GEN208

esa

agence spatiale européenne

LES SATELLITES AU SERVICE DE L'ENVIRONNEMENT ET DU DEVELOPPEMENT

agence spatiale européenne

L'Agence Spatiale Européenne est issue des deux Organisations spatiales européennes qui l'ont précédée - l'Organisation européenne de recherches spatiales (CERS) et l'Organisation européenne pour la mise au point et la construction de lanceurs d'engins spatiaux (CECLES) - dont elle a repris les droits et obligations. Les Etats membres en sont: l'Allemagne, l'Autriche, la Belgique, le Danemark, l'Espagne, la France, l'Irlande, l'Italie, la Norvège, les Pays-Bas, le Royaume-Uni, la Suède et la Suisse. La Finlande est membre associé de l'Agence. Le Canada bénéficie d'un statut d'Etat coopérant.

Selon les termes de la Convention: l'Agence a pour mission d'assurer et de développer à des fins exclusivement pacifiques la coopération entre Etats européens dans les domaines de la recherche et de la technologie spatiales et de leurs applications spatiales, en vue de leur utilisation à des fins scientifiques et pour des systèmes spatiaux opérationnels d'applications:

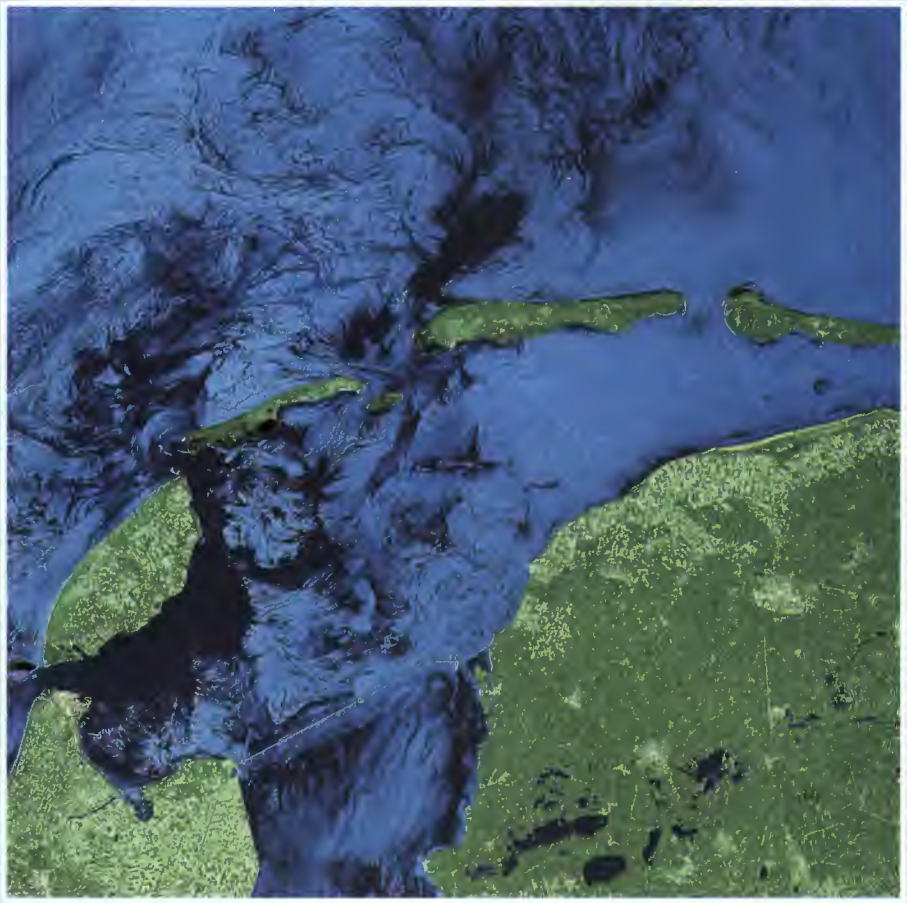
(a) en élaborant et en mettant en oeuvre une politique spatiale européenne à long terme, en recommandant aux Etats membres des objectifs en matière spatiale et en concertant les politiques des Etats membres à l'égard d'autres organisations et institutions nationales et internationales;
(b) en élaborant et en mettant en oeuvre des activités et des programmes dans le domaine spatial;
(c) en coordonnant le programme spatial européen et les programmes nationaux, et en intégrant ces derniers progressivement et aussi complètement que possible dans le programme spatial européen, notamment en ce qui concerne le développement de satellites d'applications.
(d) en élaborant et en mettant en oeuvre la politique industrielle appropriée à son programme et en recommandant aux Etats membres une politique industrielle cohérente.

L'Agence est dirigée par un Conseil, composé de représentants des Etats membres. Le Directeur général est le fonctionnaire exécutif supérieur de l'Agence et la représente dans tous ses actes.

Le Directoire de l'Agence est composé du Directeur général; de l'Inspecteur général; du Directeur des Programmes scientifiques; du Directeur "observation de la Terre et son Environnement"; du Directeur du Programme de Télécommunications; du Directeur des Systèmes de Transport spatial; du Directeur du Programme Station spatiale et Microgravité; du Directeur de l'ESTEC, du Directeur des Opérations et du Directeur de I 'Administration.

Le SIÈGE de l'Agence est à Paris.

Conférence des Nations Unies
sur l'Environnement et le Développement



Contribution de l'Agence Spatiale Européenne

L'accroissement de la population sur la planète et l'utilisation intensive des ressources terrestres conduisent à une détérioration de l'environnement.

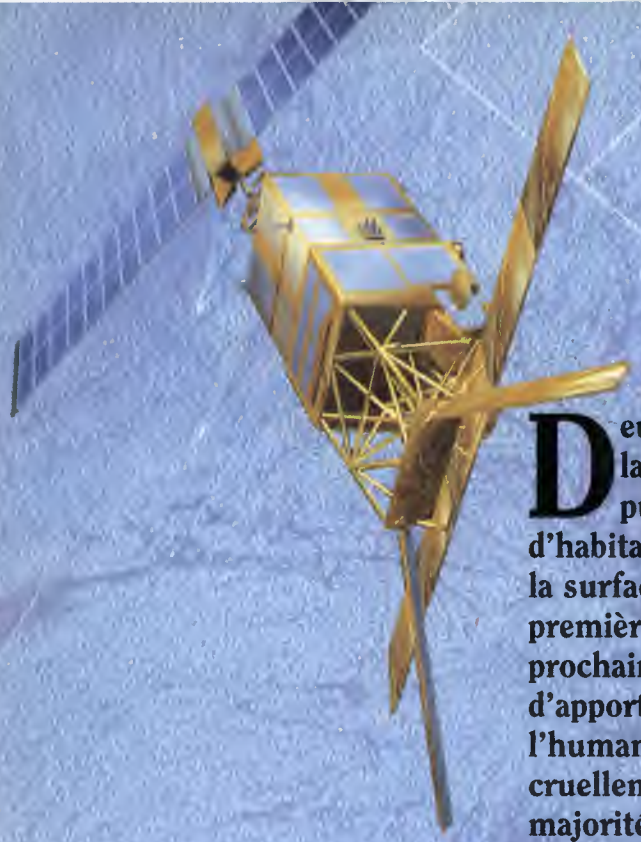
Il appartient aux hommes politiques de décider des remèdes à apporter à cette situation et de restaurer des conditions favorables au mieux-être de la population mondiale.

De telles décisions ne peuvent être prises qu'en pleine connaissance de la complexité des facteurs qui conditionnent l'environnement ainsi que de leur caractère mondial qui imposent de disposer d'informations globales, continues et objectives.

Les satellites d'observation de la Terre constituent à cet égard un outil irremplaçable.

Cet outil doit être utilisé au mieux grâce à la formation de spécialistes et les différents systèmes de satellites doivent être coordonnés et assurer la réalisation d'objectifs d'intérêt pour l'humanité entière.

L'Europe contribue largement à cette action, notamment avec le lancement en 1991 par l'Agence Spatiale Européenne d'ERS-1, le premier d'une série de satellites européens de surveillance de l'Environnement.



Deux défis majeurs sont lancés aux six, puis huit, puis dix milliards d'habitants qui se partageront la surface de la Terre dans les premières décennies du prochain siècle. L'un est d'apporter à l'ensemble de l'humanité ce qui fait encore cruellement défaut à la grande majorité : une nourriture suffisante, une hygiène satisfaisante, l'accès à cette formation intellectuelle minimale sans laquelle il n'y a guère à espérer du progrès technique. L'autre est que ce développement se fasse de manière harmonieuse, sans dégradation catastrophique des conditions naturelles qui ont permis depuis plusieurs millénaires l'expansion de l'espèce humaine. La Maison de l'Homme, c'est cette mince couche tiède et humide qui entoure la surface d'une modeste planète, où un petit miracle d'équilibre a réuni des conditions que l'on n'a encore retrouvées nulle part ailleurs dans l'univers. Or cet équilibre est fragile. Comme le montre l'augmentation actuelle du gaz carbonique dans l'atmosphère, certaines évolutions récentes, et potentiellement dangereuses, de la biosphère sont les conséquences directes de l'accès à un relatif bien-être d'une part modeste de l'humanité.

Il en résulte que ces deux défis majeurs, le développement et la protection de l'environnement, sont pour partie antagonistes. Un exemple simple suffit à le montrer. L'accès à la civilisation industrielle de deux à trois cent millions d'humains au XIXème siècle, en Europe et en Amérique du Nord, s'est fondé sur l'utilisation du charbon, une ressource énergétique abondante, mais polluante. Vouloir faire passer par les mêmes étapes des milliards d'hommes et de femmes induirait une pollution atmosphérique telle que c'est la survie même de l'humanité qui serait en jeu. Ce qui a "fonctionné" au siècle dernier à l'échelle d'un petit continent n'est pas généralisable à celle de la Terre entière. Le changement d'échelle fait que les recettes du passé ne sont pas applicables pour l'avenir.

Il faut donc en découvrir et en appliquer d'autres, prenant en compte la globalité des problèmes. Les pays qui sont encore, au moins pour partie, à l'ère préindustrielle ne peuvent se développer en ordre trop dispersé, chacun appliquant ses propres méthodes sans prise en compte de leur impact d'ensemble.

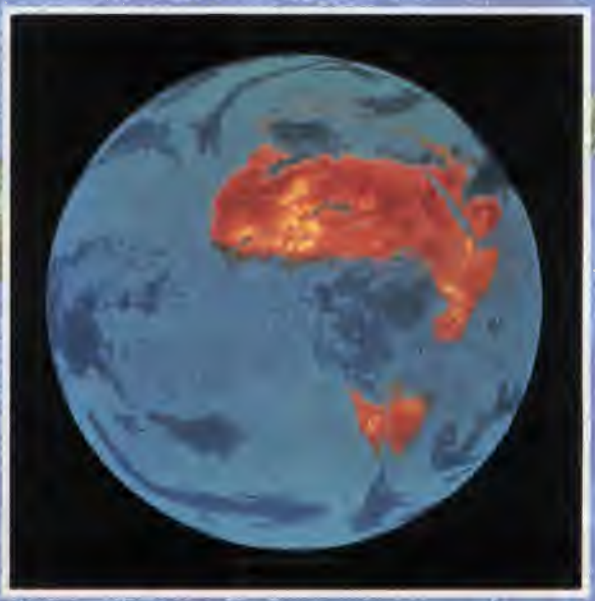
Or c'est justement une caractéristique unique de l'observation de la Terre par satellite de fournir une vision globale des phénomènes naturels ou induits par l'homme. Global ici ne s'oppose pas à détaillé. Les progrès techniques ont permis et permettront de plus en plus d'apporter toute la finesse souhaitable aux observations.

Pour certains paramètres, les mesures fournies par les satellites sont déjà suffisantes; la difficulté est dans leur interprétation, non dans leur recueil. Ce qu'exprime l'adjectif global est ce caractère unique de la vision satellitaire de faire partout les mêmes mesures avec les mêmes instruments.

La hauteur des vagues ou la couleur des blés mûrs sont ainsi directement comparables en des points très éloignés du globe. Si l'on partait d'informations locales, recueillies par des myriades d'instruments, les problèmes d'étalonnage rendraient difficile, voire douteuse, toute comparaison ou analyse d'ensemble.

L'exemple des satellites Météosat est ici éclairant. Météosat-1, le premier satellite du programme d'observation de la Terre de l'Agence Spatiale Européenne (ESA), mis en orbite en 1977, a donné sa pleine mesure quand il a été intégré au sein d'un réseau global de satellites (américains, indiens, japonais, soviétiques) qui fournissent une vue complète de la couverture nuageuse du globe.

La richesse des informations fournies par ce réseau a conduit les organismes météorologiques européens à fonder l'organisation Eumetsat, qui a pris le relais de l'ESA pour financer et gérer les successeurs des premiers Météosat, assurant la continuité de l'information jusqu'aux dernières années du siècle. Simultanément l'ESA a entrepris, en collaboration avec Eumetsat, l'étude d'une nouvelle génération de satellites météorologiques.



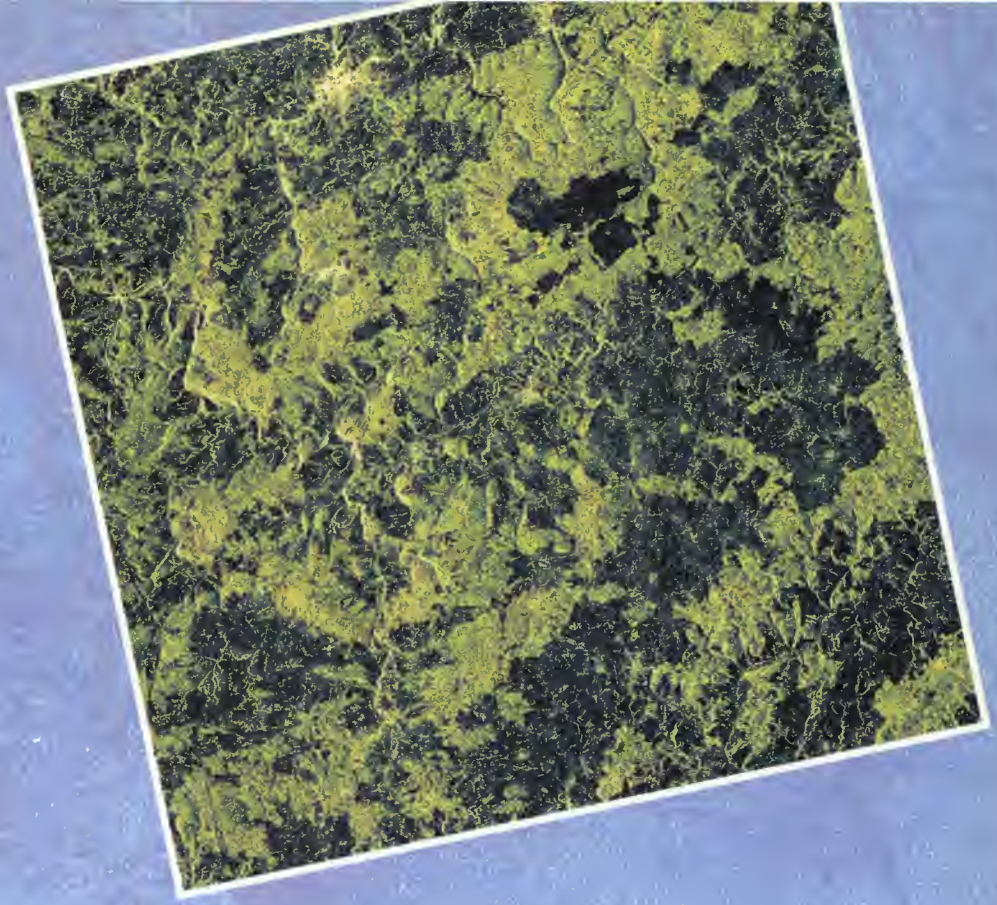
Le succès de ce premier programme européen d'observation de la Terre à des fins météorologiques a conduit l'ESA au développement d'une observation beaucoup plus fine, permettant la télédétection des ressources naturelles. Comme il existait déjà des satellites opérationnels de télédétection opérant en lumière visible et dans l'infra-rouge, les Landsat américains et les SPOT français, la décision a été prise de recourir à une observation par radar. Elle s'est concrétisée par le lancement en 1991 du satellite ERS-1. Il faut noter que ce satellite a un numéro. Il y aura un ERS-2, lancé en 1994, puis de grandes plates-formes multi-missions en orbite polaire qui assureront la continuité à long terme des observations. Il ne s'agit donc pas d'une expérience sans lendemain.

ERS-1 a été spécifiquement conçu pour l'observation des océans et des zones côtières. Couvrant plus des trois quarts du globe, les mers et océans en sont les régions les plus mal connues, alors qu'ils jouent un rôle majeur dans l'évolution climatique et dans l'équilibre de la biosphère.

Le satellite et ses successeurs vont apporter sur eux une moisson de données que ne fournissent pas les Landsat et les SPOT, axés sur l'étude des terres émergées. Mais, même pour celles-ci, ERS-1 donne des informations d'une autre nature, comme la rugosité du sol ou son humidité superficielle. Le radar perce les nuages, ce qui est dans certaines régions où ils sont fréquents une exigence presque absolue.

Il permet aussi d'observer de nuit, donc de gagner du temps quand l'information est urgente. C'est un apport précieux en cas de catastrophes naturelles, d'autant que celles-ci sont souvent associées à des perturbations météorologiques et donc à une forte nébulosité. L'ESA a d'ailleurs entrepris un effort important pour que des stations de réception destinées aux Landsat et SPOT soient adaptées à son nouveau satellite. Cela permettra dans bien des cas, en croisant des données de nature et d'origine différentes, de multiplier leurs potentialités.

Quels bénéfices les nations, en particulier celles en développement, peuvent-elles tirer de l'observation par satellite, et tout spécialement des possibilités nouvelles qu'offre ERS-1 ? Le principal est sans conteste une **meilleure connaissance de leurs ressources agricoles.** Les satellites donnent une bonne mesure des surfaces cultivées, et de plus en plus permettent de discriminer entre les cultures. Pour que cette discrimination soit possible, il faut trois conditions : que la résolution du satellite soit sensiblement supérieure à la taille moyenne des parcelles, que les observations soient faites aux bonnes époques, enfin que des spécialistes sachent analyser les différences de réflectance. En 1980, quand seuls les premiers Landsat étaient en service opérationnel, leur résolution de 80 mètres était souvent insuffisante pour satisfaire la première condition. Ce n'est plus le cas aujourd'hui où l'on dispose de satellites plus précis ; en mode panchromatique (noir et blanc), la résolution des satellites SPOT est de 10 mètres. La deuxième condition était mal remplie dans certaines régions, par exemple les pays de mousson où l'observation par les Landsat et SPOT, en saison sèche, n'apporte que des informations peu pertinentes sur l'agriculture. L'observation par radar résout ce problème. La dernière condition est la plus difficile à satisfaire. Le "Thematic Mapper" des derniers Landsat a démontré que l'augmentation du nombre de bandes spectrales dans lesquelles on observe un territoire ouvrait la voie à d'importants progrès ; de ce point de vue, le radar devrait fournir d'utiles compléments aux vues prises dans le visible ou l'infrarouge.

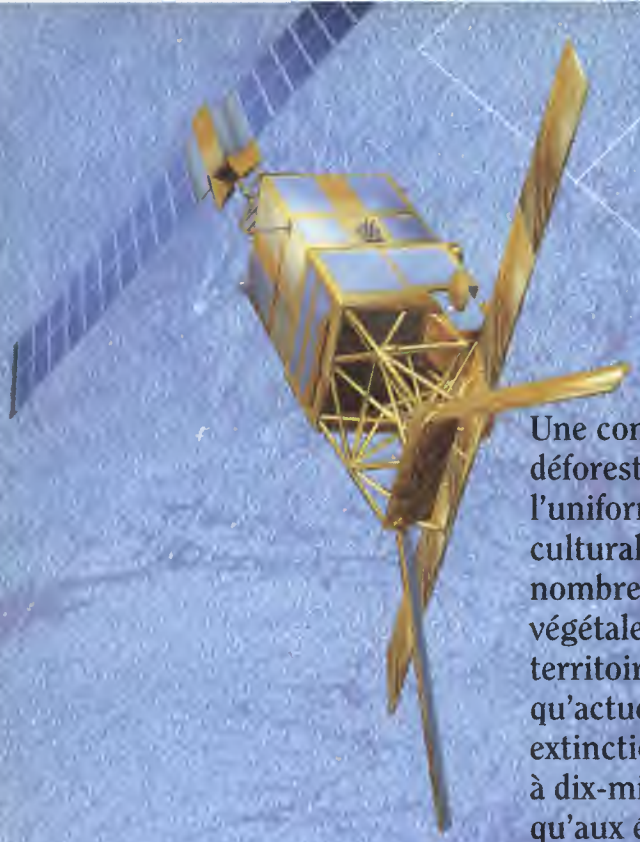


Des études sont en cours pour vérifier ce point, et la Communauté économique européenne (CEE) envisage d'établir un inventaire statistique des productions agricoles à partir de données satellitaires. Il reste que les méthodes de discrimination doivent être étalonnées par des mesures sur le terrain. Leur application dans les pays en développement passe par la formation dans ces pays de scientifiques capables de transmettre leur savoir, en vue d'une mise en oeuvre opérationnelle.

Autre question à laquelle seule l'observation par satellite peut apporter une réponse :
la vitesse à laquelle sont défrichées **les forêts équatoriales.**

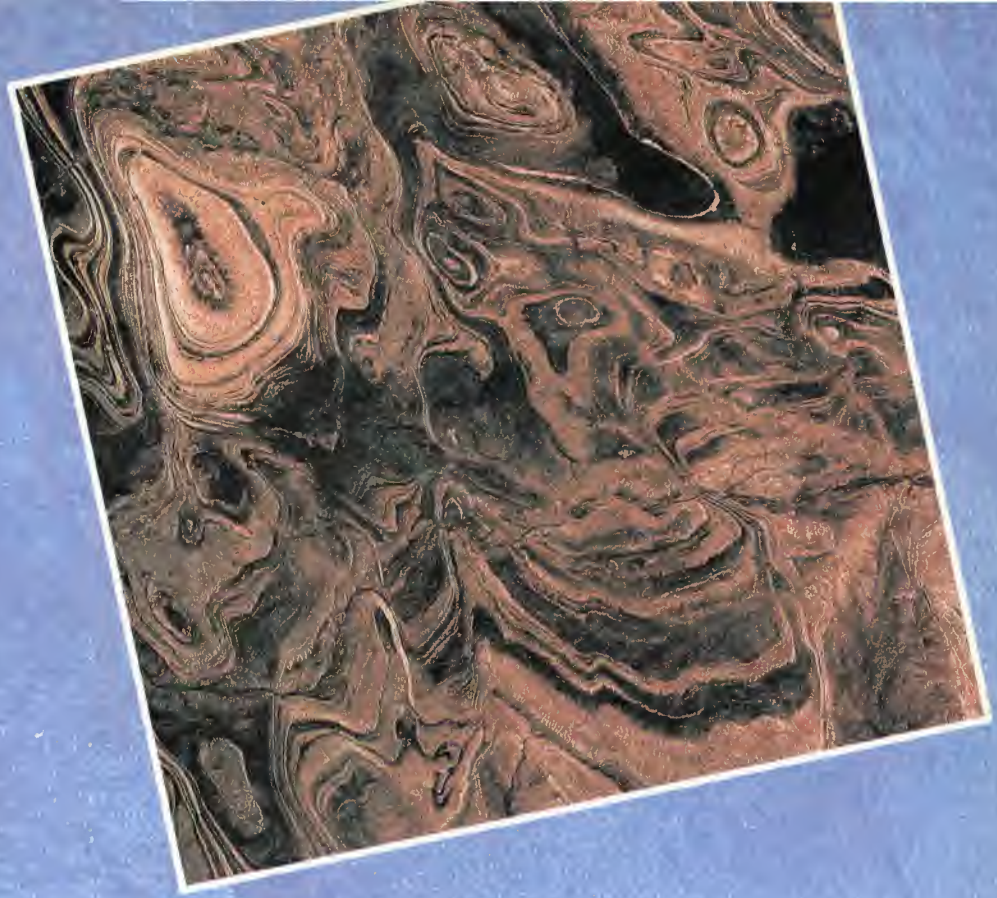
Le rôle de ces forêts comme "poumon" de l'atmosphère est encore mal connu et a peut-être été parfois exagéré; mais il est clair que la disparition du couvert forestier dans les bassins de l'Amazone et du Congo aurait des conséquences climatiques préoccupantes.

L'action en ce domaine est difficile, car souvent c'est la pression démographique qui pousse à défricher les forêts pour mettre en culture les sols. Mais un défrichage incontrôlé peut induire une érosion qui fera disparaître en quelques années la couche arable. Dans d'autre cas, la déforestation résulte simplement d'une surexploitation. Des pays comme le Brésil ou les Philippines, qui essaient de réguler l'exploitation de leurs forêts, manquent de moyens de contrôle ; des observations régulières par satellite leur seraient utiles. De façon plus générale, le projet "Trees", commun à l'ESA et à la CEE, vise à établir un inventaire des forêts équatoriales.



Une conséquence de la déforestation et de l'uniformisation des pratiques culturales est la réduction du nombre d'espèces animales et végétales vivant sur les territoires défrichés. Il semble qu'actuellement le rythme des extinctions d'espèces soit mille à dix-mille fois plus rapide qu'aux époques préhistoriques.

La disparition d'insectes en particulier peut avoir des conséquences très dommageables, quand ces insectes assurent des pollinisations, ou quand ils sont les prédateurs d'une autre espèce qui, elle, ravage les cultures. Plus généralement, les extinctions sont des pertes de diversité génétique, qui peuvent rendre l'ensemble de l'écosystème plus fragile et moins capable de résister à des agressions nouvelles. L'observation par satellite peut parfois mettre en évidence ces évolutions.

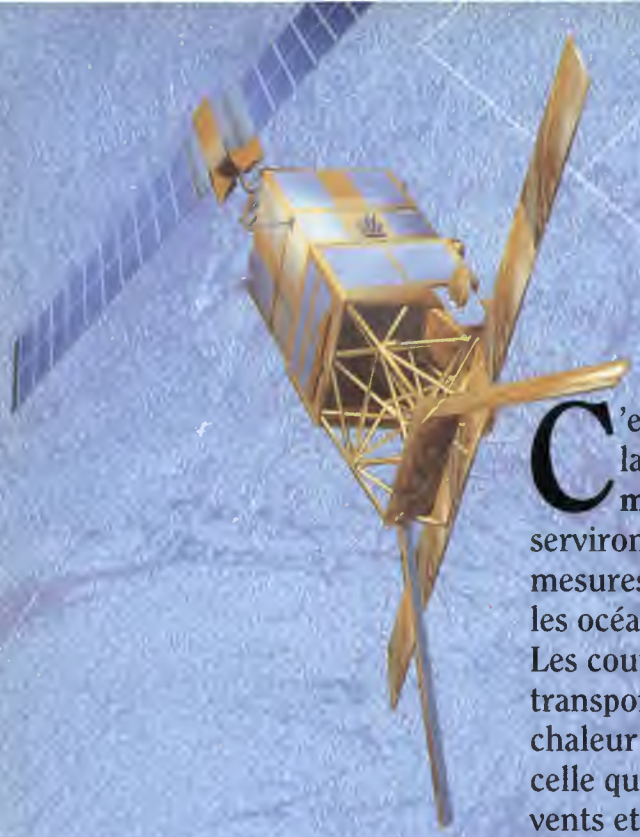


Un autre apport important des satellites est l'**aide à la cartographie**. On peut actuellement établir, à partir des images satellitaires, des cartes au 1/100 000ème, voire au 1/50 000ème. Or de nombreuses régions du globe ne sont pas encore cartographiées avec cette précision. De plus, certains satellites font des observations latérales et l'altimétrie peut être reconstituée à partir d'images de la même zone prises depuis des trajectoires voisines. C'est le cas d'ERS-1, et des travaux sont actuellement en cours pour développer une méthode interférométrique, afin d'extraire des images radar une information tridimensionnelle sur la topographie des zones vues.

S'il est un domaine où ERS-1 devrait surpasser ses prédécesseurs, c'est celui de **la gestion des ressources en eau**. Conçu pour étudier les mers, ce satellite est en effet particulièrement bien outillé pour tout ce qui touche à l'hydrologie. Il peut mesurer précisément la quantité d'eau contenue dans la couche superficielle des sols, sur dix centimètres de hauteur ; c'est un paramètre fondamental de l'évolution des cultures. Dans les régions très sèches, souvent menacées par la désertification, c'est même le facteur essentiel pour la survie des populations. Là où l'eau est plus abondante, les informations envoyées par ERS-1 sont utiles pour gérer son emploi. Le satellite peut évaluer l'importance des couches neigeuses.
Une application est actuellement en cours sur celles qui se forment chaque année dans l'Himalaya.

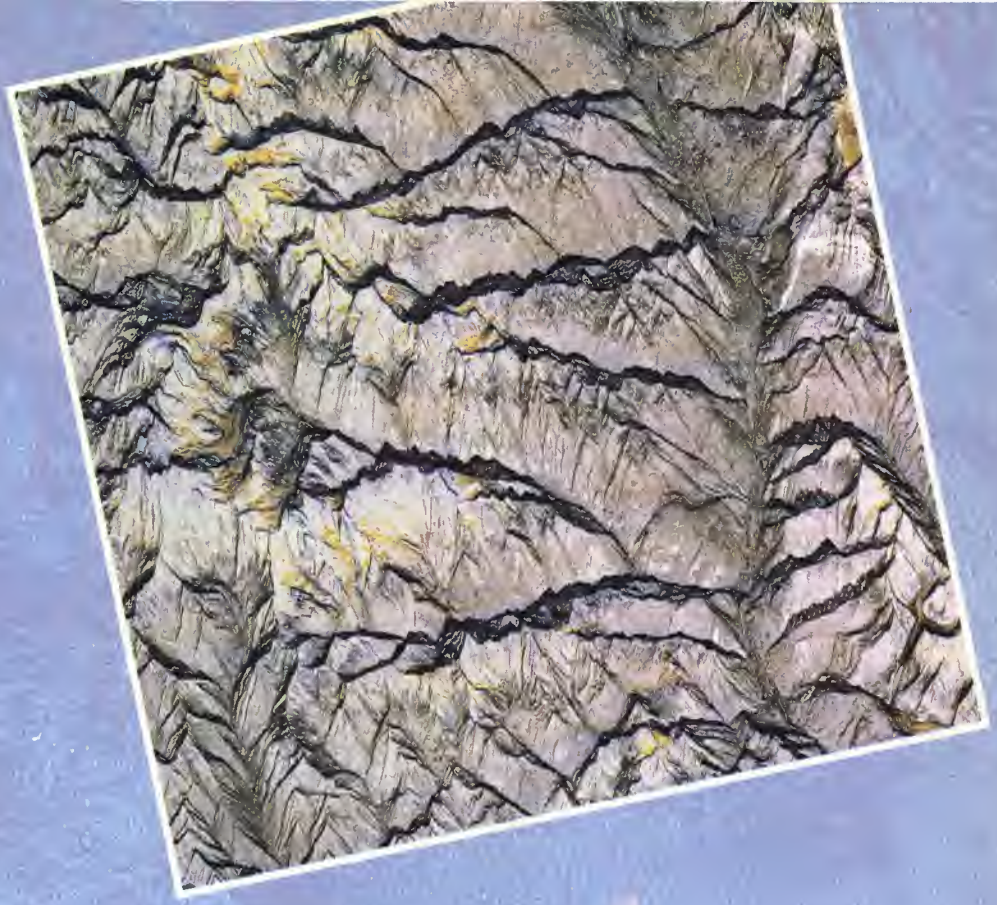
Elles conditionnent les possibilités d'irrigation, donc de culture du riz, dans les mois suivants. Elle déterminent aussi les risques d'inondation.

De la neige à la glace, il n'y a qu'un pas. ERS-1 a permis de vérifier la route suivie par l'Astrolabe, quand ce navire a entrepris le contournement de la Sibérie par le nord en vue d'évaluer l'intérêt d'en faire une route commerciale régulière.
A l'autre bout du globe, les deux stations de recueil de données implantées dans l'Antarctique permettront de mieux connaître ce continent dont le rôle dans l'évolution du climat ne saurait être sous-estimé.



C'est d'ailleurs beaucoup à la **climatologie et à la météorologie** que serviront les observations et mesures faites par ERS-1 sur les océans.
Les courants marins transportent une quantité de chaleur du même ordre que celle qui est transportée par les vents et conditionnent donc autant qu'eux les perturbations météorologiques. Or ces flux de chaleur sont actuellement beaucoup moins bien connus. Les mesures d'ERS-1 devraient clarifier bien des questions sur la dynamique des océans, grâce en particulier à sa capacité de mesurer les vents en surface, lesquels sont un moteur important de la circulation marine. Autre paramètre pertinent pour la météorologie qu'ERS-l mesure avec une grande précision : la température de surface des mers, laquelle conditionne l'évaporation.

Améliorer les modèles météorologiques est évidemment de première importance. Beaucoup d'habitants des régions tropicales donneraient cher pour être mieux informés et plus tôt de la trajectoire des cyclones. A intervalles irréguliers, de l'ordre de la dizaine d'années, revient au Pérou le phénomène d'El Niño, une coulée d'eau chaude en surface du Pacifique, qui fait plonger les bancs d'anchois. Il n'a pas comme seule conséquence de ruiner les pêcheurs péruviens.



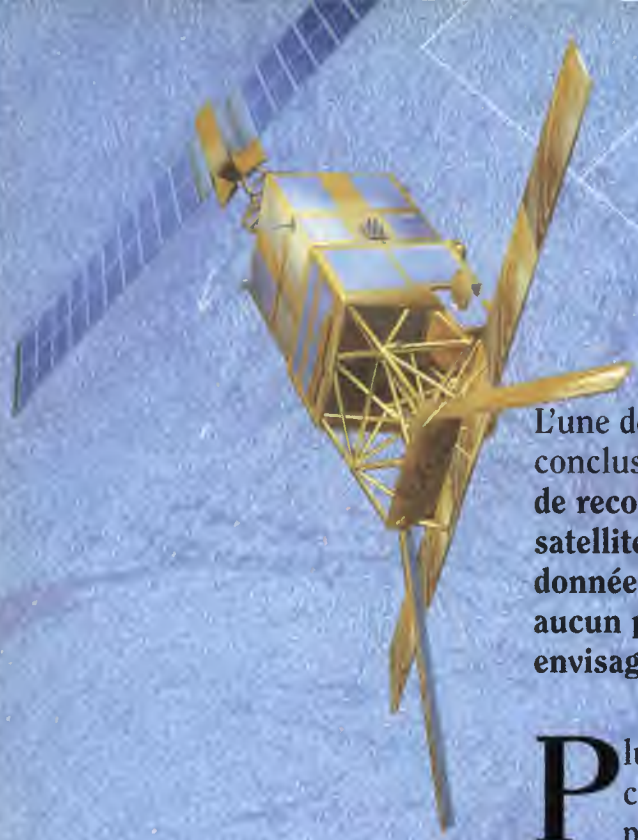
Lui est associé un basculement des pressions atmosphériques sur le Pacifique sud qui induit des saisons de pluies torrentielles à l'ouest de cet océan et des sécheresses graves à l'est. Prévoir le retour d'El Niño est donc un enjeu fondamental pour la vie des habitants de l'hémisphère Sud - et intéresse aussi les autres, puisqu'ils semble bien que ce basculement de pressions influence aussi la répartition des masses d'air dans l'hémisphère Nord.

Vitale aussi est une **meilleure prévision de l'évolution climatique à long terme.** Une question majeure pour l'avenir porte sur l'effet de serre créé par l'accumulation actuelle de gaz carbonique, de méthane... dans l'atmosphère, phénomène qui devrait induire un réchauffement d'ensemble de la planète, pouvant atteindre 5°C au cours du prochain siècle, et par là même un bouleversement des climats et des productions agricoles. Or cet effet de serre est une rançon difficilement évitable du progrès. Tout développement passe actuellement par une plus grande consommation d'énergie, et l'utilisation d'énergies renouvelables (solaire, biomasse) n'est pas encore développée au point d'éviter un recours aux énergies fossiles dont la combustion libère du gaz carbonique.

Dans quelle mesure cette accumulation est-elle grave ?

Quels modes de développement compatibles avec l'économie et la technologie actuelle sont-ils les moins nocifs à cet égard ?

On ne peut répondre à ces questions sans mieux connaître cet effet de serre et ses conséquences plus ou moins lointaines sur le climat. Sous l'égide des Nations unies et de l'Organisation météorologique mondiale a été créé en 1988 l'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) pour coordonner les études sur l'évolution climatique et ses conséquences.

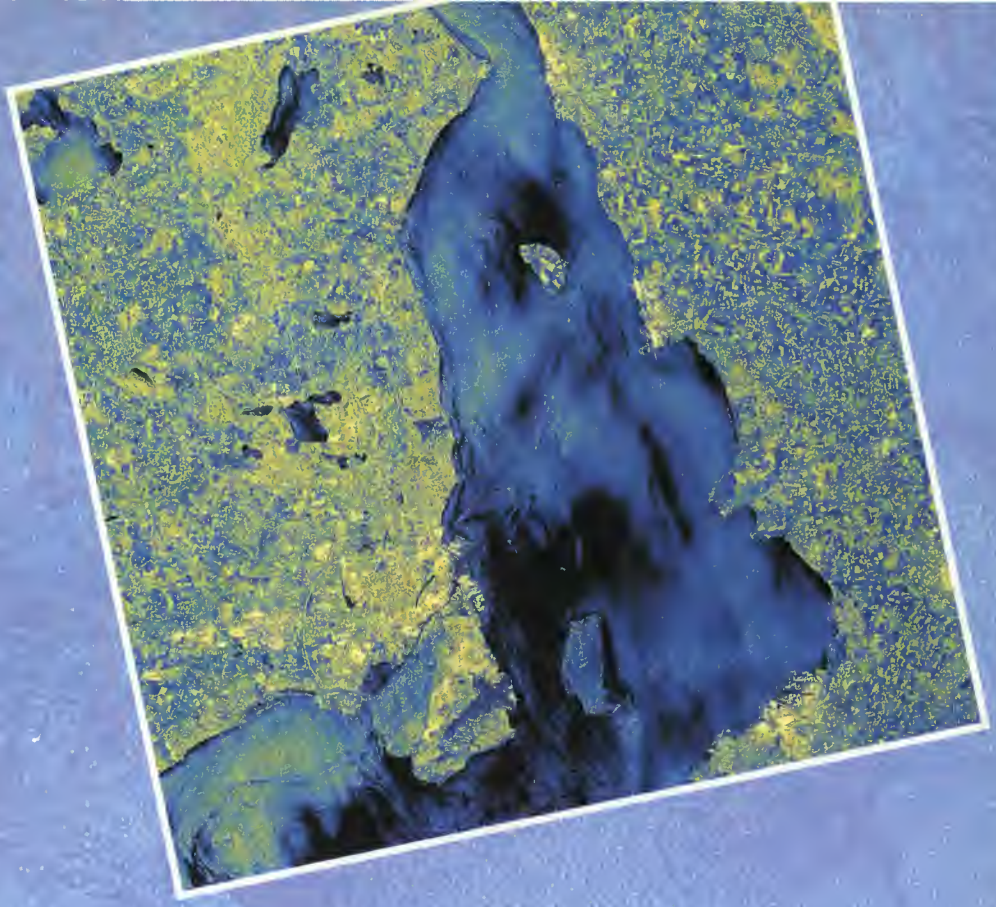


L'une de ses premières conclusions a été la **nécessité de recourir à l'observation par satellite pour obtenir les données fiables sans lesquelles aucun progrès n'est envisageable.**

Plus généralement, on doit constater que l'humanité, par sa **seule croissance** démographique, est en train de modifier durablement les conditions naturelles. Cela n'est pas forcément catastrophique si le changement est assez lent et assez bien compris pour que les conséquences néfastes qu'il entraînera puissent être combattues à temps.

Ainsi, conséquence toujours de l'effet de serre, une montée du niveau de la mer de plusieurs décimètres paraît-elle probable à l'horizon 2050 ; peut-être même est-elle déjà inéluctable. Si c'est la cas, elle entraînera le déplacement de certaines populations côtières. Planifié sur soixante ans, celui-ci peut se faire sans traumatisme majeur ; réalisé en urgence, c'est-à-dire à l'occasion d'inondations de plus en plus étendues, il laissera un long cortège de souffrances.

Ce qui précède a montré que les satellites d'observation intéressent les pays en développement sous deux angles : d'une part en leur facilitant la connaissance et le contrôle de leurs ressources ; d'autre part en permettant un suivi global des conditions environnementales et par là même, au fur et à mesure que les modèles de la biosphère se préciseront, en guidant la recherche d'actions faisant progresser les populations vers le bien-être sans engendrer simultanément des pollutions qui ruineraient à terme les progrès accomplis.



Mais ces bénéfices supposent évidemment l'existence dans ces pays d'équipes compétentes, capables d'analyser les données envoyées par les satellites, de les combiner à des éléments d'origine autre, et d'en tirer finalement une information qui puisse guider les décisions politiques. Or cette tâche ne s'improvise pas. Il faut plusieurs années pour former ces équipes. Même dans les pays actuellement développés, la communauté des "télédétecteurs" est encore embryonnaire. Elle est encore loin de savoir analyser complètement les données satellitaires. Quand s'ajoute aux moyens existants une technologie nouvelle, comme l'observation par radar, cette communauté doit apprendre à l'exploiter, ce qui suppose des confrontations avec des mesures in situ.

C'est l'occasion pour les pays moins développés de participer à ces recherches, et par là même de former les scientifiques et techniciens sans lesquels ils ne pourront passer ensuite aux applications.

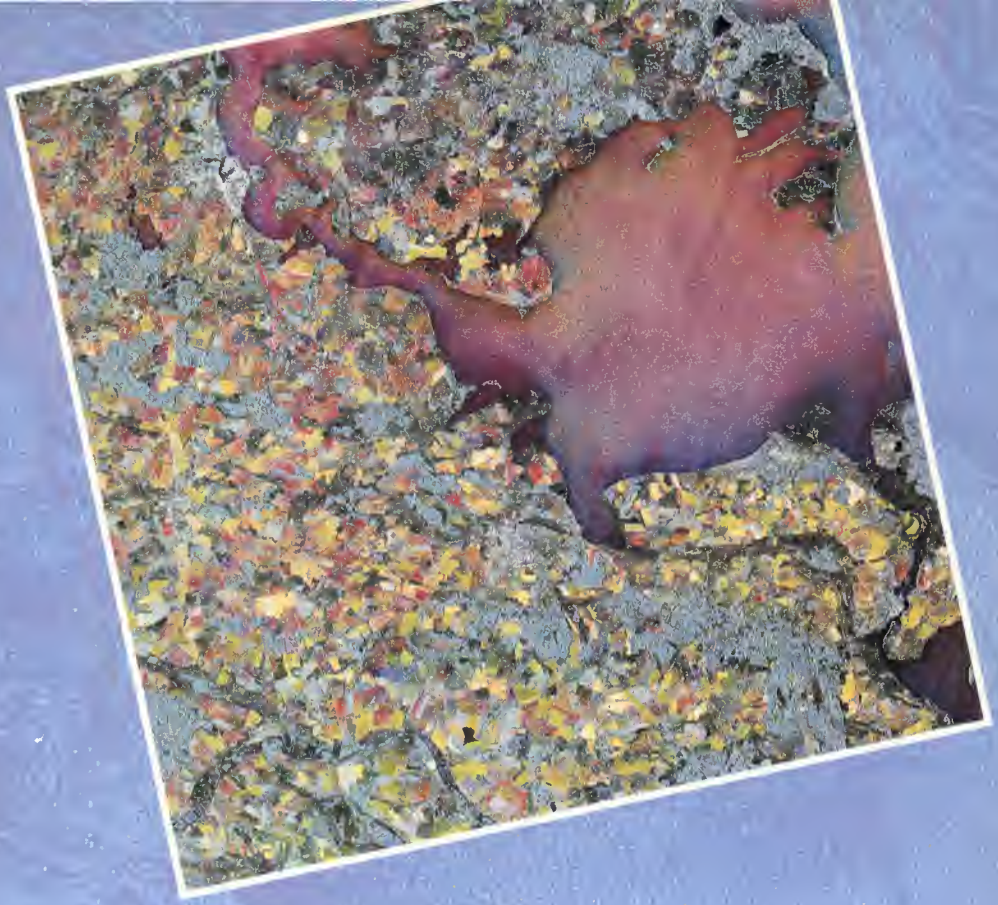
Dans cette optique, l'ESA a décidé de favoriser un ensemble d'actions scientifiques et de projets pilotes. Les premières sont des expériences utilisant les données d'ERS-1 pour aborder des problèmes difficiles, comme la compréhension des échanges de chaleur entre l'atmosphère et les océans. Les projets pilotes ont une orientation utilitaire, ils préparent le développement d'applications opérationnelles. Exemples : prospection minière en Amérique du Sud ; prévision du rendement de types spécifiques de culture dans plusieurs pays ; utilisation des informations sur les vents et les vagues pour faciliter l'exploitation pétrolière off-shore en mer de Chine ; détection des nappes d'hydrocarbures ; étude de l'érosion côtière en Thaïlande, en vue d'évaluer entre autre des possibilités d'aquaculture... Fin 1991, une trentaine de projets pilotes ont été acceptés, et environ dix fois plus d'actions scientifiques. Le principe retenu par l'ESA est que les données d'ERS-1 seront fournies gratuitement, à une fréquence définie en accord avec les auteurs du projet ou de l'action. Ceux-ci devront en retour fournir une évaluation de l'intérêt des données satellitaires pour le but qu'ils se sont fixé.

La contribution de l'ESA dépasse parfois la simple fourniture de données et peut comporter la mise à disposition d'équipements nécessaires à leur traitement.

L'ESA participe aussi à des actions de formation, en général en coopération avec d'autres organismes. Ainsi en 1992 prend-elle part à six activités de formation organisées par l'ONU, dont deux utilisent l'observation par satellite (gestion des ressources naturelles, analyse des données de télédétection).

Sous l'égide de l'ONU aussi, elle accueille, comme les années précédentes, cinq stagiaires qui se formeront aux techniques spatiales. Elle participe, d'autre part, à divers enseignements, à l'échelle nationale ou continentale, sur l'interprétation des images radar, et surtout sur les utilisations envisageables d'ERS-1. Des cours sur ce thème examineront les applications en Amérique latine, en Asie du sud-est, en Afrique orientale, au Maghreb, en Europe centrale et orientale.

L'observation spatiale de la Terre et la télédétection de ses ressources, à peine âgées de vingt ans, ont maintenant acquis leur majorité.



Il existe plusieurs programmes opérationnels de satellites, continus dans le temps, qui permettent aux scientifiques de travailler sur le long terme, en ayant la certitude de pouvoir disposer de données régulièrement mises à jour et comparables entre elles. De plus, la précision et la variété des technologies utilisées pour l'observation font qu'il n'est plus guère de paramètre significatif qui échappe aux mesures.

Il faudra certainement plusieurs années pour que toute la richesse des données spatiales soit exploitée, que leur complémentarité avec les informations recueillies localement soit parfaitement clarifiée, enfin que l'on sache en tirer des prévisions fiables pour la production agricole, l'exploitation des gisements, la gestion de l'eau, l'évolution climatique... Il faut en effet augmenter la puissance de traitement pour brasser des données plus nombreuses, développer des modèles plus fins que ceux qui existent actuellement, les valider par des confrontations multiples avec des données de terrain.

Il faut aussi, et c'est peut-être le plus urgent, **former les hommes** qui exploiteront ces données spatiales et contribueront avec d'autres à guider les décisions politiques. Ces vingt dernières années ont aussi été celles d'une prise de conscience mondiale, dont témoigne la présente conférence, de la finitude de notre globe, de la limitation de ses ressources, y compris celles, comme l'air et l'eau, qui semblaient inépuisables.

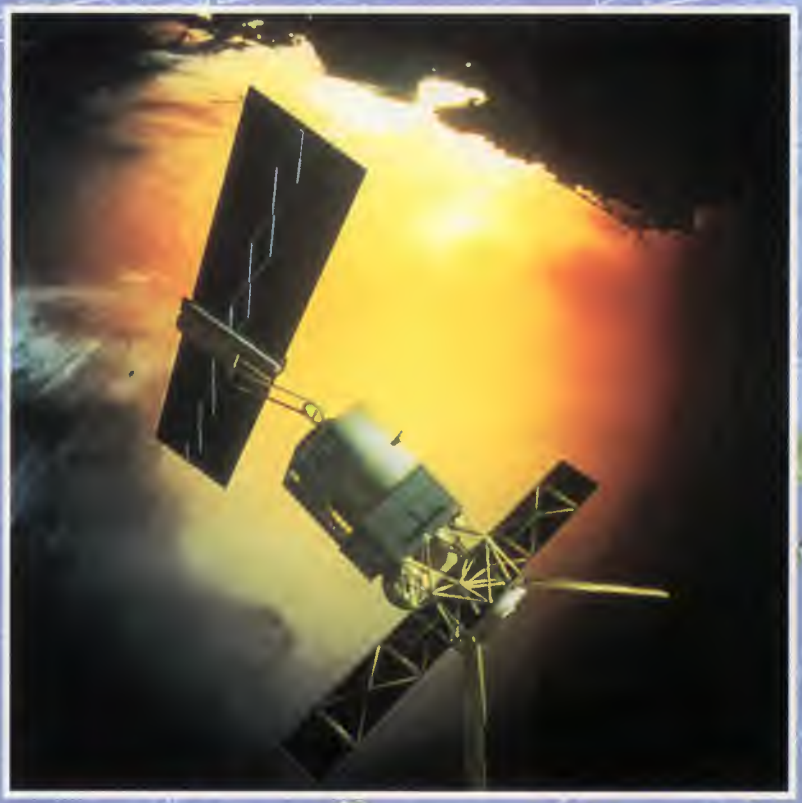
Tout programme un peu ambitieux de développement doit intégrer cette contrainte forte qu'est la préservation d'un environnement où l'homme puisse vivre. Et pour cela aussi, la formation des hommes est sans nul doute le plus important.

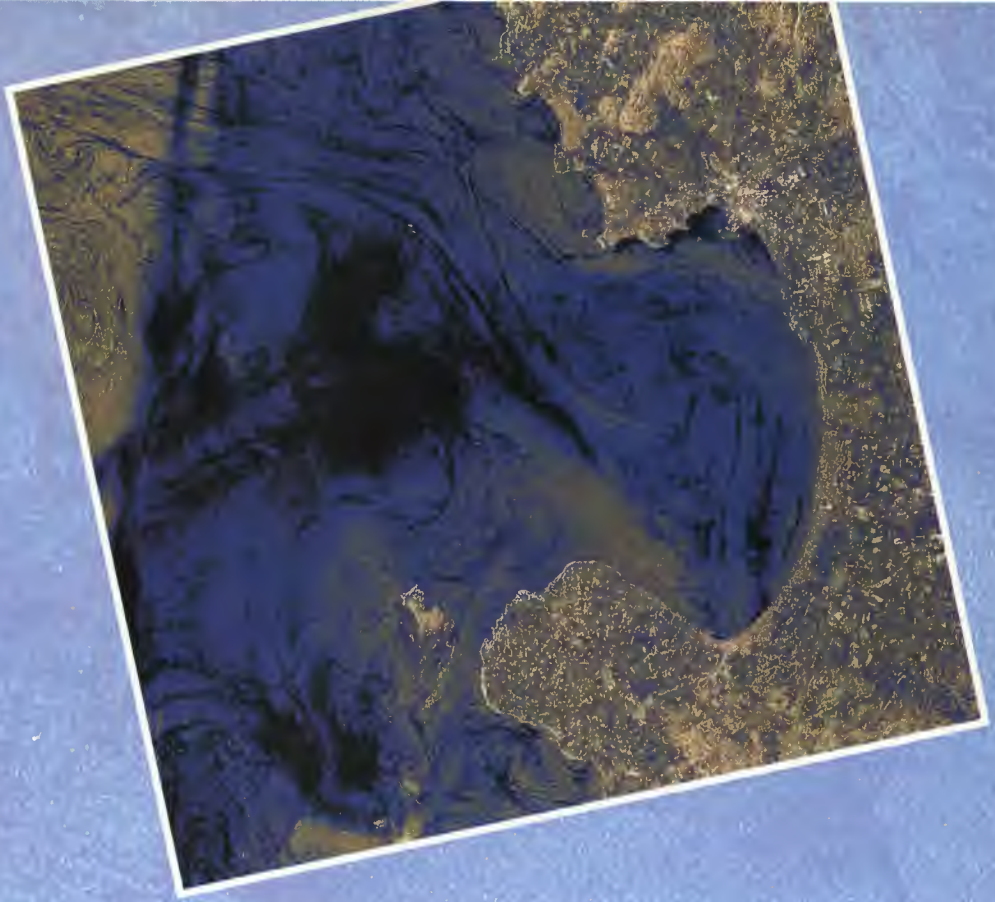
ERS-1 et ses radars

Quand l'ESA a entrepris le développement du satellite ERS-l, un de ses objectifs majeurs était d'innover par rapport aux satellites de télédétection déjà en orbite ou en construction. Ceux-ci captent passivement le rayonnement naturellement émis ou réfléchi par la Terre, lumière visible ou infrarouge. La décision a donc été prise de munir ERS-l d'instruments actifs qui envoient vers le sol un faisceau d'hyperfréquences et analysent celles qui sont réfléchies vers le satellite. **C'est l'observation par radar.**

Un de ses avantages est que les faisceaux radars traversent les nuages et que l'on peut donc observer par temps couvert, ce qui était presque indispensable pour un satellite destiné a l'étude des océans. Un autre est que l'on est maître de l'émission et qu'on peut faire varier ses caractéristiques en fonction du but qu'on se donne. Ainsi l'instrument principal d'ERS-l, appelé "Active Microwave Instrument" (AMI), peut-il être utilisé pour fournir des images ou pour étudier l'état de la mer, ou encore pour mesurer la vitesse du vent.

Cet instrument est constitué d'un **radar à synthèse d'ouverture** (Synthetic Aperture Radar), qui illumine une bande d'environ 100 kilomètres de large située à 250 kilomètres à droite du plan vertical de la trajectoire.





En mode "image" (Image Mode), le déplacement du satellite permet d'observer la bande illuminée avec une résolution de 30 mètres. L'importance du flot de données ainsi acquises exclut son enregistrement à bord du satellite, et suppose donc que le satellite soit en vue d'une station de réception. Une quinzaine de stations sont déjà opérationnelles, et assurent une bonne couverture de l'hémisphère Nord et de l'Antarctique; d'autres s'y ajouteront pour l'Amérique du Sud et l'Afrique. D'autre part, la puissance consommée oblige à restreindre le fonctionnement dans ce mode à dix minutes par orbite - durée pendant laquelle le satellite se déplace d'environ 5000 kilomètres.

L'information est stockée à bord, puis diffusée lors du passage du satellite en vue des stations de Kiruna (Suède), Fucino (Italie), Gatineau et Prince Albert (Canada), ou Maspalomas (Iles Canaries, Espagne).

L'AMI comporte un second radar, dont les trois faisceaux, orientés vers l'avant, sur le côté et vers l'arrière, illuminent successivement les mêmes zones au cours du déplacement du satellite.

En mode "vagues" (Wave Mode), le faisceau du radar est concentré sur une zone de 25 kilomètres carrés et l'on extrait des informations reçues le spectre des vagues, c'est-à-dire leur décomposition en ondes de différentes fréquences. Cette analyse est répétée tous les 200 ou 300 kilomètres.

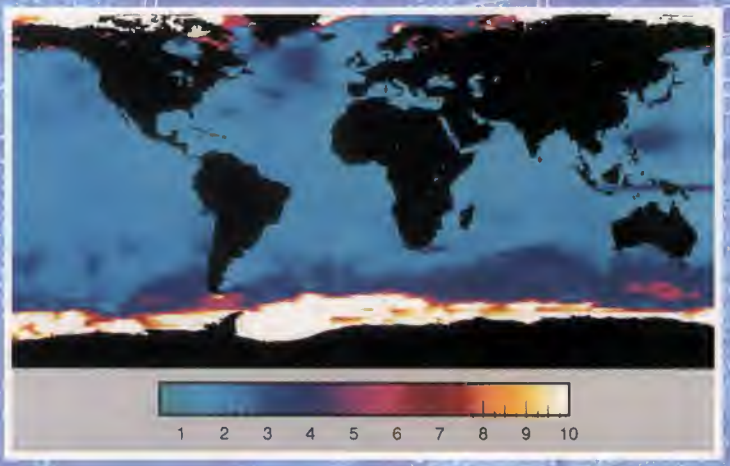
La combinaison des trois informations permet de connaître la vitesse et la direction du vent à la surface de la mer. C'est une information complémentaire de celle fournie par les satellites météorologiques qui enregistrent les mouvements des nuages, à partir desquels on calcule la vitesse du vent en altitude.

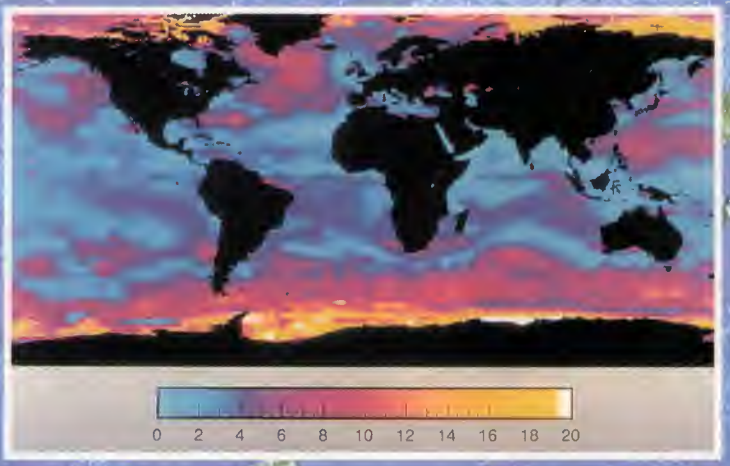
Autre instrument utilisant un radar, cette fois-ci à faisceau vertical : **un altimètre** qui lui aussi fonctionne dans deux modes. Le **mode "océan" (Ocean Mode)** permet une mesure précise de l'altitude du satellite au dessus de l'eau.

On peut en tirer l'amplitude des marées, mais aussi la hauteur des vagues, celle-ci conditionnant la forme du signal reçu. Le **mode "glace" (Ice Mode)** fournit des informations analogues de hauteur et de régularité au dessus des banquises et des glaciers.

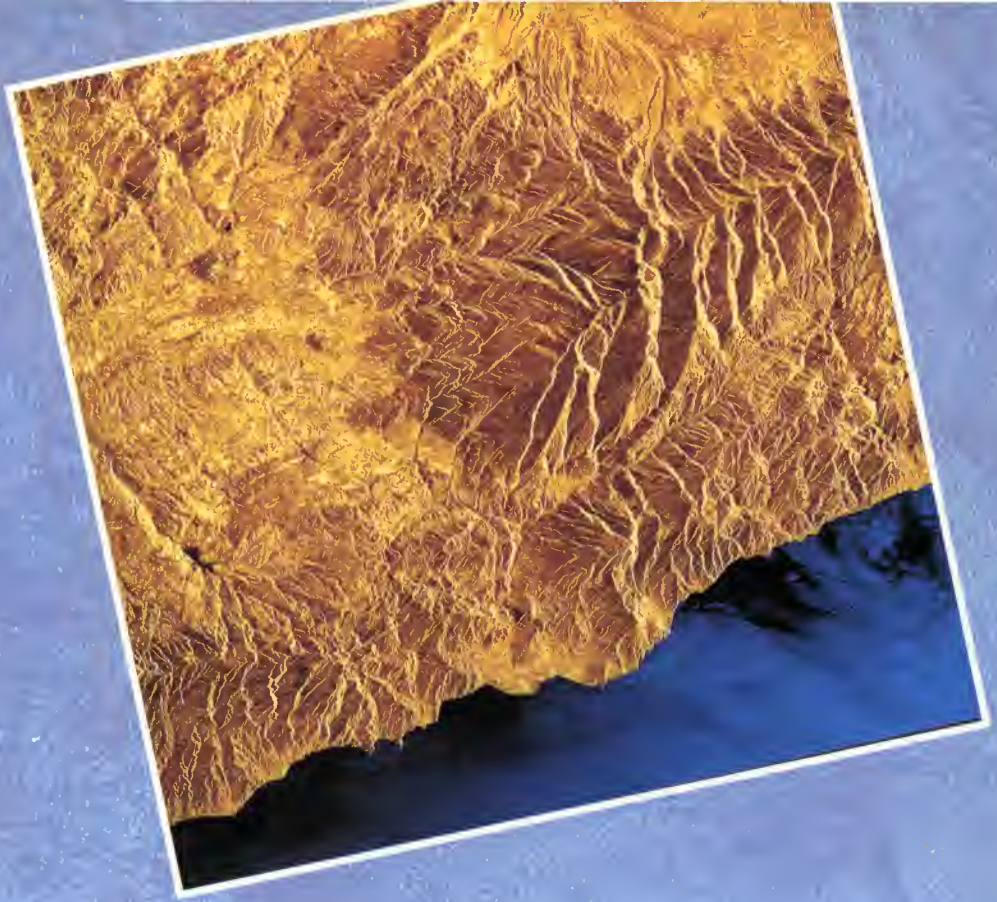
ERS-1 est aussi équipé d'un **radiomètre infrarouge** (Infrared Radiometer) qui mesure la température de surface des mers avec une précision qui peut atteindre le dixième de kelvin. Associé à ce radiomètre, un **sondeur hyperfréquences** (Micro-wave sounder) détermine la quantité totale d'eau atmosphérique, laquelle doit être connue pour corriger les données brutes fournies par l'altimètre.

Moyenne de la hauteur significative des vagues (m) mesurée par l'Altimètre Radar d'ERS-1 au cours de la période du 20 au 27 octobre 1991 sur l'ensemble du globe.





Moyenne de la vitesse du vent en m/s (U*10) mesurée par l'Altimètre Radar d'ERS-1 au cours de la période du 20 au 27 octobre 1991 sur l'ensemble du globe. Les résultats n'ont pas été corrigé d'un biais de 1dB de 6° dont l'existence était connue.

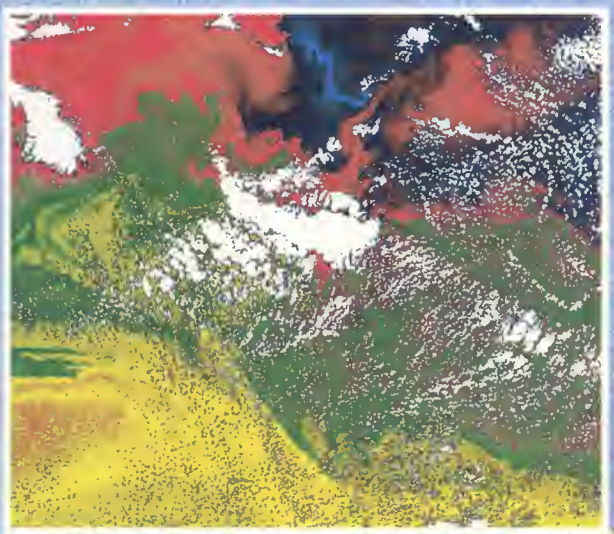


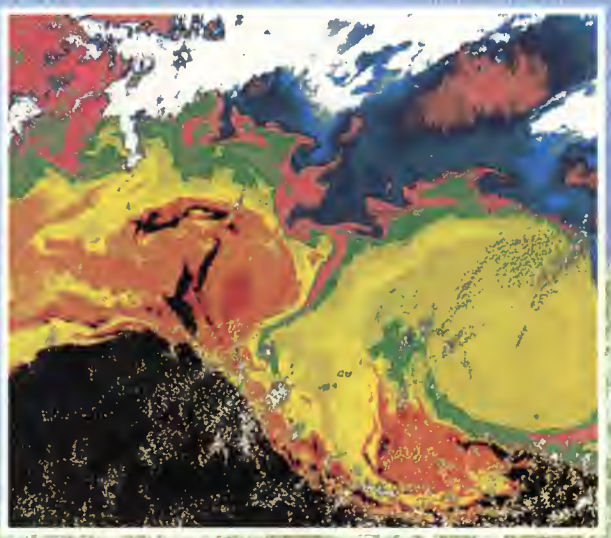
Enfin un **réflecteur laser** (Laser Retroreflector) situé sous le satellite permet de déterminer précisément sa trajectoire, information indispensable pour exploiter les informations qu'il envoie.

Tous ces instruments sont montés sur une plate-forme dérivée de celle qui fut créée pour les satellites SPOT. Celle-ci a été adaptée à la mission d'ERS-l, avec en particulier de plus amples panneaux solaires pour fournir l'énergie nécessaire au fonctionnement des radars. La masse totale du satellite est de 2300 kilogrammes. **Mis en orbite le 17 juillet 1991 par un lanceur Ariane, il décrit une orbite circulaire à environ 800 kilomètres d'altitude.** Presque perpendiculaire à l'équateur, cette orbite permet au satellite d'observer en un petit nombre de jours toute la surface du globe.

De plus elle est héliosynchrone: quand le satellite repasse à la verticale d'un même point, il le fait toujours à la même heure locale, ce qui facilite la comparaison des informations recueillies au cours des passages successifs.

Ces images infrarouge du rayonnement thermique présentent une région de l'océan Atlantique située au large de la côte Nord-Est des Etats-Unis (au sud du Cape Cod).
La première image a été prise le 29 septembre 1991. On peut distinguer en haut de l'image, au centre, la silhouette caractéristique du Cape Cod en forme d'hameçon (en blanc).
Dans la deuxième image, prise 3 jours plus tard, le 2 octobre 1991, une structure tourbillonnaire géante au cœur chaud s'est formé au confluent du Gulf Stream et du courant du Labrator (en jaune, dans la partie inférieure droite de l'image).





Conclusion

La protection de l'environnement constitue certainement un des grands défis du XXIème siècle. Les satellites d'observation offrent un outil nécessaire qui contribue à faire face à ce défi en permettant d'en connaître les dimensions et l'importance relative de ses différents éléments constitutifs.

Il est important que la coopération internationale conduise à l'utilisation complémentaire des systèmes de satellites en cours de développement et que des mesures soient prises pour assurer une synergie toujours plus grande entre les différents moyens d'observation.
La formation des spécialistes est un préalable à l'interprétation et à l'exploitation des données des satellites. Les satellites et les moyens d'observation au sol devront être utilisés dans l'intérêt de l'humanité entière.

L'Agence Spatiale Européenne, en lançant le premier d'une série de satellites de surveillance de l'Environnement et en favorisant les programmes de formation et d'utilisation, montre la volonté de l'Europe d'apporter une contribution importante à l'effort nécessaire pour relever ce défi.

Les images satellitaires qui figurent dans cette brochure proviennent des satellites METEOSAT
et ERS-1 qui ont été développés par l'Agence Spatiale Européenne.
Copyright © 1992 European Space Agency

Editeur : Affaires Internationales (Agence Spatiale Européenne) - Fax : (33-1) 42 73 76 27

Création / Réalisation : GALBE / PARIS : 42 77 50 14

Imprimé en France par TECHNIC IMPRIM

Photos : © ESA / FAO (F. Mattioli - E. Bonitatibus - E. Alnusson - F.Botts - G. Tortolli
J. Van Acker - H. Null - M.C Comte - A. Conti - R. Faidutti - F. Paladini - Ch. Errath - F.Mc Dougall - X...).
GDTA Toulouse / GALBE A. Bertry.

esa
european space agency
agence spatiale européenne

agence spatiale européenne
8-10 rue Mario-Nikis
75738 PARIS cedex 15 - FRANCE