

La Terre et l'Environnement observés depuis l'espace

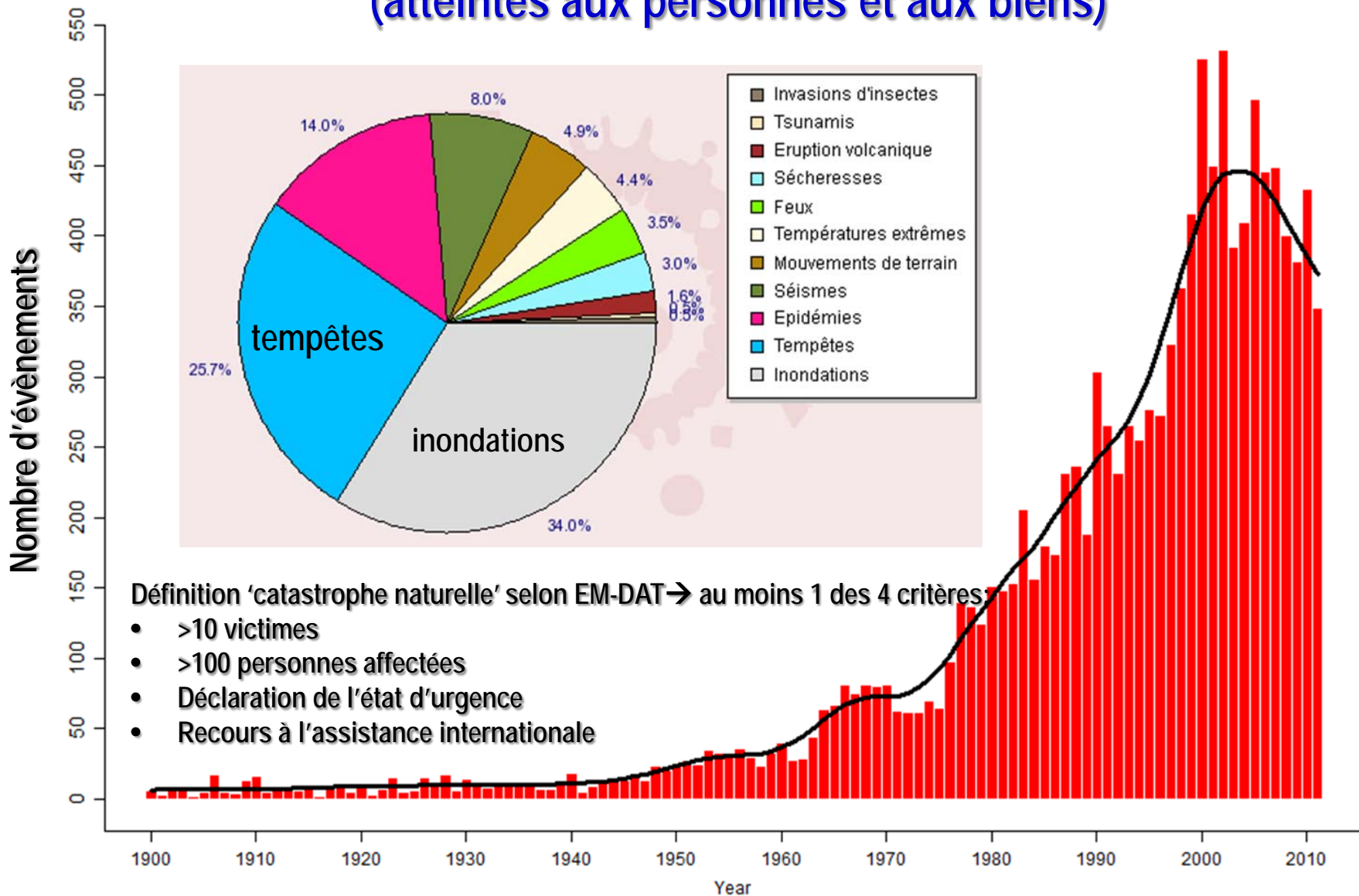
A satellite image of Earth showing a large, well-defined hurricane or cyclone over the Atlantic Ocean. The storm's eye is clearly visible, surrounded by dense, swirling cloud bands. The surrounding landmasses and other cloud patterns are also visible from space.

Leçon n°5

« L'espace et les désastres majeurs »

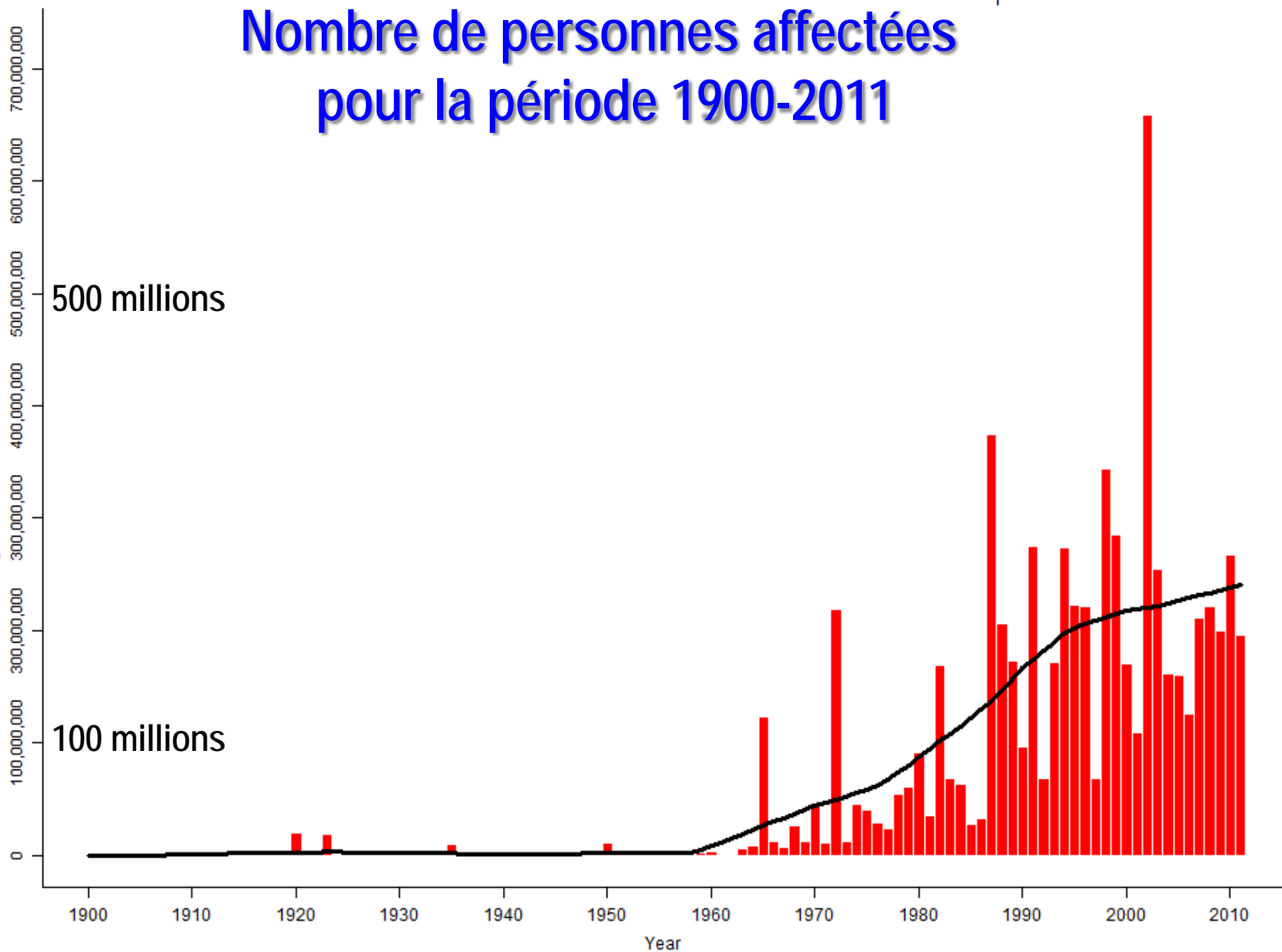
Anny Cazenave
Collège de France

Nombre de catastrophes naturelles pour la période 1900-2011 (atteintes aux personnes et aux biens)

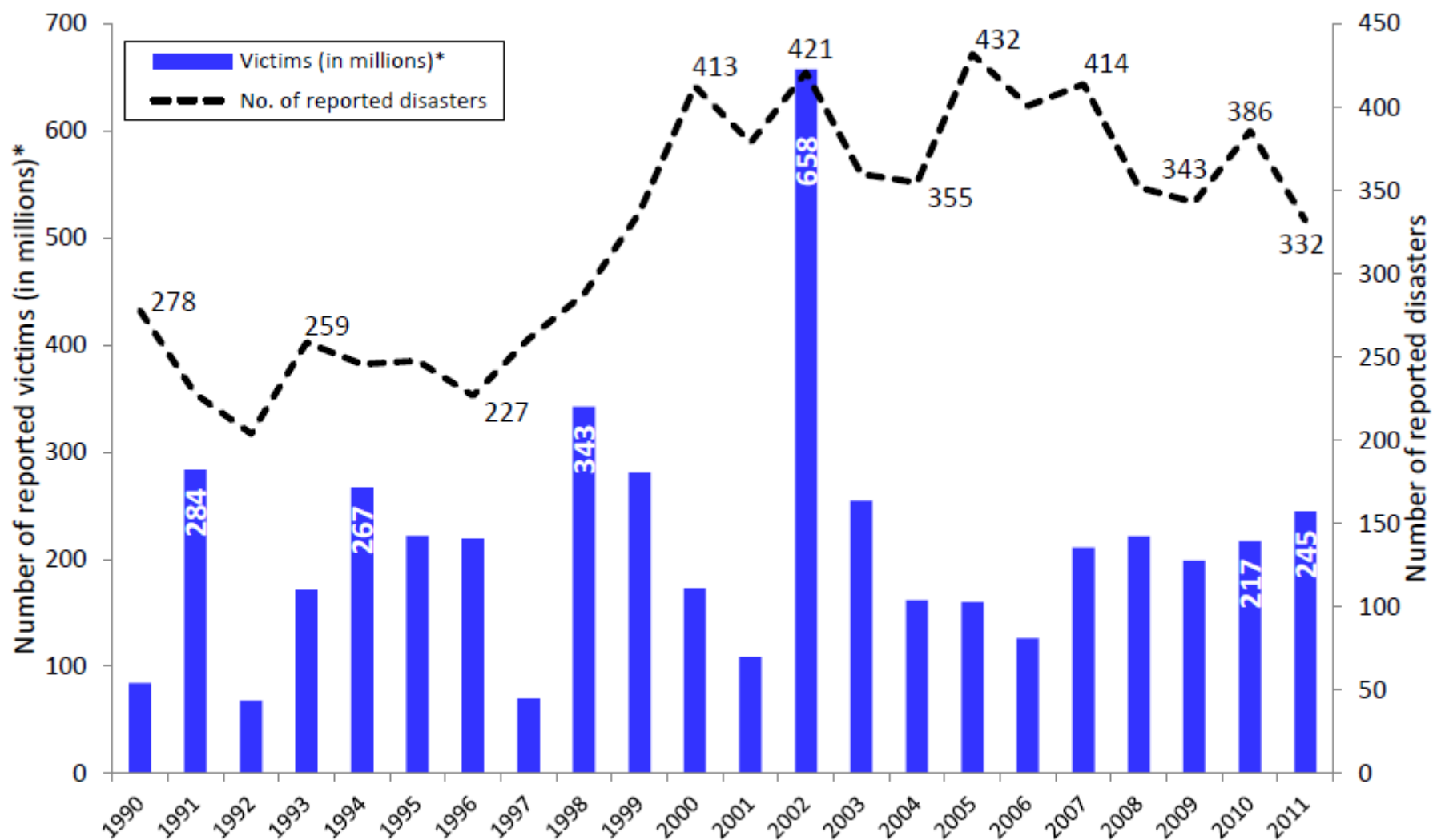


Nombre de personnes affectées pour la période 1900-2011

Nombre de personnes affectées

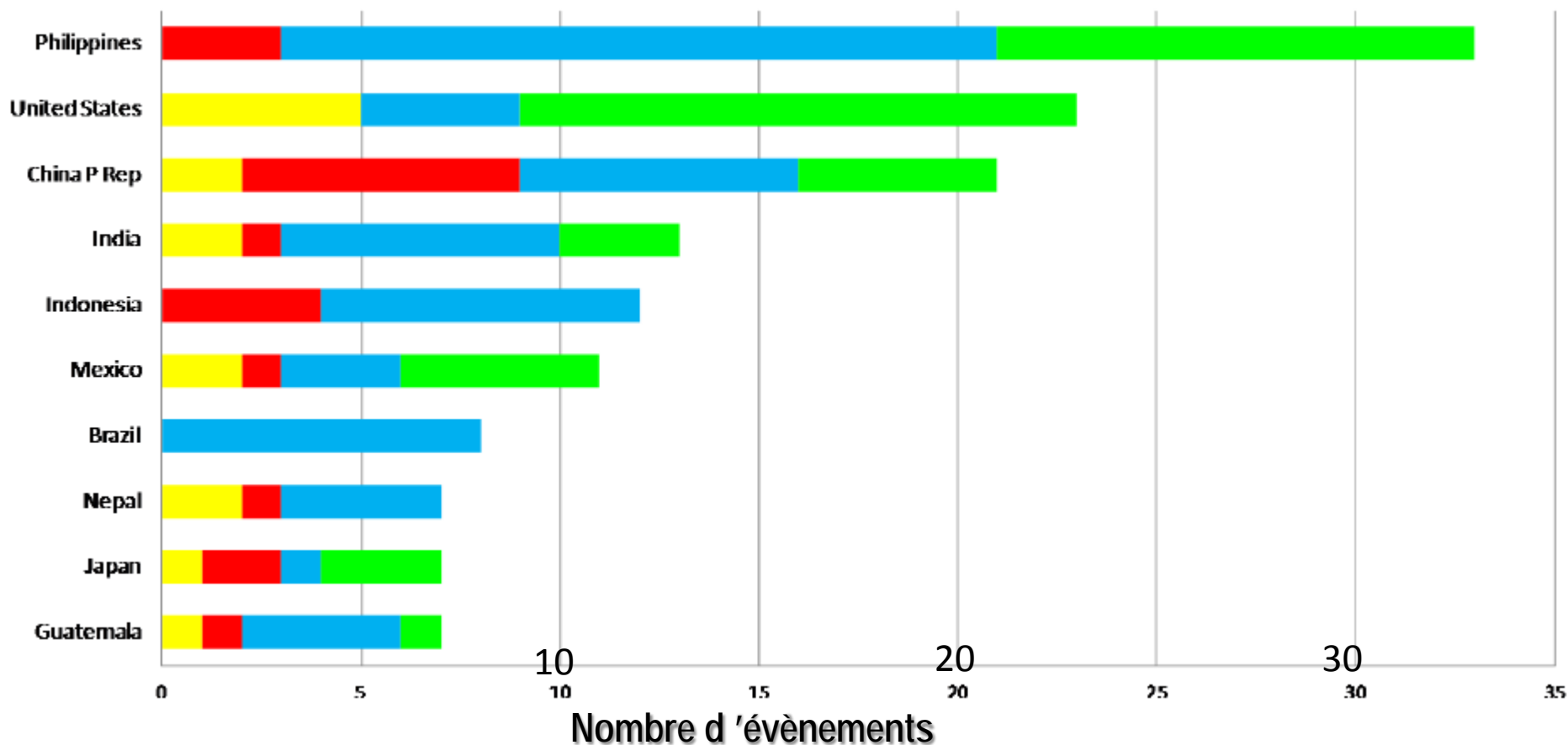


Nombre de personnes affectées entre 1990 et 2011



* Victims: sum of killed and total affected

Les 10 pays les plus affectés en 2011



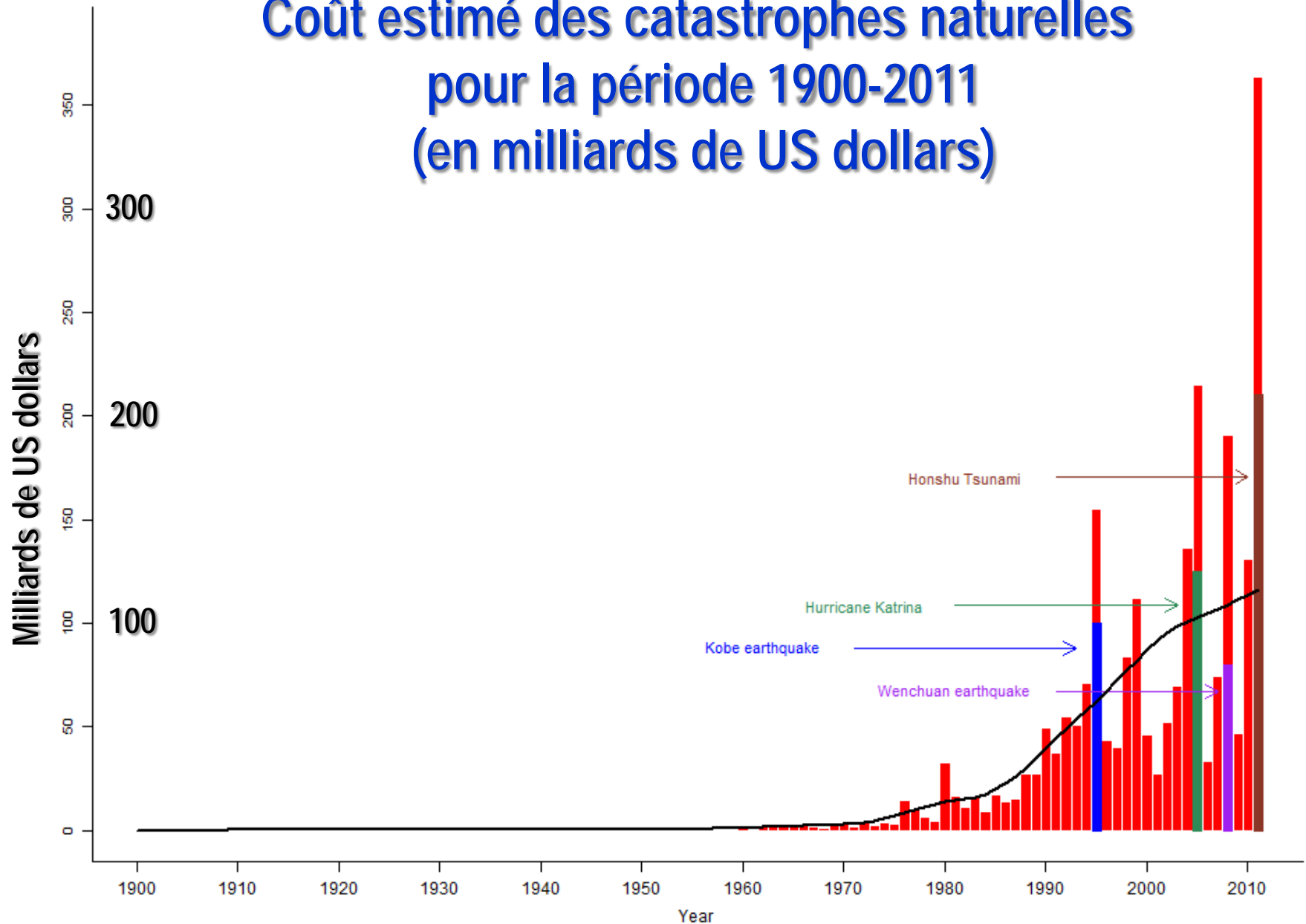
Rouge=séismes, éruptions volcaniques, ...

Bleu= inondations, glissements de terrain ...

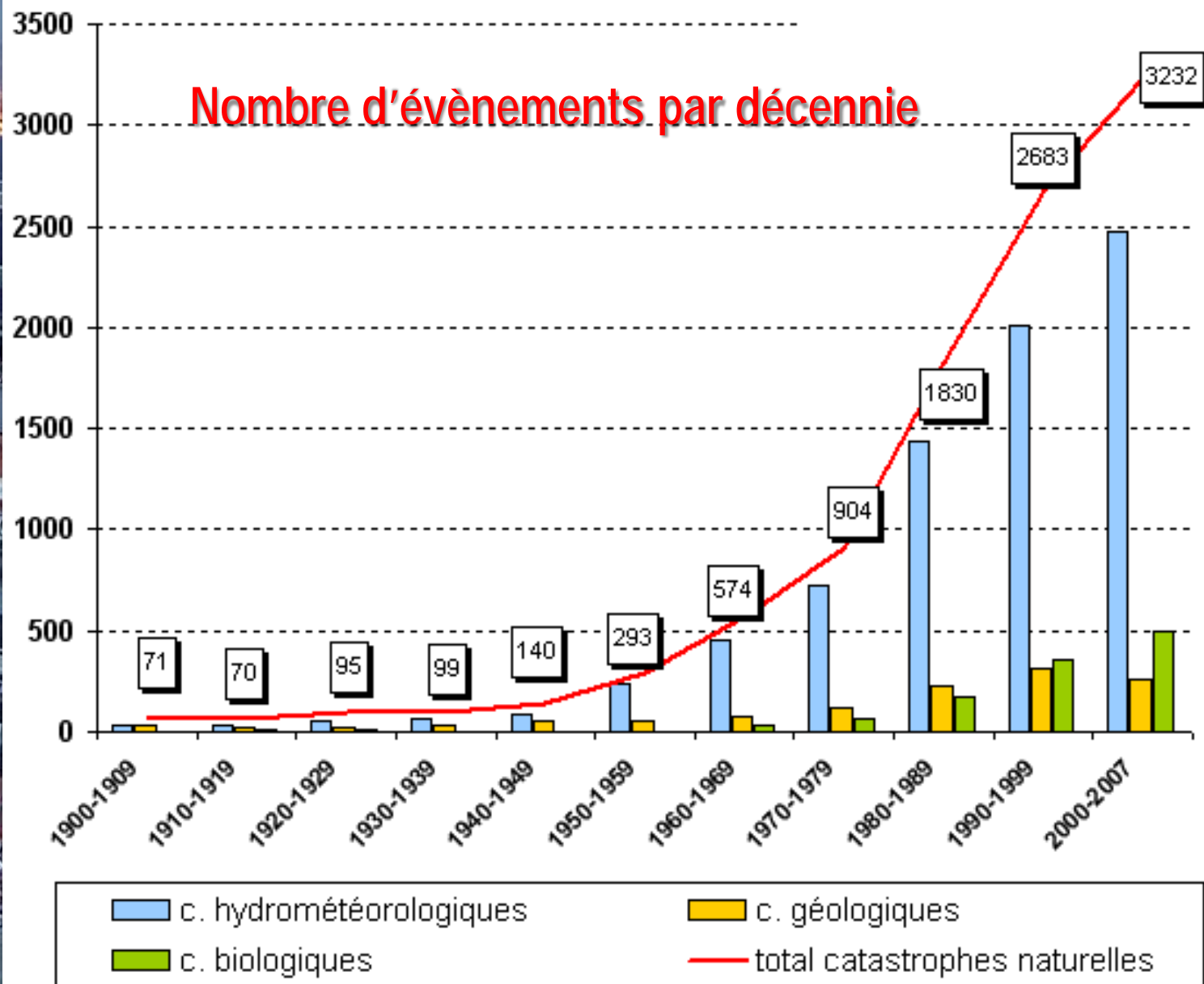
Jaune = sécheresses, incendies, vagues de chaleur...

Vert= cyclones, tornades, ...

Coût estimé des catastrophes naturelles pour la période 1900-2011 (en milliards de US dollars)



Nombre d'évènements par décennie



Les satellites 'imageurs' optiques et radar utilisés pour le suivi en temps quasi réel des désastres majeurs

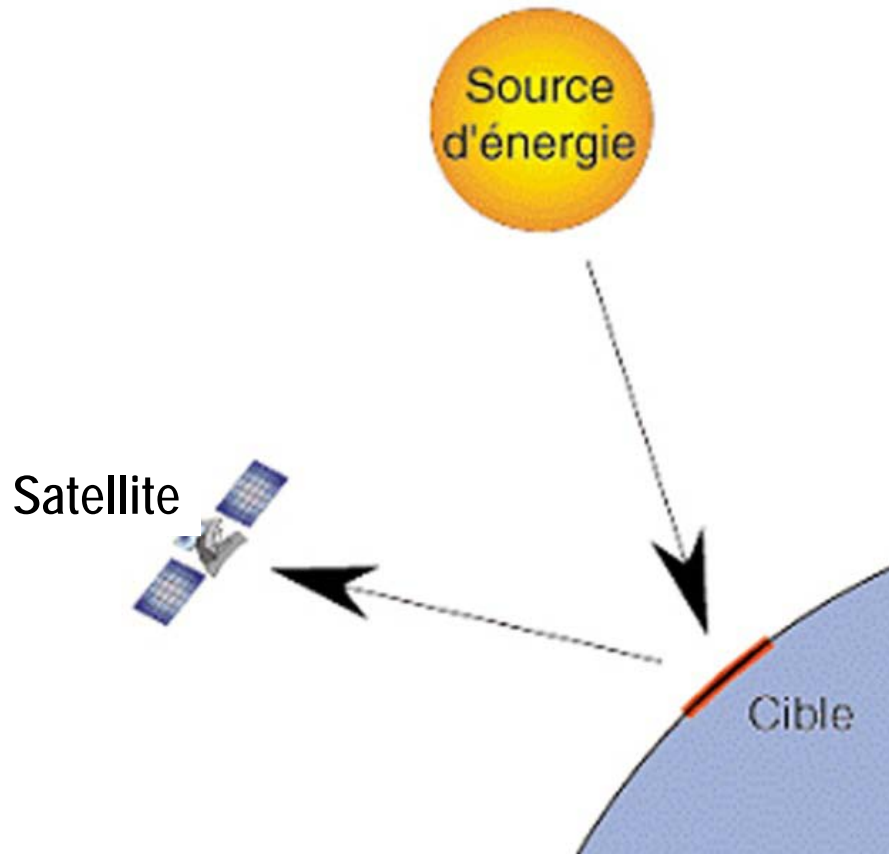




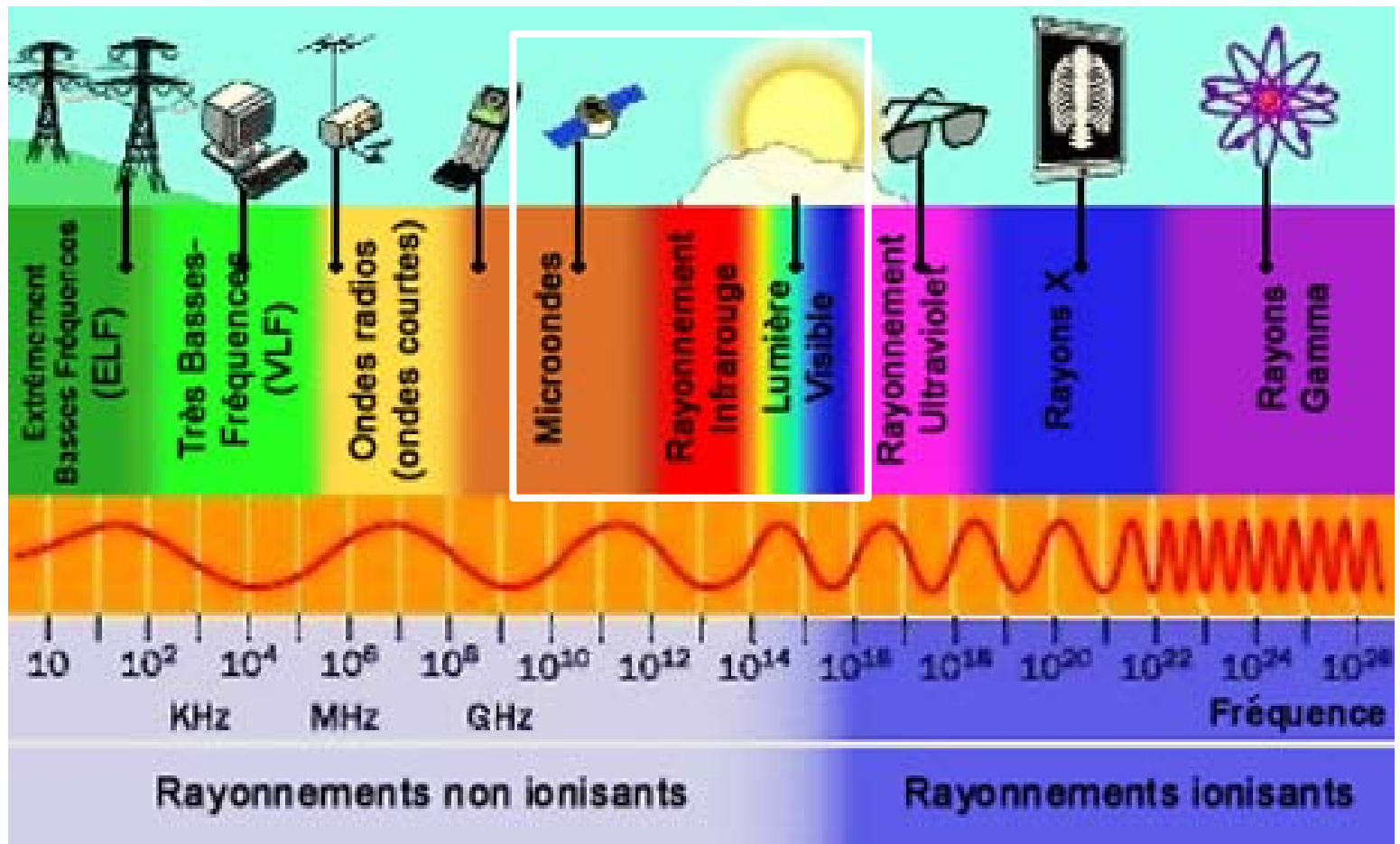
L'observation
des
terres émergées
par
imagerie
optique et radar

Quelques généralités sur la télédétection spatiale

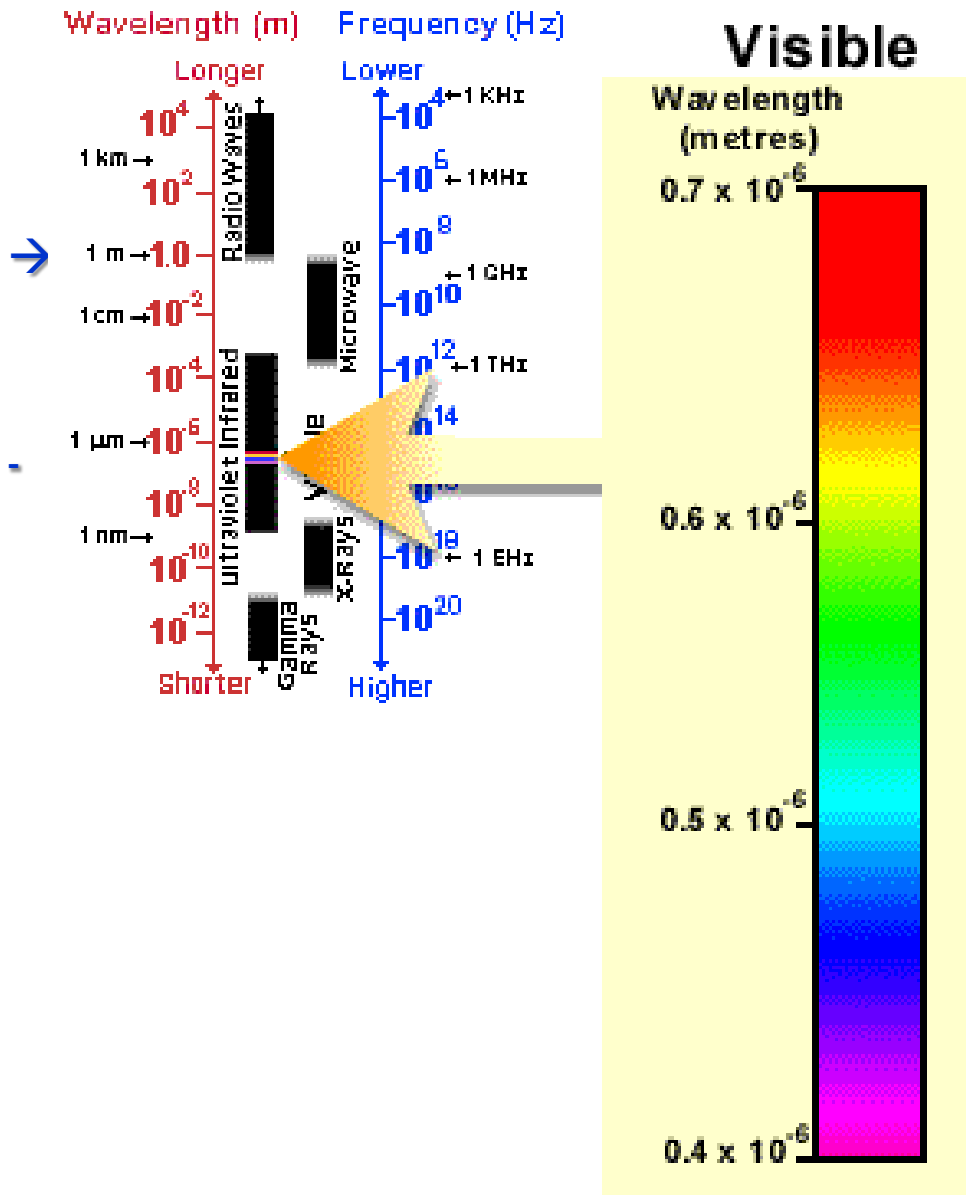
La télédétection spatiale...c'est l'acquisition à distance d'informations sur des objets de la surface terrestre par analyse du rayonnement électromagnétique qu'ils émettent ou réfléchissent dans différents domaines de fréquences



Le spectre électromagnétique



« Fenêtre Visible »

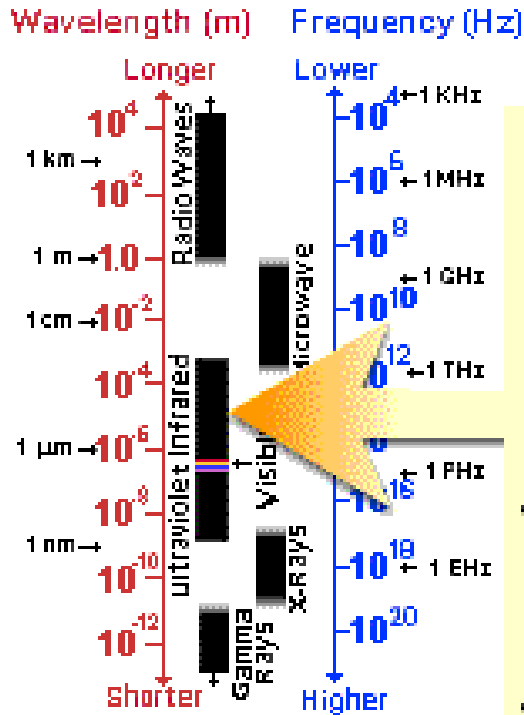


Longueur d'ondes comprises entre **0.4 μm** et **0.7 μm**

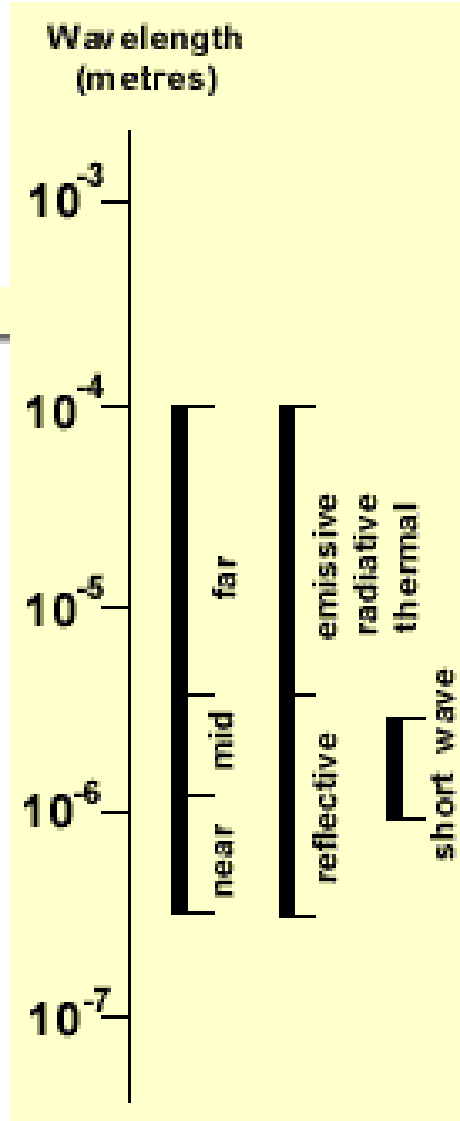
→ Fenêtre très étroite

Imagerie Optique

Fenêtre « Infra Rouge -IR- »



Infrared



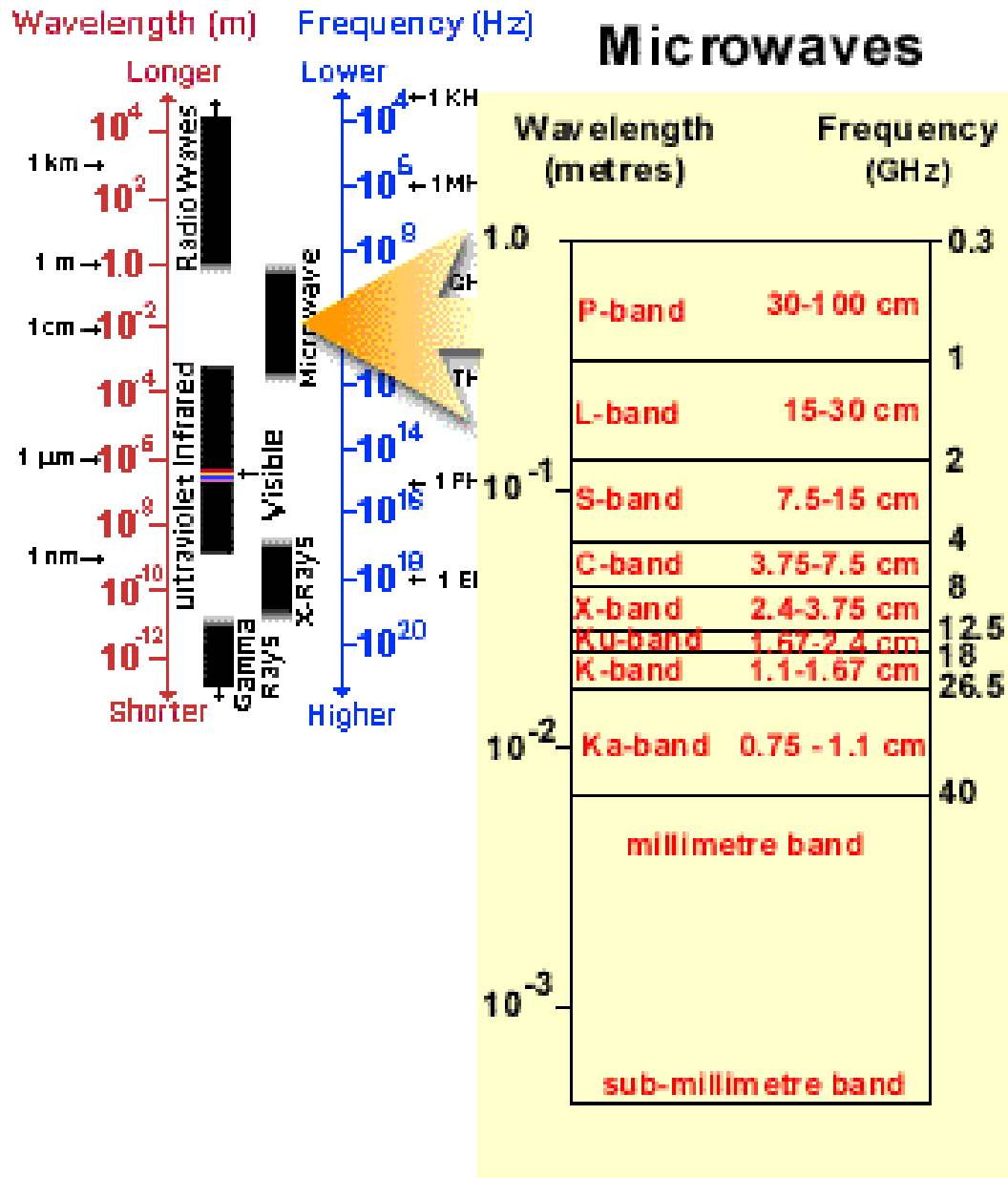
→ Longueurs d'onde comprises
entre **0.7 μm à 100 μm**
→ + de 100 fois la portion 'visible'

-2 composantes dépendant
des propriétés radiatives
de la surface:

- IR réfléchi
- IR émis (ou IR thermique)

Imagerie thermique

Fenêtre « Micro Ondes »

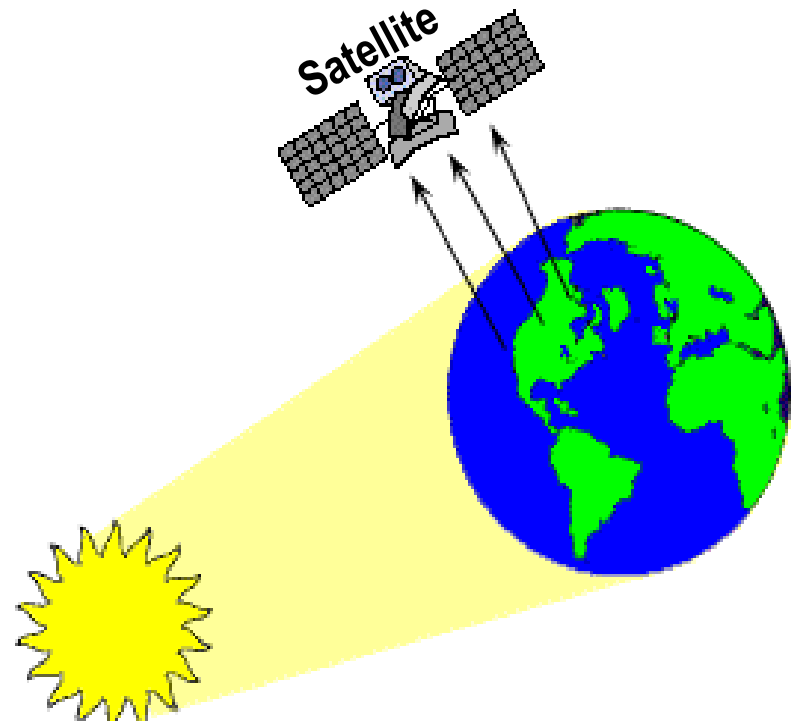


→ Longueurs d'onde comprises entre 1 mm à 1 m

Imagerie RADAR

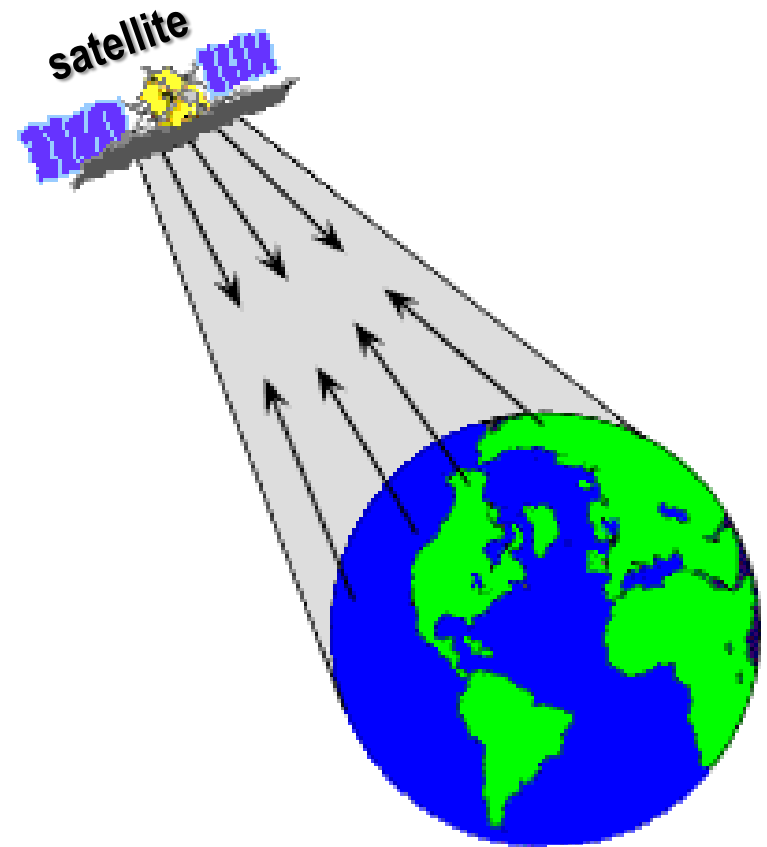
Capteurs "passifs"

Les capteurs passifs reçoivent l'énergie solaire réfléchie (domaine visible) ou absorbée et réémise par la surface (domaine IR)



Capteurs "actifs"

- Le capteur dispose de sa propre source d'énergie
- Le rayonnement électromagnétique émis se réfléchit à la surface et est ensuite reçu par le capteur
- Le domaine de fréquences utilisé: "micro-ondes"
- Avantages: technologie 'tout temps' (traversée des nuages; fonctionne aussi de nuit)
- Types de capteurs utilisés: radars à synthèse d'ouverture (SAR: *Synthetic Aperture Radar*)



Bref historique sur la télédétection optique (visible et IR)

Années 1970 : Démarrage programme Landsat (USA) → 1972 Landsat 1: imagerie multispectrale; résolution 80 m

Années 1980: Suite programme Landsat (USA) → Landsat 4 & 5 (Thematic Mapper, 30 m); Démarrage programme SPOT en France (+ Belgique & Suède) → SPOT 1 (1986), haute résolution visible (20 m panchromatique, 10 m en noir et blanc; revisite : 3 semaines); AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) sur satellites NOAA –USA- (résolution 1 km mais revisites quotidiennes et vision globale)

Années 1990: Suite programme AVHRR → premières cartes globales d'occupation des sols et d'indice de végétation (1kmx1km); suite programme SPOT en Europe; fin de la phase commerciale du programme Landsat

Années 2000: Nouveaux capteurs multispectraux → MODIS sur satellites NASA Terra et Aqua ; MERIS sur Envisat (résolution 300m); Instrument végétation sur SPOT 4 et 5 (optimisation des bandes spectrales adaptée à l'étude de la végétation) (images journalières, résolution 1 km)

Années récentes: Très haute résolution <1m: IKONoS, Quickbird, Pléiades,

Résolution au sol : 80 m en 1970; Aujourd'hui : ~ 50 cm → Gain en précision > 100

Bref historique sur la télédétection « RADAR »

Années 1970 : SAR sur le satellite altimétrique Seasat (USA, 1978)

Années 1990 : SAR sur ERS-1 & 2 (ESA); RADARSAT (Canadien)
JERS (Japon)

Années 2000 : SAR sur Envisat (ESA), SRTM (USA),
ALOS (Japon), TERRA SAR-X,

Applications de l'imagerie spatiale visible et IR

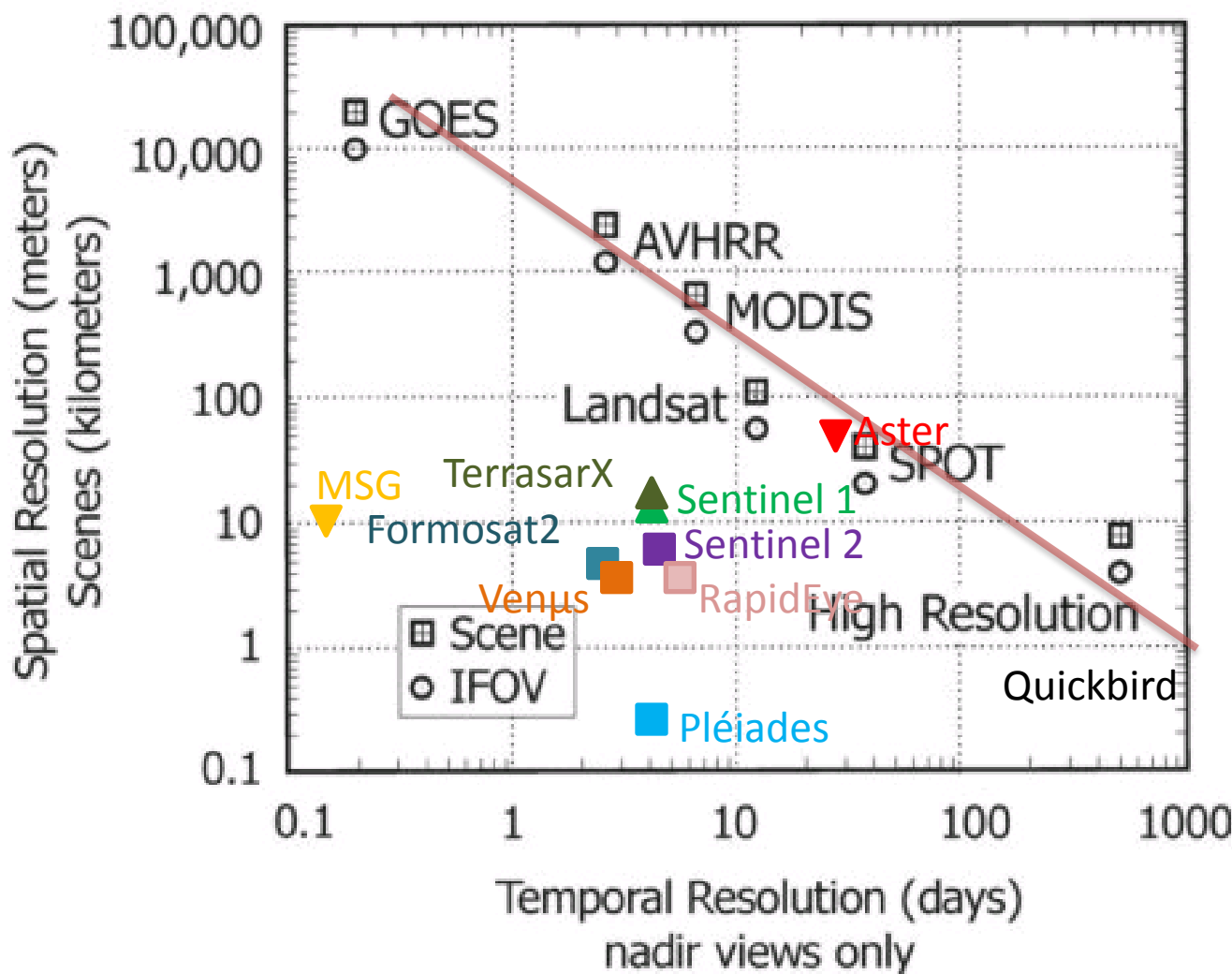
- **Agriculture** : classification des types de cultures et de sol, évaluation de la santé des cultures, estimation de la production totale d'une récolte, surveillance de conformité aux lois et traités.
- **Aménagement du territoire et études urbaines** : suivi de l'urbanisation
- **Occupation des sols et évolution, suivi de la végétation**
- **Surveillance maritime** : contrôle des activités de pêche et du trafic maritime, localisation des nappes de pollution, gestion de l'environnement côtier et océanique
- **Cartographie** (en particulier aux petites échelles inférieures au 1/100 000).
- **Gestion des forêts** : connaître les surfaces forestières et les peuplements, disposer de plans actualisés de gestion forestière, estimer les dégâts d'intempéries (incendies, tempêtes, ouragans), aménager et surveiller les sites protégés
- **Gestion des ressources en eau**
- **Risques naturels et industriels** : mettre à jour les plans de prévention des risques, localiser rapidement les zones affectées et cartographier les dégâts, améliorer les modèles de prévision et de simulation des phénomènes à risques
- **Sciences de la Terre** : glaciologie, géologie et volcanologie
- **Surveillance du territoire, défense et renseignement**
- **Météorologie**
- **Archéologie**

Applications du radar

- Cartographie des zones intertropicales (couvertes de nuages) et polaires, côtes maritimes brumeuses
- Géologie, hydrologie (recherche d'eau), exploration minière et pétrolière
- Applications maritimes : surveillance du trafic maritime, détection des pollutions marines
- Cartographie et suivi des glaces
- Gestion des risques : inondations, feux de forêt
- Agriculture et forêt : détection de l'état des changements dus à la croissance de la végétation, aux variations d'humidité du sol aux activités agricoles et forestières (labourage, déforestation)
- Surveillance du territoire, défense et renseignement

- *Détection des mouvements de la surface terrestre (par interférométrie radar) : activité sismique, glissements de terrain, subsidence du sol, etc.*

Compromis entre résolution spatiale et résolution temporelle



Optique

Formosat 2 : B, G, R, NIR
 Sentinel 2 : B, G, R, NIR, SWIR
 Venüs : 12 bands (415-910 nm)
 Pléiades : B, G, R, NIR
 Rapideye : B, G, R, NIR, Redge

Thermique

Aster : 90m, 16 days
 MSG : 4 km, 15 min

Radar

Sentinel 1 : band C
 Alos : band L 10-100 m
 TerrasarX : band X 1-20 m
 Radarsat 1&2: banc C 1-100m

Le programme européen d'observation de la Terre « SPOT »



Le Vésuve septembre 2012 - SPOT 6 (résolution 1.5 m)



Iles de Guinée Bissau - 17 février 2013
Satellite SPOT 6 (résolution 1.5 m)





- Les satellites optiques Pléiades développés par la France
- Résolution 50 cm
- Pléiades-1A lancé le 17 dec 2011
- Pléiades-1B lancé le 2 dec 2012

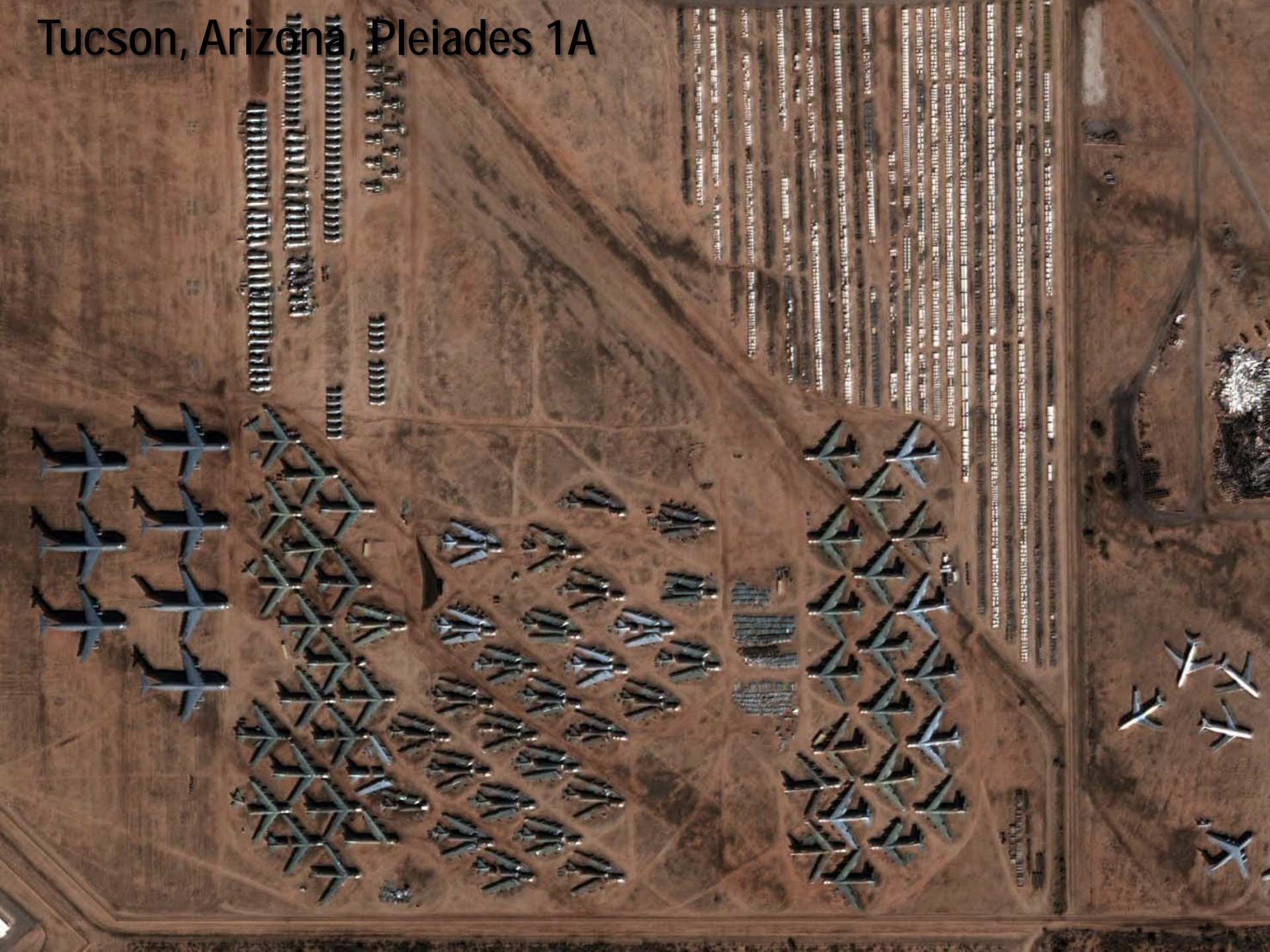
Hong-Kong
Pleiades 1-B
Résolution 50 cm





Les pyramides d'Egypte, Pléiades 1A, résolution 50 cm

Tucson, Arizona, Pleiades 1A





Applications de l'imagerie optique
et radar au suivi
des catastrophes majeures

1999: création de la *Charte Internationale* « Espace et Catastrophes Majeures »



- La Charte est une **coopération internationale** entre agences spatiales mettant à disposition leurs satellites pour cartographier les régions dévastées
- Son but est de contribuer à l'organisation des **opérations de secours** en fournissant des cartes (1) de référence (avant la crise) et (2) des dégâts, des regroupements de survivants, des zones accessibles, etc. (pendant la crise)
- La **Charte** est déclenchée immédiatement après une catastrophe, lorsque les opérations d'alerte, d'urgence ou de secours se mettent en place
- Elle offre aux utilisateurs concernés par les **catastrophes** (sécurité civile, Nations Unies) un système spatial unifié et coordonné d'acquisition et d'interprétation d'images 'satellites'



Historique

- La Charte a été créée en **Juillet 1999** par l'agence spatiale européenne (**ESA**) et l'agence spatiale française (**CNES**)
- La Canadian Space Agency (**CSA**) les a rejoints en **Octobre 2000**
- Autres agences spatiales membres:
 - ✓ 2001: **USA** National Oceanic and Atmospheric Administration (**NOAA**)
 - ✓ 2001: **Indian** Space Research Organization (**ISRO**)
 - ✓ 2003: **Argentine** Space Agency (**CONAE**)
 - ✓ 2005: **Japan** Aerospace Exploration Agency (**JAXA**)
 - ✓ 2005: **USA** Geological Survey (**USGS**)
 - ✓ 2005: **UK** Space Agency **UKSA/DMCii** (Algeria, Nigeria, Turkey Space Centres)
 - ✓ 2007: **China** National Space Administration (**CNSA**)
 - ✓ 2010-2011: **DLR**, **Allemagne**; **Corée du Sud**, **KARI**; **INPE**, **Brésil**.
 - ✓ 2011-2012 : **ROSCOSMOS**, **Russie**, **EUMETSAT** (phase d'intégration)

Les 15 membres de la Charte (2012)



CSA
Canada

NOAA
USGS
USA

INPE
Brasil

CONAE
Argentina

UKSA/DMC
UK
CNES
France

DLR
Germany

Europe
ESA
EUMETSAT

ISRO
India

CNSA
China

KARI
Korea

JAXA
Japan

La Charte est déclenchée uniquement pendant la période de crise, immédiatement après une catastrophe, lorsque les opérations d'alerte, d'urgence ou de secours se mettent en place

Désastre majeur : statut décidé par les utilisateurs en situation de grande détresse comportant des pertes humaines et/ou des dégâts matériels importants, causés par une catastrophe naturelle ou technologique

Catastrophes naturelles

Inondation

Tsunami

Cyclone, tornade,

Tremblement de terre

Glissement de terrain

Eruption volcanique

Feux de forêts

Catastrophes technologiques

Déversement d'hydrocarbures

Accident industriel



La constellation de satellites imageurs utilisés par la Charte depuis 2000



**Aujourd'hui: images de résolution 50 cm (ex. satellites Pleiades)
→ crucial pour l'organisation rapide et efficace des secours sur le terrain**



L'interprétation des images est réalisée par le SERTIT *Service Régional de Traitement d'Images et Télédétection (Strasbourg)*

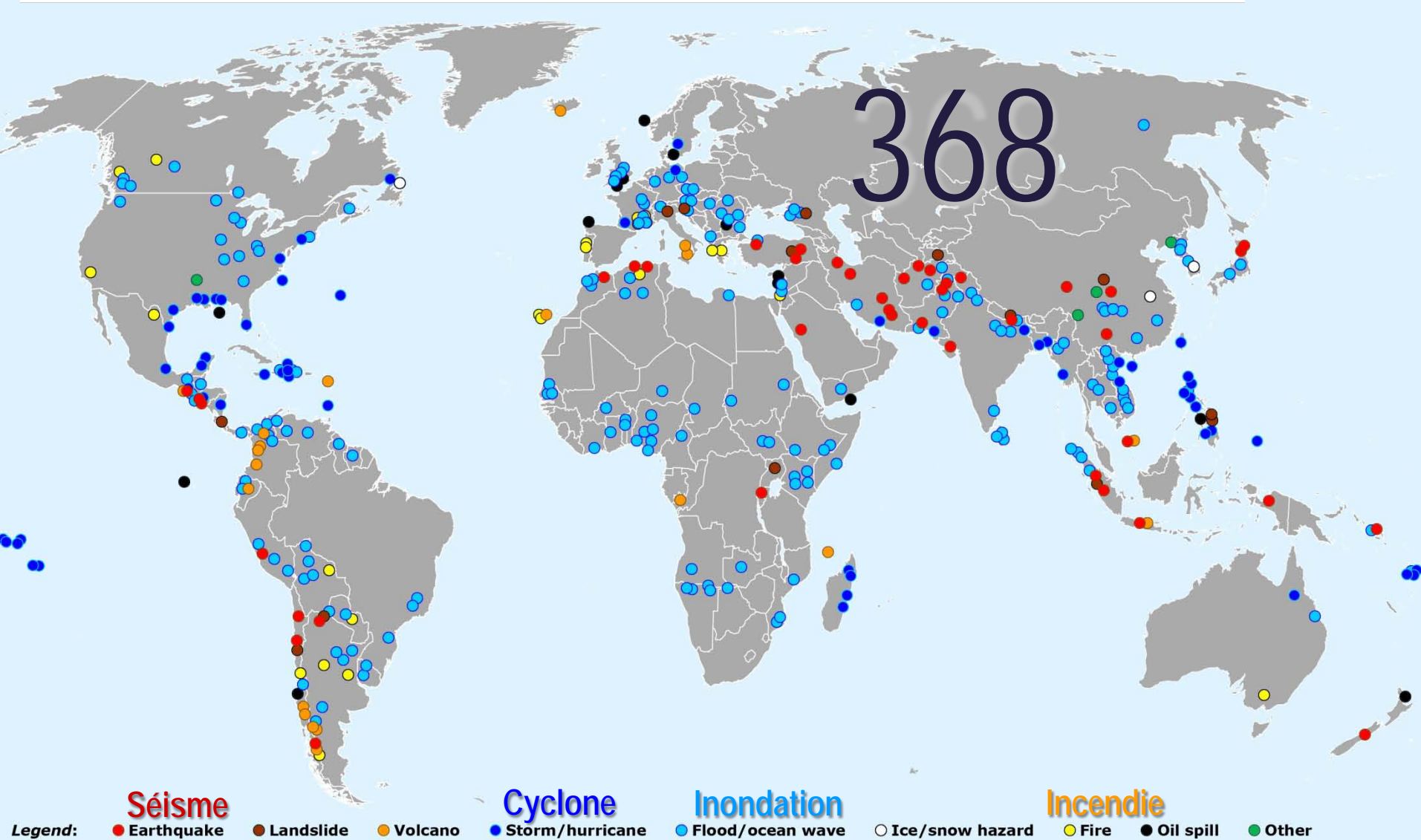
- La **cellule de cartographie rapide du SERTIT** intervient en urgence pour traiter les images et générer des cartes de référence et de crise.
- Le SERTIT est l'acteur unique pour la génération des produits de crise lorsque la charte est activée par la France
- Le SERTIT fournit aussi des produits de crise pour d'autres activations de la Charte
- Environ **20% des activations** de la Charte traités par le **SERTIT**

Nombre d'activations par an entre 2000 et 2013 (pour 368 activations)

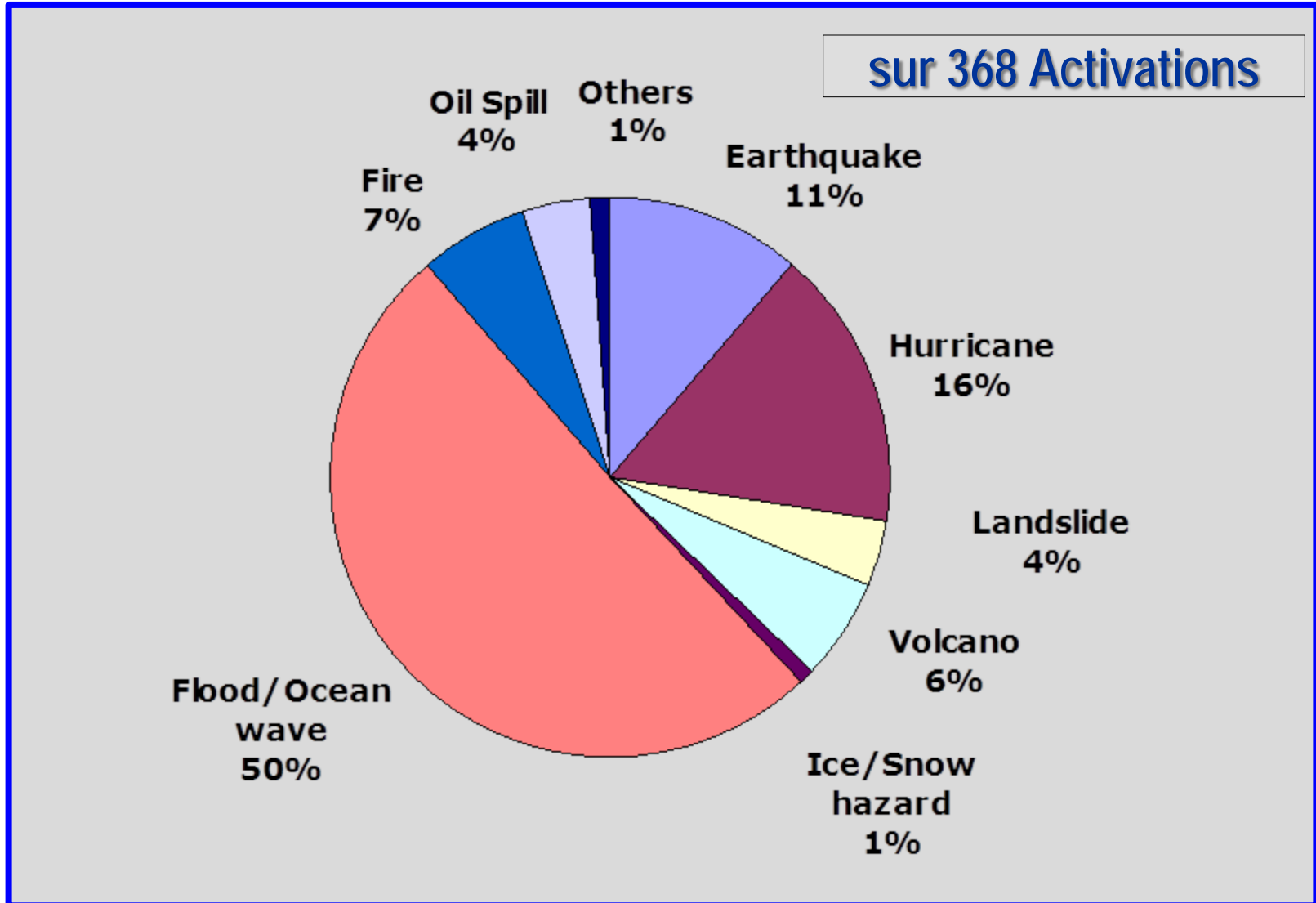




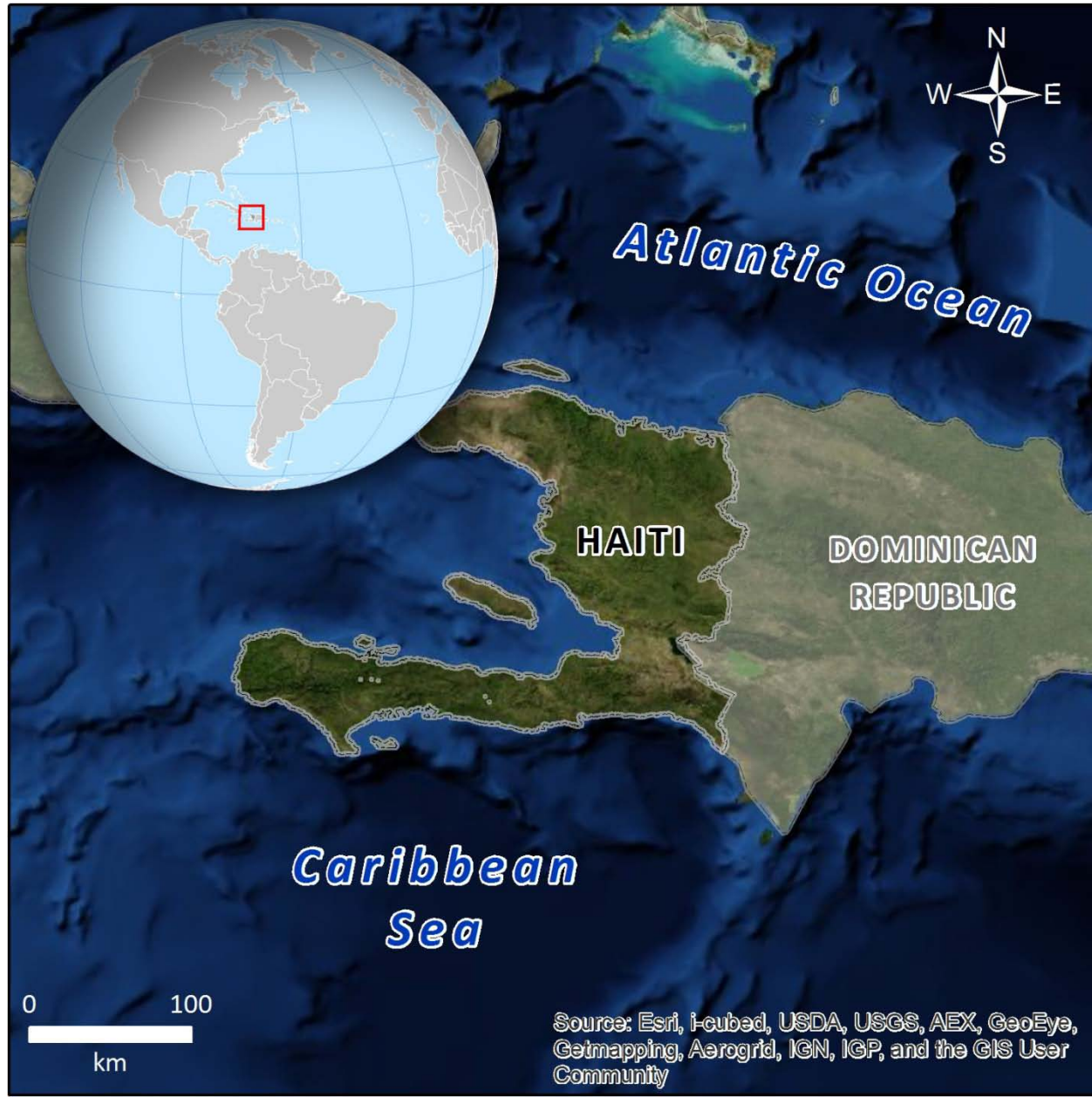
Activations de la Charte par région et par type de catastrophe (368 activations entre 2000 et 2013)



Statistiques d'activation de la Charte par type d'évènements



Le séisme d'Haiti, 12 janvier 2010



Tremblement de terre en Haïti (12 janvier 2010)
magnitude 7.3 → 220 000 victimes, 310 000 blessés,
660 000 sans abri, 210 000 maisons totalement détruites



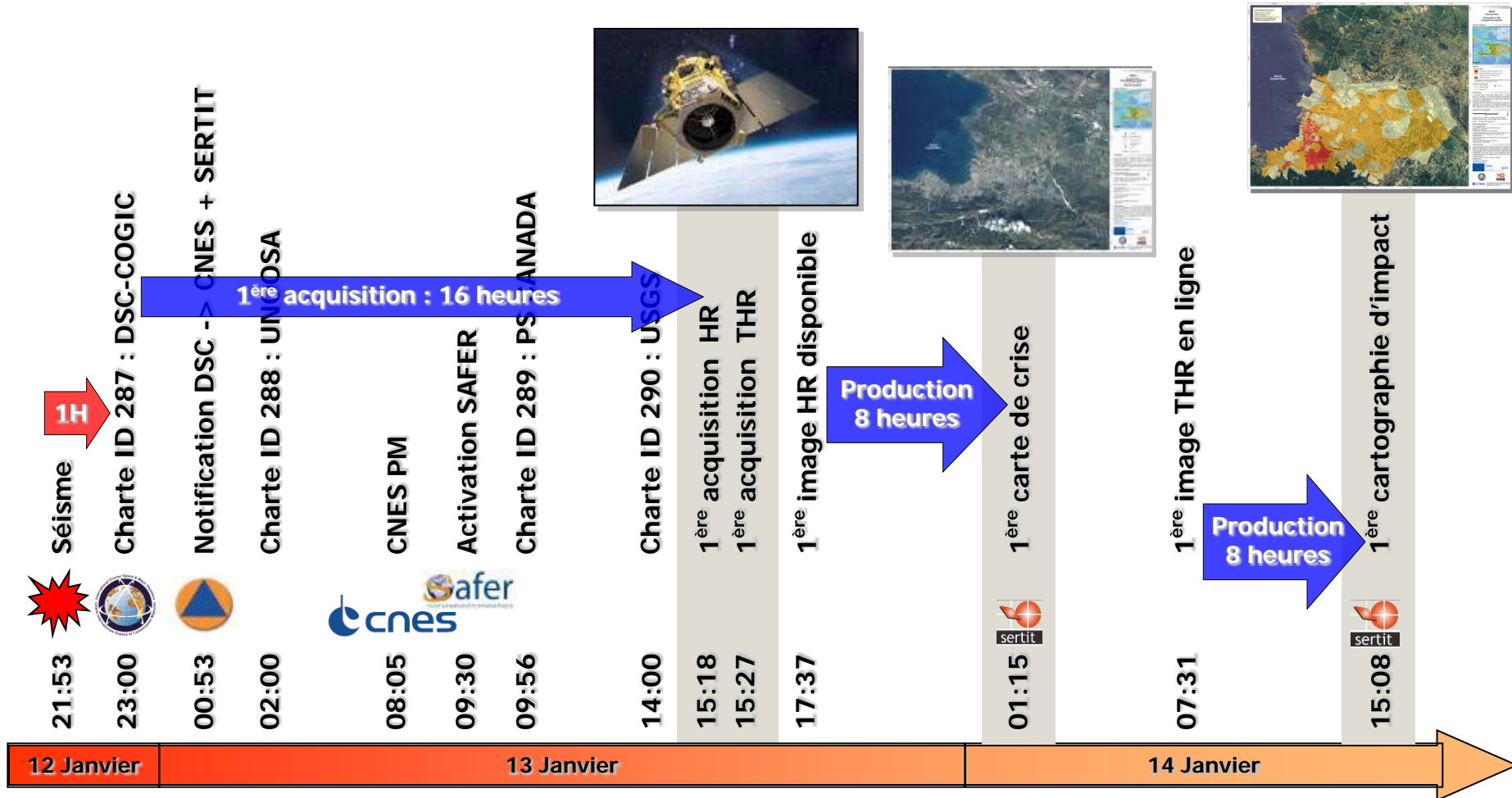
Tremblement de terre en Haïti (12 janvier 2010)

La Charte Internationale a été déclenchée les 12 et 13 janvier 2010 par quatre utilisateurs autorisés :

- La Sécurité Civile française (DSC/COGIC) (**2 heures après le séisme**)
- La mission de l'ONU de maintien de la paix en Haïti (MINUSTAH) (**+ 4h**)
- La Sécurité Publique du Canada
- L'USGS (USA)

Le CNES a accepté la responsabilité de **Project Manager** et a coordonné l'ensemble des activités

Chronogramme d'activation de la Charte



Tremblement de terre en Haïti

satellites utilisés

Grâce à la Charte, la communauté spatiale internationale s'est mobilisée pour acquérir des images satellite en urgence:

- ALOS (Japon)
- SPOT-5 (France)
- RADARSAT-2 (Canada)
- HJ-1-A/B (Chine)
- ERS-2 (ESA)

D'autres images ont été fournies à la Charte grâce aux relations entre agences spatiales:

- via l'USGS (USA) : GeoEye, Worldview, IKONOS, QuickBird, images aériennes
- via le DLR (Allemagne) : TerraSAR-X
- via le KARI (Corée du Sud) : Kompsat-2

Bâtiments détruits dans le centre de Port-au-Prince



Image du
satellite
américain
'GeoEye'
de résolution
50 cm

La cathédrale éventrée de Port -au-Prince



Image
du satellite
américain
« GeoEye »
de résolution
50 cm

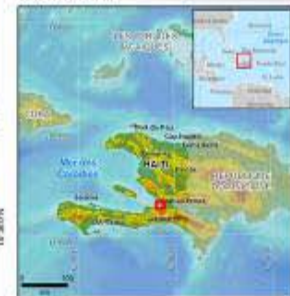
40 heures après le séisme: 1^{ère} carte d'impact sur Port-au-Prince

STATISTIQUES D'ÉVALUATION
Surface de la carte : 200 km²
Surface analysée : 62 km²
Nombre de quartiers : 307
Surface moyenne d'un quartier : 0,21 km²
Proportion moyenne de bâtiments visiblement endommagés : 33 %

État de
Port-au-Prince

HAÏTI Port-au-Prince Dommages au bâti, évaluation par quartier

Carte de localisation



- Légende**
- Dommages très visibles à généralisés (4-45%)
 - Dommages localement très visibles (11-45%)
 - Dommages peu ou pas visibles (0-100%)
 - Secteur non analysé
- Pour chaque quartier, le pourcentage exprime une évaluation de la proportion de bâtiments ayant des dommages observables.*
- Niveaux de communication**
- Réseau principal
 - Réseau secondaire
 - Auto route
 - Aéroport

Interprétation
Le 12 janvier 2010 à 21h53 (GMT), 16h53 (locale), un violent séisme de magnitude 7 sur l'échelle de Richter a secoué Haïti. Cette carte constitue une première évaluation des dommages au bâti dans l'agglomération de Port-au-Prince fondée sur l'exploitation d'images satellites.
Cette évaluation des dommages est réalisée sur la base d'une observation de la proportion de bâtiments présentant des dégâts observables. Cette première estimation doit être utilisée avec précaution, elle sera précisée dans les jours à venir.

Information cartographique

0 1 2
km

Projection locale : UTM Zone 18 Nord, Datum: WGS 84
Projection géographique : Lat/Lon (DMG), Datum: WGS 84
Échelle : 1:25 000 pour impression A1

Sources des données

Fond cartographique
Image SPOT 5 (2,50 m) en couleurs naturelles
acquée le 03 juillet 2007
© CNES, 2007, pour l'éditeur Spot Image S.A.
Les données de dégâts sont dérivées des images GeoEye (15 m) et ALOS AVNIR-2 (10 m) acquises le 12 janvier 2010.
© SERTIT 2010
Les routes sont dérivées de l'image SPOT 5 du 03 juillet 2007
© SERTIT 2010
Autres couches thématiques & toponymie
© SERTIT 2010, GAST, ERM

Cadre de travail
Les produits élaborés dans le cadre de cette action de cartographie rapide sont réalisés dans un court laps de temps, en optimisant au mieux la donnée disponible. Toutes les informations géographiques ont des limitations dues à l'échelle, la résolution, la date ainsi que l'interprétation de la donnée source. La responsabilité de l'auteur de cette carte ne peut être engagée quant à son contenu et son éventuelle utilisation.
Carte produite le 14 janvier 2010 par le SERTIT
© SERTIT 2010
sertit@kaila.com.hk
http://www.kaila.com.hk



15 janvier 2010 – 1^{er} inventaire des bâtiments effondrés



Le séisme de Haiti (12 janvier 2010)



Avant
le
séisme



Après
le
séisme

Le palais présidentiel



HAITI

Port-au-Prince

Points de rassemblement spontané observés le 13 janvier 2010

Carte de localisation



Légende

- | | |
|---------------------------------|--------------------|
| Point de rassemblement spontané | Surfaces en eau |
| ID du rassemblement | Végétation dense |
| Réseau de communication | Végétation marquée |
| Route principale | Végétation rare |
| Route secondaire | Surfaces minérales |
| Autre route | Isoignes |
| Aéroport | |

Interprétation

Le 12 janvier 2010 à 21h53 (GMT), 19h53 (locale), un violent séisme de magnitude 7 sur l'échelle de Richter a secoué Haïti. Cette carte localise les points de rassemblement spontanés visibles le 13 janvier 2010 à 10h27 (heure locale) à Port-au-Prince et ses alentours.

Information cartographique

0 1 2 N
km
Projection locale : UTM Zone 18 Nord, Datum: WGS 84
Projection géographique : Lat/Lon (DMS), Datum: WGS 84
Echelle : 1/20 000 pour impression A1

Sources des données

Fond cartographique
Image SPOT 5 (2,50 m) acquise le 03 juillet 2007
© CNES 2007, distribution Spot Image S.A.
Les points de rassemblement spontané sont dérivés de l'image GeoEye (0,5 m) du 13 janvier 2010
© SERTIT 2010
L'occupation du sol et les routes sont dérivées de l'image SPOT 5 acquise le 03 juillet 2007
© SERTIT 2010
Autres couches thématiques & toponymie
© SERTIT 2010, GIST, ESRI

Cadre de travail

Les produits élaborés dans le cadre de cette action de cartographie rapide sont réalisés dans un court laps de temps, en optimisant au mieux la donnée disponible. Toutes les informations géographiques ont des limitations dues à l'échelle, la résolution, la date ainsi que l'interprétation de la donnée source. La responsabilité de fautes de cette carte ne peut être engagée quant à son contenu et son éventuelle utilisation.

Carte produite le 14 janvier 2010 par le SERTIT
© SERTIT 2010

sertit@sertit.u-strasbg.fr
<http://sertit.u-strasbg.fr>



Regroupement spontané de population dans le stade de Port-au-Prince



Image
du satellite
américain
« GeoEye »
de résolution
50 cm

19 Janvier 2010 (7 jours après le séisme) situation dans Port au Prince

374 zones de regroupement



Poursuite de l'acquisition et de l'interprétation des images au-delà de la période de crise

→ Création de bases de données spatiales (images)
(+ informations annexes)

→ Sert à :

- la reconstruction
- la gestion à long terme du risque
- la recherche

Exemple : projet « **KAL- HAITI** » (soutenu par l'ANR depuis 2010)

→ *Une base de données pour la reconstruction durable en Haiti
et pour la recherche*

Caractéristiques de la Base de Données KAL-HAITI

- Les données et les applications sont sélectionnées conjointement par les utilisateurs finaux (Protection Civile, Ministères, Croix Rouge, utilisateurs Haitiens...) et les scientifiques (tous domaines → étude des tremblements de terre, tectonique, urbanisme, ...).
- Nécessité de prendre en compte des données multi-sources (cartes, rapports, mesures, statistiques, données socio-économiques, ...), et pas seulement des images de télédétection.
- L'accès aux données est gratuit pour des activités de R&D dans le domaine et des actions publiques visant à une reconstruction durable en Haïti.

Mais....


3 ans après le séisme, plus de 350 000 personnes vivent toujours dans des camps....



HAITI



Le séisme du Japon 11 mars 2011
(*magnitude 9*)

An aerial photograph capturing the devastating impact of a tsunami on a coastal town. The sea is a turbulent, greyish-brown, with massive waves crashing over the land. In the background, a dense line of tall, thin pine trees stands partially submerged. The middle ground shows several traditional Japanese-style houses with dark roofs, some appearing to be partially underwater or surrounded by debris. A parking lot filled with cars is visible in the lower right, and a gas station with a red canopy is in the foreground. The overall scene is one of chaos and destruction.

**Et le tsunami qui a suivi
(vagues de 15-20 m)**

JAPON

Séisme du 11 mars 2011

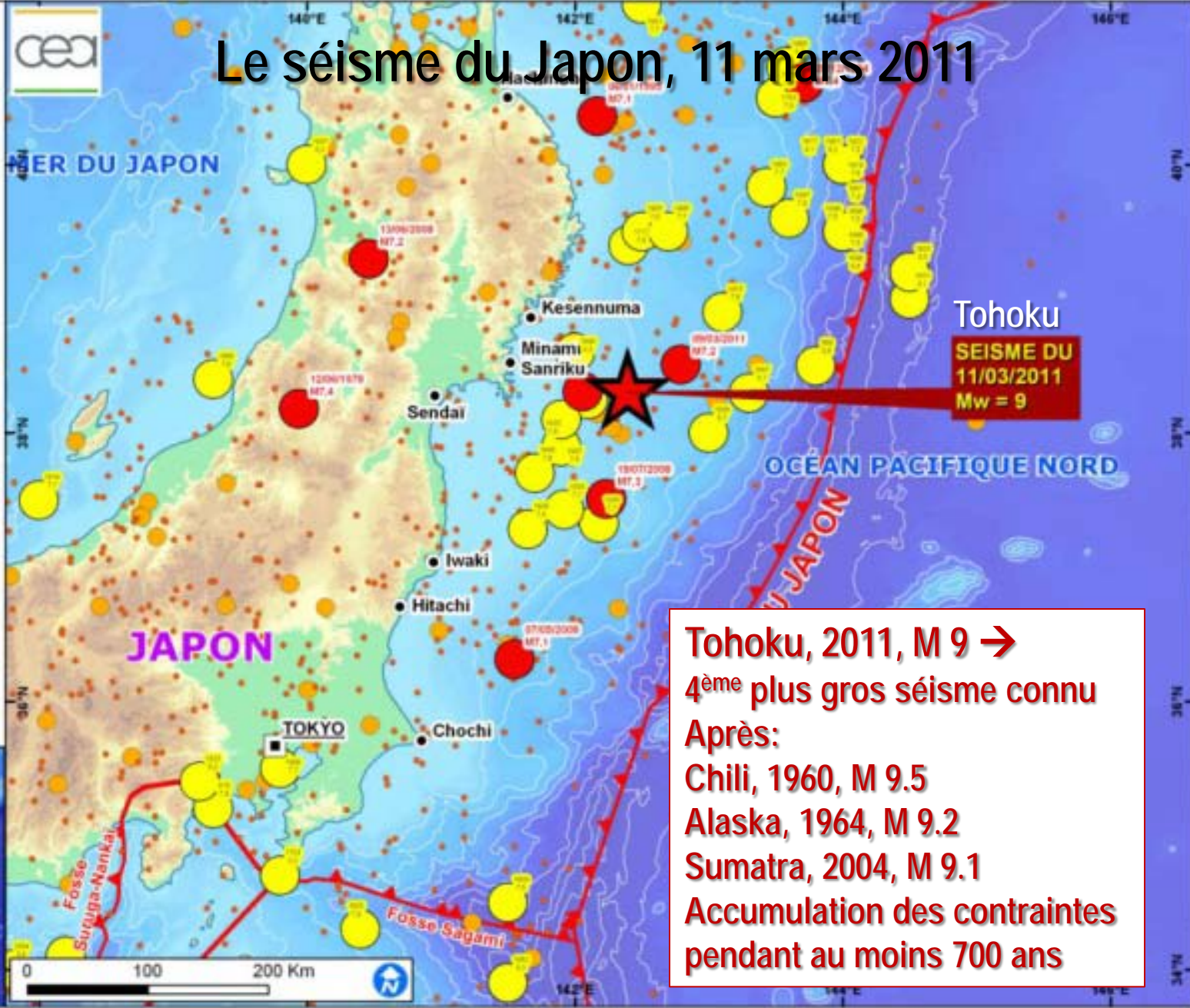
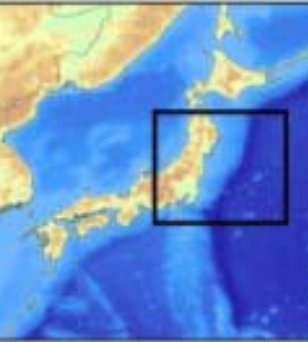
Sismicité (LDG)

Instrumentale

- $5 \leq M_w < 6$
- $6 \leq M_w < 7$
- $M_w \geq 7$

Historique

- $M_w \geq 7.5$

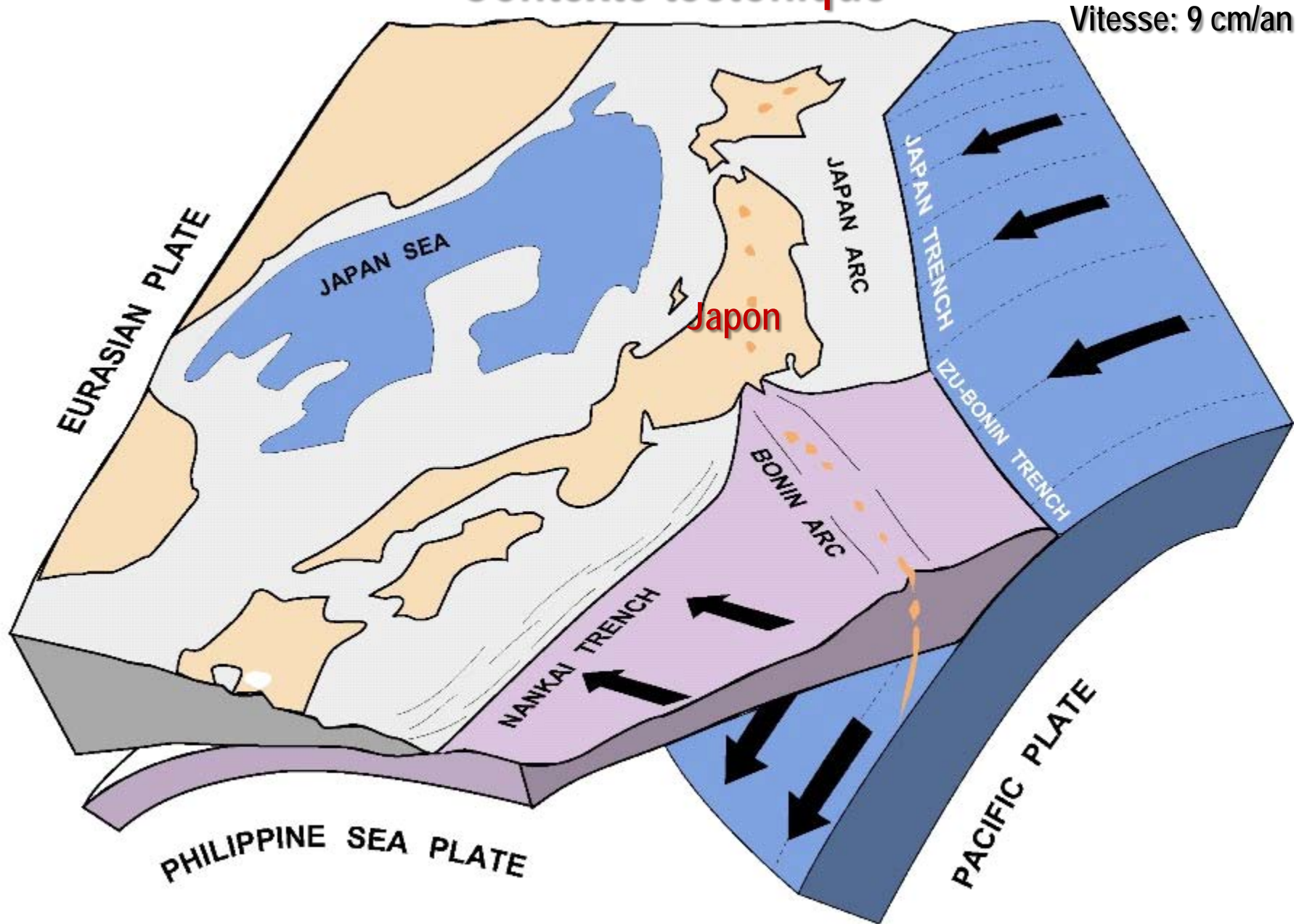


Le séisme du Japon, 11 mars 2011

Tohoku
**SEISME DU
11/03/2011
Mw = 9**

Tohoku, 2011, M 9 →
4^{ème} plus gros séisme connu
Après:
Chili, 1960, M 9.5
Alaska, 1964, M 9.2
Sumatra, 2004, M 9.1
Accumulation des contraintes
pendant au moins 700 ans

Contexte tectonique

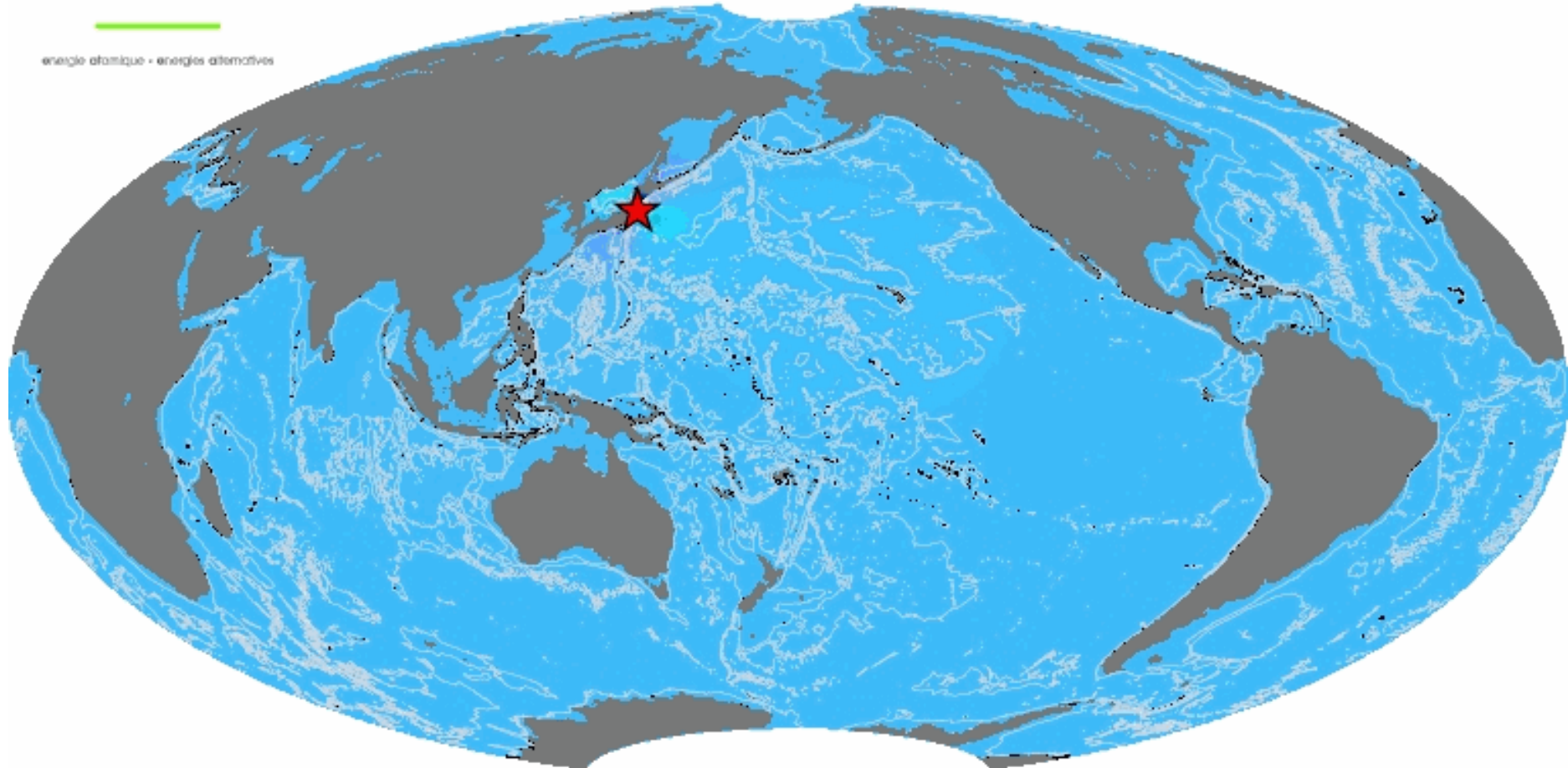


Propagation du tsunami, Japon, mars 2011

cea

énergie atomique • énergies alternatives

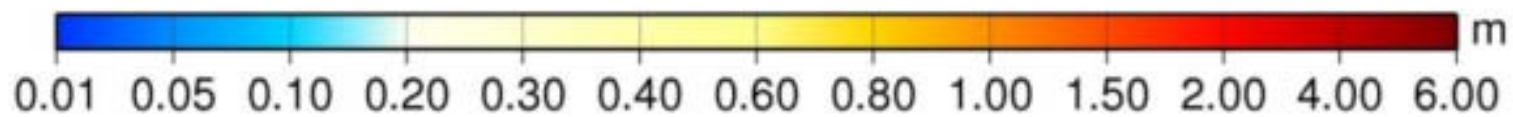
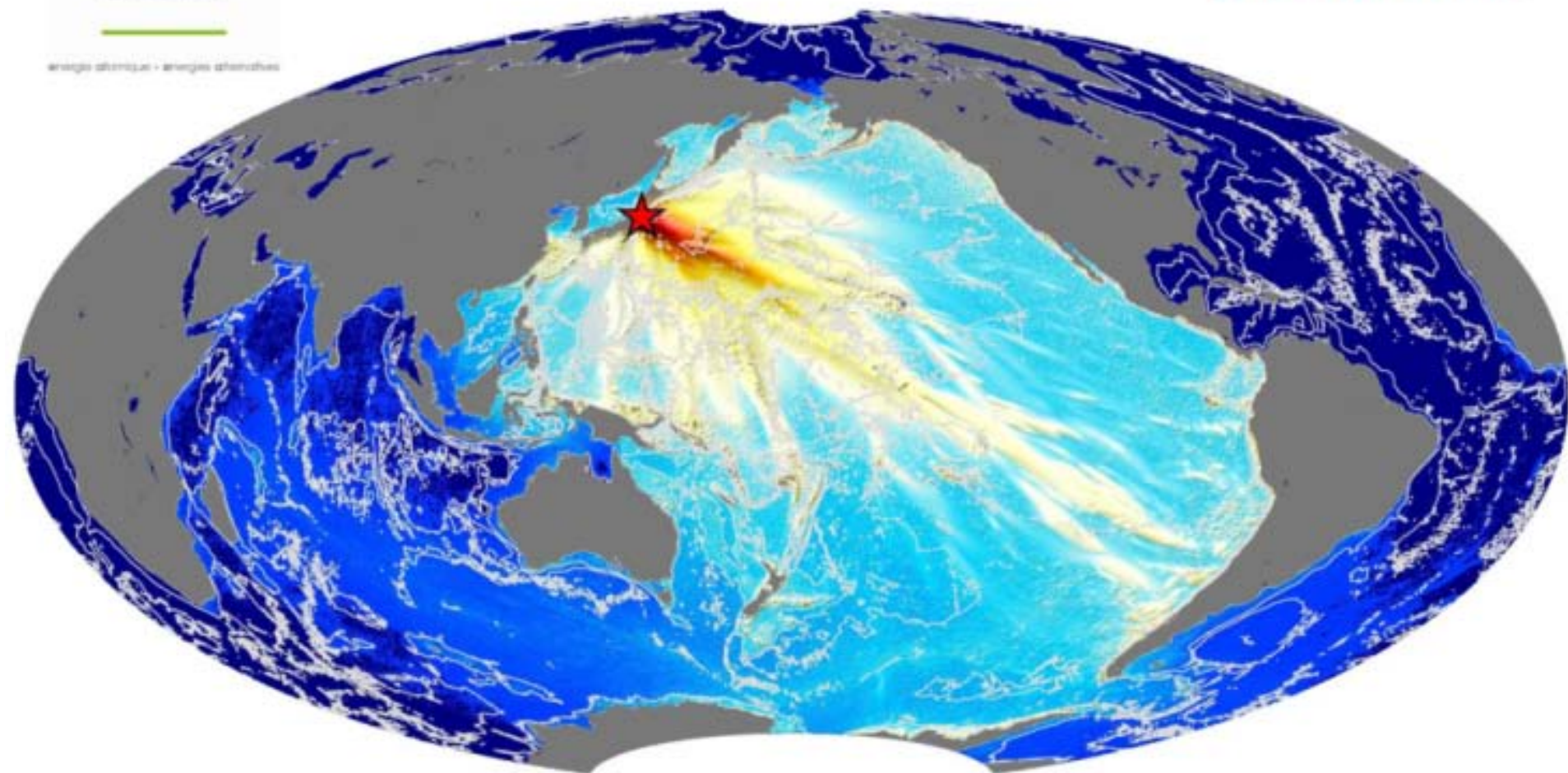
00 h 00 min



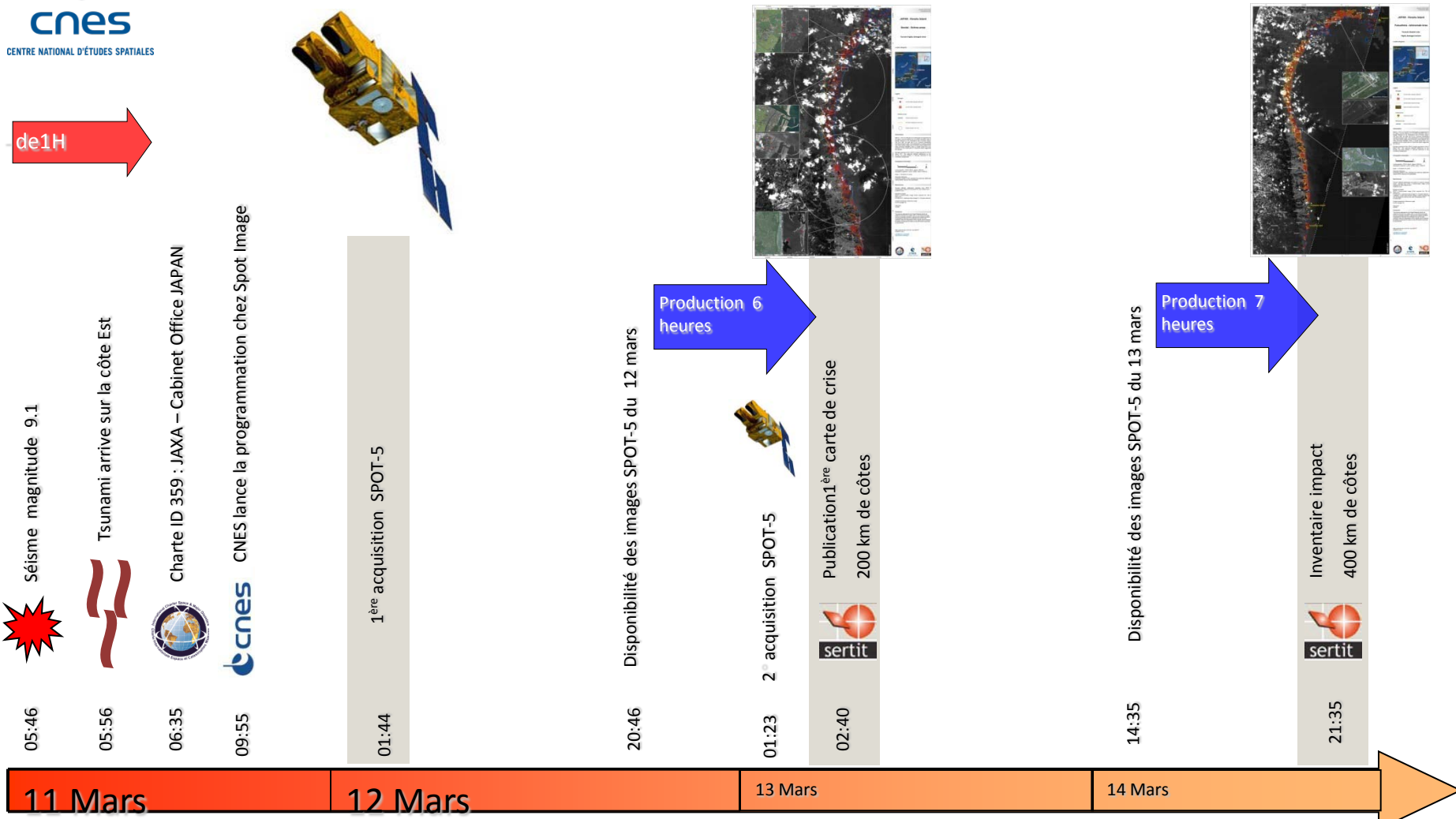
cea

energia atomizant - energia atomizant

50 h 00 min



JAPON mars 2011 – Chronogramme (temps UTC)

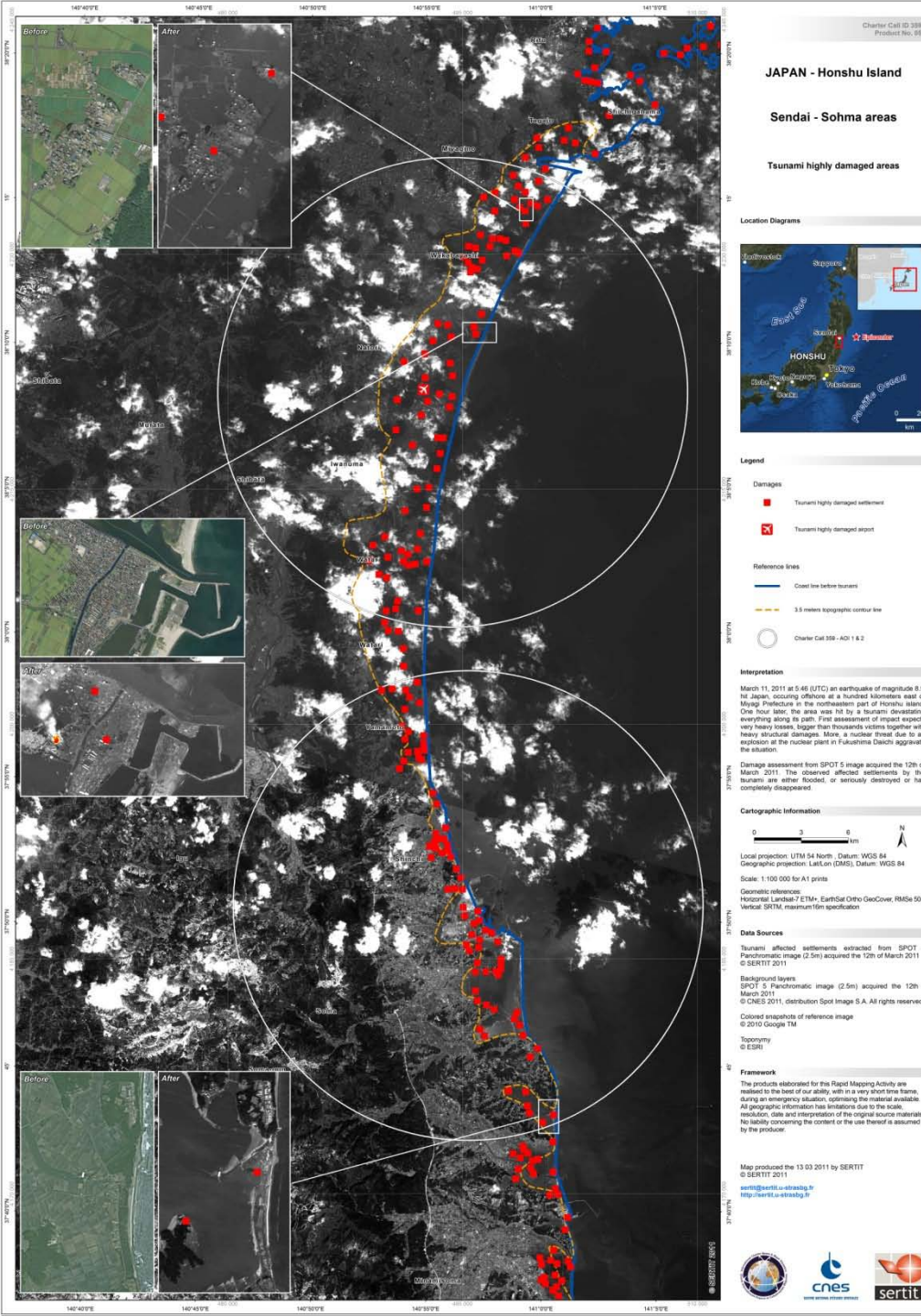


Premier inventaire

Moins de 45 heures après le tsunami →

1^{ère} carte d'impacts sur la côte est japonaise

Sur 200 km → 441 zones dévastées relevées

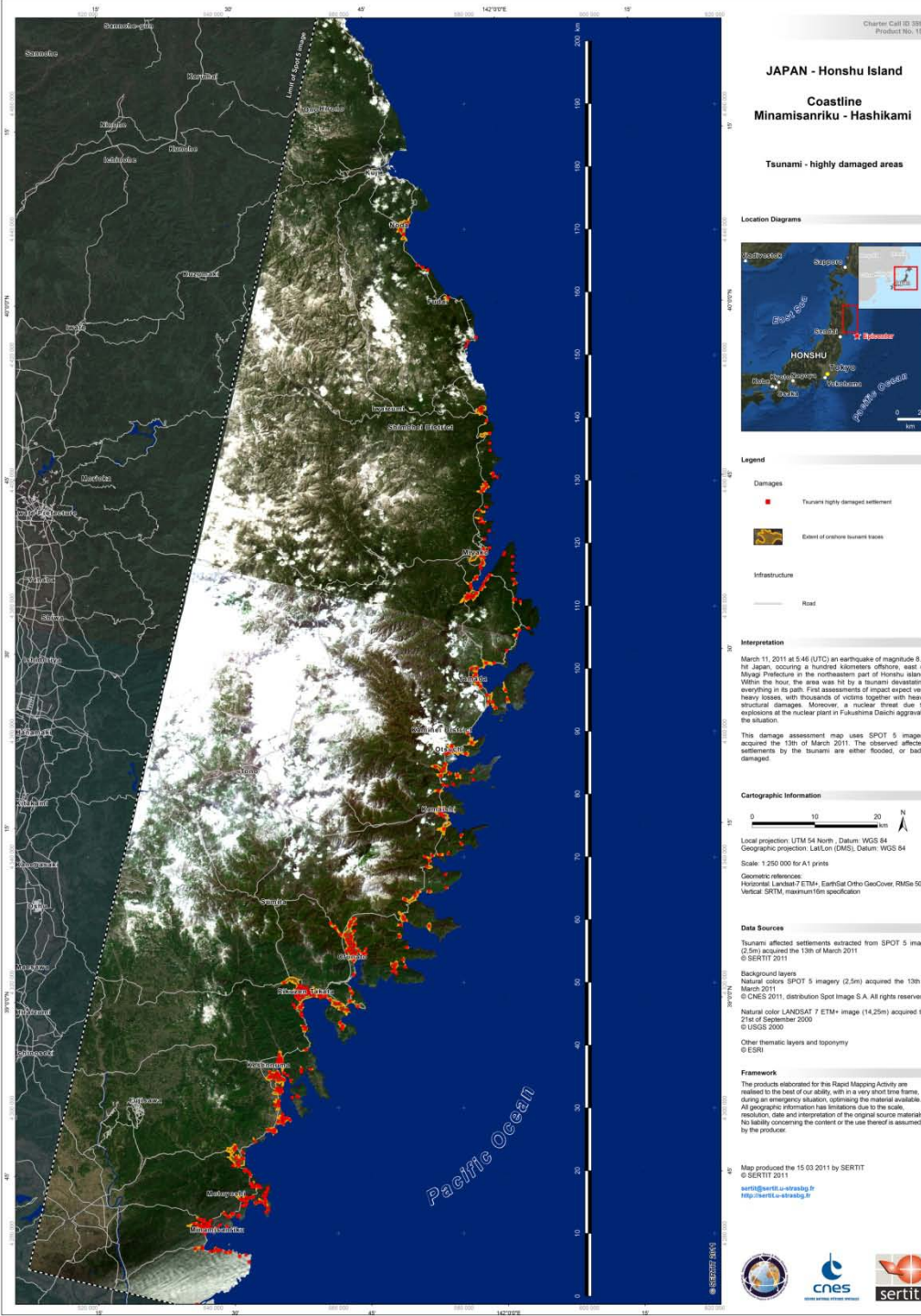


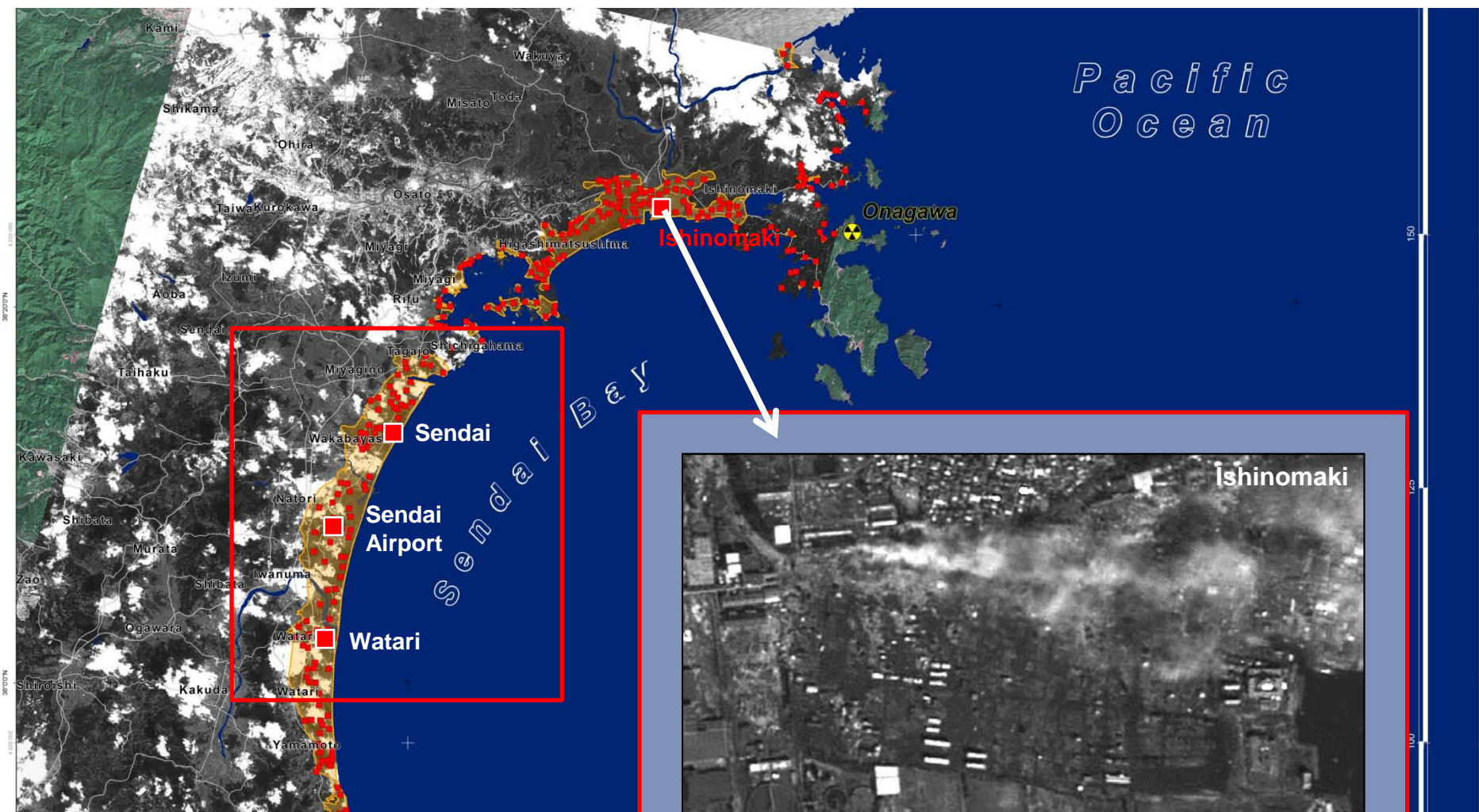


Deuxième inventaire

64 heures après le tsunami →
2^{ème} carte d'impacts sur la côte est japonaise

Au total sur 400 km de côtes analysées
→ 900 zones dévastées relevées





© 2011 CNES, Spot Image
12 March 2011

Aéroport de Sendai

Déploiement de la Protection Civile française



Carte de situation le 14 mars

JAPON - Ile Honshu
Aéroport de Sendai
Situation le 14 mars 2011



Interprétation

Le 11 mars 2011 à 09:48 (UTC), un séisme de magnitude 9,0 a touché le Japon. L'épicentre a été localisé, en mer, à une centaine de kilomètres à l'Est de la préfecture de Miyagi, dans la partie Nord-est de l'île de Honshu. Dans l'heure qui a suivi, toute la côte Est de l'île d'Honshu a été balayée par un tsunami. Les premières évaluations des conséquences font état de milliers de victimes et de dégâts considérables aux infrastructures. De plus, une menace d'accident nucléaire en raison d'explosions dans les réacteurs de la centrale de Fukushima Daiichi aggrave la situation.

Information cartographique

0 250 500 m

Projection locale: UTM 54 Nord, Datum: WGS 84
Projection géographique: Lambert (DMG), Datum: WGS 84

Echelle: 1:7 500 pour impression A1

Hauteurs géométriques
Horizontales: Lambert 2 ETM, Essential Ortho GeoCover, RMSE 50m
Verticales: SRTM, erreur spatiale maximum 15m

Source des données

Fond cartographique
Image WorldView-2 multispectrale (2m) acquise le 14 mars 2011
© Digital Globe 2011

Roads
© 2011 OpenStreetMap
Toponymie
© SERTIT

Cadre de travail

Les produits réalisés dans le cadre de cette action de cartographie rapide sont réalisés dans un court laps de temps, en continuant au mieux le don des données disponibles. Toutes les informations géographiques ont des limitations dues à l'échelle, la résolution et date ainsi que l'interprétation de la donnée source. La responsabilité de l'usage de cette carte ne peut être engagée qu'au quart à son contenu et son éventuelle utilisation.

Carte produite le 15 mars 2011 par le SERTIT
© SERTIT 2011
cartographie@sertit.fr
<http://sertit.u-strasbg.fr>



Centrale de Fukushima – 16 mars 2011



JAPAN - Honshu Island Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Situation the 16th of March 2011

Location Diagrams



Legend



Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant



Reactor number

Exemples d'activations récentes de la charte



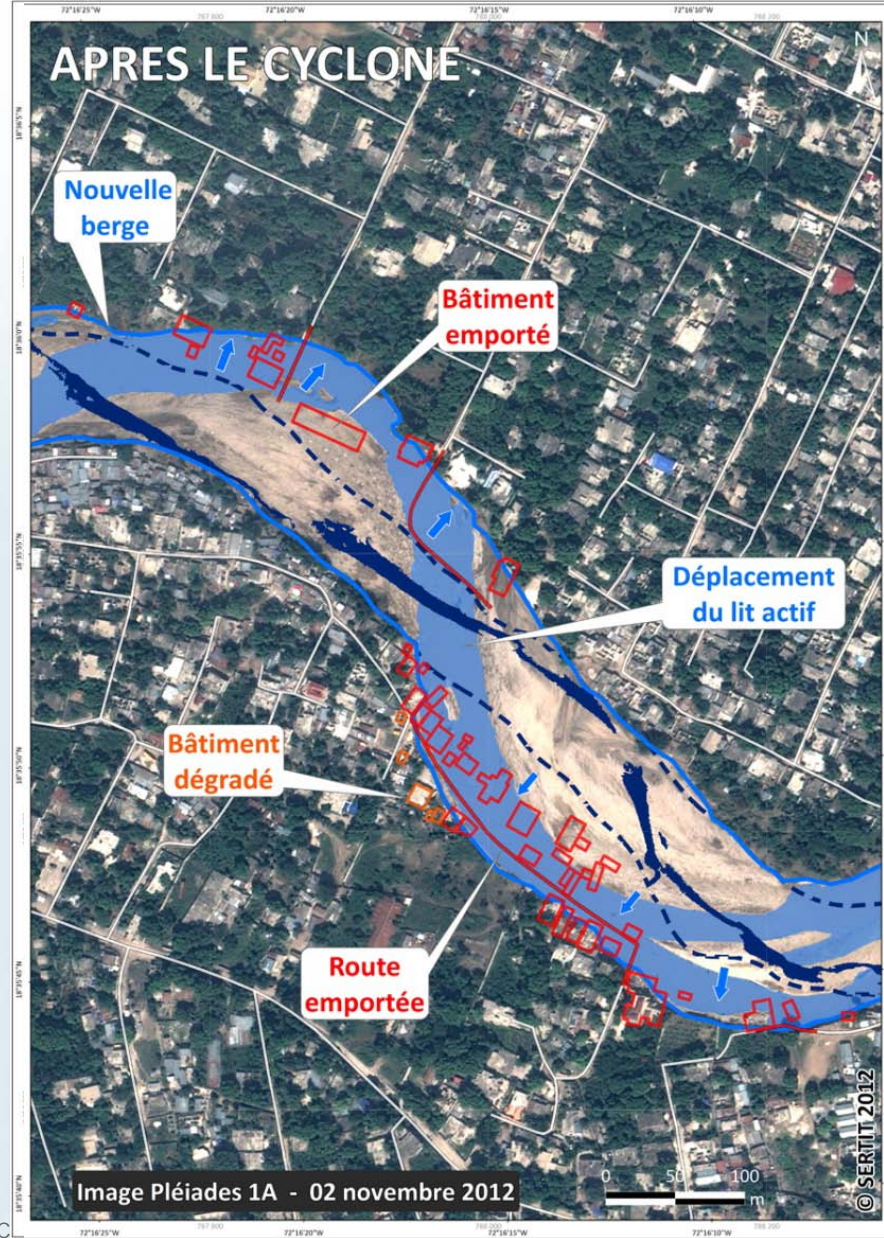
Ouragan Sandy, octobre 2012





Ouragan Sandy, Haiti octobre 2012

- Activation le 29 octobre
- Images des satellites:
Pléiades, Radarsat, SPOT, Worldview, DMC
- Cartes des impacts produites par:
 - UNOSAT
 - SERTIT



Source : C. Proy, H. de Boissezon, CNES

Haiti - Port-au-Prince : Vaudreuil/Jameau

Impact du cyclone Sandy le long de la Rivière Grise :
 bâtiments affectés et déplacements des berges
 Observation le 02/11/2012

Carte de localisation



Légende

Impact de l'évènement	Situation avant évènement (19 juillet 2012)
Bâtiment affecté	Route
Route affectée	Surface en eau
Surface en eau le 2 novembre 2012	Ancienne berge
Nouvelle berge	Déplacement des berges

Interprétation

Dans la nuit du 23 au 24 octobre 2012, l'ouragan Sandy a frappé Haïti causant de fortes précipitations et des vents violents. La direction de la Protection Civile haïtienne fait état d'au moins 51 morts et de plusieurs disparus. Un état d'urgence a été déclaré pour l'ensemble du pays dans la soirée du 30 octobre 2012. Cette carte présente l'impact des débordements de la Rivière Grise dans les quartiers de Vaudreuil et Jameau, au Nord Ouest de l'aéroport de Port-au-Prince. En de nombreux endroits, cette crue a provoqué une érosion catastrophique des rives qui a fait disparaître plus de 200 habitations dans les eaux de la rivière.

Information cartographique

Projection locale : UTM 18 Nord , Datum: WGS 84
 Projection géographique : Lat/Lon (DMS), Datum: WGS 84
 Echelle : 1:1 500 pour impression A1
 Références géométriques issues du projet KAL-Haïti :
 Horizontales : images Google, RMSe < 5 m
 Verticales : SPOT HRS, RMSe < 10 m

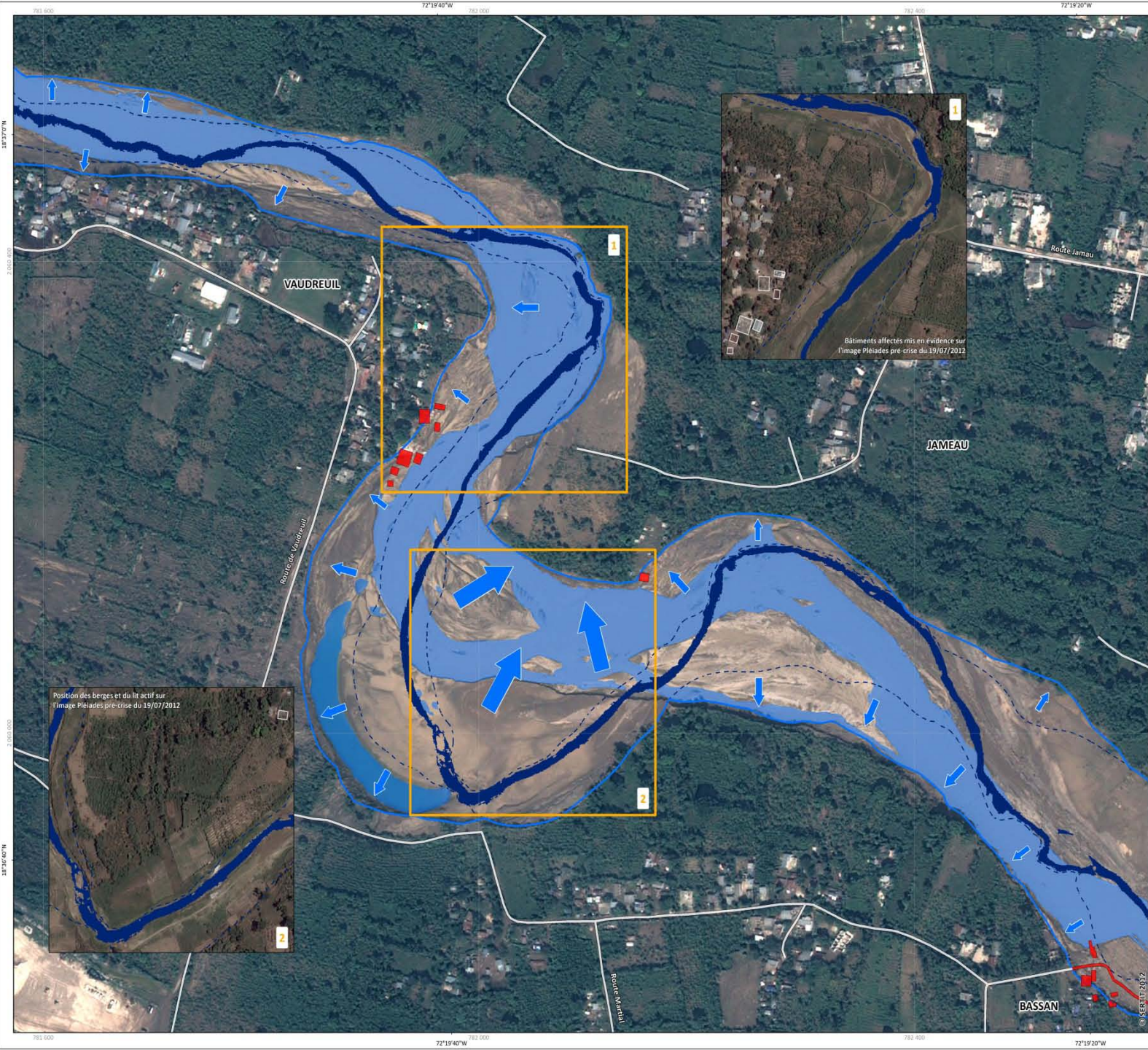
Sources des données

Évaluation de l'impact de l'évènement (bâtiments et routes affectés, surfaces en eau et limites des berges) dérivée de l'image Pleïades acquise le 02 novembre 2012
 © SERTIT 2012
 Situation avant évènement dérivée de l'image Pleïades acquise le 19 juillet 2012 (cours d'eau et berges) et du projet KAL-Haïti (réseau routier)
 Fond cartographique
 Images Pleïades 1A (50 cm) acquises les 02 novembre 2012 et 19 juillet 2012
 © CNES 2012, distribution Astrium Services / Spot Image S.A., all rights reserved

Cadre de travail

Les produits élaborés dans le cadre de cette action de cartographie rapide sont réalisés dans un court laps de temps, en optimisant au mieux la donnée disponible. Toutes les informations géographiques ont des limitations dues à l'échelle, la résolution, la date ainsi que l'interprétation de la donnée source. La responsabilité de l'auteur de cette carte ne peut être engagée quant à son contenu et son éventuelle utilisation.

Carte produite le 08 novembre 2012 par le SERTIT
 © SERTIT 2012
 sertit@sertit.u-strasbg.fr
<http://sertit.u-strasbg.fr>



18°37'00"N
18°37'00"N
18°37'00"N
18°37'00"N

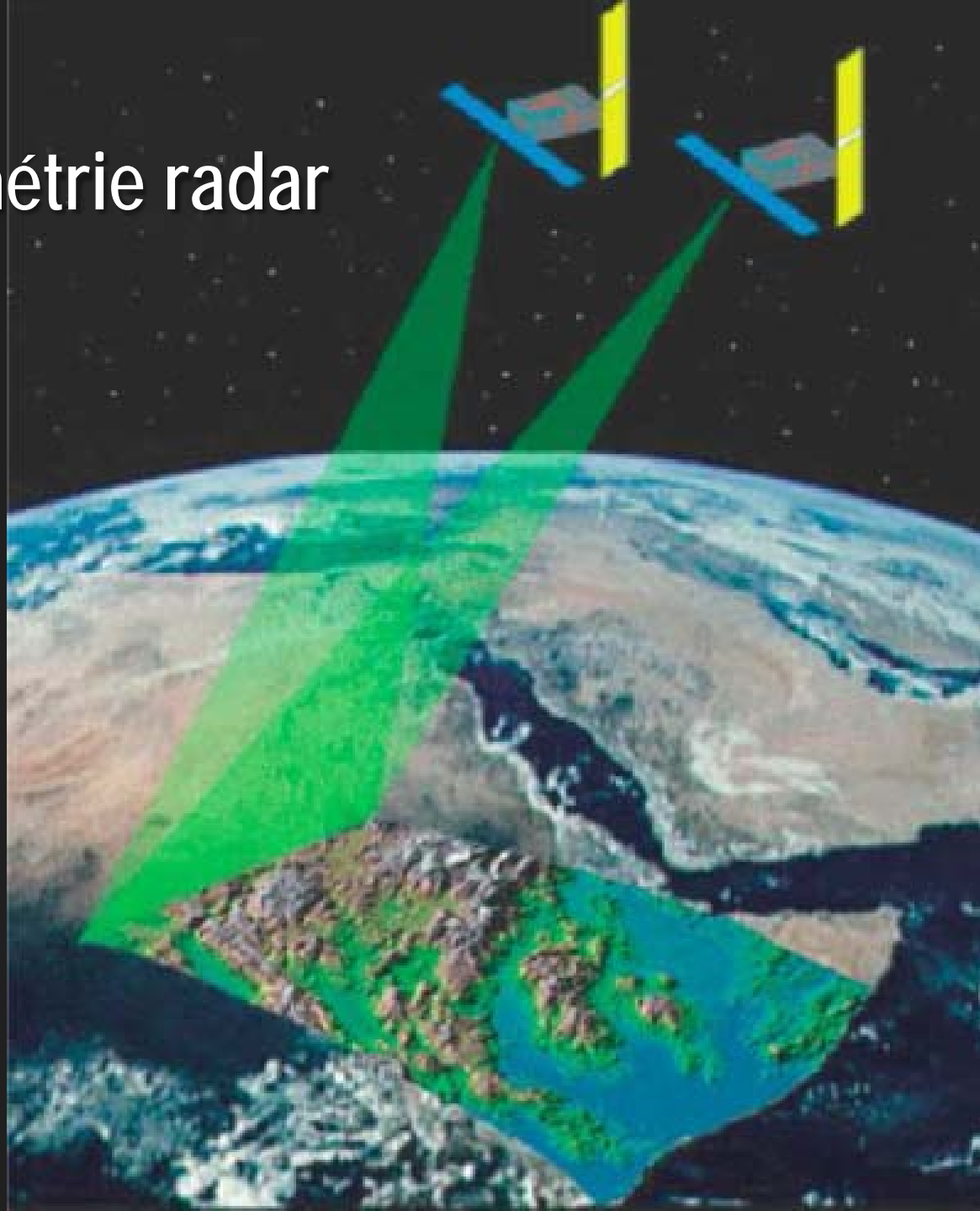
72°19'20"W
72°19'20"W
72°19'20"W
72°19'20"W

Applications du radar

- Cartographie des zones intertropicales (couvertes de nuages) et polaires, côtes maritimes brumeuses
- Géologie, hydrologie (recherche d'eau), exploration minière et pétrolière
- Applications maritimes : surveillance du trafic maritime
détection des pollutions marines
- Cartographie et suivi des glaces
- Gestion des risques : inondations, feux de forêt
- Agriculture et forêt : détection de l'état des changements dus à la croissance de la végétation, aux variations d'humidité du sol aux activités agricoles et forestières (labourage, déforestation)
- Surveillance du territoire, défense et renseignement

- *Détection des mouvements de la surface terrestre (par interférométrie radar) : activité sismique, glissements de terrain, subsidence du sol, etc.*

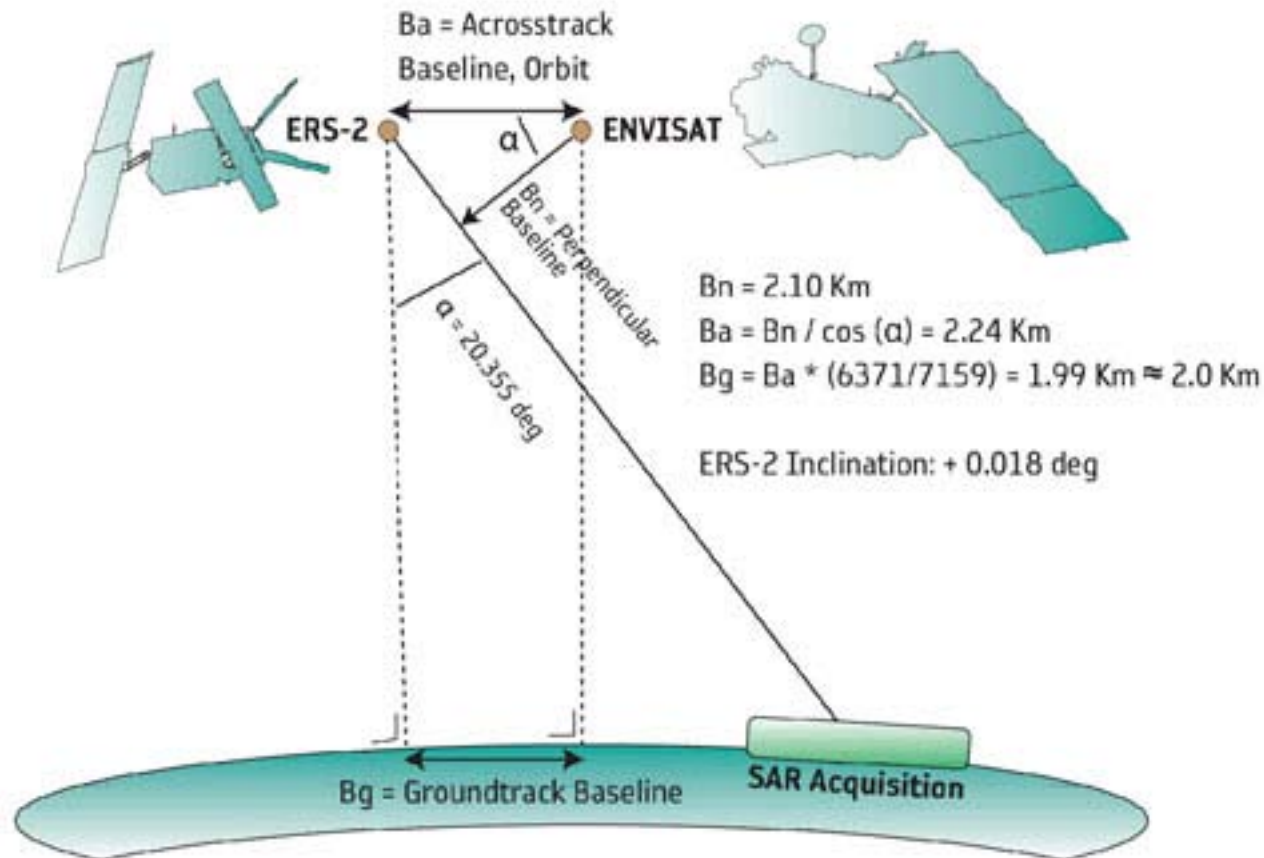
Interférométrie radar



Interférométrie radar

→ Mesure de l'amplitude et de la phase de l'écho radar réfléchi

→ Phase ϕ : proportionnelle à la distance satellite-cible (modulo 2π)



Principe de l'interférométrie Radar

→ différence de phase $\Delta\phi$ entre 2 « images » radar

- $\Delta\phi = \Delta\phi_{\text{relief}} + \Delta\phi_{\text{mouvement}}$,

avec $\Delta\phi_{\text{mouvement}} = (4\pi/\lambda)\Delta R$

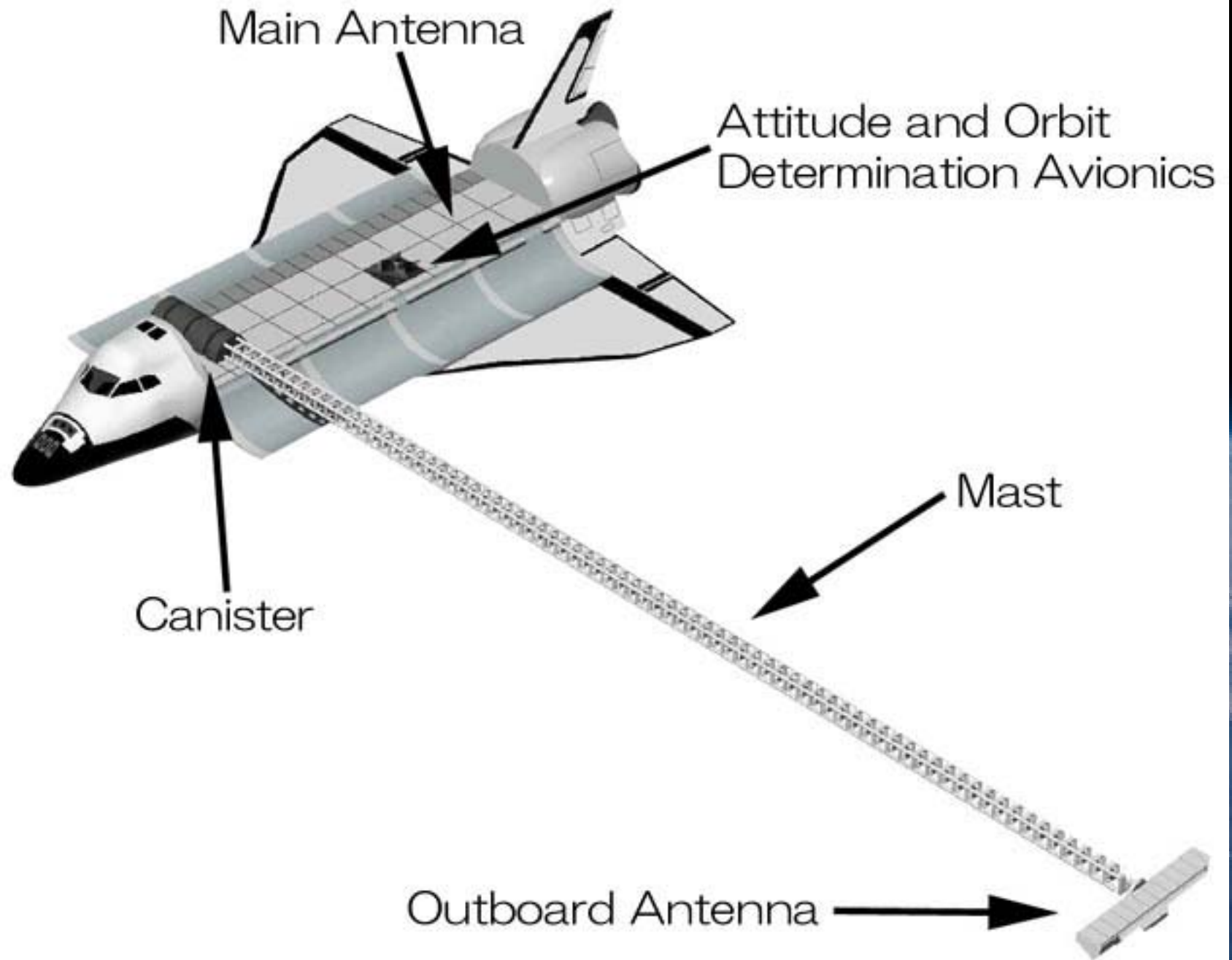
où ΔR représente la variation de distance radar-sol (déplacement absolu) le long de l'axe de visée

→ mesure des variations d'altitude du terrain

→ mesure des déformations du sol

2 options :

- 2 antennes, 1 seul passage (ex SRTM → topographie)
- 1 seule antenne, 2 passages successifs sur la même zone (déformations du sol)



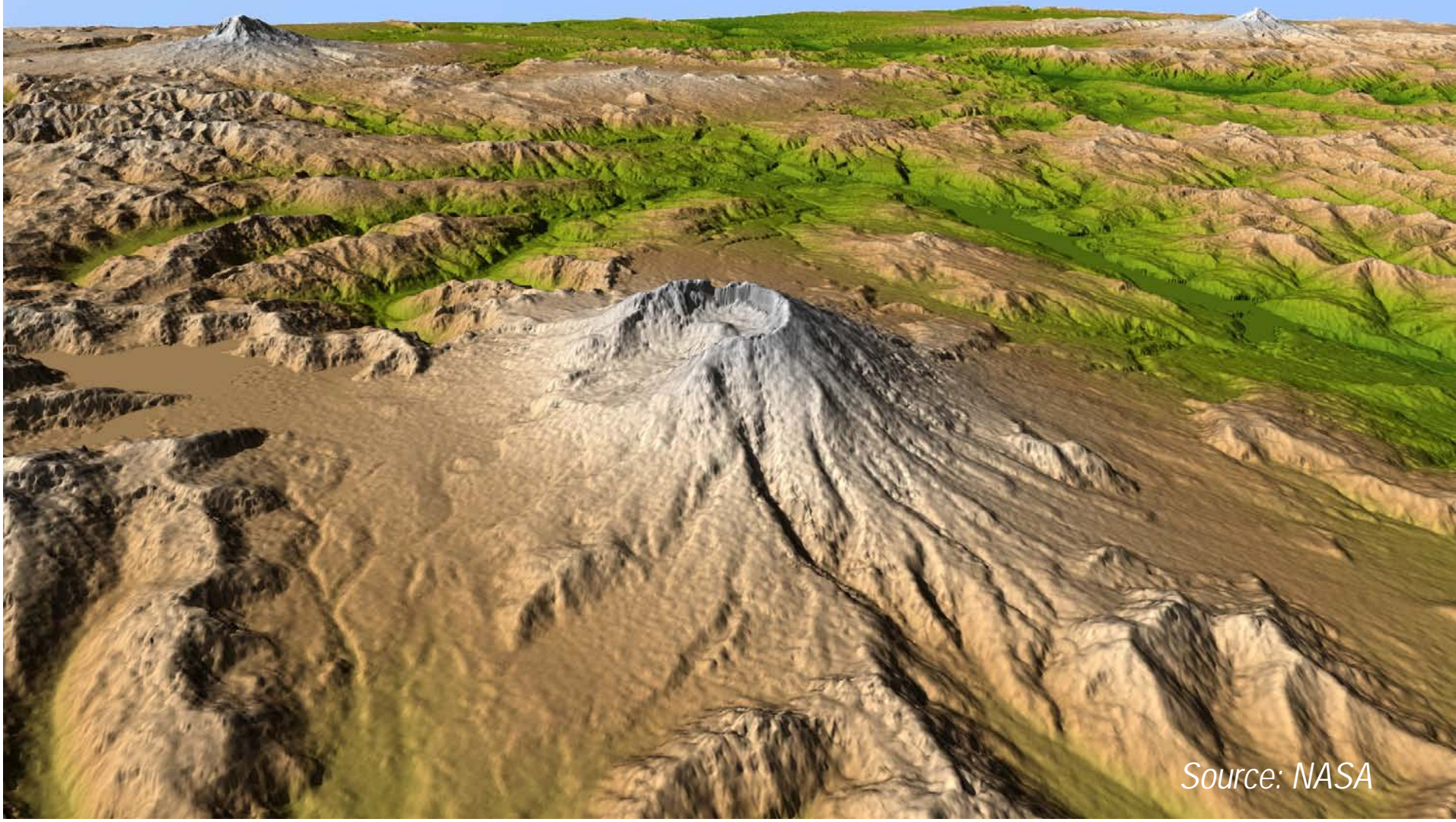
Topographie région Cape Town (Afrique du sud) d'après SRTM Février 2000



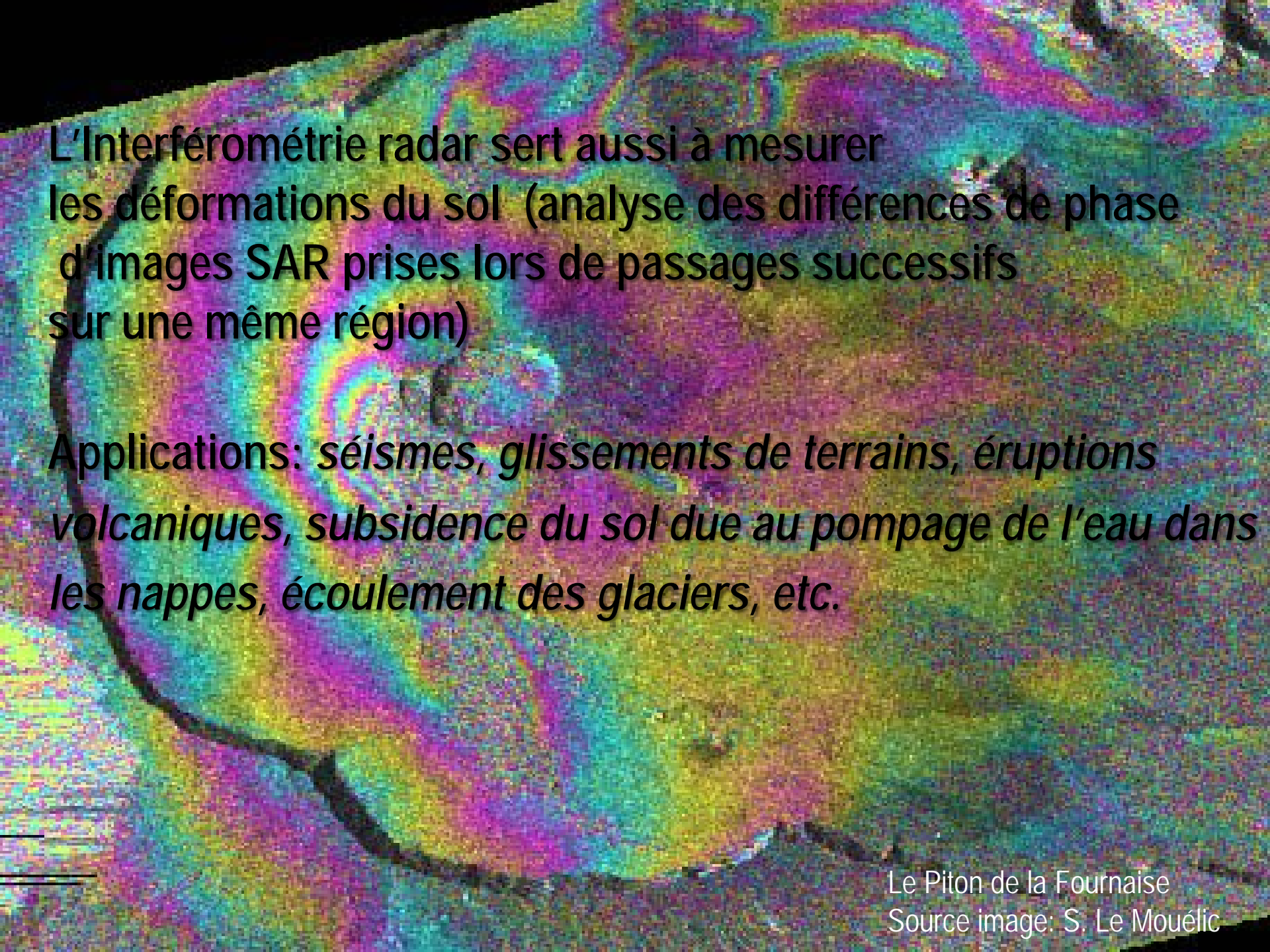
Topographie de la région de Santa Barbara (Californie) par SRTM (février 2000)



Topographie du Mont St Helens (USA) par SRTM (février 2000)



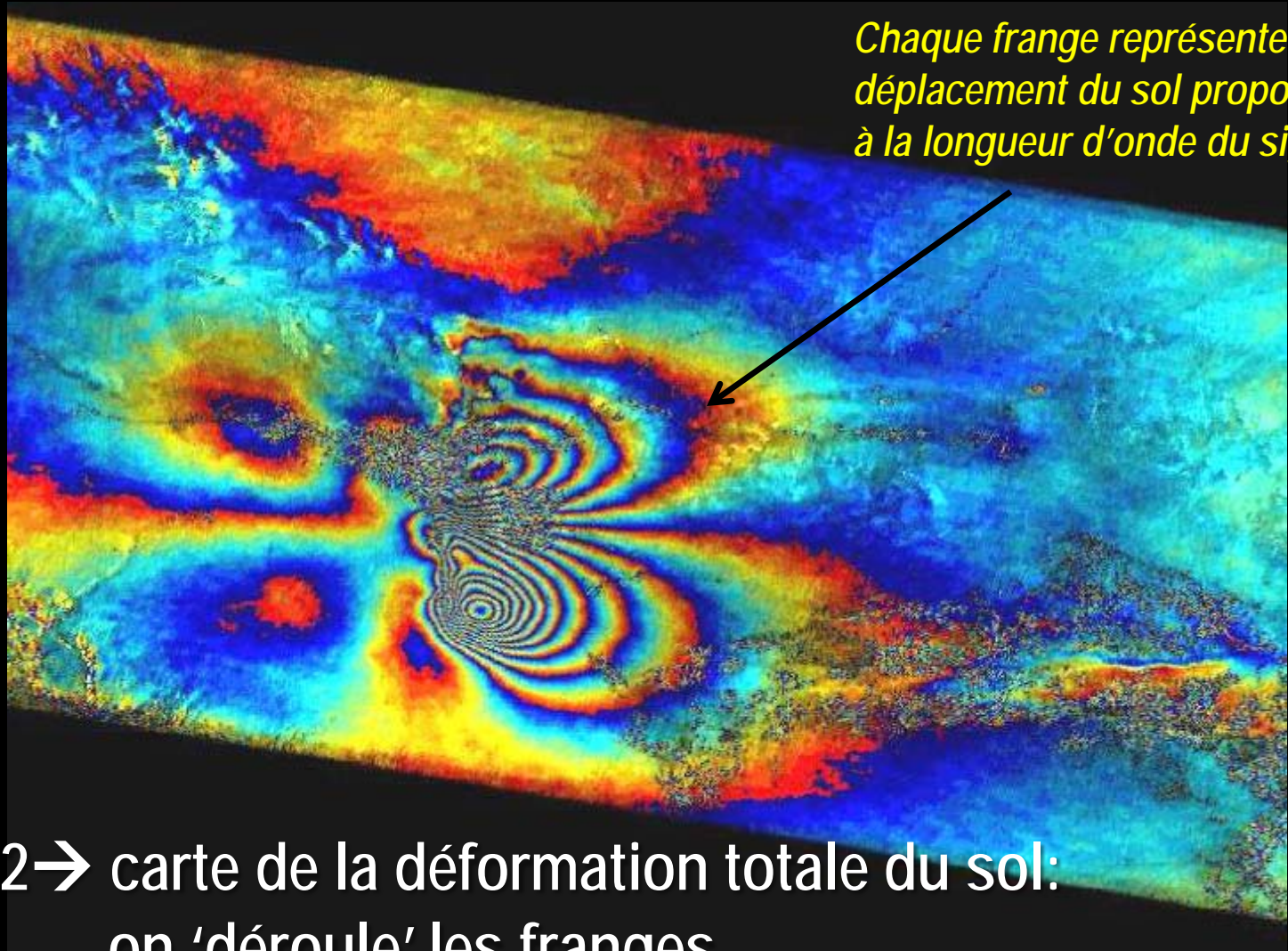
Source: NASA



L'Interférométrie radar sert aussi à mesurer les déformations du sol (analyse des différences de phase d'images SAR prises lors de passages successifs sur une même région)

Applications: séismes, glissements de terrains, éruptions volcaniques, subsidence du sol due au pompage de l'eau dans les nappes, écoulement des glaciers, etc.

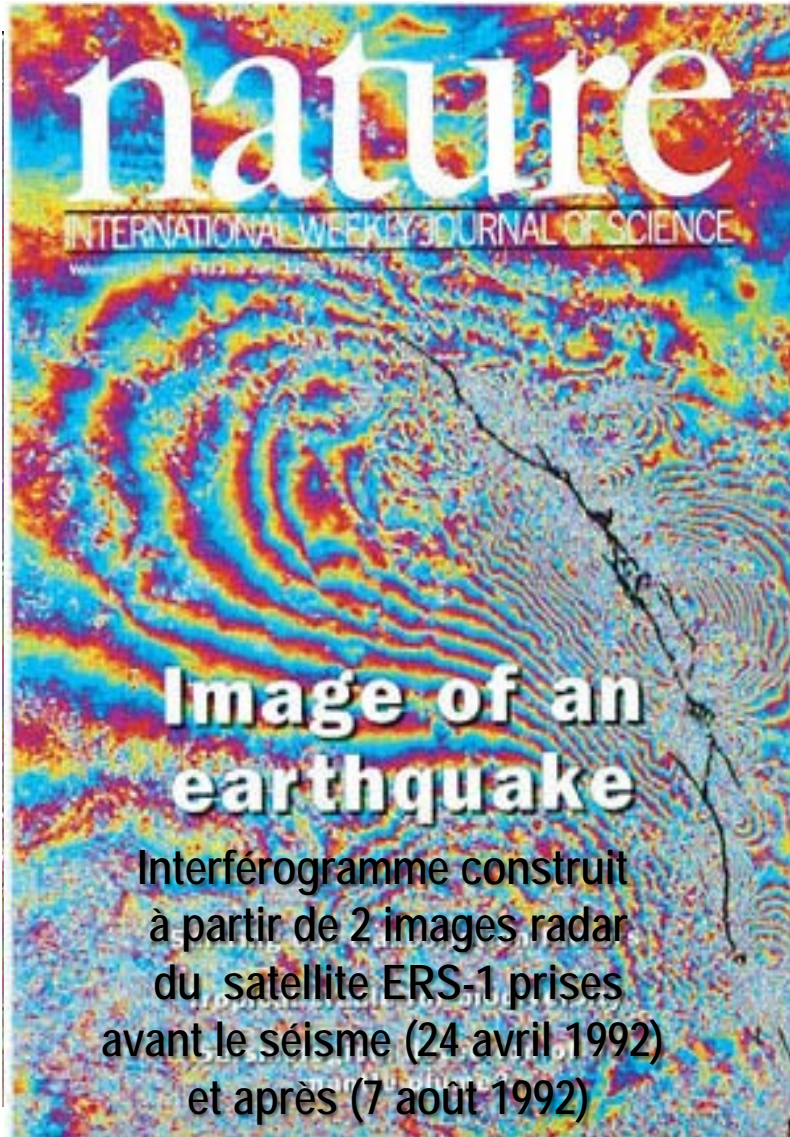
Etape 1 de l'interférométrie radar
→ production de franges d'interférence



Chaque frange représente un déplacement du sol proportionnel à la longueur d'onde du signal radar

Etape 2 → carte de la déformation totale du sol:
on 'déroule' les franges

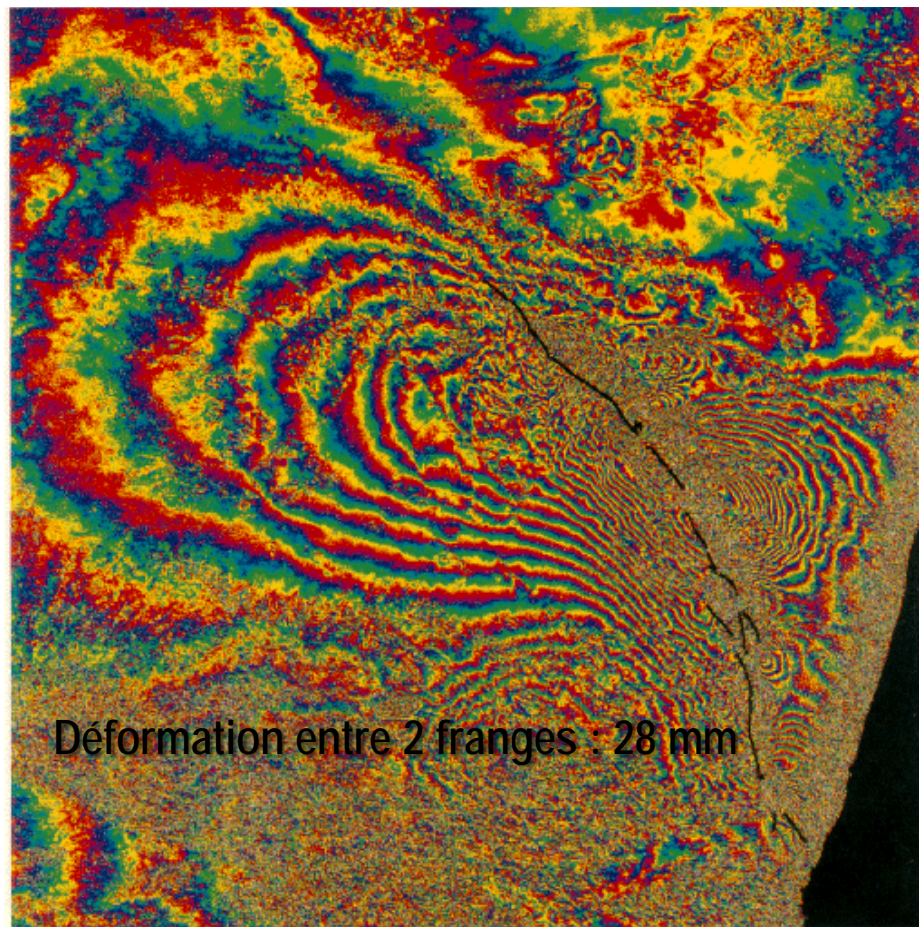
Première application géophysique



- Déplacement du sol causé par le séisme de Landers en Californie (désert de Mojave) le 28 juin 1992; magnitude 7.3
- *Massonnet et al., Nature, 1993*



Pour la première fois, un modèle de déformation (rupture) de la croûte terrestre explique les observations

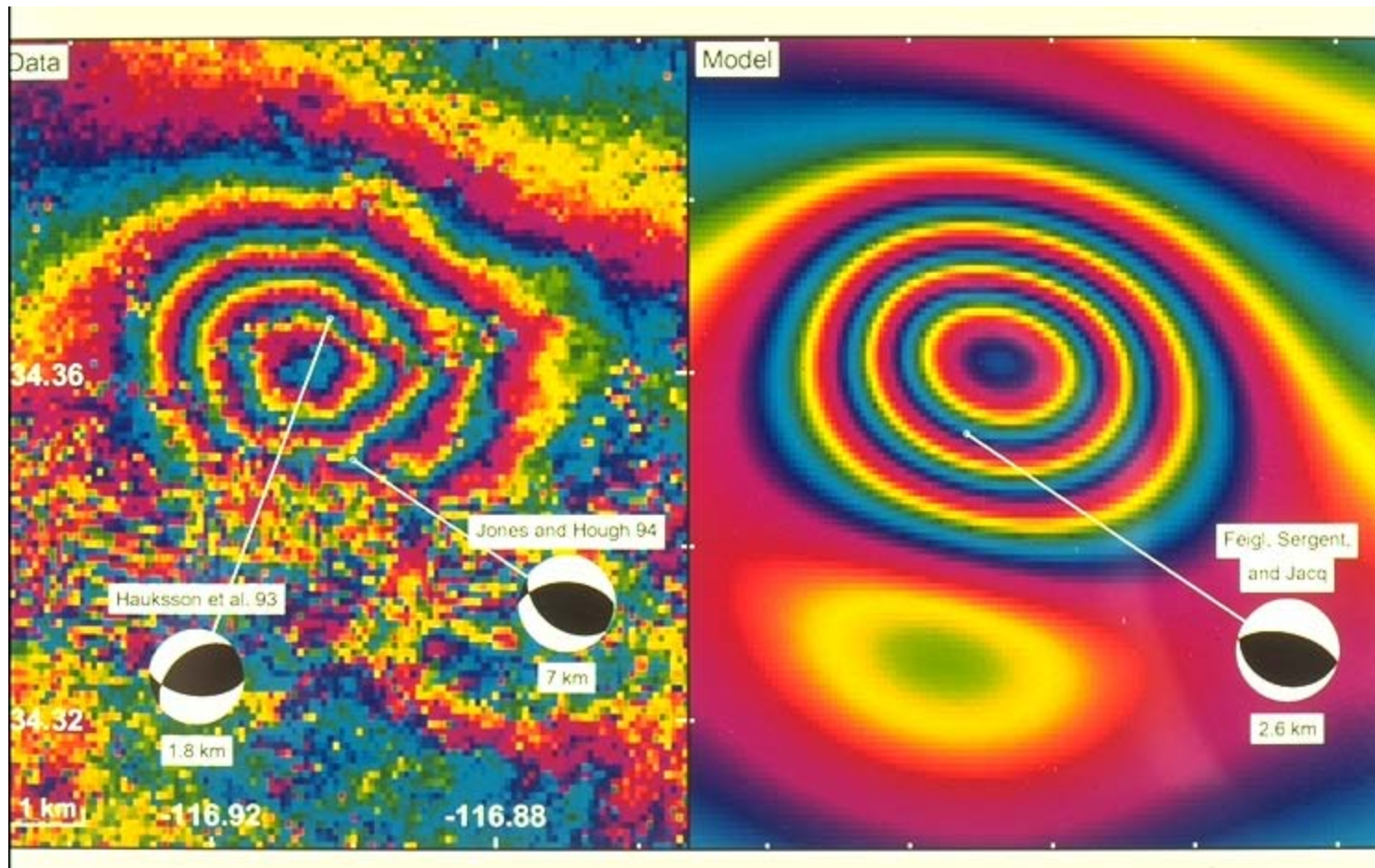


**Franges d'interférence
observées**



Modèle

Séisme du 4 décembre 1992 à Landers (magnitude 5.1)



Franges d'interférence
observées

Modèle

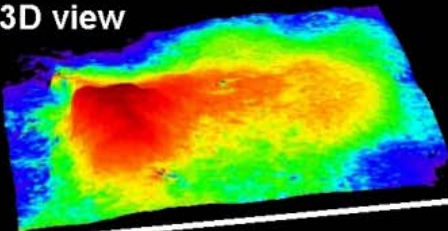
Gonflement de l'Etna avant une éruption déduit de 2 images radar du satellite ERS-1



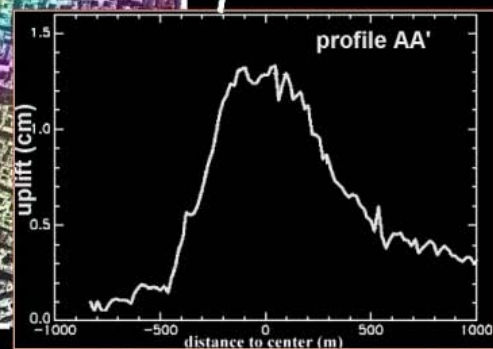
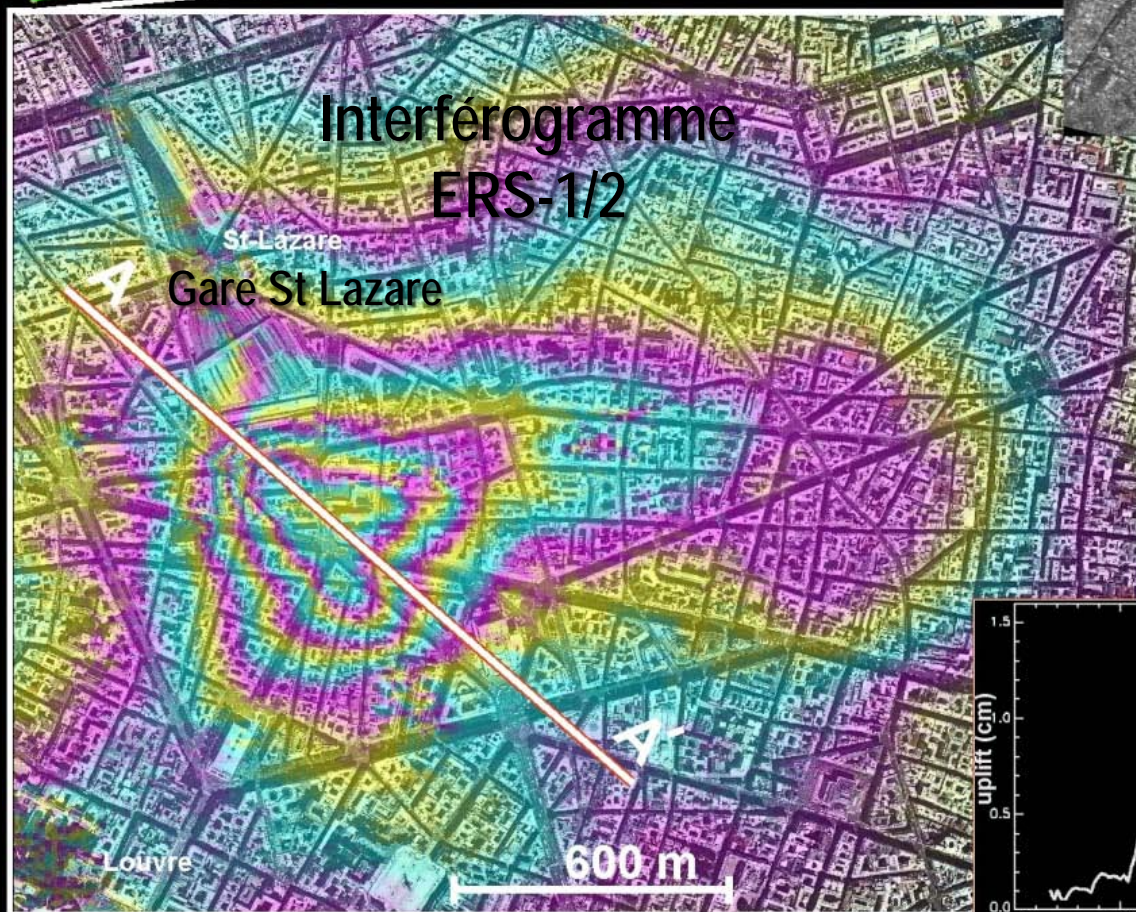
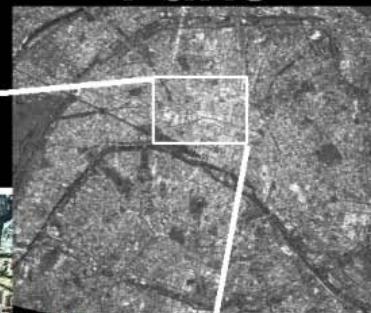
Source: D. Massonnet

Gare St Lazare (Paris); construction du RER E : enfoncement temporaire du sol; à la fin des travaux (été 1998) → soulèvement de 1.5 cm

3D view



Paris



S. Le Mouélic, 2002, BRGM

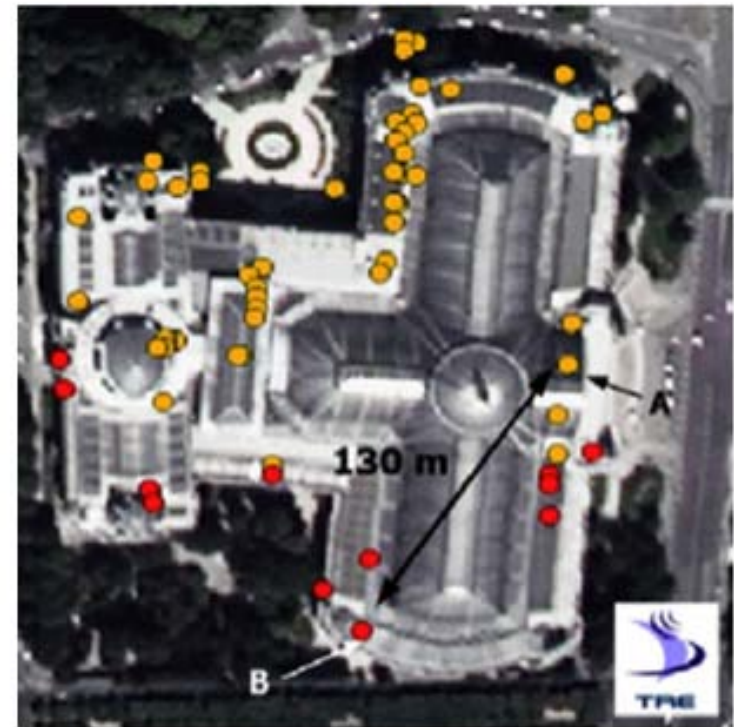
Source D. Raucoules, BRGM

Agrandissement du Grand Palais (Paris) →

l'aile sud s'enfonce de 2 mm/an alors que l'aile nord reste stable



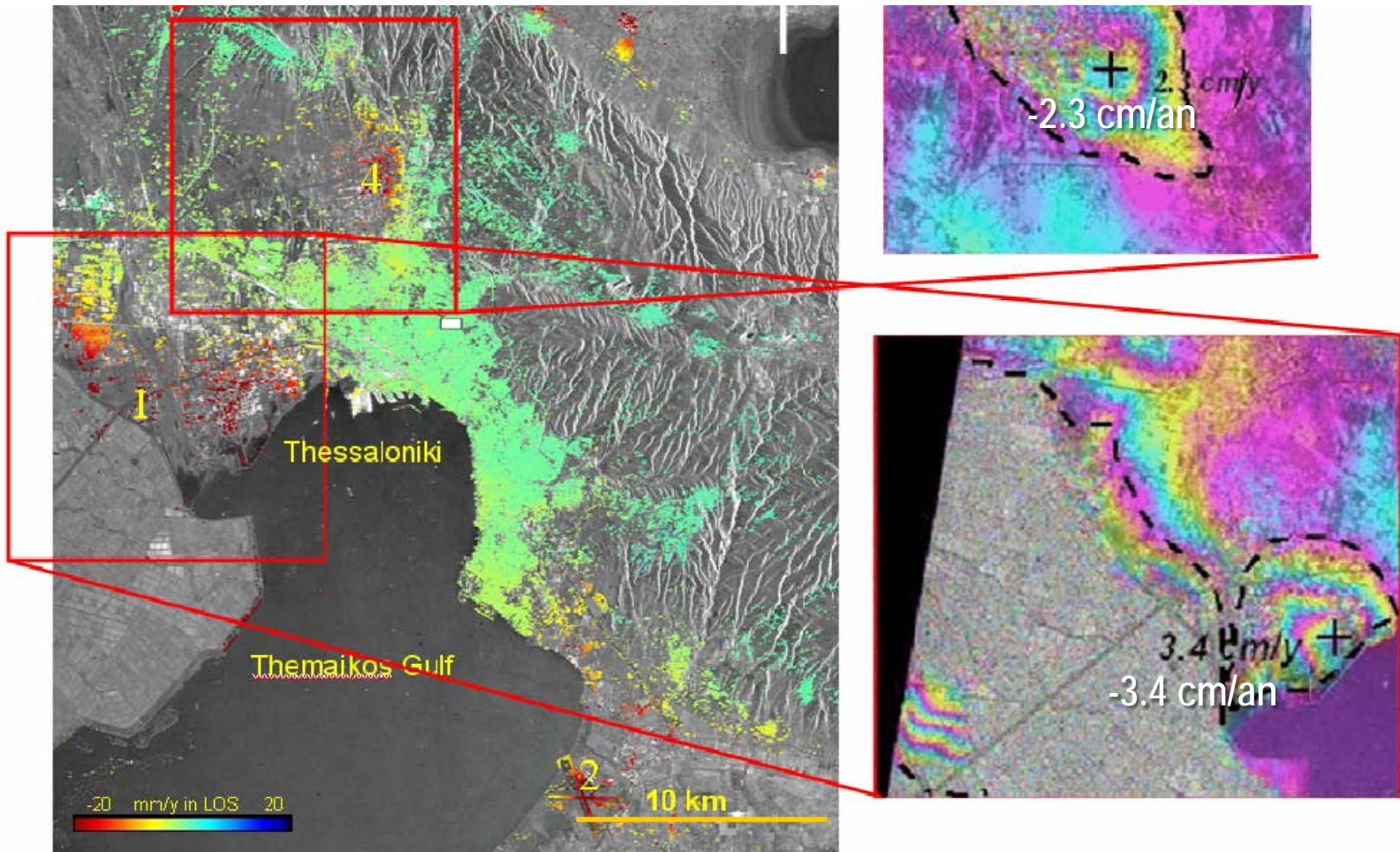
Images radar ERS-1/2
entre avril 1995 et janvier 2003



- Subsidence → jusqu'à -2.6 mm/an
- Subsidence : ~ -0.5 mm/an

Source: D. Raucoules, BRGM

Déformations du sol entre 1992 et 2000 à Thessalonique (Grèce) par interférométrie radar (satellites ERS-1&2)



Subsidence du sol de 2-3 cm/an due au pompage des eaux souterraines

Source: D. Raucoules, BRGM

An aerial photograph showing a prominent geological fault line running vertically through a desert landscape. The terrain is characterized by various shades of brown and tan, with distinct linear features and small-scale erosion patterns. The fault line is clearly visible as a deep, narrow channel with stepped walls, extending from the foreground towards the background.

Et pour tout savoir sur les déformations dans les zones sismiques actives et sur les tremblements de Terre.....

→ Conférence de Jean Bernard Minster
(Professeur de géophysique, SCRIPPS,
Université de Californie, San Diego)

A satellite with gold thermal blankets and blue solar panels is shown in space. A beam of light projects from the satellite down to a specific area on the Earth's surface, which is covered in green and brown terrain. The background is a starry space with the Earth's horizon visible.

Merci de votre attention