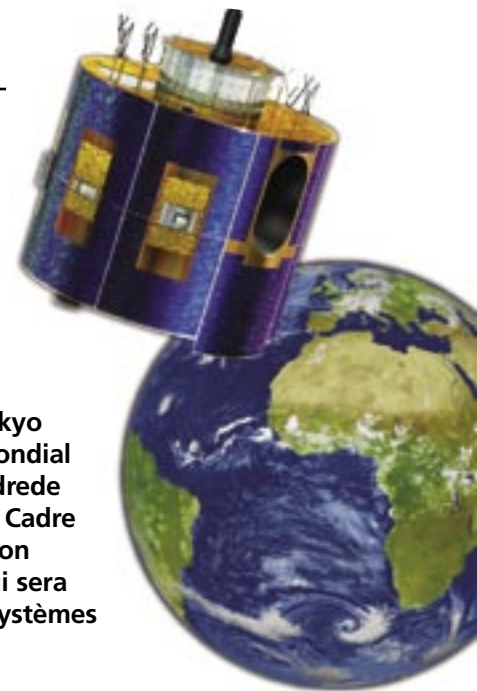


Un système pour gérer la planète, d'ici à 2015



Le 25 avril 2004, le deuxième Sommet sur l'observation de la Terre, réuni à Tokyo (au Japon), a franchi une nouvelle étape vers l'établissement d'un système mondial d'information pour «gérer la planète», lorsque les ministres ont adopté le Cadre mise en œuvre d'un plan de dix ans. Sans être juridiquement contraignant, le Cadre concrétise la ferme volonté politique de 47 gouvernements et de la Commission européenne pour mettre en place, d'ici à 2015, une observation de la Terre qui sera exhaustive, coordonnée et soutenue, encadrée par un Système mondial des systèmes d'observation de la Terre (GEOSS).

À première vue, il n'y a rien là de nouveau, car de nombreuses organisations et programmes s'efforcent déjà de soutenir et d'améliorer la coordination des systèmes d'observation de la Terre, dans le cadre, par exemple, du partenariat pour une Stratégie d'observation mondiale intégrée. Cependant, leurs efforts ont été jusqu'ici freinés par l'attitude ambivalente des gouvernements. Même dans les pays les plus riches, les infrastructures techniques s'érodent par manque de constance dans la volonté d'observer la Terre et par manque de fonds dans les agences spatiales.

Mais les temps changent. Les gouvernements commencent à mieux appréhender l'enjeu de l'observation de la Terre pour planifier un développement durable. Cela s'est manifesté en 2002 pendant le Sommet mondial pour le développement durable, à Johannesburg (Afrique du Sud). La réunion du G8 de juin 2003 en France a ensuite désigné l'observation de la Terre comme la priorité scientifique absolue pour les années à venir. Ce qui a enfin ouvert la voie, le mois suivant, au premier Sommet sur l'observation de la Terre, à Washington (É.-U.), pendant lequel 33 pays et la Commission européenne se sont engagés à préparer un plan décennal de mise en œuvre.

Un Groupe technique pour les observations de la Terre (GEO) a été établi. Coprésidé par les États-Unis, la Commission européenne, le Japon et l'Afrique du Sud, et réunissant plus de 21 organisations internationales – dont l'UNESCO et sa Commission océanographique intergouvernementale (COI) – le GEO va élaborer ce plan de mise en œuvre. Dès lors que le Cadre a été approuvé, il appartiendra au GEO de le présenter sous la forme d'un plan détaillé au troisième Sommet sur l'observation de la Terre, en février 2005.

Le GEOSS s'appuiera sur les systèmes existants, y compris ceux des diverses nations, sur la Surveillance mondiale pour l'environnement et la sécurité, commune à l'Union européenne et à l'Agence spatiale européenne, et sur des initiatives relevant du système des Nations Unies.

Environ la moitié des 47 gouvernements du Sommet d'avril dernier représentait des pays en développement. C'est logique, car des pays aux ressources très diverses ont investi dans les satellites d'observation de la Terre, depuis les États-Unis, le Japon et la France jusqu'à l'Inde, la Chine, le Vietnam, l'Argentine, le Brésil, l'Algérie, l'Afrique du Sud et, tout récemment, le Nigeria. Depuis qu'il a lancé, en octobre de l'an dernier, le microsatellite de télédétection en orbite basse de la Terre

«Nigeria Sat-1» pour surveiller l'environnement et fournir des informations utiles à la mise en place de certaines infrastructures, le Nigeria a été accueilli au sein du Réseau de surveillance des catastrophes, qui regroupe l'Algérie, la Chine, le Royaume-Uni et le Vietnam. Comme les catastrophes naturelles sont des phénomènes imprévisibles, l'adhésion d'un pays au Réseau multiplie ses chances d'être survolé par l'un des cinq satellites au «bon» moment, ce qui nous aide à minimiser le temps de réaction. Il est logique, également, que des pays ne possédant pas de satellites fassent partie du GEOSS. Car ils font régulièrement l'objet de survol et de télédétection par des satellites sans avoir facilement accès aux données recueillies, situation peu satisfaisante pour eux mais aussi pour les pays développés, qui ont, eux-mêmes, intérêt à ouvrir à un plus grand nombre de partenaires l'observation de la Terre. Si nous devons élucider les processus naturels impliqués dans des phénomènes à long terme tels que la variabilité du climat, la désertification ou les catastrophes naturelles, et améliorer leur prévision, cela exigera une observation exhaustive, soutenue et mondiale par satellite et *in situ* (sur terre et sur mer). Les données des instruments de mesure archivées depuis 1861 nous indiquent, par exemple, que l'élévation des températures de surface dans l'hémisphère Nord a dépassé, au 20^{ème} siècle, celle de tout autre siècle depuis au moins 1 000 ans. Mais il nous est impossible d'obtenir une évaluation mondiale, du fait de l'insuffisance des archives pour l'hémisphère Sud.

« Pour que le GEOSS atteigne ses objectifs » a déclaré au Sommet l'Ambassadeur d'Afrique du Sud Ben Ngubane, « il est indispensable qu'un plus grand nombre de pays en développement rejoignent le Réseau [...] Associer des initiatives régionales telles que le NEPAD à l'élaboration du GEOSS sera décisif à cet égard. Il est absolument nécessaire que le GEO étudie et résolve les problèmes de mise à disposition des données d'observation de la Terre dans les pays en développement, à des coûts réduits et abordables ».

Un système de gestion de l'information pour notre planète

Ben Ngubane exposait les attentes de l'Afrique du Sud à l'égard du GEOSS, au nom de son ministre des arts, de la culture, de la science et de la technologie, Phumzile Mlambo-Ngcuka.

«Ces 20 dernières années » a-t-il noté, «nous avons fait de grands progrès dans la création de structures politiques crédibles, afin de nous aligner sur les critères mondiaux d'un développement durable fondé sur la science. Ceci [...] est bien illustré par le phénomène du «trou d'ozone», pour lequel il n'a fallu que dix années entre sa détection, la compréhension de sa causalité et la mise en place de remèdes efficaces ordonnés par des structures politiques internationales⁹. Alors, que manque-t-il ? Pour éviter que nos succès ne se limitent à une série de résultats ponctuels, comme à propos du trou d'ozone, il faut ce que les milieux d'affaires appellent un système de gestion de l'information, [...] fondé sur les grands principes généraux du profit et supervisé par des indicateurs internationalement reconnus, susceptibles d'être mesurés de façon fiable, scientifique et à un coût abordable. Notre souhait est que le GEOSS soit un système de gestion de l'information pour notre planète».

Poursuivre la mise en œuvre des traités

L'ambition déclarée du GEO est non seulement de faire progresser la connaissance des processus dynamiques de la Terre, mais aussi de donner une impulsion à la mise en œuvre des

obligations fixées par les traités sur l'environnement. Des exemples nous sont donnés, ces dernières années, tels que la Convention sur la diversité biologique, adoptée au Sommet Terre de Rio en 1992, la Convention sur la lutte contre la désertification de 1994 ou encore le Protocole de Kyoto (*voir encadré*).

Comme l'explique Eric Vindimian, du ministère français de l'écologie et du développement durable, «le fait de participer au GEO n'implique pas le souhait de ratifier des traités. Il reste que l'ambition du GEOSS est de construire des outils qui permettent d'observer la planète et que ces outils sont conçus pour être orientés vers les besoins des utilisateurs majeurs, autrement dit, les gouvernements, qui sont ceux qui ont le plus besoin de connaître l'état de la planète pour signer et mettre en œuvre les traités internationaux. Même les gouvernements qui n'ont pas ratifié certains traités n'ont pas manifesté d'opposition à ce que les observations du GEOSS servent à la mise en œuvre des traités internationaux. Les pressions sur l'environnement sont, bien entendu, parmi les paramètres à observer, tout autant que l'état de l'environnement en réponse à ces pressions».

La Stratégie d'observation mondiale intégrée

Depuis la fin de la Guerre froide, les agences spatiales se sont largement recentrées sur les questions de sécurité environnementale et participent à l'expansion d'un réseau de satellites équipés de capteurs optiques, infrarouges et radars destinés à la surveillance de la planète. Ces satellites constituent souvent le seul moyen pour recueillir les données indispensables à la compréhension et à la prévision des modifications – d'origine humaine ou naturelle – qui affectent l'atmosphère, les terres et les océans.

Cependant, les satellites sont des entreprises coûteuses, et l'observation planétaire *in situ* ne l'est guère moins. En 2002, Tellman Mohr, du Comité sur les satellites d'observation de la Terre (CEOS), signalait qu'«il existe plusieurs initiatives mondiales concernant l'étude du climat ou des océans par exemple, mais aucune agence, aucun organisme n'est en mesure de mettre en œuvre l'un de ces systèmes en dehors d'une coopération».

Le désir de partager les dépenses a joué son rôle dans la décision, prise il y a six ans, de lancer la Stratégie d'observation mondiale intégrée (IGOS). De même, il apparaissait de plus en plus clairement que la Terre, l'atmosphère et les océans, loin d'être des systèmes indépendants, faisaient partie intégrante d'un unique système planétaire, et que les programmes de recherche n'atteindraient leur pleine efficacité que si des passerelles étaient jetées entre les différentes initiatives mondiales.

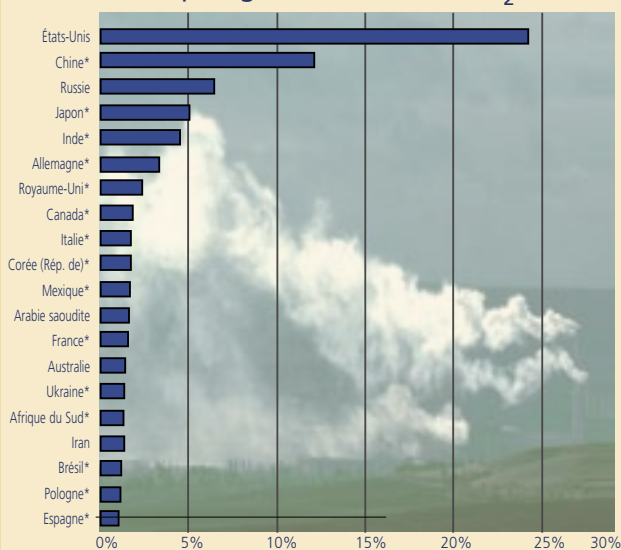
IGOS se compose de 14 partenaires, parmi lesquels on compte le CEOS, qui représente 23 agences spatiales, l'UNESCO, la FAO, le PNUE, l'OMM, les Systèmes mondiaux d'observation de la Terre (GTOS), de l'océan (GOOS) et du climat (GCOS),

Etat actuel du Protocole de Kyoto

Conclu par plus de 100 pays après plus de dix ans de négociations, le Protocole de Kyoto de 1997 demande aux 38 nations les plus industrialisées de réduire de 5,2%, d'ici à 2012, leurs émissions de gaz à effet de serre par rapport au niveau de 1990. En avril 2004, 122 pays responsables de 44,2% des émissions mondiales de CO₂ avaient ratifié le Protocole de Kyoto, les derniers en date étant Israël (mars 2004) et l'Ukraine (avril 2004). Étant donné que le Protocole doit être ratifié par les pays responsables de 55% des émissions mondiales de CO₂ pour pouvoir entrer en vigueur, sa mise en œuvre ne pourra être efficace que lorsqu'il aura été ratifié par l'un au moins des autres pays Parties à la Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques.

Pour en savoir plus : <http://unfccc.int>

Les 20 plus grands émetteurs CO₂ (2000)

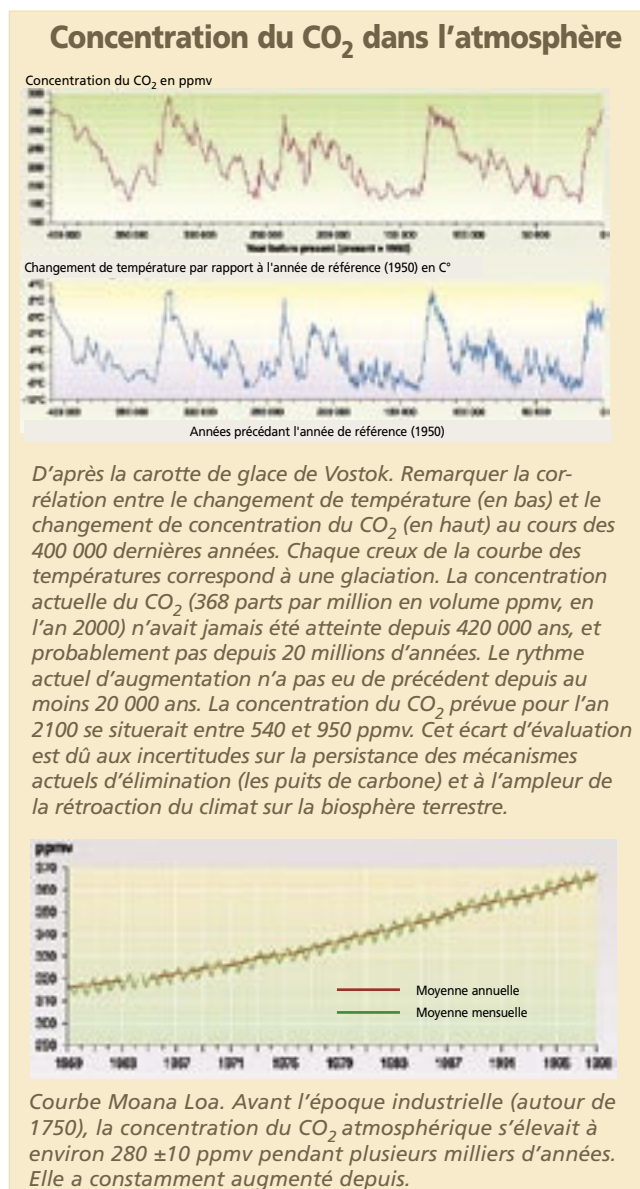


9. Environ 90% de l'ozone se trouve dans la stratosphère (à une altitude de 11 à 30km). L'ozone agit comme un bouclier protecteur contre les rayons UV. Le Protocole de Montréal a, dans un premier temps, réduit (en 1987) puis interdit (en 1992) les chlorofluorocarbones dans les pays développés. Le processus naturel de production de l'ozone devrait restaurer l'intégrité de la couche d'ozone d'ici à 2050, si des changements climatiques ne viennent pas fausser les prévisions

ICSU, le Programme mondial de recherche sur le climat et le Programme international géosphère-biosphère.

Le Cadre du plan de mise en œuvre du GEOSS reconnaît qu'IGOS fait partie des groupes qui ont effectué « des travaux importants et proposé des orientations pour l'action à entreprendre en matière de coopération pour l'observation de la terre, de l'eau, du climat, de la glace et de l'océan ».

Parmi les avantages attendus, au plan socio-économique, le Cadre cite: réduire les pertes en vies humaines et en biens par suite de catastrophes naturelles, connaître les facteurs environnementaux qui affectent la santé et la vie humaines, mieux gérer les ressources énergétiques, comprendre, prévoir et réduire la variabilité du climat et ses modifications et s'y adapter, améliorer la gestion des ressources hydriques et la protection des écosystèmes terrestres, côtiers et marins, ainsi que de la biodiversité. Tels sont précisément les objectifs d'IGOS.



Les équipes thématiques d'IGOS

Ces quatre dernières années, IGOS a répertorié plusieurs questions cruciales, en particulier les courants océaniques et le changement climatique, l'état des ressources mondiales en eau, le cycle planétaire du carbone, la chimie atmosphérique et les risques géophysiques tels que les éruptions volcaniques et les glissements de terrain. Les scientifiques spécialisés dans ces domaines se sont constitués en comités pour mettre au point des stratégies sous forme de rapports identifiant d'abord quel type de données les satellites pourraient leur fournir et sur quelle durée, afin de combler les lacunes des connaissances actuelles.

À ce jour, les partenaires d'IGOS ont approuvé les stratégies de cinq des équipes thématiques. Elles visent le cycle du carbone, l'eau, les océans, les risques géophysiques, et le sous-thème des récifs coralliens. Les stratégies concernant la chimie atmosphérique et l'observation des côtes sont encore à l'étude.

Deux autres thèmes ont été proposés: l'occupation des sols et la cryosphère. Tirant son nom du terme grec kruos, qui signifie gelée ou froid glacial, la cryosphère est la partie de la surface de la Terre où l'eau se présente sous sa forme solide: glace de mer, glace d'eau douce, glaciers et terres gelées (le pergélisol). Quant au thème de l'occupation des sols, il sera centré sur l'utilisation durable des terres, les écosystèmes naturels, la biodiversité et la surveillance des modifications de l'occupation des sols.

Vivre à l'intérieur de la serre

Si beaucoup de capitales disposent déjà d'une mesure, assez régulière et précise, de la pollution de l'air, ce n'est toujours dans les pays les plus pauvres. La pollution de l'air posant un problème à la fois pour la santé et pour l'environnement, elle nous oblige à mieux comprendre la façon dont les différents mondial de ces phénomènes.

À la différence de l'ozone de la stratosphère, qui est bienfaisant, l'ozone de la troposphère (jusqu'à 11 km d'altitude) est la principale composante du smog urbain. L'ozone naît de l'action de la lumière solaire sur les oxydes d'azote et les composés organiques volatils émis par les moteurs automobiles et certaines sources fixes. Ces émissions, capables de parcourir des centaines de kilomètres, peuvent donner lieu à de fortes concentrations d'ozone sur de grands espaces. Selon le résumé du rapport *Airtrends* de l'Agence des États-Unis pour la protection de l'environnement, datant de 1995, il est scientifiquement prouvé qu'«une exposition à l'ozone de six à sept heures, même à de faibles concentrations, réduit sensiblement les fonctions pulmonaires et induit une inflammation respiratoire chez des sujets en bonne santé, se livrant à une activité modérée. Certains symptômes tels que douleur de poitrine, toux, nausée et congestion pulmonaire peuvent apparaître». Le rapport estimait que «l'ozone fait perdre à l'agriculture des États-Unis environ 1 à 2 milliards de dollars par an [et] endommage les écosystèmes forestiers de Californie et de l'est des États-Unis».

Deux rapports publiés tout récemment, en mai 2004, signalent une augmentation des problèmes de santé dus à la pollution atmosphérique. L'un d'eux, publié par l'Agence française de sécurité sanitaire environnementale, estime que la pollution atmosphérique



"L'exposition à l'ozone pendant 6 à 7 heures réduit sensiblement les fonctions pulmonaires et induit une inflammation respiratoire chez des sujets en bonne santé, se livrant à une activité modérée"

est responsable de la mort de 6 500 à 9 500 personnes par an (sur une population française de 60 millions), soit 3 à 5% de la mortalité des personnes de plus de 30 ans. Publié par l'École de médecine de Harvard (É.-U.) et cité par la revue *The Lancet*, l'autre rapport, intitulé *À l'intérieur de la serre: incidences du CO₂ et de l'évolution du climat sur la santé publique dans les centres-villes*, attribue une partie de la responsabilité de la progression de l'asthme chez les enfants à l'usage des combustibles fossiles. Les enfants des centres-villes seraient plus exposés à l'asthme du fait que les particules de diesel sont d'excellents vecteurs pour le dépôt de pollen dans les cellules saines des poumons, d'autant plus qu'un taux élevé de CO₂ stimule une production plus abondante et plus précoce de pollen. Aux États-Unis, le taux d'incidence de l'asthme chez l'enfant a augmenté de 160% entre 1980 et 1994; quant à l'Europe, on pense qu'un enfant sur sept en est affecté aujourd'hui.

Dix ans de données, une goutte d'eau dans un seau

Le rapport approuvé du thème sur l'océan a été publié en janvier 2001. L'adoption de son programme a abouti à un accord entre deux agences de recherche spatiale, la NASA (É.-U.) et le CNES (France) et deux agences opérationnelles de l'espace, NESOLS (É.-U.) et Eumetsat (Europe) pour le lancement, en collaboration, de Jason-2, en 2005. Ce satellite poursuivra la mission de Jason-1 et de Topex/Poseidon, les satellites franco-américains qui ont révolutionné nos connaissances océanographiques.

Faisant le tour de la Terre en 112 minutes, Topex/Poseidon (lancé en 1992) a été le premier satellite capable de mesurer la hauteur de la surface de l'océan avec une précision de quelques cm, ce qui a permis aux scientifiques d'en déduire la dynamique de l'ensemble de l'océan sous la surface. C'est ce type de données qui les met en mesure d'observer les grands courants océaniques qui régulent le climat en assurant la circulation de la chaleur autour de la planète. Pour la première fois, les scientifiques ont été en mesure d'observer le déroulement d'événements capitaux, tels qu'El Niño, un phénomène engendré par un régime de vents inhabituel qui draine les eaux chaudes vers la zone équatoriale du Pacifique et perturbe les conditions météorologiques habituelles dans le monde. Topex/Poseidon a également fourni une méthode efficace pour mesurer la variation du niveau moyen de l'océan à l'échelle mondiale en corrélation avec le changement climatique planétaire.

Les succès inestimables de Topex/Poseidon ont décidé les États-Unis et la France à lancer Jason-1 en 2001, afin de

poursuivre la mission. Les mesures de la surface des mers que le satellite envoie ont une résolution de 1 cm, une précision jamais obtenue auparavant. Jason-1 devrait fonctionner pendant une dizaine d'années.

Même ainsi, du point de vue des scientifiques, une décennie de données représente tout juste une goutte d'eau dans un seau. « Nous savons aujourd'hui qu'El Niño ou l'oscillation de l'Atlantique Nord [une «balançoire» atmosphérique qui oriente les tempêtes hivernales d'ouest en est à travers l'océan] ne sont pas de simples phénomènes annuels; ils obéissent à des cycles décennaux, explique Colin Summerhayes, de la COI de l'UNESCO. « Grâce à des données à plus long terme, la prévision météorologique pourrait fournir des informations utiles aux activités agricoles, en particulier dans les régions arides. »

Elucider certains mystères du cycle de l'eau

IGOS a mis en chantier un rapport thématique similaire concernant l'état des ressources en eau dans le monde. Rien ne nous paraît plus banal aujourd'hui que les images satellites retransmises par la télévision lors des informations sur la météo. Depuis la première mission américaine en 1960, une série ininterrompue de satellites météorologiques a été lancée. Il reste toutefois des lacunes à combler dans la compréhension scientifique du cycle élémentaire de l'eau. Les précipitations, en particulier, restent très difficiles à évaluer : on estime ainsi que l'ensemble des zones arrosées simultanément ne représente pas plus de 1 à 4% du globe. Et l'intensité de ces précipitations peut varier radicalement en quelques minutes, voire quelques secondes. Dans ce domaine, une nouvelle génération de et Envisat précédent, en quantité aussi bien qu'en qualité.

IGOS s'efforce de mettre sur pied un réseau international pour collecter, comparer et synthétiser les données provenant des différents satellites et celles recueillies au sol. L'objectif est d'être à pied d'œuvre lors d'un grand rendez-vous technologique: en 2007, les États-Unis et le Japon lanceront une constellation de neuf satellites de mesure mondiale des précipitations équipés pour mesurer toutes les trois heures les précipitations sur toute la planète.



Rizières en Indonésie. Une meilleure connaissance du cycle de l'eau nous aidera à accroître la productivité agricole pour nourrir une population mondiale en expansion

L'éruption du siècle

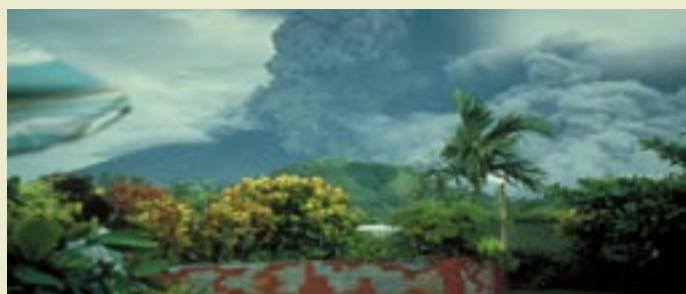


Image offerte par le US Geological Survey

Le mont Pinatubo se réveille après 400 ans

Après quatre siècles de sommeil, le mont Pinatubo, aux Philippines, a connu en juin 1991 une éruption si violente qu'elle a projeté à une hauteur de 40 km des colonnes de plus de 10 km³ de matière pyroclastique et de cendres et lancé dans la stratosphère un gigantesque voile nuageux chargé de 17 mégatonnes de dioxyde de soufre. Des cendres volcaniques sont restées pendant des mois en suspension, et certaines ont été portées par les vents jusqu'en Russie et en Amérique du Nord. L'éruption a provoqué une chute de la température de l'hémisphère Nord, allant jusqu'à 0,6°C. Elle a enseveli plus de 400 km² du paysage sous des coulées de cendres chaudes et recouvert de cendres 7 500 km² de l'île de Luzon. Plus d'un million de personnes ont dû être déplacées et près de 900 en sont mortes. Les dommages aux biens et à l'infrastructure se sont comptés en centaines de millions de dollars.



Image offerte par le US Geological Survey

A gauche, L'éruption a recouvert de cendres l'île philippine de Luzon – A droite, des enfants sur le toit de leur école à Bamban en octobre 1991

L'activité volcanique fait l'objet, partout dans le monde, de mesures régulières. L'acquisition et le traitement de données informatisées ont fait de grands progrès, mais pas encore suffisamment pour remplacer le cylindre enregistreur que vous pouvez encore voir imprimer des signaux sur les sismographes placés aux points stratégiques autour des volcans potentiellement actifs.

Les satellites ne sauraient apporter toutes les réponses

À eux seuls, cependant, les satellites ne peuvent apporter de réponse à la plupart des questions primordiales auxquelles sont confrontés les scientifiques. Ainsi, la mesure des niveaux de CO₂ absorbés par la forêt ou le rythme de l'érosion côtière leur échappent. En conséquence, IGOS développe des stratégies destinées à associer les données d'origine spatiale et celles recueillies à la surface du globe. Les images satellites de l'érosion du littoral sont susceptibles de modifier en profondeur les travaux d'un biologiste marin. Réciproquement, les agences spatiales ont besoin d'informations venues du sol pour interpréter les signaux envoyés par les satellites.

Comprendre le cycle du carbone pour prévoir l'évolution du climat

Au début de l'an 2004, IGOS a approuvé la stratégie pour un système d'observation mondiale permettant d'étudier les effets de

l'augmentation des émissions de dioxyde de carbone (CO₂). Plus que l'ensemble des autres gaz à effet de serre, comme le méthane, les oxydes nitreux et les halocarbones, le CO₂ est responsable du réchauffement planétaire. Cela est partiellement dû au fait que la teneur de l'atmosphère en CO₂ persiste durant des siècles, même après que le niveau des émissions se soit stabilisé. Au contraire, le méthane, un gaz essentiellement produit par l'agriculture, le traitement des déchets, l'exploitation du charbon et du gaz naturel, se dispersera quelques décennies à peine après l'arrêt des émissions.

Les prévisions concernant les variations de niveau du CO₂ dans l'air et l'évolution du climat exigent une meilleure compréhension du cycle planétaire du carbone, c'est-à-dire de sa circulation entre les terres, les océans et l'atmosphère. Dans ce cycle, les océans finiront par absorber quelque 90% du CO₂ anthropique émis dans l'atmosphère. Cependant le taux d'absorption par les eaux océaniques de surface et son transport dans les profondeurs de l'océan, où il ne sera pas libéré dans l'atmosphère avant des millénaires est bien plus lent que le taux d'émission du CO₂ dans l'atmosphère, ce qui se traduit par une accumulation de CO₂ dans l'atmosphère. Les océans absorbent actuellement environ 30% du CO₂ émis par les combustibles fossiles, mais on ne sait pas encore comment fonctionne ce processus et comment il pourrait fonctionner à l'avenir, dans un environnement différent. L'océan débarrasse l'atmosphère de son CO₂ grâce à deux processus. Des végétaux microscopiques, ou phytoplancton, convertissent le CO en matière organique par photosynthèse; lorsque ces plantes meurent et sombrent elles entraînent ce carbone au fond de l'océan. C'est ce que l'on appelle «la pompe biologique». L'autre mécanisme, «la pompe de solubilité» tient au fait que le CO₂ de l'atmosphère est soluble dans l'eau de mer. Lorsque les eaux superficielles de la mer se refroidissent dans les hautes latitudes, elles se densifient et s'enfoncent dans l'océan entraînant le CO₂ dissous. Il semble que l'absorption nette du CO₂ anthropique soit régie selon des cycles longs, par la physique de l'océan, et plus précisément par le transport des eaux superficielles saturées en CO₂ vers les profondeurs. Cependant, dans de nombreuses régions et sur des cycles plus courts, il peut arriver que la pompe biologique prenne le contrôle de la répartition du CO₂ dans les océans.

C'est en mesurant la teneur en carbone des eaux de surface et des eaux profondes et en étudiant la circulation physique de l'océan que les scientifiques commencent à comprendre comment et à quel rythme l'océan débarrasse l'atmosphère de son CO₂. Pour obtenir ces mesures, il faut prélever des échantillons sur des navires de recherche ou des navires de commerce spécialement équipés, et utiliser également des bouées scientifiques. En étudiant la coloration de l'océan, telle qu'elle apparaît sur les images satellites, les scientifiques ont la possibilité d'évaluer la densité du phytoplancton à l'échelle planétaire et d'entrevoir les processus qui déterminent la variabilité spatiale et géographique de son mode de croissance. Il est indispensable de recouper ces observations afin de construire des modèles montrant comment le carbone absorbé et libéré par l'océan interagit avec l'atmosphère et les terres.

«Nous disposons aujourd'hui de plusieurs modèles, mais les résultats qu'ils fournissent varient jusqu'à 50%», explique le Français Philippe Ciais, du Commissariat à l'énergie atomique (CEA), qui conduit la stratégie d'IGOS sur le cycle du carbone.

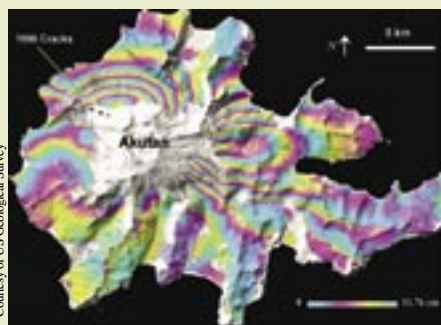
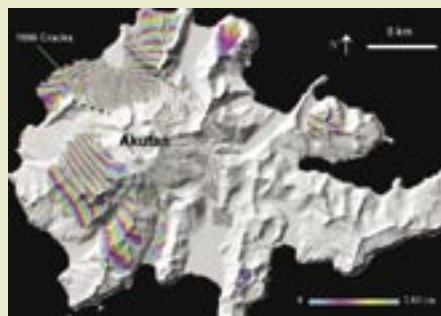
Une étude satellite

Ces deux interférogrammes montrent le volcan Akutan, sur une île lointaine des Aléoutiennes, en Alaska (É.-U.). En 1996, une salve d'éruptions volcaniques violentes a ébranlé cette île faiblement peuplée. Craignant de voir se réveiller le volcan endormi (ce qui n'arriva pas), les scientifiques ont utilisé deux paires d'images satellites, produites par des radars de longueurs d'ondes différentes, pour mesurer les modifications de la topographie du volcan.

L'interférogramme de la bande C (image du haut), de longueur d'ondes inférieure, a été construit à partir d'images prises par une sonde embarquée sur le satellite ERS de l'Agence spatiale européenne; l'interférogramme de la bande L (image du bas) provient du satellite japonais J-ERS. Pour établir un interférogramme, il faut au moins deux images de la même cible prises à des moments différents. Les satellites actuels mesurent la même cible environ une fois par mois. On superpose les deux images pour montrer où les modifications se sont produites. Les paires d'images ayant servi à produire les interférogrammes présentés ci-contre révèlent une déformation de la surface du volcan due à une intrusion de magma, qui s'est déplacé du sommet vers l'est. Cette déformation a pu être «saisie» parce qu'une image a été prise avant l'intrusion et l'autre après (les bandes de couleur indiquent les modifications).

La bande C peut être plus sensible à de petites déformations que la bande L, mais elle ne convient pas pour mesurer des déformations qui déplacent la cible de plus de quelques centimètres entre deux observations. La présence de végétation et le mouvement des nuages dévient le trajet des rayons. Du fait que les surfaces naturelles ne sont généralement pas composées de roche compacte mais comprennent aussi des sols, des débris etc. (comme dans le cas de cette île), le radar de la bande L, plus longue, semblerait bien plus utile que celui de la bande C pour mesurer les géorisques, même en l'absence de végétation.

Aucune mission de survol n'est en cours dans la bande L, si bien que des observations telles que celle de l'image du bas ne sont plus possibles. L'Agence spatiale japonaise se prépare cependant à mettre en orbite le satellite ALOS (bande L). Plusieurs autres satellites sont en service avec des équipements d'interférométrie de la bande C: le RadarSat canadien, l'ERS-2 et Envisat européens.



Courtesy of US Geological Survey

«On peut probablement améliorer ces modèles. Mais, à défaut d'une plus grande précision dans nos observations, il nous manque un point de référence pour mesurer l'amplitude du changement dans le cycle du carbone entre aujourd'hui et la prochaine décennie».

Prendre la mesure des géorisques

La stratégie des risques géologiques («géorisques») a été publiée en avril 2004 par les chefs de file de l'équipe thématique, le British Geological Survey, l'Agence spatiale européenne et l'UNESCO. Le rapport dresse l'état des besoins des divers groupes d'utilisateurs en matière d'atténuation des risques et formule des recommandations pour améliorer l'observation et la surveillance des risques, *in situ* aussi bien que depuis l'espace.

Chaque année, des éruptions volcaniques, des tremblements de terre et des glissements de terrain provoquent la mort de milliers de personnes, en blessent un nombre encore supérieur, détruisent leurs habitations et détruisent leurs moyens d'existence. Les dommages subis par l'infrastructure se comptent en milliards, et même davantage si l'on inclut les primes d'assurance. Les géorisques frappent les riches comme les pauvres mais ont une incidence hors de proportion dans les pays en développement. Parallèlement à l'accroissement de la population humaine s'accroît le nombre de personnes vivant dans des zones à risque, de sorte que les effets des géorisques augmentent à un rythme insoutenable. Pour atténuer l'impact de ces phénomènes, il faudra faire d'importants progrès dans la connaissance des risques et dans la mise au point des moyens pour y faire face. En cas de danger, les citoyens doivent être informés du lieu, de l'heure, de la gravité du risque, de son évolution probable et de risques et du manque de continuité de l'interférométrie des radars dans la bande C – et surtout la bande L (voir les images satellite). Dans les 10 ans à venir, il s'agira de combler ces lacunes en

harmonisant les diverses recherches sur les géorisques pour les intégrer dans des systèmes opérationnels à l'échelle mondiale. La communauté des spécialistes pourra dès lors améliorer la cartographie, la surveillance, la prévision, l'atténuation des incidences et les dispositifs de secours, ce qui fournira de précieuses informations aux agences chargées de gérer les catastrophes. La Stratégie comblera les lacunes des observations à long terme et des questions non couvertes par le système de réaction aux catastrophes établi sous l'égide de la Charte internationale de l'espace et des grandes catastrophes, ou de l'Équipe opérationnelle des Nations Unies pour la gestion des catastrophes.

Entrée sur la scène politique

Dans les dix ans à venir, le partenariat d'IGOS va nous permettre de mieux comprendre comment fonctionnent les systèmes qui entretiennent la vie sur la planète et comment ils agissent les uns sur les autres. Au fur et à mesure de cette compréhension, IGOS façonnera les outils dont les décideurs ont besoin pour planifier un développement durable. Le Sommet de l'observation décennale de la Terre fait entrer les travaux d'IGOS sur la scène politique. Ces opérations menées en parallèle contiennent la promesse d'une puissante alliance de rigueur scientifique et de volonté politique. Le sommet de février devrait apporter un surcroît de confiance dans l'élaboration d'un système d'observation de la Terre qui va révolutionner notre façon de gérer la planète.

S. Schneegans, A. Otchet, R. Missotten¹⁰ et M. Hood¹¹

Les rapports thématiques sont sur: www.igospartners.org

10. Spécialiste du programme des sciences de la terre à l'UNESCO

11. Spécialiste du programme des sciences de la mer à l'UNESCO