

A satellite-style map of Europe and the surrounding regions, including parts of North Africa and the Middle East. The map uses a color gradient from blue (low elevation) to red and brown (high elevation). A white grid of latitude and longitude lines is overlaid on the map. In the top right corner, there is a graphic element consisting of a vertical line with several white dots of varying sizes to its left, resembling a stylized signal or data stream.

64 *Space* connection

**Les satellites,
irremplaçables
outils d'études**

Les satellites,

irremplaçables outils d'études et de surveillance des changements climatiques

Photo couverture: Le satellite Meteosat 9 exploité par Eumetsat surveille en permanence la situation atmosphérique au dessus de l'Europe. Les satellites météorologiques sont de précieux outils pour prédire le temps qu'il fera (ici, des averse hivernales sur la Belgique), mais aussi pour l'étude du climat.

© Eumetsat

La banquise qui fond, la Terre qui s'ébroue, l'atmosphère qui crachote, des océans qui font le gros dos, des espèces exotiques qui changent d'horizons... Le réchauffement global de notre planète se manifeste par mille et un symptômes.

Pour les surveiller et les étudier, la communauté scientifique a mis au point des outils et des routines bien éprouvées. Depuis des dizaines d'années, voire des siècles, les chercheurs peuvent se baser sur des relevés de températures, d'humidité ou encore de pressions atmosphériques pour prendre le pouls de notre Terre. Ces données peuvent sembler quelque peu simplistes. Mais leur attrait repose sur leurs longues séries. Elles demeurent ainsi des indicateurs fiables et importants de l'état de santé de la planète.

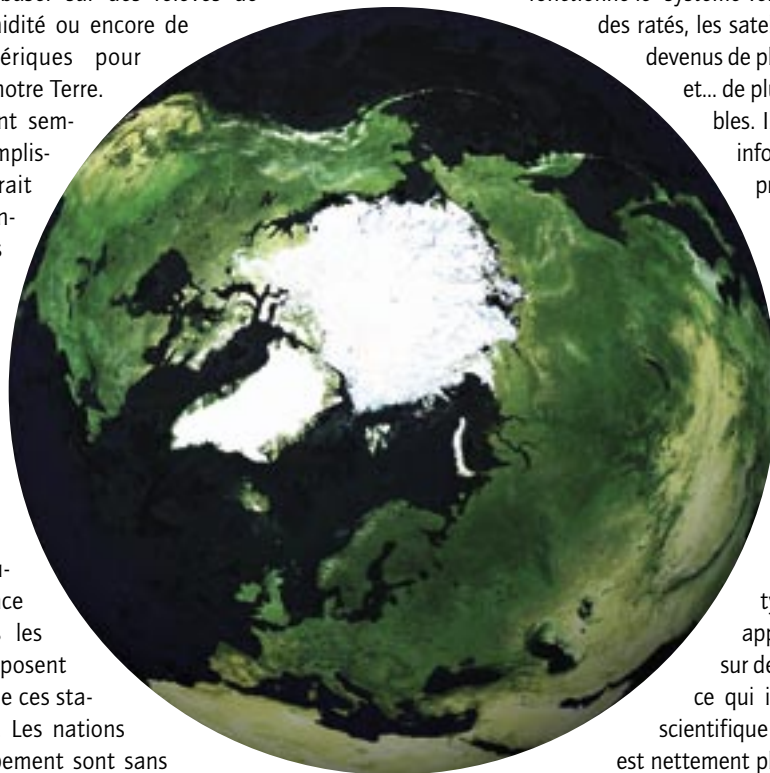
Leur point faible, c'est bien entendu la grande disparité des stations de mesure réparties à la surface du globe. Les pays les plus développés disposent d'un maillage serré de ces stations d'observations. Les nations en voie de développement sont sans aucun doute moins bien loties. Que dire alors de la majeure partie de notre planète composée aux trois quarts de mers et d'océans ? Il existe bien quelques bouées équipées d'instruments de mesure, mais rien de comparable avec les dispositifs terrestres.

Depuis 50 ans et l'avènement des nouveaux outils spatiaux, la surveillance de notre environnement a pris de la hauteur.

Les satellites scientifiques ont apporté leur lot de surprises. Par exemple en permettant de détecter la ceinture de radiation qui entoure notre planète. Ou encore en suivant quasi de quart d'heure en quart d'heure l'évolution de l'atmosphère.

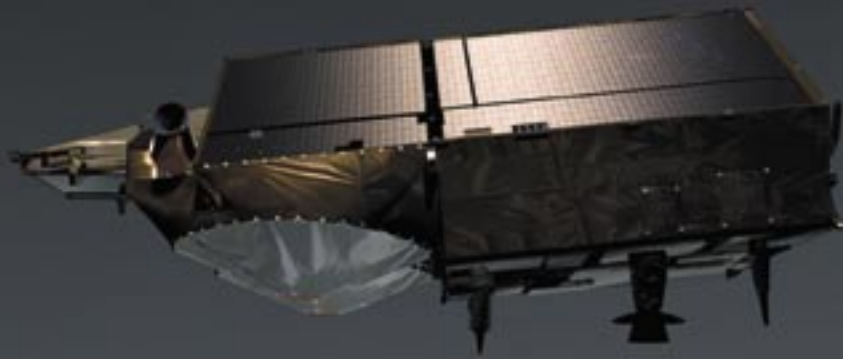
Avec l'évolution de la technologie et les besoins toujours plus grands des chercheurs qui tentent de comprendre comment fonctionne le "système Terre", pourquoi il connaît des ratés, les satellites scientifiques sont devenus de plus en plus performants et... de plus en plus incontournables. Ils donnent accès à des informations toujours plus précises. Mais pour que celles-ci soient pertinentes, il est nécessaire d'assurer la continuité de la récolte des données. Disposer d'un instrument de mesure sur un satellite est certes une expérience enrichissante. Savoir que ce type de données, ce type d'instrument, est appelé à être récurrent, sur de très longues périodes, ce qui implique une politique scientifique forte dans ce créneau, est nettement plus pertinent.

Ce dossier du Space Connection fait la part belle aux nouveaux satellites qui vont "continuer" l'auscultation de notre planète depuis l'espace, entamée voici un demi siècle. Des outils ô combien indispensables pour comprendre globalement mais aussi dans le détail ce que l'Humanité inflige à la Terre. Une planète si belle, comme disent volontiers les astronautes qui l'ont contemplée de haut, mais aussi tellement "unique" et surtout, si fragile...



L'évolution de la banquise est un des signes les plus spectaculaires des changements climatiques dont souffre la Terre. La surveillance du "Pôle Nord" et de ses abords est une tâche de routine pour les satellites de télédétection.

© ESA



Les Earth Explorers de l'ESA

Après avoir engrangé de spectaculaires succès en matière d'observation de la Terre (et des océans) avec des satellites radar du type des ERS 1 & 2, dont le dernier a été lancé en 1995, puis avec l'imposant outil multi-instruments Envisat (en orbite depuis 2002), l'Agence spatiale européenne a opté pour une nouvelle famille de satellites d'observation de la Terre plus petits, plus spécialisés mais aussi plus souples à mettre en œuvre : la filière des Earth Explorers.

Ces "Explorateurs de la Terre" sont les outils du programme "Planète Vivante" de l'ESA. Ils sont de deux types. Soit il s'agit de missions de base, qui portent sur un domaine de recherche bien précis, qui sont d'un grand intérêt scientifique et qui poursuivent des objectifs à long terme de l'ESA, soit on parle de missions dites d'opportunité, qui répondent à de nouvelles questions sensibles concernant notre environnement et pour lesquelles les chercheurs aimeraient disposer rapidement de nouvelles données.

Les six premiers Earth Explorers constituent un programme déjà bien avancé. On y retrouve deux Explorateurs dont le lancement est prévu prochainement : GOCE et SMOS, que nous détaillons plus loin. A leurs côtés, quatre autres missions sont en phase de préparation. Il s'agit de :

CryoSat-2 (opportunité). Ce satellite est dédié à l'étude de la cryosphère. Les glaces de mer mais aussi les vastes glaciers terrestres comme en Antarctique et au Groenland seront les cibles privilégiées de ce satellite dont le lancement est prévu en 2009. La mission en orbite devrait durer 3 ans. L'instrument principal de Cryosat a été baptisé Sival. Il s'agit d'un radar à synthèse d'ouverture permettant de l'altimétrie radar interférométrique.

ADM-Aeolus (mission de base). Avec cet Explorateur, il s'agit d'étudier les profils de vents dans toute l'épaisseur de l'atmosphère. ADM-Aeolus (Atmospheric Dynamics Mission)

Le satellite Cryosat 2 de l'ESA est une copie du premier modèle qui s'est abîmé en mer lors de son lancement en 2005. L'étude de la cryosphère, l'évolution des couches glacées qui recouvrent les régions polaires comme les hauts sommets montagneux aux quatre coins de la Terre est une réelle priorité en matière d'études climatiques. © ESA

doit quitter la Terre en 2009. Son instrument principal sera le lidar Aladin (Instrument laser à effet Doppler pour l'étude de l'atmosphère) qui permettra pour la première fois d'obtenir des champs tridimensionnels de vents à l'échelle de la planète.

Swarm (opportunité). Cette flottille de trois satellites se consacrera à l'étude du champ magnétique terrestre et de son évolution dans le temps. Les trois petits satellites de cette mission (300 à 400 kilos chacun), seront dotés de magnétomètres, d'accéléromètres et de télémètres laser. Ils devraient évoluer sur des orbites comprises entre 300 et 530 kilomètres d'altitude et ce pendant quatre ans. Le lancement est prévu en 2010.

EarthCARE (mission de base). La mission EarthCARE (Earth Clouds Aerosols and Radiation Explorer) est menée en partenariat avec le Japon. Elle vise à mieux comprendre les mécanismes en jeu qui entrent dans l'équilibre radiatif de la Terre (effet de serre, importance des aérosols, des poussières dans l'atmosphère...). De quoi améliorer les modèles de prévisions numériques du temps. Le lancement est prévu en 2013.

Aeolus © ESA



Nouvelle fournée

Six projets sont déjà à l'étude pour ce programme. Un processus de sélection a été initié par l'ESA auprès de la communauté scientifique. Ces six missions complémentaires sont:

BIOMASS (biomasse forestière et couches de glace)

Il s'agit, avec cet Explorateur, d'apprécier avec une grande précision l'importance de la biomasse forestière globale afin d'en dériver des données sur les stocks de carbone terrestres et leurs flux. L'instrument de base de cette mission sera un radar à synthèse d'ouverture. Cet outil pourrait avoir une utilisation duale. Il permettrait également de jeter un regard neuf sur les zones glacées de la planète et notamment de déterminer leur épaisseur ainsi que leur structure interne. Dans les régions chaudes, ce même outil sera capable de livrer des informations sur la géologie ainsi que sur l'humidité des sols.

TRAQ (qualité de l'air et transport aérien sur longues distances des polluants)

A quelle vitesse la qualité de l'air évolue-t-elle et sur quelles échelles géographiques? Cette mission devra répondre à ces questions en caractérisant les sources mais aussi les "puits" d'aérosols et de gaz dans la troposphère. Les liens entre aérosols et formations nuageuses seront aussi un moyen d'en savoir plus sur le transport des polluants. Pour remplir sa mission, TRAQ sera notamment équipé de spectromètres imageurs travaillant de l'ultraviolet à l'infrarouge et d'une caméra d'observation des nuages.

PREMIER (relations entre les gaz à l'état de trace dans l'atmosphère, le rayonnement et la chimie de l'atmosphère)
Les gaz à l'état de trace dans la stratosphère, les radiations et la chimie de la haute troposphère et de la basse stratosphère ainsi que les effets radiatifs de l'eau et des nuages dans cette région de l'atmosphère terrestre seront au centre des observations de cet Explorateur. Il disposera pour cela d'un spectromètre infrarouge qui travaillera par occultation dans le limbe terrestre. Ces données seront confrontées à celles recueillies par le satellite polaire météorologique MetOp exploité par Eumetsat ainsi que par le système américain NPOESS (National Polar-orbiting Operational Environmental Satellite System).

FLEX (étude de la photosynthèse par des mesures de fluorescence)

L'activité photosynthétique du couvert végétal reflète son état de santé. FLEX entend en dresser une carte générale à l'échelle de la planète en étudiant les émissions fluorescentes de la chlorophylle qui dénotent la vigueur de ce processus. La végétation émet ce type de rayonnements dans le domaine du visible et de l'infrarouge. Ici aussi, un spectromètre très sensible sera utilisé pour capter le faible signal de cette fluorescence et pour le distinguer du "bruit de fond" généré par la réflexion de la lumière solaire.

A-SCOPE (cycles global et locaux du carbone)

Cette mission observera la colonne totale de dioxyde de carbone dans l'atmosphère au moyen d'un lidar dont les performances techniques devraient aussi lui permettre de mesurer avec précision la hauteur de la canopée. En bonus, cet Explorateur devrait livrer des informations supplémentaires sur les couches nuageuses et les aérosols.

CoReH2O (cycles de l'eau en phases neigeuse et glacée)

Cet Explorateur disposera de deux radars à synthèse d'ouverture travaillant dans deux fréquences différentes afin de capter un maximum d'informations sur certains volets du cycle de l'eau actuellement moins bien documentés, principalement en ce qui concerne les glaciers, la couverture neigeuse et les eaux de surface. De quoi améliorer les modélisations de ces cycles, notamment aux hautes latitudes, mais aussi de permettre de meilleures prévisions sur l'état des réserves d'eau potable issus des glaciers et leur évolution en fonction des changements climatiques.



esa-mm.esa.int/multimedia/earthexplorers2_8_05/francais/home.html

GOCE ET SMOS / 2008

Compte à rebours pour les deux premiers Explorateurs

Les deux premiers Explorateurs de la Terre conçus par l'ESA vont bientôt prendre le chemin de l'orbite. La mission GOCE (Gravity field and steady-state Ocean Circulation Explorer), une "mission de base" du programme, doit décoller cet été depuis le cosmodrome de Plesetsk, en Russie, à bord d'un lanceur Rockot. Cette mission va s'intéresser au champ gravitationnel de la Terre.

En avril 2009, ce sera au tour de la mission SMOS (Soil Moisture and Ocean Salinity), une mission d'opportunité, de prendre le départ. Egalement lancée depuis Plesetsk par un Rockot, SMOS mesurera l'humidité du sol à grande échelle (de quoi prévenir, par des arrosages ciblés, d'éventuelles pertes de rendements agricoles à cause de la sécheresse). Ce satellite s'intéressera aussi à l'évolution de la salinité des mers et des océans. A noter au passage : SMOS ne sera pas seul dans la coiffe du lanceur. Un autre engin scientifique, à forte consonance belge cette fois, le minisatellite Proba-2 d'observation du Soleil, sera également lancé à cette occasion.

L'étude du géoïde terrestre n'est pas une nouveauté. Les satellites ERS et Envisat de l'ESA ont déjà livré des modèles de plus en plus précis du "vrai" visage de notre planète. Avec le futur Explorateur de la Terre "GOCE", cette précision devrait encore faire un prodigieux bond en avant. © ESA

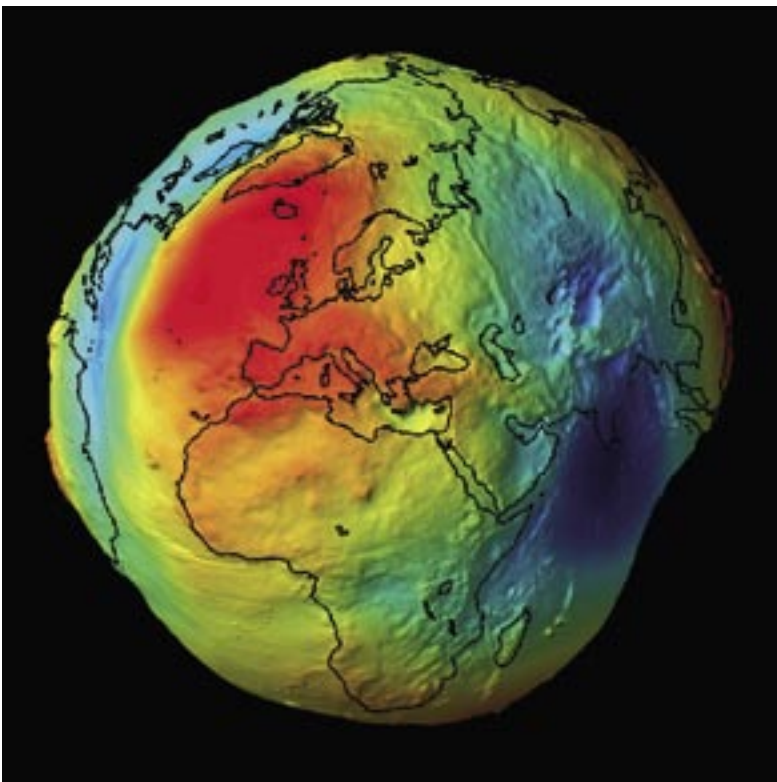
GOCE : fiche technique

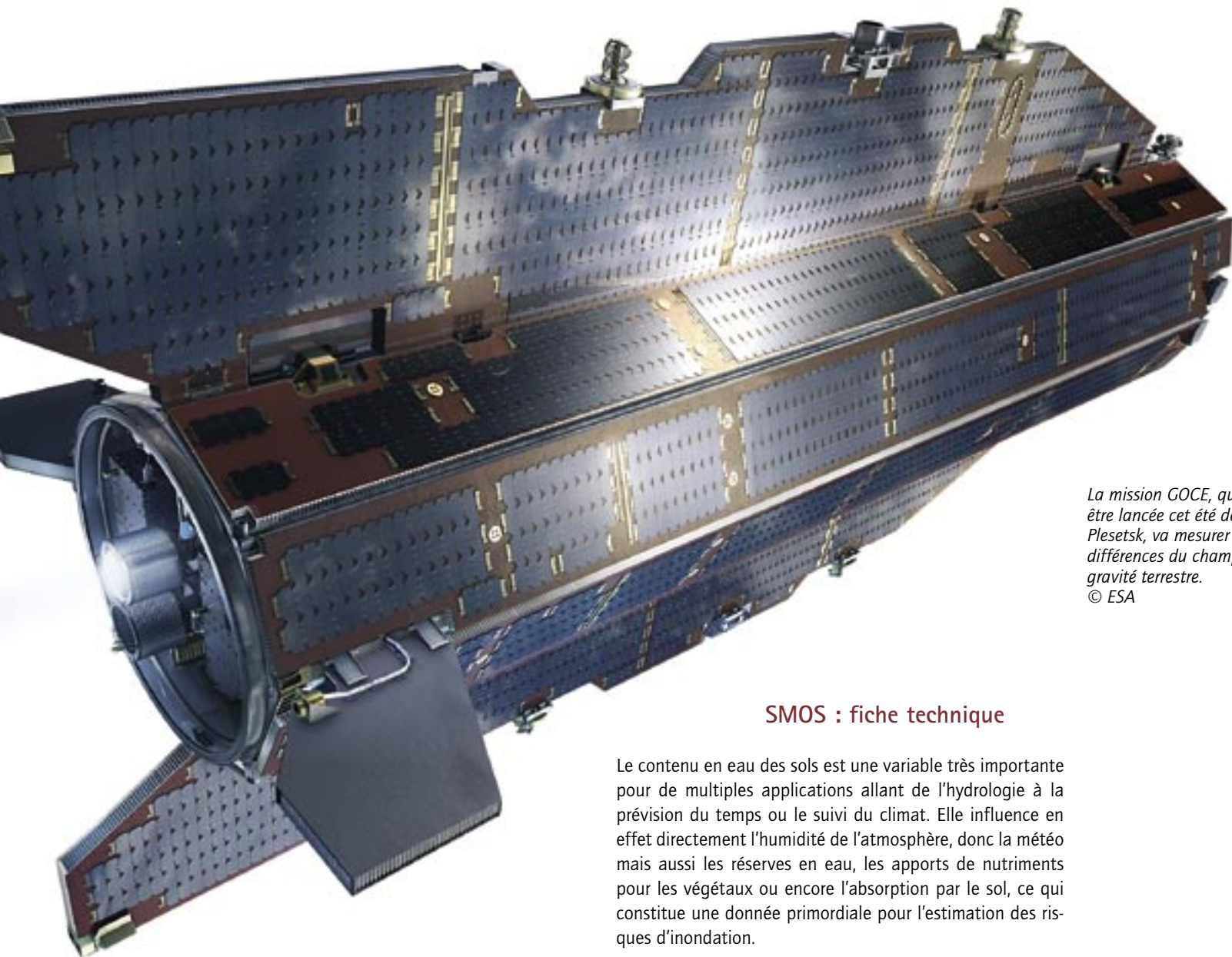
Oubliez ce que vous avez appris à l'école: la Terre n'est pas ronde! Du moins, pas parfaitement ronde ni parfaitement lisse. Sa surface théorique, le géoïde, est même franchement cabossée. Au point que certains parlent de "patatoïde" pour la décrire. Certains ? Les spécialistes de la gravimétrie, ces chercheurs qui s'intéressent à la fluctuation du champ de gravité de la Terre en fonction de l'endroit où on la mesure. C'est qu'en effet, la gravité terrestre n'est pas égale partout autour du globe. Elle dépend d'une multitude de paramètres sur Terre. Il existe ainsi des zones d'anomalies, des zones où la gravité est (légèrement) moindre qu'ailleurs.

La mission GOCE va mesurer les différences du champs de gravité terrestre. De ces différences sera dérivé un nouveau géoïde : la forme théorique de la Terre si elle était complètement couverte par un océan au repos, avec des montagnes et des vallées formées uniquement par la gravité. Le géoïde est une référence théorique universelle où le potentiel gravitationnel est constant. Ses écarts sur le modèle ellipsoïdal de la Terre peuvent aller jusqu'à 100 mètres.

L'estimation précise du géoïde est importante en cartographie et en géodésie, pour l'étude de la dynamique interne de la Terre, de la circulation océanique, des mouvements des glaces et des variations des niveaux de la mer. Le satellite GOCE pourra mesurer ces variations avec une précision de 1 cm et ce à une résolution spatiale de 100 km.

La gravité est habituellement déterminée en mesurant l'accélération d'une masse tombant librement dans un tube sous vide. L'instrument principal de GOCE, le gradiomètre de gravité électrostatique (EGG), comporte trois paires d'accéléromètres qui renferment chacun des petites masses en suspension électrostatique dans les trois directions. Quand GOCE survolera une région de la Terre où la gravité n'est pas standard, les accéléromètres réagiront fournissant ainsi une image en trois dimensions du champ de gravité de la planète. Ce gradiomètre est 100 fois plus sensible que tous les instruments utilisés à ce jour.





La mission GOCE, qui doit être lancée cet été depuis Plesetsk, va mesurer les différences du champs de gravité terrestre.
© ESA

SMOS : fiche technique

Le contenu en eau des sols est une variable très importante pour de multiples applications allant de l'hydrologie à la prévision du temps ou le suivi du climat. Elle influence en effet directement l'humidité de l'atmosphère, donc la météo mais aussi les réserves en eau, les apports de nutriments pour les végétaux ou encore l'absorption par le sol, ce qui constitue une donnée primordiale pour l'estimation des risques d'inondation.

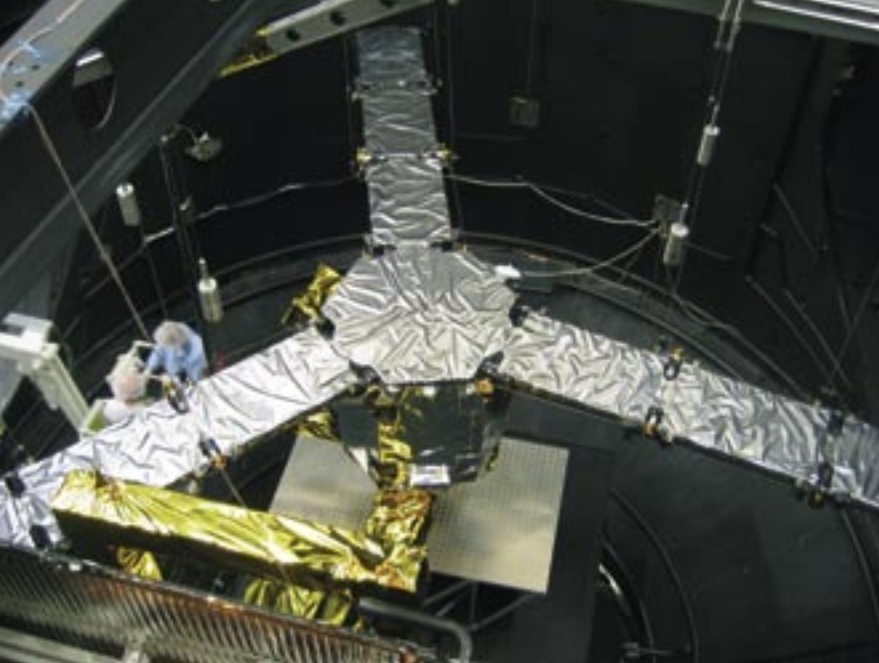
La connaissance de l'humidité superficielle est cruciale pour évaluer l'ensemble des composants terrestres du cycle de l'eau. C'est précisément pour permettre de déterminer, à l'échelle de la planète, cette humidité de surface des sols mais aussi la salinité de la couche océanique de surface, que la mission SMOS a été décidée.

Les mesures précises et répétées de la salinité des océans sont elles aussi de la plus haute importance. Toute modification de cette salinité, par exemple via des apports d'eau douce suite à la fonte de calottes glaciaires, peut modifier la circulation des courants marins. Imaginez un instant le ralentissement voire l'arrêt du Gulf Stream qui tempère le climat en Europe! Cela serait synonyme d'hivers très rigoureux, un peu à la manière de ce que connaît la côte Est des Etats-Unis, mais aussi des périodes de sécheresse importante en été.

Un des problèmes de l'observation de la gravité depuis l'espace tient au fait que la force du signal diminue avec la distance. C'est pourquoi GOCE volera à une altitude "basse" (250 km). Un autre défi technique concerne le satellite lui-même. Ses instruments ultra-sensibles ne doivent pas être perturbés par le satellite lui-même. C'est pour cette raison que le satellite ne comprend aucune... pièce mobile.

GOCE	
Durée de la mission	20 mois
Masse du satellite	1 tonne environ
Altitude	240 à 250 km
Charge utile	Gradiomètre, récepteur GPS et rétro-réflexeur

L'instrument de base de ce satellite s'appelle MIRAS. Il s'agit d'un radiomètre imageur hyperfréquence à synthèse d'ouver-



L'explorateur de la Terre "SMOS" en phase de tests dans la grande cuve à vide à l'ESTEC, le centre technique de l'ESA aux Pays-Bas. © ESA

ture. Ce capteur s'intéresse à la signature hyperfréquence des surfaces qu'il va étudier. Tout objet émet non seulement un rayonnement thermique mais également un rayonnement hyperfréquence. Ce rayonnement est toutefois sans danger, tellement il est faible. Ainsi, les spécialistes de l'ESA ont calculé que l'ensemble du rayonnement hyperfréquence

de toute la Scandinavie était égal... à la moitié à peine de celui d'un four à micro-ondes.

Néanmoins, l'émission hyperfréquence du sol varie en fonction de sa teneur en eau et de celle de l'océan en fonction de sa salinité. SMOS, grâce à son détecteur MIRAS sera capable de détecter d'infimes modifications de ces concentrations. Il sera le premier à pouvoir fournir ce type d'information à l'échelle de la planète entière avec une résolution de l'ordre de 200 kilomètres et avec une actualisation des données tous les trois jours à peine.

SMOS	
Durée de la mission	3 à 5 ans
Masse du satellite	600 kilos
Altitude	755 km
Charge utile	MIRAS, radiomètre imageur hyperfréquence



*Le satellite SMOS sera le second Earth Explorer.
© (ESA)*

Avec Jason-2, l'altimétrie océanographique devient opérationnelle

La continuité des observations et de la récolte des données est primordiale quand il est question de surveiller notre environnement et son évolution. Ceci est vrai pour les terres émergées comme pour les océans. Ces gigantesques étendues liquides jouent en effet un rôle majeur sur le climat global de la planète et sur son évolution.

Un exemple ? Les courants marins sont d'incontournables vecteurs énergétiques. Dans leur course autour de la planète, ils modulent constamment de grandes quantités d'énergie en les redistribuant des régions chaudes de la planète vers des zones plus froides. En Europe, nous connaissons bien ce phénomène avec le Gulf Stream, comme déjà mentionné.

A l'échelle de la planète, cet équilibre est loin d'être immuable. Les fluctuations du climat, qu'il s'agisse de glaciations ou au contraire de réchauffements globaux, ont un impact direct sur les mers et les océans, leur niveau, leur salinité,

leurs courants... Bien sûr, les relations entre océans et climat ne reposent pas uniquement sur ces transports d'énergie. Les océans participent aussi au cycle du carbone, lequel joue un rôle important dans l'effet de serre. Tout changement climatique dû à l'effet de serre se répercute aussi sur les océans et sur leurs courants. La capacité des océans à piéger et à stocker le carbone présent dans l'atmosphère constitue ainsi un autre sujet d'études intéressant directement le climat de la Terre et son évolution. Un thème de recherche qui lui aussi se nourrit de données toujours plus globales, comme seuls les satellites peuvent en fournir.

Afin d'étudier les "petites habitudes" des masses liquides qui recouvrent les trois quarts de la surface de notre planète, les chercheurs disposent d'outils spatiaux désormais incontournables. Il s'agit de la filière des satellites de topographie océanique développée par la France en collaboration avec les Etats-Unis : la filière Topex/Poseidon suivie de la série "Jason". Cette année, la troisième génération de ce système, en service depuis plus de quinze ans, est sur le départ.

Jason-2 devrait gagner son orbite au mois de juin 2008. Depuis 1992, avec la mission Topex/Poseidon, la France (via le CNES), en collaboration avec les Etats-Unis (NASA/ Jet Propulsion Laboratory de Pasadena, en Californie), assure une surveillance ininterrompue de la surface des mers et océans de la planète. Avec le satellite Jason 1, qui a pris la relève de Topex/Poseidon en décembre 2001, cette filière a notamment permis de chiffrer l'élévation moyenne du niveau des mers à quelque 3 millimètres par an.



L'instrument AATSR d'Envisat permet de mesurer la température de surface des mers et océans avec une précision de l'ordre de 0,2 degrés. Cet instrument étudie ici une région de la Méditerranée située au large de la Libye. Sur ce cliché les zones claires sont les plus chaudes (25 degrés Celsius) tandis que les zones foncées dénotent une eau plus froide, aux environs de 21 degrés. © ESA



Envisat n'est pas un satellite météorologique. Cependant, ses instruments scientifiques s'intéressent aussi aux événements atmosphériques qu'il rencontre. Ici l'ouragan Dean, le 27 août 2007, alors qu'il passe au sud d'Haïti. Lors de cette prise de vue, Dean produisait des vents de 230 km/h. C'est l'instrument Meris qui est à l'origine de cette image dont la résolution spatiale est de 1200 mètres. © ESA

Dès cet été, Jason-2 devrait prendre à son tour le chemin de l'orbite et assurer le relais de Jason-1. Ce nouvel engin travaillera depuis une altitude de 1336 km. Il comportera huit instruments de mesure. Cinq de ceux-ci sont similaires à ceux embarqués sur Jason-1, mais de nouvelle génération. Il s'agit de l'altimètre Poséidon-3, instrument principal de la mission, qui mesure la distance entre la surface des mers et le satellite. C'est un radar qui émet des ondes à deux fréquences différentes et analyse le signal réfléchi par la surface. Le temps de trajet aller-retour de l'onde est estimé très précisément afin de calculer la distance satellite-surface, moyennant quelques corrections.

Poséidon-3 sera couplé à l'instrument Doris (un instrument de positionnement géodésique), afin d'améliorer notamment l'acquisition de mesures près des côtes. Le second instrument est un radiomètre baptisé AMR. Il mesure les perturbations dues à l'eau présente dans l'atmosphère. Cet instrument collecte le rayonnement émis par la surface à trois fréquences différentes. Le but est de déterminer le contenu en vapeur d'eau et en eau liquide de l'atmosphère, en combinant les mesures prises à chacune de ces fréquences. Une fois ce contenu en eau connu, on en déduit la correction à appliquer à la mesure altimétrique, l'onde radar de l'altimètre étant ralentie par cette eau atmosphérique. L'AMR est une version améliorée du radiomètre de Jason-1 (JMR) mis au point par la NASA.

Avec le système de positionnement Doris et les deux autres systèmes de localisation embarqués, GPSP et LRA, Jason-2 devrait permettre des mesures de l'ordre de la dizaine de millimètres. Le LRA (localisation par laser) est très précis mais son utilisation est limitée par la nécessité d'avoir des stations au sol, leur difficulté d'utilisation, ainsi que par les conditions météo. Il sert à calibrer les deux autres instruments afin de déterminer l'orbite la plus précise possible. Le GPSP (GPS) fournit des données en complément de celles de Doris pour la détermination précise et en temps réel de l'orbite.

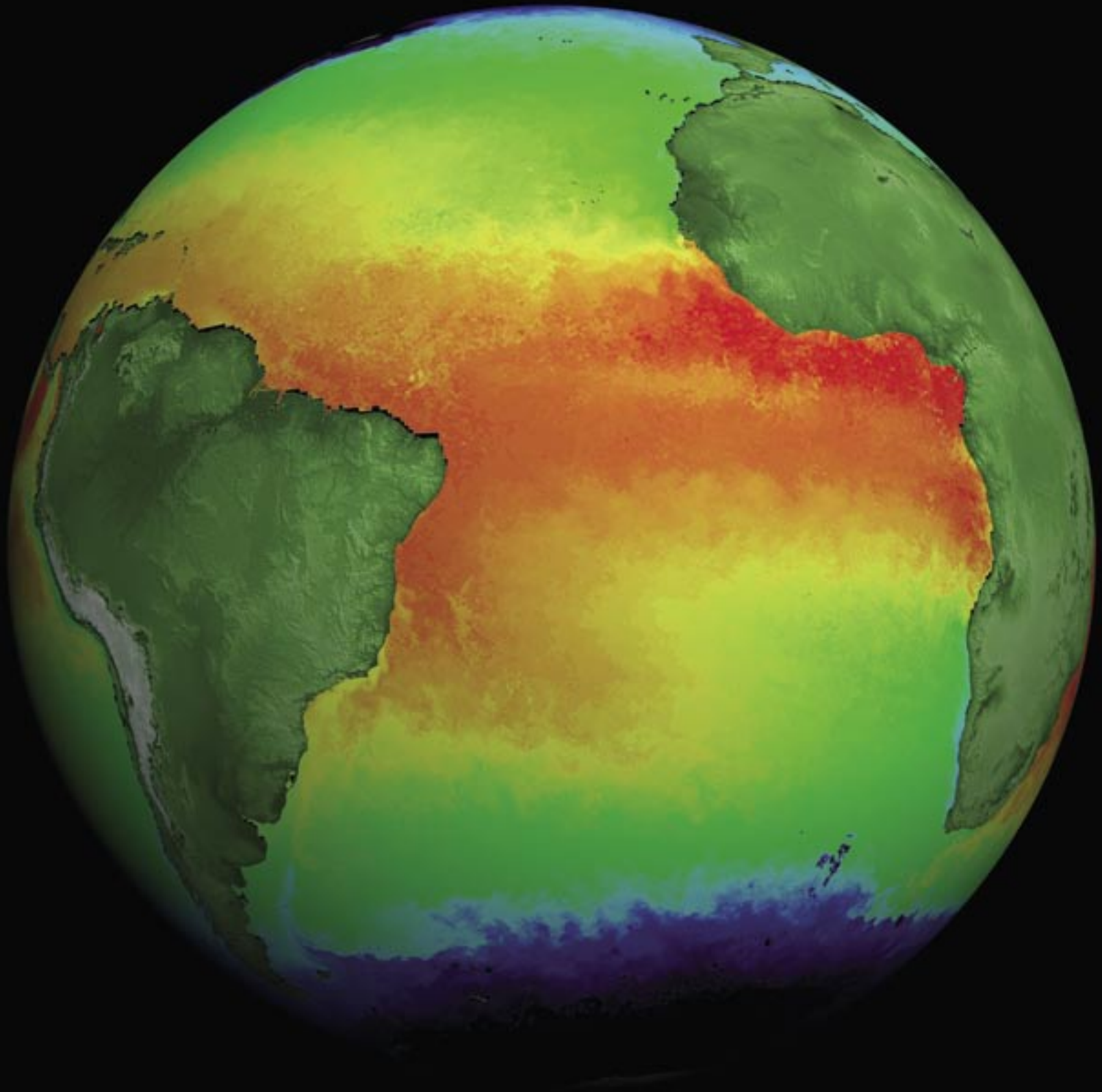
Enfin, trois instruments expérimentaux complètent la panoplie scientifique de Jason 2. Carmen-2, LPT (Light Particles Telescope) et T2L2 (Temps de Transfert par Lien Laser) : il s'agit de deux dosimètres et d'un instrument de calibration de Doris.

Exploitation opérationnelle

Avec Jason-2, l'altimétrie océanique entre dans une phase opérationnelle. Aux deux partenaires franco-américains des débuts viennent en effet s'ajouter deux utilisateurs opérationnels: l'agence européenne Eumetsat et son pendant aux Etats-Unis, la NOAA. Avec ces deux agences "de terrain", les données récoltées par Jason-2 vont permettre le lancement de services en temps réels à destination de multiples utilisateurs. D'une part en ce qui concerne les prévisions de l'état de la mer et des océans mais aussi plusieurs centaines de recherches dans le domaine de l'océanographie et du climat menées par des équipes scientifiques des quatre coins du monde.

Comme le rappelle volontiers le CNES, "Jason-2 représentera aussi une composante essentielle de la partie océanographique des systèmes GMES et GEOSS (le réseau mondial des systèmes d'observation de la Terre qui regroupe les moyens de 71 nations)."

Le radar à synthèse d'ouverture avancé (ASAR) d'Envisat observe ici les abords de la ville du Cap, en Afrique du Sud. Les images radars livrent une foule de renseignements, notamment en ce qui concerne l'identification et le suivi des navires en mer. © ESA



Parmi les moteurs du climat mondial, on retrouve les courants marins et les transferts de chaleur dans les océans. Sur cette image d'Envisat (instrument AATSR), on observe l'évolution de la température de surface de l'océan Atlantique, quasi du pôle Nord au pôle Sud. © ESA

GMES

L'Europe se dote de "Sentinelles" environnementales



A l'embouchure du fleuve Amazone, au Brésil, l'instrument Végétation des satellites Spot observe régulièrement les concentrations du phytoplankton et leur dilution dans l'océan. © VITO/Spot

GMES (acronyme anglo-saxon signifiant "surveillance globale pour l'environnement et la sécurité") est une initiative européenne visant à fournir des services d'information basés sur des données d'observation de la Terre. Ces données proviennent de satellites d'observation placés en orbite mais aussi d'instruments de mesure terrestres, maritimes ou encore aériens.

De tels services existent déjà en Europe. Mais ils sont relativement dispersés et sans réelle garantie de disponibilité à long terme. Sauf bien sûr en ce qui concerne la météorologie. Avec GMES, les autorités européennes entendent mieux coordonner ces ressources et les transformer en services pour le compte des communautés nationales, régionales,

locales ou encore des groupes de citoyens avec des demandes particulières, des professions bien ciblées (comme les pêcheurs, les transporteurs, etc.).

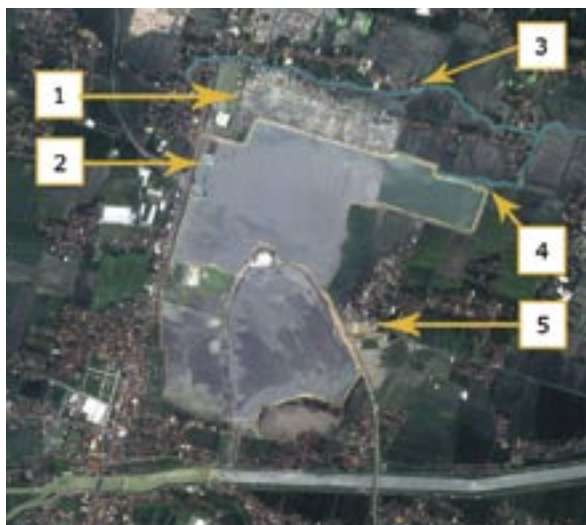
La mise en œuvre progressive de GMES et de ses services s'appuie sur les activités réalisées dans les Etats membres de l'Union européenne et de l'ESA et sur les investissements consentis par ces Etats. C'est aussi, bien entendu, une initiative stratégique qui renforcera l'accès autonome aux informations dans les domaines de l'environnement, du changement climatique et de la sécurité.

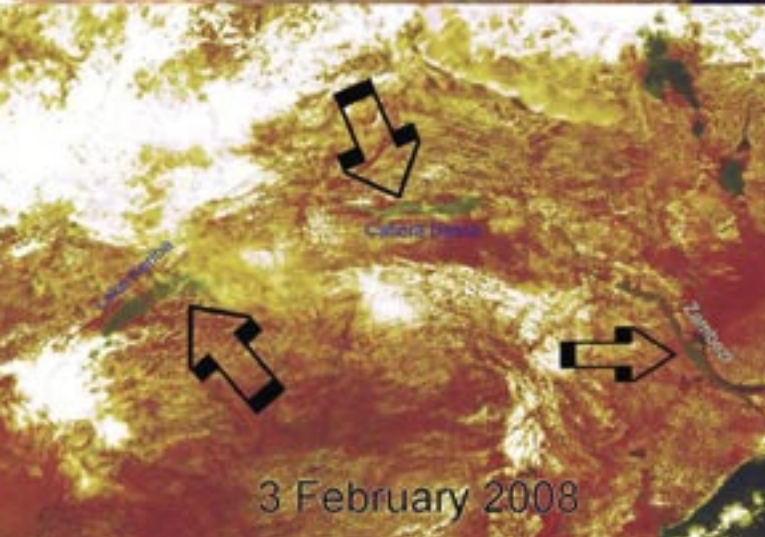
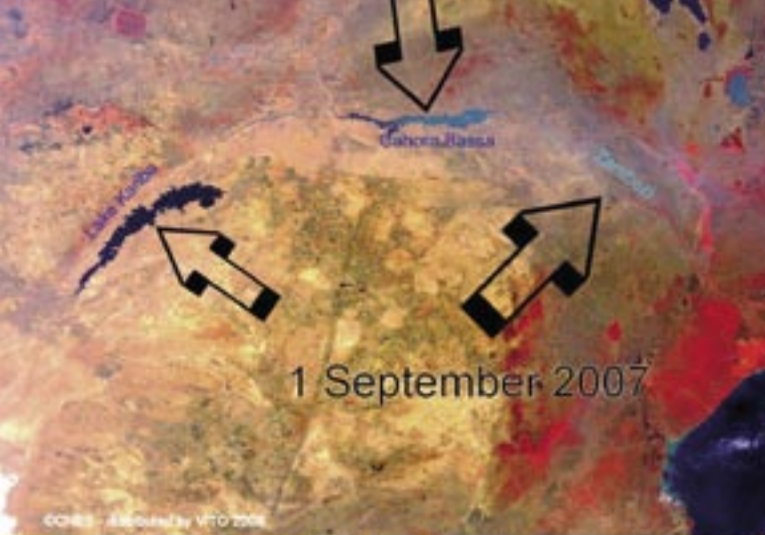
La composante spatiale de ce programme repose sur une série de satellites d'observation de la Terre spécialisés : les "Sentinelles". C'est l'ESA qui est chargé de développer et de livrer l'infrastructure spatiale (les satellites "Sentinelles") qui permettra de répondre aux besoins définis par la Commission en matière de services GMES.

758 + 419 millions pour les trois premiers satellites

Fin février, à Bruxelles, le Directeur général de l'ESA, Jean-Jacques Dordain, et le Directeur général chargé des entreprises et de l'industrie à la Commission européenne, Heinz Zourek, ont signé un accord établissant à la délégation à l'ESA un budget important d'environ 700 millions d'euros en tant que contribution de la Commission à la mise en œuvre de la composante spatiale de GMES.

Le suivi des coulées de boues d'un volcan indonésien, la détection d'une fuite dans un pipeline, la surveillance des incendies en Grèce... Les applications issues des données provenant des satellites d'observation de la Terre en matière de sécurité et d'environnement sont légion. © Spot





Le transfert de cette contribution s'effectuera en deux étapes : 419 millions d'euros pour le volet 1 du programme, puis 205 millions d'euros (à confirmer) pour le volet 2. Ce deuxième volet du programme de composante spatiale GMES fera par ailleurs l'objet d'une proposition de souscription auprès des Etats membres de l'ESA lors de la session du Conseil de l'Agence qui doit se tenir au niveau ministériel en novembre 2008. Par ailleurs, les Etats membres de l'ESA ont déjà mis la main au portefeuille (en deux étapes : 2005 et 2007) à hauteur de 758 millions d'euros pour le volet 1 du programme. L'accord signé à Bruxelles ainsi que les contributions financières des Etats membres de l'ESA, permettront de réaliser et de lancer les trois premiers satellites Sentinelles (Sentinelles 1, 2 et 3) et de mettre en place le segment sol nécessaire à la réception, au traitement et à la diffusion des données provenant des Sentinelles et d'autres satellites.

Entre mi-décembre 2007 et mi-janvier 2008, les habitants de la région de Kariba, sur le Zambèze ont vu les eaux du lac monter de plus de 2,2 mètres après des pluies exceptionnellement fortes. Les satellites, tel ici Spot 5 et son instrument Végétation ont surveillé l'évolution du cours du fleuve en aval, après l'ouverture des vannes du barrage de retenue.
© VITO/CNES

Sentinelles 1 prendra des images radar 24 heures sur 24, par tous temps, pour le suivi des océans et des terres émergées. La mission d'imagerie optique à haute résolution Sentinelles 2 observera les terres émergées. Quant au satellite Sentinelles 3, équipé d'un ensemble d'instruments d'altimétrie, il surveillera les océans ainsi que les terres émergées à l'échelle du globe.

Un quart de siècle d'expertise belge

Développement d'outils de prévision des récoltes agricoles, suivi de l'impact des changements climatiques sur les ressources piscicoles du lac Tanganyika, surveillance du vecteur de la maladie de la langue bleue basée sur diverses données obtenues par télédétection... Ces quelques exemples de sujets abordés par des projets de recherche en lien avec les changements climatiques et faisant appel à des outils spatiaux montrent bien à quel point la Belgique et ses scientifiques sont présents dans ce domaine.

Depuis quasiment un quart de siècle, l'utilisation de données satellitaires dans le cadre de la recherche sur le climat et son évolution est un domaine dans lequel la Belgique a développé une expertise incontestable. De multiples équipes universitaires et de centres de recherches du pays sont ainsi régulièrement associés à des programmes initiés ou soutenus par la Politique scientifique fédérale dans ce cadre.

Au niveau national, la Politique scientifique fédérale orchestre plusieurs programmes fédérateurs concernant

l'observation de la Terre. C'est le cas des programmes Telsat, lancés dès 1985 dans la foulée de la participation belge au programme Spot (Satellites pour l'observation de la Terre). Quatre programmes pluriannuels Telsat se sont ainsi succédés jusqu'en 2001. Ces programmes associent dans leur gestion, outre la Politique scientifique fédérale, les entités fédérées et d'autres départements fédéraux.

Le programme fédéral de recherche en observation de la Terre "Stereo II" a succédé aux programmes Telsat. Il a couvert 5 années de recherche de 2001 à 2006 et permis la réalisation de 50 projets. Une publication finale du programme, accessible à tous et joliment illustrée, est dès à présent disponible sur simple demande (ouda@belspo.be).

Lancé fin 2006, le programme Stereo II, résolument tourné vers des participations internationales et favorisant la pluridisciplinarité, a fixé une série de priorités thématiques de recherche inspirées par les objectifs de l'initiative GMES (monitoring global, gestion de l'environnement, santé et aide humanitaire, sécurité et gestion des risques).

Dans le cadre de sa participation au programme Spot, la Belgique assure le traitement, l'archivage et la distribution des données de l'instrument Végétation, qui fait partie intégrante de la charge utile des satellites Spot 4 et Spot 5. L'offre d'un service de distribution en temps réel de données à l'échelle globale a ouvert la voie à l'élaboration de nouveaux services opérationnels. Ce qui rejoint les objectifs européens (d'élaboration de services et de produits) développés dans le cadre du programme GMES (Global monitoring for environment and security). Voilà qui conforte encore un peu plus les buts stratégiques suivis par l'ensemble de ces programmes pilotés par la Politique scientifique fédérale.



Belgian earth observation platform :
eo.belspo.be/About/Programmes.aspx
GMES :
www.gmes.info
EOEdu :
eoeu.belspo.be/

Le rôle de l'Europe dans la surveillance du climat

Rencontre avec Jean-Jacques Dordain, directeur général de l'ESA

SC : Cette année, GOCE et au printemps prochain SMOS, les deux premiers satellites du programme de surveillance de notre planète de l'ESA baptisé "Earth Explorers", vont être placés en orbite. Qu'est-ce que cela représente pour l'Europe et pour l'Agence ?

Jean-Jacques Dordain : Le programme "Explorateurs de la Terre" est à mes yeux un des programmes les plus magnifiques de l'ESA et aussi un des plus ambitieux. Cette année en effet, les deux premiers satellites de ce programme seront lancés. Ils ne seront pas les seuls. En moyenne, un "Explorateur" sera placé en orbite chaque année au cours de la prochaine décennie. C'est exceptionnel pour une agence spatiale. Personne d'autre ne fait cela au monde.

Pour nous il s'agit ainsi de prendre la relève d'Envisat, d'assurer la continuité des données qu'il récolte mais aussi d'améliorer toujours davantage notre connaissance du "système Terre". Chaque Explorateur récoltera des données dans des domaines très précis : la circulation des océans, les vents, l'humidité, la gravité etc. Les satellites sont donc dédiés à une amélioration bien particulière de nos connaissances en matière d'environnement. Cela fera faire des progrès importants à la Science. Mais aussi à ce qui vient

après la Science: les services. On ne peut pas séparer la Science des services, des "services" aux citoyens.

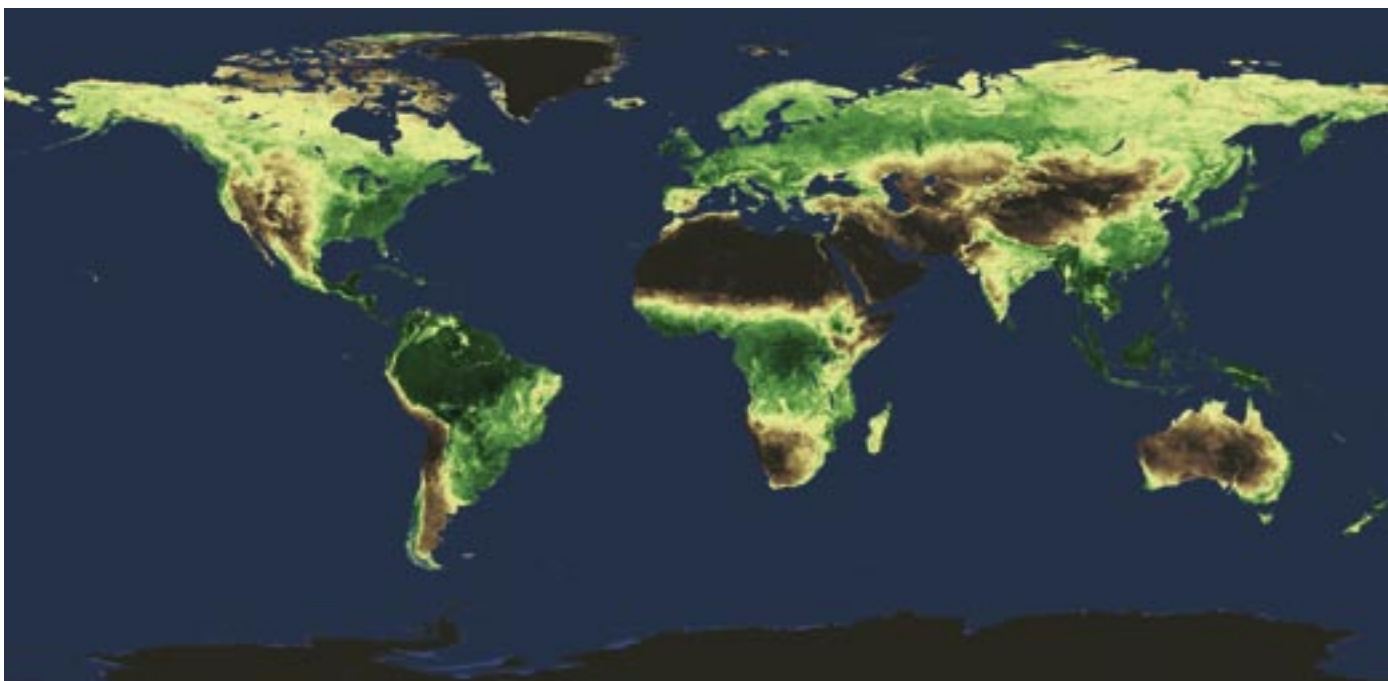
SC : Vous faites ici allusion à l'initiative GMES de l'Union Européenne, ce vaste programme de surveillance globale de la Terre et de son environnement pour lequel cinq autres satellites spécifiques appelés "Sentinelles" sont également en chantier avec la collaboration de l'ESA ?

JJD: En effet. Trois satellites "Sentinelles" sont déjà décidés. Deux autres devraient encore suivre. Si les Explorateurs de la Terre sont plus orientés vers la Science, les Sentinelles sont clairement des engins dédiés aux services. Le satellite n'est ici qu'un outil de services. Et dans ce contexte, il ne faut pas oublier non plus les satellites de météorologie exploités par Eumetsat.

SC : Quels sont les enjeux de la conférence ministérielle de l'ESA qui se tiendra à la fin de l'année aux Pays-Bas (La Haye) en ce qui concerne l'observation de la Terre ?

JJD : Tout d'abord, il faudra prendre des décisions financières en ce qui concerne le segment 2 de GMES. Pour le moment, nous sommes loin du compte dans ce programme.

En mars 2008, un consortium international, composé notamment de l'ESA, de l'Agence européenne de l'environnement, de deux agences des Nations-Unies (FAO et PNUE) mais aussi d'équipes universitaires (dont l'Université Catholique de Louvain/UCL) et d'experts du Centre commun de Recherche de la Commission européenne, présentait sa nouvelle carte globale du couvert végétal terrestre "GlobCover". Cette carte, destinée à être diffusée gratuitement cet été, présente une résolution jamais atteinte. Elle compile quelque 20 terabytes de données issues du spectromètre Meris du satellite Envisat récoltées entre avril 2005 et mai 2006 et détaille 22 types de couverts végétaux différents avec une précision de 300 mètres.



Les trois premiers satellites Sentinelles sont financés, pas les deux derniers. Les Sentinelles 1 à 3 seront lancés entre 2011 et 2012. Les deux derniers suivront. Mais il faut aussi penser aux satellites récurrents qui devront être lancés vers 2015-2017. Une solution devra être trouvée afin d'assurer la continuité des services. Un service doit, par définition, être pérenne. Il sera temps d'ébaucher à La Haye les conditions de cette pérennité.

SC : On parle beaucoup d'exploration humaine de l'espace, de vols habités. L'ESA vient de démontrer, avec le lancement de son premier ravitailleur de la Station spatiale, le véhicule ATV (Automated Transfer Vehicle) ses capacités à assurer des lancements d'engins très complexes et très massifs (19 tonnes). L'Agence va-t-elle proposer à ses Etats membres à la fin de cette année de relancer un programme de vols habités ?

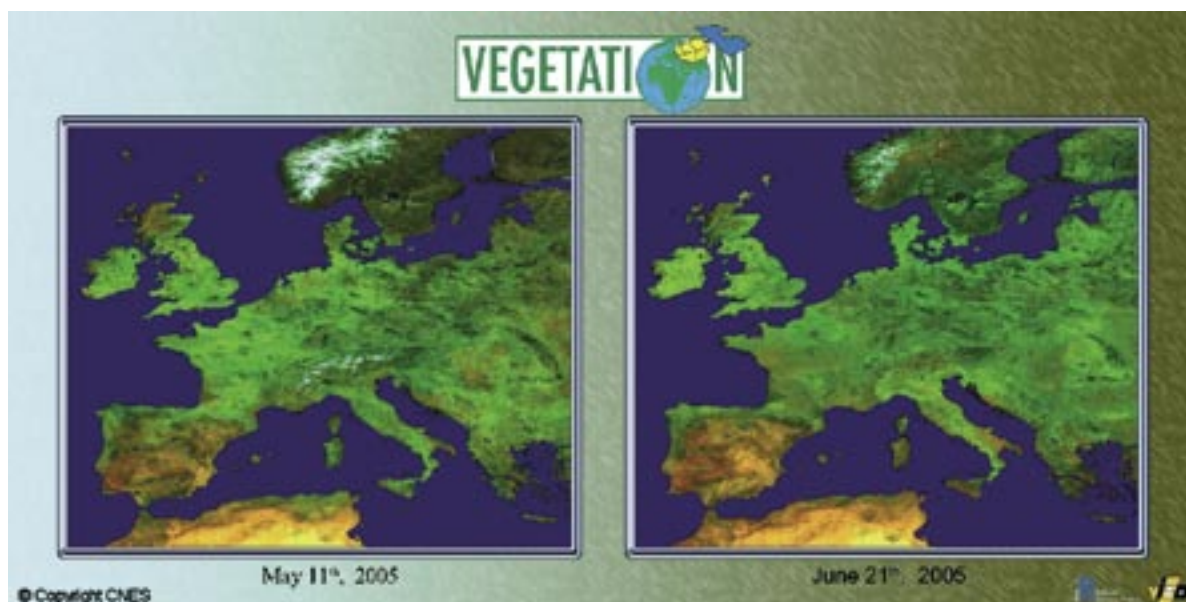
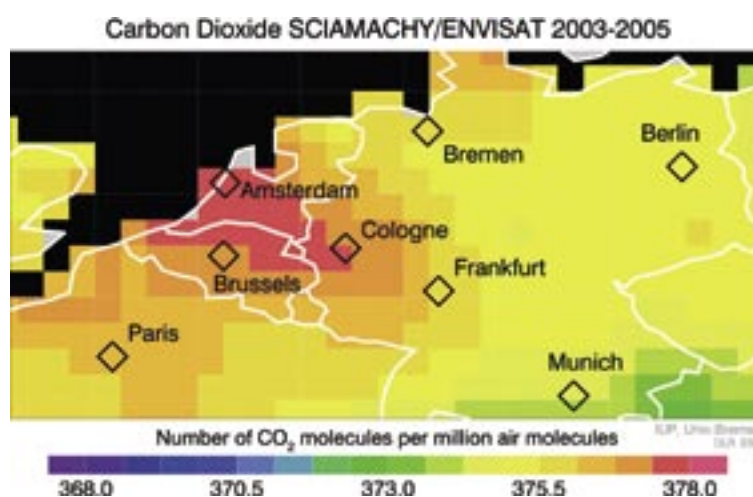
JJD : Nous avons des pistes pour exploiter au mieux le savoir-faire développé pour l'ATV : automatisme, docking etc. Cela laisse miroiter pas mal de choses, par exemple en ce qui concerne le retour d'échantillons martiens. Mais il n'est pas question pour le moment de rêver à un engin habité européen. A mes yeux, si des choix financiers doivent être faits à ce sujet, cela ne pourra en aucun cas être au détriment des programmes scientifiques de l'Agence.

Christian Du Brulle



Envisat livre parfois des images exceptionnelles d'une situation météorologique temporaire. Telle cette image d'une Europe entièrement recouverte de neige.
© ESA

Les données datent de 2003 à 2005 mais l'analyse complète de la situation n'a été rendue publique que début 2008 par l'Université de Brême en Allemagne. L'instrument SchiamaChy d'Envisat en atteste : la concentration de CO₂ au-dessus de nos régions y est la plus élevée d'Europe.
© ESA



Evolution de la sécheresse de l'été 2005 en Europe suivant l'instrument Végétation.
© CNES



Columbus, ATV Jules Verne et les Belges

L'ATV « Jules Verne » de 19 tonnes qui s'est arrimé (jusqu'en août) à l'ISS, est un véhicule autonome et intelligent qui a la taille d'un autobus à double étage. C'est le satellite le plus important et le plus complexe que l'Europe spatiale ait conçu à ce jour et réalisé avec le dispositif russe d'arrimage. Quatre autres ATV ont déjà été commandés par l'ESA à l'industrie européenne. La NASA prévoit d'en commander pour assurer les services que le Space Shuttle assurait avant son retrait prévu en 2010. L'industrie belge a participé à sa mise au point et est concernée par sa production :

*Le Meteoritic and Debris Protection System (MDPS)
© Sonaca*

Le laboratoire Columbus de 12,8 tonnes constitue sur l'ISS (International Space Station) l'appartement de l'ESA pour des expériences en microgravité, des observations du Soleil et de l'atmosphère, des essais de technologies avancées... Des industriels et laboratoires belges sont impliqués dans sa mise en œuvre :

- Spacebel (Liège et Hoeilaart) pour la gestion des équipements (DMS/Data Management System) et pour l'informatique des tests et de validation du module-laboratoire européen.
- Sonaca (Gosselies) pour la réalisation des structures du MDPS (Meteoritic & Debris Protection System) et de l'enceinte en fibres de carbone pour l'expérience FCE (Fluid Cell Experiment) réalisée par Verhaert Space pour le FSL (laboratoire de physique des fluides).
- Lambda-X (Nivelles) pour l'optique de l'instrumentation PCDF (Verhaert Space) à l'intérieur du module ainsi que du spectromètre Solspec (Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique) sur la plate-forme Solar.
- Verhaert Space (Kruibeke) dans trois ensembles d'équipements de recherche : FSL (Fluid Science Laboratory) pour l'étude de fluides en impesanteur, Biolab pour des tests sur des échantillons biologiques, EDR (European Drawer Rack) équipé du PCDF (Protein Crystallisation Diagnostics Facility).
- Thales Alenia Space Antwerp (Hoboken) pour la conception et la réalisation de l'équipement de tests électriques au sol.
- Space Applications Services (Zaventem) pour les études de la gestion des charges utiles, la définition de l'infrastructure au sol et l'entraînement des astronautes, pour les opérations au B.USOC (Belgian User Support & Operation Center) à Uccle.
- LMS International (Leuven) dans les processus virtuels de conception de l'intérieur de Columbus.

- Euro Heat Pipes (EHP, Nivelles), « spin off » de l'Université Libre de Bruxelles, pour le développement et la fourniture de 52 caloducs (conducteurs de chaleur) à hautes performances qui assurent le contrôle thermique de l'avionique et de la propulsion de chaque ATV.
- Thales Alenia Space Antwerp (Hoboken) pour le système de tests qui ont servi à l'intégration de l'ATV et qui font partie du support opérationnel au sol.
- Thales Alenia Space ETCA (Charleroi) avec quatre boîtiers de conditionnement d'énergie et pour l'alimentation électrique du vidéomètre qui contrôle l'arrimage à la station.
- Spacebel (Liège et Hoeilaart) pour la fourniture de simulateurs des calculateurs de bord, pour une participation au développement des logiciels de rendez-vous et d'arrimage.
- Rhea (Louvain-la-Neuve) pour l'utilisation de son ensemble de logiciels MOIS (Manufacturing & Operations Information System) destinés à la gestion des opérations du réseau complexe de centres et stations au sol.
- Redu Space Services (station ESA à Redu) pour le suivi "en back-up" des phases critiques de mise en orbite, de rendez-vous et d'arrimage, de rentrée dans l'atmosphère.
- Space Applications Services (Zaventem) pour le support à la définition du système ATV et à la formation aux opérations ATV.
- LMS International (Leuven) pour la modélisation des essais acoustiques et vibratoires de l'ATV à l'ESTEC, Noordwijk (Pays-Bas).

