

*Sous le regard des satellites*



# 10- Les inondations

sous surveillance



## LES INONDATIONS DE 2003 DANS LE SUD DE LA FRANCE



Le Rhône qui se jette dans la Méditerranée est alimenté, en plus des pluies, par la fonte des neiges et des glaciers des Alpes. Lors des pluies abondantes de l'automne 2003, son débit a fortement augmenté, provoquant des inondations.

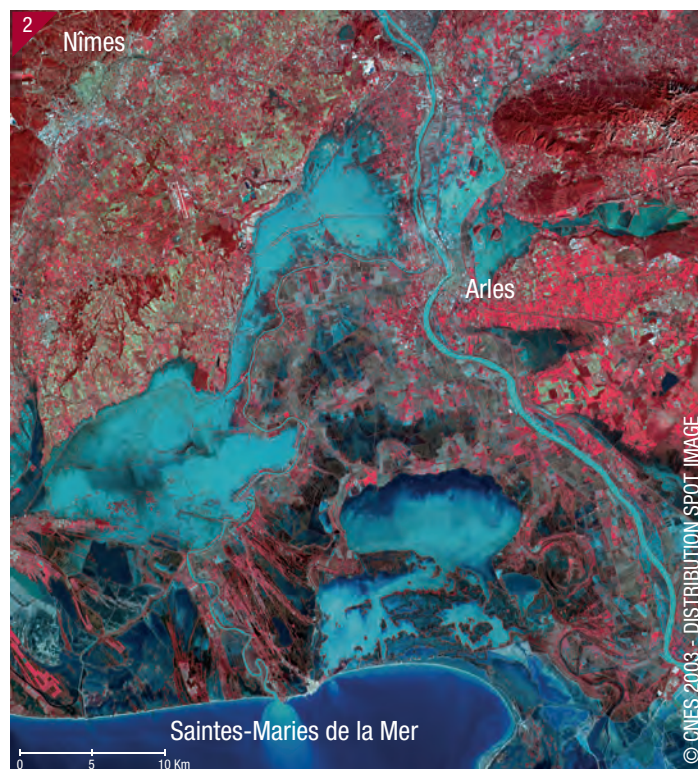


Image de la Camargue inondée prise par Spot 5 en décembre 2003.



Habituellement l'eau s'infiltre dans les sols et rejoint les nappes souterraines.

Mais, lorsque les sols n'absorbent plus les surplus d'eau, de graves inondations peuvent se produire. C'est le cas des zones où les constructions humaines (routes, parkings, lotissements, zones d'activité industrielles ou commerciales, etc...) augmentent l'étendue des surfaces imperméables.

Toute l'eau ruisselle et converge directement vers les rivières et les fleuves qui voient leur niveau monter rapidement. Même l'agriculture (où les champs dénudés forment parfois en été une croûte dure et imperméable que l'eau ne traverse pas facilement) aggrave ce phénomène. Au contraire, les forêts absorbent très bien les volumes d'eau supplémentaires que déversent en peu de temps les orages. Les sols humides se gonflent d'eau et la retiennent alors comme une éponge.



Les inondations ont aujourd'hui de graves conséquences car les installations humaines sont de plus en plus nombreuses et sont souvent situées dans des zones proches des cours d'eau.

En décembre 2003, des pluies très importantes ont provoqué des inondations dans le sud de la France. Les eaux du Rhône ont inondé des milliers de km<sup>2</sup> et la ville d'Arles s'est retrouvée sous les eaux pendant plusieurs semaines.



Les inondations surviennent quand les fleuves et les rivières reçoivent plus d'eau que leur lit ne peut en contenir. Ce sont presque toujours de très fortes pluies qui provoquent ces inondations. En cas d'orage violent, la montée des eaux peut survenir très brusquement et devenir dangereuse pour les personnes.



Arles sous les eaux (7 décembre 2003). Si le phénomène naturel de ces brusques et importantes chutes d'eau n'est pas nouveau, en revanche les infrastructures créées par l'homme en aggravent les conséquences.

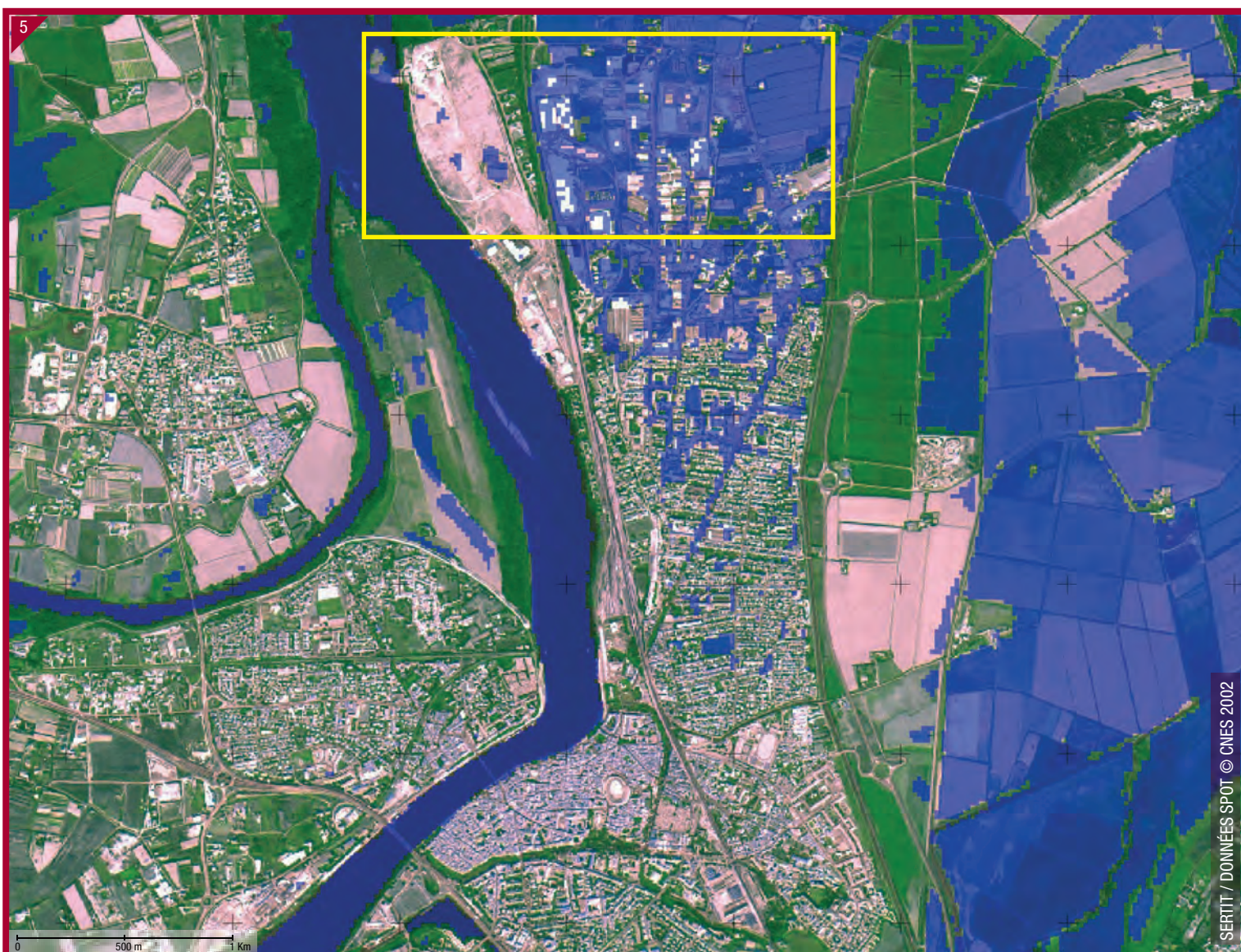
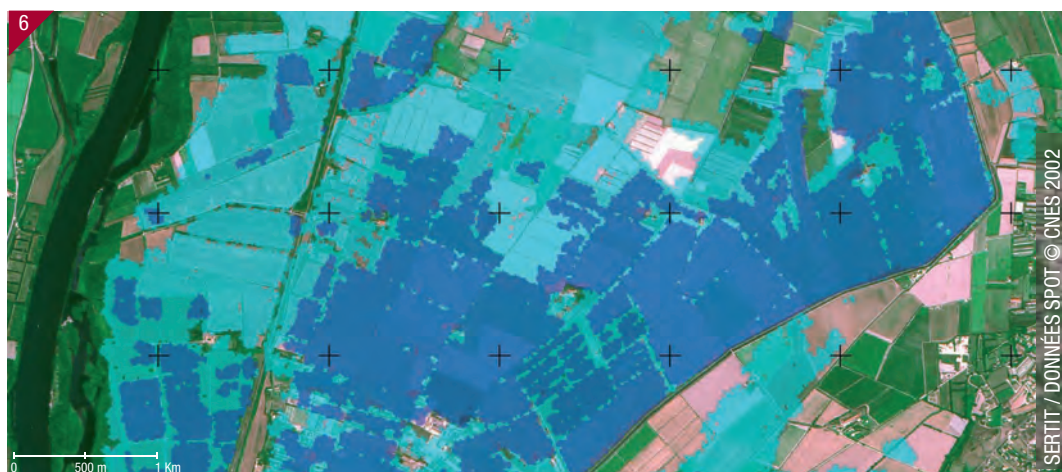


Image satellitaire, traitée en laboratoire, de la zone inondée aux abords de Arles.





L'analyse et les traitements des images satellites par des laboratoires spécialisés permettent de mettre en évidence des informations importantes. Ici on voit bien l'évolution de la décrue dans la zone sinistrée et les quartiers où l'inondation a duré le plus longtemps (nord de la commune d'Arles).



L'intervention des secours dans un quartier inondé.

**L**es dommages créés par les inondations peuvent être très nombreux. Ils peuvent atteindre les habitations particulières, les lieux de travail et les écoles. Les routes et les voies ferrées deviennent impraticables. Les terres agricoles et les animaux d'élevage peuvent aussi être touchés.

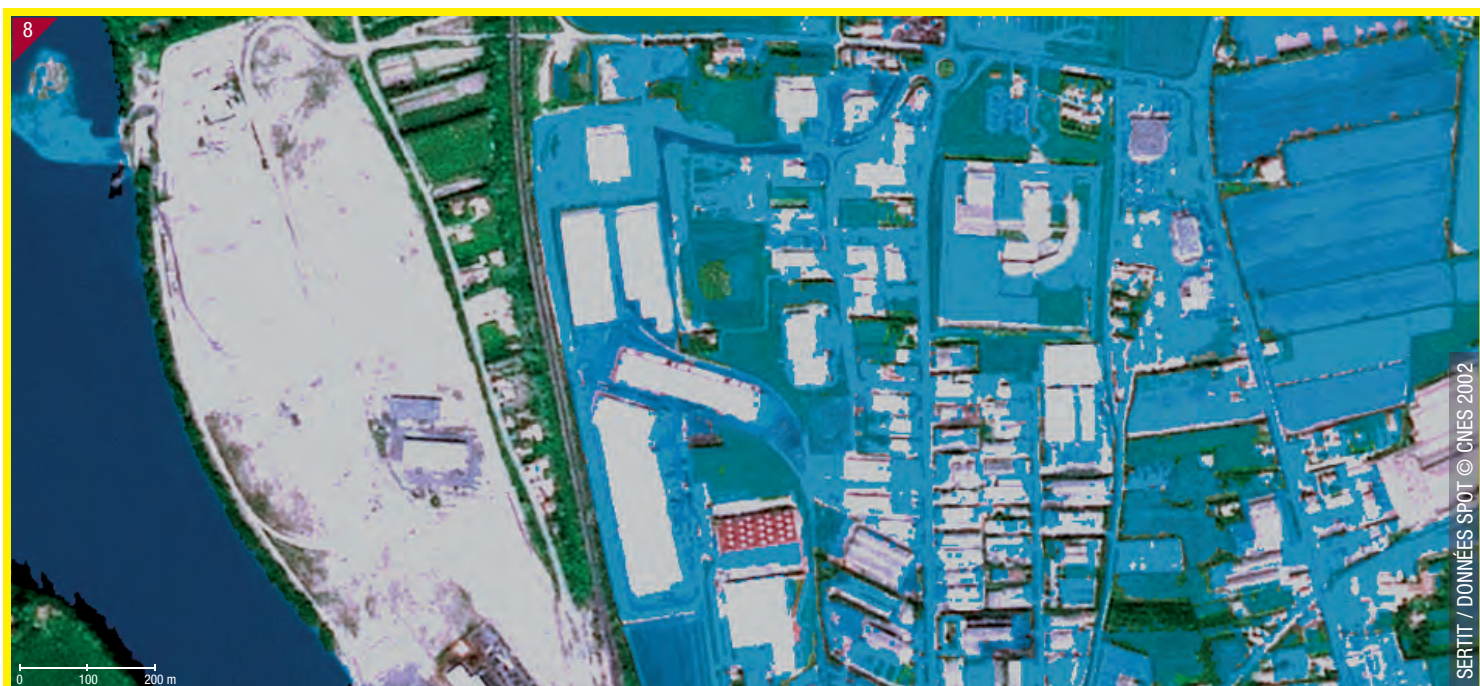
Les égouts peuvent être saturés et l'eau de consommation risque d'être polluée. Les circuits d'énergie et de communication comme le téléphone peuvent être endommagés.

Les satellites permettent de repérer et de connaître les zones inondées et inondables. Cette information est capitale pour organiser et orienter les secours. En utilisant des vues à très grande échelle produites par le satellite Spot, on peut déterminer les itinéraires que devront emprunter les pompiers pour évacuer les sinistrés ou leur apporter un soutien.

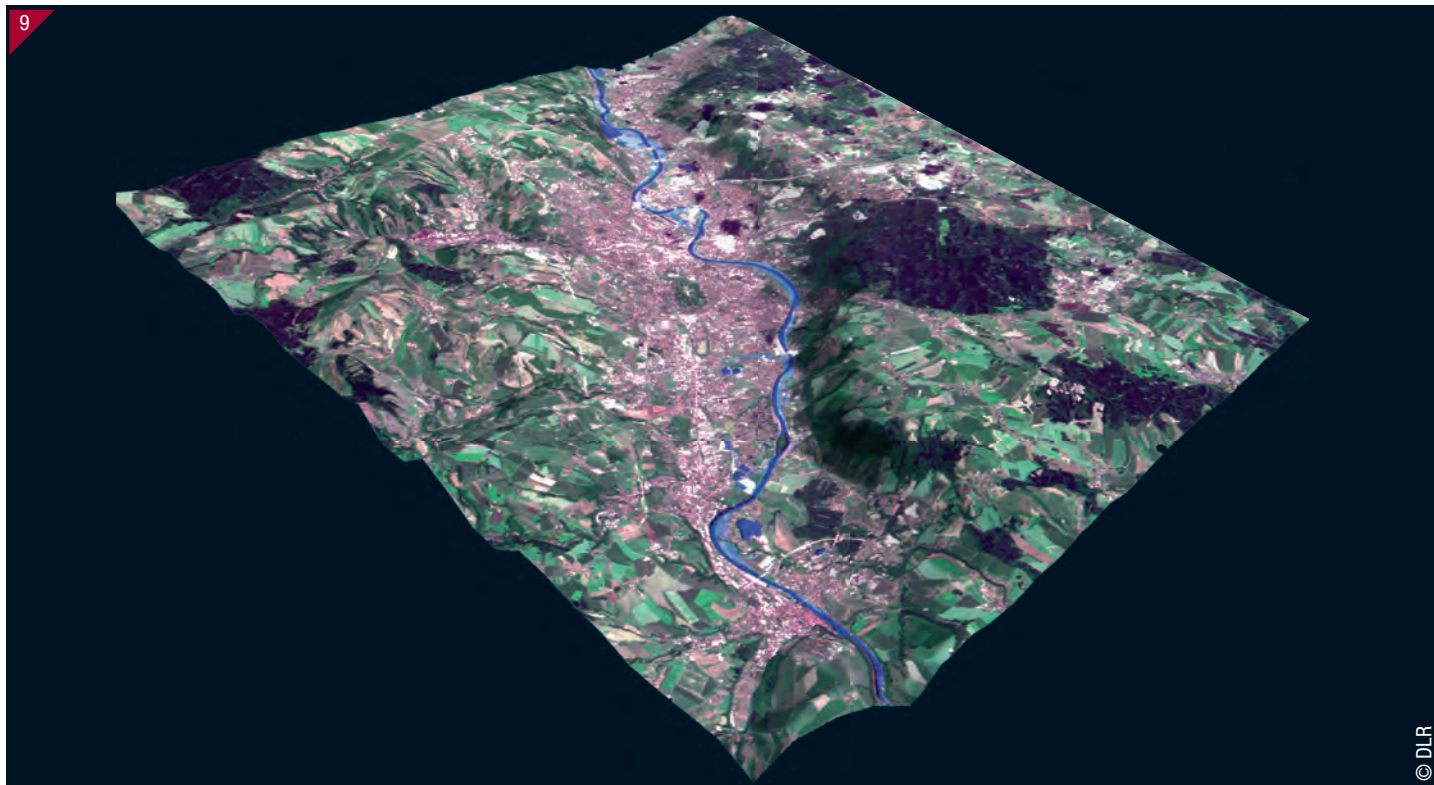
Les satellites fournissent les données nécessaires à la réalisation des cartes détaillées qui signalent les zones inondables.

Elles serviront d'outil pour évaluer les équipements et les travaux nécessaires pour limiter à l'avenir les effets de telles catastrophes.

Si l'inondation dure longtemps, les secours doivent également organiser pour les populations sinistrées une vie quotidienne précaire durant plusieurs semaines, alors que leurs propres conditions de travail sont rendues plus difficiles par l'inondation.





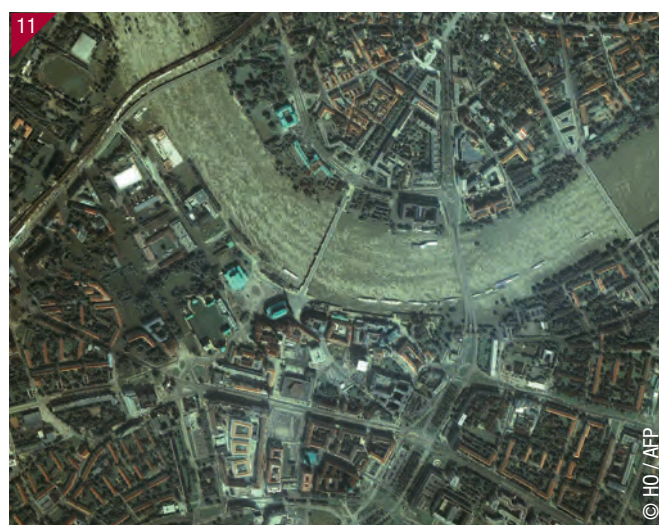


Les mesures des satellites permettent de reconstituer en relief le profil d'une région. Ici la Vallée de l'Elbe et la ville de Dresde.



Sur cette image satellite, la zone inondée autour de la ville de Dresde en septembre 2002 est visible en bleu.

La reconstitution d'images en trois dimensions donne plus de réalisme à la représentation d'une région. À partir de telles images, la compréhension et l'analyse des conséquences d'une inondation sont plus faciles et plus rapides. Elles aident à mieux se représenter la situation sur le terrain.



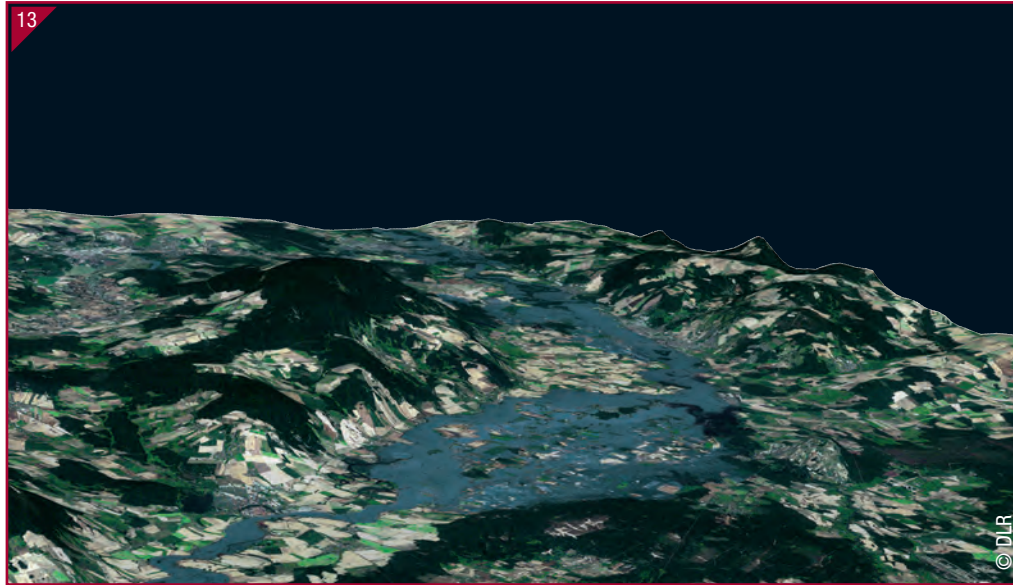
Dresde. Vues aériennes du centre ville inondé en septembre 2002.



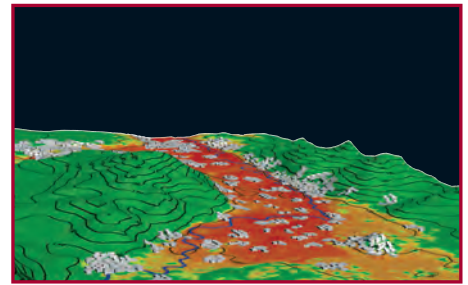
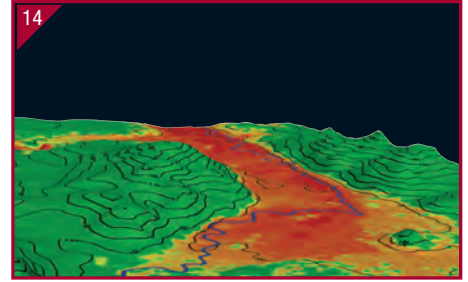


# Comment travaillent les satellites ?

*Les images satellitaires mettent en évidence les zones inondables.*

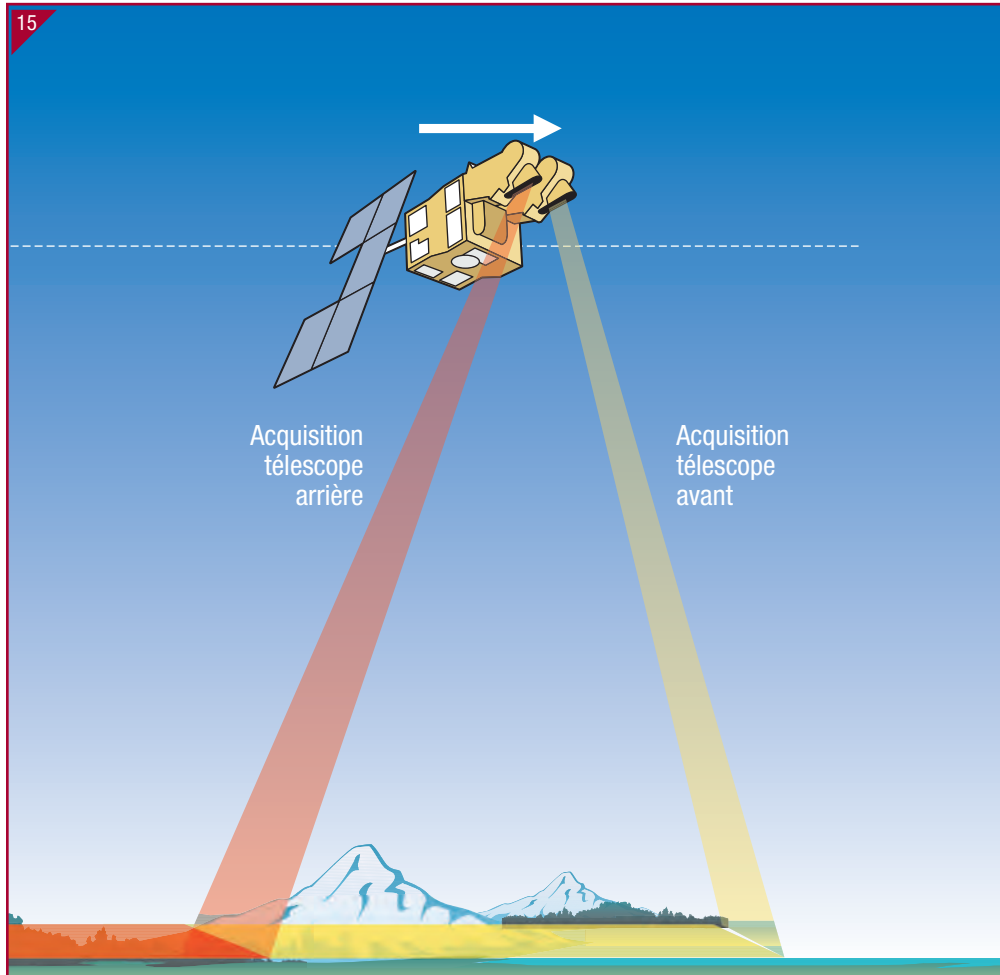


Zone inondable autour de la ville de Wittenberg.



La reconstitution du relief est faite à partir de 2 images montrant deux points de vue légèrement différents, comme ce que fait l'œil humain. À partir de ces vues satellitaires, on peut produire des images de synthèse qui intègrent des informations sur les différentes infrastructures, ce qui permet de repérer d'un seul coup quels sont les équipements situés dans les zones à risque.

*Comment les mesures des satellites permettent-elles de reconstituer des images en trois dimensions ?*



Pour réaliser une image en trois dimensions, il faut observer un objet selon deux angles différents. L'image en relief sera la synthèse de ces deux prises de vues, légèrement décalées, du même objet.

Un seul satellite peut réaliser une image en relief : par exemple, le satellite Spot dispose de deux capteurs, l'un dirigé vers l'avant, l'autre vers l'arrière. À quelques minutes d'intervalle, chacun fera une image de la même zone, vue sous un angle différent. Elles seront ensuite recomposées ensemble pour restituer le relief.

# 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°10 : Les inondations sous surveillance

Le dossier N°10 aborde la problématique des risques et des catastrophes naturelles dans le monde, en prenant comme exemple les inondations du Rhône (2003) et de l'Elbe (2002). Il s'agit de porter un regard sur la fragilité et la vulnérabilité des sociétés humaines dans leur rapport avec les forces de la nature, plus ou moins maîtrisées.

Ce dossier permet :

- de repérer et d'identifier certaines zones à risque en Europe occidentale;
- de distinguer les différents risques naturels pour les sociétés humaines;
- d'évaluer la part de la dimension anthropique dans les conséquences des catastrophes naturelles;
- d'utiliser des notions (aléa, risque, catastrophe, vulnérabilité...).



## Risques et catastrophes naturels dans le monde

Chaque année près de 250 millions de personnes sont touchées par une ou plusieurs calamités naturelles. Les populations des pays en développement (ceinture tropicale des risques naturels) sont de loin les plus vulnérables, mais celles des pays riches ne sont pas épargnées. Lors des 35 dernières années, 3 millions de personnes ont trouvé la mort dans une catastrophe naturelle dans le monde. 97% d'entre elles vivaient dans les mondes en développement, plus particulièrement en Asie et en Afrique. Le manque d'infrastructures, l'absence de systèmes de prévention, l'insuffisance des organisations de secours sont autant de facteurs qui permettent de souligner la forte corrélation existant entre pauvreté et catastrophe naturelle.

Depuis le début des années 70 le CRED (Centre de Recherches sur l'Épidémiologie des Désastres) a recensé près de 7000 désastres hors épidémies. Les catastrophes naturelles sont donc beaucoup plus nombreuses, plus meurtrières et plus coûteuses que les catastrophes d'origine technologique. La compagnie allemande de réassurances Munich Ré a estimé que les catastrophes naturelles avaient, en 2004, et avant estimation du coût du tsunami en Asie du sud et du sud-est, coûté près de 40 milliards de dollars, soit l'année la plus coûteuse dans l'histoire de l'assurance. Ce montant pourrait être toutefois plus élevé si la valeur des biens détruits lors de ces catastrophes était plus élevée dans les pays en développement. Or ce patrimoine est presque toujours de faible valeur et sous-assuré. En revanche les dégâts constituent toujours une part prépondérante des PIB des pays touchés.

En Europe occidentale, les risques demeurent modérés mais tout de même présents. Des inondations dramatiques ont récemment eu lieu dans les grandes plaines fluviales ou dans les régions humides (inondations dans la Somme, dans le Gard, dans les Bouches-du-Rhône, dans la vallée de l'Elbe en Allemagne orientale...). Les risques sismiques ne sont pas absents et quelques mini tremblements de terre se sont produits dans les Vosges, dans les Alpes et même en Bretagne. Le volcanisme est toujours actif dans le sud de l'Italie et le risque n'est pas absent dans la Chaîne des Puys en Auvergne. En 2004, on a compté 641 catastrophes naturelles dans le monde (source : Munich Ré rapport 2004).

La proportion par type de catastrophe est la suivante : tempêtes (41%), inondations (24%), séismes (13%) et autres (16%). La répartition géographique est très inégale selon les continents : Afrique (7,5%), Europe (19%), Amérique (26%), Asie (39%) et Océanie (8,5%). La catastrophe majeure a été le tsunami d'Asie du sud et du sud-est du 26 décembre 2004 qui a fait plus de 300 000 morts.

Page de couverture

Image de couverture : Le delta du Rhône en France (Spot 5 - 2003)

Les zones inondées à l’ouest de l’étang du Vaccarès apparaissent en bleu sur cette image prise en intégrant la bande proche infrarouge. La végétation apparaît donc en rouge sur cette image. (Voir à propos des images infrarouge le dossier N°11 « Les images satellites et leurs couleurs ».

On distingue à droite de l’image une partie des installations industrielles de Fos sur Mer.

Dossier central

Image N°1 : La France (Envisat / MERIS - 2004)

Cette image permet la localisation de la Camargue et du delta du Rhône, en montrant les régions montagneuses enneigées que sont les Pyrénées et les Alpes qui constituent une des réserves d’eau contribuant aux risques d’inondations.

Image N°2 : Le delta du Rhône en France (Spot 5 - 2003)


Cette image est la même que l’image de couverture, mais couvre un champ plus large de la Camargue. Les zones inondées, au sud et à l’est de Nîmes, et au nord d’Arles sont particulièrement visibles. Entre Nîmes et Arles, les routes sont coupées.

Images N°3, 5, 6, 8 : L’inondation de la région d’Arles (Spot 5 - SERTIT)

Ces quatre images satellitaires de la région d’Arles ont été prises par le satellite Spot 5 et ont été traitées par le SERTIT (Service Régional de Traitement d’Image et de Télédétection). Le Sertit dispose d’un service de cartographie rapide qui traite les données et les images satellites pour produire en urgence des cartes et des images pour les services d’aide et de secours.

Ces images mettent en évidence l’étendue et l’ampleur des dommages survenus dans la zone sinistrée et sont directement exploitables par les utilisateurs. Le SERTIT produit également des séries de cartes qui montrent l’évolution dans le temps du sinistre. Cet organisme intervient également au-delà de l’Europe et a fourni des images satellites des tremblements de terre de Boumerdes en Algérie, de Bam en Iran et du tsunami de décembre 2004 en Asie du Sud-est.


**LES INONDATIONS DE 2002 DANS LE SUD DE LA FRANCE**



Le Rhône qui se jette dans la Méditerranée est entravé, en plus des pluies, par la force des vagues et des glaces du Nord. Les deux chocs accumulés de l'hiver 2002, ont abouti à l'effacement progressif des inondations.

**Image de la Camargue inondée prise par Spot 5 en décembre 2002.**

**UNE AIDE À LA PRÉVENTION ET AUX SECOURS**



Le cadastre et les traitements des images satellites par des laboratoires spécialisés permettent de mettre en évidence des informations importantes. Ici on voit bien l'extension de la dérive dans la zone sinistrée et les quartiers où l'inondation a été la plus longue (près de la commune d'Arles).

**Les dommages créés par les inondations peuvent être très nombreux. Ils peuvent atteindre les habitations particulières, les lieux de travail et les écoles. Les routes et les terres agricoles sont devenues impraticables. Les fermes agricoles et les animaux d'élevage peuvent aussi être touchés.**

**Les inondations peuvent être évitées et l'eau de consommation risque d'être polluée. Les coûts d'énergie et de communication comme le téléphone peuvent être endommagés.**

**Les satellites permettent de repérer et de contrôler les zones inondées et inaccessibles. Cette information est capitale pour organiser et orienter les secours. En utilisant des vues à très grande échelle produites par le satellite Spot, on peut déterminer les bâtiments qui doivent être évacués pour protéger les sinistrés ou leur apporter un soutien.**


**Les satellites fournissent les données nécessaires à la réalisation des cartes détaillées qui aident les zones inondées.**

**On s'en sert d'abord pour évaluer les équipements et les travaux nécessaires pour limiter à l'avenir les effets de telles catastrophes.**

**Si l'inondation était évitable, les secours doivent également organiser pour les populations sinistrées une vie quotidienne pratique durant plusieurs semaines, alors que leurs propres conditions de travail sont rendues plus difficiles par l'inondation.**

**La destruction des maisons dans un quartier inondé.**

**LES INONDATIONS DE 2002 DANS LE SUD DE LA FRANCE**



**Les inondations ont augmenté de graves conséquences car les installations humaines sont de plus en plus touchées. Les zones inondées sont de plus en plus touchées. Les zones inondées sont de plus en plus touchées. Les zones inondées sont de plus en plus touchées.**

**En décembre 2002, deux pluies très importantes ont provoqué des inondations dans le sud de la France. Les zones inondées sont de plus en plus touchées. Les zones inondées sont de plus en plus touchées. Les zones inondées sont de plus en plus touchées.**

**Image satellitaire prise en décembre, de la zone inondée aux alentours de Fos.**

Page 5 - L'inondation de l'Elbe de septembre 2002

Images N°9, 10 : La région de Dresde et des alentours (DLR – 2002)

Les deux images satellites présentées ici ont également été traitées par le SERTIT.



Les photographies aériennes sont également utiles, mais nécessitent la programmation d'une mission spécifique d'un avion ou d'un hélicoptère pour chaque série de prises de vues. En revanche les satellites en orbite survolent très régulièrement chaque région du globe et disposent de champs d'observation et de résolutions spatiales variés, adaptés à toutes les situations. Ils sont souvent équipés de moyens radar qui délivrent aussi des informations de nuit ou par temps couvert. C'est également le cas des satellites qui peuvent capter des données dans l'infrarouge. Les moyens spatiaux sont ainsi un outil particulièrement utile pour le suivi et la gestion de ces crises. Les inondations de l'Elbe ont été particulièrement dévastatrices : le niveau du fleuve est monté par endroits de plus de 9 mètres. 9 personnes sont mortes et plus de 20 000 habitants de Dresde ont été évacués. Dans les différents pays concernés par ces inondations, on a compté à l'époque plus de 740 kilomètres de routes et 180 ponts endommagés ou détruits.

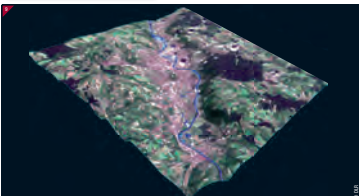
## Page 6 - « Comment travaillent les satellites ? »

### Images N°13, 14 : Zone inondable autour de Wittenberg

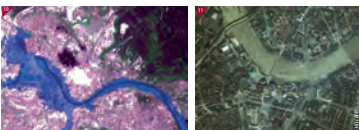
Ces images en trois dimensions de la région de Wittenberg sont produites par le DLR (Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt). Les images en trois dimensions offrent une représentation plus réaliste de la configuration réelle du terrain. Elles permettent une évaluation et une expertise plus précises et mieux adaptées à la situation pour la gestion des interventions. Elles sont aussi une aide pour l'établissement des programmes de prévention et d'aménagements engagés pour réduire l'impact de ces catastrophes. Le satellite Spot dispose de l'instrument HRS (Haute Résolution Stéréoscopique). Deux caméras regardent à angle fixe de 20°, l'une vers l'avant, l'autre vers l'arrière, avec 90 secondes d'écart entre les deux prises de vue d'une même zone, ce qui permet d'obtenir des vues stéréos du terrain.

Ces données permettent de réaliser des vues 3D et surtout des MNT - Modèles Numériques de Terrain – (en anglais : DEM, Digital Elevation Model) d'une précision décimétrique utilisés dans de nombreux domaines : en cartographie, pour les bases de données aéronautiques civiles et militaires ou dans l'implantation des réseaux téléphoniques. Chaque vue stéréo couvre une zone importante, jusqu'à 600 Km de long sur 120 Km de large.


**LES INONDATIONS EN ALLEMAGNE EN 2002**



Les données des satellites permettent de reconstituer en relief le profil d'une région. Ici la vallée de l'Elbe et la ville de Dresde.



Dresde, vue aérienne du centre-ville inondé en septembre 2002.

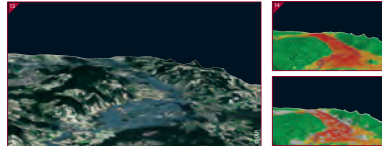


Sur cette image satellite, la zone inondée autour de la ville de Dresde en septembre 2002 est visible en bleu.

La reconstitution d'images en trois dimensions donne plus de réalisme à la représentation d'une région. À partir de telles images, la cartographie et l'analyse des conséquences d'une inondation sont plus faciles et plus rapides. Elles aident à mieux se représenter la situation sur le terrain.

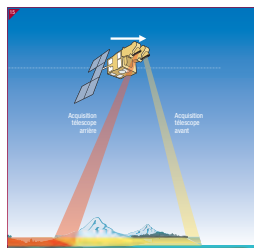
**Comment travaillent les satellites ?**

Les images satellitaires mettent en évidence les zones inondables.

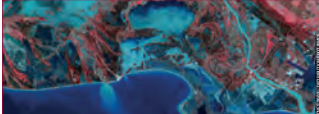


La reconstitution du relief est faite à partir de 2 images montrant deux points de vue légèrement différents, comme ce que l'œil humain. À partir de ces vues satellitaires, on peut produire des images de synthèse qui intègrent des informations sur les différentes infrastructures, ce qui permet de réaliser d'un seul coup d'œil tout ce que les images prises dans les zones à risque.

Comment les mesures des satellites permettent-elles de reconstituer des images en trois dimensions ?



Pour réaliser une image en trois dimensions, il faut observer un objet selon deux angles différents. L'image en relief est la synthèse de ces deux prises de vues, légèrement décalées, du même objet. Un seul satellite peut réaliser une image en relief : par exemple, le satellite Spot dispose de deux capteurs. L'un dirige vers l'avant, l'autre vers l'arrière. À quelques minutes d'intervalle, chacun fera une image de la même zone, vue sous un angle différent. Elles seront ensuite recomposées ensemble pour restituer le relief.



**Sous l'œil des satellites**

European Space Agency  
Agence spatiale européenne

10- Les inondations sous surveillance

Living Planet



---

## Ressources en ligne

---

[www.esa.int](http://www.esa.int)  
[www.esa.int/SPECIALS/ESRIN\\_SITE/index.html](http://www.esa.int/SPECIALS/ESRIN_SITE/index.html)

[www.esa.int/eo](http://www.esa.int/eo)  
[earth.esa.int/earthimages](http://earth.esa.int/earthimages)  
[www.earth.esa.int/education](http://www.earth.esa.int/education)  
[www.eduspace.esa.int](http://www.eduspace.esa.int)  
[www.cnes.fr](http://www.cnes.fr)

[www.cnes-edu.org](http://www.cnes-edu.org)  
[www.spotimage.fr](http://www.spotimage.fr)

### RISQUES NATURELS

[www.prim.net/home.htm](http://www.prim.net/home.htm)  
[www.prevention2000.org/cat\\_nat/index1.htm](http://www.prevention2000.org/cat_nat/index1.htm)  
[ec.europa.eu/research/leaflets/index\\_fr.html](http://ec.europa.eu/research/leaflets/index_fr.html)

[www.cred.be](http://www.cred.be)

[www.disasterscharter.org](http://www.disasterscharter.org)

### TRAITEMENT DES IMAGES

[sertit.u-strasbg.fr/francais/fr\\_accueil.htm](http://sertit.u-strasbg.fr/francais/fr_accueil.htm)  
[www.dlr.de](http://www.dlr.de)

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

Prévention des risques majeurs (espace éducation)  
Site éducatif francophone sur les risques naturels  
Commission européenne - La recherche européenne en action  
Catastrophes naturelles / Inondations  
Site du « Centre for Research on the Epidemiology of Disasters » (CRED) de l'université de Louvain (en anglais)  
Site de la Charte Internationale Espace et Catastrophes Majeures

Site du SERTIT Service Régional de Traitement d'Image et de Télédétection  
Site de l'agence spatiale allemande (DLR - Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt)

---

## Bibliographie

---

*Les risques majeurs*  
TDC, N° 824, 15 novembre 2001  
CNDP, 2001

Face aux catastrophes d'origine naturelle ou technologique, l'accent est mis aujourd'hui sur la prévention du risque plutôt que sur les secours et la gestion de la crise.

---

## Vidéographie

---

*Face aux risques*

À travers dix exemples sur les risques naturels et anthropiques pris sur le territoire français, ce DVD montre comment la science et ses moyens techniques, conjugués à l'éducation et à l'information des publics, réussissent à définir et à prévenir un risque majeur.

*Les inondations, un risque majeur*  
CRDP du Languedoc-Roussillon, 2006

Ce DVD s'adresse aussi bien aux élèves et aux enseignants, qu'aux partenaires de l'Éducation nationale, en particulier les collectivités territoriales. Il est conçu pour informer, préparer, prévenir.

---

## 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 - Aliette Cremer**



## **Dossier N°10 : Les inondations sous surveillance**

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

1 – Quels phénomènes naturels sont à l'origine des inondations ?

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

2 – Quelles sont les activités humaines responsables de leur aggravation ?

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

3 – Pourquoi les installations humaines sont-elles particulièrement sensibles aux inondations ?

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

4 – Quelle peut-être l'utilité des images satellitaires en cas d'inondation ?

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

5 – En quoi les images satellitaires peuvent-elles servir à la prévention ?

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

6 – Une page est consacrée aux inondations en Allemagne en 2002. Quels liens voyez-vous entre les images satellitaires et les photographies aériennes ? Quelles sont les informations supplémentaires données par les images satellitaires ?

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

7 – Quel type d'image satellitaire peut-être particulièrement utile pour observer une vallée ou une région inondable ? Pourquoi ?

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

8 – Comment, très schématiquement, un satellite peut-il produire une image en trois dimensions ? Quel rapport peut-on faire avec la vision humaine ?

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