

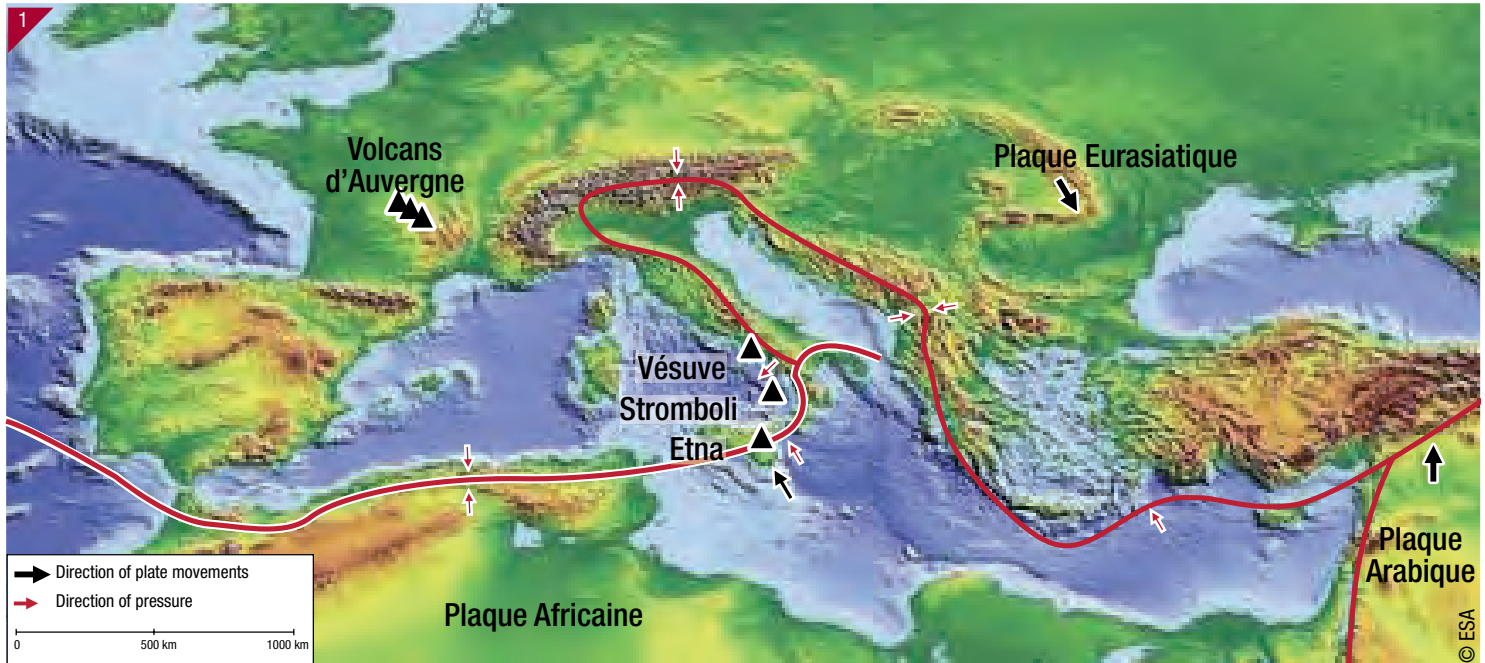


© ESA

9- Les volcans. L'exemple de l'Etna



La surface de la Terre est composée de grandes plaques qui bougent lentement et continuellement les unes par rapport aux autres. Ce sont ces mouvements qui provoquent tremblements de terre et éruptions volcaniques.



Sur cette image de la Méditerranée, le satellite a enregistré les variations du niveau des fonds marins et le relief des terres émergées. On y distingue les chaînes de montagnes sous-marines. Il y est plus facile de repérer la continuité du contour des grandes plaques. Quand les plaques bougent les unes par rapport aux autres, des failles apparaissent et les roches en fusion situées dans les profondeurs de la Terre peuvent remonter brusquement à la surface: des volcans se forment ainsi dans ces zones, comme en Italie.



L'immense panache de fumée, au moment de l'éruption d'octobre 2002, est parfaitement visible depuis l'espace et peut atteindre plusieurs milliers de kilomètres. Ce nuage est formé de gaz, de poussières, et de cendres. Ils contiennent du dioxyde de carbone et du soufre et altèrent la qualité de l'environnement. On peut remarquer que les vents dominants rabattent ces fumées sur la côte africaine (Tunisie, Libye). Les satellites peuvent délivrer une information constamment mise à jour sur ces phénomènes.



À l'échelle humaine, les glissements des plaques tectoniques sont très lents (quelques centimètres par an). Mais cela s'additionne : l'Inde a dérivé vers le Nord de plus de 2000 km en 70 millions d'années !

Vue de la Sicile, au cœur de la Méditerranée, prise par le satellite Envisat en octobre 2002. L'Etna est en éruption.

L'ETNA, LE VOLCAN LE PLUS ACTIF D'EUROPE



Sur cette image, prise lors de l'éruption de juillet 2001, la fumée s'échappe du cratère de l'Etna. On distingue les anciennes coulées de lave en noir le long des flancs du volcan. La ville de Catane est visible au bas de l'image sur la côte. Les terres volcaniques sont très fertiles et la végétation reprend rapidement ses droits (image Spot 5).



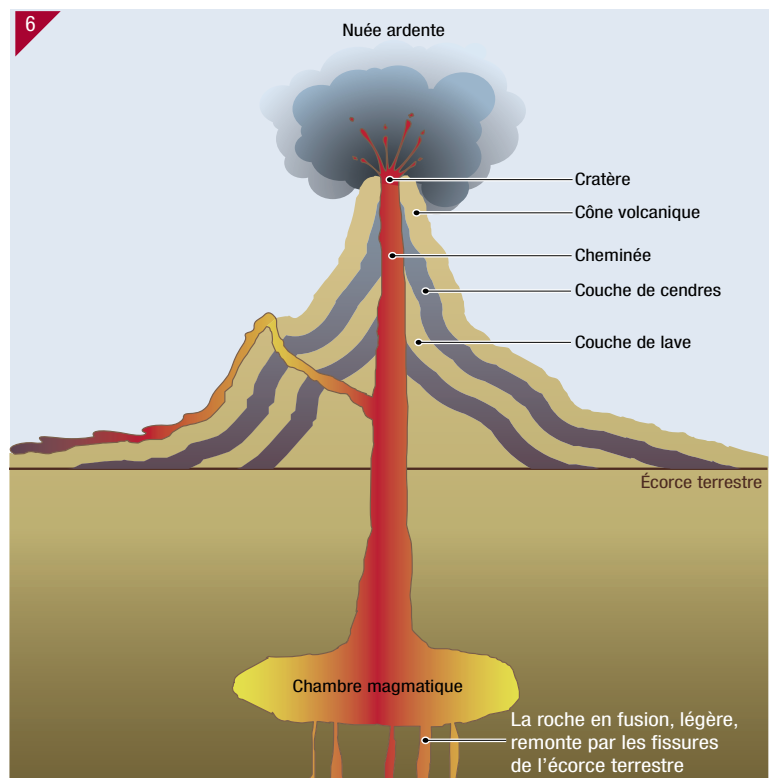
La ville de Catane au pied de l'Etna.

Les volcans dits actifs comme l'Etna connaissent des éruptions fréquentes.

C'est pour cela que l'observation et la surveillance des volcans, par les moyens classiques au sol ou par satellite sont nécessaires. En 1669, une coulée de lave détruisit une partie de la ville.

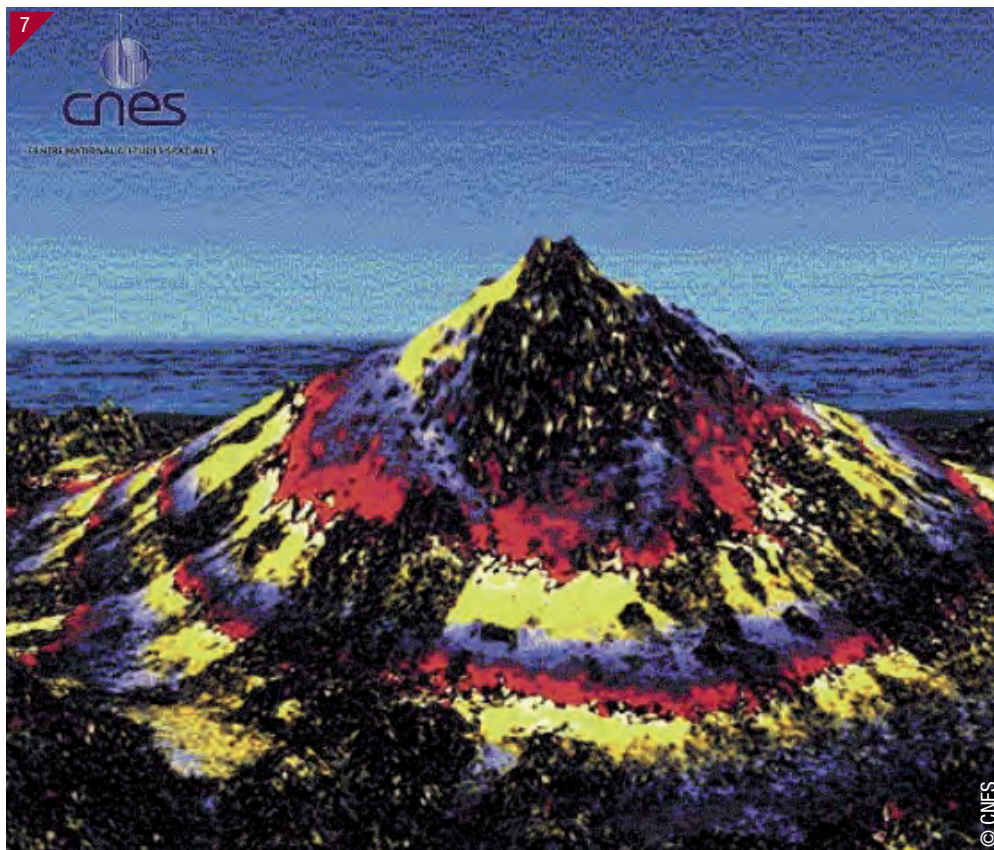


Éruption nocturne de l'Etna. On distingue au loin les lumières de Catane.



Les fumées qui s'échappent du volcan contiennent des gaz ou des poussières. Mais le volcan éjecte aussi de la matière en fusion (magma) et des pierres ou des roches de toutes tailles qui proviennent des profondeurs de la terre. Cette matière en fusion est confinée dans une sorte de grand réservoir, à une dizaine de kilomètres sous terre et projetée vers l'extérieur quand la pression est trop forte. Cette pression est si importante qu'elle peut soulever le volcan de quelques centimètres.

DES MESURES AU CENTIMÈTRE PRÈS



Sur ce graphique, on peut compter 9 bandes de couleurs concentriques. Chaque bande représente un gonflement du volcan de 2 centimètres environ. C'est à dire que le sommet du volcan s'est soulevé de 18 centimètres.

Les instruments des satellites peuvent détecter ces mouvements infimes du sol. La combinaison fine de signaux radars permet en effet de mesurer le relief avec précision.

Le radar émet un signal, sous forme d'ondes, qui est renvoyé par la surface de la Terre (un volcan, une montagne) vers le satellite qui enregistre ainsi le retour de ce signal.

Ces ondes sont des vibrations plus ou moins rapides et amples dont le satellite capte l'écho.

Pour savoir si la surface du sol a bougé, ne serait-ce que de quelques millimètres, il suffit d'envoyer deux signaux radars à quelques jours d'intervalle. Si les ondes renvoyées vers le satellite ne coïncident pas, ne se superposent pas exactement, cela veut dire qu'à cet endroit, le sol s'est déplacé de quelques millimètres selon la longueur d'onde particulière émise par le radar.



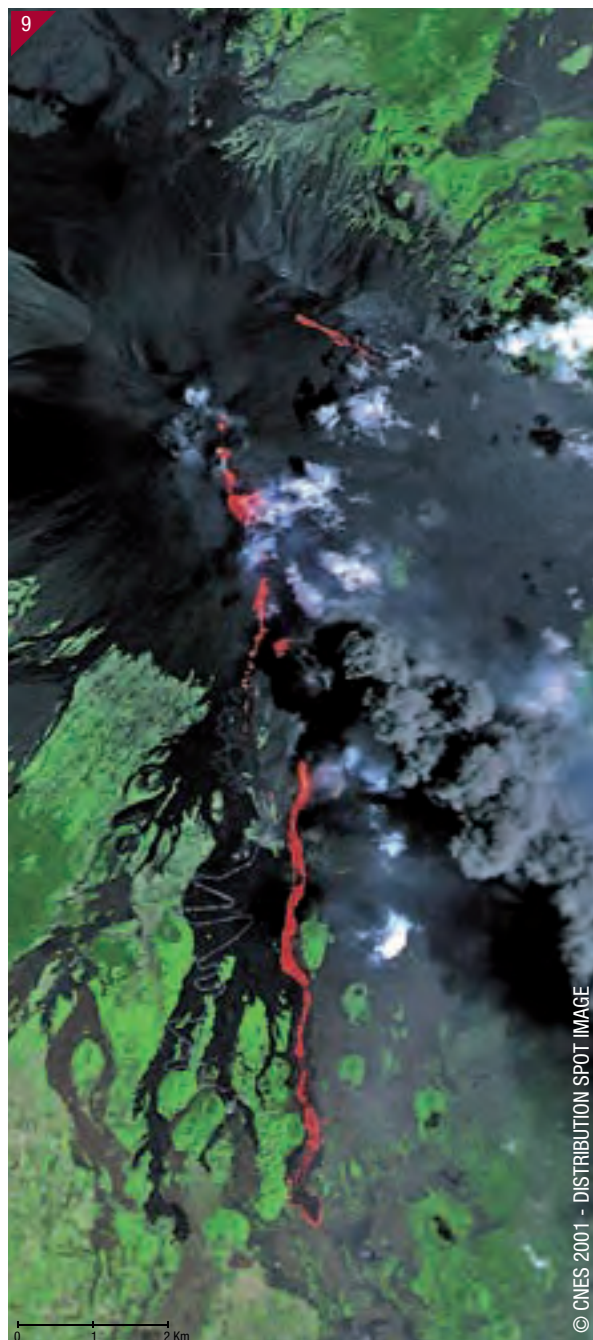
Les coulées de lave peuvent se déplacer à de grandes vitesses et détruisent tout sur leur passage.

Les coulées de lave peuvent provoquer des dégâts considérables. L'observation par satellite permet de surveiller l'évolution d'une éruption volcanique, et notamment de suivre le parcours de ces coulées. Les satellites peuvent aussi repérer parfois les mouvements de terrain précurseurs d'une éruption.

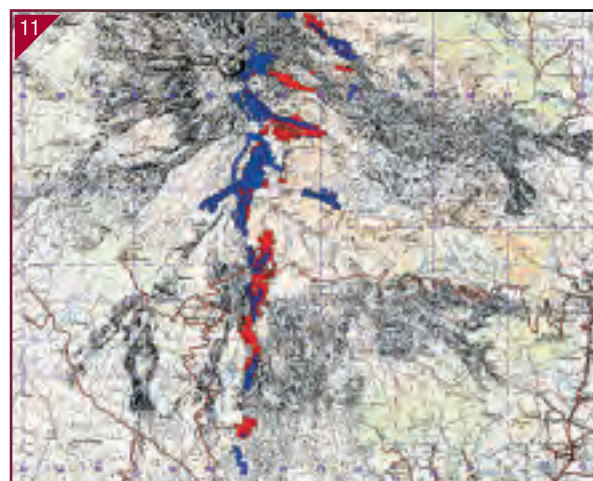


Dommages créés après une éruption de l'Etna.

Il y a toujours un certain délai entre le phénomène physique (l'éruption volcanique), le passage du satellite au-dessus de la zone, la transmission des données, le traitement des images, la fourniture des images aux autorités locales et la mise en place des procédures d'alerte sur le terrain. Ainsi, le satellite ne constitue pas le principal outil de prévention, mais il est très important pour évaluer les besoins après une catastrophe et planifier les actions de secours. Il permet par exemple de connaître précisément l'état des routes et de tous les chemins d'accès pour les zones sinistrées. La vue d'ensemble qu'il produit permet également d'établir les priorités en cas d'intervention d'urgence.



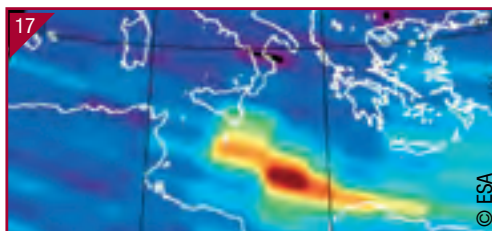
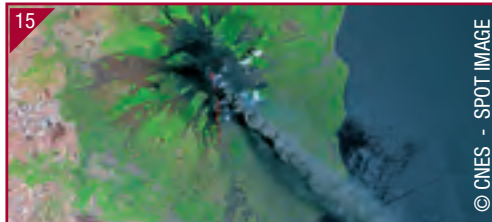
Sur cette image satellite, on distingue les routes coupées par une ancienne coulée de lave de l'Etna (Image Spot).



Les images satellites donnent des informations qui, ajoutées aux cartes, aideront les autorités locales à fournir une réponse adaptée à la situation.

Comment travaillent les satellites ?

La Charte Internationale Espace et Catastrophes Majeures



Un seul satellite ne peut suffire pour fournir toutes les informations utiles quand une catastrophe se produit. En effet, il peut être de l'autre côté de la Terre au moment de l'évènement. Par ailleurs, un satellite qui prend des images dans le domaine du visible ne pourra pas opérer si la région est sous les nuages, ou si la catastrophe a lieu la nuit. Dans ce cas, c'est un satellite qui dispose de radars qui pourra mieux le faire.

L'Agence spatiale européenne et différentes autres agences spatiales ont conclu un accord qui permet d'additionner et de coordonner les moyens d'observation spatiale de plusieurs pays. Cette charte internationale appelée « Espace et Catastrophes Majeures » définit comment ces moyens techniques et scientifiques sont mis à la disposition des autorités en cas d'évènement dramatique.

Le fonctionnement de la Charte

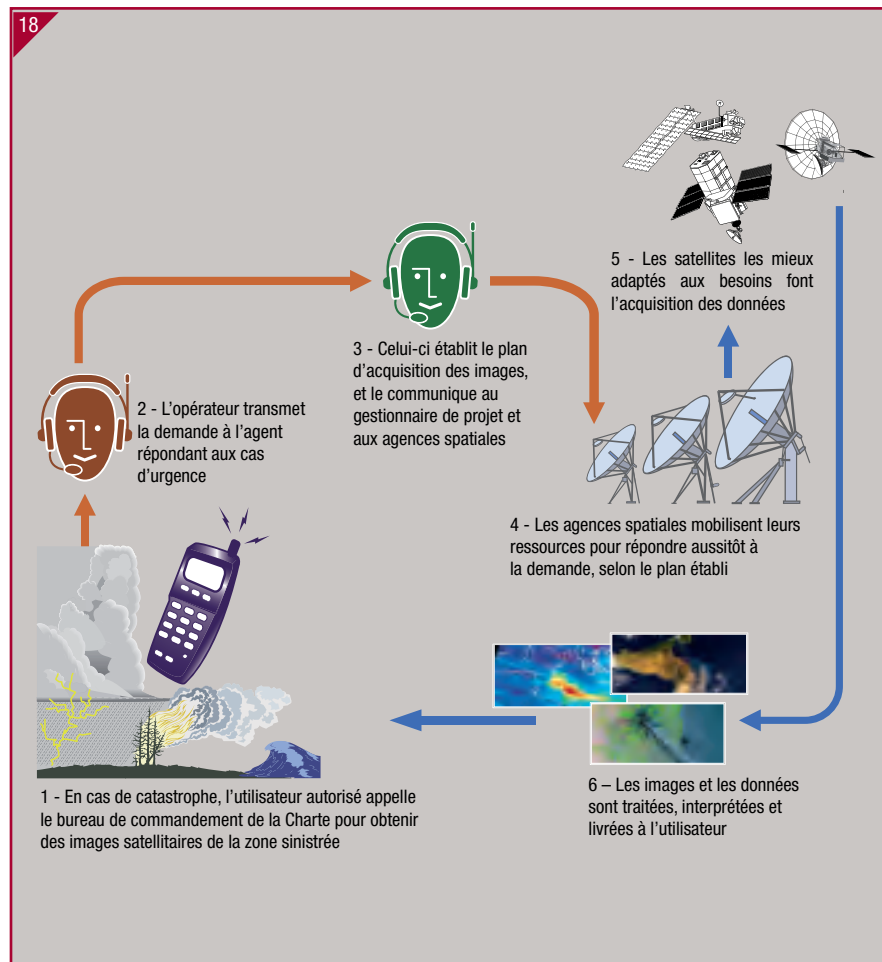
En cas de sinistre majeur, cette charte internationale organise la prise d'image par les satellites en priorité absolue.

La Charte est mise en oeuvre à la demande des services de protection civile en cas de sinistre mettant en jeu des vies humaines ou des dommages considérables des biens.



Cette coordination internationale est une initiative européenne. En janvier 2007 elle rassemble les organisations suivantes :

Agence spatiale européenne (ESA)
Centre national d'études spatiales (Cnes) - France
Agence spatiale canadienne (ASC)
Indian Space Research Organisation (ISRO)
National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) - USA
Argentina's Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE)
Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA)
US Geological Survey (USGS)
DMC International Imaging / British National Space Center (BNSC)
Chinese National Space Administration (CNSA)



Informations pour les enseignants

Les fiches d'informations pour les enseignants sont conçues pour offrir un support lors de la préparation des cours. Elles viennent en complément des dossiers distribués aux élèves. Le professeur y trouvera une synthèse d'informations utiles à la présentation du sujet, des données complémentaires concernant les images satellitaires, une bibliographie et une liste d'adresses de sites traitant les sujets abordés.

Dossier N°9 : Les volcans : l'exemple de l'Etna

Le dossier N°9 aborde la problématique des volcans.

Ce dossier permet :

- de repérer et d'identifier les principaux phénomènes volcaniques, notamment en Europe;
- d'identifier les formes associées à ces phénomènes volcaniques;
- d'analyser les rapports entre sociétés humaines et volcanisme.



Le volcanisme

La compréhension et la localisation des phénomènes volcaniques dans le monde sont indissociables de la problématique de la tectonique des plaques. La partie superficielle rigide de l'écorce terrestre, ou lithosphère, est épaisse d'environ 100 kilomètres. Elle comprend les continents et les fonds des océans. Constituée à la fois de la croûte terrestre et de la partie supérieure du manteau, elle est divisée en six plaques tectoniques principales et en six plaques secondaires. Ces plaques glissent sur une matière visqueuse sous-jacente, l'asthénosphère, affectée de mouvements de convection qui provoquent la montée de roches magmatiques à la faveur de fractures importantes dans la croûte. Les relations entre le volcanisme et l'instabilité sismique sont certaines (cf. la « ceinture de feu » du Pacifique) et les zones de volcanisme actif sont aussi des régions de séismes.

Les éruptions diffèrent selon la nature et la forme des matériaux présents dans la chambre magmatique. On distingue ainsi le type hawaïen (dôme de lave surbaissé, pas d'explosion, peu de projections, importantes coulées de lave), le type strombolien (alternance de coulées et de projections qui se disposent en strates le long des dômes), le type vulcanien (primauté des projections, éruptions spectaculaires) et le type péléen (explosions, nuées ardentes, formation d'aiguilles de laves acides). Les éruptions ne sont pas toujours les mêmes pour le même appareil volcanique et peuvent changer au cours des siècles. L'activité des volcans n'est pas toujours continue.

Les conséquences du volcanisme pour les sociétés humaines peuvent varier. Les volcans constituent tout d'abord un risque naturel majeur pour les populations. Les épisodes dramatiques du Vésuve il y a près de 2000 ans, mais plus proches de nous, du Pinatubo (Philippines), du Nevado del Ruiz (Colombie), de l'île de Montserrat, rappellent que le volcanisme est un danger incontrôlable. Mais il ne faut pas négliger que le volcanisme peut avoir des conséquences économiques favorables. Les dépôts de cendres sur les versants ou au pied des volcans peuvent constituer un terrain fertile favorable au développement de l'agriculture. Le thermalisme, le tourisme (exemple de la chaîne des Puys en Auvergne), l'exploitation des matériaux volcaniques (pouzzolane, andésite, basalte...) soulignent l'adaptation des sociétés humaines à ce phénomène naturel.

Page de couverture

Image de couverture : Le cratère de l'Etna (Proba / Chris)

Proba est un petit satellite expérimental lancé par l'ESA en 2002. D'un poids de seulement 94 Kg, cette plate-forme permet de tester de nouvelles fonctionnalités automatiques. Il dispose en outre d'un instrument très performant (Chris), qui est un imageur multi spectral à haute résolution. Cette image a été prise le 30 octobre 2002.

Dossier central

Image N°1 : Modèle Numérique de Terrain de l'Europe et la Méditerranée

Cette image DEM (Digital Elevation Model) de l'Europe et de la Méditerranée permet notamment de représenter les reliefs sous-marins.

Les capteurs spatiaux enregistrent les faibles surélévations locales du niveau des mers. La précision et le nombre des mesures permettent, après avoir intégré ces données dans un modèle numérique prenant en compte d'autres sources (mesures prises par les sonars, etc...) et d'autres paramètres (connaissance du géoïde, effet des marées...), de restituer une carte du relief sous-marin. Celle-ci fait apparaître la continuité des structures géologiques présentes sur les continents.

Plusieurs laboratoires ont collaboré à la réalisation de cette carte établie grâce aux données de différents satellites, notamment ERS 1 et 2.

Image N°2 : La Sicile et l'éruption de l'Etna (Envisat/MERIS)

Les aérosols et les particules de carbone éjectés auront un impact durable dans l'atmosphère, au niveau régional et global. L'acide sulfurique, produit par le dioxyde de soufre, peut persister pendant plusieurs années. Les satellites permettent de suivre et d'analyser l'évolution de ces aérosols et leur action dans l'atmosphère et la couverture nuageuse. Image prise le 28 octobre 2002.

Image N°3 : L'éruption de l'Etna (Spot 5)

L'Etna est le plus haut (3370 m) et le plus actif volcan d'Europe.

La vitesse d'éjection dans l'atmosphère peut atteindre 450 m par seconde, plus rapide que la vitesse du son. On distingue sur cette image une coulée de lave provenant d'un cratère secondaire.

Image N°7 : Représentation de l'Etna par interférométrie radar (Envisat)

L'interférométrie est une technique qui permet de mesurer le relief avec précision et de détecter des mouvements millimétriques du sol. Cette technique consiste à combiner deux signaux radar d'une même zone prise à deux moments différents ou de deux positions différentes. Si les signaux sont identiques, la forme d'onde du signal combiné restera la même. En revanche, les changements (d'origine géométrique ou temporelle) produiront des formes d'onde légèrement différentes l'une de l'autre et produiront une interférence lors de leur combinaison. On mesure précisément le déphasage du trajet aller et retour du signal de deux enregistrements différents.

L'analyse de ces franges d'interférence équivaut à une mesure de variation de distance très précise (de l'ordre d'une fraction de longueur d'onde, c'est-à-dire millimétrique), mais qui n'est connue qu'à un multiple entier de la longueur d'onde près. C'est cette image des différences de phase, constituée de franges que l'on appelle un interférogramme.

Si le sol se déforme, cela affectera directement les signaux radar. L'interférogramme peut être alors interprété comme une carte des mouvements du terrain où les franges sont des lignes d'iso-déplacement dont la précision est millimétrique.

Cette technique complexe est utilisée pour repérer les mouvements du sol - notamment le gonflement des volcans du à la pression du magma - ou précurseurs de glissements de terrains ou de séismes. Elle peut être complémentaire des enregistrements effectués par des sismographes installés au sol.

Page 5 - L'éruption de l'Etna en 2001

Image N°9 : Coulée de lave de l'Etna (Spot 5)

Cette image est un agrandissement de l'image Spot du dossier central. Ce cadrage permet de voir notamment le tracé d'une route en lacets coupé par la coulée de lave.

Image N°11 : Flux thermiques sur le versant du mont Etna

Le 26 juillet 2001, la Charte Internationale Espace et Catastrophes Majeures a été activée à la suite de l'éruption du mont Etna. Le volcan menaçait Nicolosi, un village de 5 000 habitants situé dans l'axe de la coulée de lave. Cette carte est un exemple des informations que les partenaires de la Charte sont en mesure de fournir très rapidement : ici les traces rouges et bleues montrent l'évolution des flux thermiques du 29 juillet comparés à ceux du 21 juillet 2001. Carte établie à l'aide d'images Landsat.

Page 6 - « Comment travaillent les satellites ? »

Image N°18 : La Charte Internationale Espace et Catastrophes Majeures

En juillet 1999, le CNES (Centre National d'Études Spatiales) et l'ESA (Agence Spatiale Européenne) ont décidé de mettre leurs systèmes satellitaires au service de la prévention et de la gestion des catastrophes naturelles ou industrielles. La Charte internationale est officiellement entrée en vigueur le 1er novembre 2000 et réunit à ce jour (janvier 2007) dix agences spatiales. La coordination et la réunion des moyens spatiaux de plusieurs agences sont essentielles pour assurer la surveillance et l'observation d'une zone de crise.


La mobilisation de nombreux satellites permet de garantir qu'au moment de la catastrophe les satellites les plus proches et les plus appropriés pourront immédiatement programmer leurs prises de vues sur la zone sinistrée. Les autres satellites en orbite basse, qui parcourent le globe terrestre dans sa totalité en deux ou trois jours en moyenne, pourront à leur tour fournir les images nécessaires pour connaître en détail l'ampleur du sinistre, son évolution et fournir des cartes précises pour les secours et l'aide aux victimes.

Annexe - Deux articles extraits de la Charte :

1 - Fournir en période de crise, aux États ou communautés dont les personnes, les activités ou les biens seraient exposés à des risques imminents de catastrophes naturelles ou technologiques, ou en seraient victimes, les données permettant d'obtenir les informations les plus susceptibles de contribuer à l'anticipation et à la gestion des crises qui pourraient survenir.

2 – Concourir, par ces données et par les informations et services issus de l'exploitation de moyens spatiaux, à l'organisation des secours ou aux opérations de réparation engagées à leur suite.

La surface de la Terre est composée de grandes plaques qui bougent lentement et continuellement les unes par rapport aux autres. Ce sont ces mouvements qui provoquent tremblements de terre et éruptions volcaniques.



Sur cette image de la Méditerranée, le satellite a enregistré les variations du niveau des fonds marins et le relief des terres émergées. On y distingue les chaînes de montagnes sous-marines. Il y a également des lignes de rupture à l'intérieur des grandes plaques. Quand les plaques bougent les unes par rapport aux autres, des foyers s'ouvrent et les roches en fusion situées dans les profondeurs de la Terre peuvent remonter brutalement à la surface des volcans ou former ainsi des cascades, comme en Italie.

Immense panache de fumée, au moment de l'éruption d'octobre 2002, le volcan d'Etna a pu être vu depuis l'espace et peut attendre plusieurs milliers de kilomètres. Ce nuage est formé de gaz, de poussières, de cendres, de la condensation du dioxyde de carbone et du soufre et altère la qualité de l'environnement.

On peut remarquer que les vents dominants entraînent ces fumées sur la côte africaine (Maroc, Libye). Les satellites peuvent délivrer une information complémentaire importante : à jour sur ces phénomènes.

À l'échelle humaine, les éruptions ont des plaques volcaniques qui sont surveillées par satellite. Mais cela a des limites : l'axe à droite vers le Nord de plus de 2000 km en 710 millions d'années !


LES MESURES AU CENTIMÈTRE PRÈS

Les instruments des satellites peuvent détecter ces mouvements infimes du sol. La combinaison des données radar permet en effet de mesurer le relief avec précision.

Le radar émet un signal, sous forme d'ondes, qui est renvoyé par la surface de la Terre (un volcan, une montagne) vers le satellite qui enregistre sans le retour de ce signal. Ces ondes sont des vibrations plus ou moins rapides et amples, dont le satellite capte l'écho. Pour savoir si la surface du sol a bougé, on mesure ce que de quelques millimètres, il suffit d'enregistrer deux images radar à quelques jours d'intervalle. Si les ondes envoyées vers le satellite ne coïncident pas, on ne suppose pas exactement, cela veut dire qu'il y a eu un déplacement de quelques millimètres selon la longueur d'onde particulière émise par le radar.

Sur ce graphique, on peut compter 9 bandes de couleurs concentriques. Chaque bande représente un déplacement de 2 centimètres environ. C'est à dire que le sommet du volcan a été soulevé de 18 centimètres.

ETNA, LE VOLCAN LE PLUS ACTIF D'EUROPE



Sur cette image, prise lors de l'éruption de juillet 2001, la fumée s'échappe du cratère du Etna. On distingue les ondes sismiques de base au nord le long des flancs du volcan. La ville de Catane est visible au bas de l'image sur la droite. Les zones volcaniques sont très fertiles et la végétation reprend rapidement son développement.

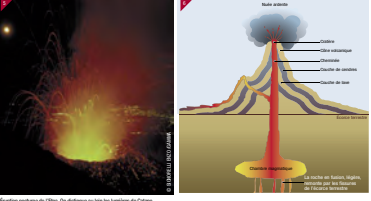
LES MESURES AU CENTIMÈTRE PRÈS

Les instruments des satellites peuvent détecter ces mouvements infimes du sol. La combinaison des données radar permet en effet de mesurer le relief avec précision.

Le radar émet un signal, sous forme d'ondes, qui est renvoyé par la surface de la Terre (un volcan, une montagne) vers le satellite qui enregistre sans le retour de ce signal. Ces ondes sont des vibrations plus ou moins rapides et amples, dont le satellite capte l'écho. Pour savoir si la surface du sol a bougé, on mesure ce que de quelques millimètres, il suffit d'enregistrer deux images radar à quelques jours d'intervalle. Si les ondes envoyées vers le satellite ne coïncident pas, on ne suppose pas exactement, cela veut dire qu'il y a eu un déplacement de quelques millimètres selon la longueur d'onde particulière émise par le radar.

Sur ce graphique, on peut compter 9 bandes de couleurs concentriques. Chaque bande représente un déplacement de 2 centimètres environ. C'est à dire que le sommet du volcan a été soulevé de 18 centimètres.

ETNA, LE VOLCAN LE PLUS ACTIF D'EUROPE



Sur cette image, prise lors de l'éruption de juillet 2001, la fumée s'échappe du cratère du Etna. On distingue les ondes sismiques de base au nord le long des flancs du volcan. La ville de Catane est visible au bas de l'image sur la droite. Les zones volcaniques sont très fertiles et la végétation reprend rapidement son développement.

LES MESURES AU CENTIMÈTRE PRÈS

Les instruments des satellites peuvent détecter ces mouvements infimes du sol. La combinaison des données radar permet en effet de mesurer le relief avec précision.

Le radar émet un signal, sous forme d'ondes, qui est renvoyé par la surface de la Terre (un volcan, une montagne) vers le satellite qui enregistre sans le retour de ce signal. Ces ondes sont des vibrations plus ou moins rapides et amples, dont le satellite capte l'écho. Pour savoir si la surface du sol a bougé, on mesure ce que de quelques millimètres, il suffit d'enregistrer deux images radar à quelques jours d'intervalle. Si les ondes envoyées vers le satellite ne coïncident pas, on ne suppose pas exactement, cela veut dire qu'il y a eu un déplacement de quelques millimètres selon la longueur d'onde particulière émise par le radar.

Sur ce graphique, on peut compter 9 bandes de couleurs concentriques. Chaque bande représente un déplacement de 2 centimètres environ. C'est à dire que le sommet du volcan a été soulevé de 18 centimètres.

Ressources en ligne

www.esa.int
www.esa.int/SPECIALS/ESRIN_SITE/index.html

www.esa.int/eo
earth.esa.int/earthimages
www.earth.esa.int/education
www.eduspace.esa.int
www.cnes.fr

www.cnes-edu.org
www.spotimage.fr

VOLCANS ET TECTONIQUE DES PLAQUES

www.ipgp.jussieu.fr/pages/O6.php

www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosgeol/accueil.html

www.eduspace.esa.int/subtopic/default.asp?document=277&language=fr

INTERFÉROMÉTRIE

www.meteofrance.com/FR/glossaire/designation/1358_curieux_view.jsp

CHARTRE INTERNATIONALE ESPACE ET CATASTROPHES MAJEURES

www.disasterscharter.org

Site de l'ESA (Agence spatiale européenne)
Site de l'ESRIN - Institut européen de recherches spatiales : centre de l'ESA dédié à l'Observation de la Terre
Site de l'Observation de la Terre de l'ESA
Galerie d'images satellitaires de l'ESA
Site éducation de l'ESA
Site éducatif de l'Observation de la Terre (EDUSPACE)
Site du CNES (Centre National d'Etudes Spatiales)
Présentation des missions et des activités du CNES
Site éducatif du CNES
Galerie d'image de SPOT IMAGE

Site de l'Institut de Physique du Globe de Paris
Notre Terre / Formation de la Terre / Tectonique / Volcanisme
Dossiers scientifiques « Sagascience » du CNRS
GéoManips / Les mouvements de la Terre
Site EDUSPACE: Surveillance des catastrophes naturelles/Volcans

Glossaire de Météo France : l'interférométrie

Site de la Charte Internationale Espace et Catastrophes Majeures

Bibliographie

Les risques volcaniques, comprendre pour mieux gérer
TDC, N° 802, 15 octobre 2000
CNDP, 2000

Les volcanologues auscultent la Terre pour mieux la comprendre et parer à ses sautes d'humeur

La documentation par l'image
N° 149, octobre 2005 (8 pages)
Supplément gratuit - Document ESA / Nathan

Présentation de la Charte Internationale Espace et Catastrophe Majeure

Vidéographie

Machine Terre (1 et 2)
CNDP, 1998 / Paris : Hachette, 1998

De la dérive des continents au volcanisme

L'activité volcanique

Prévention et protection des populations. Étude des différents types de volcans

Images satellitaires



Conduite du projet pour l'ESA
Conception éditoriale
Rédaction et réalisation
Conseillers scientifiques (ESA)
Conseillers pédagogiques

Agostino de Agostini
Frédéric Létang / Patrice Desenne
Frédéric Létang
Isabelle Duvaux Béchon / Laurence Ghaye
Éric Janin / Jean Jandaly

Documentation
Graphisme
Illustrations

Production

Valérie Massignon - XYZèbre
Boris Uzan
Philippe Bouillon - Illustratek

Europimages - Alette Cremer

Dossier N°9 : Les volcans : l'exemple de l'Etna

Après avoir lu et regardé attentivement le dossier, répondez aux questions suivantes :

1 – Quel phénomène est à l'origine des tremblements de terre et des éruptions volcaniques ?

.....
.....
.....
.....

2 – À quelle vitesse peut se déplacer une plaque tectonique ?

.....
.....

3 – Quels sont les éléments rejetés dans l'atmosphère lors d'une éruption volcanique ?

.....
.....
.....

4 – Quels sont les dommages que provoque une éruption volcanique ?

.....
.....
.....

5 – Quelles correspondances pouvez-vous observer entre l'image satellitaire de l'Etna prise par le satellite Spot (image n°3) et la photographie de l'Etna présentée au-dessous (images n°4) ?
Quelles informations donne l'image satellitaire ?

.....
.....
.....
.....

6 – Quelles sont les principales fonctions des satellites de télédétection qui observent les volcans ?

.....
.....
.....
.....

7 – Avec quelle précision certains instruments des satellites peuvent-ils observer les mouvements de terrain ?

.....
.....

8 – Quel accord ont passé les agences spatiales en cas de catastrophe naturelle ? À quoi sert cet accord ?

.....
.....
.....