre conviennent bien pour suivre bon nombre des cibles correspondantes ;
- Vu la complexité et les coûts associés à l'utilisation des données d'observation de la Terre dans les programmes des organismes nationaux de statistique, il serait judicieux que les différentes parties prenantes s'unissent pour mettre au point et appliquer des approches communes.

6. Dans la mesure où il est demandé à la communauté internationale des organismes nationaux de statistique de jouer un rôle dans la communication d'informations sur les

objectifs de développement durable, les auteurs du document font les recommandations suivantes, pour examen :

- Les organismes nationaux de statistique devraient s'appuyer sur le cadre des objectifs de développement durable pour stimuler la collaboration dans le domaine de la recherche fondée sur l'observation de la Terre. Cela accélérerait la prise de décisions quant à savoir quels indicateurs sont les mieux servis par les données d'observation de la Terre ;
- Les organismes nationaux de statistique devraient s'employer, ensemble, à mettre au point une approche généralisée de l'utilisation des données d'observation de la Terre, en vue de produire des indicateurs propres aux objectifs de développement durable, ce qui permettrait de réduire les coûts afférents au traitement et à l'intégration desdites données aux fins de la communication d'informations sur les objectifs ;
- Au sein de leur réseau international, les organismes nationaux de statistique devraient collaborer avec les acteurs nationaux et internationaux du domaine de l'observation de la Terre pour mettre au point et appliquer une approche généralisée de la collecte et du traitement des données d'observation de la Terre aux fins de la communication d'informations sur les objectifs de développement durable. Une telle évolution contribuerait grandement à porter la part des données d'observation de la Terre à un niveau comparable à celui qu'ont de nombreuses autres sources utilisées actuellement par les organismes nationaux de statistique.

II. Introduction

7. Le Bureau de la Conférence des statisticiens européens (CSE) procède périodiquement à l'examen approfondi de certains domaines statistiques. Ces examens ont pour objet d'améliorer la coordination des activités statistiques dans la région de la Commission économique pour l'Europe, de déceler les lacunes ou les chevauchements d'activité et d'aborder des questions d'actualité. Ils portent essentiellement sur des questions stratégiques et font ressortir les préoccupations des organismes de statistique, qu'elles soient de nature conceptuelle ou qu'il s'agisse de questions de coordination. Le présent document peut servir de base à un tel examen, puisqu'il résume les activités statistiques internationales menées dans le domaine choisi, recense les enjeux et les problèmes qui se posent, et contient des recommandations sur les mesures de suivi susceptibles d'être adoptées.

8. Destinée initialement à des applications militaires et cartographiques, l'imagerie satellitaire a progressivement étendu son champ d'utilisation. Le principal avantage de cette technologie est qu'elle permet de recevoir et de traiter, à un coût relativement faible, des données globales portant sur des zones étendues. On peut considérer que les données obtenues par satellite sont une des premières sources de mégadonnées, c'est-à-dire un ensemble de données à grande échelle qui nécessitent d'importantes capacités de traitement et de stockage pour pouvoir être exploitées.

9. La diversité et la précision des capteurs satellitaires se sont améliorées au fil des ans, ce qui a permis d'étendre la sphère d'application de l'imagerie satellitaire, en particulier dans les domaines de l'agriculture, de la sylviculture, de la météorologie et de la géologie. À mesure que les organismes nationaux de statistique ont renforcé leurs programmes dans ces mêmes domaines, les technologies d'observation de la Terre ont commencé à être considérées comme des outils viables pour la collecte de données y relatives.

10. Actuellement, les organismes nationaux de statistique sont de plus en plus souvent tenus de produire davantage avec des moyens réduits : on leur demande de couvrir davantage de domaines, avec un degré de ventilation des données plus poussé, en moins de temps et à moindre coût. Parallèlement, ils doivent exploiter de grands ensembles de données pouvant servir à décrire des phénomènes de grande ampleur, tels que l'évolution de l'utilisation des terres, le stress hydrique, les changements climatiques, etc.

11. Dans le but de promouvoir des échanges et de favoriser l'exploitation efficace de cette source de données, le Bureau de la Conférence a décidé, à sa session d'octobre 2018, de mener un examen approfondi sur le thème de l'utilisation des données d'imagerie satellite dans les statistiques officielles. Les organismes de statistique du Mexique, du Canada et de l'Autriche ainsi qu'Eurostat se sont portés volontaires pour collaborer sur un document destiné à servir de base à cet examen approfondi.

12. Les sections 3 à 6 du rapport donnent un aperçu des contributions pertinentes apportées récemment dans ce domaine, et sont suivies d'un résumé des différentes utilisations faites des données satellitaires/d'observation de la Terre par les organismes nationaux de statistique qui ont contribué au présent rapport.

13. Les sections 7 à 9 du rapport présentent un examen des nouvelles préoccupations qu'ont les organismes nationaux de statistique concernant l'emploi des technologies d'observation de la Terre en tant qu'instrument de collecte, des suggestions quant aux domaines dans lesquels l'application des technologies d'imagerie satellite/d'observation de la Terre pourrait être productive, et des recommandations visant à ce que les organismes nationaux de statistique collaborent activement à l'accélération du développement des méthodes d'exploitation de ce type de données afin d'alimenter, à de multiples niveaux, la prise de décisions fondées sur l'observation des faits.

III. Champ d'application/délimitation de l'étude

14. La présente étude a pour objet d'examiner la manière dont les différents types de données satellitaires et les techniques servant à les traiter ou les analyser sont mis à profit à l'appui du Modèle générique du processus de production statistique, tel qu'il est appliqué par les organismes de statistique nationaux et internationaux. Ce cadrage de l'étude permet de mieux cerner à quel moment, pour quelle raison et de quelle manière les données sont utilisées dans la production.

15. Deuxièmement, le rapport est structuré de façon à distinguer clairement les utilisations des données dans le cadre de programmes existants qui donnent lieu à la publication de statistiques officielles, d'une part, et les travaux de recherche ou activités expérimentales d'autre part. Cette distinction est importante, car elle permet de préciser les domaines dans lesquels les technologies d'observation de la Terre ont fait leurs preuves, par opposition aux nouvelles possibilités d'exploitation ou aux travaux expérimentaux.

16. À un stade ultérieur, l'examen plus approfondi des différentes applications possibles améliorera la compréhension du bien-fondé de l'utilisation des technologies d'observation de la Terre en tant qu'instrument de collecte de données ou comme mode de traitement des données. Il conviendra d'analyser plus en détail les avantages comparatifs qu'offrent ces données en termes de coûts, de qualité et de rapidité par rapport à d'autres méthodes, ainsi que toutes les limitations significatives que peuvent présenter ces données et les techniques qui s'y rapportent. Compte tenu du montant des investissements en jeu, il importe également de déterminer si l'acquisition et l'exploitation des données satellitaires apportent une contribution systématique à des cadres de données géographiques/géospatiales utilisés par l'ensemble de l'organisme, ou si l'application de ces données reste limitée à des programmes particuliers. En effet, l'approche centrée sur la mise à disposition de solutions géospatiales pour l'ensemble de l'organisme permet de réaliser des économies d'échelle.

IV. Aperçu des activités menées récemment dans le domaine

17. Le domaine des technologies d'observation de la Terre s'est développé progressivement sur plusieurs décennies. Tant la résolution spatiale que la fréquence d'actualisation ont augmenté alors que les prix ont baissé. Cette évolution a motivé des travaux visant à trouver de nouvelles applications aux données issues de cette infrastructure. L'observation de la Terre est un domaine dynamique bien que son utilisation reste relativement marginale dans les statistiques officielles.

18. Si un grand nombre d'organismes, privés et publics, ont une certaine incidence sur le processus, trois entités jouent un rôle particulièrement moteur dans la promotion de l'importance des données d'observation de la Terre pour les statistiques officielles :

a) **Le Comité mondial d'observation de la Terre par satellite** – Fondé en 1984, cet organisme favorise la collaboration internationale dans le cadre de missions spatiales d'observation de la Terre, au bénéfice de la société. En sont membres plus de 30 des agences spatiales mondiales qui, à elles toutes, sont responsables de plus de 100 missions spatiales. Le Comité a reconnu la place essentielle que devait occuper l'observation de la Terre dans le suivi des objectifs de développement durable et il a accepté de coordonner la fourniture, par les agences qu'il compte parmi ses membres, de données satellitaires aux fins du Programme de développement durable à l'horizon 2030 (Programme 2030) (CEOS, 2018a) ;

b) **Le Groupe sur l'observation de la Terre (GEO)** – Ce réseau, créé en 2005 pour représenter des intérêts publics et privés, a pour but de généraliser la diffusion des données d'observation de la Terre, en tant que biens publics (GEO, 2018). Le groupe inscrit également ses activités dans le cadre des objectifs de développement durable (EO4SDG, 2018).

c) **Le Comité d'experts sur la gestion de l'information géospatiale à l'échelle mondiale** – Créé en 2011, le Comité donne des orientations concernant la production et l'utilisation d'informations géospatiales dans les cadres de décision nationaux et mondiaux, ainsi que la mise sur pied et le renforcement de la capacité des États, tout particulièrement les pays en développement, dans le domaine de l'information géospatiale. Cet organisme dispose également d'un sous-comité chargé des questions relatives aux objectifs de développement durable (UN-GGIM, 2018). Sous ses auspices, le Mexique, le Canada ainsi que d'autres pays ont expliqué en quoi il importait de faire bénéficier la statistique officielle des compétences spécialisées détenues par les institutions cartographiques nationales dans les domaines de la technologie géospatiale et de l'observation de la Terre. Tout récemment, Statistique Canada et Ressources Naturelles Canada ont signé un mémorandum d'accord afin d'officialiser une collaboration en ce sens (Rancourt et Shukle, 2017).

19. On peut citer d'autres initiatives pertinentes telles que la création d'un réseau du système des Nations Unies sur l'information géospatiale, qui regroupe plus de 20 organismes des Nations Unies pour lesquels les données géospatiales et les données d'observation de la Terre présentent un intérêt, ainsi que le World Geospatial Industry Council (Conseil mondial du secteur géospatial), qui regroupe les principales entreprises assurant des fonctions de gestion de l'information géospatiale¹.

20. Le Comité de coordination des activités de statistique, qui regroupe les responsables des statistiques de 45 organisations internationales, prévoit de dresser, en 2019, un état des lieux concernant l'utilisation des données géospatiales par ses membres. Il s'agira, dans ce cadre, de déterminer, dans chaque domaine d'application (par exemple plans d'échantillonnage et bases aréolaires ; cartographie du couvert terrestre/de l'utilisation des terres ; validation des données issues des levés ; ventilation de données nationales ; diffusion de données), quelles séries de données de référence et quels instruments sont utilisés, comment les données sont diffusées et quelle expérience a été acquise en matière de renforcement des capacités et de création de partenariats.

21. Outre ce qui précède, trois documents importants, publiés au cours des dernières années, sont pertinents vis-à-vis de la présente étude et sont résumés ci-dessous. Ils donnent une vue d'ensemble de l'état actuel des technologies d'observation de la Terre et font ressortir plusieurs pistes prometteuses s'agissant de l'emploi de ces technologies par les organismes nationaux de statistique.

¹ <https://wgicouncil.org>.

A. Guide pratique sur l'utilisation des données d'observation de la Terre dans les statistiques officielles

22. Ce guide, établi par les membres de l'Équipe spéciale sur l'imagerie satellitaire et les données géospatiales de l'ONU et publié en décembre 2017 (Nations Unies, 2017), a pour objet de donner des orientations aux organismes nationaux de statistique dont l'expérience de la production de statistiques officielles à partir de données d'observation de la Terre est limitée. Ses différentes sections portent sur les thèmes suivants : sources de données d'observation de la Terre, méthodes, projets pilotes, études de cas et cadre d'évaluation des avantages de l'exploitation des données d'observation de la Terre dans la production de statistiques.

23. L'un des principaux messages que peuvent retenir les organismes nationaux de statistique est que l'utilité des données d'observation de la Terre dans le processus de production de statistiques doit être évaluée au cas par cas. Deuxièmement, il est constaté que les données d'observation de la Terre constituent pour ces organismes une source essentielle de données permettant de réaliser des mesures, d'assurer un suivi et d'établir des rapports concernant les objectifs définis dans le cadre du Programme 2030.

1. Étude de cas relative à l'utilisation des technologies d'observation de la Terre dans les statistiques officielles

- En Australie, le Department of Science, Information Technology and Innovation (DSITI) (direction des sciences, des technologies de l'information et de l'innovation) s'est servi de séries chronologiques d'images satellitaires Landsat pour classer des zones cultivées et non cultivées à l'aide d'algorithmes de classement prédictif entraînés sur la base de données de terrain et d'interprétations d'images. L'expansion des zones cartographiées a donné de bons résultats, s'agissant de cartographier les principaux groupes de cultures (Pringle *et al.*, 2018).
- Certaines entités autres que les organismes nationaux de statistique produisent des statistiques officielles sur la base de données d'observation de la Terre, dans le cadre de processus analogues au Modèle générique du processus de production statistique. On peut notamment citer : le rapport mensuel intitulé *World Agricultural Supply and Demand Estimates* (WASDE) (estimation de l'offre et de la demande mondiales dans le domaine de l'agriculture) du Département de l'agriculture des États-Unis, ou encore *le bulletin de suivi des ressources agricoles* (MARS) de la Commission européenne.

2. Principaux messages

- Les organismes nationaux de statistique sont encouragés à collaborer avec les réseaux d'experts des technologies d'observation de la Terre, réunissant des spécialistes issus des organisations internationales, des agences spatiales, des instituts scientifiques et des organismes de cartographie nationaux, des milieux universitaires et du secteur privé, afin de renforcer leurs capacités de production de statistiques officielles sur la base des technologies d'observation de la Terre.
- Les données d'observation de la Terre peuvent permettre aux organismes de statistique d'atteindre un grand nombre de leurs principaux objectifs, tels qu'une réduction des délais de production et de la fréquence des levés, une baisse des coûts ou l'amélioration de la résolution spatiale.
- Il reste toutefois un problème : le traitement des données d'observation de la Terre nécessite des connaissances spécialisées, or les organismes nationaux de statistique ne possèdent pas le savoir-faire nécessaire pour traiter et exploiter de telles données de façon qu'elles alimentent la production de statistiques officielles.

B. L'observation de la Terre à l'appui des objectifs de développement durable

24. Le rapport sur ce thème a été établi par le Comité mondial d'observation de la Terre par satellite et publié début 2018 (CEOS, 2018b). Il a pour objet d'informer tous les secteurs de la société sur la manière dont l'information géospatiale, les données d'observation de la Terre et d'autres sources de données peuvent contribuer au Programme 2030. Le rapport explique comment les technologies d'observation de la Terre peuvent contribuer à la réalisation des objectifs de développement durable, donne des exemples qui illustrent certaines possibilités, puis met l'accent sur des objectifs particuliers pour lesquels les données d'observation de la Terre seront essentielles pour communiquer des informations de qualité.

25. Le cadre mondial d'indicateurs, mis au point pour le Programme 2030, regroupe 17 objectifs de développement durable, associés à 169 cibles et 232 indicateurs. Il a été estimé que les données d'observation de la Terre étaient une source essentielle de données pour près de 40 cibles et 30 indicateurs (certains indicateurs peuvent servir à évaluer plusieurs cibles).

1. Exemples d'utilisation de technologies d'observation de la Terre dans les statistiques officielles

26. Les données d'observation de la Terre constituent une importante source d'information pour le Cadre central et la Comptabilité expérimentale des écosystèmes du Système de comptabilité économique et environnementale (SCEE). La collecte d'informations sur l'environnement issues de l'observation de la Terre, couplées à des statistiques économiques, permet de rendre compte des contributions des écosystèmes ainsi que de l'incidence des activités économiques sur ceux-ci, et d'apprécier certains indicateurs de développement durable, tels que la dégradation des sols, l'état des écosystèmes d'eau douce ou encore l'utilisation des terres. Le rapport met en exergue les approches suivies en Australie, au Brésil, au Mexique et au Népal.

27. Deux utilisations spécialisées intéressantes sont relevées dans le rapport. Premièrement, Statistics Netherlands a établi à partir de données d'observation de la Terre une carte de l'évapotranspiration, dont la mesure est un élément important pour les indicateurs de développement durable liés à l'eau. Deuxièmement, l'Institut national de statistique et de géographie (INEGI) du Mexique a mis au point, à l'intention de plusieurs organismes publics, une plateforme collaborative aux fins des mesures d'intervention en cas de catastrophe. Cette plateforme exploite des données provenant de capteurs optiques et radar satellitaires, de drones et de prestataires privés pour produire des données concernant les catastrophes, propres à servir dans le cadre des interventions en cas d'urgence.

2. Recherches visant à développer l'utilisation des technologies d'observation de la Terre dans le cadre du Modèle générique du processus de production statistique

28. Le rapport donne un aperçu détaillé des entités publiques et privées qui jouent un rôle dans le développement, la production ou l'utilisation de données d'observation de la Terre, ainsi que de leurs vues concernant l'application de ces données dans le cadre des objectifs de développement durable. Y sont résumés les travaux menés pour développer les méthodes applicables, l'appui technique et les modalités de collecte et de diffusion des données, ainsi que les activités mises en œuvre pour promouvoir l'utilisation de ces technologies auprès des acteurs de la statistique officielle.

3. Principaux messages

- Selon les auteurs du rapport, pour que les organismes nationaux de statistique parviennent à rendre compte des progrès réalisés par rapport aux objectifs de développement durable, il faudra moderniser les systèmes nationaux de statistique en ajoutant aux méthodes statistiques et sources de données classiques de nouvelles sources de données provenant notamment de l'information géospatiale et de

l'observation de la Terre ainsi que des méthodes avancées de traitement des données et des instruments d'analyse de mégadonnées.

- Des méthodes ont été établies et des processus de production régulière de données mis en place concernant seulement 12 des 30 indicateurs pour lesquels les données d'observation de la Terre peuvent jouer un rôle, ce qui suggère qu'il reste une grande marge de progression, s'agissant d'intensifier la contribution de ces données au cadre mondial des indicateurs de développement durable.
- Certains organismes nationaux de statistique peuvent éprouver plus de difficultés que d'autres à relever les défis institutionnels et techniques liés à l'utilisation des données d'observation de la Terre aux fins de la communication de données relatives aux objectifs de développement durable. Pour ces organismes, il sera important de s'efforcer de nouer des partenariats efficaces avec les principaux acteurs du domaine.

C. Guide pratique sur la télédétection pour les statistiques agricoles

29. Ce guide, établi en 2017 par un groupe d'experts internationaux de haut niveau du domaine de la télédétection (GSARS, 2017), a pour objet de fournir des orientations sur la manière d'évaluer l'utilité de la télédétection dans les statistiques agricoles, et concernant les modalités d'intégration des technologies d'observation de la Terre dans le Modèle générique du processus de production statistique.

30. De manière générale, le domaine dans lequel les technologies d'observation de la Terre ont le plus servi pour la collecte et l'analyse de données aux fins de la production de statistiques officielles est celui des statistiques agricoles. Le rapport décrit les travaux menés dans des domaines tels que l'évaluation de la couverture terrestre, la cartographie annuelle des cultures à l'échelle de la parcelle agricole, l'estimation des surfaces cultivables, les systèmes d'alerte précoce, la prévision du rendement des cultures et la conception de bases d'échantillonnage sous forme de listes et aréolaires. Les autres chapitres portent sur des aspects techniques liés aux sources de données, aux logiciels et au matériel ainsi qu'à la capacité organisationnelle, et sur l'évaluation de la viabilité de l'utilisation des moyens d'observation de la Terre.

1. Exemples d'utilisation de technologies d'observation de la Terre dans les statistiques agricoles

- Le projet intitulé Global Food Security – Support Analysis Data Project (GFSAD30), qui vise à fournir des données d'analyse sur la sécurité alimentaire mondiale sous les auspices du Service géologique des États-Unis (USGS), repose sur l'utilisation de données d'observation de la Terre obtenues par télédétection à capteurs multiples ainsi que d'autres sources permettant de produire des estimations cohérentes et impartiales concernant la production des terres agricoles cultivées à l'échelle mondiale.
- Le projet Sentinel-2 Agriculture (Sen2-Agri) de l'Agence spatiale européenne est un système de traitement d'images satellitaires Sentinel-2 et Landsat-8 en accès libre, dont les différents produits sont fréquemment actualisés pendant la saison des cultures, à des fins de suivi agricole et de production de statistiques. Son utilité à l'échelle nationale a été démontrée dans plusieurs pays et sur plusieurs sites d'essai dans le monde.
- Avec le système FASAL, l'Inde emploie des technologies d'observation satellitaire, l'agrométéorologie et l'observation sur le terrain pour prévoir la production de 11 de ses principaux types de cultures à l'échelle des districts, des États et du pays.
- Le système chinois CropWatch suit la production mondiale à l'aide de technologies d'observation de la Terre et d'indicateurs mesurés par relevés au sol concernant notamment la présence d'organismes nuisibles et de maladies et les conditions agroclimatiques. Des bulletins relatifs à l'état des cultures dans les régions et les pays et à l'échelle infranationale sont publiés chaque trimestre.

- Les évaluations des ressources forestières mondiales (FRA) de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) permettent d'apprécier, tous les cinq à dix ans, l'état des forêts sur la base d'échantillons et à l'aide d'images de résolution intermédiaire. Le suivi de l'état du couvert forestier et de la déforestation est important pour la communication d'informations ayant trait aux indicateurs de développement durable.

2. Difficultés et possibilités

- Le rapport coût-efficacité de l'utilisation des données d'observation de la Terre a été amélioré grâce à la baisse du coût des données, l'amélioration de la qualité de l'imagerie, la disponibilité de logiciels à code source ouvert pour les systèmes d'information géographique (SIG) et les applications de télédétection, et l'accessibilité d'outils de traitement en nuage tels que l'Earth Engine de Google.
- Les technologies d'observation de la Terre, bien qu'utiles dans la plupart des régions, rencontrent des obstacles dans les régions qui présentent de petites surfaces de culture, où la couverture nuageuse est fréquente et où se pratique la culture mixte.
- Depuis peu, il n'est pas rare que le stockage et le traitement de données qui mettent en œuvre des ressources importantes soient assurés au moyen de solutions en nuage. Cette approche peut présenter certains avantages par rapport à la mise en place et la maintenance de solutions internes de stockage et de calcul informatique, avec les investissements qu'elles impliquent. L'informatique en nuage peut cependant soulever d'autres problèmes liés à l'octroi de licences et aux droits de propriété intellectuelle.

V. Aperçu des activités récentes de certains pays/organismes

31. Le présent chapitre donne un aperçu des travaux entrepris par plusieurs pays dans le domaine considéré. Il est présumé que le lecteur possède des connaissances générales concernant les buts et le fonctionnement interne des organismes nationaux de statistique, particulièrement dans le cadre du Modèle générique du processus de production statistique, et que ces connaissances servent de base à l'examen des modalités d'exploitation des données d'observation de la Terre et d'évaluation de l'utilité de ces données par les entités en question. Chaque section du chapitre est structurée de sorte à établir une distinction entre les programmes statistiques qui utilisent actuellement des technologies d'observation de la Terre, par opposition aux initiatives de recherche qui ont pour objet de développer l'utilisation de ces technologies.

A. Eurostat

1. Contribution à la production de statistiques officielles

32. Les principaux programmes statistiques d'Eurostat n'utilisent pas encore de données satellitaires ou de données d'observation de la Terre, étant donné que cette entité multilatérale a pour mandat de réunir des statistiques nationales et d'élaborer des produits statistiques harmonisés à l'échelle européenne. Actuellement, les statistiques nationales compilées dans les statistiques officielles de l'Union européenne (UE) proviennent de sources de données classiques telles que les recensements, les enquêtes ou les données administratives. Les données d'observation de la Terre ne jouent pour l'instant qu'une fonction marginale dans la production de statistiques officielles à l'échelle de l'UE.

33. La réalisation par Eurostat, tous les trois ans, de l'Enquête aréolaire sur l'utilisation et l'occupation des sols (LUCAS) constitue une exception saillante à ce qui précède, car les technologies d'observation de la Terre y jouent un rôle essentiel. Des ortho-images et images satellitaires sont utilisées pour préparer les échantillons, aider les géomètres effectuant les levés et vérifier la qualité des informations recueillies pour chaque point d'échantillonnage.

2. Recherche-développement

34. Dans le cadre d'un programme plus vaste de recherches sur l'utilisation des mégadonnées dans les statistiques, Eurostat examine actuellement plusieurs utilisations possibles de données issues de capteurs, qui sont aux moins analogues et complémentaires par rapport à l'utilisation de données satellitaires :

A. *Utilisation de systèmes d'identification automatique (AIS)*

35. Dans le secteur des transports maritimes, des systèmes d'identification automatique permettent de reconnaître et de suivre les navires pendant la navigation, principalement dans un souci de sécurité et de gestion du trafic. Eurostat met actuellement à l'essai le recours à cette technologie aux fins de la production de statistiques sur les transports. Plusieurs États membres de l'Union européenne ont mené des projets analogues au bénéfice de leurs systèmes de statistique nationaux.

B. *Objectifs de développement durable*

36. Dans le cadre des indicateurs de développement durable qu'Eurostat a spécifiquement conçus pour l'UE, cette entité européenne étudie actuellement, aux côtés d'autres services de l'UE, la possibilité d'utiliser les informations issues du programme Copernicus et d'autres missions satellitaires, aux fins, principalement, de la collecte de statistiques sur la dégradation des sols (imperméabilisation et artificialisation des sols). Des moyens de cartographie à haute résolution sont utilisés indirectement pour calculer des indicateurs urbains tels que l'accès aux espaces verts dans les villes. Cette approche est prometteuse pour ce qui est de produire l'indicateur de développement durable connexe qui se rapporte à l'accès aux espaces publics.

C. *Agriculture et aquaculture*

37. D'autres services de la Commission européenne utilisent largement les données d'observation de la Terre comme source annexe pour la production de statistiques concernant le rendement des cultures, le contrôle des flottes et des quotas de pêche ou encore la planification des installations d'aquaculture. Plusieurs organismes nationaux de statistique européens étudient la possibilité d'utiliser des données d'observation de la Terre aux fins de la production de statistiques agricoles, avec l'appui de subventions octroyées par Eurostat.

D. *Serres et panneaux solaires*

38. Eurostat fournit également un appui financier aux activités de recherche de certains organismes nationaux de statistique, par exemple aux Pays-Bas, aux fins de la détection de zones imperméabilisées et de panneaux solaires.

B. Mexique (INEGI)

1. Contribution à la production de statistiques officielles

39. L'INEGI réalise des cartes du Mexique depuis plusieurs décennies, initialement au format papier (années 1970 et 1980) et actuellement sous la forme de séries thématiques de données géospatiales. Auparavant, la production cartographique s'appuyait principalement sur des photographies aériennes mais les données satellitaires sont aujourd'hui devenues la principale source d'information.

40. Actuellement, l'extraction des données des images satellitaires est un travail à forte intensité de main-d'œuvre qui nécessite l'intervention d'un opérateur spécialisé. Le traitement passe par les phases suivantes : inspection, analyse, extraction de caractéristiques (par exemple le repérage de routes, de cours d'eau ou de plans d'eau) et interprétation (ce qui exige des connaissances approfondies concernant, notamment, les interactions entre le climat, la géologie, les sols et la végétation, ainsi que les processus écologiques en jeu).

Difficultés et possibilités

41. On peut trouver deux inconvénients à la méthode et à l'infrastructure actuelles : 1) la résolution des images satellitaires, parfois insuffisante pour certaines fonctions spécifiques et 2) la main-d'œuvre et le temps nécessaires à l'extraction des informations et à leur intégration dans les registres géographiques ou dans d'autres produits d'information géographique. Face à une demande croissante de fourniture à des intervalles de plus en plus courts de produits cartographiques de plus en plus détaillés, certaines difficultés devront être résolues, s'agissant du stockage des données, de la gestion du cycle de vie des produits et du traitement d'importants volumes d'images satellitaires variées.

2. Recherche-développement

42. L'INEGI investit considérablement dans la recherche-développement en lien avec les technologies d'observation de la Terre et les données satellitaires, afin de réduire les obstacles à l'utilisation des données qui en proviennent et de faire en sorte qu'elles soient mieux exploitées.

A. *Mégadonnées et apprentissage automatique : des catalyseurs de l'utilisation des technologies d'observation de la Terre*

43. Les dernières technologies d'apprentissage automatique adaptées aux mégadonnées pourraient contribuer à régler le problème d'un traitement des données chronophage, en permettant d'entraîner convenablement les logiciels sous la supervision d'experts. Les experts créeront des bases de données d'entraînement d'algorithmes et utiliseront la même méthode pour mesurer la qualité des résultats.

B. *Statistiques agricoles*

44. L'imagerie satellitaire facilite les travaux de terrain menés dans le cadre des recensements et des levés liés à l'agriculture. Chaque géomètre est muni d'un dispositif portable contenant des images satellitaires et des couches vectorielles qui couvrent leur domaine de travail ; ils se servent ensuite de ces renseignements pour obtenir des informations en retour concernant les limites actuelles des terrains concernés. Ces informations viennent actualiser les données utilisées dans les versions ultérieures des recensements et des levés. En outre, les images permettent de s'orienter au cours des travaux de terrain liés à l'agriculture ou à d'autres secteurs d'activité de l'INEGI.

45. Des recherches ont été réalisées pour identifier, sur des images satellitaires, le couvert des différentes cultures. Ces travaux ont donné les résultats suivants : i) l'établissement d'une base de données vérifiée sur le terrain ; ii) l'application de cette base à la classification de zones plus vastes ; et iii) le lancement de la mise au point d'une base d'échantillonnage aréolaire aux fins de la production de statistiques agricoles à partir d'images satellitaires et de données de terrain collectées en 2016 sur toutes les zones cultivées.

C. *Cube de données géospatiales du Mexique (gestion de l'information)*

46. L'INEGI travaille, en collaboration avec Geoscience Australia, au renforcement des capacités concernant la mise en œuvre de son cube de données géospatiales. Celui-ci comprendra une base de données nationale d'images satellitaires archivées et récentes ainsi qu'un instrument aux fins de leur analyse numérique. Cette base de données permettra une gestion normalisée quel que soit le capteur satellitaire employé.

47. Pour stocker et gérer le vaste volume d'images de cette base, il faudra définir une approche plus cohérente de la gestion des données, qui pourrait dynamiser l'exploitation des données d'observation de la Terre. Si ces données deviennent plus faciles à gérer et consulter, il y a de fortes chances qu'elles seront mises à profit pour actualiser des produits d'information statistique, suivre l'évolution de différents phénomènes et produire des informations utiles pour les enquêtes et les recensements.

48. Ces recherches passionnantes sur le cube de données géospatiales contribueront à renforcer :

- Les capacités dans les domaines suivants : i) télédétection ; ii) gestion des données ; iii) ingénierie des procédés ; et iv) architecture logicielle ;
- L'infrastructure, en permettant : i) d'accéder efficacement aux images satellitaires ; ii) de collecter fréquemment de vastes quantités de données par communication à large bande ; et iii) de stocker et de traiter les informations satellitaires au moyen de technologies de mégadonnées.

C. Statistique Canada

49. Statistique Canada n'effectue ni la collecte, ni la mise en forme préalable, ni le traitement de données d'observation de la Terre, mais utilise des données déjà établies, généralement par un partenaire fédéral comme Agriculture et Agroalimentaire Canada ou Ressources Naturelles Canada. L'importance croissante que revêtent les données d'observation de la Terre pour Statistique Canada a été mise en lumière par la conclusion récente, avec Ressources Naturelles Canada, d'un mémorandum d'accord destiné explicitement à favoriser des projets bilatéraux (Rancourt et Shukle, 2017). Dans ce domaine, Statistique Canada mène les grandes activités ci-après.

1. Contribution à la production de statistiques officielles

A. Programme d'évaluation de l'état des cultures²

50. Le principal produit issu de ce programme déjà ancien est une application en ligne de cartographie interactive qui décrit les conditions actuelles et passées des cultures et des pâturages au Canada. Elle est principalement utilisée par les autorités pour l'élaboration des politiques publiques, par le secteur de la commercialisation des céréales, par les chercheurs et par les agriculteurs.

B. Prévision du rendement des cultures³

51. Ce programme est fondé sur une méthode permettant de prévoir les rendements agricoles sans devoir communiquer avec les exploitants. Un programme de modélisation reposant sur des régressions multivariées utilise l'indice de végétation par différence normalisée (IVDN) établi à partir des données d'observation de la Terre (radiomètre avancé à très haute résolution – AVHRR – 1 km), d'indices agroclimatiques calculés à partir des données provenant des stations météorologiques et des données recueillies par le passé dans le cadre d'enquêtes classiques. Ces résultats ont été publiés pour la première fois en 2015, et l'enquête traditionnelle a été remplacée en 2016. Cette méthode, qui peut être reproduite ailleurs si les données d'entrée existent, permet de réduire le fardeau de réponse, les coûts des sondages et les délais de publication. La précision du programme de modélisation est comparable à celle de l'enquête traditionnelle.

C. Comptabilité environnementale

52. Le Programme des comptes et de la statistique de l'environnement se fonde sur l'observation de la Terre par satellite et sur les produits obtenus dans ce cadre depuis au moins vingt-cinq ans pour établir des estimations de la couverture terrestre⁴. Au cours des dernières années, des produits nouvellement disponibles issus de l'observation de la Terre par satellite ou provenant de ministères fédéraux et d'autres sources ont permis d'élaborer

² Statistique Canada, 2018, Programme d'évaluation de l'état des cultures
<https://www35.statcan.gc.ca/CCAP/fr/index>.

³ Statistique Canada, 2017, Estimations modélisées des principales grandes cultures,
http://www23.statcan.gc.ca/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurvey&SDDS=5225.

⁴ Statistique Canada, 2000, *L'activité humaine et l'environnement 2000*, Cat. n° 11-509-XPE, carte 3.2, Couverture terrestre 1992.

des statistiques officielles pour les comptes des terres et des écosystèmes⁵ et les comptes des écosystèmes d'eau douce⁶ ainsi que des statistiques forestières⁷. L'observation de la Terre par satellite est particulièrement indiquée pour aider à la production de certains comptes et statistiques de l'environnement car elle permet la délimitation spatiale des couvertures végétales, qui est nécessaire pour produire des comptes des terres et des écosystèmes.

2. Recherche-développement

53. Dans le contexte de l'évolution rapide des données dans ce domaine, les orientations des travaux de recherche menés par Statistique Canada sont les suivantes :

A. Estimation de la superficie cultivée

54. Ces travaux visent à élaborer une méthode permettant de réaliser des estimations des superficies cultivées qui serviront à alimenter le programme d'enquêtes agricoles. S'ils aboutissent, le fardeau de réponse des exploitants agricoles sera réduit. Il s'agit d'utiliser la classification de la couverture terrestre et des cultures annuelles établie à partir de données d'observation de la Terre de résolution moyenne (Landsat et Sentinel), parallèlement à des données fournies par les assurances récoltes provinciales pour établir la classification et valider ou ajuster les estimations de superficie.

B. Estimation de la superficie des serres

55. Le but de ces travaux de recherche est de mettre au point une méthode de détection et d'estimation de la superficie des serres grâce à des données d'observation de la Terre et à d'autres données non spatiales. Cette méthode contribuera à réduire le fardeau de réponse des exploitants agricoles. Ces travaux pourraient être utiles à des activités visant à détecter d'autres types d'éléments à partir d'images satellitaires.

C. Données satellitaires pour la cartographie des zones bâties

56. Ces activités permettront de déterminer si l'on pourrait, grâce aux données d'observation de la Terre, obtenir des données de référence plus précises concernant l'utilisation des terres aux fins de leur exploitation dans la comptabilité des écosystèmes. Il s'agit principalement d'utiliser différentes données d'observation de la Terre et données socioéconomiques, de mettre au point des modèles prédictifs et de déterminer si l'étendue et l'intensification du développement des zones bâties peuvent être détectés de manière adéquate.

D. Repérage des zones humides

57. Ces activités viseront à déterminer si les données d'observation de la Terre peuvent permettre de mieux délimiter les zones humides afin que les données y relatives puissent être utilisées dans les comptes environnementaux et d'évaluer les cycles courts de changements climatiques et de stress hydrique. Ces données peuvent aussi être utilisées pour actualiser les données concernant les plaines inondables et réévaluer les risques.

E. Début et achèvement de travaux de construction

58. L'objectif est de déterminer si les données satellitaires peuvent rendre compte de tous les travaux de construction de bâtiments qui débutent chaque mois dans les régions à forte croissance. Si tel est le cas, les données modélisées relatives aux dépenses d'équipement alimenteraient plusieurs programmes dans le domaine des statistiques économiques et contribueraient à améliorer la couverture du secteur non résidentiel.

⁵ Statistique Canada, 2016, Le paysage changeant des régions métropolitaines du Canada, *L'activité humaine et l'environnement*, Cat. n° 16-201-X, https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/16-201-x/2016000/section_3-fra.htm.

⁶ Statistique Canada, 2017, L'eau douce au Canada, *L'activité humaine et l'environnement*, Cat. n° 16-201-X, <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/16-201-x/2017000/sec-3-fra.htm>.

⁷ Statistique Canada, 2018, Les forêts du Canada, *L'activité humaine et l'environnement*, Cat. n° 16-201-X, https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/16-201-x/2018001/list_m-c-fra.htm.

D. Autriche

1. Contribution à la production de statistiques officielles

59. Les données satellitaires et les données d'observation de la Terre ne sont pas encore utilisées dans les statistiques officielles existantes, car Statistics Austria bénéficie actuellement d'un accès à toutes sortes de sources de données administratives de grande qualité. Les données d'observation de la Terre que l'organisme utilise ne sont pas explicitement utilisées de manière systématique pour alimenter le cadre de données géospatiales.

60. Toutefois, certains produits externes créés à partir de données satellitaires et de données d'observation de la Terre sont utilisés à certaines fins spécifiques. Il s'agit par exemple de produits de diffusion tels que la délimitation des zones de peuplement et des localités (Modèle générique du processus de production statistique 5.1 – Intégration des données) ; Modèle générique du processus de production statistique 7.2 – Élaboration des produits de diffusion).

61. Dans le domaine des statistiques agricoles, l'Enquête sur la structure des exploitations agricoles (ESA) peut actuellement compter sur des sources de données administratives très détaillées provenant du système de subventions. Les agriculteurs doivent délimiter avec exactitude leurs cultures sur une carte agricole numérique, ce qui permet de visualiser les parcelles au format numérique. Les estimations des récoltes sont fondées sur les contributions fournies bénévolement par des consultants en récolte qui estiment le rendement des cultures, une tâche exigeant un travail considérable.

2. Recherche-développement

62. Malgré ce qui a été dit plus haut au sujet des programmes statistiques existants, de vastes travaux de recherche sont actuellement menés sur la façon d'utiliser les données satellitaires et les données d'observation de la Terre dans un éventail croissant de programmes statistiques :

A. *Utiliser les données issues de lasers aéroportés pour améliorer le registre des bâtiments*

63. Les données de balayage laser aéroporté sont accessibles au public et sont utilisées pour vérifier l'exactitude des coordonnées des bâtiments ainsi que des données relatives à la superficie des zones bâties et à la hauteur des bâtiments qui figurent dans le registre des bâtiments et des logements. Le but est d'améliorer directement la qualité des données figurant dans ledit registre. L'une des difficultés les plus évidentes résulte des différentes définitions des bâtiments. Les données des lasers aéroportés, qui permettent de visualiser l'enveloppe extérieure de tous les éléments assimilables à des bâtiments, font également apparaître les camping-cars, qui sont signalés comme étant de petits bâtiments. Les structures à unités multiples comme les maisons mitoyennes en rangées ou les barres d'immeubles posent également problème dans les données issues des lasers aéroportés. (Modèle générique du processus de production statistique 3.5 – Mise à l'essai du système de production)

B. *Les données satellitaires au service de l'estimation de la valeur des biens immobiliers*

64. La plupart des informations relatives à la valeur d'un bien immobilier sont tirées directement du contrat de vente (adresse, prix, superficie en m² de l'immeuble et de la propriété, etc.) À cela viennent s'ajouter des informations sur le bâtiment tirées du registre des bâtiments et des logements, le prix moyen des terrains dans la ville concernée, ainsi que des informations sur le revenu moyen et les variables démographiques concernant les 50 voisins les plus proches. Les données satellitaires et les données d'observation de la Terre pourraient permettre de détecter des caractéristiques qui faciliteraient l'estimation de la valeur des biens immobiliers. Il pourrait s'agir des types de bâtiments, de la taille des propriétés avoisinantes, et de la présence d'espaces verts dans le quartier et, éventuellement, de panneaux solaires sur les bâtiments du quartier. Grâce à ces informations, il serait plus facile de délimiter les zones pauvres ou dégradées et les zones riches. (Modèle générique du processus de production statistique 2.3 – Conception de la

collecte ; Modèle générique du processus de production statistique 3.2 – Élaboration ou renforcement des composantes du processus).

C. *Utilisation de données d'observation de la Terre pour alimenter des outils d'apprentissage automatique*

65. Statistics Austria exécute actuellement un projet financé par l'UE qui vise à associer diverses sources de données, notamment des données satellitaires et des données d'observation de la Terre, pour améliorer la résolution spatiale afin d'obtenir de meilleurs indicateurs de pauvreté et algorithmes d'apprentissage automatique. L'idée est de présenter des indicateurs de pauvreté tels que le risque de pauvreté dans les zones de petite taille. On évalue actuellement la possibilité d'utiliser les données satellitaires, qui pourraient fournir d'autres éléments intéressants. (Modèle générique du processus de production statistique 2.3 – Conception de la collecte ; Modèle générique du processus de production statistique 3.2 – Élaboration ou renforcement des composantes du processus).

3. Résumé

66. Les données satellitaires et les données d'observation de la Terre sont de plus en plus souvent utilisées comme compléments d'information concernant certains domaines visés par les programmes statistiques. Pour les statistiques agricoles, le plus utile serait que ces données soient utilisées pour estimer plus précisément et de manière automatique le rendement des cultures, compte pleinement tenu de la complexité de la question et de la nécessité d'un degré élevé de spécialisation. (Modèle générique du processus de production statistique 4.3 – Réalisation de la collecte). Le champ d'application le plus évident consisterait à mettre au point une méthode de classification et d'enregistrement de la couverture et de l'utilisation des sols et de suivi de son évolution. (Modèle générique du processus de production statistique 3.2 – Élaboration ou renforcement des composantes du processus).

67. Des difficultés subsistent quant à la manière de traiter les différentes résolutions spatiales et estampilles temporelles dans le cadre des activités d'intégration. Pour découvrir et déterminer la forme et la taille d'un bâtiment, la résolution spatiale des données satellitaires doit être plus élevée, c'est pourquoi Statistics Austria travaille actuellement, à titre expérimental, avec des données d'imagerie et des données *in situ* provenant de relevés aériens, dont la résolution est plus haute.

VI. Incidences des crises sur le domaine de la statistique

68. Un traitement détaillé de cette question sortirait du cadre des travaux de l'équipe chargée de l'étude. Il nécessiterait une étude plus approfondie qui permettrait d'établir une description réaliste de la manière dont les crises financières ou politiques pourraient ébranler la stabilité de l'infrastructure internationale publique/privée qui soutient les satellites, les capteurs, l'environnement informatique, et, pour finir, les organismes et leur personnel qui accèdent aux données d'observation de la Terre, les interprètent et les intègrent aux programmes statistiques officiels.

69. Il ressort toutefois de ce qui précède que les acteurs, les organismes de financement et les régimes politiques qui soutiennent l'infrastructure d'observation de la Terre ont des interactions complexes. Il est donc difficile de dire ce que seraient les incidences d'une crise donnée, même si on peut affirmer que son déclenchement, ses déclencheurs et ses effets seraient complexes ; le cycle ne serait sans doute pas court, et s'étalerait sur quelques mois ou années.

70. Si la stabilité de l'infrastructure internationale d'observation de la Terre suscite de sérieuses préoccupations, il est proposé de commander une étude consacrée à cette question et de veiller à ce que des experts des finances et de la gestion dans ce domaine fassent partie de l'équipe.

VII. Principales conclusions, nouvelles questions et nouvelles possibilités pour les organismes nationaux de statistique

71. Le présent chapitre passe en revue les dernières constatations, les questions et les possibilités susmentionnées afin d'établir clairement dans quelle mesure les organismes nationaux de statistique utilisent les outils d'observation de la Terre. Ces points servent ensuite de cadre permettant à l'ensemble des organismes nationaux de statistique de débattre de l'opportunité et de la manière de promouvoir l'intégration de l'observation de la Terre aux statistiques officielles.

A. Utilisation actuelle des données d'observation de la Terre par les organismes nationaux de statistique

72. L'examen a mis en lumière une activité importante dans les domaines suivants :

- Programmes de statistiques agricoles visant par exemple le type de culture, la superficie et l'état de la culture et les prévisions ;
- Modules des comptes environnementaux relatifs au stock de terres par catégorie, aux forêts, à l'eau, aux changements intervenus dans l'utilisation des terres ;
- Nouveaux programmes reposant sur des indicateurs de développement durable comme l'utilisation des terres, les changements climatiques, le stress hydrique et la qualité de l'eau ;
- Les acteurs du domaine de l'observation de la Terre ont fait observer que la technologie se prêtait bien à plusieurs domaines de la statistique macroéconomique liés aux indicateurs de développement durable. Plusieurs exemples ont été donnés, notamment par le Comité mondial d'observation de la Terre par satellite (2018).

B. Travaux de recherche sur l'observation de la Terre menés par les organismes nationaux de statistique

73. Il ressort de l'étude que des travaux sont en cours dans certains domaines clefs :

- Les travaux passionnants relatifs aux cubes de données géospatiales que mènent l'Australie et le Mexique méritent d'être suivis, car ils tentent d'innover sur deux fronts : a) comment parvenir à traiter de vastes quantités de données d'observation de la Terre de manière à apporter une valeur ajoutée supplémentaire ; et b) comment démontrer la viabilité de ces méthodes en réduisant les coûts de stockage et de l'utilisation des données d'observation de la Terre. D'autres réductions de coûts, notamment par la mise en place d'une infrastructure partagée, peuvent contribuer à élargir l'utilisation de ces données ;
- Les travaux menés par l'Autriche et le Canada concernant la contribution des données d'observation de la Terre à la détermination de la valeur des biens immobiliers et à la mise à jour du registre des bâtiments sont intéressants en ce qu'ils peuvent être utilisés pour déterminer si l'utilisation de ces données peut être rentable par rapport aux méthodes actuelles (enquêtes ou ensembles de données administratives). Les travaux de recherche effectués par l'Autriche sur l'utilisation des données de télédétection et d'estimation de la distance par la lumière (LIDAR) aéroportées sont un moyen novateur d'appliquer des capteurs de grande précision à courte distance à certains domaines pour mettre à jour les registres statistiques. Les résultats de ces travaux sont attendus avec intérêt ;
- Plusieurs pays membres et certaines organisations internationales s'emploient à préciser les méthodes d'observation de la Terre à utiliser dans le domaine de la communication d'informations sur les objectifs de développement durable, qui semble être le domaine présentant le plus grand potentiel pour les organismes nationaux de statistique et les organisations internationales. Les outils d'observation de la Terre sont tout particulièrement indiqués pour recueillir des données macroéconomiques concernant de vastes zones, quels que soient l'infrastructure au sol, les types d'établissements humains ou la densité de population.

C. Enjeux et incidences

74. Les organismes nationaux de statistique s'engagent dans l'utilisation de données d'observation de la Terre à leurs risques et périls ! Les difficultés sont les suivantes :

a) Les organismes nationaux de statistique manquent de compétences dans ce domaine

Ils ne disposent pas nécessairement des connaissances nécessaires pour traiter les données en faisant le tri entre signal et bruit puis intégrer les données d'observation de la Terre dans les programmes existants. En effet, cette discipline se fonde sur des notions, des logiciels et des techniques très différents de ceux qui sont utilisés pour établir les statistiques d'enquête ou traiter les données administratives ordinaires. Les possibilités qui s'offrent à eux sont soit d'acquérir des compétences soit d'acheter des services. Il s'agit de choix importants qui ont des incidences sur les budgets, le recrutement et le développement de nouvelles compétences.

b) Les données d'observation de la Terre sont volumineuses

La plupart des organismes nationaux de statistique n'ont pas l'habitude de traiter les immenses volumes de données produits par les capteurs d'observation de la Terre. Il faut connaître à l'avance l'infrastructure informatique nécessaire pour héberger et traiter ces données. Il est donc bon d'envisager de mettre en place une infrastructure centralisée desservant plusieurs clients, comme le font les gouvernements nationaux et la plupart des entreprises d'imagerie privées qui vendent des données.

c) Les données d'observation de la Terre ne peuvent pas permettre de produire à elles seules les statistiques

Les gestionnaires de programmes des organismes nationaux de statistique courent le risque d'avoir des attentes démesurées par rapport aux projets de transformation liés à l'observation de la Terre. Pour aboutir à des statistiques sur un thème donné, les données d'observation de la Terre doivent subir d'importantes opérations de traitement et d'étalonnage par rapport à d'autres ensembles de données. Elles sont souvent combinées avec d'autres ensembles de données disponibles, du moins au début. Cela surprend souvent les directeurs de programme, qui ont dû justifier des budgets plus importants par ce qu'ils pensaient être un gain d'efficacité. Les projets visant à transformer la production de statistiques devraient toujours comprendre une étude approfondie des besoins des organismes nationaux de statistique, suivie d'un examen de différentes solutions potentielles, l'utilisation de données d'observation de la Terre n'étant qu'une d'entre elles.

d) Engagement institutionnel en faveur de l'intégration de l'observation de la Terre

Comme pour la plupart des véritables infrastructures, moderniser les modes de fonctionnement pour intégrer l'observation de la Terre exige du temps et de l'argent et la conviction qu'il en résultera une nette amélioration. C'est avec un examen approfondi, une excellente planification et une mise en œuvre judicieuse qu'il est possible de garantir la bonne mise en œuvre d'applications bien définies.

D. Possibilités offertes par les données d'observation de la Terre

75. Les données d'observation de la Terre offrent des possibilités si on les aborde prudemment :

1. L'atout des outils d'observation de la Terre réside dans la possibilité de recueillir des informations au niveau macro

76. Si l'observation de la Terre s'est considérablement développée au fil des décennies, c'est parce qu'elle est extrêmement utile à la surveillance des phénomènes au niveau macro tels que les changements environnementaux, l'agriculture, la foresterie, la géologie, etc. Google Earth a introduit les données d'observation de la Terre dans la vie des citoyens moyens à travers le monde. Au sein des organismes nationaux de statistique, l'observation

de la Terre a fait ses preuves dans les domaines de la comptabilité environnementale, de l'agriculture, de la foresterie, de l'utilisation des terres, etc. Au sein de ces programmes, il faudrait maintenant mettre l'accent sur la réduction des coûts par la collaboration et le perfectionnement des méthodes. Au fur et à mesure que ces démarches avanceront, il est probable qu'on assistera à de nouvelles améliorations de la résolution spatio-temporelle (par exemple pour la détection des serres et des panneaux solaires), offrant ainsi de nouvelles possibilités d'enrichir les travaux menés dans ces domaines.

2. La communication d'informations sur les objectifs de développement durable est une bonne application des technologies d'observation de la Terre

77. L'approche au niveau macro de la collecte et de la communication des données d'observation de la Terre se prête bien à la communication de ces données aux niveaux national et international, ce qui semble être le domaine le plus intéressant pour les organismes nationaux de statistique et les organisations internationales. Il a été signalé que les pays n'avaient arrêté des méthodes et ne produisaient régulièrement des données que pour 12 des 30 indicateurs des objectifs de développement durable pour lesquels les données d'observation de la Terre auraient un rôle à jouer. On peut donc penser que les données d'observation de la Terre peuvent encore contribuer de façon non négligeable à l'élaboration du cadre mondial d'indicateurs des objectifs de développement durable. Il est donc capital que les organismes nationaux de statistique apportent leur concours à l'élaboration de méthodes normalisées de collecte et de communication des données issues de l'observation de la Terre à l'appui de la communication sur les objectifs de développement durable. Une reconnaissance commune des objectifs de développement durable en tant que cadre conceptuel permettra d'accélérer la diffusion de données cohérentes à l'échelle internationale dans le cadre des discussions sur ce sujet.

3. Les organismes nationaux de statistique devraient collaborer à l'harmonisation des méthodes d'utilisation des données d'observation de la Terre

78. En raison de son coût et du nombre de satellites et de capteurs en orbite, la variété des données d'observation de la Terre disponibles n'est pas infinie. Afin de répondre plus rapidement et à moindre coût aux besoins des programmes (concernant les objectifs de développement durable par exemple), les organismes nationaux de statistique devraient collaborer explicitement à l'élaboration d'approches plus normalisées concernant la façon dont ces données devraient être traitées, interprétées et ensuite intégrées. Une fois que la « recette » sera raisonnablement stable, elle pourra être reproduite dans les autres organismes nationaux de statistiques. Cette démarche permettrait de s'attaquer efficacement aux obstacles initiaux que constituent les coûts d'investissement et les compétences nécessaires, et fournirait aux producteurs de données d'observation de la Terre une réserve de financement plus diversifié (c'est-à-dire plus stable), ce qui leur permettrait d'investir davantage dans des améliorations.

4. Les organismes nationaux de statistique devraient examiner la faisabilité d'une mise en commun du traitement des données d'observation de la Terre.

79. Si les organismes nationaux de statistique s'accordaient pour dire que les tâches de communication d'informations sur les objectifs de développement durable à l'échelon national et international constituaient un contexte utile pour une collaboration entre eux sur l'utilisation des données d'observation de la Terre, il serait aussi naturel qu'ils collaborent explicitement avec les organisations nationales et internationales d'observation de la Terre pour s'entendre sur le type d'apports nécessaires et sur la manière dont ils doivent être traités. Ce débat permettrait aux organismes nationaux de statistique de parler d'une seule voix aux fournisseurs de données et de services d'observation de la Terre afin que toutes les données produites puissent être appliquées de la même façon. L'avantage serait une plus grande cohérence des données de ce type dans les statistiques officielles. Une fois les modalités de production établies, d'autres cycles de recherche pourraient être programmés afin de déterminer si des améliorations substantielles peuvent être apportées.

80. Au fil de la maturation des travaux relatifs aux objectifs de développement, l'élaboration d'un ensemble commun de données d'observation de la Terre prêtes à

l'analyse, où les séries chronologiques de ces données seraient corrigées en fonction de la réflectance du fond de l'atmosphère, transposées en géométrie cartographique et enregistrées dans une base de données, permettrait aux organismes nationaux de statistique de travailler à partir d'un ensemble de données commun. L'augmentation du volume de données constituerait le résultat physique de la collaboration. Les thèmes prioritaires pourraient faire l'objet de recherches et les résultats pourraient être mis en œuvre dans tous les pays, afin d'éviter les chevauchements d'activités.

VIII. Conclusions et recommandations

81. L'utilisation par les organismes nationaux de statistique des données d'observation de la Terre pour produire des statistiques officielles a une longue histoire et a atteint une maturité précoce dans de nombreux pays dans les domaines des statistiques agricoles et de la comptabilité environnementale. Sur le plan de la recherche, l'accent est mis sur les questions de stockage des données, d'accès et de traitement à valeur ajoutée (Australie, Mexique), sur de nouvelles extensions dans l'agriculture (Canada) et sur la possibilité de tenir des registres du bâtiment et de l'environnement bâti plus généralement (Autriche, Canada).

82. À l'heure actuelle, la communauté internationale des organismes nationaux de statistique fait largement progresser sa pratique en fonction des intérêts et des capacités propres à chaque organisme, les résultats étant communiqués dans divers forums, mais pas nécessairement à l'ensemble du réseau. Parallèlement, il existe plusieurs organisations internationales dont les activités sont principalement axées sur la production et le traitement de données d'observation de la Terre ainsi que leur application, mais les organismes nationaux de statistique ne sont pas liés très directement à ces organisations pour l'instant. La collaboration devrait être élargie dans ce domaine, comme c'est le cas en Australie et au Mexique et à l'instar de ce que fait le Canada, qui lui donne actuellement un nouvel élan.

83. L'étude approfondie montre clairement que les activités visant à mieux exploiter les contributions de l'observation de la Terre posent de nombreuses questions et ont des conséquences importantes. L'infrastructure nécessaire pour assurer pleinement le traitement, l'interprétation et l'analyse des données est importante. Cela a des incidences sur les budgets, ainsi que sur les nouveaux ensembles de compétences nécessaires pour maintenir une telle capacité. Deuxièmement, il faut analyser minutieusement les besoins opérationnels et les solutions potentielles, car les données d'observation de la Terre ne peuvent combler tous les besoins en données.

84. Malgré les appels à la prudence au sujet de l'utilisation des technologies d'observation de la Terre, il existe de réelles possibilités pour les organismes nationaux de statistique, surtout dans le domaine de la communication sur les objectifs de développement durable à l'échelon national et international, où l'observation de la Terre a des atouts car elle fournit, au fil du temps, un cadre assez uniforme de collecte et de communication d'informations sur les phénomènes régionaux. Du point de vue des statistiques officielles, les données d'observation de la Terre ont fait leurs preuves dans les domaines des statistiques agricoles et de la comptabilité environnementale. Ces deux domaines servent de base à l'élaboration de plusieurs indicateurs relatifs aux objectifs de développement durable, de sorte que ces programmes pourraient n'exiger que des ajustements mineurs pour répondre aux besoins en matière de communication sur les objectifs de développement durable.

85. Cependant, pour plusieurs domaines visés par les indicateurs relatifs aux objectifs de développement durable, les solutions fondées sur l'observation de la Terre sont prometteuses, mais pas encore au point. Les organismes nationaux de statistique ont là la possibilité d'apporter leurs compétences en matière d'intégration des données afin d'accroître l'exactitude et la valeur de ces données. Cela permettra de mieux comprendre les changements sociaux, économiques et environnementaux qui se produisent dans la société à l'échelle régionale, continentale et mondiale.

86. Dans la mesure où il est demandé à la communauté internationale des organismes nationaux de statistique de contribuer à la communication d'informations sur les objectifs

de développement durable, et de déterminer, grâce à leurs compétences, les indicateurs les plus significatifs dont ils pourraient rendre compte, et les méthodes requises pour cela, les auteurs de la présente étude approfondie présentent les recommandations suivantes.

A. Les organismes nationaux de statistiques devraient utiliser la communication sur les objectifs de développement durable comme fondement des travaux de recherche prioritaires concernant l'observation de la Terre

87. L'attention internationale accordée aux objectifs de développement durable est en train de se transformer en action. Les organismes nationaux de statistique ont une contribution importante à apporter : il leur appartient de fournir des informations cohérentes, claires et exploitables pour éclairer la prise de décisions dans ce domaine, et la technologie d'observation de la Terre jouera un rôle important dans le calcul de certains des indicateurs importants liés aux objectifs de développement durable. Les organismes nationaux de statistique devraient utiliser le cadre des objectifs de développement durable pour concentrer les travaux de recherche sur les indicateurs qui peuvent bénéficier au mieux des contributions de l'observation de la Terre. Sur la base de ces décisions, ils pourraient orienter leurs efforts collectifs de recherche et, en fin de compte, la mise en œuvre d'approches fructueuses dans le cadre de leurs programmes.

B. Les organismes nationaux de statistique devraient collaborer à l'harmonisation de l'utilisation des données d'observation de la Terre

88. Après avoir déterminé les indicateurs liés aux objectifs de développement durable pour lesquels les données d'observation de la Terre sont susceptibles d'être une composante importante, les organismes nationaux de statistique devraient envisager des moyens de collaborer explicitement à l'élaboration des processus qui peuvent exploiter l'infrastructure de l'observation de la Terre dans le cadre du Modèle généralisé du processus de production statistique. Les résultats de la collaboration peuvent être communiqués et, s'ils sont acceptés, être mis en œuvre dans tous les organismes. Une telle approche permettrait d'assurer une progression constante de la capacité, dans les domaines prioritaires pour la communication d'informations, et d'obtenir des résultats cohérents là où elle est mise en œuvre. Cela renforcerait, au sein des organismes nationaux de statistique, l'élan en faveur d'une véritable communauté de pratique internationale dans le domaine de l'observation de la Terre.

C. Les organismes nationaux de statistique devraient collaborer avec les organisations qui s'occupent de l'observation de la Terre pour regrouper les exigences en matière d'apports

89. Une fois que les organismes nationaux de statistique auront examiné la meilleure façon d'utiliser les données d'observation de la Terre pour mesurer les indicateurs liés aux objectifs de développement durable prioritaires, ils pourraient réaliser d'autres progrès en collaborant avec les organisations nationales et internationales s'occupant d'observation de la Terre pour préciser leurs exigences en matière d'apports, qu'il s'agisse d'accès aux données brutes des capteurs, de traitement, de contrôle de la qualité ou de stockage. Cela permettra d'accroître la possibilité d'avoir des données prêtes à l'analyse pour les programmes statistiques de chaque organisme. Des progrès qui iraient dans ce sens contribueraient grandement à amener les données d'observation de la Terre à un niveau plus comparable à bon nombre des autres données utilisées actuellement par les organismes nationaux de statistique et feraient davantage entrer dans les mœurs la pratique de la collaboration internationale.

90. À l'appui de cette recommandation, il convient de saluer les efforts déployés par l'Australie et le Mexique pour mieux comprendre le type d'environnements de stockage et

de manipulation de prochaine génération qui permettront d'exploiter encore plus d'informations à partir des données d'observation de la Terre. La communauté internationale devrait considérer ce travail non seulement comme un exercice technique, mais aussi comme une indication du type d'organisation nécessaire pour entretenir une telle infrastructure au profit des clients des organismes nationaux de statistique à l'échelle régionale ou même mondiale, dans les prochaines années.

91. Une première étape pratique pourrait être d'organiser une séance de type « sprint » avec un petit groupe d'experts des pays intéressés et des organisations internationales, pour définir les besoins de la communauté de la statistique officielle en matière de données satellitaires et d'observation de la Terre.

IX. Débats et décision du Bureau de la Conférence des statisticiens européens

92. Le Bureau de la Conférence a examiné l'étude approfondie de l'utilisation de l'imagerie satellitaire et des autres techniques d'observation de la Terre dans les statistiques officielles, sur la base d'un document élaboré par le Canada et le Mexique et des observations de la CEE. Le Bureau a soulevé les points suivants :

a) Le document offre un très bon résumé de l'utilisation de l'imagerie satellitaire et des technologies d'observation de la Terre dans les statistiques officielles, ainsi que des défis connexes ;

b) Les données satellitaires et les données d'observation de la Terre deviennent des sources essentielles pour les statistiques officielles. Par exemple, les objectifs de développement durable incitent à une utilisation accrue de ces données ;

c) Les données d'observation de la Terre et les données satellitaires sont de plus en plus souvent disponibles gratuitement et en format ouvert, mais elles nécessitent de nouvelles compétences pour être traitées efficacement. Il faudra pour cela renforcer les capacités et établir de nouveaux partenariats avec les fournisseurs de données. Les ensembles de données « prêts à l'analyse » réduisent le besoin de traitement, mais ils sont souvent coûteux et devraient être bien documentés et accompagnés d'un guide approprié à l'intention des utilisateurs ;

d) Il serait utile de procéder à une analyse coûts-avantages de l'utilisation des données satellitaires et des données d'observation de la Terre ;

e) La communauté de la statistique officielle doit réfléchir davantage à ses besoins en matière de données satellitaires et de données d'observation de la Terre. Elle pourrait commencer par recenser les questions auxquelles on pourrait répondre à l'aide de ces données et les principaux produits statistiques qui pourraient être élaborés, ce qui peut varier en fonction du degré de développement des pays. Il serait également utile d'examiner les données disponibles sur le marché et les applications nécessaires. Une séance de type « sprint » pourrait être organisée pour clarifier ces exigences ;

f) Il faut travailler davantage à l'élaboration de normes communes entre les statisticiens et les professionnels de l'information géospatiale ;

g) L'apprentissage automatique et les techniques d'intelligence artificielle peuvent aider à donner un sens à de grandes quantités de données, mais ces techniques, nouvelles pour de nombreuses organisations statistiques, exigent de nouvelles compétences ;

h) Il serait bon d'établir une coopération internationale pour contacter les grands fournisseurs d'outils géospatiaux en tant que communauté afin d'obtenir des rabais ou des types spéciaux de licences ;

i) Divers groupes travaillent sur des sujets connexes et un résumé de toutes les activités serait utile. Le Comité de coordination des activités statistiques procède actuellement à un inventaire des ensembles de données et des outils de référence utilisés par les organisations internationales. La Division de statistique de l'ONU est en train de créer

un réseau du système des Nations Unies sur l'information géospatiale. Très actif, le secteur privé a créé un conseil mondial des entreprises sur l'information géospatiale ;

j) Il sera utile de documenter et de partager systématiquement des études de cas sur les pratiques nationales en matière d'utilisation des données satellitaires et de données d'observation de la Terre (par exemple, celles de la récente Conférence d'Helsinki) ;

k) Cette étude approfondie pourrait être examinée plus en détail à la prochaine session plénière de la Conférence.

Conclusion

93. Le document sur l'étude approfondie sera mis à jour pour tenir compte des débats du Bureau, et enrichi notamment des informations sur les groupes et activités internationaux mentionnés ci-dessus. Il sera soumis à la session plénière de la Conférence en juin 2019.

94. Le secrétariat organisera une séance de type « sprint » avec un petit groupe d'experts provenant des pays intéressés et des organisations internationales au début de 2019 pour définir les besoins de la communauté statistique officielle en matière de données satellitaires et d'observation de la Terre. À l'issue de la séance rapide et des débats de la session plénière de la Conférence, le secrétariat et les auteurs de l'étude approfondie présenteront au Bureau, en octobre 2019, une proposition concernant les activités de suivi.

X. Références

- CEOS (2018a). Comité mondial d'observation de la Terre par satellite. Consulté le 22 août 2018, à l'adresse www.ceos.org.
- CEOS (2018b). Satellite Earth Observations in Support of the Sustainable Development Goals. Disponible à l'adresse : http://eohandbook.com/sdg/files/CEOS_EOHB_2018_SDG.pdf.
- EO4SDG (2018). Earth Observations for the Sustainable Development Goals. Consulté le 21 août 2018, à l'adresse eo4sdg.org.
- GEO (2018). Groupe sur l'observation de la Terre. Consulté le 21 août 2018, à l'adresse earthobservations.org.
- GSARS – Stratégie mondiale pour l'amélioration des statistiques agricoles et rurales. (2017). Handbook on Remote Sensing for Agricultural Statistics. Disponible à l'adresse : <http://gsars.org/wp-content/uploads/2017/09/GS-REMOTE-SENSING-HANDBOOK-FINAL-04.pdf>.
- Nations Unies (2017). Earth Observations for Official Statistics. Disponible à l'adresse : https://unstats.un.org/bigdata/taskteams/satellite/UNGWG_Satellite_Task_Team_Report_Report_WhiteCover.pdf.
- Pringle, M., Schmidt, M. et Tindall, D. (2018). Multi-decade, multi-sensor time-series modelling – based on geostatistical concepts – to predict broad groups of crops. *Remote Sensing of Environment*, 216 (2018), p. 183 à 200. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.06.046>.
- Rancourt, E. et Shukle, P. (2017). Canada's approach to integrating socio-economic and environmental statistics with geospatial information. Disponible à l'adresse : https://www.unece.org/fileadmin/DAM/stats/documents/ece/ces/ge.58/2017/mtg3/UNE-CE-GGIM_-_Canada.pdf.
- UN-GGIM (2018). Comité d'experts sur la gestion de l'information géospatiale à l'échelle mondiale. Consulté le 20 août 2018, à l'adresse ggim.un.org.

XI. Remerciements et équipe chargée de l'étude

La présente étude a bénéficié de la collaboration du personnel spécialisé de plusieurs organismes. Ces organismes méritent d'être félicités pour les efforts qu'ils déploient, car ceux-ci ne manqueront pas d'influencer et d'inspirer la réalisation d'objectifs communs en ce qui concerne le perfectionnement de la statistique officielle dans ce domaine. Merci.

Les auteurs remercient Steven Vale, de la CEE, qui a répondu rapidement aux questions et suggestions concernant l'accent, le ton et l'approche collaborative.

Statistique Canada – Cochef de file de l'étude

Eric Rancourt (Directeur général) – Service des infrastructures statistiques

Tim Werschler (Directeur adjoint), Nick Lantz – Division des registres statistiques et de la géographie

Gordon Reichert (Chef), Frédéric Bédard – Division de l'agriculture

François Soulard (Chef), Mark Henry, Marcelle Grenier – Comptes et statistiques de l'environnement

Elton Cryderman (Chef), Nicolas Martinez – Division de l'investissement, des sciences et de la technologie

Alessandro Alasia (Chef) – Centre des projets spéciaux pour les entreprises

Institut national de statistique et de géographie du Mexique – Cochef de file de l'étude

Abel Coronado – Département de la mise en œuvre des services et des normes technologiques

Susana Pérez – Directrice générale adjointe des recensements économiques et agricoles

José Luis Ornelas – Directeur des ressources naturelles

Alejandro Ruiz – Chercheur

Statistics Austria

Ingrid Kaminger, Sibylle Saul – Registres, classifications et informations géographiques

Eurostat

Ekkehard Petri, Hannes Reuter (agent de statistique), Maria-Joao Santos

CEE

Steven Vale – Statisticien principal et conseiller régional
