

From ERS-1 To ERS-2

# DESTINATION EARTH



Published by ESA – the European Space Agency  
Public Relations Division  
8-10, rue Mario Nikis  
F-75015 Paris, France

## 1111 Days on

It is three years since ERS-1 was launched into a polar orbit from Europe's spaceport at Kourou, on the morning of 17 July 1991. Three years during which ERS-1 has provided us with a very different view of our Earth and its environment.

### **The Hidden Ocean Floor**

Take one example: the sea floor of the Arctic Ocean is buried under five kilometres of sediments, up to five kilometres of water, and in places beneath several kilometres of ice. It is difficult to imagine that a satellite 780 km above the Earth could produce a detailed map of the topographic structure of the Arctic sea floor. And yet a British/American group of scientists made such a map from ERS-1 radar altimeter data. Not only does this reveal new mineral, possibly oil deposits, it also provides new insights into how a large part of the ocean basin was formed some hundred million years ago.

### **Seeing through Clouds**

Nature presents many obstacles to observation from space. Tropical rainforests, for example, are often hidden from optical instruments by a thick layer of clouds. But the microwave beam of the high resolution imaging radar on board ERS-1 cuts right through them. Accurate global information can be collected on what

are often referred to as the "green lungs" of our planet. However, just monitoring deforestation is not enough; there are many different faces to a tropical ecosystem – reforestation, selective logging of precious resources, sophisticated forest management. We are only beginning to learn how to extract this information from ERS-1 data. ESA and the Joint Research Centre of the European Union are currently engaged in a large long-term research programme, called TREES, to acquire this information and establish a tropical rainforest inventory that can be constantly updated.

### **In Phase with New Techniques**

SAR interferometry is quite new. Before ERS-1 was launched, this technique of making use of the information from two or more satellite radar images of the same region existed only in theory. Now scientists have been able to reveal features of the Earth from completely new perspectives directly from space: for example, deformations of the Earth's surface caused by earthquake, accurate to a few centimetres; the speed of flow of an Antarctic glacier, no more than 5 centimetres a day; large-scale three-dimensional topographic maps, called DEMs (Digital Elevation Models), which otherwise require expensive ground

surveys. Indeed the tectonic movement of whole continents can be seen by ERS-1 interferometry. Two years after the first ERS-1 interferograms were presented to a stunned scientific community, a whole new area of research has opened up quite unexpectedly.

### **New Eyes Over Oily Seas**

It was anticipated that ERS-1 would be able to detect marine oil spills, from the slight damping effect on the sea surface. A series of experiments, including the swift reprogramming of ERS-1 instruments after major tanker accidents, proved this capability. Today, the oil pollution monitoring capability of ERS-1 is well established, and Scandinavian coastlines are already routinely monitored from space. Coastguards and maritime offices of other countries are preparing similar services for the near future. The objective is not so much to observe major catastrophes, which necessitate massive clean-up operations, as to detect small, hidden and often illegal discharges and medium-sized pollution sources, principally from ships cleaning their tanks, usually at night.

### **Not-So-Simple Climate Change**

Climate change has been at the top of scientists' agenda for many years. Yet we cannot tell precisely when and by how much the Earth's temperature will rise. Nor do we know the potential

regional impact of global climate change. However, the climate has never been stable. Among the primary keys to a better understanding of our climate are recurrent regional variations like the El Niño event, or Southern Pacific Oscillation. ERS-1 produced the most detailed models of the last El Niño event in 1991/92, month by month, giving a complete image of the fluctuations in sea level and sea surface temperature during that period. This helped to confirm theories about why El Niño suddenly begins and how it develops, and at the same time to detect some unexpected features of the 1991/92 event.

### **The Sharpest Eye in the Sky**

ERS-1 is unique in many respects. It is Europe's first remote sensing satellite to carry four different, complementary instruments, and as such is a precursor of tomorrow's multi-mission spacecraft. Its radar instruments work day and night, irrespective of cloud cover and weather conditions. ERS-1 covers the whole Earth from pole to pole: its instruments supply data on the oceans, which cover 70% of the Earth's surface, and on coastal areas, where more than half the world's population lives. This coverage includes land surfaces with their renewable and non-renewable resources, and the polar ice caps, which together with the oceans are fundamental to our climate and climate change.

## **ERS-1 and ERS-2 in Tandem**

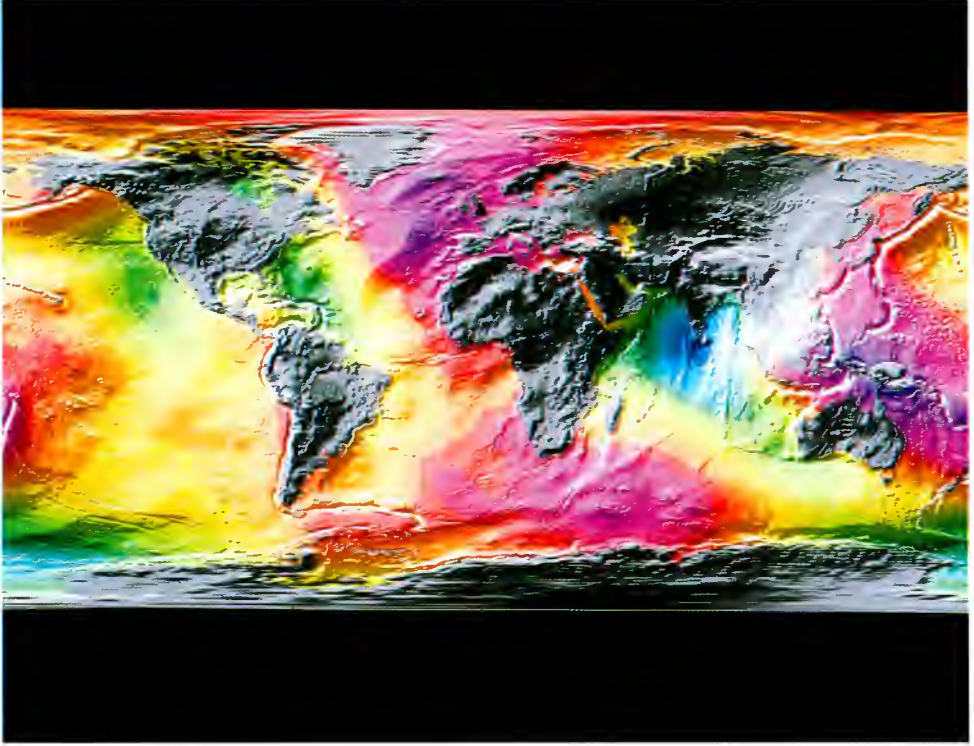
ERS-1 has already operated for over 150% of its planned lifetime - and it is still in perfect working order. ESA has therefore scheduled the launch of its successor, ERS-2, for the end of 1994 or early 1995. ERS-2 will ensure continuity of remote sensing data for the numerous ERS user communities. ERS-1 and ERS-2 will also operate in tandem for as long as ERS-1 is still working. This offers many additional possibilities for science and derived commercial applications which a single ERS cannot provide.

ERS-2 will be practically a carbon copy of ERS-1, with three important differences: first, it will carry an instrument purpose-built to measure atmospheric ozone levels globally; secondly, the ERS-2 infrared radiometer will have three extra channels in the visible part of the spectrum, optimised for vegetation monitoring; finally, an improved version of the PRARE instrument will provide more accurate measurements of the spacecraft's orbit - which in turn will help to improve the accuracy of the data from the other onboard instruments.

This booklet can present only a small fraction of ERS-1 results. It would be impossible to compress an authoritative summary of ERS-1 science and application results into such a small volume. This is why twenty new pictures of ERS-1 results and data have been selected to

exemplify the contributions made by this satellite to the Earth sciences. The "ERS System" is also described in five background briefing notes.

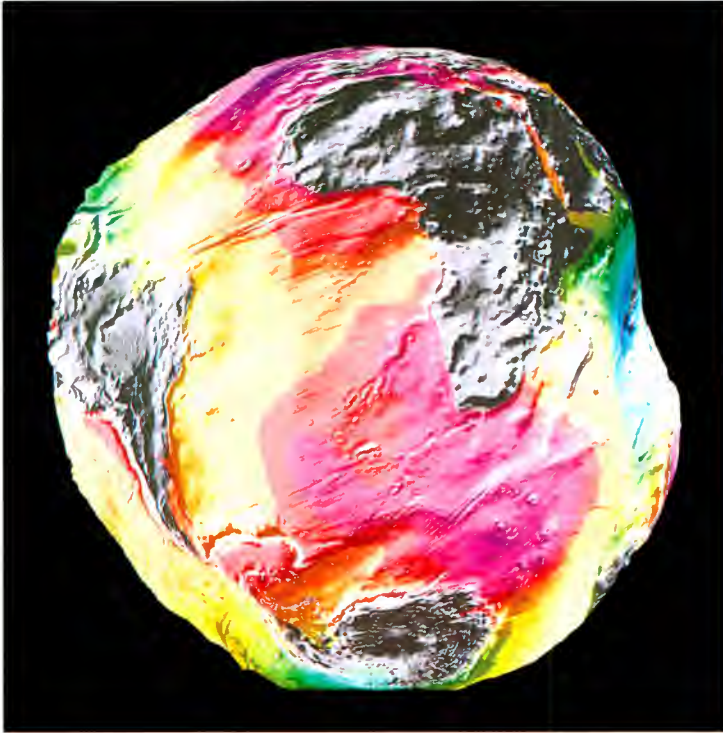
For information, references to further reading and a list of ESA contact points have been included.



ERS-1's vision is not only global, it is also different from that of the human eye. This world map of the mean sea level was obtained on the basis of one year's measurements by the ERS-1 radar altimeter. This instrument determines, with great accuracy, the distance between the satellite and the surface of the Earth.

Radar altimeters themselves are not new, as altimeter data have played a vital role in oceanographic and climate research for many years. The distinctive feature of the ERS-1 radar altimeter is that it also covers the regions above 70 degrees latitude, almost to the North and South poles: in fact, up to 82 degrees latitude. Also, the ERS-1 orbit provides very high spatial sampling, specially adapted to the study of meso-scale structures of the ocean surface, which stand out clearly on this image.

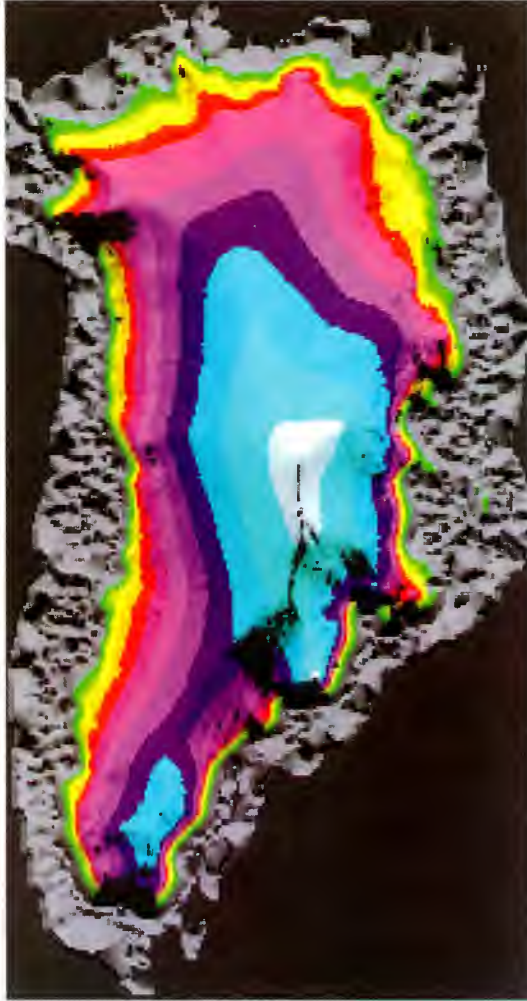
*Image courtesy of GFZ Potsdam. Copyright ESA/D-PAF(GFZ Potsdam).*



Extraordinary as it may seem, the surface of the oceans is not flat but has hills and valleys, which follow the contours of the ocean floor: the gravitational force of the mass collected in the "mountains" of the sea floor pulls water over these mountains tops. The mean ocean surface, which on these images is represented by an illuminated relief, is therefore echoing the sea floor topography.

Because the Earth is not a homogeneous sphere, the Earth's gravity field is not isotropic but features spatial variations. These lead to variations in the mean sea surface level on a larger scale than those induced by the ocean floor. In the two images above, the variations induced by gravity-field anisotropy have been translated into different colours and, on the right-hand image, an exaggerated representation of the corresponding deviation from the spherical shape. The actual deviation from a reference ellipsoid ranges from  $-105$  metres (blue) south of India to  $+85$  metres (pink) north of Australia.

*Image courtesy of GFZ Potsdam. Copyright ESA/D-PAF(GFZ Potsdam)*



The ERS-1 radar altimeter functions not only over the oceans but also over ice. Here, its dynamic range is adapted to follow the steeper slopes of Greenland and Arctic ice sheets, at the expense of absolute accuracy, which drops from a few centimetres over the oceans to, currently, about half a metre over ice for reference surface cells of some ten kilometres in size.

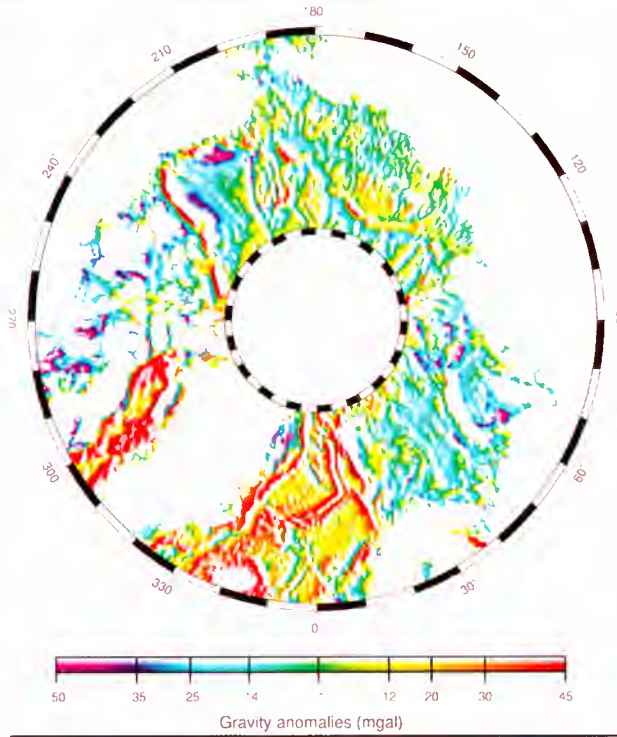
This image shows an illuminated relief of Greenland, calculated entirely from ERS-1 radar altimeter data, using the standard ocean tracking mode. The altitude information has been colour-coded, the highest ice elevation being 3277 metres above sea level.

This ERS-1 result represents the most precise topographical map of Greenland. Even more accurate results are expected shortly, especially using data from the purpose-built ice mode.

These results will give valuable information on climate change. As global warming may cause partial melting of the polar ice caps, continuous monitoring of their mass balance can be used as an early indicator of global warming and consequent sea level changes.

*Image courtesy of J.G.Morley, J.L.Bamber and C.G. Rapley, Mullard Space Science Laboratory, UCL. Copyright MSSSL-UCL/ESA.*





The ERS-1 Radar Altimeter is providing the first ever altimetric measurements above 72 degrees latitude. But as most of this region is permanently covered by ice, it looked quite impossible to gain information on the sea floor in the way it is obtained over ice-free oceans. Scientists have nonetheless taken up the challenge to extract this information from radar altimeter ice data.

The first to succeed were members of a British/American team. Not only are their results of much interest for oil and mineral prospecting and other applications, they also contain a scientific surprise: the pattern of the sea floor north of Canada shows evidence that Alaska actually rotated away from the Canadian Arctic Islands to form a large part of the Arctic Basin - an answer to a paleogeographical puzzle that nobody expected from ERS-1.

*Image courtesy of S. Laxon and D. McAdoo, Mullard Space Science Laboratory, UCL & Geosciences Laboratory, US National Oceanographic and Atmospheric Administration. Copyright MSSL-UCL/NOAA.*



Destruction of tropical rainforests - only satellites have the overview to track the consequences of human activity in this fragile ecosystem. This ERS-1 image of the Rio Branco area in Brazil was obtained by the superposition of two images taken in spring 1992 at an interval of 35 days to show changes in the vegetation over that period.

The data were also used by a group of German researchers in conjunction with ground truth studies covering this region in the southwestern part of the Amazon basin. The town of Rio Branco - the white spot centre right - and the BR-364 road traversing the image diagonally - have important and tragic implications for the rainforest.

Large deforested areas extend on both sides of the road, caused by "slash and burn" cattle farmers. Cultivation of pasture on these areas is an important factor in the ecosystem, and the changes in the vegetation over the observation period show up in red and green tones within the deforested patches. In the vicinity of Rio Branco, the deforestation pattern reflects urban sprawl typical of suburban areas in the tropical belt.

*Copyright ESA.*

## ERS Spacecraft

ERS-1 is the most sophisticated Earth observation satellite ever developed in Europe. Its payload consists essentially of two specialised radars plus an infrared sensor.

### Active Instruments

The active microwave instrument - the biggest on-board system - produces extremely detailed radar images of a 100 km swath of the Earth's surface: each 100 by 100 km frame is made up of 8000 by 8000 pixels, each of 16 bits. The pixel values represent the backscatter coefficient of the corresponding 12.5 by 12.5 metre surface cells on the Earth. In wind and wave modes, this instrument measures continuously and globally, in a much lower spatial resolution, wind speed and direction and ocean wave parameters. The second instrument, the radar altimeter, takes measurements - accurate to within a few centimetres - of variations in the satellite's height above sea level and ice: it determines the return time of a sharp, chirping radar pulse reflected on water or ice surfaces. Analysing the waveform of the echo signal supplies additional information on wave heights.

### Passive Instruments

The third instrument, the along-track scanning radiometer (ATSR), constructs detailed pictures of the

thermal structures of the seas and oceans from surface temperature measurements accurate to 0.5 degrees Celsius. This precision is achieved by a particular technique of measuring at two viewing angles.

A new microwave sounder on board ERS-1 supplies data on atmospheric humidity, which are used for improving the accuracy of the radar altimeter and the along-track scanning radiometer.

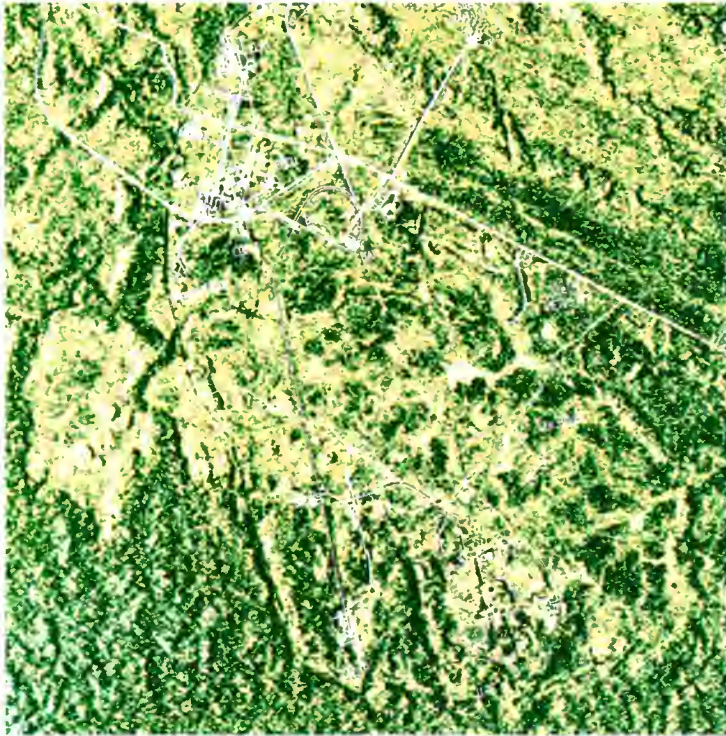
Weighing well over two tonnes, the satellite measures almost twelve by ten metres fully deployed. An advanced platform carries the 800 kg payload and its antennae, a solar generator delivering over 2000 watts, an elaborate data-handling and transmission system for on-board storage and downlink of raw data to ground stations.



This spectacular mosaic, made of 18 ERS-1 images, shows the whole of French Guiana, covering an area of over 91000 square kilometres. It is the first complete high-resolution satellite image of French Guiana, which is under cloud cover for most of the year. Europe's Spaceport, from where the Ariane launchers lift off into space, is situated near the coast just south of the infamous Devil's Island, top centre of the image.

Most of French Guiana - an area three times the size of Belgium - is virgin tropical rainforest, apart from a narrow populated strip along the coast. Accurate topographical maps of the interior are unavailable, and this mosaic is therefore now being used by pilots as a navigation aid. Scientists have been using these data to obtain a wealth of information on the Guianese ecosystem, in particular the swamps and mangroves on the coast. Geologists are using the relief information, which can be extracted even with 97% vegetation cover, to prospect for gold.

*Image courtesy of J.P. Rudant, Université Pierre et Marie Curie de Paris and H.Maitre, Télécom Paris, in collaboration with BRGM, ORSTOM, and with support from numerous French authorities.*



A major obstacle to the use of radar imagery for detecting small objects is the grainy fine structure, called speckle noise, inherent in every radar image. Speckle noise can be reduced by special filtering techniques, which require several images of the same region. This image - 7.5 by 7.5 km - of Europe's spaceport in Kourou was obtained on the basis of six images and has an actual spatial resolution very near to the theoretical capabilities of ERS-1.

The black spots represent buildings or other facilities on the launch site, and a map of the spaceport infrastructure has been overlaid to demonstrate how much detail this image actually contains, and to help identify the various buildings and facilities.

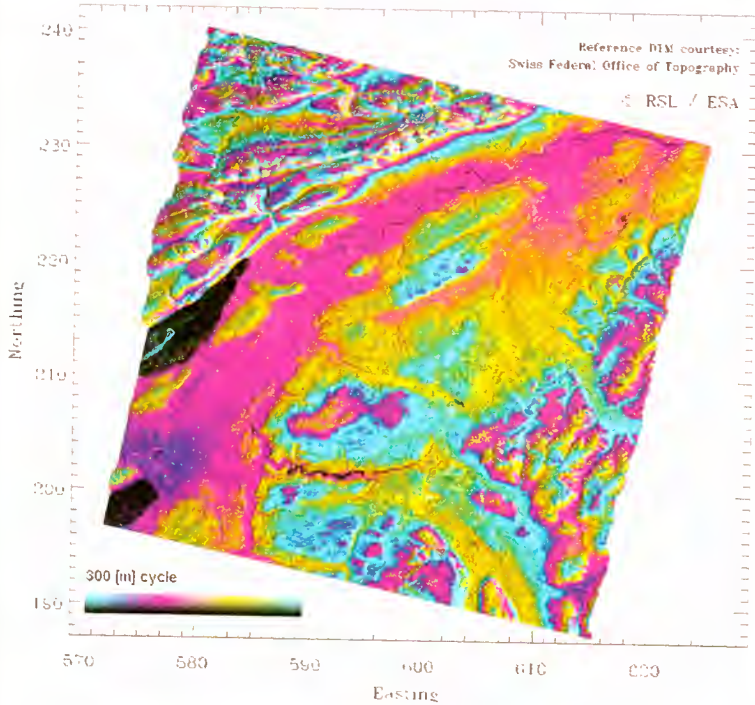
*Image courtesy of J.P. Rudant, Université Pierre et Marie Curie de Paris and C.Penicaud, DGA/ETCA/Cellule d'Etudes en Cartographie Numérique, and ESA.*



An exciting and promising technique for using ERS-1 data is synthetic aperture radar interferometry. Using interferometry, it is possible to produce detailed three-dimensional relief maps of the Earth's surface with an accuracy of a few metres, direct from ERS-1 data.

This image of the Bay of Naples is a combination of a normal "backscatter-intensity" radar image and an interferogram of Vesuvius and its vicinity. The interferogram does not use the intensity but the phase information of the backscattered signals. What are actually calculated are the phase differences between two images taken from slightly different positions in consecutive overpasses of the same region. These phase differences, translated into a colour scale, directly correlate with the altitude of the terrain: the typical interference fringes on this image correspond to lines of equal altitude on a topographical map.

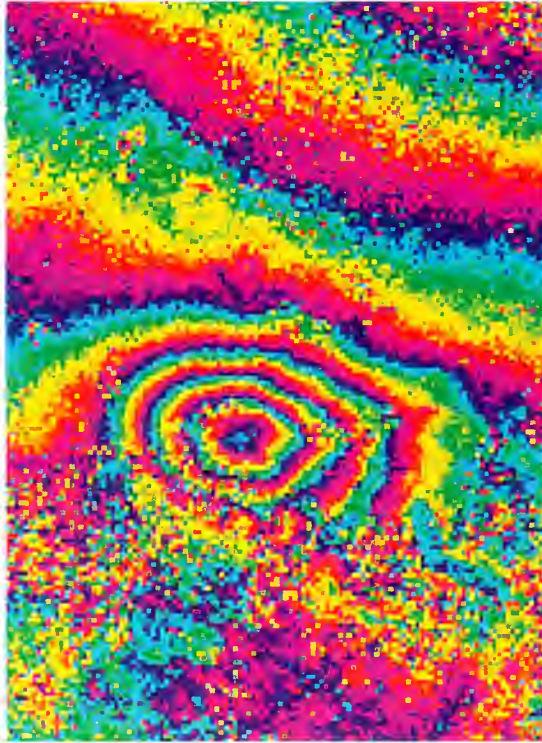
*Interferogram courtesy of F. Rocca, Politechnic University of Milan.  
Copyright PoliMil/ESA.*



An interferogram is the input for generating a topographical map, which, in computer-readable form is called a digital elevation model (DEM) - a valuable modern cartographic product. This image shows a DEM of the region around Bern in Switzerland, which was obtained from an ERS-1 interferogram. The Jura mountains can be seen in the north-west, and in the centre the Aare river flows north-east out of Lake Biel.

The height information has been mapped with a repeating colour cycle of period 300 metres. The intensity of each pixel in the image is proportional to the SAR backscatter. The image was geocoded into the Swiss cartographic reference system to evaluate the accuracy of the height information. In this case, an RMS accuracy of 12 metres was obtained over a 150 square kilometre area north-east of the city of Bern, using the "DHM25" elevation model from the Swiss Federal Office of Topography as a reference. Accuracy could be further improved if the spatial distance between overpasses were optimised.

*Image courtesy of D. Small, C. Werner & D. Nuesch, Remote Sensing Laboratories of the University of Zurich. Copyright RSL-U Zürich/ESA.*



The title page of the science magazine "Nature", published on 8 July 1993, showed an interferometric image of an earthquake which had struck the Californian Mojave desert 12 months earlier. This publication, by a group of French researchers at CNES, became one of the best known ERS-1 results obtained so far.

The group has since proceeded with a systematic search for further terrain movements in the region. The image above is an example of what they were able to achieve: the four concentric fringes in the centre are a map of terrain movements of a maximum value of 112 mm in the direction of the satellite (upwards with 23 degrees inclination). This movement is interpreted as an aftershock measuring 5.1 on the Richter scale, which was registered on 4 December 1992, 159 days after the main earthquake. The diameter of the outermost ring is 5 km.

The prospect of measuring terrain displacements with millimetre precision, directly from space and with a minimum of ground survey, has obviously led many companies and groups around the world to investigate SAR interferometry.

*Image courtesy of D. Massonet et al., CNES & CNRS.  
Copyright CNES/CNRS/ESA.*



## ERS-1 In-Orbit Performance

ERS-1 was launched on the morning of 17 July 1991, at 01.46 hours GMT. By 1 August 1994, after exactly 1111 days in orbit, the spacecraft's instruments had made 15887 orbits, scanning the Earth from 780 km. The imaging radar had acquired over 878 000 frames of which about 575 000 are unique, taking double acquisitions by nearby ground stations into account.

The performance of ERS-1 has been outstanding over the entire three-year operations period. Thorough testing revealed that its instruments met and in most cases exceeded the original design specifications.

### Top Class Engineering

Having lasted 50% beyond their design lifetime, all ERS-1 instruments are still working well within the specifications. The number of technical problems has been comparatively small and has not significantly altered the spacecraft's performance: the failure of the PRARE at the end of July 1991 was largely offset by improved laser tracking. The failure of the 3.7 micron channel of the ATSR on 27 May 1992 had only a minor impact on the precision of the measurements; various memory problems which occurred during summer 1992 were conclusively solved by 9 September 1992; finally, the failure of an X-band

transmitter tube in December 1993 required the use of the back-up unit, coupled with a modified operations scenario to maximise its lifetime.

Another indicator of the excellent spacecraft performance is the payload availability of about 97% of the scheduled time, averaged over the first three years in orbit.

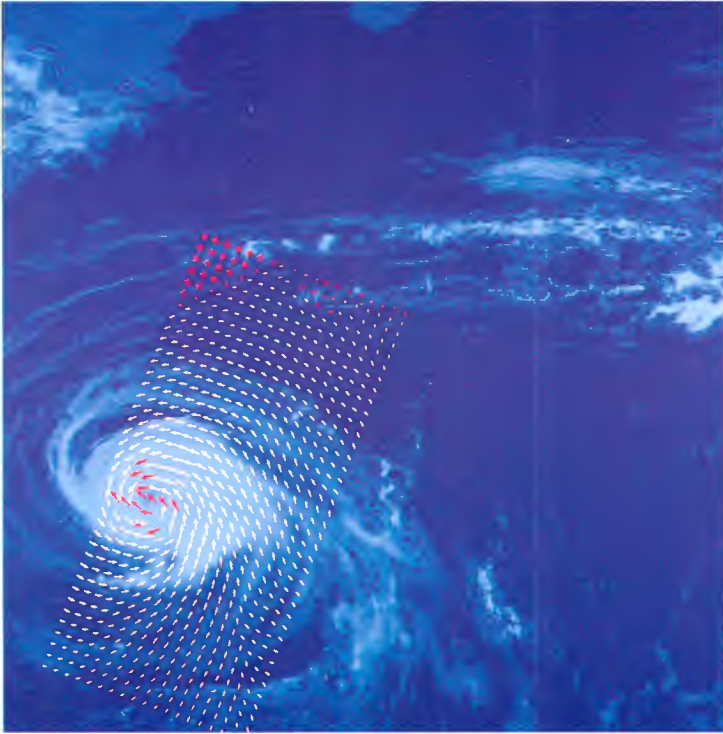
Today it is expected that ERS-1 will deliver useful data until at least the end of 1995, practically twice as long as initially foreseen.



The Galapagos Islands are best known for their unique flora and fauna, which Charles Darwin used as evidence in support of his theory of evolution. In this image of the islands the most interesting feature is not on the land, but the surrounding sea. Strong currents interact with the islands and the sea floor, producing internal waves and typical diffraction patterns. Internal waves are invisible to optical detectors as they correspond only to differences in water density and salinity. But the ripple they cause on the water surface is visible on radar and shows up clearly on ERS-1 images.

Many other ocean phenomena connected with currents, tidal effects and the interaction of winds with the ocean surface can be observed thanks to ERS-1.

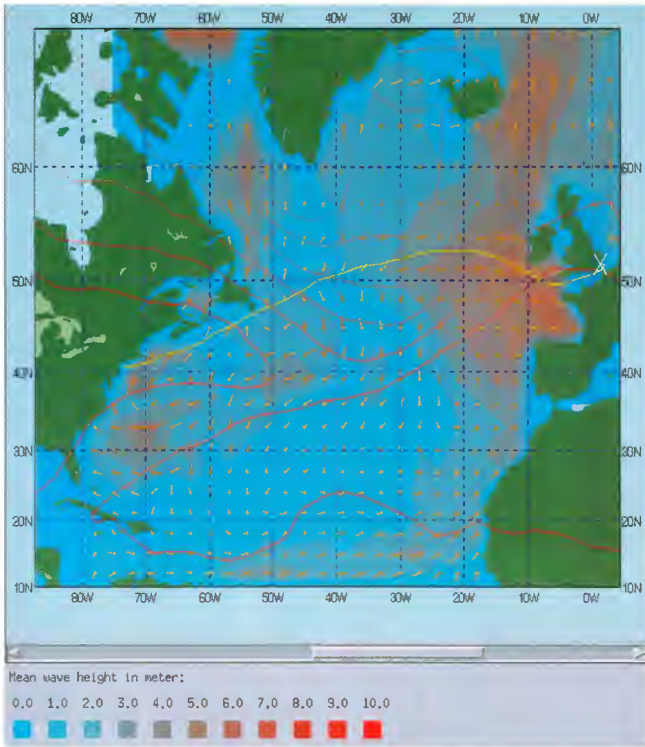
*Copyright ESA.*



Many densely populated areas in the tropical belt are threatened by hurricanes. These violent storms are routinely monitored by weather satellites in geostationary orbit - notably the Meteosat series - allowing early warnings to be issued. However, the study and better understanding of hurricanes requires more detailed data than these satellites can deliver. The ERS-1 scatterometer, for example, measures sea-surface wind speed and direction, which are linked with the energy released by a tropical storm.

ERS-1 has observed quite a number of hurricanes. This image of Hurricane Emily is a combination of a Meteosat-3 weather image and ERS-1 scatterometer data, both taken on 30 August 1993 at 15.30 hours. The arrows show wind direction, and their length corresponds to wind speed. The red arrows near the eye of the hurricane indicate very high wind speeds - over 15 m/sec.

*Copyright ESA.*



In the operations of a container ship, every hour lost against headwinds means lost income. Worse still the uppermost containers are sometimes swept overboard by high waves. Hence the need for an operational ship routing service for intercontinental traffic.

Dornier/Deutsche Aerospace and the Max Planck Institute for Meteorology are now jointly setting up a pilot system, starting in autumn 1994, on the container ship Bonn Express owned by Hapag-Lloyd. The optimum route will be calculated on the basis of weather data in combination with wind measurements provided by ERS-1. After reception of this input via an Inmarsat satellite, routing maps will be generated on board the ship by computer.

This image shows a simulation of the system's performance. The ship's optimised route steers clear of the storms, which stand out in reddish colours.

*Image courtesy of Deutsche Aerospace & MPI for Meteorology.*

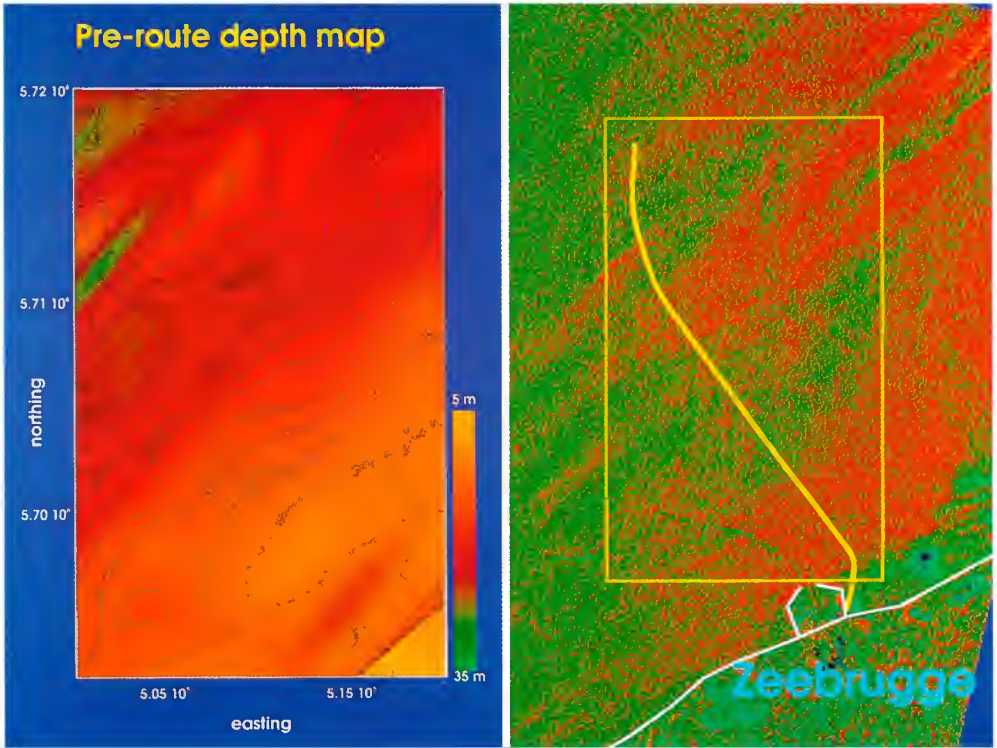


Various different types of ice stand out clearly on ERS-1 images in open water. Accurate ice maps can therefore be made from the images and transmitted to ships via telecommunications satellites to guide them safely through ice-infested waters.

Navigation in such waters is difficult and often requires assistance from icebreakers. Bad weather frequently keeps reconnaissance planes on the ground.

Unfortunately, ERS-1 coverage is not yet sufficient to supply daily ice maps - this will be the task of other dedicated radar satellites soon to be launched. However, ERS-1 pilot projects have provided a wealth of experience and the routine ice forecasting services of the Scandinavian countries and Canada use ERS-1 data as valuable supplementary information. This image - of low resolution to enable swift transmission by telecommunications lines - shows the ice edge between Svalbard and Greenland and was recorded on 29 September 1993. The open water is to the right.

*Image courtesy of Tromsø Satellite Station & Eurimage.  
Copyright TST/ESA.*



Laying an offshore oil and gas pipeline is a costly enterprise, which involves surveying the sea floor to identify the optimum route. The Dutch company Delft Hydraulics, which specialises in pipeline engineering services, is using ERS-1 SAR data in conjunction with existing maps and ship-echosounder information to establish such bathymetric maps.

In shallow water (up to 30 m deep), the interaction of tidal currents with sand banks and other structures of the sea floor causes modulation of the sea surface, which is registered by the ERS-1 imaging radar. Together with traditional surveying data, the structure of the sea floor can be reconstructed from ERS-1 data.

This image shows a reconnaissance depth-map of an area (20 x 30 km) in the North Sea, north-west of Zeebrugge, which was obtained by this method. The line through the image is the track of a ship which supplied complementary bathymetric data for calibration.

*Image courtesy of G.J. Wensink et al., Delft Hydraulics.*



Because oil has a restraining effect on waves – "pouring oil on troubled waters" – the backscattering of radar, which depends on the roughness of the sea surface, reflects this phenomenon. Very large oil spills, like this one from the wreckage of the tanker Aegean Sea near La Coruña in Northern Spain on 3 December 1992, provide spectacular examples of the capabilities of ERS-1.

This multitemporal image shows the full extent of the marine pollution on 13 December 1993, (dark green), and what was still left three weeks later, on 2 January 1994 (lighter green); note that the two bays to the right of the spill were not covered by ERS-1 on the second date.

However, much marine oil pollution is caused by ships illegally cleaning their tanks or by oil rigs. These small slicks also pose an environmental problem. Norway, for example, is already routinely monitoring its coastal waters for these frequent, but low-volume sources of pollution – with ERS-1. Meanwhile, scientists are addressing the problem of ultimately being able to clearly distinguish between oils slicks and natural slicks of harmless, biological material.

*Copyright ESA*



The photo above shows the German ERS-1 ground station in Antarctica, although "ice station" would be a more appropriate description. ERS-1's radar coverage would not be complete if it did not include the sixth continent, where the wind often exceeds 200 kph and temperatures can drop to  $-70^{\circ}\text{C}$ .

Building an ERS-1 receive station in this harsh environment was a major technical and logistical challenge. It was taken up by Germany and Japan, which now both have ERS-1 stations operating in Antarctica.

A typical research programme uses the data to address ice-ocean-atmosphere interactions in the Weddell Sea, an important element of climate modelling that is poorly understood. With a real-time SAR processor installed at the German ground station, low-resolution SAR images can be transmitted directly to research vessels in the Weddell Sea during their campaigns.

*Photo courtesy of DLR.*



## ERS Ground Segment and Data Flow

The operations of ERS-1 are supported by an elaborate worldwide ground segment. To handle the ERS-1 data rate of up to 120 Mbits per second, a large data-processing capacity to turn raw data into meaningful figures and images has to work hand-in-hand with a widespread network of ground stations for data acquisition. Facilities for data distribution, cataloguing and archiving complete the picture, along with the facilities needed for control of the satellite itself.

Management of satellite operations and the ground system involve ESA's data handling centre, ESRIN, at Frascati, near Rome in Italy, and ESA's operations centre, ESOC, at Darmstadt, near Frankfurt in Germany.

### Data Acquisition

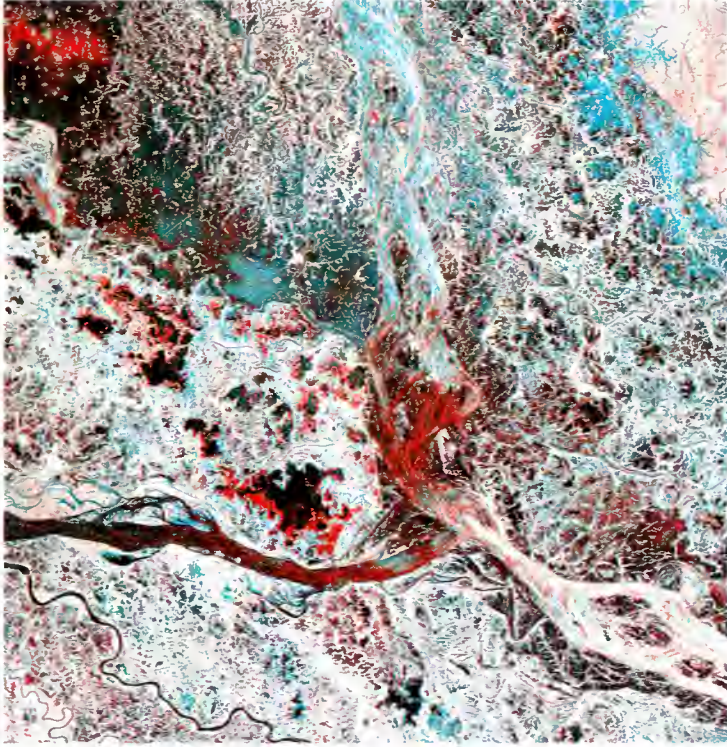
ESA operates four ERS-1 ground stations in Europe and Canada for the reception of SAR imagery and low-bit-rate data from the other instruments. About twenty "national and foreign stations" all over the world are equipped for the reception of ERS SAR imagery, which cannot be stored on board because of the high data rate and therefore has to be transmitted in real time to a ground station in the line of vision of the spacecraft.

### Data Delivery

Delivery of ERS-1 data and products takes place in two modes: within a few hours for the "fast-delivery" real-time users, and off-line within a few days to four weeks, in response to individually logged user requests.

The fast-delivery global wind and wave data are processed and dispatched within less than three hours of observation, to meteorological offices and other operational services. Scheduled fast-delivery images are made available in one to 24 hours maximum from the ESA stations in Kiruna, Sweden, and Fucino, Italy. ESA's fast-delivery chains are complemented by similar systems operated at the ground stations in Tromsø (Norway), Gatineau (Canada) and Fairbanks (Alaska).

The number of fast-delivery products is of course limited by the capacity of the tracking station and the communication links, but today all real-time users can be satisfied. A much larger variety of off-line products can be provided on request by the four Processing and Archiving Facilities (PAFs) in France, Germany, Great Britain and Italy. The methods used in processing the data are being improved all the time to meet evolving needs, along with the introduction of new ERS-1 products.

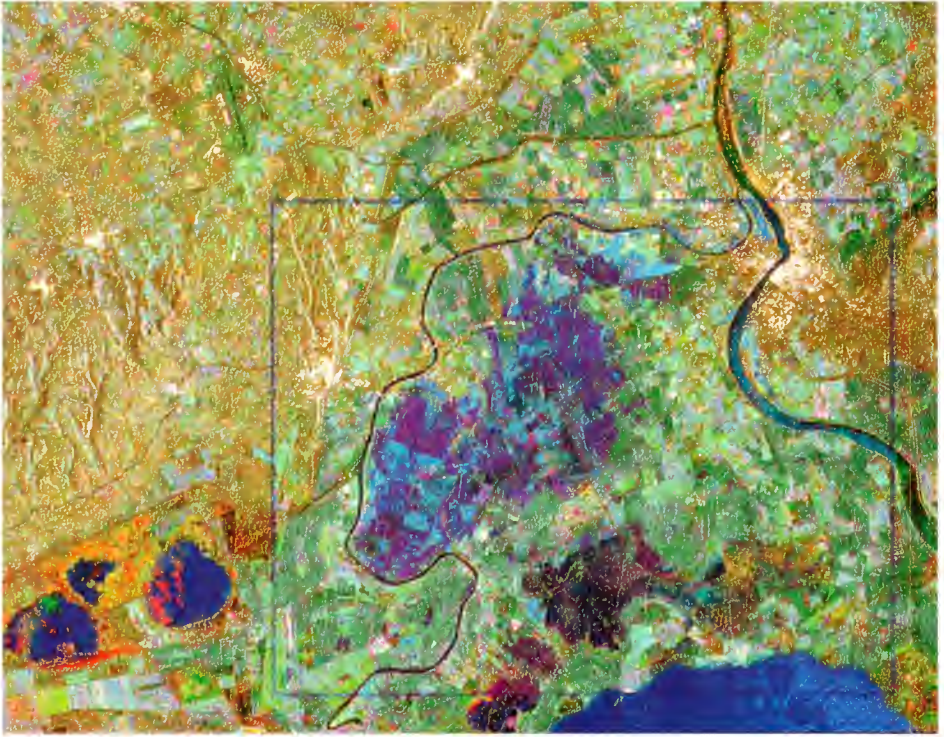


This multitemporal image, centred some 50 km west of Dacca, the capital of Bangladesh, shows the confluence of the Brahmaputra and Ganges rivers. An enormous number of smaller river courses form a patchwork of linear elements similar to the trunk and branches of a tree.

Two images, taken on 24 July and 28 August 1993, have been combined in red and blue. The colour combination brings out changes in land cover which during this period, are mainly linked to flooding. Red indicates areas flooded at the earlier date, while blue areas were flooded in August. Black areas were flooded on both dates.

Bright spots, such as those at the top left of the image, are villages, which stand out against the permanently flooded rice fields. On the right, a tropical rainforest is visible in reddish colours.

*Copyright ESA.*



The 1993 pre-Christmas flooding of the Rhine, the Rhône, the Danube and smaller rivers in Europe, was the worst for over 60 years. Images taken by ERS-1 provided an overview of the devastated areas and served in assessing the losses caused by the 4-week flood.

Many ERS-1 research projects are concerned with hydrology. One objective is to be able to measure volumetric soil moisture directly from space to determine whether the soil can still absorb rainfall or whether it is saturated, so that the resulting run-off could eventually cause flooding.

This image shows, in the blue frame, the region between the "Petit Rhône" and the Rhône and the extent of the flooded area on 15 January 1994, shortly after a broken dam had led to the flood.

*Copyright ESA.*

## **ERS-1 Users**

A multi-mission satellite like ERS-1 has well over a thousand users, and these vary widely in their objectives and organisational structures: from the individual scientist to the large multi-institutional research group; from the specialised value-added business to multi-billion dollar companies and large public services such as meteorological offices.

Not all these different users can be served in the same fashion. ESA has therefore developed a system of different conditions for access to ERS-1 data taking into account typical user profiles.

### **Commercial Users**

Commercial users have been purchasing data since January 1992, from the ERS Consortium, which is made up of three leading remote-sensing companies, Eurimage of Italy, SPOT IMAGE of France, and Radarsat International of Canada. For every country in the world, one ERS-consortium member has taken over the responsibility for data distribution.

However, the great majority of the ERS-1 users are not from the commercial sector, or at least not yet.

### **Principal Investigators**

First, there are over 1000 research groups using ERS-1 data for basic

research in oceanography, geology, hydrology, glaciology, climate research, bathymetry, meteorology and other Earth science disciplines. All scientists from Europe and abroad who have submitted research proposals to ESA and passed a peer review selection receive the data they need for their research projects free of charge. There are currently over 300 of these ESA-approved research projects: their organisers are known as Principal Investigators.

In April 1994, ESA was flooded with over 400 new proposals, after it had released an Announcement of Opportunity for ERS-2 data. It is therefore possible that the number of scientists working with ERS data will double by the end of 1995.

### **Pilot Projects**

Second, there are about 300 entities of varying backgrounds, which use ERS-1 data for practical applications in cartography, agriculture and land use, geology, forestry, hydrology and flood monitoring, ice monitoring and ship routing, pollution monitoring and other marine applications and, finally, SAR interferometry. However, the commercial or operational potential of ERS applications is in many cases still difficult to assess. This is why ESA introduced the user category of pilot projects, which may receive ERS-1 data free of charge

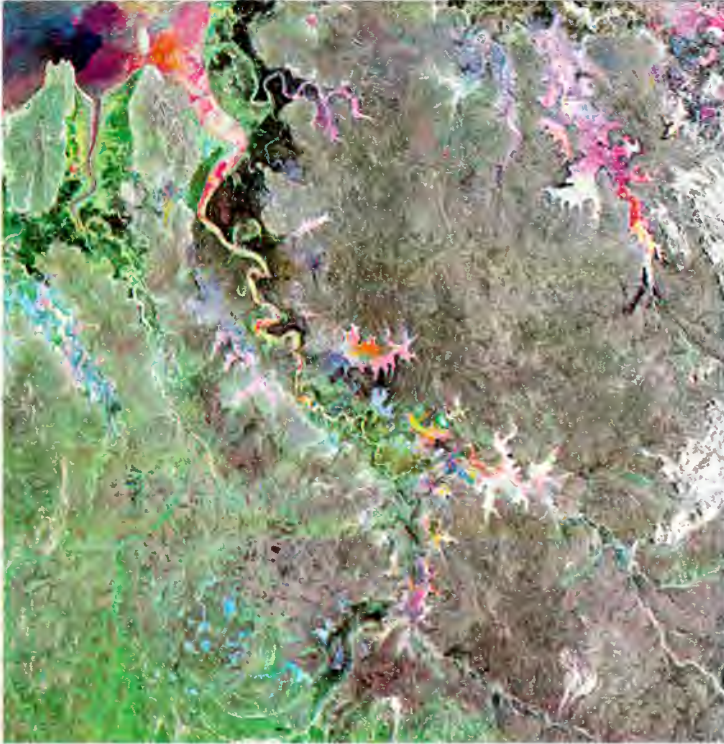
as long as they are gaining the necessary experience for their application.

Principal Investigators and Pilot Projects must report periodically on the progress of their work to ESA, and ESA in turn makes these results publicly available.

### **Other User Categories**

There is finally a group of ERS-1 users who have privileged access to ERS-1 data, not free of charge but against reimbursement of the cost of reproduction, which is considerably below the commercial price. This user category is called "research and applications demonstration use", and it covers the great variety of unsolicited proposals ESA receives outside the selection procedures for Principal Investigators and Pilot Projects. Instead of a peer review, ESA carries out an internal assessment prior to agreeing to the proposal.

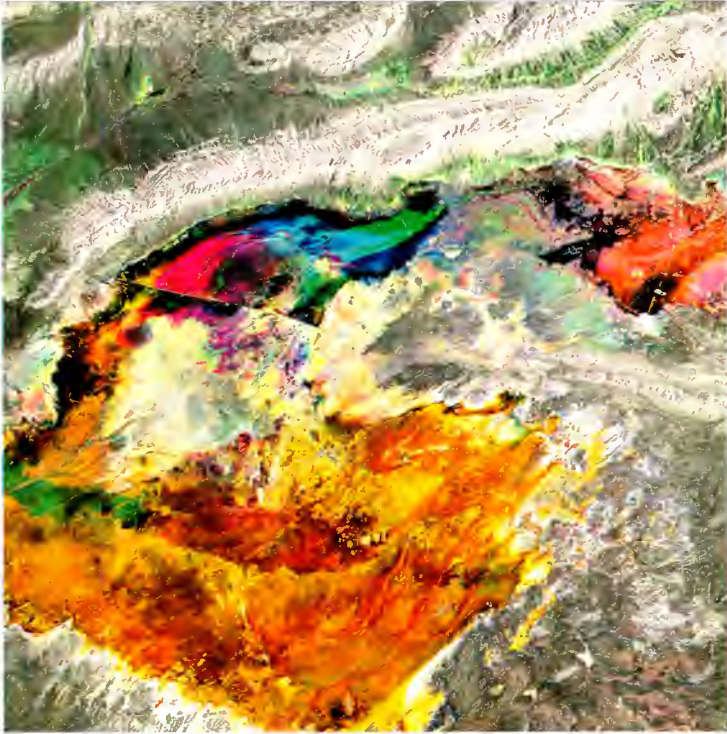
In conclusion, three years after the launch of ERS-1, the number of users and the exploitation of ERS data are certainly meeting or even exceeding the expectations at launch.



Australia conjures up images of large desert areas - but this continent is so vast that there are monsoon woodlands in the North and temperate humid forests in the South.

The South Alligator River estuary at the northernmost tip of Australia is being used as a test site by the University of New South Wales. The objective is to identify vegetation and monitor effects such as bush fires, floods and drought and the impact of human occupancy. On this multitemporal ERS-1 image, made up from three images taken at intervals of several months, the transition from coastal mangroves to semi-arid rangelands in the interior can be seen, with forested areas and grassland in between.

*Copyright ESA.*



This image of the Chott-El-Jerid dry salt lake in central Tunisia was obtained by the superposition of three images taken over a five-month period in 1992.

This vast dry salt lake lies between the Atlas mountains (white) in the North and a high plateau (grey) to the East. It is from these high altitudes that water flows into the plain and evaporates, leaving deep salt sediments. Different colours in the image correspond to different surface structures and, therefore, varying evaporation rates and soil humidities.

*Copyright ESA.*

## From ERS-1 to ERS-2

ERS-1 is the first satellite on which such a complex instrument package has been put together, complemented by an equally elaborate ground segment.

### Continuity of data

A vital feature of the ESA Earth observation programme has always been recognition of the need for long-term continuity. It is difficult to expect a scientist to commit himself to a career in Earth observation if the flow of data might be interrupted after two or three years. It is inconceivable that a value-added business or an operational service would invest in ERS data exploitation without a firm assurance of continuity of data.

This is why ERS-1 will be followed at the end of 1994 or early 1995 by ERS-2, to be succeeded in turn, in 1998/99, by the bigger and more versatile ENVISAT-1.

### ERS-2 mission

ERS-2 will cover the time frame from 1995 to 1998/99. Its main task is to continue the mission of ERS-1, with a set of instruments identical to those flown on ERS-1. However, it will include the global ozone measurement experiment (GOME), purpose-built to measure stratospheric and tropospheric ozone. Since monitoring

the ozone layer continuously and globally is a task best performed by satellites, ESA decided to include this instrument in the ERS-2 payload, and to take up the challenge of developing it in just under five years.

In addition, the number of spectral channels of the along-track scanning radiometer will be increased from three to six; these extra channels, in the visible part of the spectrum, are optimised for vegetation monitoring with a 1 km resolution on the ground, and global coverage every three days. Finally, an improved PRARE will support the precision determination of the ERS orbit.

### Twice as Quick - Half the Price

The development of ERS-2 was decided on in June 1989. As this largely involved duplicating an existing satellite, it was possible to bring the cost of the mission down to about 550 million ECU, including the launch and operations. (This figure is roughly 60% of that for ERS-1, at 1990s rather than 1980s price levels.) For the same reasons, ERS-2 has been prepared for launch within five years, half the time required for the full development of ERS-1.

After leaving Europe for the CSG spaceport in Kourou, French Guiana, in September 1994, the Flight Model is being integrated, tested and



prepared for launch, which is scheduled for the end of 1994 or early 1995.

Once in orbit, commissioning, which entails functional testing of the satellite and its instruments as well as calibration and validation of the data, will need about three months; the first images and data will be available much earlier in the mission.

### **Operating ERS-1 and ERS-2 in Tandem**

It is planned that ERS-1 will continue to be the primary satellite of the ERS system during the ERS-2 commissioning phase. In spring 1995, on completion of its commissioning, ERS-2 will take over from ERS-1, meeting regular user requests for ERS-data and continuing to supply global data for the archive.

ERS-1 and ERS-2 will both be in an orbit with a 35-day repeat cycle, which means that each satellite will pass over any given region at least once every 35 days. The interval between ERS-1 and ERS-2 ground site revisiting will be either one or eight days.

With ERS-2 providing regular services, ERS-1 will be operated on a campaign basis for the following main objectives:

- Optimised conditions for interferometry to allow generation of medium-resolution digital elevation models for a large part of the Earth's land surface;

- Increased space/time sampling for agriculture, snow melt hydrology and ocean/climate research.

In total 40 ERS-2 research and application projects were impossible to conduct without an ERS-1/ERS-2 tandem mission, and 130 scheduled ERS-2 projects could greatly improve the quality of their results. For an additional 8 million ECUs to finance the tandem operation of the two spacecraft the mission is good science at a bargain price.

The following publications can be ordered from the:

ESA Publication Division  
ESA/ESTEC  
Keplerlaan 1  
NL - 2200 AZ Noordwijk ZH  
Netherlands  
Fax (+31)-1719-17400.

**ESA bulletin** - a quarterly journal with in-depth articles on all ESA programmes.

**Earth Observation Quarterly** - presenting interesting new science results and information about Earth observation activities.

**Proceedings of the Second ERS-1 Symposium,**  
11-14 October 1993, Hamburg, Germany.

**Proceedings of the First ERS-1 Pilot Project Workshop,**  
21-23 June 1994, Toledo, Spain.

---

The following publications can be ordered from the:

ERS-1 Helpdesk  
ESA/ESRIN  
Via Galileo Galilei  
I-00044 Frascati  
Italy  
Fax (+39)-6-94180-361

**CD-ROM Guide to ERS-1** - an interactive presentation of the ERS satellite, instruments and selected results (IBM-Windows).

**CD-ROM SAR Reference Coverage** - a catalogue of ERS-1 radar image data acquisition plus quicklook images of Europe (IBM-Windows).

**ERS User Handbook.**

**ERS System Description.**

**ERS Product Specifications.**

The following publications can be ordered from the:

ESA Public Relations Division

8/10 rue Mario Nikis

F-75738 Paris cedex 15


France

Fax (+33)-1-4273-7690

**ERS-1 slide set** - the images and photos from this brochure on 24 by 36 mm slides.

**ERS-1 Photo CD** - 75 ERS-1 images and results on a single CD-ROM in the Kodak Photo-CD standard, complete with software for access (IBM-Windows, Macintosh Quicktime).

**What a Wonderful World** - a 24-min video presentation of the ERS-1 mission (VHS-PAL, SECAM or NTSC, in English, French, German or Italian).



Published by European Space Agency.  
For further information please contact:

ESA Public Relations Division  
8-10, rue Mario Nikis  
75015 Paris, France  
Tel. +33 1 42 73 71 55  
Fax +33 1 42 73 76 90

There are also Public Relations offices at the following  
ESA establishments and foreign bureaus:

**ESA/ESTEC** - Noordwijk/Netherlands - Tel +31 1719 8 30 06

**ESA/ESOC** - Darmstadt/Germany - Tel +49 6151 90 22 66

**ESA/ESRIN** - Frascati/Italy - Tel +39 6 94 180 260

**ESA/EAC** - Cologne/Germany - Tel +49 2203 600 10

**ESA/Washington** - Washington/USA - Tel +1 202 488 41 58

**ESA/Kourou** - Kourou/French Guiana - Tel +594 33 43 75

**ESA/Brussels** - Brussels/Belgium - Tel +32 2 230 90 39

Da ERS-1 a ERS-2

# OBBIETTIVO TERRA



Pubblicato dall'Agenzia Spaziale Europea  
Public Relations Division  
8-10, rue Mario Nikis  
75015 Paris, France

## 1111 giorni dopo

Sono passati tre anni da quando, la mattina del 17 luglio 1991, ERS-1 é stato lanciato su un'orbita polare dalla base di lancio europea di Kourou. Tre anni durante i quali ERS-1 ci ha offerto una visione molto diversa della nostra Terra e del suo ambiente.

### **Il fondo nascosto dell'oceano**

Un esempio: il fondo dell'Oceano Artico é sepolto sotto uno strato di sedimenti spesso cinque chilometri, al di sopra del quale vi sono altri cinque chilometri di acqua a loro volta sovrastati in alcune zone da una coltre di ghiaccio di alcuni chilometri. É difficile immaginare che un satellite che dista 780 km dalla Terra possa produrre una mappa dettagliata della struttura topografica del fondo dell'Oceano Artico. Eppure, un gruppo di scienziati anglo/americani, ha ricostruito tale mappa con l'ausilio dei dati dell'altimetro di ERS-1. La mappa, non solo ha rilevato l'esistenza di nuovi giacimenti minerali e forse anche petroliferi ma ha dimostrato come la formazione di un'ampia parte del bacino oceanico abbia avuto luogo alcuni milioni di anni fa.

### **Vedere attraverso le nubi**

La natura pone molti ostacoli all'osservazione della Terra dallo spazio. I sensori ottici non riescono ad osservare zone come le foreste

pluviali tropicali spesso nascoste da una fitta coltre di nubi. Il fascio di microonde dello strumento SAR ad alta risoluzione di ERS-1, invece, penetra attraverso le nubi offrendo informazioni globali dettagliate su quelle zone definite i "polmoni verdi" del nostro pianeta. Tuttavia, il semplice monitoraggio della deforestazione non é sufficiente; esistono molti altri aspetti in un ecosistema tropicale – il rimboschimento, il taglio selettivo di preziose risorse ed una sofisticata gestione delle foreste. Solo ora stiamo cominciando ad imparare come estrarre tali informazioni dai dati di ERS-1. L'ESA ed il Joint Research Centre della Comunità Europea sono attualmente impegnati in un vasto programma di ricerca a lungo termine, chiamato TREES, il cui scopo é di acquisire dati per creare un inventario delle foreste pluviali tropicali che possa essere aggiornato in maniera continuativa.

### **Al passo con le nuove tecnologie**

L'interferometria SAR é una novità. Prima che ERS-1 fosse lanciato, la tecnica di usare le informazioni provenienti da due o piú immagini radar da satellite della stessa area era solo un'idea teorica. Oggi gli scienziati sono in grado di studiare le caratteristiche della Terra direttamente dallo spazio partendo da prospettive assolutamente nuove. Si

calcolano le deformazioni della superficie terrestre causate dai terremoti con una approssimazione di pochi centimetri, la velocità di spostamento di un ghiacciaio nell'Antartico- non più di cinque centimetri al giorno, oppure si costruiscono mappe topografiche tridimensionali su larga scala, dette DEM (Digital Elevation Models), che altrimenti richiederebbero costosi rilevamenti a terra. Effettivamente i movimenti tettonici di interi continenti possono essere osservati con l'interferometria dall'ERS-1. Due anni dopo la presentazione dei primi interferogrammi prodotti con i dati di ERS-1, alla comunità scientifica si è inaspettatamente aperta una nuova area di ricerca.

### **Nuovi occhi sui mari inquinati dal petrolio**

Le anticipazioni sulla capacità di ERS-1 di individuare le chiazze di petrolio sulla base dell'effetto levigante che questo produce sulla superficie marina, sono state confermate da una serie di esperimenti effettuati grazie ad una tempestiva riprogrammazione delle osservazioni del satellite in seguito ad incidenti subiti da petroliere. Oggi con ERS-1 è dunque possibile tenere sotto controllo l'inquinamento da petrolio, in effetti le coste scandinave sono già oggetto di controlli sistematici dallo spazio. I servizi di guardia costiera e gli enti marittimi di altri paesi stanno preparando questo tipo

di servizi per il prossimo futuro. L'obiettivo non è tanto quello di studiare le grandi catastrofi quanto di individuare i piccoli scarichi in mare, celati e spesso illegali, e le fonti di inquinamento di media importanza causate principalmente dalla pulitura solitamente notturna dei serbatoi delle navi.

### **Cambiamenti climatici complessi**

I cambiamenti climatici sono stati per molti anni la preoccupazione principale degli scienziati. Eppure non siamo ancora in grado di stabilire con precisione quando e di quanto la temperatura della Terra aumenterà. E tantomeno conosciamo quale sia il impatto locale potenziale di un cambiamento climatico globale. Tuttavia, il clima non è mai stato stabile. Tra gli elementi principali per una migliore conoscenza del nostro clima figurano le variazioni regionali (locali) come il fenomeno di "El Niño" detto anche "Oscillazione nel Pacifico del Sud". ERS-1 ha fornito i modelli più dettagliati dell'ultimo evento di "El Niño", avvenuto nel 1991/1992, tracciando mese per mese un quadro delle variazioni del livello del mare e della temperatura alla superficie durante tutto il periodo. Ciò ha permesso di confermare le teorie su perché "El Niño" compare improvvisamente e su come si sviluppa, permettendo allo stesso tempo di individuare alcune caratteristiche inaspettate dell'evento del 1991/1992.



## **L'osservatore piu' acuto nel cielo**

L'ERS-1 é per molti aspetti unico. Si tratta del primo satellite europeo di telerilevamento che abbia a bordo quattro diversi strumenti complementari e come tale rappresenta il precursore delle future piattaforme multi-missione. Il suo strumento radar lavora giorno e notte indipendentemente dalla copertura nuvolosa e dalle condizioni atmosferiche. L'osservazione di ERS-1 copre tutta la Terra da un polo all'altro, i suoi strumenti forniscono dati sugli oceani, che coprono il 70% della superficie terrestre, e sulle aree costiere dove si concentra oltre la metà della popolazione della Terra. Tale copertura comprende anche le terre emerse con le loro risorse rinnovabili e non, e le calotte polari, che insieme agli oceani influiscono in maniera determinante sul nostro clima ed i suoi cambiamenti.

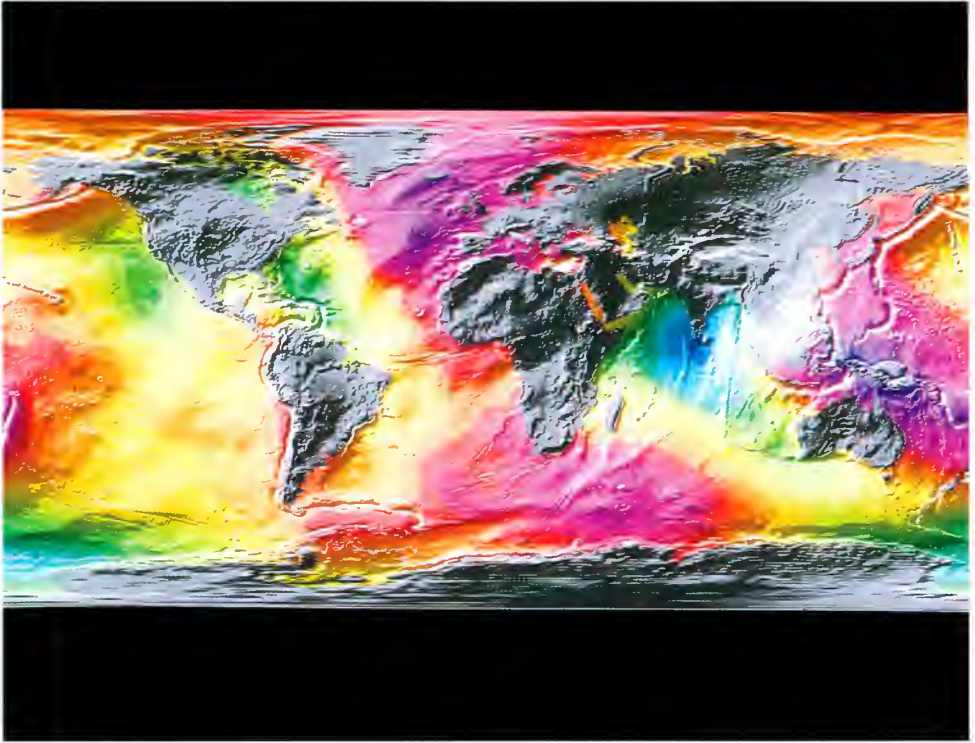
## **ERS-1 ed ERS-2 in tandem**

ERS-1 é già stato attivo per il 150% della sua durata operativa prevista e funziona ancora perfettamente. L'ESA, tuttavia, ha programmato il lancio del suo successore, ERS-2, per la fine del 1994 o l'inizio del 1995. L'ERS-2 garantirá la continuità dei dati di telerilevamento alla grande comunità di utilizzatori del sistema ERS. ERS-1 ed ERS-2 funzioneranno in tandem fino a che ERS-1 sarà operativo. Ciò offrirá ulteriori possibilità di sviluppo alla scienza ed alle applicazioni commerciali.

ERS-2 sarà praticamente una copia dell'ERS-1, con tre importanti differenze; la prima sarà uno strumento appositamente costruito per la misurazione globale dei livelli dell'ozono nell'atmosfera, la seconda sarà il radiometro all'infrarosso che avrà tre canali in più nella parte visibile dello spettro elettromagnetico allo scopo di ottimizzare il controllo sistematico della vegetazione, la terza innovazione sarà rappresentata da una versione avanzata dello strumento PRARE che fornirà misure più precise dell'orbita del satellite migliorando così anche la precisione dei dati degli altri strumenti a bordo.

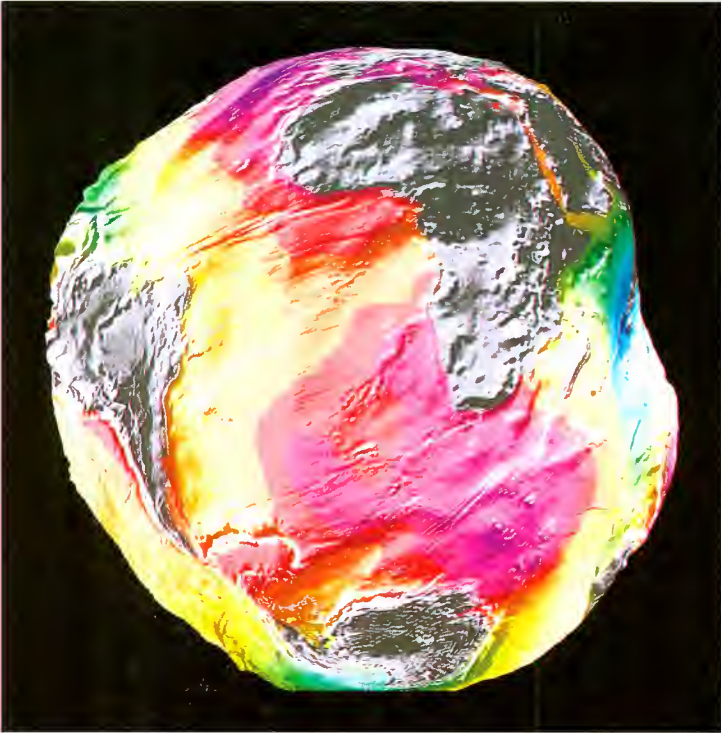
Questo opuscolo offre una panoramica parziale dei risultati dell'ERS-1 in quanto sarebbe impossibile concentrare in maniera esauriente tutti i risultati degli studi e delle applicazioni sui dati di ERS-1 in un volume così ridotto. Per questo sono state scelte solamente venti nuove immagini e fotografie sui risultati dell'ERS-1 come esempi dei contributi apportati da questo satellite alle scienze che studiano la Terra.

L'opuscolo comprende inoltre cinque schede tecniche che descrivono il "sistema ERS" ed una lista di altre pubblicazioni e dei punti di contatto ESA.



L'osservazione di ERS-1 non è solo globale ma è anche diversa da quella dell'occhio umano. Questa mappa dell'elevazione media degli oceani è basata su un anno di misure effettuate dal Radar-Altmetro dell'ERS-1. Questo strumento determina, con grande precisione, la distanza tra il satellite e la superficie terrestre.

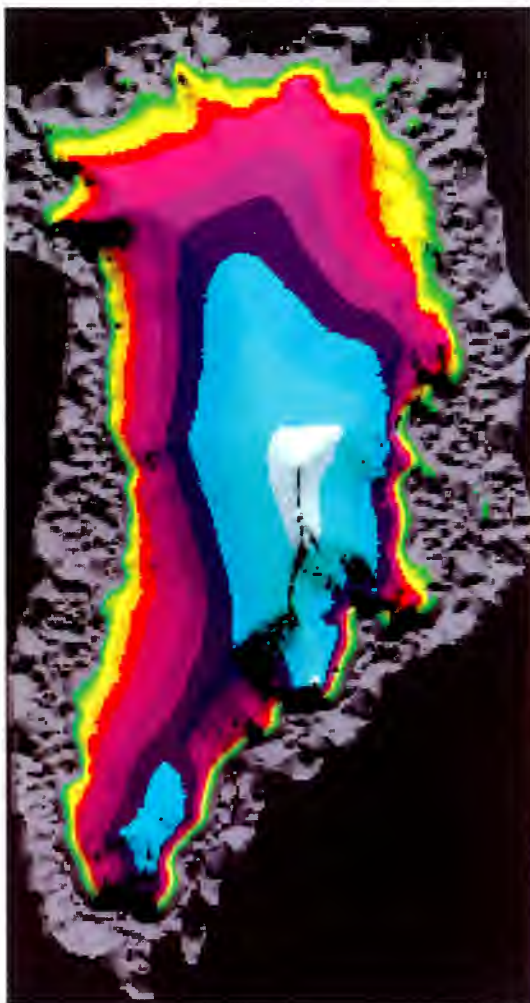
I Radar-Altometri come tali non sono una novità, infatti i dati dell'altimetro hanno avuto per anni un ruolo molto importante negli studi climatici e sugli oceani. Ciò che distingue il Radar-Altmetro dell'ERS-1 è la possibilità di coprire le regioni oltre i 70 gradi di latitudine Nord, praticamente quasi ai poli, in realtà fino ad 82 gradi. Inoltre, l'orbita dell'ERS-1 offre un'alta risoluzione spaziale appositamente adattata allo studio di strutture di media scala della superficie degli oceani. Tali strutture sono chiaramente visibili in questa immagine.



Per quanto possa apparire strano, la superficie degli oceani non è piatta, bensì è ricca di avvallamenti e rigonfiamenti che seguono il fondo oceanico. La forza gravitazionale della massa accumulata nelle "montagne" del fondo oceanico attira l'acqua verso la loro cima. L'elevazione media della superficie dell'oceano, che in queste immagini è rappresentata da un rilievo illuminato, riflette dunque la topografia del fondo oceanico.

Poiché la Terra non è di forma perfettamente sferica, il suo campo gravitazionale non è isotropo bensì possiede notevoli variazioni spaziali. Queste provocano delle variazioni nel livello medio della superficie del mare su scala più ampia di quelle indotte dal fondo dell'oceano. Nelle due immagini in alto, le variazioni indotte dalla non-isotropia del campo gravitazionale sono state tradotte in diversi colori, e nell'immagine a destra, in una esagerata rappresentazione della corrispondente deviazione dalla forma sferica. La reale deviazione da un ellissoide di riferimento varia da -105 metri (blu) al sud dell'India a +85 metri (rosa) al nord dell'Australia.

*Immagine gentilmente concessa da GFZ Postdam. Copyright ESA/D-PAF(GFZ Postdam).*



Il Radar-Altimetro di ERS-1 funziona non solo sugli oceani ma anche sul ghiaccio. Qui, la sua portata viene corretta per seguire i piú scoscesi pendii della Groenlandia e

degli strati dei ghiacci artici diminuendo cosí la precisione che scende dai pochi centimetri sugli oceani fino a quasi mezzo metro sul ghiaccio per porzioni di superficie di alcune decine di chilometri di estensione.

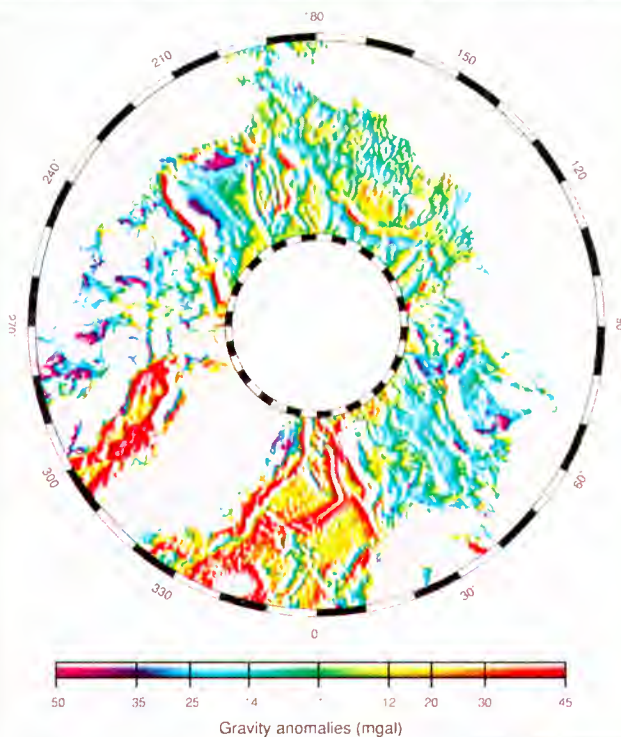
Questa immagine mostra un rilievo illuminato della Groenlandia, ricalcolato interamente a partire dai dati del Radar-Altimetro di ERS-1, usando il modo standard di osservazione dell'oceano. Le informazioni sulle altezze sono state codificate con colori diversi. La massima elevazione del ghiaccio raggiunge i 3277 metri sopra il livello del mare.

Questo risultato di ERS-1 rappresenta la mappa topografica piú precisa della Groenlandia mai ottenuta. Risultati anche piú precisi sono previsti in breve tempo,

soprattutto grazie all'utilizzo dei dati registrati nel modo ghiaccio appositamente rettificato.

Tali risultati offriranno preziose informazioni sui cambiamenti climatici. Poiché l'aumento globale della temperatura potrebbe provocare il parziale scioglimento delle calotte polari, la sorveglianza delle variazioni nella loro massa può essere considerato come un indicatore dell'aumento globale della temperatura e di conseguenza delle variazioni del livello del mare.

*Immagine gentilmente concessa da J.G.Morley, J.L.Bamber e C.G.Rapley, Mullard Space Science Laboratory, UCL. Copyright MSSSL-UCL/ESA.*



Per la prima volta, grazie al Radar-Altimetro di ERS-1 è possibile ottenere delle misure altimetriche di zone al di sopra dei 72 gradi di latitudine nord. Poiché gran parte della zona artica è costantemente coperta dal ghiaccio, sembrava impossibile poter ricavare informazioni sul fondo dell'oceano nello stesso modo in cui le si ottenevano per i mari liberi dal ghiaccio. Cionondimeno, gli scienziati hanno raccolto la sfida ed hanno trovato il metodo per estrarre queste informazioni dai dati del Radar-Altimetro sul ghiaccio.

I primi a riuscire in questo intento, sono stati gli appartenenti ad un gruppo anglo-americano. I loro risultati sono di grande interesse, non solo per le prospezioni petrolifere e minerarie ma anche perché contengono una sorpresa scientifica; la struttura del fondo dell'oceano a nord del Canada, dimostra che l'Alaska ha ruotato allontanandosi dalle isole dell'Artico canadese per costituire un'ampia parte della base dell'Artico. Dai dati ERS-1 è dunque scaturita l'inaspettata soluzione ad un enigma paleogeografico.

*Immagine gentilmente concessa da S. Laxon e D. McAdoo, Mullard Space Science Laboratory, UCL&Geosciences Laboratory, US National Oceanographic and Atmospheric Administration. Copyright MSSSL-UCL/NOAA.*



Si assiste alla distruzione delle foreste pluviali tropicali; solo i satelliti sono in grado di quantificare l'impatto dell'attività dell'uomo su questo fragile ecosistema. Questa immagine ERS-1 della zona di Rio Branco, in Brasile, ottenuta tramite la sovrapposizione di due immagini registrate nella primavera 1992 con un intervallo di 35 giorni, mostra i cambiamenti subiti dalla vegetazione in quel periodo.

I dati sono stati utilizzati anche da un gruppo di ricercatori tedeschi a complemento di analisi effettuate in-situ in questa regione situata a sud ovest del bacino amazzonico. La città di Rio Branco – macchia bianca nella parte centrale a destra – e la BR-364, la strada che taglia l'immagine diagonalmente – sono in stretto rapporto con la foresta pluviale.

Le ampie zone disboscate che costeggiano la strada da ambo i lati, sono il risultato dell'attività di abbattimento e bruciatura degli alberi da parte degli allevatori di bestiame. Le coltivazioni a pascolo in queste zone sono un elemento importante di questo ecosistema, ed i cambiamenti nella vegetazione durante il periodo delle osservazioni, risaltano nei toni del rosso e del verde tra le zone disboscate. Nelle vicinanze di Rio Branco, le zone disboscate hanno la disposizione disordinata tipica delle aree sub-urbane della fascia tropicale.

*Copyright ESA.*

## La piattaforma ERS

ERS-1 é il piú sofisticato satellite per l'osservazione della Terra che sia mai stato sviluppato in Europa. Il suo carico utile é costituito essenzialmente da due radar specificamente concepiti e da un sensore ad infrarosso.

### Gli strumenti attivi

L'AMI (Active Microwave Instrument) – il sistema piú grande a bordo- produce immagini radar estremamente dettagliate di una sezione longitudinale della superficie terrestre di 100 km; ogni immagine copre un'area di 100 x 100 km ed é costituita da 8000 x 8000 pixel ciascuno di 16 bit. Il valore del pixel rappresenta il coefficiente di retrodiffusione di una porzione di superficie terrestre di 12.5 per 12.5 metri. Nei modi misura del vento e misura delle onde, questo strumento misura continuamente e globalmente, con una risoluzione spaziale molto bassa, la velocità e la direzione del vento ed i parametri delle onde oceaniche. Il secondo strumento, il Radar-Altometro, misura con una approssimazione di pochi centimetri, le variazioni della distanza del satellite dal livello del mare e dai ghiacci. Esso determina il tempo tra la trasmissione e la ricezione di un impulso radar nitido retrodiffuso dall'acqua o dal ghiaccio. L'analisi della forma dell'onda del segnale fornisce ulteriori informazioni sull'altezza delle onde.

### Gli strumenti passivi

Il terzo strumento, il radiometro ATSR (Along-Track Scanning Radiometer), costruisce immagini dettagliate della struttura termica dei mari e degli oceani con misure di temperatura superficiale. L'approssimazione é di 0.5 °C, tale precisione é ottenuta grazie ad una particolare tecnica di misurazione da due angoli di osservazione.

Un nuovo scandaglio a microonde a bordo dell'ERS-1, fornisce dati sull'umidità presente nell'atmosfera che permettono di migliorare la precisione del Radar-Altometro e del radiometro ATSR.

Con un peso di oltre due tonnellate, il satellite, ad antenne dispiegate, misura quasi dodici metri in lunghezza per dieci di altezza. Una piattaforma di concezione avanzata trasporta 800 kg di carico utile e le sue antenne, un pannello solare da 2000 watt ed un complesso sistema per la registrazione a bordo e la trasmissione a terra dei dati.

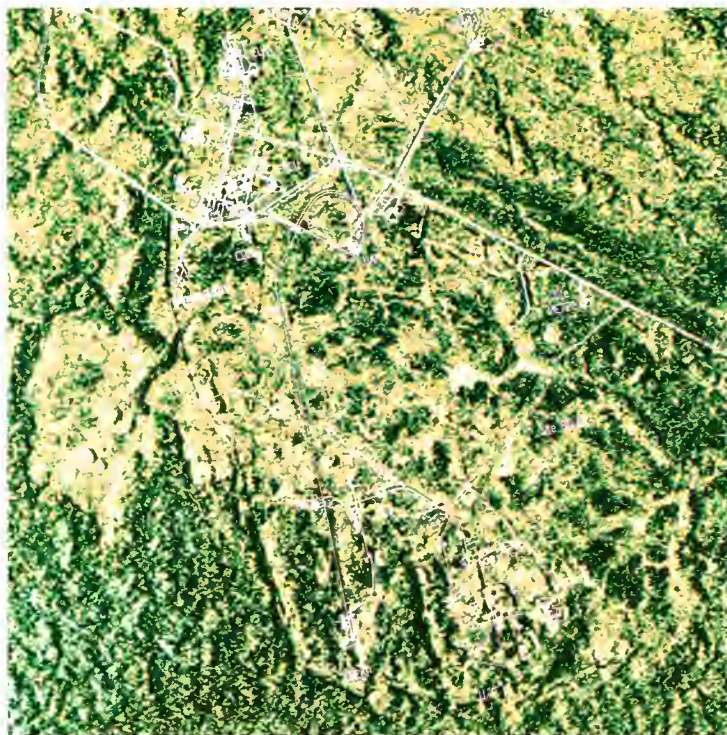


Questo spettacolare mosaico, costruito con 18 immagini ERS-1, mostra l'insieme della Guiana Francese, un'area di circa 91000 chilometri quadrati. Si tratta della prima immagine da satellite ad alta risoluzione di tutta la Guiana Francese che risulta coperta dalle nubi per gran parte dell'anno. La base spaziale europea dalla quale partono i lanciatori Ariane, si trova vicino alla costa, appena a sud della tristemente nota Isola del Diavolo, visibile al centro nella parte alta dell'immagine.

Gran parte della Guiana Francese – un'area pari a tre volte l'estensione del Belgio- è coperta da foresta pluviale vergine, ad eccezione di una stretta fascia popolata lungo la costa. Non esistono mappe dettagliate delle zone interne, tanto che questo mosaico viene attualmente utilizzato dai piloti di aerei come supporto alla navigazione. Gli scienziati hanno usato questi dati per ottenere un gran numero di informazioni sull'ecosistema della Guiana, in particolare, sulle paludi e le mangrovie lungo il litorale. I geologi utilizzano le informazioni sui rilievi, estratte malgrado la vegetazione copra il 97% del territorio, per la ricerca di giacimenti d'oro.

*Immagine gentilmente concessa da J.P.Rudant, Università Pierre et Marie Curie di Parigi e H.Maitre, Telecom Paris, in collaborazione con BRGM, ORSTOM, e con il contributo di numerose autorità francesi.*





Uno dei maggiori problemi dell'utilizzo delle immagini radar per l'identificazione di piccoli oggetti è l'effetto "speckle" (macchiette) che si traduce in una granulosità diffusa su tutta l'immagine. Questo effetto "speckle" può essere ridotto con particolari tecniche di filtraggio che richiedono l'utilizzo di più immagini della stessa area. Questa immagine – 7.5 per 7.5 km – della base di lancio di Kourou, è stata ottenuta sulla base di sei immagini ed ha una risoluzione spaziale reale molto prossima alle capacità teoriche di ERS-1.

Le macchie scure rappresentano edifici o altre strutture esistenti sul sito, ed all'immagine è stata sovrapposta una mappa delle infrastrutture della base di lancio per dimostrare quanto dettaglio contiene in realtà l'immagine, e per facilitare l'identificazione degli edifici e delle strutture.

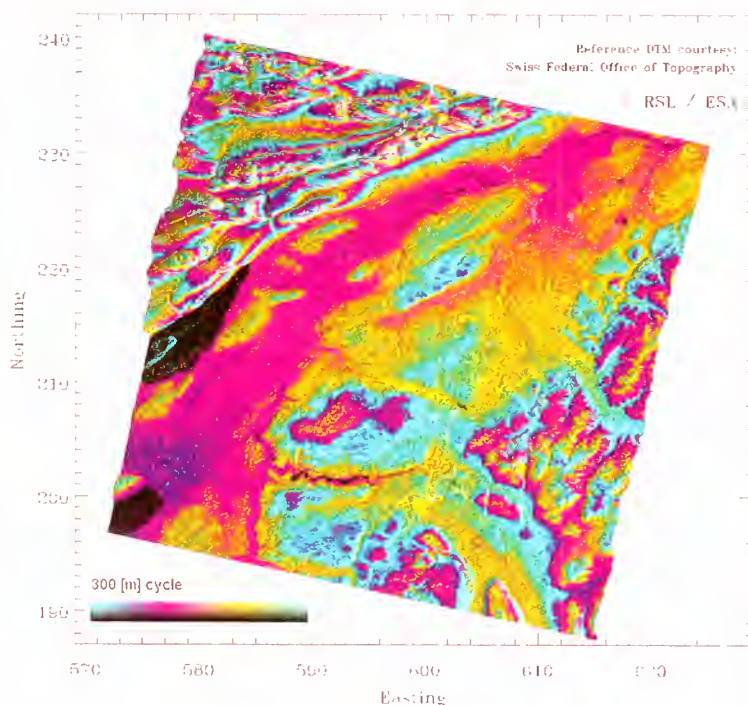
*Immagine gentilmente concessa da J.P. Rudant, Università Pierre et Marie Curie di Parigi e C. Penicaud, DGA/ETCA/Cellule d'Etudes en Cartographie Numerique, e ESA.*



Una tecnica promettente ed entusiasmante di utilizzo dei dati ERS-1 è l'interferometria SAR. Con l'ausilio dell'interferometria è possibile estrarre direttamente dai dati ERS-1 mappe dettagliate e tridimensionali dei rilievi della superficie terrestre con una approssimazione di pochi metri.

Questa immagine del Golfo di Napoli è una combinazione di un'immagine radar di intensità retrodiffusa normale e di un interferogramma del Vesuvio e della zona circostante. L'interferogramma non utilizza l'intensità, bensì le informazioni di fase dei segnali retrodiffusi. Ciò che in realtà viene calcolato, sono le differenze di fase tra due immagini registrate da posizioni leggermente diverse durante passaggi consecutivi sulla stessa area. Tali differenze di fase, tradotte in una scala di colori, sono in diretta correlazione con l'elevazione del terreno. I tipici anelli di interferenza in questa immagine corrispondono a linee di uguale altezza su una mappa topografica.

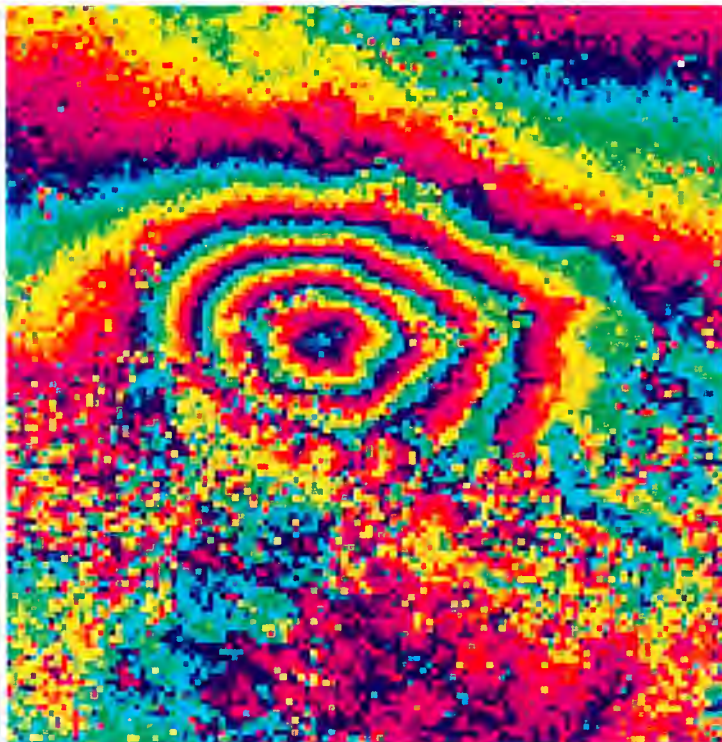
*Interferogramma gentilmente concesso da F. Rocca, Politecnico di Milano.  
Copyright PoliMil/ESA.*



Un interferogramma rappresenta il punto di partenza per la costruzione di una mappa topografica che, in forma computerizzata, è detta DEM (Digital Elevation Model) – un prodotto cartografico prezioso ed avanzato. Questa immagine mostra un DEM della regione circostante Berna, in Svizzera, ed è stato ottenuto da un interferogramma di ERS-1. La catena del Jura è visibile a nord ovest, mentre al centro, il fiume Aare scorre verso nord est uscendo dal lago Biel.

Le informazioni sul rilievo sono state codificate con ciclo ripetitivo di colori che copre 300 metri. L'intensità di ciascun pixel è proporzionale alla retrodiffusione del SAR. L'immagine è stata proiettata nel sistema di riferimento cartografico svizzero allo scopo di valutare la precisione delle informazioni sul rilievo. In questo caso si è ottenuta una approssimazione RMS di 12 metri su un'area di 150 chilometri quadrati a nord est di Berna. Come riferimento è stato usato il modello dell'elevazione "DHM25" dell'ufficio federale per la topografia svizzero. La precisione potrebbe migliorare ulteriormente se si ottimizzasse la distanza spaziale tra le osservazioni.

*Immagine gentilmente concessa da D.Small, C. Werner D. Neusch, Laboratori di Telerilevamento dell'Università di Zurigo. Copyright RSL-U Zurich/ESA*



Il frontespizio della rivista scientifica "Nature" dell' 8 luglio 1993, mostrava una immagine interferometrica di un terremoto che aveva colpito il deserto californiano del Mojave 12 mesi prima. L'articolo a cura di un gruppo di ricercatori francesi del CNES, è diventato uno dei più noti risultati ottenuti con ERS-1 fino a questo momento.

Il gruppo ha poi continuato una ricerca sistematica di ulteriori movimenti nella regione. L'immagine in alto, rappresenta un esempio di ciò che questi ricercatori hanno ottenuto: i quattro anelli concentrici al centro, sono una mappa degli spostamenti del terreno con un valore massimo di 112 mm nella direzione del satellite (che ha un'inclinazione di 23 gradi). Tale spostamento è interpretato come una scossa secondaria del grado 5.1 della scala Richter registrato il 4 dicembre 1992, 159 giorni dopo la scossa principale. Il diametro dell'anello più esterno è di 5 km. La possibilità di misurare gli spostamenti del terreno con una approssimazione di millimetri, direttamente dallo spazio e con una minima necessità di sopralluoghi, ha spinto necessariamente molte compagnie e gruppi nel mondo a studiare l'interferometria SAR.

*Immagine gentilmente concessa da D.Massonet et al., CNES e CNRS.  
Copyright CNES/CNRS/ESA.*

## Prestazioni di ERS-1 in orbita

ERS-1 é stato lanciato il 17 luglio del 1991 alle 01 h 46 GMT. Il primo agosto 1994, dopo esattamente 1111 giorni in orbita, gli strumenti del sistema ERS-1 avevano compiuto 15887 orbite, osservando la Terra da 780 km di distanza. Lo strumento radar aveva fornito 878000 immagini, di cui circa 575000 sono immagini uniche, cioè non registrate contemporaneamente da due stazioni a terra con copertura simile.

Il comportamento di ERS-1 é stato esemplare per tutti i tre anni di operazioni. Un accurato collaudo ha dimostrato che i suoi strumenti hanno soddisfatto pienamente, e spesso superato, le specifiche del progetto.

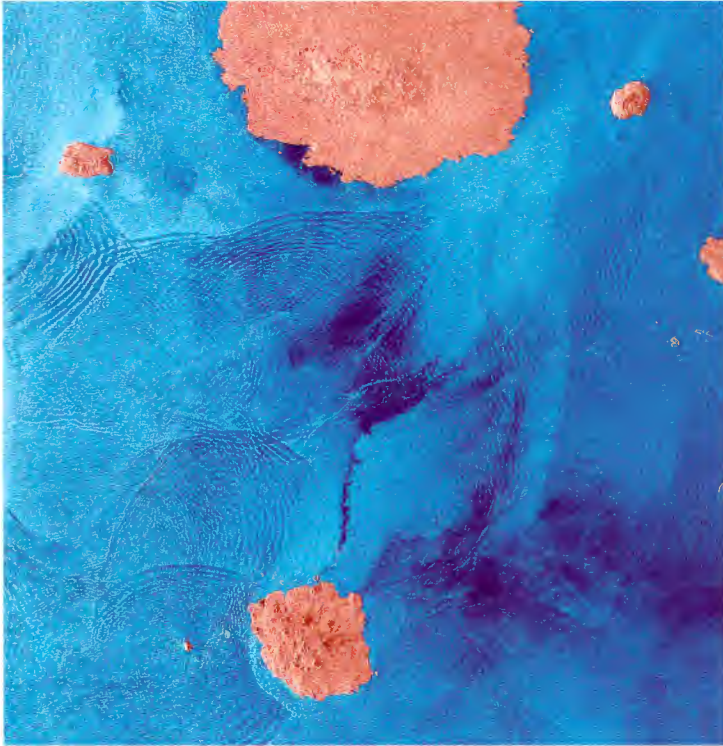
### Ingegneria ad alto livello

Gli strumenti di ERS-1, malgrado abbiano già oltrepassato del 50% il limite della loro durata prevista, funzionano ancora tutti secondo le specifiche. Il numero di problemi tecnici é stato relativamente basso e non ha alterato le prestazioni del sistema; l'avaria del PRARE, alla fine di luglio 1991, é stata ampiamente compensata dall'impiego del puntamento laser; il malfunzionamento del canale a 3.7 micron dell'ATSR del 27 maggio 1992 ha avuto un impatto irrilevante sulla precisione delle misure; i diversi malfunzionamenti della memoria verificatisi nell'estate

del 1992 sono stati definitivamente corretti il 9 settembre 1992; infine, l'avaria al tubo del trasmettitore su banda X prodottasi nel dicembre 1993, ha richiesto l'impiego dell'unità di ricambio con opportune modifiche dello scenario operativo allo scopo di allungare al massimo la durata prevista.

Un altro indicatore dell'eccellente performance del sistema ERS-1, é la percentuale della disponibilità del carico utile che é pari al 97% del tempo totale previsto distribuito sui primi tre anni in orbita.

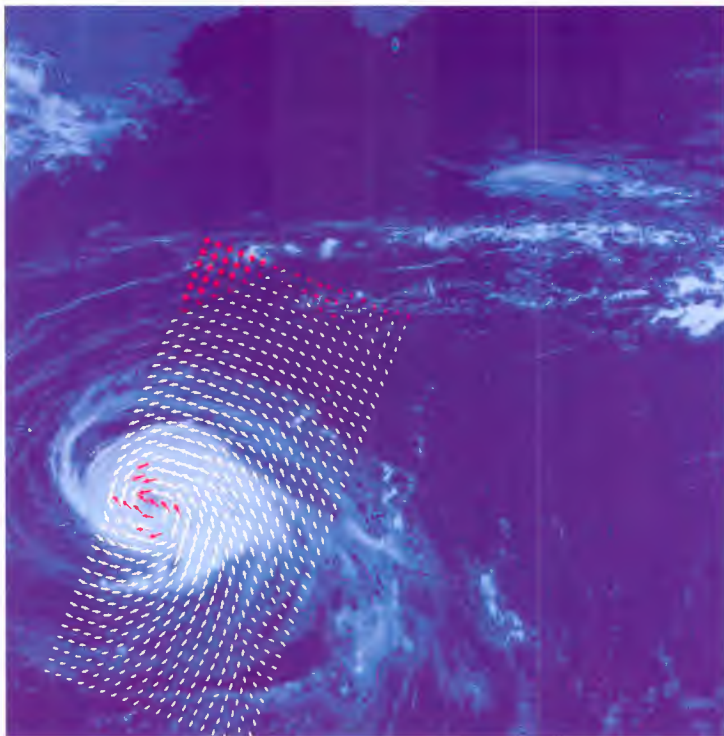
Attualmente, si ritiene che ERS-1 continuerá a fornire dati utili per lo meno fino alla fine del 1995, praticamente per il doppio del tempo previsto.



Le isole Galapagos, note per una flora ed una fauna uniche, furono indicate da Charles Darwin come prova a sostegno della sua teoria dell'evoluzione. In questa immagine delle isole, la caratteristica piú interessante non é sulla terra ferma bensí nel mare circostante. Forti correnti interagiscono con le isole ed il fondale marino dando luogo a onde sottomarine ed a particolari fenomeni di diffrazione. Le onde sottomarine sono invisibili ai sensori ottici in quanto caratterizzate solamente da differenze di densità e salinità dell'acqua. Tuttavia l'increspatura che provocano sulla superficie del mare é visibile al radar e risalta molto chiaramente nelle immagini ERS-1.

ERS-1 permette di osservare molti altri fenomeni relativi alle correnti, alle maree ed all'interazione dei venti con la superficie del mare.

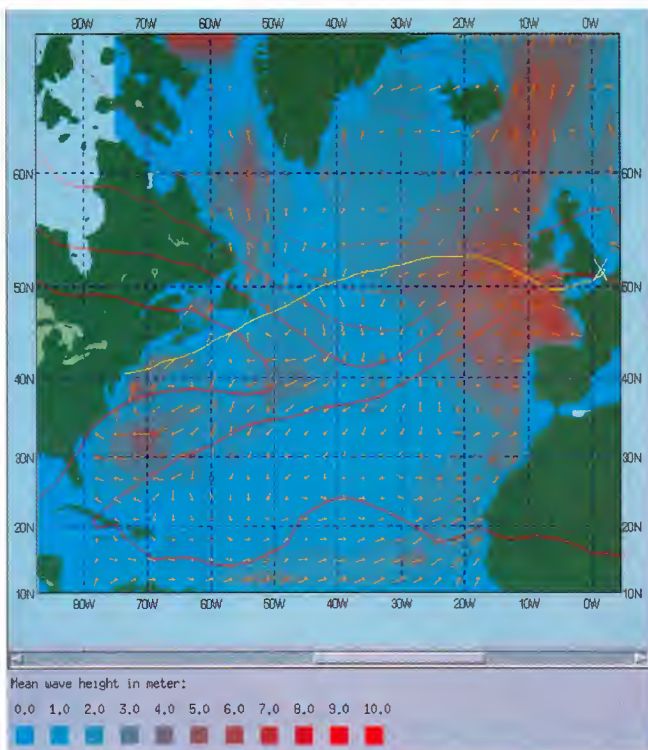
*Copyright ESA.*



Molte delle regioni densamente popolate della fascia tropicale sono minacciate dai cicloni. Queste violente tempeste sono sotto continuo controllo da parte dei satelliti meteorologici geostazionari, in particolare i Meteosat, che permettono di allertare tempestivamente le zone bersaglio. Tuttavia, lo studio e la migliore comprensione dei cicloni, richiederebbero dati più dettagliati di quelli forniti dai Meteosat. Lo scatterometro di ERS-1, ad esempio, misura la velocità e la direzione del vento alla superficie del mare. Questi parametri sono in rapporto con l'energia prodotta da una tempesta tropicale

ERS-1 ha osservato un certo numero di cicloni. Questa immagine del ciclone Emily è una combinazione di una immagine meteorologica di Meteosat-3 e dei dati dello scatterometro di ERS-1 ambedue registrati il 30 agosto 1993 alle 15 h 30. Le frecce mostrano la direzione del vento e la loro lunghezza corrisponde alla velocità del vento. Le frecce rosse vicino all'occhio del ciclone indicano una velocità del vento molto elevata – oltre 15 m/s.

*Copyright ESA.*



Nelle operazioni di una nave portacontainer ogni di ritardo causato dai venti di prua si traduce in una perdita di denaro. A volte accade di peggio: i container più alti vengono spazzati fuori bordo dalle onde. Di qui, la necessità di un servizio che offra il monitoraggio delle rotte di navigazione per il traffico intercontinentale.

La Dornier/Deutsche Aerospace e l'istituto Max Planck per la meteorologia hanno collaborato alla installazione di un sistema pilota sulla nave portacontainer Bonn Express di proprietà della Hapag-Lloyd. La rotta ottimale viene calcolata sulla base dei dati meteorologici combinati con le misure dei venti fornite dall'ERS-1. La nave riceve, attraverso un satellite Inmarsat, i dati sulle misure dei venti che sono inseriti in un computer a bordo che elabora le mappe di navigazione.

Questa immagine mostra una simulazione delle prestazioni del sistema. La rotta ottimale della nave si tiene al largo delle tempeste che risaltano nei toni del rosso.

*Immagine gentilmente concessa da Deutsche Aerospace e MPI.*



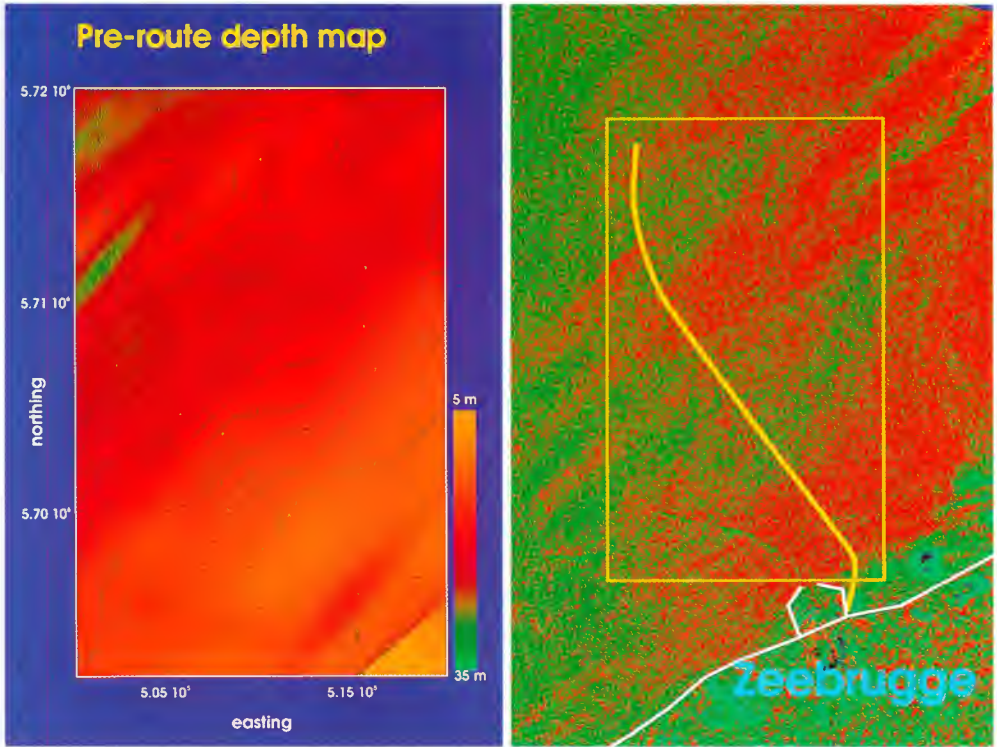


Poiché i diversi tipi di ghiaccio sono chiaramente distinguibili nelle immagini ERS-1 sul mare aperto, è possibile costruire delle mappe dei ghiacci precise e trasmetterle alle navi attraverso satelliti di telecomunicazioni, allo scopo di guidarle in acque infestate dai ghiacci in maniera sicura.

La navigazione in queste acque è difficoltosa e spesso necessita dell'assistenza di navi rompighiaccio. Inoltre, il maltempo impedisce le ricognizioni aeree.

Purtroppo, la copertura di ERS-1 non permette la creazione giornaliera di mappe dei ghiacci- questo compito sarà affidato ad altri satelliti con strumenti radar dedicati che dovranno essere lanciati in futuro. Cionondimeno, i progetti pilota di ERS-1 hanno fornito una grande esperienza tanto che i servizi di monitoraggio dei ghiacci dei paesi scandinavi e del Canada, utilizzano i dati ERS-1 come preziose informazioni supplementari. Questa immagine – a bassa risoluzione, per permetterne la rapida trasmissione attraverso le reti di comunicazione- registrata il 29 settembre 1993, mostra il limite dei ghiacci tra Svalbard e la Groenlandia. A destra è visibile il mare aperto.

*Immagine gentilmente concessa da Tromsø Satellite Station e Eurimage. Copyright TST/ESA.*



La costruzione di un oleodotto o di un metanodotto sottomarino è un'impresa costosa che implica l'analisi del fondale marino per la scelta del percorso ottimale. La compagnia olandese Delft Hydraulics, specializzata nella progettazione e messa in opera di condotte, utilizza i dati ERS-1 a complemento delle mappe esistenti e delle informazioni dell'ecoscandaglio, per costruire le mappe batimetriche.

Nelle acque basse (fino a 30 metri di profondità), l'interazione delle correnti relative alle maree con i banchi di sabbia ed altre caratteristiche del fondale marino, si traduce in un adattamento della superficie del mare che viene evidenziato nelle immagini di ERS-1. Partendo dai dati ERS-1 e con l'ausilio delle misure tradizionali, è possibile ricostruire la struttura dei fondali marini.

Questa immagine mostra una mappa ricognitiva di profondità di una zona (20x30km) nel Mare del Nord, a nord ovest di Zeebrugge, ottenuta con questa tecnica. La linea che attraversa l'immagine è la traiettoria di una nave che ha fornito dati batimetrici complementari per la calibrazione.

*Immagine gentilmente concessa da G.J.Wensink et al., Delft Hydraulics.*



Poiché il petrolio ha un effetto “repressivo” sulle onde – in inglese si dice “versare olio sulle acque agitate”- la retrodiffusione del radar, che è sensibile alle increspature della superficie marina, riflette questo fenomeno. Una grande fuoriuscita di petrolio come quella avvenuta in seguito al naufragio della petroliera Aegean Sea il 3 dicembre 1992, offre un ottimo esempio delle capacità di ERS-1.

Questa immagine multitemporale mostra tutta l'estensione dell'inquinamento marino al 13 dicembre 1993 (verde scuro) e ciò che restava tre settimane più tardi, il 2 gennaio 1994 (verde chiaro); si noti che le due insenature a destra della macchia non sono state coperte dall'ERS-1 nella seconda data.

Tuttavia, gran parte dell'inquinamento marino da petrolio è imputabile alla pulitura illegale dei serbatoi da parte delle navi o agli impianti di trivellazione. Anche queste piccole fuoriuscite causano problemi ambientali. La Norvegia, ad esempio, con l'ausilio dei dati ERS-1 effettua una sorveglianza sistematica nelle proprie acque costiere di questi frequenti episodi inquinanti.

Nel frattempo gli scienziati stanno analizzando il modo migliore per distinguere le macchie di petrolio da quelle naturali di materiale biologico innocuo.

*Copyright ESA.*



La foto in alto mostra la stazione a terra tedesca in Antartide, sebbene “stazione sui ghiacci” sarebbe una definizione più appropriata. La copertura del radar di ERS-1 non sarebbe completa se non comprendesse il sesto continente dove il vento spesso supera i 200 km/h e le temperature possono scendere fino a 70 °C sotto lo zero.

La costruzione della stazione ricevente ERS-1 in un ambiente così ostile, ha rappresentato una grande sfida tecnica e logistica raccolta sia dalla Germania che dal Giappone che ora hanno le loro stazioni operative in Antartide.

Un programma di ricerca tipo, utilizza i dati per studiare le interazioni ghiaccio-oceano-atmosfera nel Mare di Weddel. Si tratta di un importante elemento per la costruzione dei modelli climatici ma che tuttavia viene considerato solo parzialmente. Grazie ad un processore SAR in tempo reale, installato alla stazione a terra tedesca, è possibile trasmettere immagini SAR a bassa risoluzione direttamente alle navi ricetrattori durante le loro campagne nel mare di Weddel.

*Foto gentilmente concessa da DLR.*

## Il segmento a terra ERS ed la circolazione dei dati

Le operazioni dell'ERS-1 si svolgono grazie ad un segmento a terra complesso ed esteso. Per gestire un flusso di dati che arriva ad una velocità di 120 megabit al secondo, occorre una grande capacità di elaborazione per trasformare i dati grezzi in immagini ed informazioni utili, nonché una estesa rete di stazioni a terra per l'acquisizione dei dati. Le strutture per la distribuzione, catalogazione ed archiviazione dei dati, completano il quadro insieme ai centri per il controllo delle operazioni sul satellite.

La gestione delle operazioni sul satellite e del segmento a terra fanno capo l'una all'ESOC, il centro dell'ESA per le operazioni sul satellite a Darmstadt, in Germania, l'altra, all'ESRIN, il centro dell'ESA per la gestione dei dati, a Frascati, in Italia.

### L'acquisizione dei dati

L'ESA coordina in Europa ed in Canada quattro stazioni ERS-1 a terra per la registrazione dei dati delle immagini SAR e dei dati a bassa cadenza degli altri strumenti.

Circa venti stazioni sparse in tutto il mondo, sono attrezzate per l'acquisizione dei dati delle immagini SAR che non possono essere immagazzinati a bordo a causa della loro grande portata e devono quindi essere trasmessi a terra in tempo reale alla stazione che di volta in volta è in grado di inseguire il satellite.

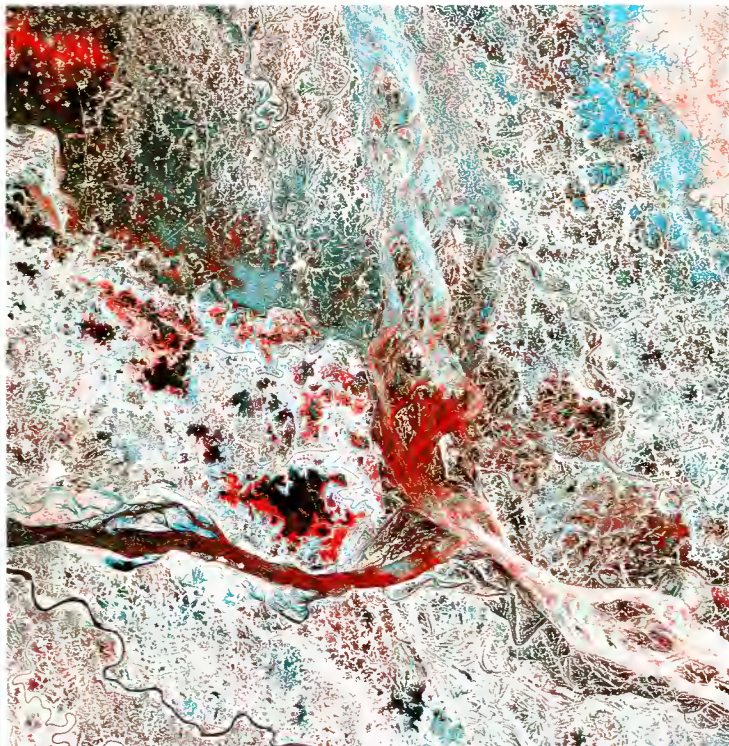
### La distribuzione dei dati

La distribuzione dei dati e dei prodotti ERS-1 avviene secondo due modalità; poche ore dopo l'acquisizione il prodotto "fast delivery" (diffusione rapida) viene trasmesso agli utilizzatori in tempo reale, oppure in base alla registrazione individuale delle richieste degli utilizzatori, viene distribuito un prodotto "off line" con dei termini massimi di quattro settimane.

I dati globali "fast delivery" su venti ed onde vengono elaborati e trasmessi, in meno di tre ore dall'acquisizione, ad istituti meteorologici e ad altri servizi operativi. Le immagini "fast delivery" programmate vengono trasmesse in un tempo che varia da una a 24 ore dalle stazioni ESA di Kiruna, in Svezia e Fucino, in Italia.

Le catene di elaborazione "fast delivery" dell'ESA sono coadiuvate da sistemi simili operanti alle stazioni a terra di Tromsø (Norvegia), Gatineau (Canada) e Fairbanks (Alaska).

La quantità di prodotti "fast delivery" è ovviamente proporzionale alla capacità della stazione ricevente e delle reti di telecomunicazioni. Tuttavia, oggi, tutti gli utilizzatori di dati in tempo reale vengono soddisfatti. Una più ampia varietà di prodotti "off line" può essere distribuita su richiesta attraverso i quattro centri per l'elaborazione e l'archiviazione dei dati, detti PAF (Processing and Archiving Facilities) in Francia, Germania, Gran Bretagna ed Italia. Le tecniche di elaborazione dei dati sono in continua evoluzione, in linea con l'introduzione di nuovi prodotti ERS-1.

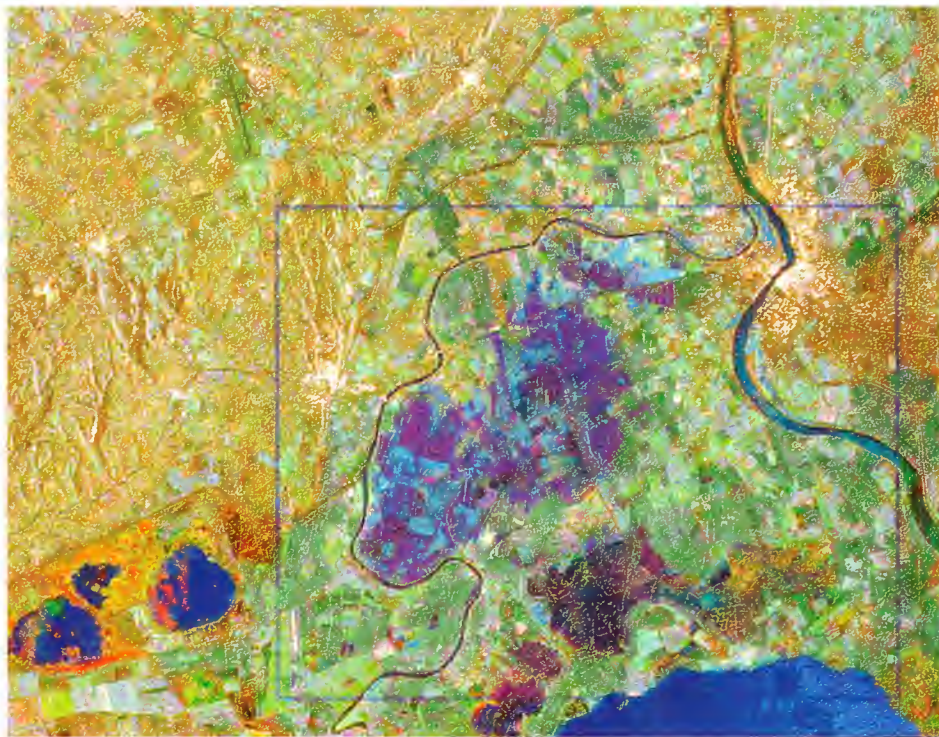


Questa immagine multitemporale, centrata su una zona 50 km ad ovest di Dacca, capitale del Bangladesh, mostra la confluenza tra i fiumi Gange e Bramaputra. Un gran numero di corsi d'acqua minori formano un mosaico di elementi che ricordano il tronco ed i rami di un albero.

Due immagini, registrate il 24 luglio ed il 28 agosto 1993, sono state sovrapposte con i colori rosso e blu. La combinazione dei colori fa risaltare i cambiamenti avvenuti sul terreno che in questo periodo è particolarmente soggetto ad alluvioni. Il rosso indica le zone inondate alla prima data, mentre il blu quelle inondate in agosto. Le zone nere sono state inondate in ambedue le date.

I punti chiari, come quelli nella parte alta a sinistra dell'immagine, sono i villaggi che risaltano in mezzo alle risaie permanentemente inondate. Sulla destra, si distingue in toni rossastri una foresta pluviale tropicale.

*Copyright ESA.*



Lo straripamento del Reno, del Rodano, del Danubio e di altri corsi d'acqua minori avvenuti poco prima di Natale del 1993, sono stati i più gravi degli ultimi 60 anni in Europa. Le immagini di ERS-1 hanno fornito una visione globale delle aree devastate, permettendo di valutare i danni causati dall'alluvione durata quattro settimane.

Molti progetti di ricerca con dati ERS-1 riguardano l'idrologia. Uno degli obiettivi è quello di misurare il contenuto in acqua del terreno direttamente dallo spazio, allo scopo di determinare la soglia di assorbimento dell'acqua da parte del suolo e di conseguenza le probabilità di alluvione.

Questa immagine mostra, nel riquadro blu, la regione compresa tra il "Piccolo Rodano" ed il Rodano e l'estensione dell'area alluvionata al 15 gennaio 1994, poco dopo che la rottura di un argine aveva causato l'alluvione.

*Copyright ESA.*

## **Gli utilizzatori di ERS-1**

Un satellite multi-missione come ERS-1 ha oltre un migliaio di utilizzatori con diversi obiettivi e strutture organizzative; dal singolo scienziato fino al gruppo di ricerca formato da piú istituti; dalla piccola compagnia specializzata sul valore aggiunto alle compagnie da molti miliardi di dollari ed i grandi enti pubblici che offrono servizi come gli istituti meteorologici.

Poiché un'utenza cosí diversificata non può essere servita tutta nello stesso modo, l'ESA ha sviluppato un sistema di condizioni diverse di accesso ai dati ERS-1 a seconda delle caratteristiche dell'utilizzatore.

### **Utilizzatori commerciali**

Gli utilizzatori commerciali acquistano dati dal gennaio 1992 attraverso il consorzio ERS formato da tre compagnie di punta del telerilevamento; l'italiana Eurimage, la francese Radarsat e la canadese Radarsat International. In ciascun paese del mondo la responsabilità della distribuzione dei dati é affidata ad un membro del consorzio ERS.

Tuttavia, la maggior parte degli utilizzatori di dati ERS-1 non appartengono al settore commerciale, per lo meno non per il momento.

### **Ricercatori principali**

I gruppi di ricerca che utilizzano dati ERS-1 per ricerche di base in oceanografia, geologia, idrologia, glaciologia, studi sul clima, batimetria, meteorologia ed altre discipline scientifiche riguardanti la Terra sono oltre 1000. Tutti gli scienziati, europei e non, che abbiano presentato un progetto di ricerca che abbia superato l'attenta valutazione da parte dell'ESA, ricevono i dati gratuitamente. Attualmente i progetti di ricerca approvati dall'ESA sono oltre 300 ed i loro responsabili sono detti "Principal Investigators" (ricercatori principali).

Nell'aprile del 1994, l'ESA é stata letteralmente sommersa da 400 nuovi progetti in seguito al bando di disponibilità dei dati di ERS-2. Alla luce di questi dati, si può prevedere che per la fine del 1995, il numero di scienziati che lavoreranno con i dati dell'ERS sará raddoppiato.

### **Progetti pilota**

Vi sono circa 300 enti o istituti di varia natura che utilizzano i dati ERS-1 per applicazioni pratiche nel campo della cartografia, agricoltura ed utilizzo del territorio, geologia, selvicoltura, idrologia e controllo delle alluvioni, monitoraggio dei ghiacci e delle rotte di navigazione, controllo dell'inquina-



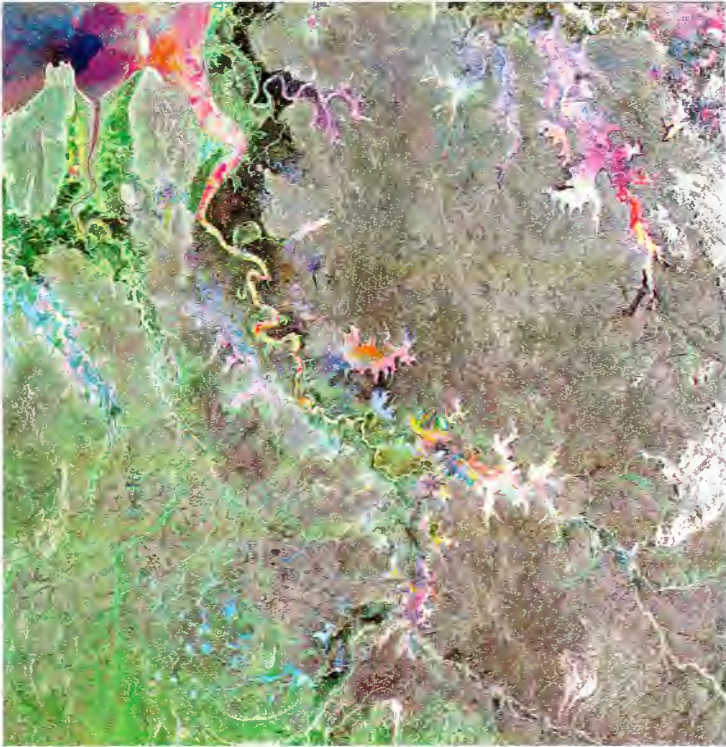
mento ed altre applicazioni marittime, e per finire, interferometria SAR. Malgrado ciò, l'interesse commerciale o operativo delle applicazioni dei dati ERS è ancora, in molti casi, di difficile valutazione. È per questo che l'ESA ha definito una categoria di utilizzatori, quella dei Progetti Pilota, che ha diritto di ricevere gratuitamente i dati, a patto che acquisiscano l'esperienza necessaria nelle loro applicazioni.

I Principal Investigator ed i Progetti Pilota devono periodicamente produrre un rapporto per l'ESA sullo stato di avanzamento del loro lavoro; l'ESA, a sua volta pubblica i risultati.

### **Altre categorie di utilizzatori**

Per finire, esiste un gruppo di utilizzatori ERS-1 il cui accesso ai dati è quasi gratuito nel senso che pagano solamente i costi di riproduzione che sono sensibilmente inferiori al prezzo commerciale. Questa categoria di utilizzatori è detta "di ricerca e dimostrazioni applicative" e comprende il gran numero di progetti di ricerca che l'ESA riceve al di fuori delle procedure di selezione dei Principal Investigator e dei Progetti Pilota. Invece di istituire un comitato di esame, l'ESA effettua una valutazione interna prima di approvare il progetto.

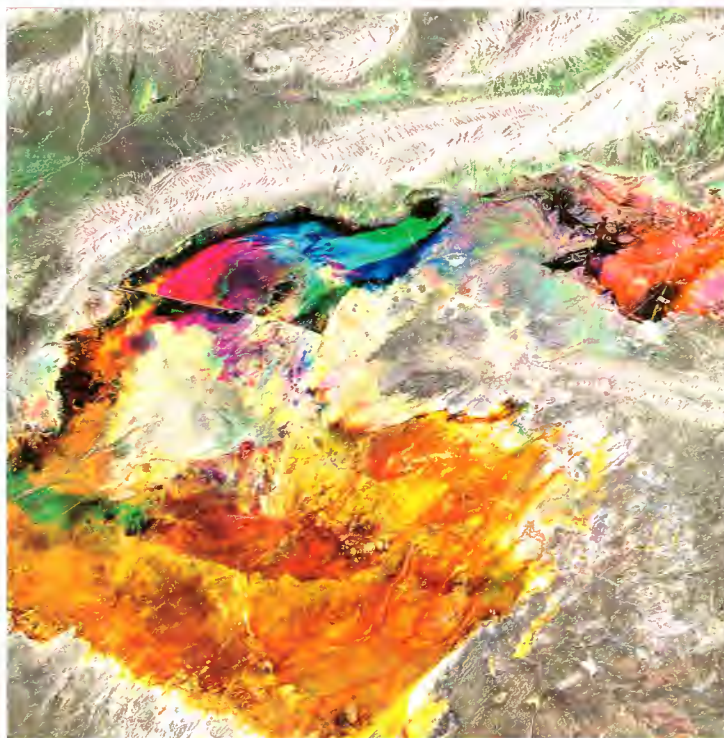
Per concludere, va detto che a tre anni dal lancio di ERS-1, il numero di utilizzatori e lo sfruttamento dei dati ERS hanno confermato se non superato le previsioni al momento del lancio.



L'Australia evoca le immagini di grandi aree desertiche, tuttavia, questo continente è così vasto che vi si trovano zone boschive monsoniche al nord e foreste temperate ed umide al sud.

L'estuario del South Alligator River - nell'estremità più a nord dell'Australia - è stato usato come sito di test dalla University of New South Wales. L'obiettivo è l'identificazione della vegetazione ed il monitoraggio degli effetti degli incendi, delle alluvioni e delle siccità ed il loro impatto sull'insediamento umano. In questa immagine multitemporale ERS-1, ottenuta dalla sovrapposizione di tre immagini registrate ad intervalli di alcuni mesi, è visibile il passaggio dalle mangrovie lungo la costa alle distese di terra semi-aride all'interno, passate per zone boschive e praterie.

*Copyright ESA.*



Questa immagine del lago salato Chott-El-Jerid, al centro della Tunisia, è stata ottenuta dalla sovrapposizione di tre immagini registrate su un periodo di cinque mesi nel 1992.

Questo grande lago salato si trova tra le montagne dell'Atlante (bianco) a nord ed un altipiano (grigio) ad est. È da queste grandi altezze che l'acqua scende nella pianura ed evapora, lasciando sedimenti salini. I diversi colori nell'immagine corrispondono alle variazioni nella struttura della superficie e, di conseguenza, ai diversi livelli di evaporazione e di umidità del suolo.

*Copyright ESA.*

## Da ERS-1 a ERS-2

ERS-1 é il primo satellite sul quale sia stato installato un insieme di strumenti cosí complesso, completato da una altrettanto elaborata rete di installazioni a terra.

### La continuita' dei dati

Una caratteristica vitale del programma di osservazione della Terra dell'ESA é sempre stata la consapevolezza dell'importanza della continuita' dei dati a lungo termine. In effetti, non ci si puó aspettare che uno scienziato si dedichi all'osservazione della Terra se il flusso di dati rischiasse di interrompersi dopo due o tre anni. Non é concepibile che un'attivitá a valore aggiunto o un servizio operativo investissero sullo sfruttamento dei dati ERS senza l'assoluta garanzia della continuita' dei dati.

Per questo, alla fine del 1994 o all'inizio del 1995, ERS-1 sará seguito da ERS-2 al quale fará a sua volta seguito, nel 1998/99, il piú grande e piú versatile Envisat-1.

### La missione ERS-2

ERS-2 coprirá il periodo dal 1995 al 1998/99. Il suo compito principale é di continuare la missione di ERS-1 con gli stessi strumenti a bordo, con una aggiunta; l'esperimento GOME (Global Ozone Measurement Experiment), dedicato alle misure

dell'ozono presente nella stratosfera e nella toposfera. Poiché nulla meglio dei satelliti puó effettuare il monitoraggio globale dello strato di ozono, l'ESA ha deciso di includere il GOME nel carico utile di ERS-2, raccogliendo la sfida di costruirlo in soli cinque anni.

Inoltre, il numero di bande spettrali dell'ATSR sará aumentato da tre a sei, le tre nuove bande spettrali del visibile, sono destinate al monitoraggio della vegetazione con 1 km di risoluzione a terra ed una copertura globale ogni tre giorni. Infine, uno strumento PRARE migliorato permetterà il calcolo di precisione dell'orbita dell'ERS.

### In meta' tempo - a meta' prezzo

La costruzione di ERS-2 é stata decisa a giugno 1989, poiché questa consisteva essenzialmente nella duplicazione del suo predecessore, é stato possibile abbassare i costi fino a 550 milioni di ECU, incluso il lancio e le operazioni. (La cifra rappresenta all'incirca il 60% dei costi di ERS-1 riferiti piuttosto ai livelli degli anni '90 che non '80). Per le stesse ragioni, ERS-2 é stato preparato per il lancio in soli cinque anni, cioè la metà del tempo impiegato per il completo sviluppo di ERS-1.

Dopo aver lasciato l'Europa nel settembre 1994 alla volta della base di lancio del Centro Spaziale Guianese

a Kourou, nella Guiana Francese, il satellite é stato preparato per il lancio, previsto per la fine del 1994 o l'inizio del 1995.

Una volta in orbita, inizierà una fase di collaudo che implica verifiche funzionali del satellite e dei suoi strumenti come pure la calibrazione e la validazione dei dati, e che durerà circa tre mesi. Tuttavia, i dati saranno disponibili prima.

### **Operazioni su ERS-1 ed ERS-2 in tandem**

Si prevede che ERS-1 continuerà ad essere il satellite principale del sistema ERS durante la fase preparatoria di ERS-2. Nella primavera 1995, al termine della fase preparatoria, ERS-2 prenderà il posto di ERS-1 soddisfacendo le regolari richieste dei dati ERS da parte degli utilizzatori e continuando a fornire dati globali per l'archivio.

ERS-1 ed ERS-2 saranno ambedue su orbita a ciclo ripetitivo di 35 giorni, ciò significa che ciascun satellite passerà su una data zona almeno una volta ogni 35 giorni. L'intervallo tra il passaggio ERS-1 e quello di ERS-2 sulla stessa zona sarà di uno o otto giorni.

Poiché ERS-2 fornirà dati regolarmente, ERS-1 sarà fatto funzionare per apposite campagne secondo i seguenti obiettivi:

- Ottimizzazione delle condizioni per l'interferometria per permettere la generazione di modelli digitali del

rilievo a media risoluzione, per un'ampia parte della superficie emersa della Terra.

- Miglior campionamento spazio/temporale per l'agricoltura, idrologia dello scioglimento delle nevi, studio delle interazioni oceano/clima.

In generale, 40 progetti applicativi e di ricerca con dati ERS-2, senza un tandem ERS-1/ERS-2 sarebbero irrealizzabili; inoltre, 130 futuri progetti ERS-2 potrebbero migliorare la qualità dei loro risultati. Con altri 8 milioni di ECU per il finanziamento delle operazioni dei due satelliti in tandem, la missione aumenterà il suo contenuto scientifico ad un prezzo d'occasione.

Le seguenti pubblicazioni possono essere ordinate presso:

ESA Publication Division  
ESA/ESTEC  
Keplerlaan 1  
NL-2200 AZ Noordwijk ZH  
Olanda  
Fax (+31)-1719-17400.

**ESA bulletin** - un rapporto trimestrale con articoli approfonditi su tutti i programmi dell'ESA.

**Earth Observation Quaterly** - pubblicazione di nuovi ed interessanti risultati scientifici ed informazioni sulle attività di osservazione della Terra.

**Atti del "Second ERS-1 Symposium"**  
11-14 Ottobre 1993, Amburgo, Germania.

**Atti del "First ERS-1 Pilot Project Workshop"**  
21-23 giugno 1994, Toledo, Spagna.

---

Le seguenti pubblicazioni possono essere ordinate presso:

ERS-1 Helpdesk  
ESA/ESRIN  
via Galileo Galilei  
I-00044 Frascati  
Italia  
Fax(+39)-6-94180-361.

**Guide to ERS-1/CD-ROM** - una presentazione interattiva del satellite ERS, gli strumenti ed alcuni risultati (IBM-Windows).

**SAR Reference Coverage/CD-ROM** - un catalogo delle immagini ERS-1 radar acquisite insieme ai "quick looks" sull'Europa (IBM - Windows).

**ERS User Handbook.**

**ERS System Description.**

**ERS Product Specifications.**

Le seguenti pubblicazioni possono essere ordinate presso:

ESA Public Relations Division  
8/10 rue Mario Nikis  
F-75738 Paris cedex 15  
France  
fax (+33)-1-4273-7690.

**Serie di diapositive ERS-1** - Immagini e fotografie di questo opuscolo su diapositive 24 x 36 mm.

**CD foto ERS-1** - 75 immagini ERS-1 e risultati. Su un unico CD-ROM con standard CD-foto Kodak, completo di software di lettura (IBM-Windows, Macintosh Quicktime).

**Un mondo meraviglioso** - videocassetta con una presentazione di 24 min. della missione ERS-1 (VHS-PAL, SECAM o NTSC, in inglese, francese, tedesco o italiano).

Publicato dall'Agenzia Spaziale Europea.  
Per ulteriori informazioni contattare :

ESA Public Relations Division  
8-10, rue Mario Nikis  
75015 Paris, France  
Tel. +33 1 42 73 71 55  
Fax +33 1 42 73 76 90  
*Dal 1° Gennaio 1995 :*  
Tel. +33 1 53 69 71 55  
Fax + 33 1 53 69 76 90

Altri uffici Pubbliche Relazioni esistono presso i seguenti stabilimenti  
dell' ESA ed uffici esteri :

- ESA/ESTEC** - Noordwijk (Olanda) - Tel +31 1719 8 30 06
- ESA/ESOC** - Darmstadt (Germania) - Tel +49 6151 90 22 66
- ESA/ESRIN** - Frascati (Italia) - Tel +39 6 94 180 260
- ESA/EAC** - Cologne (Germania) - Tel +49 2203 600 10
- ESA/Washington** (USA) - Tel +1 202 488 41 58
- ESA/Kourou** (Guiana francese) - Tel +594 33 43 75
- ESA/Brussels** (Belgio) - Tel +32 2 230 90 39

