

La géodésie spatiale pour observer l'évolution des conditions d'habitabilité de la Terre

Pierre Exertier, Observatoire Midi-Pyrénées/ UMR GET), Jonathan Chenal (IGN), et Alexandre Couhert (CNES), Toulouse, France

8 décembre 2022



Mise en contexte

L'entrée dans l'Anthropocène marque plus que jamais un besoin urgent de disposer d'outils pour observer les changements rapides des conditions d'habitabilité de la Terre. L'agenda international pour le développement durable repose sur un grand nombre d'indicateurs de suivi de la réalisation des ODDs, dont plusieurs à de vastes échelles spatiales, et qu'il convient donc de mesurer avec des outils adéquats. La géodésie, la science qui mesure la Terre, a développé au cours des derniers siècles un ensemble de techniques/mesures et un cadre international destiné à les harmoniser. Depuis la surveillance de divers types de risques naturels et de leurs impacts à la mesure des conséquences du réchauffement climatique, la géodésie spatiale est devenue une discipline transversale incontournable dans l'arsenal des sciences de la durabilité. Elle joue ainsi un rôle sociétal de plus en plus important en organisant les espaces, les déplacements et la localisation de très nombreux acteurs et secteurs de la société (par ex. armées, bateaux de pêche, activités de déforestation).

Géodésie spatiale : des données probantes pour l'environnement, la sécurité et le développement

La géodésie est la science qui mesure la Terre, y compris ses déformations horizontales et verticales. Un des thèmes phares de la géodésie consiste à estimer les coordonnées géocentriques d'un ensemble de points sur la Terre matérialisant ainsi un repère de référence mondial. Ces coordonnées sont calculées à partir d'observations menées par des stations permanentes sur un ensemble de satellites et d'objets célestes extrêmement lointains. En 2015, l'ONU reconnaissait la nécessité de maintenir sur le long terme un repère de référence géodésique global (GGRF) précis et fiable qui soit accessible à tous pour un développement durable des sociétés. Le GGRF est en effet le socle indispensable à la maîtrise d'une information "géolocalisée" qui est devenue un enjeu stratégique face aux évolutions rapides de l'environnement, y compris pour l'adaptation et la prévision des changements climatiques. Sa principale faiblesse aujourd'hui vient d'un manque de stations géodésiques dans l'hémisphère sud. Ainsi, la géodésie spatiale est une approche pertinente pour atteindre de nombreux ODDs (Figure 1). En ce qui concerne le réchauffement climatique et les risques associés encourus par les populations, la géodésie spatiale permet le suivi de la montée du niveau des mers, de la quantité de fonte des glaces continentales, ou encore de la redistribution des eaux de surface. La mise en route du système de positionnement par le satellite Galileo, lancé par l'Union Européenne, le programme d'Observation de la Terre par le satellite Copernicus pour la préservation de la nature et de la biodiversité, ou encore la très longue série de données issues des satellites altimétriques, maintenant disponible sur plus de trente ans, sont autant d'exemples d'une volonté forte de poursuivre de manière continue les observations spatiales. De nombreux élus territoriaux s'appuient déjà sur ces données et sur les produits géodésiques qui en découlent (prévisions) afin de tenir compte dans leur politique de gestion des territoires de l'évolution du trait des côtes, de la variation de masse des aquifères, ou encore afin de prévenir des risques géophysiques en zone continentale.

Niveau des mers : observer, expliquer et prévenir

La masse mouvante de l'océan, la complexité des échanges thermiques qui l'animent et de ceux qu'il entretient avec l'atmosphère en font un acteur majeur des mécanismes et de l'évolution du climat de la planète Terre. Les raisons de développer une technique spatiale d'observation de l'océan, comme l'altimétrie (topographie des surfaces), ne manquent donc pas. L'accélération, désormais reconnue, de la hausse du niveau moyen des mers de +3.28 mm/an (± 0.3), a par exemple été déterminée grâce à l'altimétrie de haute précision depuis la mission franco-américaine TOPEX/Poséidon (1992). L'enjeu mondial de la hausse du niveau des mers justifie à lui seul la continuité des missions spatiales de ce type, tant les bouleversements attendus sont majeurs à l'échelle des 20 prochaines années comme à l'horizon 2100 (voir les rapports du GIEC). En fournissant les données à de nombreux programmes internationaux d'étude du climat et systèmes de surveillance et d'alerte, données disponibles en temps quasi-réel, la série de données fournies par les satellites Jason puis maintenant Sentinel (Europe-Etats-Unis) a véritablement marqué l'ère de l'océanographie opérationnelle. Ceci a permis la mise en place de services applicatifs venant de données spatiales et *in situ* (météorologie, transports, pêche, biologie et ressources) qui, d'un point de vue sociétal, deviennent indispensables à

une gestion durable des océans (par ex. le projet MERCATOR, <https://www.mercator-ocean.eu>). Soutenir une série de missions spatiales à même de constituer plusieurs décennies du suivi des océans tout comme favoriser l'utilisation opérationnelle des données géodésiques (océans et continents) constituent ainsi un véritable enjeu au plan international. Dans ce domaine, la France occupe une place particulière car elle est présente dans la plupart des mers du globe et active depuis le début au plan scientifique et technologique (océanographie, géodésie, spatial) notamment dans les territoires d'Outremer..

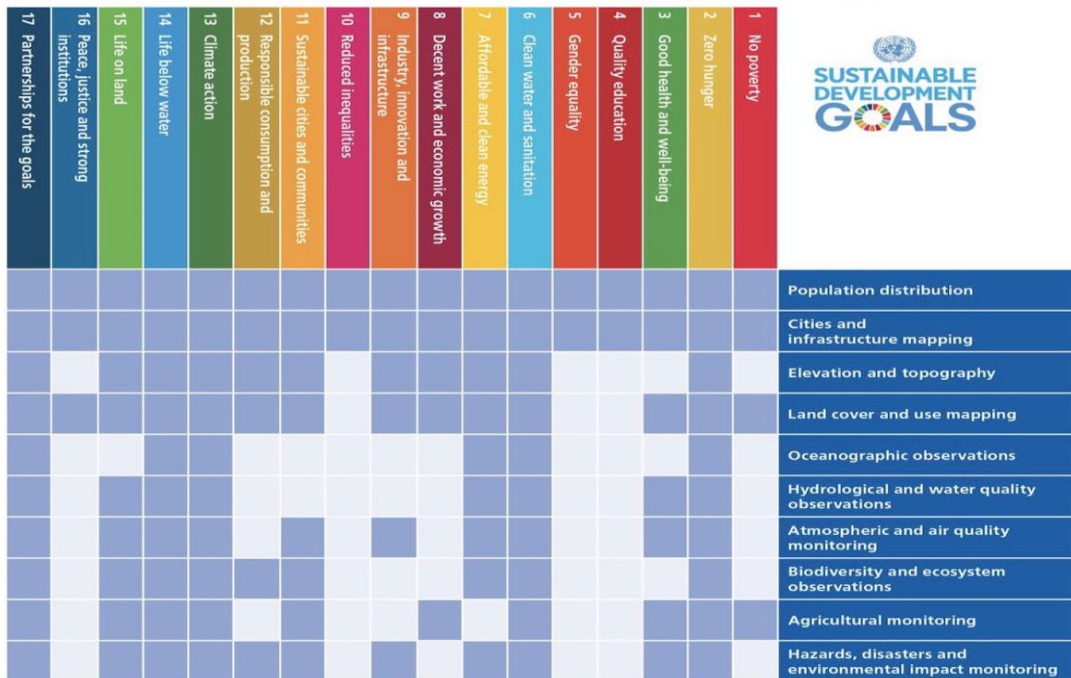


Figure 1. Données géospatiales et observations de la Terre à l'appui des statistiques officielles pour le suivi des objectifs de développement durable de l'ONU. Source: <https://www.earthdata.nasa.gov/learn/backgrounders/sdg>

Des infrastructures géodésiques étendues dans l'hémisphère sud

Pour simple que puisse être le principe de l'altimétrie, sa réalisation demeure complexe. Le positionnement du satellite avec une grande précision par rapport à la surface (< 1 cm localement) en utilisant, dans le même temps, un référentiel terrestre adopté par tous et reconnu sur le plan international (i.e. l'International Terrestrial Reference Frame), requiert l'utilisation de réseaux d'observatoires, de stations permanentes ou d'antennes au sol qu'il faut pouvoir déployer de manière aussi large que possible et positionner avec une grande rigueur (objectif à 1 mm). Si l'on doit en premier lieu citer le rôle majeur joué par le CNES (satellites et altimètres), l'IGN (suivis au sol), le SHOM (Service Hydrographique et Oceanographique) pour l'océanographie et la géodésie, plusieurs organismes de recherche comme l'INSU, le CNRS et l'IRD sont aujourd'hui mobilisés pour étudier ensemble l'implantation de nouveaux observatoires géodésiques et environnementaux dans l'hémisphère sud. Un site existe déjà en Polynésie, mais il est nécessaire de le moderniser et si possible de le dupliquer dans l'océan Indien (à La Réunion par exemple).

À retenir

La géodésie spatiale est une discipline clé pour l'atteinte des ODDs. Mesurer avec précision les évolutions de l'habitabilité du système Terre suppose d'établir et de maintenir des références géodésiques communes. Le changement climatique, avec ses conséquences notamment sur les échanges océan-atmosphère, revêt un enjeu majeur pour la communauté scientifique. Il existe un besoin urgent d'étendre les infrastructures géodésiques dans l'hémisphère sud, tout en développant l'éducation, la formation et la prise de conscience du public sur les enjeux liés aux effets du changement climatique. Là encore, par la force visuelle et didactique de ses cartes et images, la géodésie spatiale a un rôle central à jouer.