

UIT-R

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

Recommandation UIT-R RS.1859 (01/2010)

Utilisation des systèmes de télédétection pour la collecte des données à utiliser en cas de catastrophes naturelles ou de situations d'urgence analogues

Série RS
Systèmes de télédétection



Avant-propos

Le rôle du Secteur des radiocommunications est d'assurer l'utilisation rationnelle, équitable, efficace et économique du spectre radioélectrique par tous les services de radiocommunication, y compris les services par satellite, et de procéder à des études pour toutes les gammes de fréquences, à partir desquelles les Recommandations seront élaborées et adoptées.

Les fonctions réglementaires et politiques du Secteur des radiocommunications sont remplies par les Conférences mondiales et régionales des radiocommunications et par les Assemblées des radiocommunications assistées par les Commissions d'études.

Politique en matière de droits de propriété intellectuelle (IPR)

La politique de l'UIT-R en matière de droits de propriété intellectuelle est décrite dans la «Politique commune de l'UIT-T, l'UIT-R, l'ISO et la CEI en matière de brevets», dont il est question dans l'Annexe 1 de la Résolution UIT-R 1. Les formulaires que les titulaires de brevets doivent utiliser pour soumettre les déclarations de brevet et d'octroi de licence sont accessibles à l'adresse <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/fr>, où l'on trouvera également les Lignes directrices pour la mise en oeuvre de la politique commune en matière de brevets de l'UIT-T, l'UIT-R, l'ISO et la CEI et la base de données en matière de brevets de l'UIT-R.

Séries des Recommandations UIT-R

(Egalement disponible en ligne: <http://www.itu.int/publ/R-REC/fr>)

Séries	Titre
BO	Diffusion par satellite
BR	Enregistrement pour la production, l'archivage et la diffusion; films pour la télévision
BS	Service de radiodiffusion sonore
BT	Service de radiodiffusion télévisuelle
F	Service fixe
M	Services mobile, de radiorepérage et d'amateur y compris les services par satellite associés
P	Propagation des ondes radioélectriques
RA	Radio astronomie
RS	Systèmes de télédétection
S	Service fixe par satellite
SA	Applications spatiales et météorologie
SF	Partage des fréquences et coordination entre les systèmes du service fixe par satellite et du service fixe
SM	Gestion du spectre
SNG	Reportage d'actualités par satellite
TF	Emissions de fréquences étalon et de signaux horaires
V	Vocabulaire et sujets associés

***Note:** Cette Recommandation UIT-R a été approuvée en anglais aux termes de la procédure détaillée dans la Résolution UIT-R 1.*

Publication électronique
Genève, 2010

© UIT 2010

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, par quelque procédé que ce soit, sans l'accord écrit préalable de l'UIT.

RECOMMANDATION UIT-R RS.1859

Utilisation des systèmes de télédétection pour la collecte des données à utiliser en cas de catastrophes naturelles ou de situations d'urgence analogues

(2010)

Domaine d'application

La présente Recommandation définit les lignes directrices relatives à l'utilisation de satellites fournissant des données de télédétection en cas de catastrophe naturelle ou de situation d'urgence analogue mais ne contient pas d'informations sur la diffusion de données.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que, pour ce qui est des radiocommunications, la gestion des catastrophes inclut les aspects suivants également importants:
 - 1) l'alerte rapide et prévention en recourant à:
 - la prévision des catastrophes, y compris l'acquisition et le traitement des données relatives à la probabilité d'occurrence, au lieu et à la durée de futures catastrophes;
 - la détection des catastrophes, notamment par l'analyse détaillée de la probabilité et de la gravité types d'une catastrophe;
 - 2) l'atténuation des effets d'une catastrophe, notamment la diffusion rapide d'informations relatives à l'imminence d'une catastrophe, et des alertes correspondantes aux organismes chargés des secours;
 - 3) les radiocommunications pour les secours après la survenue d'une catastrophe, notamment la fourniture sur site de systèmes de communication terrestres et par satellite afin d'aider à la sécurisation et la stabilisation de la vie humaine et des biens dans les zones affectées;
- b) que l'imprévisibilité de lieu est inhérente aux catastrophes naturelles, ce qui implique l'existence de capacités d'observation de la Terre rapides et globales dont seuls disposent les équipements de télédétection satellitaires;
- c) que ces capteurs de télédétection satellitaires existent et sont exploités dans des bandes de fréquences actuellement attribuées au service d'exploration de la Terre par satellite (SETS);
- d) qu'il existe des organismes dont la mission est de faciliter le traitement et la fourniture de données relatives aux catastrophes, émanant d'un opérateur-fournisseur de services par satellite aux organismes concernés chargés des secours,

reconnaissant

- a) que la Résolution 647 (CMR-07) – "Lignes directrices relatives à la gestion du spectre pour les radiocommunications d'urgence et aux radiocommunications pour les secours en cas de catastrophe", reconnaît implicitement le rôle de la télédétection;
- b) que la Résolution UIT-R 55 – "Etudes de l'UIT-R concernant la prévision ou la détection des catastrophes, l'atténuation de leurs effets et les opérations de secours", la Résolution 644 – "Moyens de radiocommunication pour l'alerte avancée, l'atténuation des effets des catastrophes et les opérations de secours" et la Résolution 673 (CMR-07) – "Utilisation des radiocommunications pour les applications liées à l'observation de la Terre" reconnaissent toutes l'importance des aspects relatifs aux radiocommunications/TIC qui concernent la prévention, la prévision, la détection, l'alerte, l'atténuation des effets et les opérations de secours, et identifié l'important rôle de la

Commission d'études 7 des radiocommunications, et de la télédétection dans la gestion des catastrophes;

c) que dans son dispositif, la Résolution UIT-R 53 – "Utilisation des radiocommunications pour les interventions et les secours en cas de catastrophe" charge "les Commissions d'études compétentes de l'UIT-R d'entreprendre des études et d'élaborer des lignes directrices relatives à la gestion des radiocommunications pour prévoir ou détecter les catastrophes, en atténuer les effets et pour les opérations de secours",

notant

a) que le Rapport de l'UIT-D sur la Question 22/2 – "Utilisation des TIC pour la gestion des catastrophes, ressources et systèmes de capteurs spatiaux actifs ou passifs utilisés en cas de catastrophe et pour les secours d'urgence", est un document contenant des lignes directrices destinées à faciliter la mise en œuvre du Protocole d'alerte commun (protocole CAP) normalisé d'alerte et de notification des dangers au public en cas de catastrophe et de situations d'urgence,

recommande

1 d'encourager les Etats Membres de l'UIT à soutenir l'utilisation des capteurs de télédétection satellitaires fournissant des données utiles en cas de catastrophe naturelle et situations d'urgence analogues, telles celles présentées dans l'Annexe 1.

NOTE 1 – La présente Recommandation devrait être complétée par une nouvelle Recommandation sur l'utilisation des données collectées.

Annexe 1

Utilisation des données de télédétection fournies par les capteurs satellitaires pour les opérations de secours en cas de catastrophe naturelle et pour des situations d'urgence analogues

1 Introduction

Les auxiliaires de la météorologie, les services de météorologie par satellite et les services d'exploration de la terre par satellite jouent un rôle majeur dans certaines activités, telles:

- l'identification des zones à risque;
- la prévision du temps et la prévision des changements climatiques;
- la détection et le suivi des tremblements de Terre, des tsunamis, des feux de forêt et fuites de pétrole, etc.;
- la fourniture d'informations d'alerte/avertissement concernant de telles catastrophes;
- l'évaluation des dommages causés par de telles catastrophes;
- la fourniture d'informations destinées à la planification des opérations de secours; et,
- la surveillance du rétablissement après une catastrophe.

Ces services fournissent des données utiles voire essentielles pour le maintien et l'amélioration de l'exactitude des prévisions météorologiques, la surveillance et la prévision des changements

climatiques et des informations sur les ressources naturelles. Le Tableau 1 contient un récapitulatif des fréquences utilisées pour ces services et de leurs applications.

TABLEAU 1
**Bandes de fréquences utilisées en télédétection pour la prévision
et la détection des catastrophes**

Bande (GHz)	Danger et alloc.	Dangers côtiers et tsunamis	Sécheresse	Tremblements de Terre	Conditions météo exceptionnelles	Inondations	Glissements de terrain	Pollution des océans	Glace marine et lacustre	Volcans	Feux de forêt
0,43	A	X	X	X		X	X			X	X
1,25	A	X	X	X		X	X	X	X	X	
1,42	P		X			X	X				X
1,67	P										
2,65	p		X			X	X				X
3,2	a										
4,3	p										
4,9	p		X								
5,3	A	X	X	X		X	X	X	X	X	X
6,7	p		X								
7,15	p		X						X		
8,6	A		X	X	X	X	X		X		X
9,6	A		X	X	X	X	X		X		X
10,65	P	X	X		X	X	X		X		
13,5	A		X		X	X	X		X		X
15,3	p										
15,4	P	X			X	X	X				
17,25	A		X		X						X
18,7	P	X	X		X	X	X				
21,3	P	X	X		X	X	X		X		
22,3	P	X	X		X	X	X				
23,8	P	X	X		X	X	X				
24,1	A		X		X	X	X				
31,5	P	X	X		X	X	X		X		
35,55	A		X		X	X	X				
36,5	P	X	X		X	X	X		X		
50,3	P	X	X		X	X	X				
55,00	P	X	X		X	X	X				
64,5	P										
78,5	A				X						
89,00	P					X	X		X		
94,00	A				X						
101,0	p		X		X						
110,0	p										
118,0	P	X	X		X	X	X				
150,5	P	X	X		X	X	X				
157,0	P										
166,0	P	X	X		X	X	X				
175,5	P	X	X		X	X	X				
183,0	P	X	X		X	X	X				
201,0	P	X	X		X	X	X				
224,0	P										
236,0	P										
251,0	P										
276,0	P										
301,0	P										
640,0											
2500											

NOTE 1 – A et P désignent respectivement une télédétection active ou passive dans ces bandes de fréquences.

Les mesures ou les observations faites au sol, sur les lieux (*in situ*) et au bon moment sont généralement plus précises que les observations analogues faites depuis l'espace. Ces types d'observation sont connus sous l'appellation "réalité du terrain" et sont utilisées pour étalonner les appareils embarqués sur satellite. Toutefois, lorsque l'appareillage *in situ* ou les infrastructures de prise en charge nécessaires pour utiliser ces appareils ne sont pas en place ou ont été rendus indisponibles du fait de la catastrophe ou que les mesures au sol ne sont pas suffisamment précises, les observations depuis l'espace peuvent fournir des informations utiles pour remédier aux effets des catastrophes. Les observations depuis l'espace sont particulièrement utiles lorsque les zones sont très vastes, la densité de population faible et l'infrastructure technique vulnérable ou pas bien développée.

La façon dont les données produites par les satellites peuvent être utiles pour remédier aux effets des catastrophes naturelles ou causées par l'homme est décrite dans ce qui suit. Ces descriptions sont plausibles, certaines ont fait l'objet de démonstrations et d'autres sont déjà appliquées. Cette liste n'est pas exhaustive.

2 Dangers littoraux/tsunamis

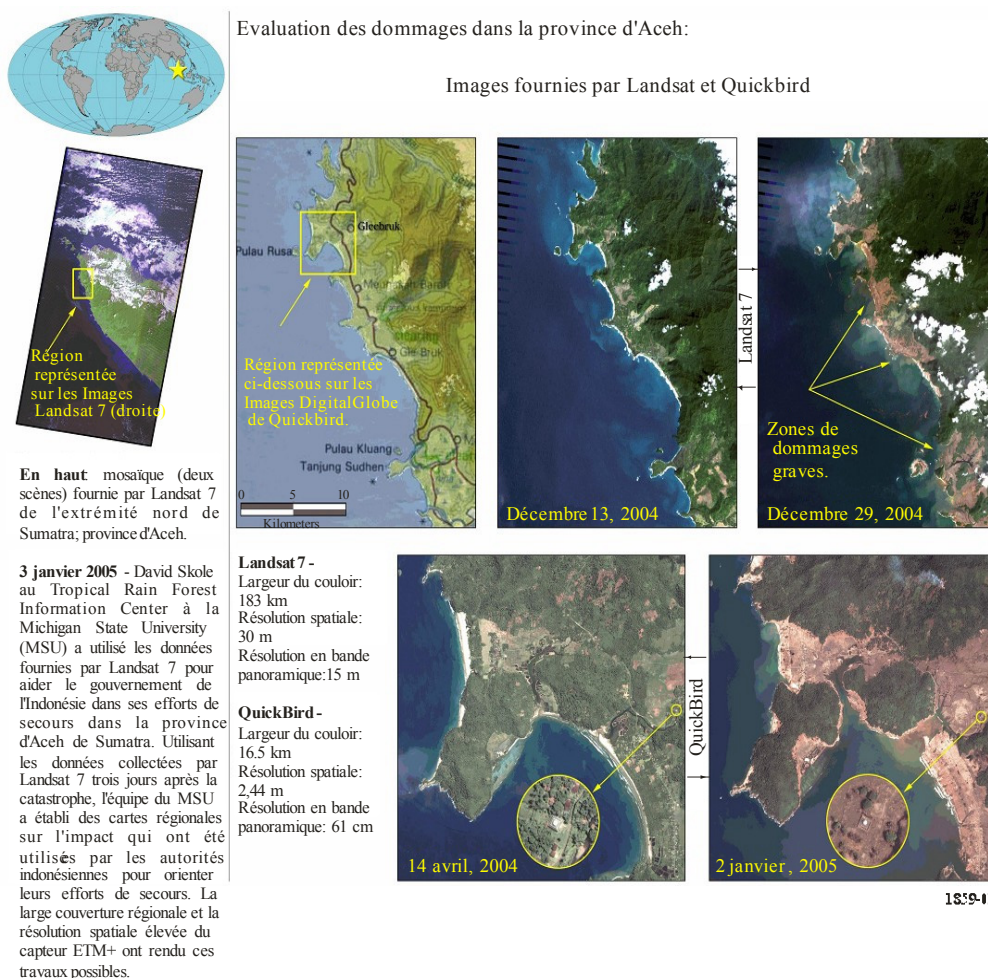
Les capteurs satellitaires peuvent aider à identifier les zones à risque en utilisant des modèles numériques d'altitude (MNA) établis par des radars à ouverture synthétique (SAR) pour localiser les zones sujettes aux inondations, ou au moyen d'une bathymétrie produite par des radars SAR pour identifier la structure du fond des océans susceptible d'aggraver les tsunamis ou les ondes de tempête.

Des événements météorologiques puissants tels les cyclones tropicaux et les typhons qui produisent des ondes de tempête; peuvent être suivis par les satellites météorologiques. Ce suivi peut être utilisé pour signaler aux zones vulnérables l'existence d'un danger potentiel.

L'étendue des dommages peut être déterminée par imagerie à moyenne/forte résolution dans le visible/l'infrarouge à partir d'équipements satellitaires. L'imagerie SAR à basse résolution, qui n'est pas gênée par la couverture nuageuse, peut être utilisée pour montrer les zones affectées. La capacité des radars SAR à pénétrer les nuages et leur capacité tout temps sont particulièrement utiles dans les zones à forte la présence nuageuse telles l'Afrique centrale, l'Amazonie et les zones insulaires telle l'Indonésie.

Après un tremblement de terre de magnitude 9 qui s'est produit au large des côtes de Sumatra, un gigantesque tsunami et de faibles secousses sismiques ont touché l'Indonésie et le sud de la Thaïlande le 26 décembre 2004 tuant plus de 104 000 personnes en Indonésie et plus de 5 000 personnes en Thaïlande. Des images optiques à moyenne et à forte résolution de la province de Aceh en Indonésie prises avant et après le tsunami du 26 décembre 2004 par des satellites en orbite basse sont reproduites à la Fig. 1. Des images, telles celles-ci, ont fourni des informations aux autorités qui ont pu évaluer les dommages.

FIGURE 1

Dommages subis dans la province d'Aceh en Indonésie

Source: Landsat et QuickBird via l'United States Geological Survey

<http://www.usgs.gov/>

Les deux ensembles d'images montrent l'intérêt d'avoir deux équipements différents. L'imagerie Landsat couvre des zones plus grandes et aide à identifier les zones touchées tandis que l'imagerie Quickbird montre avec de plus de détails des zones beaucoup plus petites.

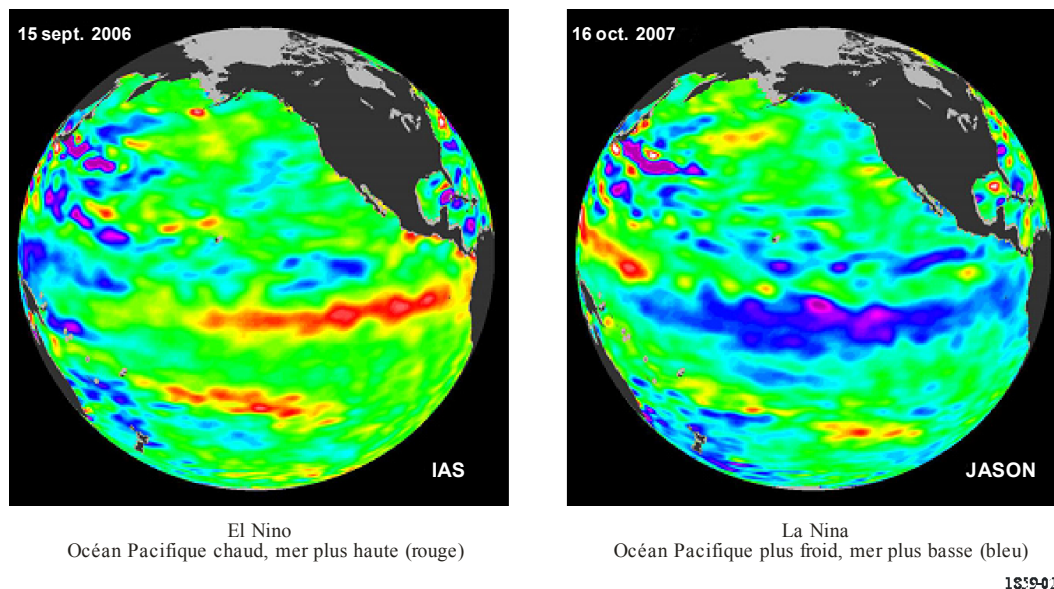
3 Sécheresse

Le début et la progression de la sécheresse peuvent être observés depuis l'espace en notant l'humidité du sol, la pluviosité et le niveau des dommages subis par la végétation dans les zones affectées. Les prévisions à long terme des conditions de sécheresse régionale peuvent être faites en suivant l'évolution de la température de l'océan Pacifique qui donne une indication sur le début d'un événement El Niño ou d'un événement opposé à savoir La Niña.

Pendant un événement El Niño, la zone équatoriale orientale du Pacifique est plus chaude et le niveau de l'océan plus élevé du fait de la dilatation thermique. Les sécheresses apparaissent fréquemment en Australie et en Indonésie sous ces conditions et les alizés sont moins forts. Inversement, pendant un événement La Niña, la zone équatoriale orientale du Pacifique est plus froide et le niveau de l'océan plus bas du fait de la contraction thermique. Les côtes occidentales des Amériques subissent une sécheresse et les alizés sont plus forts. La surveillance par satellite des

conditions climatiques permet de donner des alertes plusieurs mois avant l'apparition d'un événement (voir la Fig. 2).

FIGURE 2
Événements El Niño et La Niña dans l'océan Pacifique

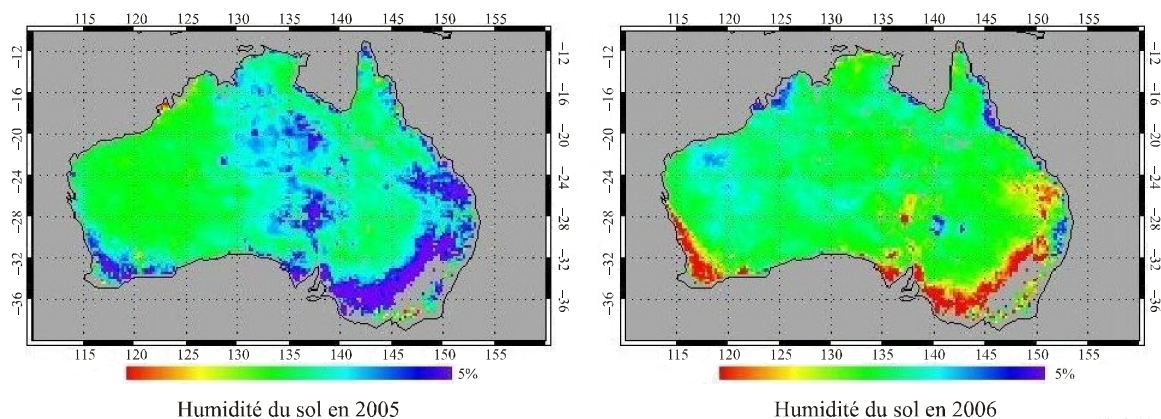


Source: JASON-1 via NASA/JPL

http://topex-www.jpl.nasa.gov/el_nino/index.html

La Fig. 3 montre une modification annuelle de la distribution de l'humidité du sol en Australie en octobre 2005, 2006. Les données ont été collectées par des canaux du radiomètre AMSR-E du satellite Aqua. La couleur rouge indique une faible humidité du sol tandis que la couleur bleue indique une humidité plus élevée du sol. Le pourcentage indiqué (en unités d'humidité du sol) donne la différence par rapport à l'humidité du sol moyennée sur deux années (2005/2006). Une sécheresse s'est produite en 2006 dans le sud-est de l'Australie (zone de Granary). Cette situation correspond bien aux observations de El Niño montrées dans la Fig. 2.

FIGURE 3
Mesures de la sécheresse en Australie faites par le radiomètre AMSR-E en octobre 2005 et octobre 2006.



Source: AMSR-E sur AQUA

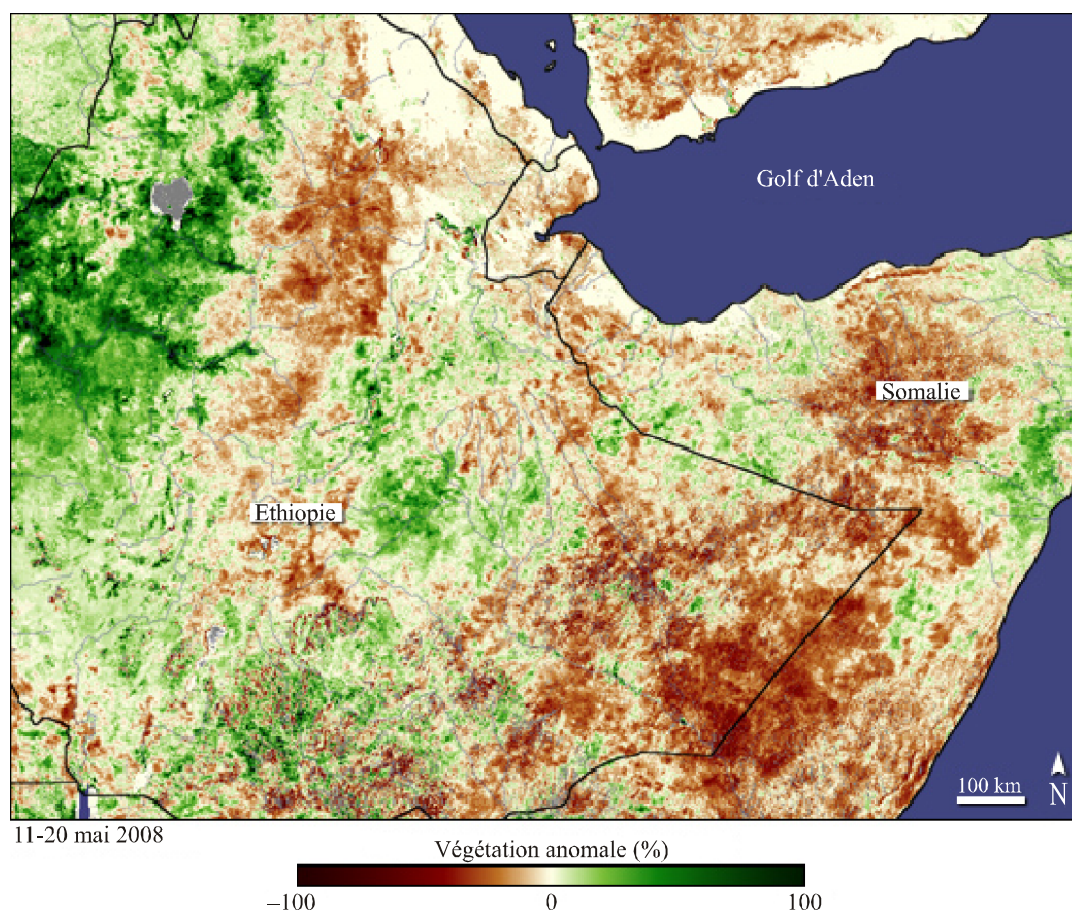
Selon l'UNICEF (Fonds des Nations Unies pour l'Enfance), à la fin mai 2008, des millions de personnes ont subi une famine dans l'Est de l'Ethiopie consécutive à la faiblesse des récoltes et à l'augmentation en flèche résultante des prix. Deux saisons successives de faibles pluies ont provoqué la sécheresse dans l'Est de l'Ethiopie et l'effet de cette situation est illustré à la Fig. 4. Elaborée à partir des données collectées par le satellite SPOT Vegetation entre le 11 et le 20 mai 2008, l'image des anomalies concernant la végétation permet de comparer la santé relative des végétaux aux conditions moyennes. Les zones où les végétaux étaient plus petits, moins denses ou croissaient plus lentement que la moyenne sont représentées en marron tandis que celles qui se trouvaient dans des conditions supérieures à la moyenne sont représentées en vert.

D'après le Réseau de Système d'Alerte Précoce Contre la Famine, l'Ethiopie présentait une image de contraste. Alors que la moitié Est du pays souffrait de la sécheresse, les zones cultivées de l'Ouest recevaient beaucoup de pluie et étaient florissantes. La sécheresse limitait la production de nourriture et les cultures commerciales tel le café. L'UNICEF estimait que 3,4 millions de personnes auraient besoin d'une aide alimentaire en juin, juillet et août si les récoltes continuaient à baisser.

FIGURE 4

Etat de la végétation pendant la sécheresse qui a affecté l'Ethiopie en 2008

Les zones en marron indiquent une végétation en mauvais état, les zones en vert une végétation saine



1859-04

Source: SPOT via la NASA

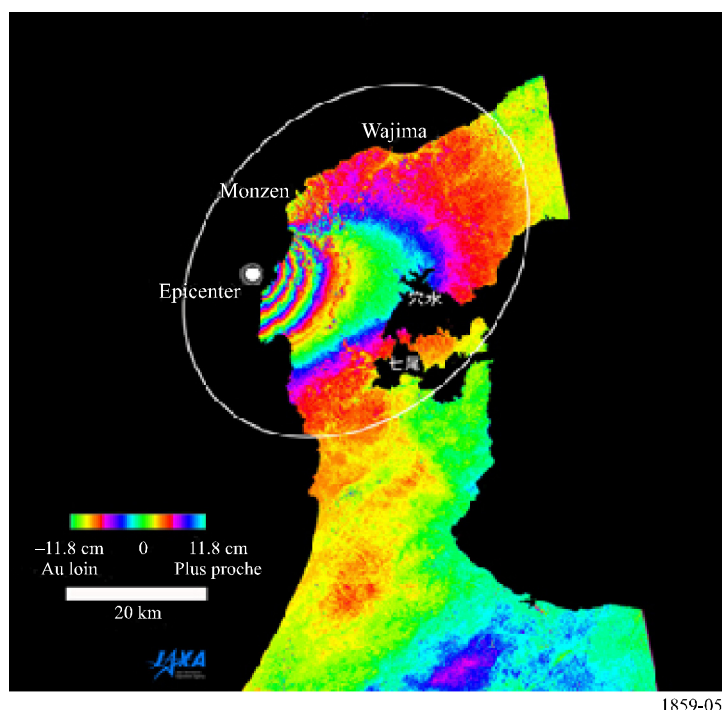
<http://earthobservatory.nasa.gov/NaturalHazards/view.php?id=19764&oldid=14871>

4 Tremblements de Terre

Après la survenue d'un important tremblement de Terre, les moyens de secours peuvent être mobilisés d'autant plus rapidement que l'estimation des dommages est elle-même rapide. Des systèmes d'aide à la décision pour l'estimation des dommages sont en cours de développement; ils sont basés sur la densité de population, le type de construction dans la zone touchée. et l'épicentre et la magnitude du tremblement de Terre. Les sismographes, les mesures interférométriques SAR (InSAR) et les mesures *in situ* utilisant des systèmes mondiaux de navigation par satellite (GNSS) permettent de déterminer le lieu et l'importance de la rupture pour l'estimation des dommages.

FIGURE 5

Mesure faite par le radar PALSAR des modifications de la surface de la Terre avant et après un tremblement de Terre dans la péninsule de Noto au Japon le 25 mars 2007



1859-05

Source: PALSAR via JAXA

http://www.jaxa.jp/press/2007/04/20070412_daichi_e.html

En général, les mouvements du sol associés aux tremblements de terre sont trop faibles pour être observés par les dispositifs d'imagerie dans le visible et l'infrarouge des satellites. Toutefois, l'imagerie visuelle est très utile pour évaluer les dommages causés par les tremblements de Terre et pour guider les secours.

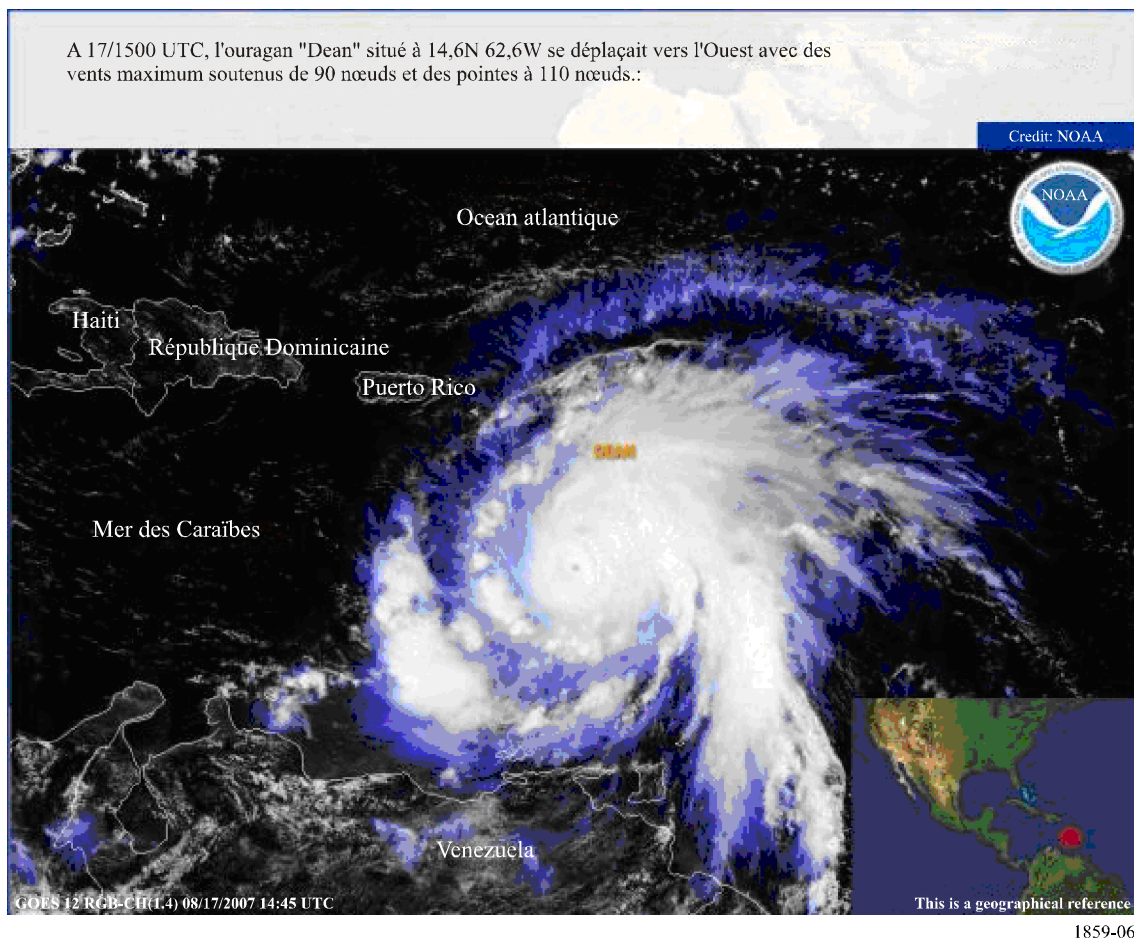
5 Conditions météorologiques extrêmes

Actuellement, les satellites météorologiques opérationnels, diversement appelés satellites environnementaux en orbite géostationnaire ou polaire, MetSats. etc. couvrent la plus grande partie du globe. Les satellites géostationnaires tournent à 35 800 km d'altitude à la même vitesse que la Terre et semblent immobiles dans le ciel. Ces satellites présentent une résolution temporelle supérieure avec des images disponibles toutes les 15-30 mn (voir la Fig. 6) et permettent la surveillance de la structure, de l'étendue des nuages et du déplacement total de la tempête. On peut ainsi déterminer le lieu où les dommages pourraient se produire et prévoir le lieu vers lequel la tempête se déplace. Les satellites en orbite polaire survolent une même zone deux fois par jour et

fournissent des informations plus détaillées mais pas nécessairement au bon moment. Beaucoup de données pertinentes peuvent être obtenues via l'Internet. Lorsqu'il est nécessaire de disposer d'informations immédiates et locales, on peut acheter et installer de stations terriennes peu coûteuses et recueillir des informations provenant des satellites qui passent au-dessus de ces stations.

FIGURE 6

Ouragan "Dean" observé par le satellite GEOSAT en orbite géosynchrone



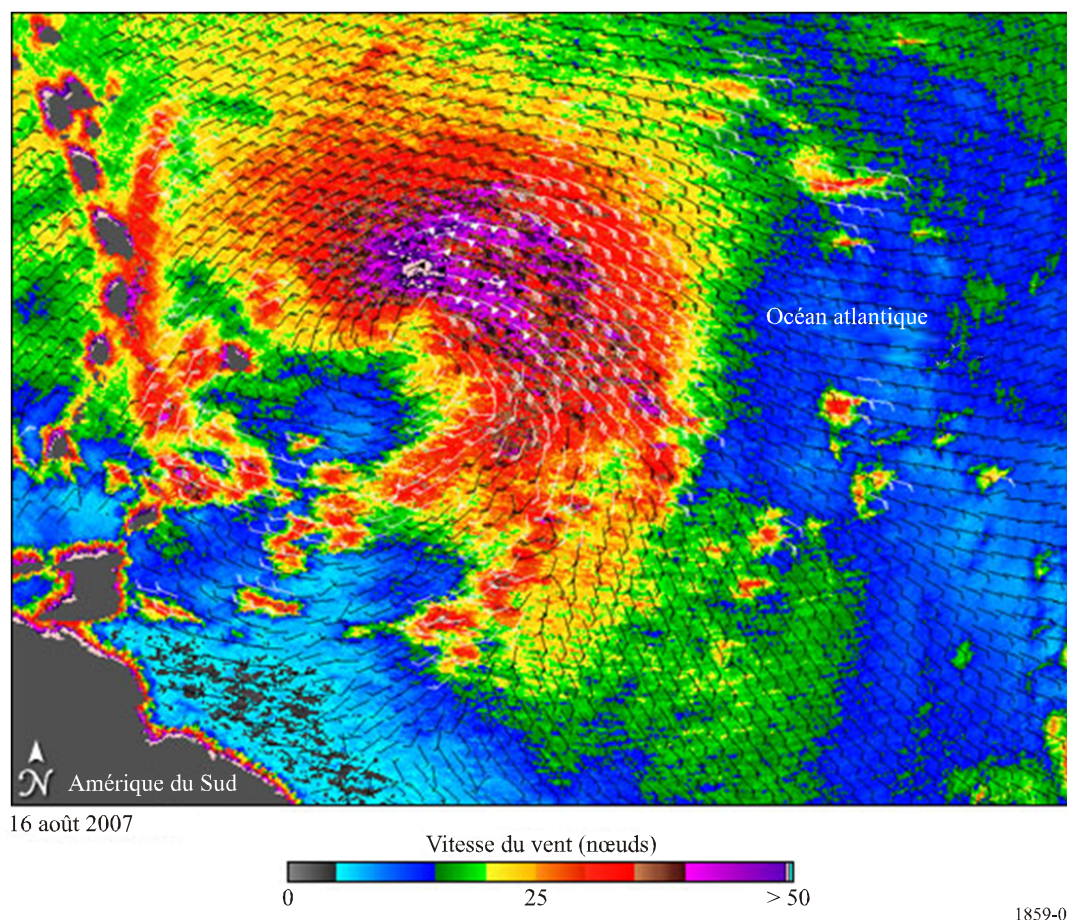
Source: Imageur sur GOES via la NOAA

<http://www.nnvl.noaa.gov/cgi-bin/index.cgi?page=products&category=Year%202007%20Storm%20Events&event=Hurricane%20Dean>

Il est possible d'observer des conditions météorologiques plus détaillées au moyen de techniques utilisant des diffusiomètres radar. La Fig. 7 montre une observation de l'ouragan "Dean" par QuikScat relevant la vitesse et la direction des vents à la surface de la mer. QuikSat était un engin spatial en orbite terrestre basse et ne pouvait pas assurer une couverture continue contrairement aux observations GOES.

La combinaison des données fournies par ces satellites et autres aide à mieux comprendre la nature de chaque ouragan et à prédire le lieu, la date et la puissance des ouragans dans le futur proche.

FIGURE 7
Observation par QuikScat de l'ouragan "Dean"



Source: Diffusiomètre sur QuikScat

<http://www.nasaimages.org/luna/servlet/detail/nasaNAS~10~10~74747~180271:Hurricane-Dean>

Les centres de prévision météorologique modernes fournissent des prévisions de meilleure qualité que par le passé et constituent une autre source de données extrêmement utiles. Voici une liste non exhaustive de ces centres:

- 1 European Centre for Medium-Range Weather Forecasts <http://www.ecmwf.int/>
- 2 Italian Meteorological Service <http://www.meteoam.it/>
- 3 National Center for Environmental Prediction <http://www.ncep.noaa.gov/>

L'Organisation météorologique mondiale (OMM à <http://www.wmo.int/>) coordonne la diffusion, le formatage et l'organisation des ces données dans le monde.

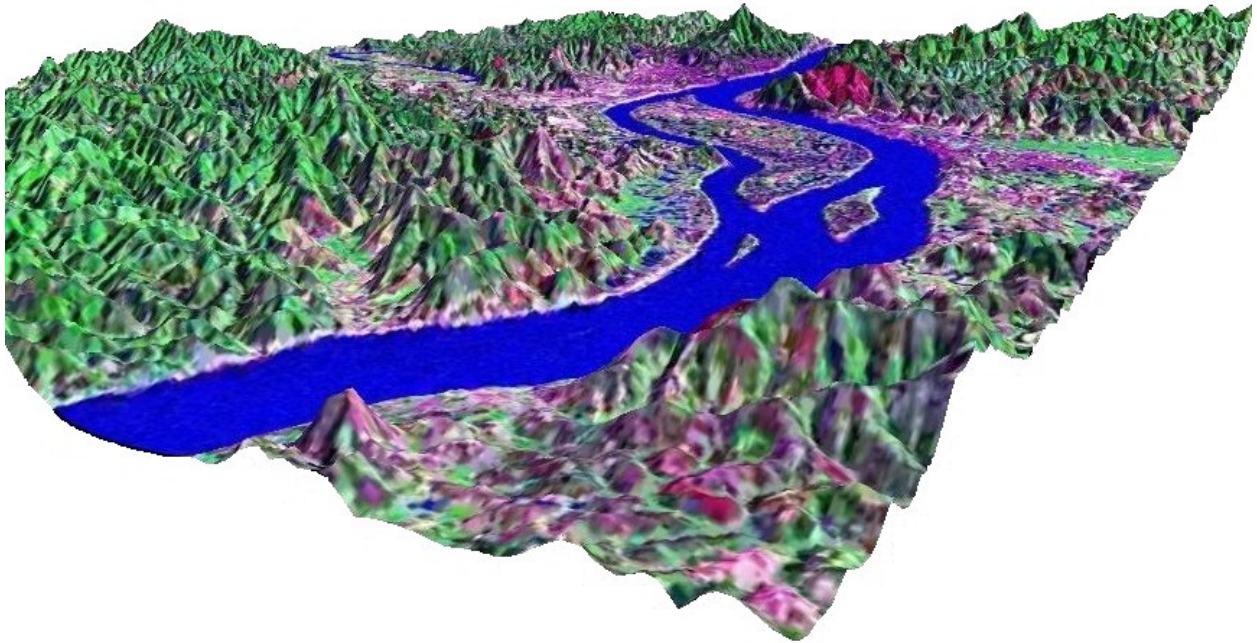
<http://www.ncep.noaa.gov/>

6 Inondations

A l'aide des modèles numériques d'altitude (MNA) établis à partir de données fournies par les satellites, il est possible d'identifier les zones inondables (zones à risque) bien avant l'apparition d'une inondation. Ces données MNA permettent de tracer de cartes topographiques des zones de basse terre. Les cartes terrestres aident à quantifier le risque en identifiant les zones peuplées. On peut alors concentrer l'attention sur l'identification des infrastructures (route, ponts, communications, etc.) nécessaires pour dépêcher l'aide lorsque se produit une inondation (voir la Fig. 8) et planifier les stratégies d'évacuation appropriées.

FIGURE 8

Image Landsat, aux environs de l'an 2000, superposée à un modèle MNA STRM de la ville de Wuzhoo dans la province de Guangxi en Chine (les zones peuplées sont indiquées par la couleur rouge-pourpre))



1859-08

Source: Données Landsat-7 via <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>
Données SRTM via <http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp>

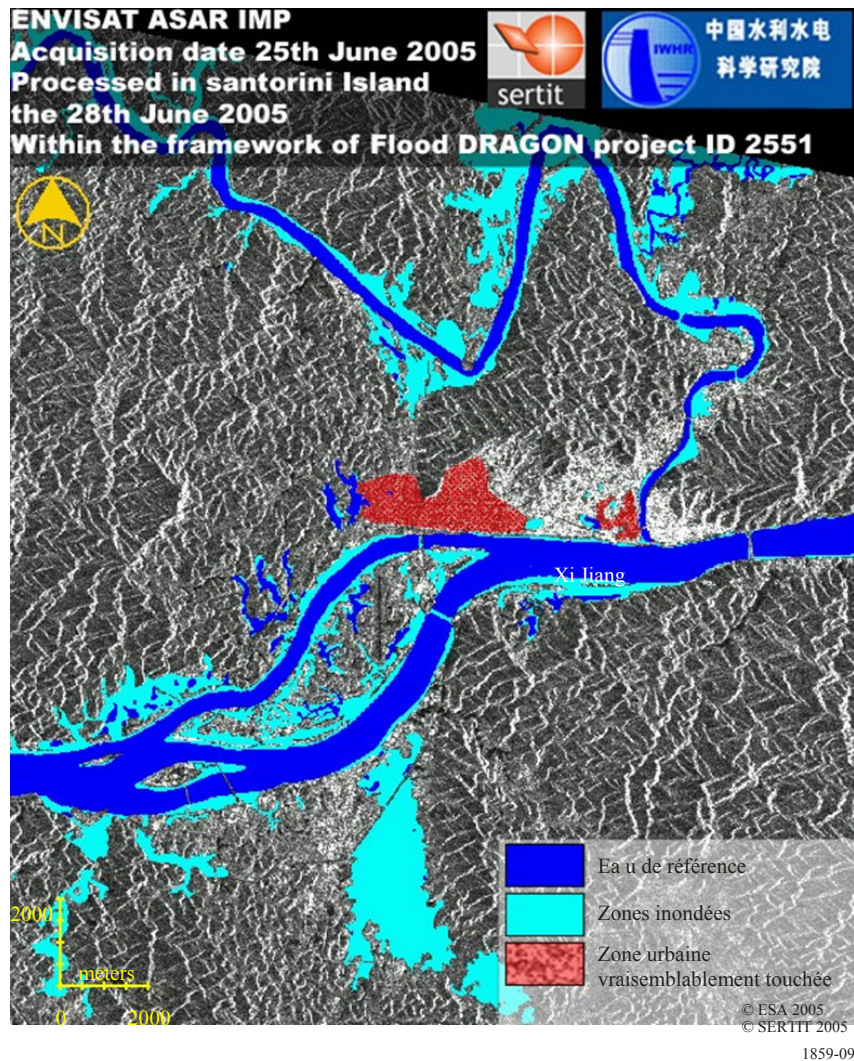
La surveillance météorologique et les prévisions météorologiques peuvent permettre de déclencher des alertes sur l'imminence ou la possibilité d'une inondation. Les données concernées sont entre autres les précipitations aréales, l'équivalent en eau des chutes de neige et l'humidité du sol qui combinées permettent de savoir si le sol absorbera plus de pluie ou s'il est saturé.

Pendant une inondation, les images fournies par les imageurs multispectraux et/ou panchromatiques et les radars SAR peuvent aider à guider les équipes de secours vers les zones spécifiques touchées et à évaluer les dommages. La capacité des SAR à pénétrer les nuages et offrir une capacité tout temps est particulièrement utile pendant une tempête provoquant des inondations. La Fig. 9 donne un exemple de capacité des SAR à définir les zones inondées.

FIGURE 9

Inondation provoquée par la rivière Xi et affectant la ville de Wuzhou dans la province de Guangxi

Les données de référence proviennent de Landsat et les données d'inondation du radar ASAR du satellite Envisat



Source: Radar ASAR sur le satellite ENVISAT

http://www.esa.int/esaEO/SEM8MD808BE_index_1.html#subhead1

Légende:

Date d'acquisition: 25 juin 2005

Traité dans l'île de Santoni le 28 juin 2005 dans le cadre du projet inondation DRAGON IS2661

7 Glissements de terrain/affaissements de terrain/avalanches

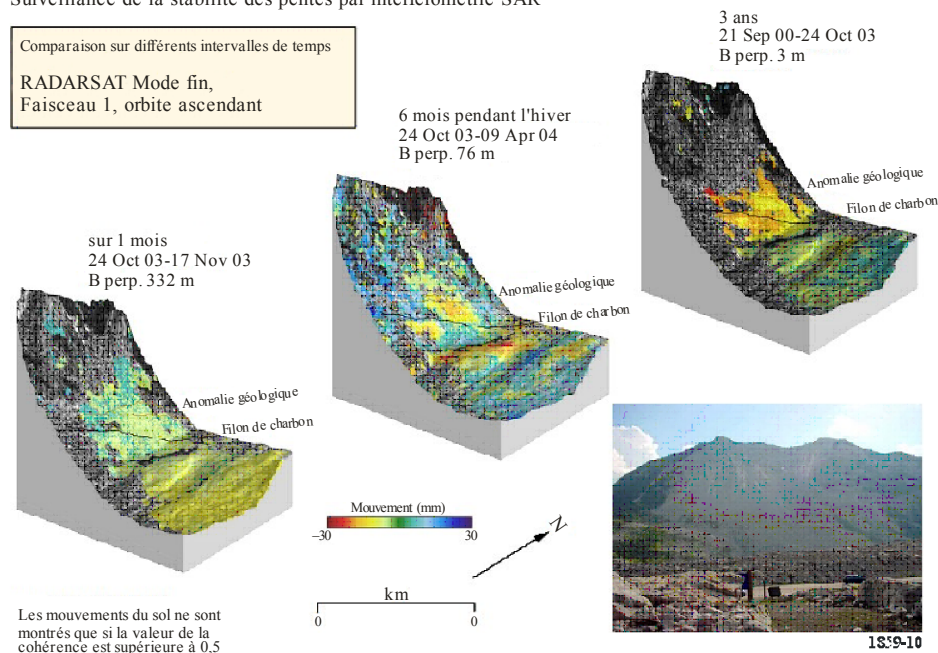
Les zones vulnérables aux glissements de terrain peuvent être identifiées en appliquant le modèle MNA aux mesures par SAR. Dans ce cas, les pentes et non pas les altitudes sont utilisées. Lorsqu'un mouvement du sous-sol est suspecté, les équipements GNSS *in situ* et InSAR peuvent fournir des mesures précises.

Ce qui est resté de Turtle Mountain au Canada après le plus grand glissement de terrain de l'histoire de l'Amérique du Nord constitue toujours une menace. Le mouvement du sol montré à la Fig. 10, est sous surveillance par le satellite RADARSAT-1 utilisant les technique InSAR.

FIGURE 10

Observation des mouvements du sol par le radar Insar du satellite RADARSAT-1 entre 2000 et 2004

Glissement de terrain touchant la ville de Frank,
sur l'autoroute transcanadienne de l'Alberta
Surveillance de la stabilité des pentes par interférométrie SAR



Source: RADARSAT via CSA

<http://www.isprs.org/publications/related/ISRSE/html/papers/759.pdf>

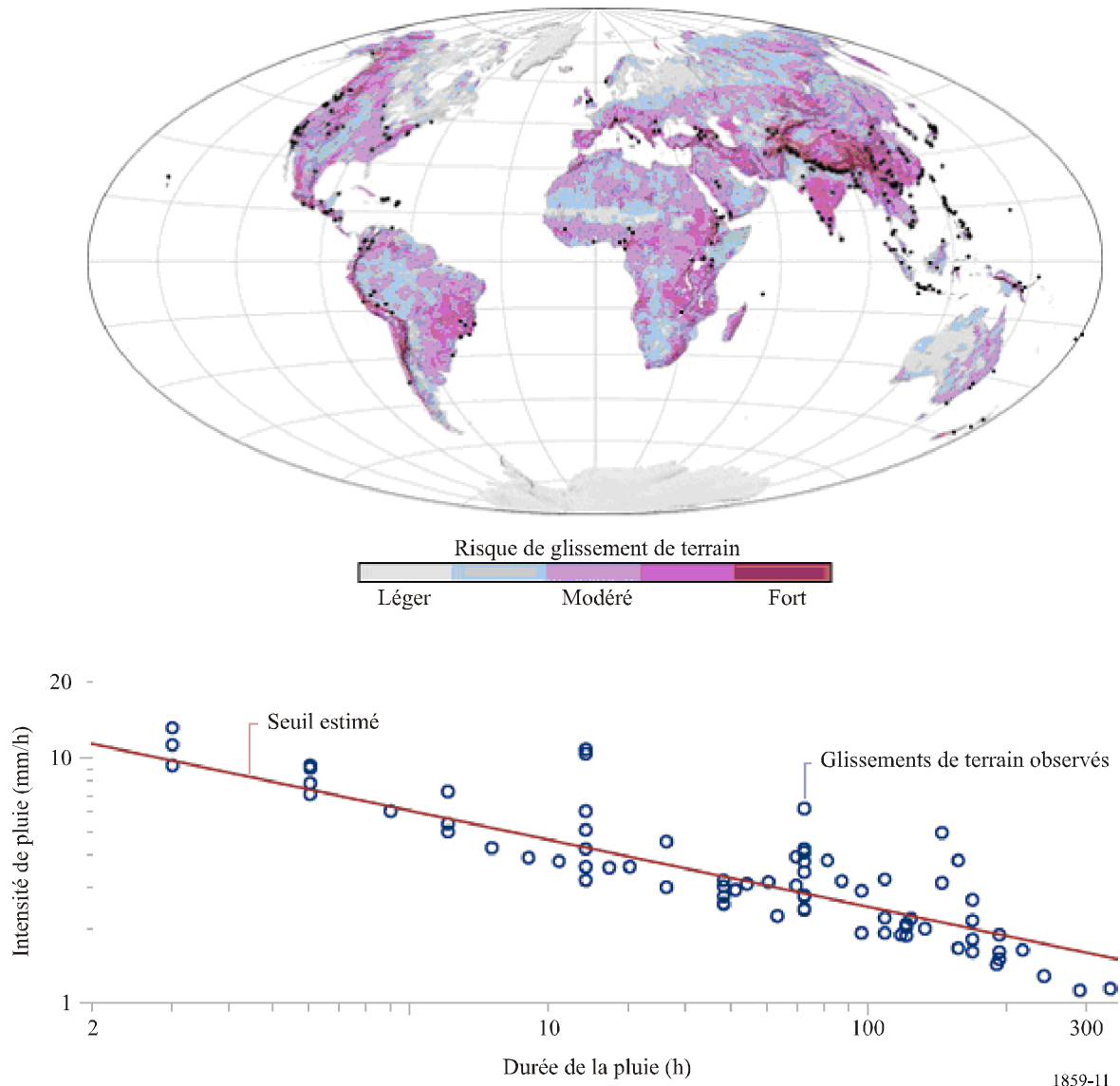
Les modifications de la couverture terrestre ou de l'utilisation des terres peuvent augmenter le risque de glissement de terrain. Par exemple, une zone intensément exploitée (déforestation) est beaucoup plus susceptible de subir des glissements de terrain qu'une zone avec un écosystème qui stabilise le sol. Les cartes d'utilisation du sol facilitent la quantification du risque car elles permettent d'identifier les zones peuplées éventuellement vulnérables. La couverture terrestre/l'utilisation du sol peut être surveillée depuis l'espace et les modifications détectées ce qui aide à évaluer les risques.

Lorsque le sol sur des versants escarpés se sature d'eau pendant de très fortes pluies, il devient vulnérable à la production de glissements de terrain. Ainsi, les prévisions de très fortes pluies associées à la connaissance de l'humidité du sol avant les pluies peuvent alerter sur l'éventualité d'apparition de glissements de terrain.

Les données fournies par les satellites peuvent être utilisées pour établir des cartes indiquant les risques de glissement de terrain (voir la Fig. 11). Les données présentées à la Fig. 11 ont été déterminées à partir du modèle STRM, de la couverture/utilisation du sol donnée par MODIS et de la pluviométrie relevée dans le cadre de la mission TRMM.

FIGURE 11

Carte des risques de glissement de terrain établie à partir de données fournies par des satellites.
Les points en noir indiquent les glissements de terrain signalés entre 2003 et 2006



Source: SRTM, MODIS, and TRMM via la NASA

<http://earthobservatory.nasa.gov/Features/LandslideWarning/>

Après la survenue d'un glissement de terrain, l'imagerie InSAR peut donner une cartographie précise des mouvements de terrain (affaissements) en comparant l'imagerie SAR du sol nu avant et après le glissement de terrain. D'autres imageries peuvent montrer les zones touchées en indiquant l'effet sur la végétation et autres caractéristiques de la surface.

Un tremblement de Terre de magnitude 7,6 a touché le Pakistan le 8 octobre 2005; la plupart des dommages ont été causés dans la région autour de la ville de Muzaffarabad; à 10 km environ de l'épicentre. Le tremblement de Terre a provoqué l'effondrement des constructions et l'apparition de glissements de terrain à travers le Cachemire. Le satellite Ikonos a saisi une image d'un glissement de terrain (Fig. 12, droite) à Makhri, un village situé aux abords de la ville de Muzaffarabad le 9 octobre 2005. La partie Ouest de la montagne s'est effondrée envoyant une cascade de rochers blancs-gris dans le cours d'eau Neelum.

FIGURE 12

Imagerie satellite montrant les effets du glissement de terrain sur le cours d'eau Neelum le 8 octobre 2005, qui a suivi un tremblement de Terre au Pakistan



Source: IKONOS via NASA

<http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=5952>

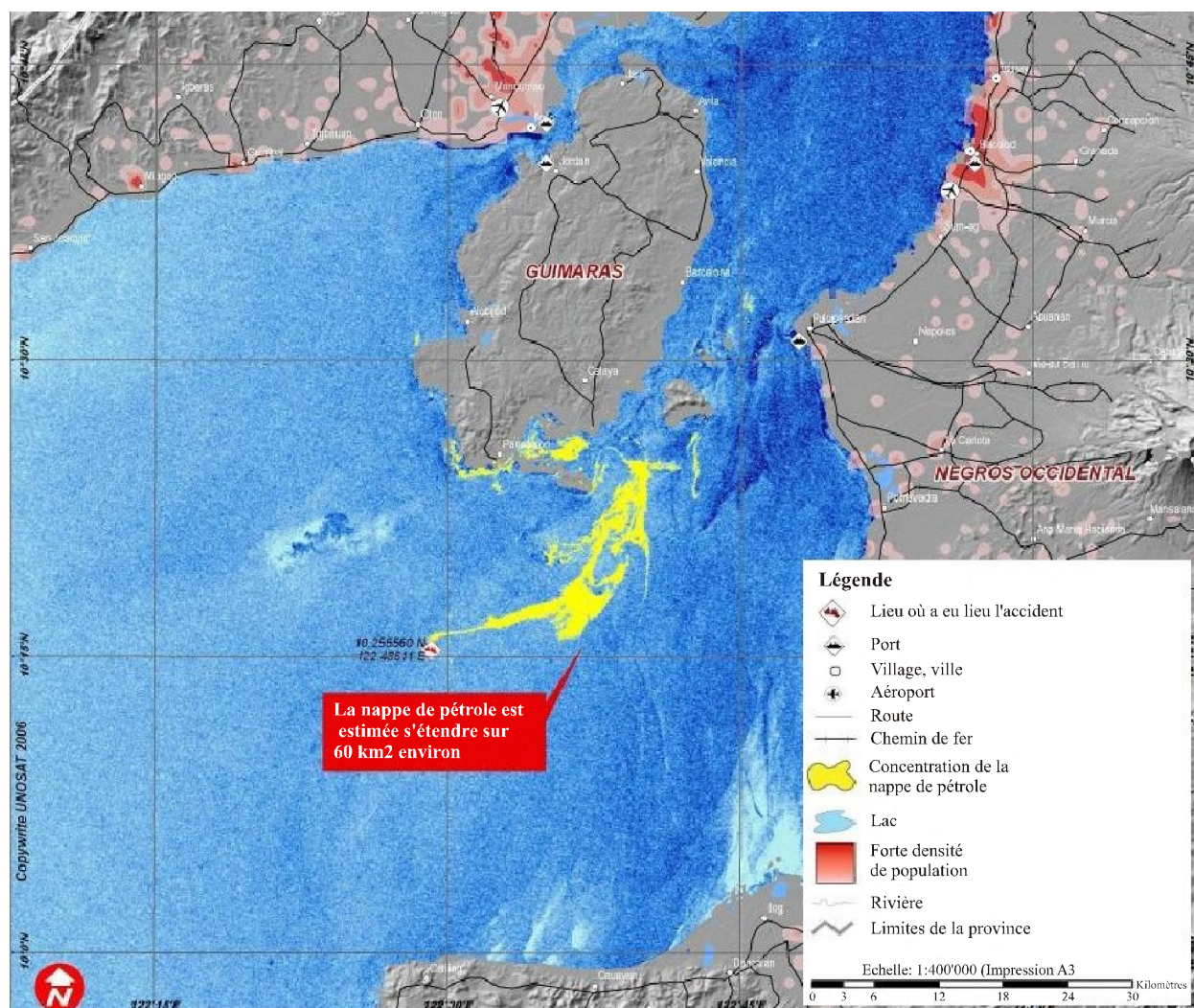
8 Pollution océanique

Les nappes de pétrole océaniques peuvent être détectées par imagerie SAR. Sur le plan opérationnel, la détection des nappes de pétrole océaniques peuvent être traitées comme observation préliminaire et confirmées par des mesures marines *in situ*. Cette technique permet la surveillance à moindre coût de vastes zones. Après confirmation *in situ*, la zone touchée peut être surveillée et suivie par satellite.

Le 11 août 2006, le pétrolier "Solar" a coulé au large des îles Guimaras aux Philippines. Le 24 août 2006 50 000 gallons de pétrole s'étaient déversés dans la mer, polluant plus de 300 km de côtes et menaçant aussi la pêche dans d'autres îles des Philippines. Le radar SAR à bord du satellite ENVISAT a été utilisé pour obtenir l'image présentée à la Fig. 13. Elle montre l'emplacement exact et l'extension de la nappe de pétrole à la date du 24 août 2006.

FIGURE 13

Nappe de pétrole à proximité de l'île Guimaras aux Philippines: image par radar SAR



1859-13

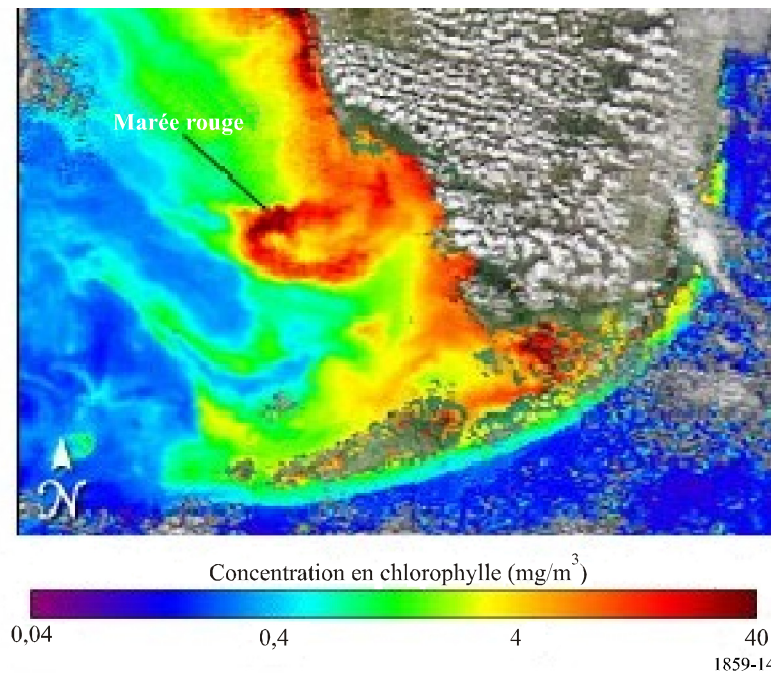
Source: ASAR sur ENVISAT via UNOSAT

http://www.unosat.org/freeproducts/philippines/UNOSAT_philippines_oilspill_24aug06_v1.1_highres.jpeg

La pollution océanique naturelle sous la forme d'une "marée rouge" (nom commun désignant une prolifération d'algues associée à la production de toxines naturelles, la baisse de la concentration en oxygène dissout et autres conditions dommageables) peut être détectée et surveillée depuis l'espace en observant la couleur des océans. L'identification des zones à mettre en quarantaine touchées par une marée rouge permet de protéger la santé humaine. D'autres formes de pollution (polluants de l'eau, sédiments côtiers, par exemple) peuvent être détectées sur des images prises dans le visible et/ou l'infrarouge par des satellites (voir la Fig. 14).

FIGURE 14

Marée rouge observée par l'instrument SeaWiFS le 21 novembre 2004 en Floride dans la pointe sud-est des Etats-Unis



Source: SeaWiFS on SeaStar

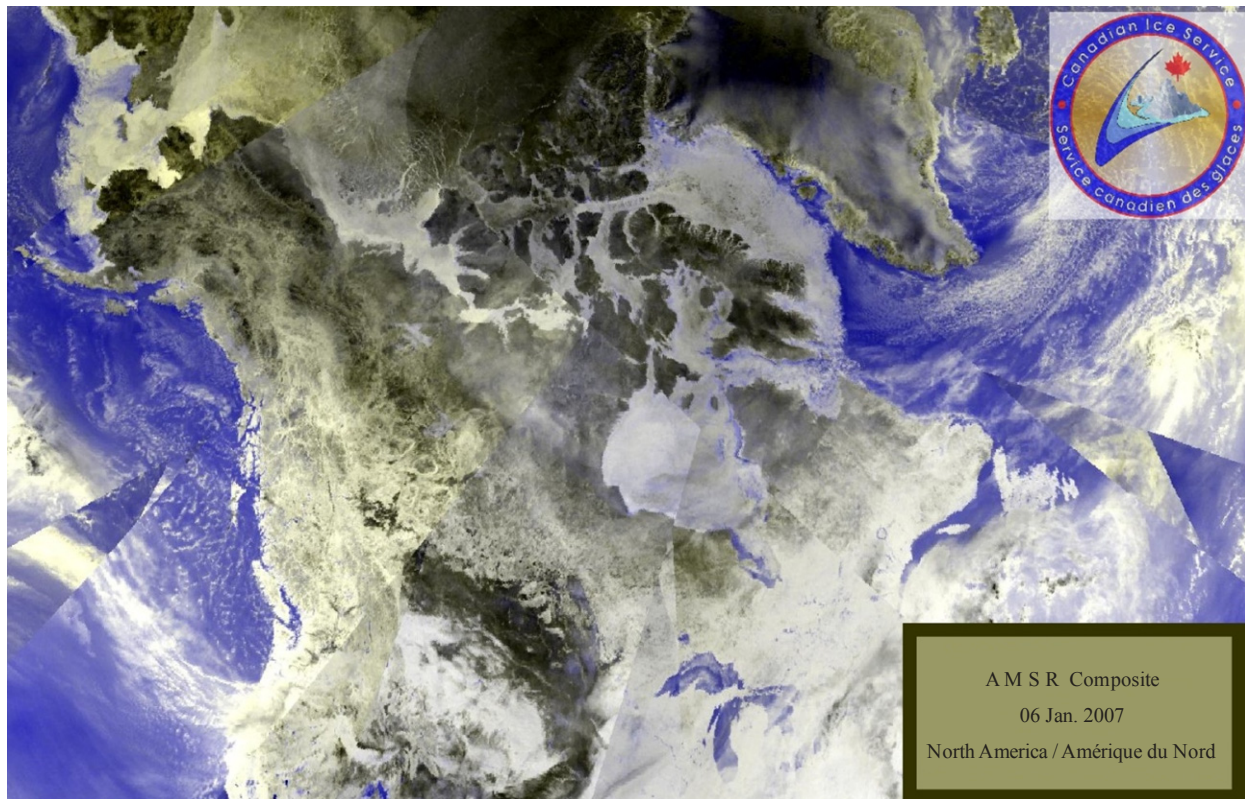
http://visibleearth.nasa.gov/view_rec.php?id=19719

9 Glaces marines ou lacustres

Les capteurs passifs micro-onde satellitaires (Fig. 15) ont cartographié l'étendue des glaces marines pendant plusieurs décennies, et les radars SAR (Fig. 16) sont utilisés opérationnellement pour le guidage de la navigation dans l'Arctique et dans les lacs situés aux latitudes élevées afin de prolonger la saison navigable dans ces latitudes.

FIGURE 15

Couche de glace en Amérique du Nord en janvier 2007 (Baie de Hudson bloquée)



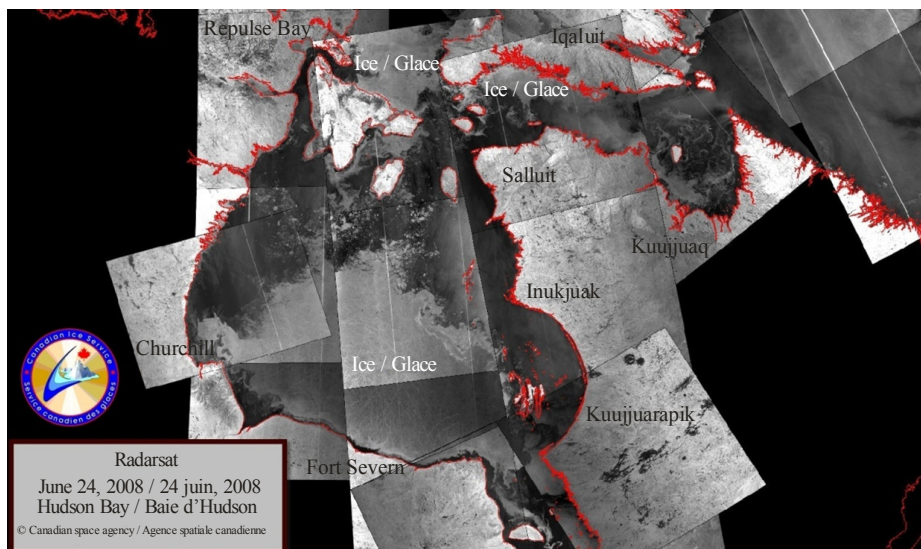
1859-15

Source: AMSR via le Service canadien des glaces

http://ice-glaces.ec.gc.ca/content_contenu/images/AMSR_image_Jan_06_2007.jpg

FIGURE 16

Glace dans la Baie de Hudson (Canada) en juin 2008 (eaux ouvertes le long de la côte septentrionale)



1859-16

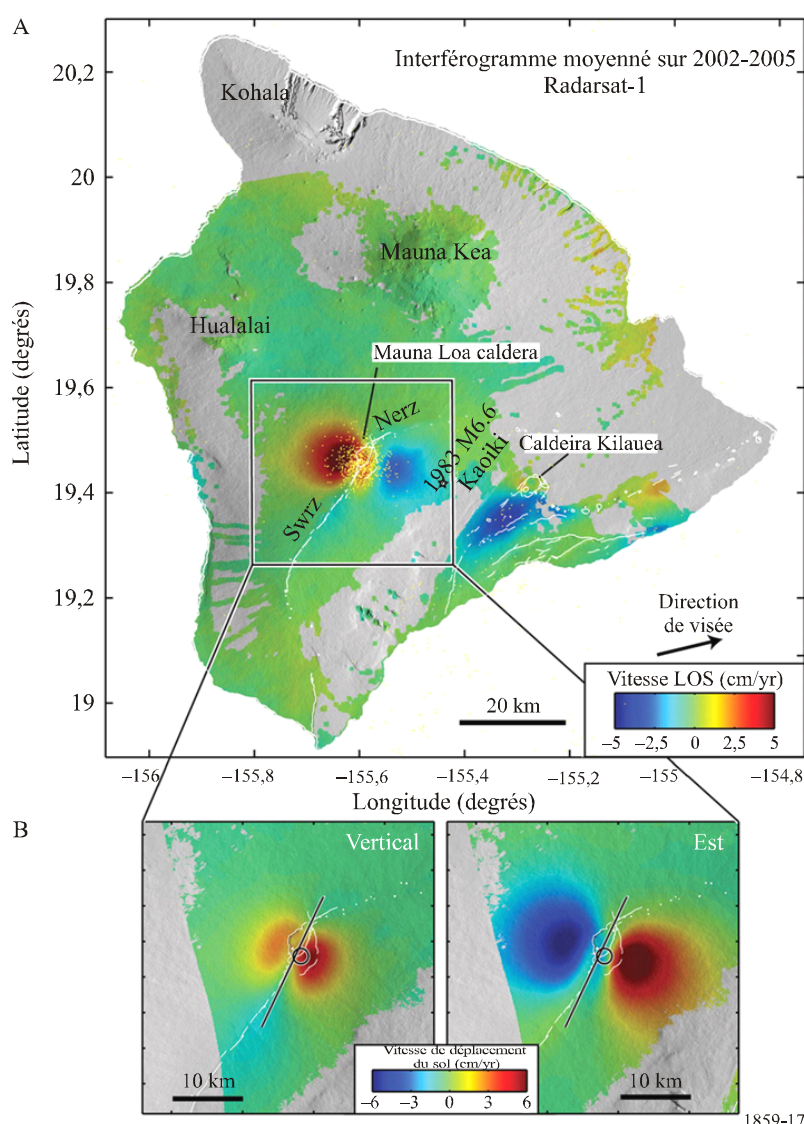
Source: RADARSAT via le Service canadien des glaces

http://ice-glaces.ec.gc.ca/content_contenu/images/Radarsat_June_24_2008.JPG

10 Volcans

Etant donné que l'activité volcanique est souvent précédée par un gonflement/soulèvement du sol dans la zone immédiatement proche, il est possible de surveiller l'activité volcanique potentielle à un certain degré en cartographiant ces mouvements du sol. Les équipements GNSS *in situ* peuvent assurer une surveillance locale tandis que les observations InSAR peuvent donner des mesures en plus espacées dans les zones reculées. Une image InSAR du volcan hawaïen Mona Loa (Fig. 17) montre la modification sur une longue durée de la surface, révélant un gonflement qui est indicatif d'une activité volcanique souterraine. De tels mouvements discrets du sol peuvent être utilisés pour identifier les dangers volcaniques latents n'importe où dans le monde.

FIGURE 17
Image interférométrique SAR de la caldeira Mauna Loa à Hawaï
Les mouvements du sol indiquent une activité volcanique souterraine dangereuse

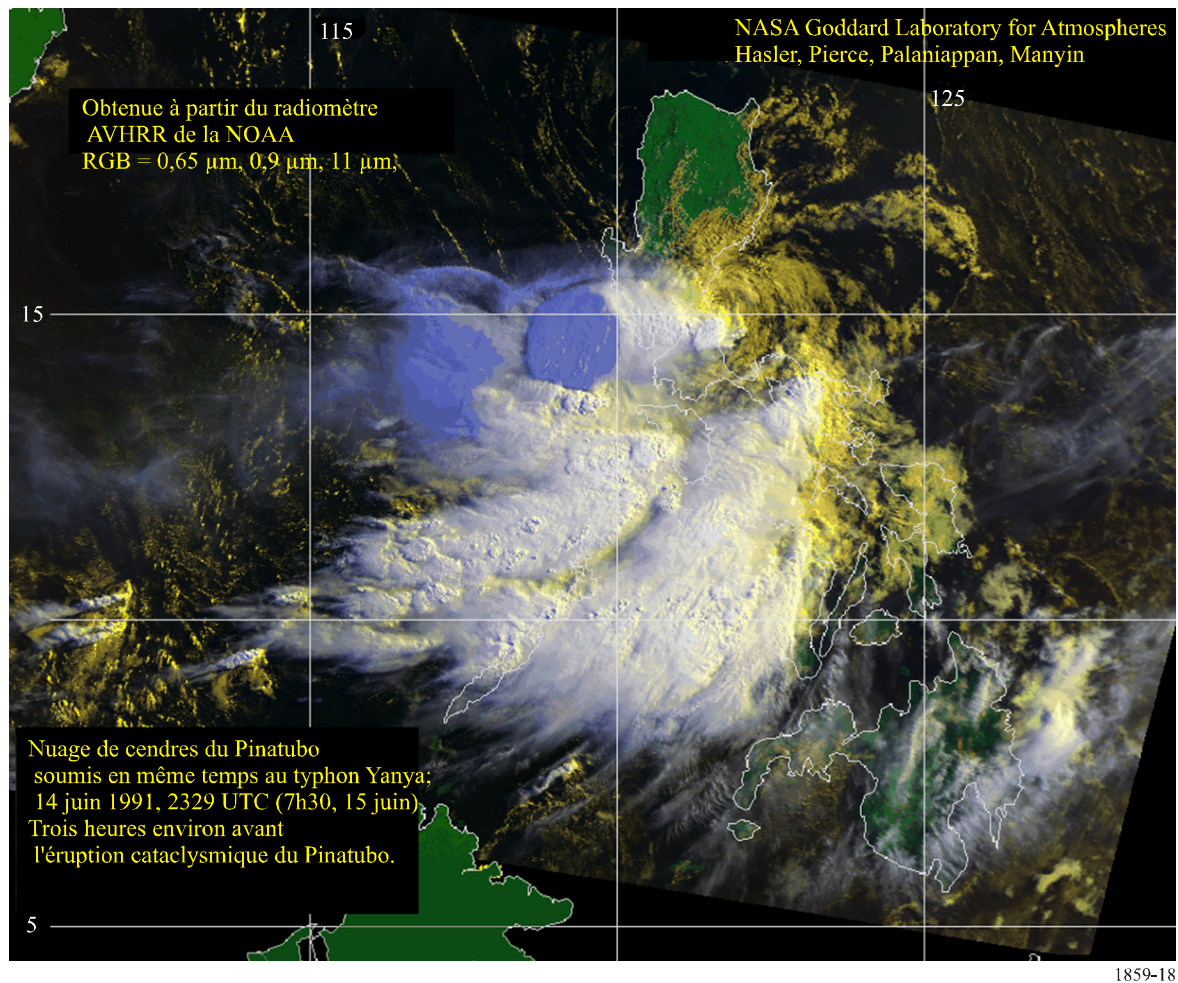


Source: RADARSAT (Agence Spatiale Canadienne) via the l'Alaska Satellite Facility
<http://www.sciencemag.org/cgi/content/full/316/5827/1026>

Pendant et après une éruption, la signature thermique de la lave, des cendres et des gaz chauds sont systématiquement surveillées dans le visible et l'infrarouge depuis l'espace. En particulier, les cendres volcaniques dans l'atmosphère sont très dangereuses pour les aéronefs en vol.

FIGURE 18

Nuage de cendres du Mont Pinatubo soumis en même temps au typhon Yunya
3 h avant l'éruption du 15 juin 1991

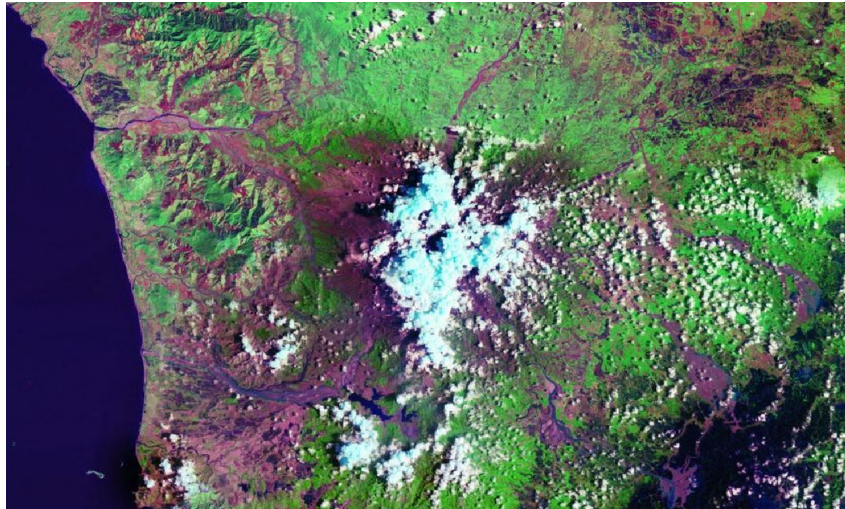


Source: Radiomètre AVHRR de la NOAA via la NASA
<http://rsd.gsfc.nasa.gov/rsd/images/Pinatubo.html>

Les images fournies par les satellites permettent l'identification des zones touchées et la surveillance de la régénération. Les images dans le visible et l'infrarouge permettent la surveillance de la réapparition de la végétation (Figs. 19 et 21). Les zones dans lesquelles la couverture nuageuse pose problème, les images SAR constituent une autre source d'information (Fig. 20). La séquence d'images suit le regain d'activité de l'éruption du Pinatubo aux Philippines qui s'est produit le 15 juin 1991.

FIGURE 19

Landsat 5-9 septembre 1991. Végétation affectée en rouge/brun

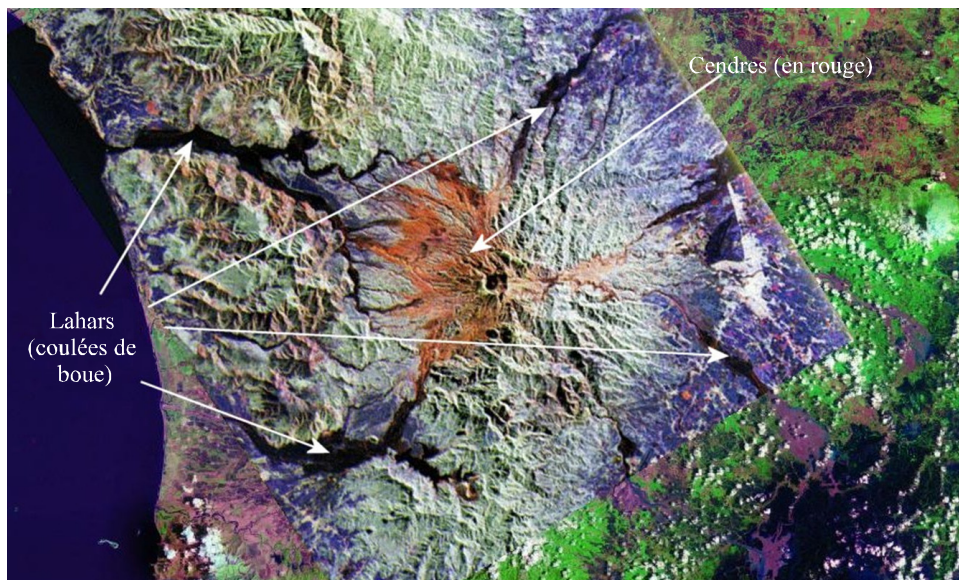


1859-19

Source: Données Landsat 5 via <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>

FIGURE 20

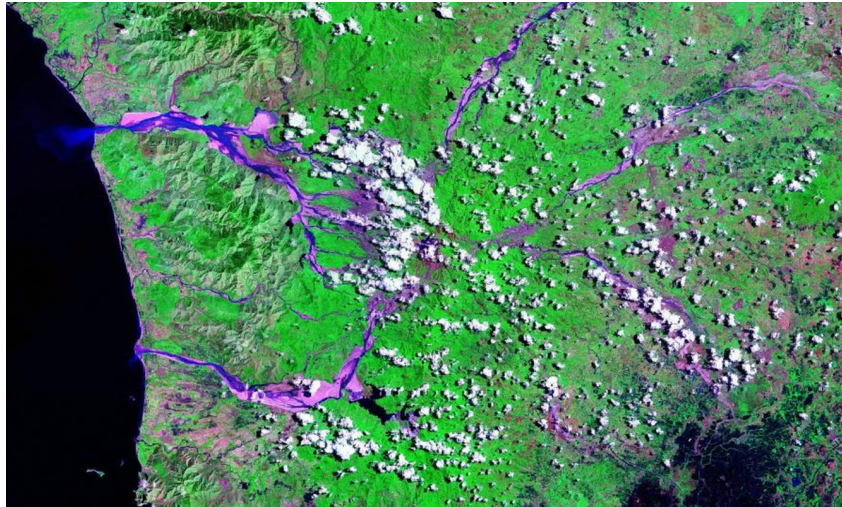
Image Landsat 5 superposée aux images fournies par le radar SIR-C en oct. 1994. Pas de problème de nuage, le relief est visible et les lahars (coulées de boue) sont distincts et facilement reconnaissables



1859-20

Source: Données Landsat 5 via <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/> sir-c/x-sar data via <http://geoinfo.amu.edu.pl/wpk/jpl/pinatubo2.html>

FIGURE 21

Landsat 7-18 mai 2001. Réapparition de la végétation

1859-21

Source: Données Landsat 7 via <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>

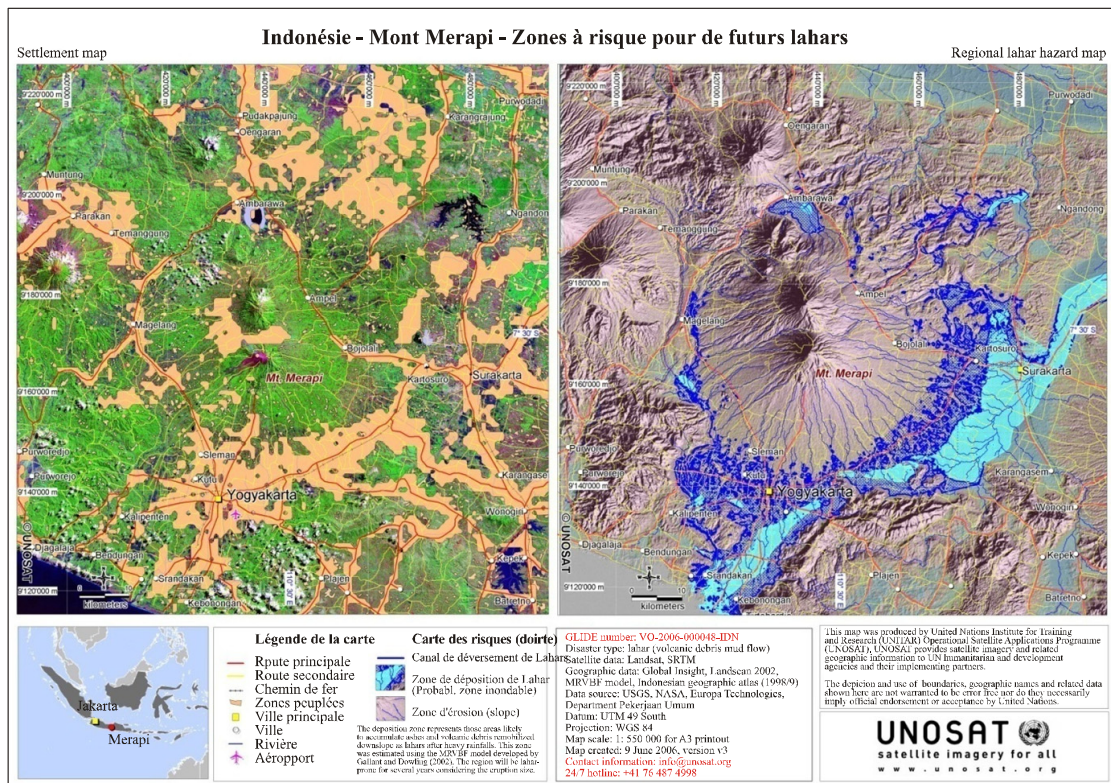
L'imagerie SAR est également utile pour identifier les zones à risque. L'éruption du Pinatubo a engendré plusieurs lahars ou coulées de boue. Ces lahars sont facilement identifiés dans les images SAR (Fig. 20) et pourraient être réactivés par de fortes pluies. C'est ce qui s'est produit en 1994 et à été observé par le Radar imageur de la Navette spatiale. Les zones proches inhabitées ont été placées dans la catégorie "à risque".

Les Modèles numériques d'altitude (MNA) se sont montrés utiles pour prévoir l'endroit où ces lahars pourraient se produire. Les lahars suivent les creux et se déversent dans les zones basses.

Ces modèles DNA peuvent être combinées avec des cartes d'utilisation/de couverture des terres, telles celles établies à partir de Landsat ou de MODIS, pour cartographier les zones à risque. Un exemple de carte des risques est donné à la Fig. 22.

FIGURE 22

Combinaison des données Landsat et SRTM pour identifier les zones à risque et les populations vulnérables



1859-22

Source: Landsat and et SRTM via UNOSAT

http://unosat.web.cern.ch/unosat/freeproducts/indonesia/UNOSAT_Merapi_areas_at_risk_lahars_v3_lowres.jpg

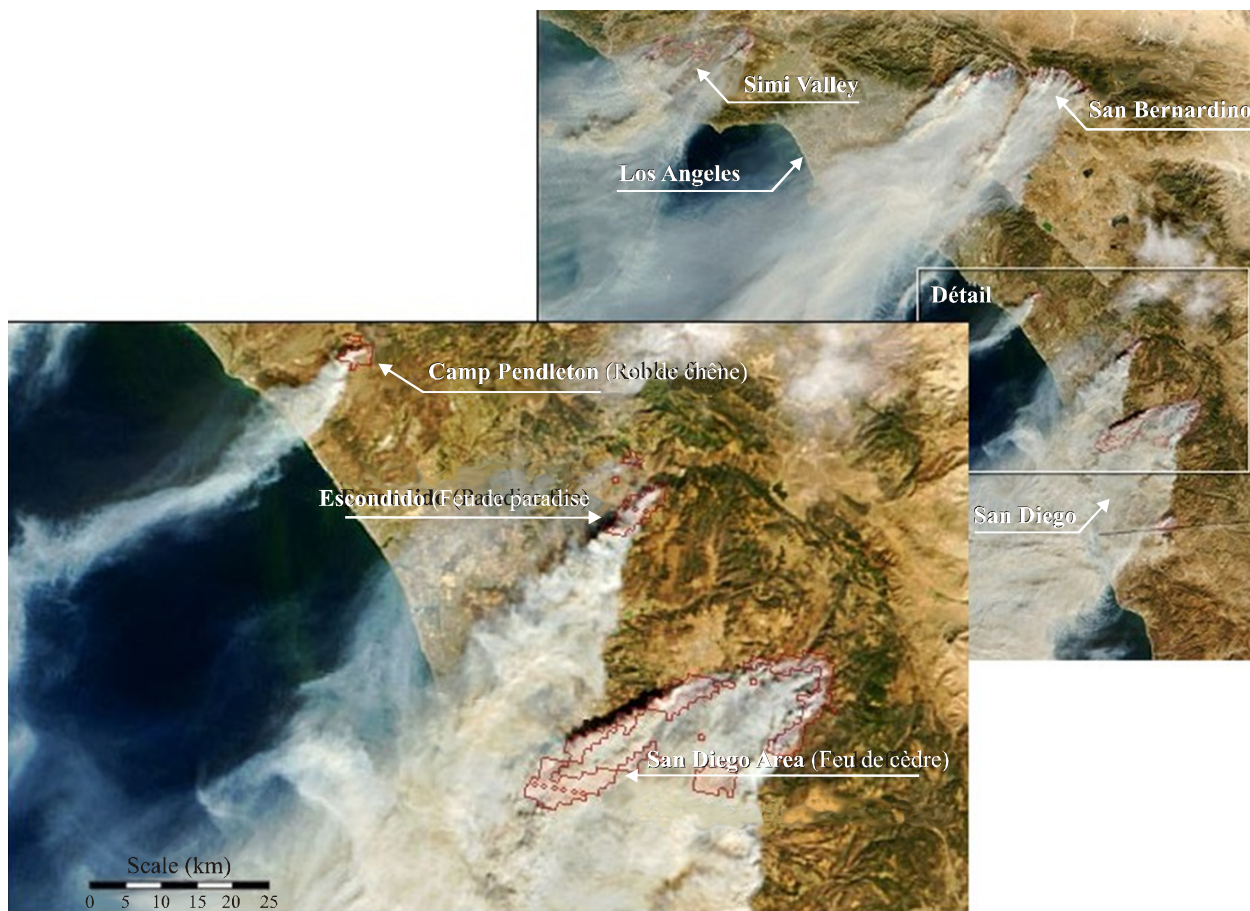
Sur l'image de gauche, produite par la NASA, Landsat exploité par l'USGS: a servi à identifier des zones urbaines et des champs agricoles. Sur l'image de droite, les données topographiques provenant de la mission Shuttle Radar Topographic Mission de la NASA ont été utilisées pour identifier les zones qui seraient probablement enfouies sous les boues. La combinaison des deux cartes offre pour les Autorités locales un moyen pour planifier des mesures à prendre au cas où il y aurait une éruption du Mont Merpi dans le futur.

11 Feux de végétation

Le risque de feu de végétation dans les zones reculées et à population clairsemée, peut être évalué à partir de mesures de l'humidité du sol et de l'état des végétaux (c'est-à-dire sains ou malades/desséchés) faites depuis l'espace. Les feux de végétation peuvent être détectés sur certains canaux infrarouges des appareils satellitaires. Ces canaux pénètrent effectivement les fumées et la brume qui occultent les observations dans le visible. Pour réduire l'intervalle de temps entre l'observation faite par le satellite et la production des données nécessaires, plusieurs organismes, organisations gouvernementales et non gouvernementales dans le monde ont installé des stations terriennes pour recevoir des données en temps réel à chaque passage d'un satellite approprié.

Ces images sont utiles pour combattre les feux de végétation: Le Sud de la Californie est sujette aux déclenchements de feux de végétation pendant la saison sèche (voir Fig. 23). Ces feux sont attisés par les vents locaux de Santa Ana, ce qui rend leur combat difficile. Les images satellitaires aident au guidage des pompiers et sont particulièrement utiles dans les zones reculées non peuplées.

FIGURE 23
Feux en Californie du Sud le 26 octobre 2003



1859-23

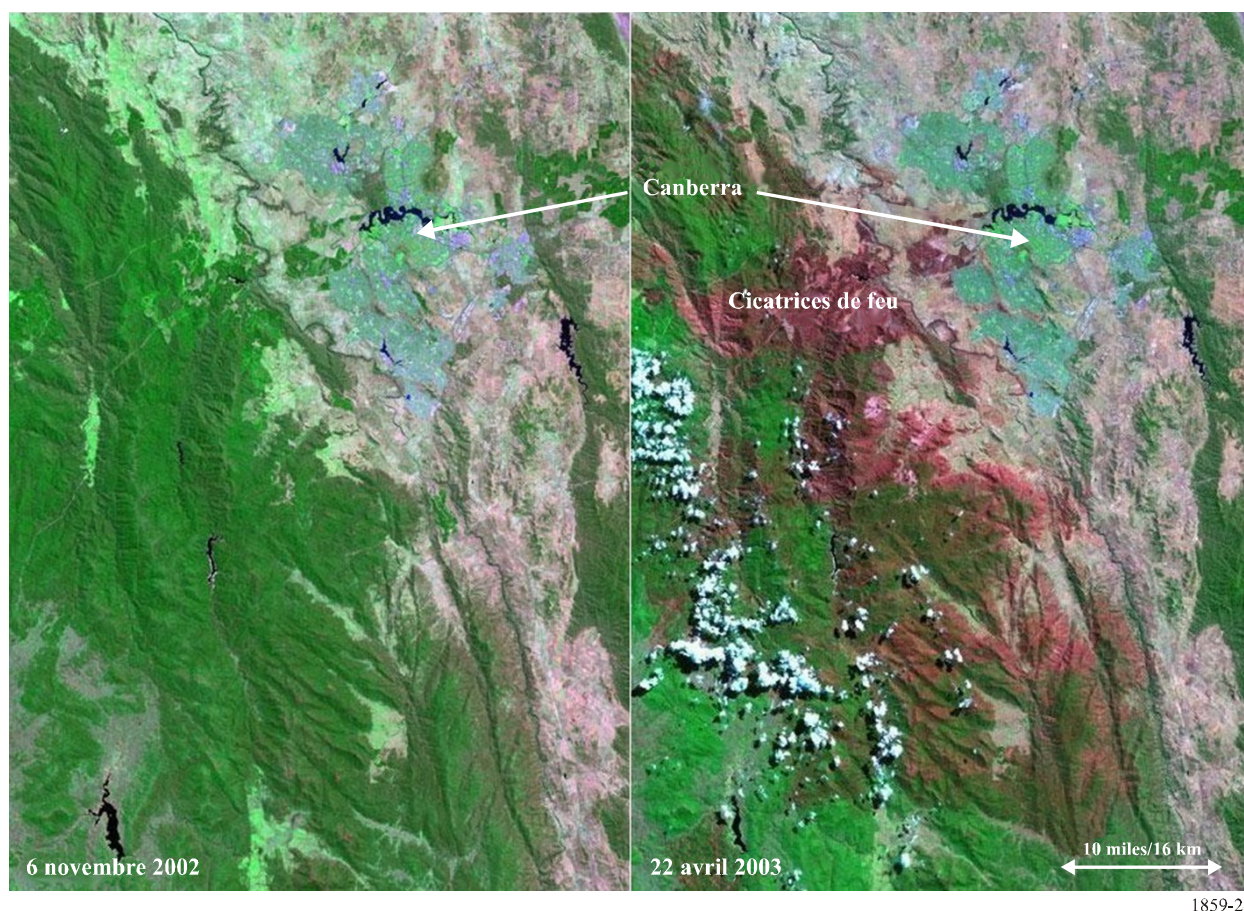
Source: Equipement MODIS sur TERRA via la NASA to
<http://www.geotimes.org/oct03/WebExtra103103.html>

Après extinction des incendies, les images fournies par les satellites dans le visible et l'infrarouge et par SAR peuvent être utilisées pour déterminer l'étendue des dommages et pour surveiller la repousse de la végétation.

Le nombre de feux de végétation était en progression en Australie durant l'été 2002-2003; on dénombrait plus de cinquante incendies distincts qui affectaient la partie Sud-est du continent. La capitale Canberra était menacée par un feu de brousse qui avait commencé le 18 janvier au Parc National de Namadgi. En quelques jours, le feu avait atteint les abords de la ville obligeant la population à évacuer la ville et à inviter des milliers de volontaires à combattre le feu et protéger Canberra des flammes. Au moment où l'incendie était sous contrôle, on dénombrait 4 morts et 419 habitations détruites. Sur les images Landsat 7 ci-dessous (Fig. 24), la végétation saine figure en vert alors que les régions brûlées apparaissent en différentes nuances de rouge.

FIGURE 24

Images Landsat de Canberra avant et après les incendies de 2002-2003



Source: Landsat 7

http://landsat.usgs.gov/gallery_view.php?category=orangeflag&thesort=mainTitle

12 Base données des capteurs de télédétection

Suite aux études de l'UIT-D, une base de données "Disaster Support Summary" a été créée afin de donner un inventaire des applications des capteurs actifs et passifs terrestres et satellitaires pouvant être utilisés pour les catastrophes. Cette base de données récapitulative est présentée sous la forme d'une feuille de calcul électronique sur l'Internet à l'adresse: <https://www.sfcgonline.org/rs-benefits>.

13 Résumé

Pour pouvoir utiliser les données collectées par des systèmes de télédétection et autres sources, un point de contact unique pour solliciter une aide internationale en cas de catastrophe utilisant des ressources spatiales a été créé après la Conférence UNISPACE III qui s'est tenue à Vienne en juillet 1999. Tout utilisateur autorisé peut dorénavant appeler un numéro unique 24 heures sur 24, pour demander la mobilisation de ressources spatiales et de ressources au sol associées (satellites *RADARSAT*, *ERS*, *ENVISAT*, *SPOT*, *IRS*, *SAC-C*, *NOAA*, *LANDSAT*, *ALOS*, *DMC* et autres) aux organisations membres pour obtenir des données et des informations en cas de catastrophe. On trouvera des exemples de données à l'adresse: http://www.disasterscharter.org/new_e.html.

Les questions ou observations destinées aux membres de la Charte ou concernant le site web doivent être dirigées sur l'adresse: webmaster@disasterscharter.org.

Une autre source de données de télédétection est l'UNOSAT, programme des Nations Unies créé pour offrir à la communauté internationale et aux pays en développement un accès amélioré aux images satellite et aux services des systèmes d'information géographique. Ces outils sont principalement utilisés pour les secours humanitaires, la prévention des catastrophes et la reconstruction après crise. Les services offerts comprennent la sélection de l'imagerie satellite et l'aide aux approvisionnements, le traitement des images, la production de cartes, des éléments d'orientation sur les méthodes, l'assistance technique et la formation. Le site Internet correspondant est: <http://unosat.web.cern.ch/unosat>.

Une troisième source d'assistance en télédétection est SERVIR, système régional de visualisation et de surveillance dont l'adresse est: <http://www.servir.net>.

L'initiative SERVIR intègre des observations par satellite, des données terrestres et des modèles de prévision pour la surveillance et la prévision des changements environnementaux et l'amélioration des réponses aux catastrophes naturelles: SERVIR permet aux scientifiques, aux éducateurs, aux responsables des projet et aux personnes chargées de la mise en œuvre de politiques, de réagir à un certain nombre de problèmes y compris la gestion des catastrophes, le développement agricole, la conservation de la biodiversité et le changement climatique. Dans le cadre de cette initiative, entérinée par les Etats d'Amérique Centrale et d'Afrique et principalement soutenue par la NASA et l'US Agency of International Development (USAID), l'accent est essentiellement mis sur le les partenariats pour consolider la disponibilité d'observations, de mesures, d'animations et d'analyses concernant la Terre. Un bureau de coordination SERVIR et une installation de prototype se trouve au NASA Marshall Space Flight Center à Huntsville, Alabama. Des centres nodaux régionaux SERVIR se trouvent au Water Center for the Humid Tropics of Latin America et le Caribbean (CATHALAC) au Panama et au Regional Center for Mapping of Resources for Development (RCMRD) basé au Kenya. Les personnes à contacter pour SERVIR sont les suivantes:

Directeur de SERVIR: Daniel.Irwin@nasa.gov
SERVIR Mesoamerica: Emilio.Sempris@cathalac.org
SERVIR Africa: Kate.Lance@nasa.gov

NOTE 1 – Il est conseillé aux parties qui auraient possiblement ou probablement besoin de rechercher de l'aide d'un ou de plusieurs organismes ci-dessus de les contacter avant toute catastrophe et d'établir une procédure (par exemple désigner du personnel de liaison avec leur noms, les adresses de courriel, leurs numéros de téléphone, etc.) pour obtenir de l'aide au cas où une catastrophe se produirait. Une telle planification à l'avance permettrait de diminuer fortement le temps requis pour obtenir de l'aide lorsque celle-ci sera nécessaire.
