

Imagerie spatiale

Base de l'imagerie optique et Comparaison avec l'imagerie radar

Agwilh Collet (CNES)
Robin Faivre (SERTIT)
Philemon Mondesir (CNIGS)



Contenu

❖ Principe de l'Observation de la terre

❖ Capteurs et particularités de la prise de vue

❖ Comparaison optique - radar

❖ Production cartographique



Qu'est-ce que la Télédétection ?

C'est l'ensemble des **TECHNIQUES** utilisées pour **DETERMINER A DISTANCE** les **PROPRIETES** d'objets, naturels ou artificiels, à partir des **RAYONNEMENTS** qu'ils émettent ou réfléchissent.

Pierre angulaire : étude des interactions Matière-Rayonnement

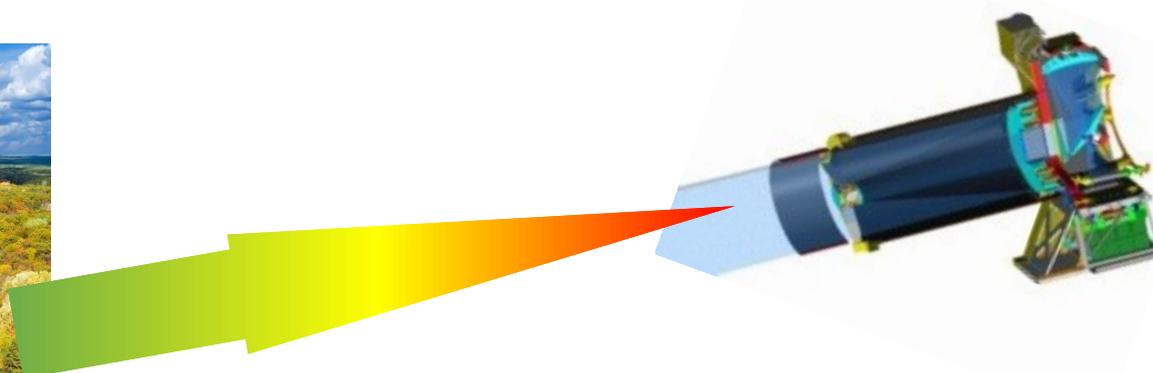
Objet

Rayonnement

Capteur



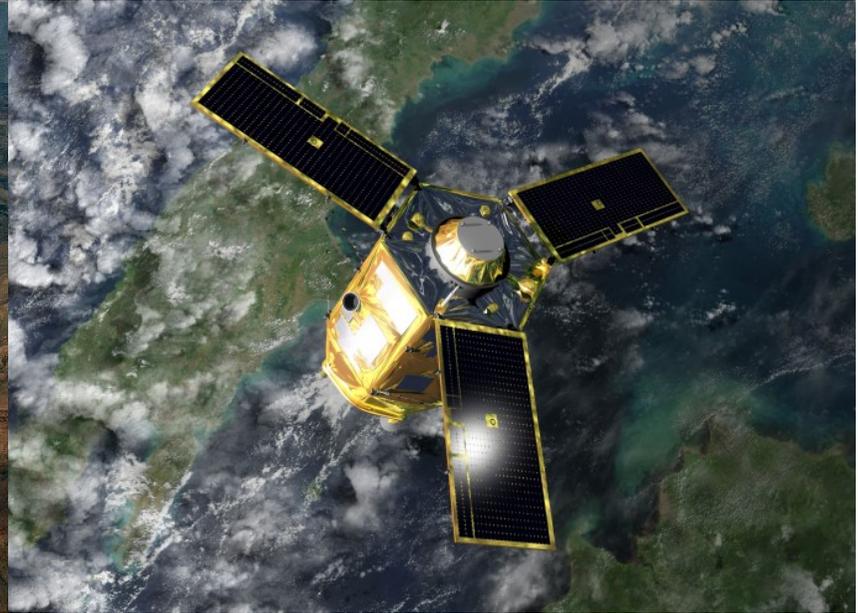
Emission



Transmission

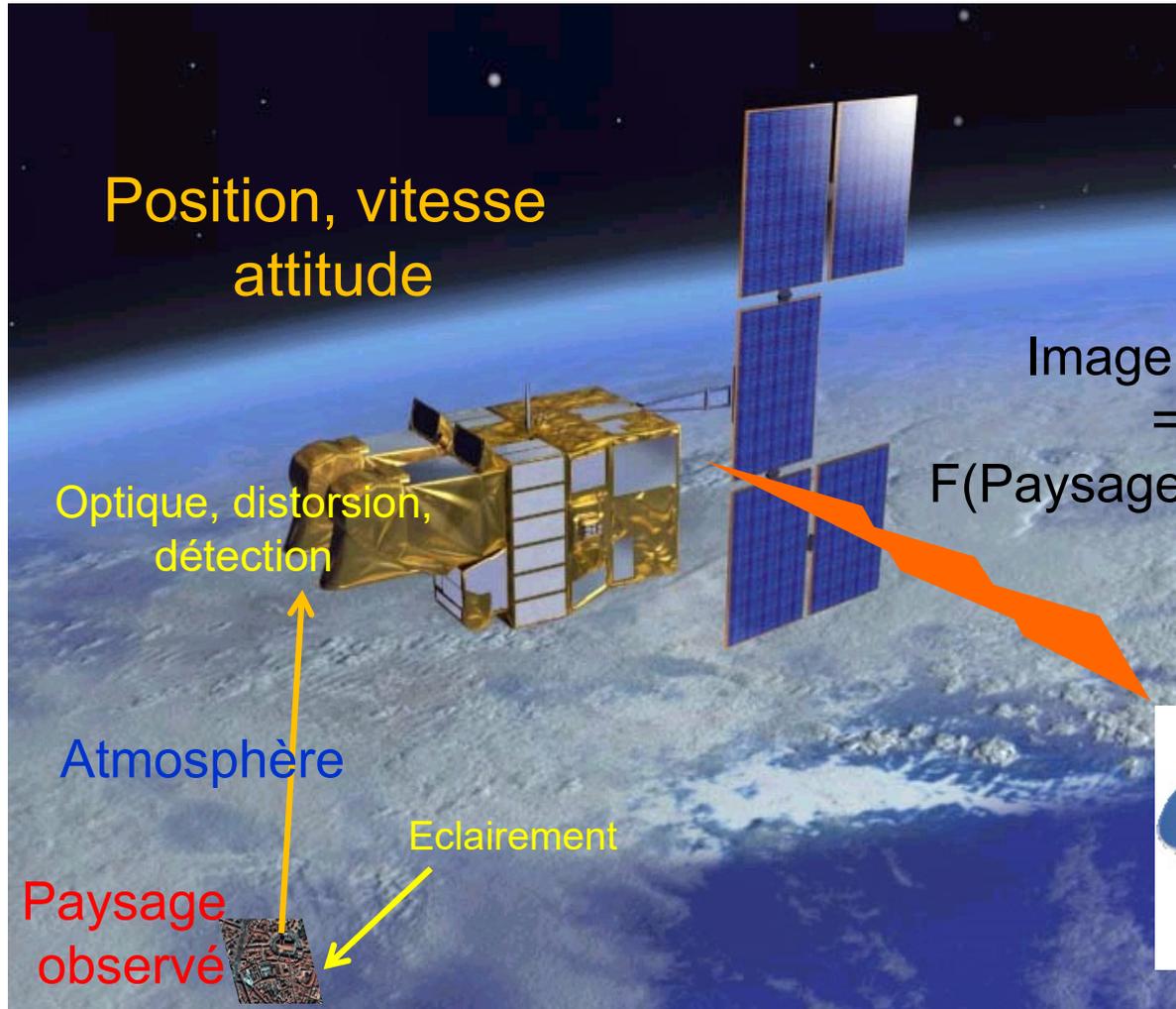
Réception

Avion ou satellite ?



Règlementation aérienne / vulnérabilité
Choix de la trajectoire % site
Très haute résolution accessible
Qualité géométrique variable

Accès global / immunité
Trajectoire orbitale figée
Résolution limitée physiquement
Géométrie stable



Position, vitesse
attitude

Image brute
=
F(Paysage observé)

Optique, distorsion,
détection

Atmosphère

Eclaircement

Paysage
observé



Conditions de prise de vue réelles

Produit utilisateur

Acquisition
bord

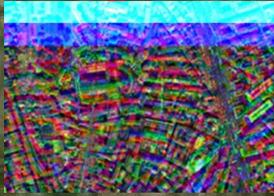


Traitements
Bord/Sol



Paysage
observé

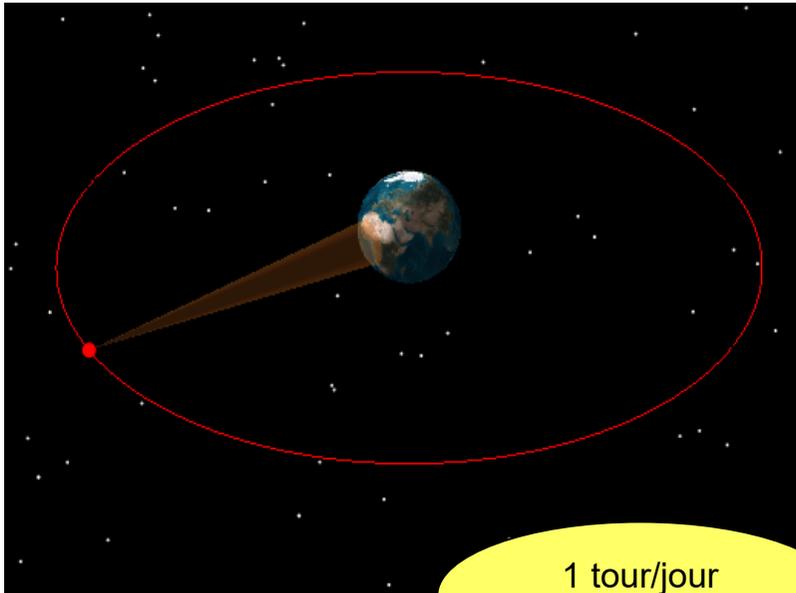
image brute



Modèle de prise de vue

- **Satellite Géostationnaire**

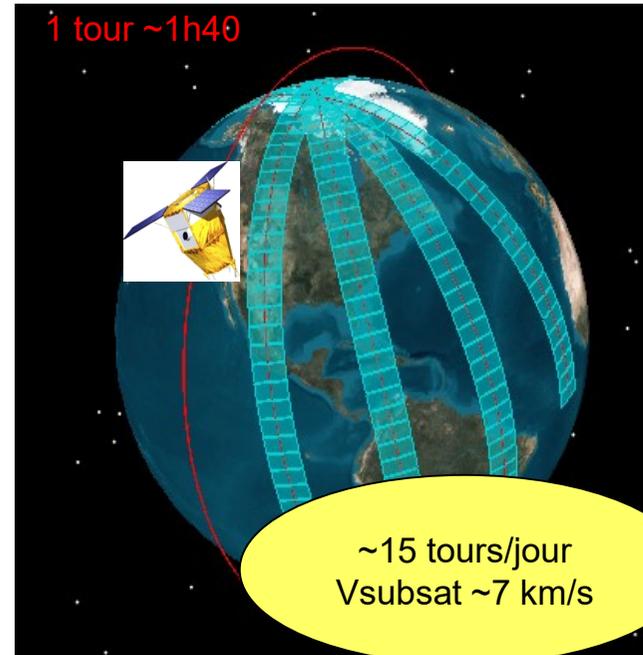
- ✓ Accès permanent sur hémisphère
- ✓ Altitude élevée (36000 km)



1 tour/jour
Fixe % Terre

- **Satellite Polaire**

- ✓ Couverture quasi-mondiale
- ✓ Accessibilité limitée (selon période, débattement, latitude)
- ✓ Altitudes faibles possibles



1 tour ~1h40

~15 tours/jour
Vsubsat ~7 km/s

L'observation de la Terre depuis l'espace

image Vis MeteoSat - Eumetsat

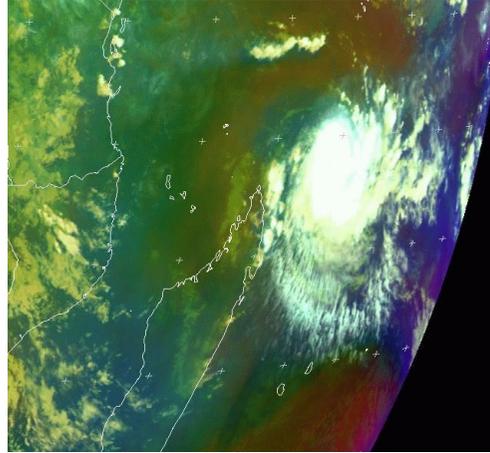


image Radarsat - ASC

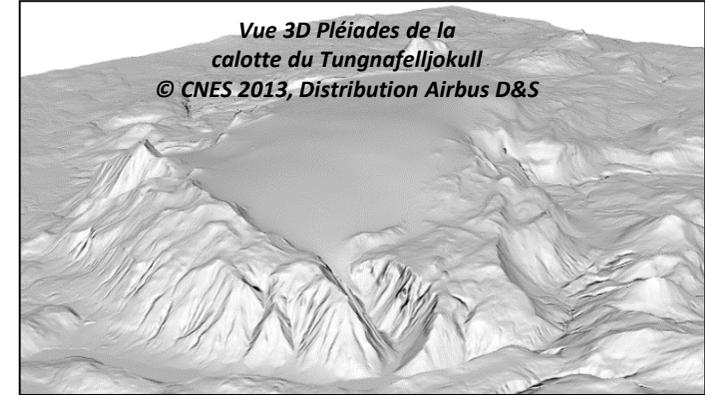
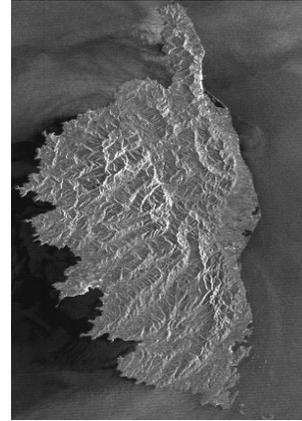
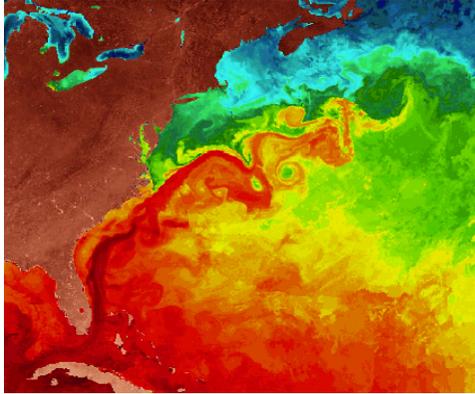
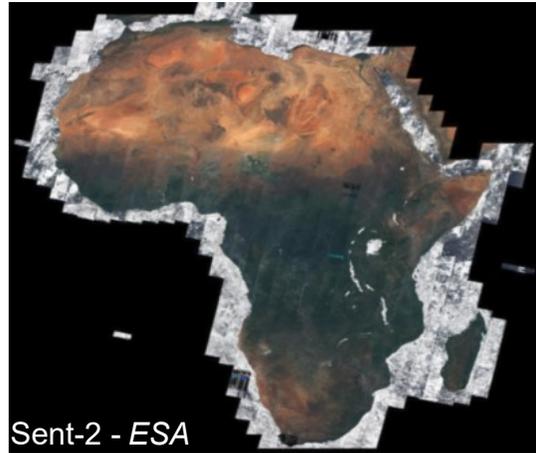
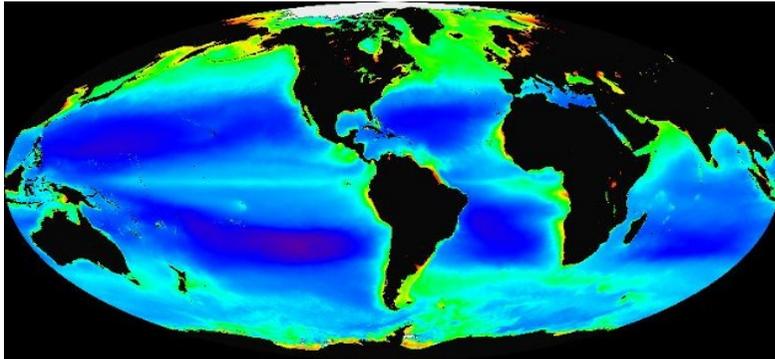


image thermique AVHRR - NOAA



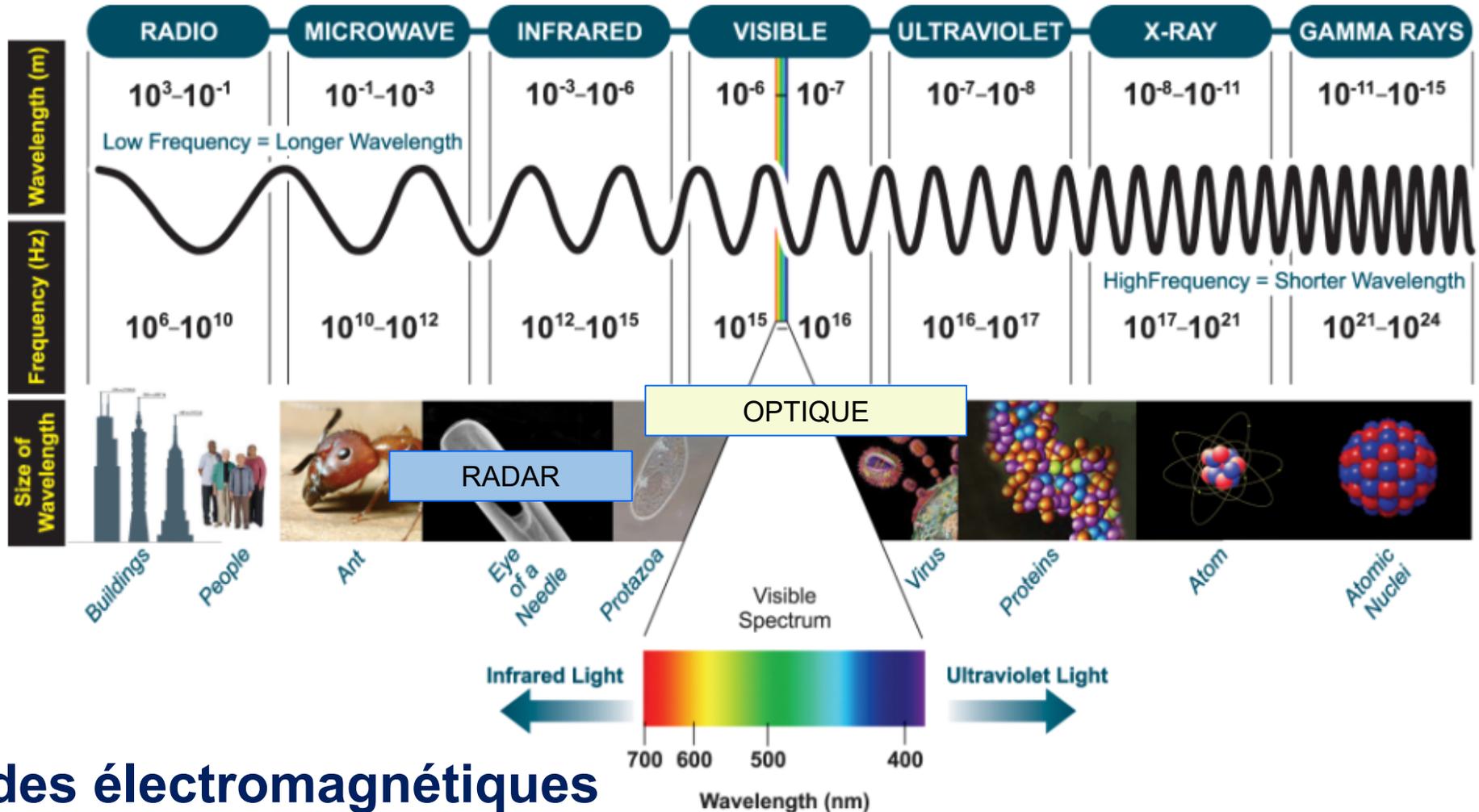
Synthèse 1998-2007 concentration en phytoplancton



Contenu

- ❖ Principe de l'Observation de la terre
- ❖ Capteurs et particularités de la prise de vue
- ❖ Comparaison optique - radar
- ❖ Production cartographique





Ondes électromagnétiques

Bandes spectrales

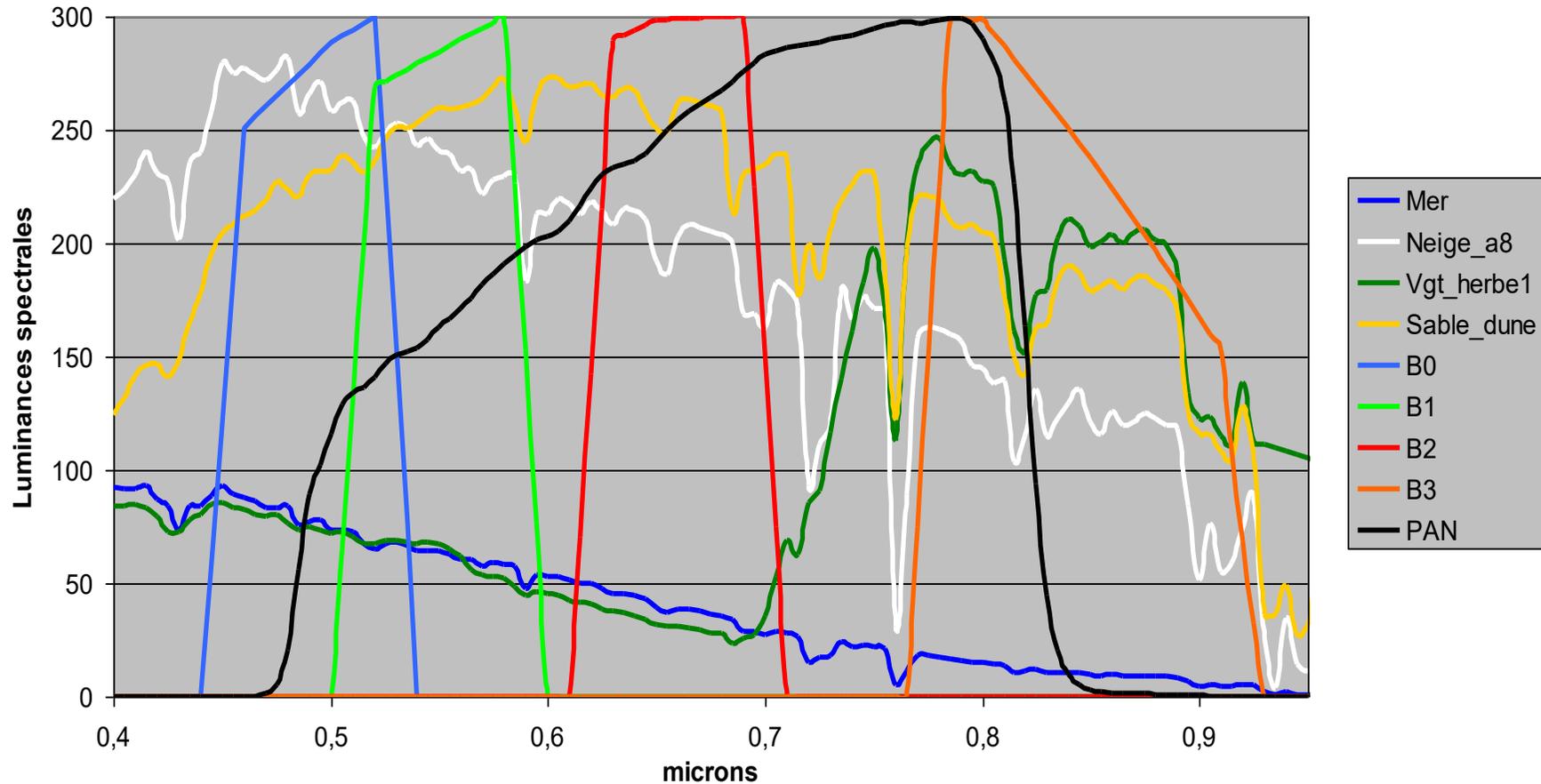
Bandes optiques : désignation courante des bandes

Code abrégé	Bande spectrale	Longueurs d'onde
PA ou PAN	Panchromatique	0.45 – 0.70 à 0.90 μm
B0	Bleu	0.40 – 0.55 μm
B1	Vert	0.50 – 0.60 μm
B2	Rouge	0.60 – 0.70 μm
B3 ou PIR / anglais NIR	Proche Infrarouge	0.75 – 1.30 μm
MIR / anglais SWIR	Moyen Infrarouge	1.30 – 3.00 μm
IRT / anglais TIR	Infrarouge thermique	3 – 50 μm

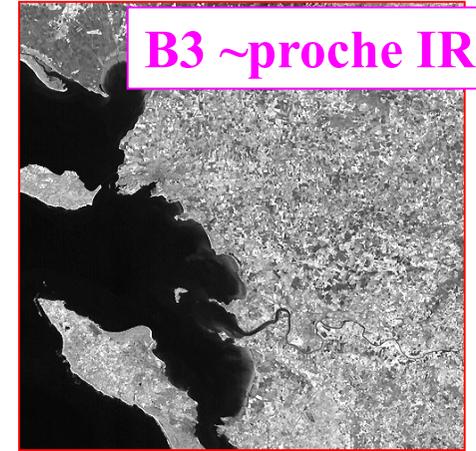
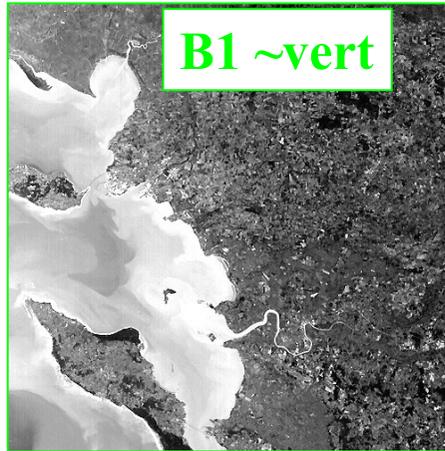
Bandes Radar : désignation par des lettres K, X, S, C, L, P

Exemples de réponses spectrales

Réponse paysages et instrumentales PHR



Diversité spectrale : SPOT

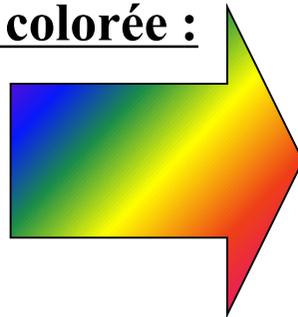


Composition colorée :

Bleu = B1

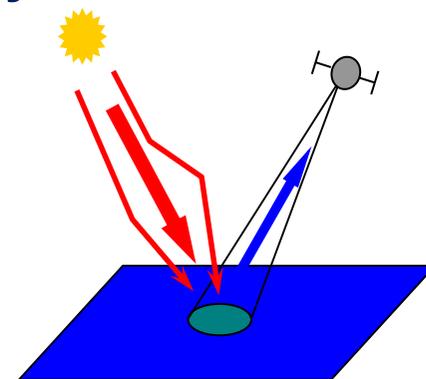
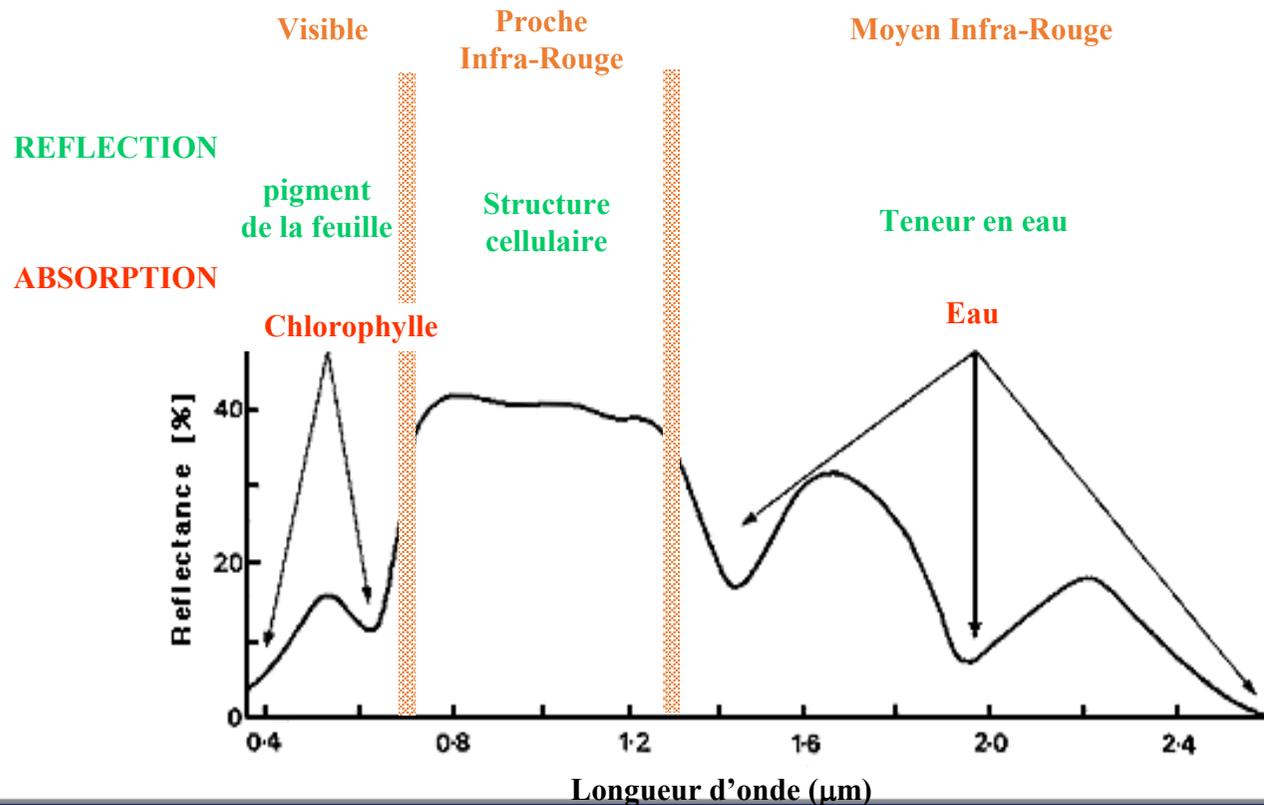
Vert = B2

Rouge = B3



Transfert radiatif : modélisation du signal observé

Réflectance spectrale de la végétation chlorophyllienne



Le rayonnement solaire (optique)

L'interaction entre le rayonnement solaire et les matériaux dépend de la longueur d'onde. Au cours de son trajet entre le Soleil, la Terre puis le capteur, ce rayonnement est:

- **Transmis** – Lors de son passage à travers l'atmosphère, le rayonnement est transmis par le milieu. Les capteurs utilisent les bandes spectrales pour lesquelles la transmission du rayonnement par l'atmosphère est important.
- **Absorbé** - Le signal parvenant au capteur est modifié au cours de la traversée atmosphérique où le rayonnement est absorbé par les constituants gazeux et les particules en suspension. L'atmosphère est quasi transparente aux rayonnements visible et proche infrarouge, en revanche les surfaces naturelles absorbent une partie de ces rayonnements.
- **Réfléchi** - Changement de direction du rayonnement quand il atteint une surface. La direction du rayonnement réfléchi peut varier, elle dépend de la rugosité des surfaces. On distingue ainsi trois types de réflexion : réflexion spéculaire, réflexion diffuse et réflexion de volume.
- **Diffusé** – La direction de la propagation du rayonnement est modifiée de manière aléatoire par les molécules et aérosols de l'atmosphère.
- **Emis** – Après absorption, les particules s'échauffent et réémettent le rayonnement, mais souvent dans une autre longueur d'onde.

Caractéristiques de la mesure

Les capteurs mesurent la **radiance**, ce qui correspond à la brillance de la surface dans la direction du capteur. On parle souvent plutôt de **réflectance**, c'est-à-dire le rapport entre le rayonnement réfléchi et le rayonnement solaire incident sur la surface.

La mesure est convertie en image digitale, où chaque éléments (i.e. pixels) a une valeur discrète sous forme de **compte numérique** (CN). L'image résultante possède des caractéristiques (i.e. **résolutions**) qui peuvent varier en fonction des capteurs. Il y a ainsi plusieurs types de résolutions :

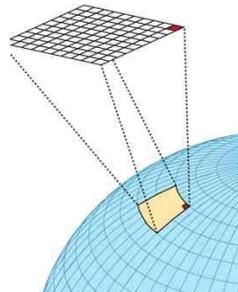
- **Résolution spatiale**
- **Résolution spectrale**
- **Résolution radiométrique**
- **Résolution temporelle**

Résolution spatiale

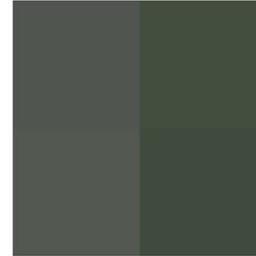
La résolution spatiale d'une image satellite est la taille de la zone couverte par un pixel. Chaque pixel de l'image correspond à une partie de la surface de la terre.

La résolution spatiale dépend de la tailles des détecteurs, du miroir, de la distance focale et de l'altitude de vol.

Une résolution fine permet de distinguer des objets de petite taille.



Here is how the Wimbledon Tennis Complex (London, UK) appears at different resolutions associated with several of the satellites highlighted. All the images below are generated from a Worldview-4 image and resampled to be representative of the different spatial resolutions represented.



Aqua (MODIS)
250m Resolution



Landsat-8
30m Resolution



Sentinel-2
10m Resolution



PlanetScope (Dove)
3m Resolution



Pleiades
0.5m Resolution



Worldview-4
0.3m Resolution

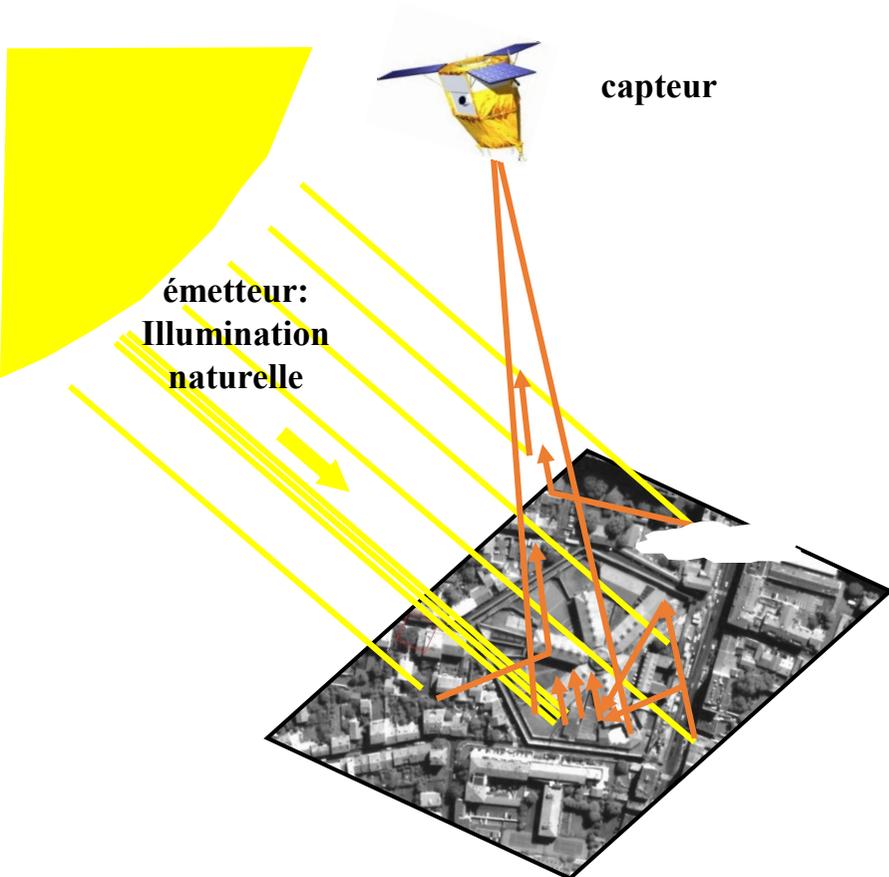


	VHR1	VHR2	HR1	HR2
Resolution	$\leq 1 \text{ m}$	$1 \text{ m} < 4 \text{ m}$	$4 \text{ m} < 10 \text{ m}$	$10 \text{ m} < 30 \text{ m}$

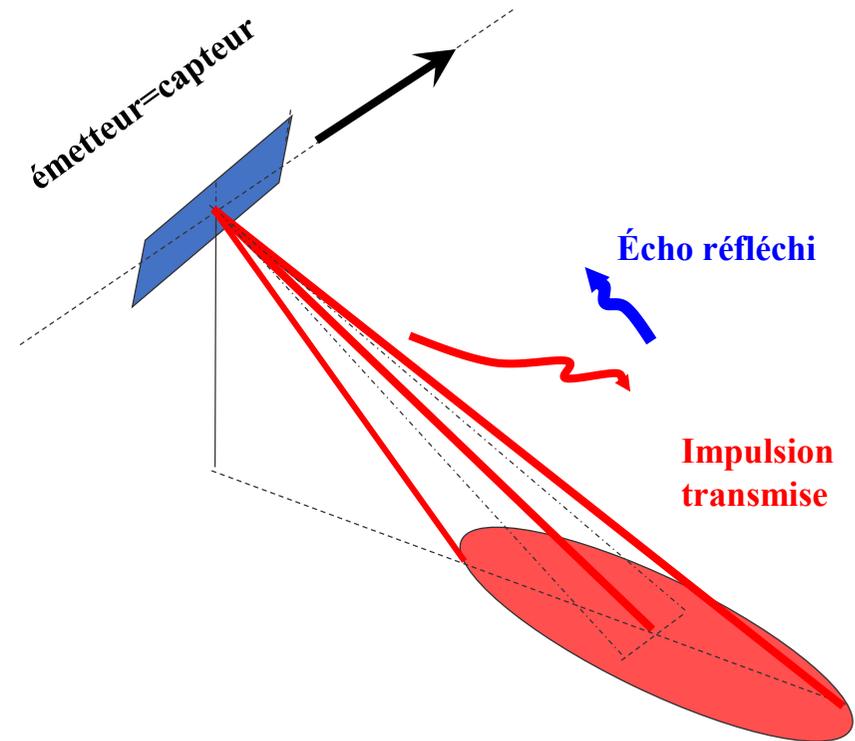
Contenu

- ❖ Principe de l'Observation de la terre
- ❖ Capteurs et particularités de la prise de vue
- ❖ Comparaison optique - radar
- ❖ Production cartographique

OPTIQUE : *PASSIVE*



RADAR : *ACTIF*



Imagerie Radar : système « tout temps »



ERS (radar C band)



Landsat TM

Waterford, Ireland, 9/08/91

Surface : 50 km x 50 km

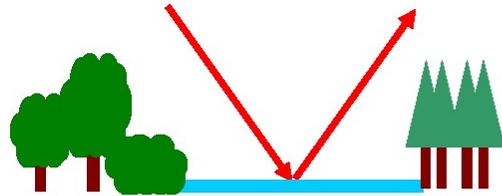
Landsat pass time:
10H43 a.m.

ERS-1 pass time:
11H25 a.m.

Le radar actif permet d'imager la Terre :

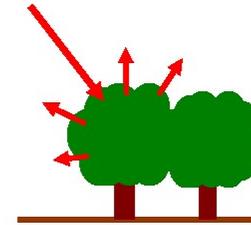
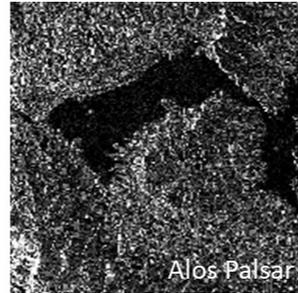
- de jour comme de nuit
- quelles que soit les conditions météorologiques (sans nuages !)

Principe de la rétrodiffusion (radar)



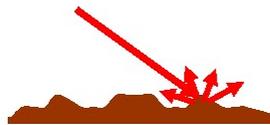
Réflexion spéculaire

→ zones sombres



Rétrodiffusion de volume

→ zones grises



Rétrodiffusion par
une surface rugueuse

→ zones grises



Double réflexion

→ zones brillantes

Principe de la rétrodiffusion (radar)

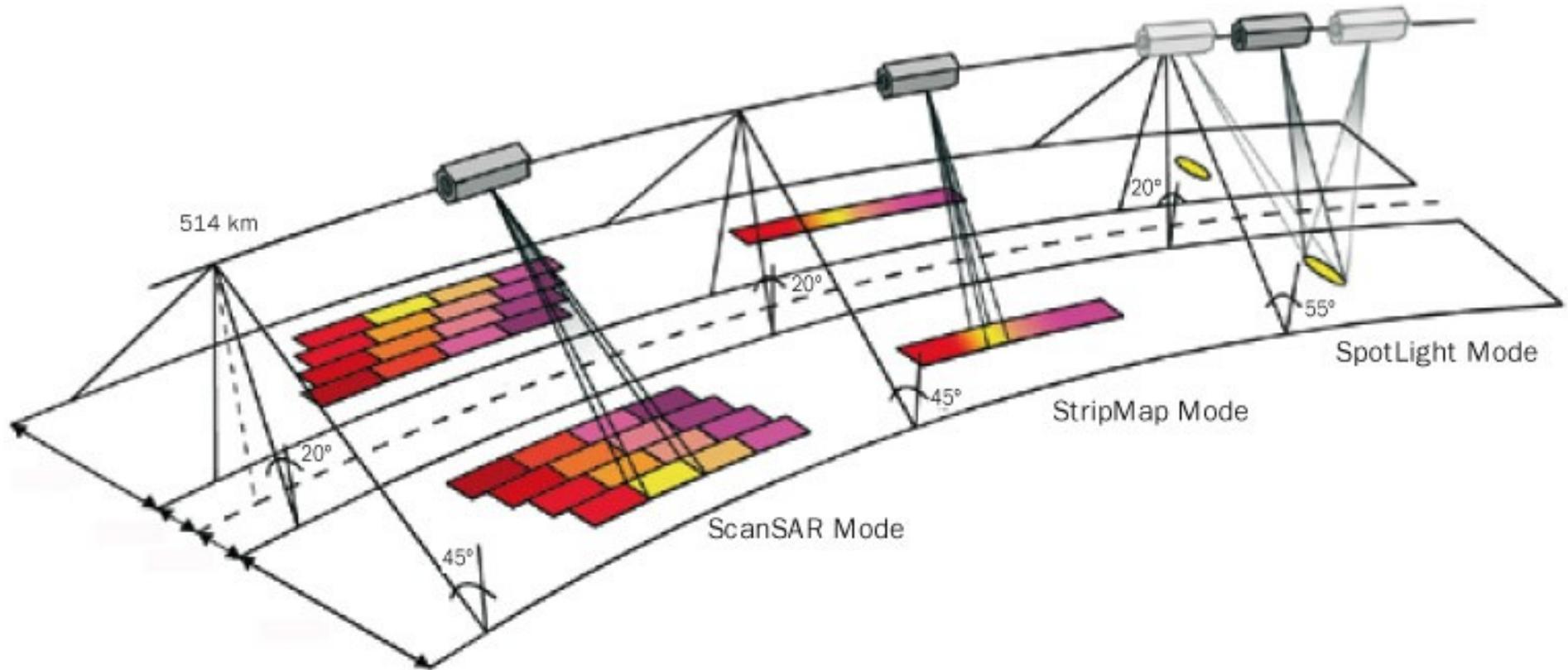
Le type et l'importance de la rétrodiffusion dépend de :

- La rugosité de surface
- Les propriétés diélectriques du milieu

Tous ces facteurs dépendent également :

- De la bande de fréquence du radar
- De la polarisation
- De l'angle d'incidence

Principe de la fauchée (radar)



Le mode d'acquisition conditionne la résolution de l'image résultante, et la taille de la zone imagée

Capteurs (optique) – Bref aperçu

Capteur	Résolution (m)	Bandes spectrales	Fauchée (km)
Sentinel 2	MS : 10, 20, 60	B, V, R, PIR (10m)	290 x 290
SPOT 5	Pan : 2,5 MS : 10	V, R, PIR, MIR	60 x 60
SPOT 6 & 7	Pan : 1,5 MS : 6	B, V, R, PIR	60 x 60
Pléiades	Pan : 0,5 MS : 2	B, V, R, PIR	20 x 20
Worldview-4	Pan : 0,31 MS : 1.24	B, V, R, PIR	13 x 13
Landsat 8	Pan : 15 MS : 30	CA, B, V, R, PIR, MIR	185 x 180

MS : Multi-spectral
PAN : Panchromatique

RVB : Rouge Vert Bleu
PIR : Proche Infra-Rouge
MIR : Moyen Infra-Rouge
CA : Côtier/Aérosol

PlanetScope, SkySat, Formosat, Alos Avnir, Ikonos, Kompsat, RapidEye, Quickbird, GeoEye, DMC ...

Capteurs (radar) – Bref aperçu

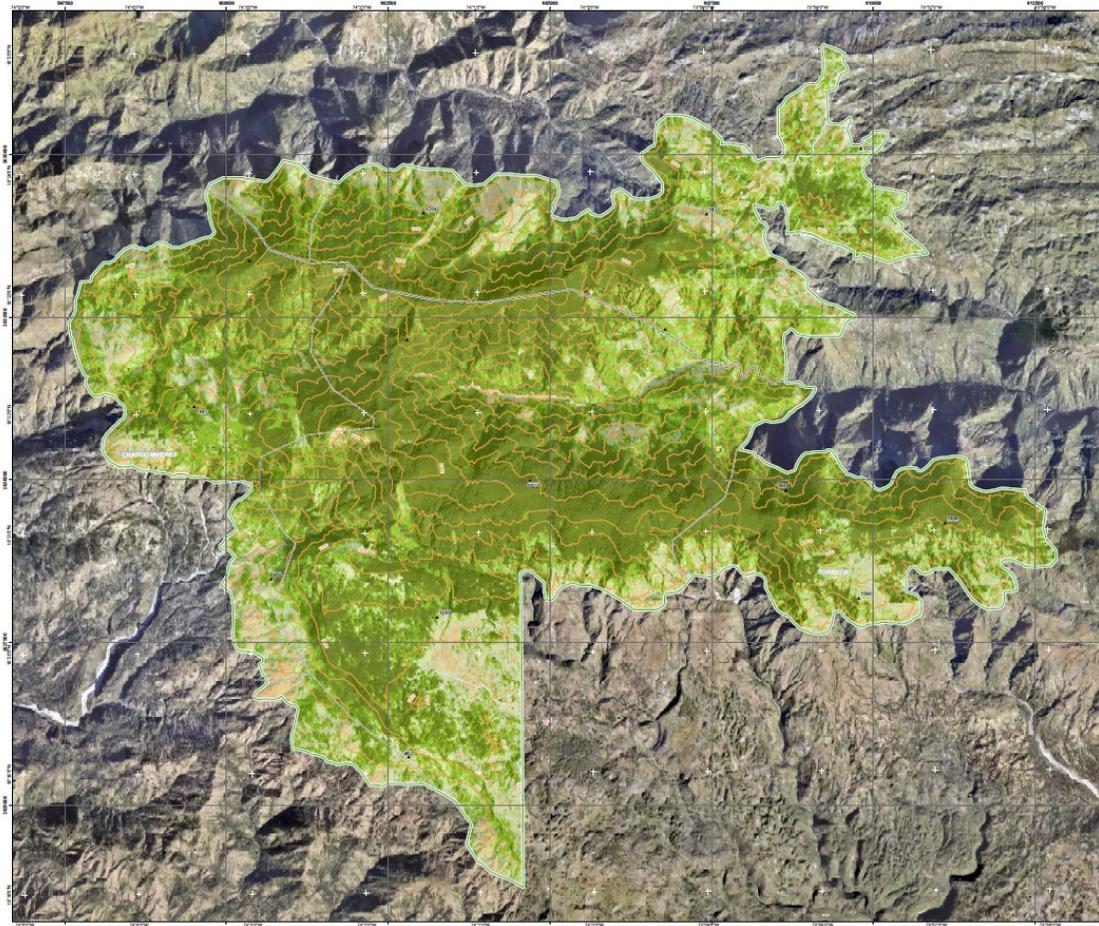
Capteur	Mode d'acquisition	Résolution (m)	Bandes	Couverture (km)
Alos Palsar	Fine HH ou HV	6,25 ou 12,5	L	70 x 70
	Fine HH/HV ou VV/VH	12,5		70 x 70
	ScanSar HH ou VV	100		250 x 250
	Polarimetric HH/HV/VH/VV	12,5		30 x 30
Cosmo-skymed	Spotlight	1	X	10 x 10
	Stripmap	3 ou 5		40 x 40
	Polarimetric	15 ou 20		30 x 30
	ScanSar wide	30		100 x 100
	Scansar Huge	100		200 x 200
Terrasar-X	...		X	
Radarsat-2	...		C	

Contenu

- ❖ Principe de l'Observation de la terre
- ❖ Capteurs et particularités de la prise de vue
- ❖ Comparaison optique - radar
- ❖ Production cartographique



Occupation du sol



Glade Number (N/A) Activator ID (5163001)
 Product N: (5163001ACT_01_Eng) **Makaya Park (East) - HAITI**
Vegetation - 25/06/2016
Classification Map - Overview



Cartographic Information
 1:25 000 Full color A1, high resolution (300dpi)
 Full color A1, high resolution (300dpi)

Legend

Vegetation classification	Administrative boundary
Shrub	Region
Herbaceous vegetation	Province
Clear land with little or no vegetation	Physiography
Area of Interest	Sea level elevation (m)
Area of Interest	Division Contour (m)
	Transport network
	Local road

Subclass within the A10	LIST of measurement	Clas in A10
Shrub	Herbaceous vegetation	47000
Herbaceous vegetation	Clear land with little or no vegetation	30000
Clear land with little or no vegetation		17000

Map Information
 This map was produced using the data from the 2016 Landsat-8 satellite mission on October 25, 2016. The data was processed using the Sentinel-2A satellite mission on October 25, 2016. The map was produced using the Sentinel-2A satellite mission on October 25, 2016. The map was produced using the Sentinel-2A satellite mission on October 25, 2016.

Source	Resolution	Altitude	Year
Satellite	10m	600m	2016
DEM	30m	300m	2016
DEM	30m	300m	2016

Data Sources
 The data was processed using the Sentinel-2A satellite mission on October 25, 2016. The data was processed using the Sentinel-2A satellite mission on October 25, 2016. The data was processed using the Sentinel-2A satellite mission on October 25, 2016.

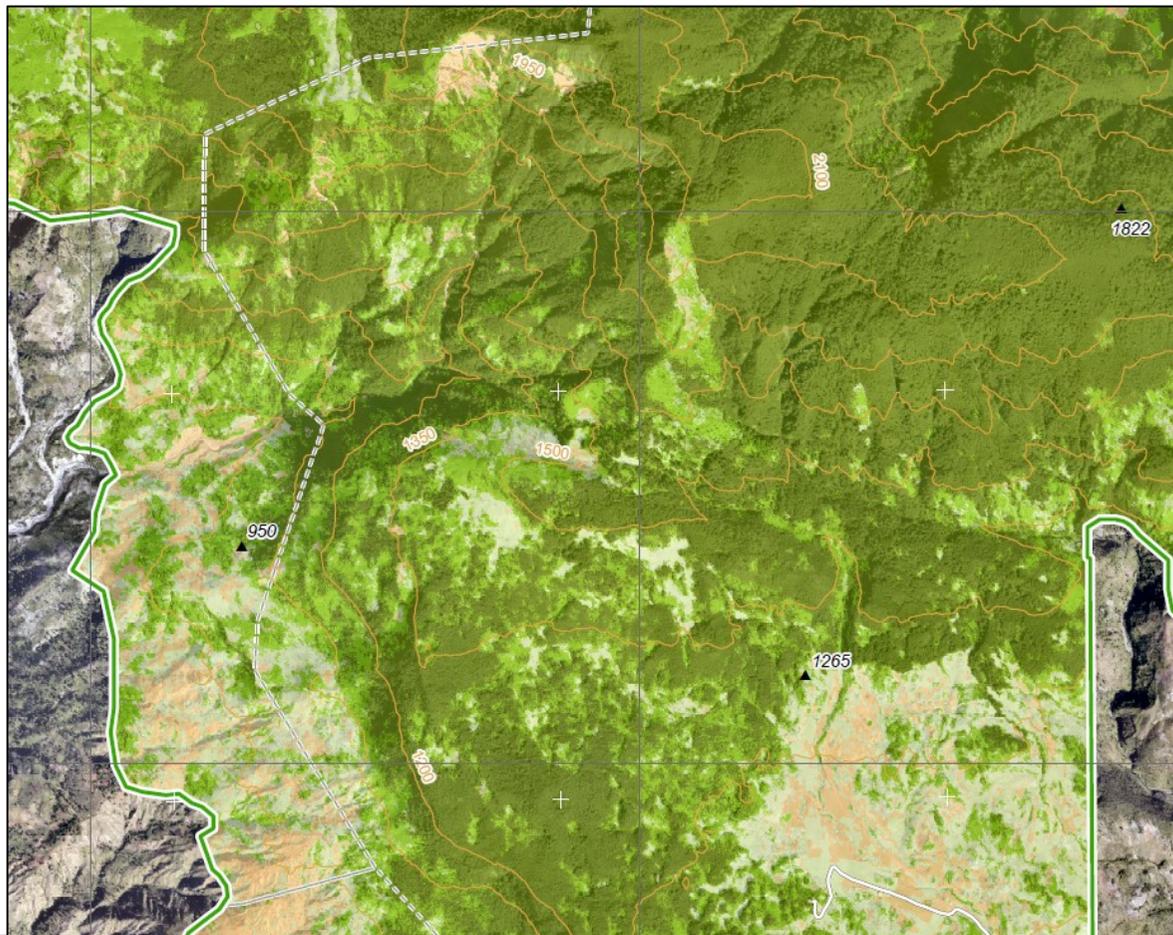
Disclaimer
 The product is provided as a service to the user. The user is responsible for the use of the product. The user is responsible for the use of the product. The user is responsible for the use of the product.

Map Production
 The product was produced using the Sentinel-2A satellite mission on October 25, 2016. The product was produced using the Sentinel-2A satellite mission on October 25, 2016. The product was produced using the Sentinel-2A satellite mission on October 25, 2016.

Contact
 For more information, please contact the project manager at the following address: [Address]. For more information, please contact the project manager at the following address: [Address].



Occupation du sol



Legend

Vegetation classification

- Woodland
- Shrub
- Herbaceous vegetation
- Open space with little or no vegetation

Area of interest

- Area of interest

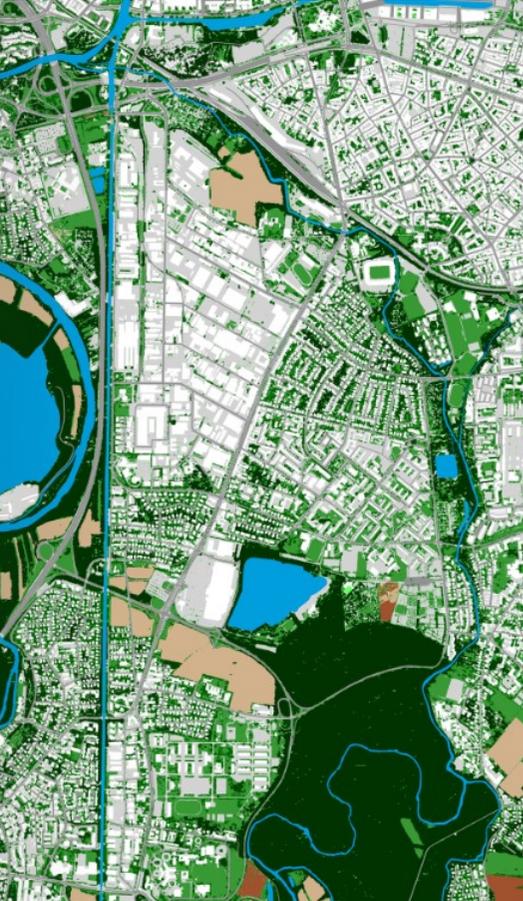
Légende

Classes d'occupation du sol

- Végétation arborée
- Végétation arbustive
- Végétation à dominante herbacée
- Espace ouvert sans ou avec très peu de végétation

Woodland	ha	4704.5
Shrub	ha	2258.6
Herbaceous vegetation	ha	1379.6
Open space with little or no vegetation	ha	376.5

Cartographie urbaine



Etablissement d'un plan de masse

Document de référence des urbanistes et aménageurs

Éléments constitutants :

- Equipement public (santé, sport, administration,...)
- bâti (matériau, nombre d'étages, ...)
- Réseau routier (importance, trafic, ...)
- Réseau hydrologique (linéaire, plan d'eau)
- Topographie (relief, pente)
- Végétation urbaine (pelouse, formation arborée)

Strasbourg, France

Cartographie urbaine



Boumerdès,
Algérie

Jacmel



Cartographie urbaine

Objectifs :

- **Connaissance de l'existant urbain : informations visuelles et statistiques**
- **Analyse du territoire à différentes échelles : vision locale et globale**
- **Support à la projection de chantiers : nouveau quartier, réseaux d'eau...**
- **Aide à la prise de décision (mise en avant de phénomènes)**
- **Mémoire de l'existant**
- **Suivi temporel de l'urbain et des transformations progressives**

Cartogr

Charentes-Maritimes, France
Mars 2010



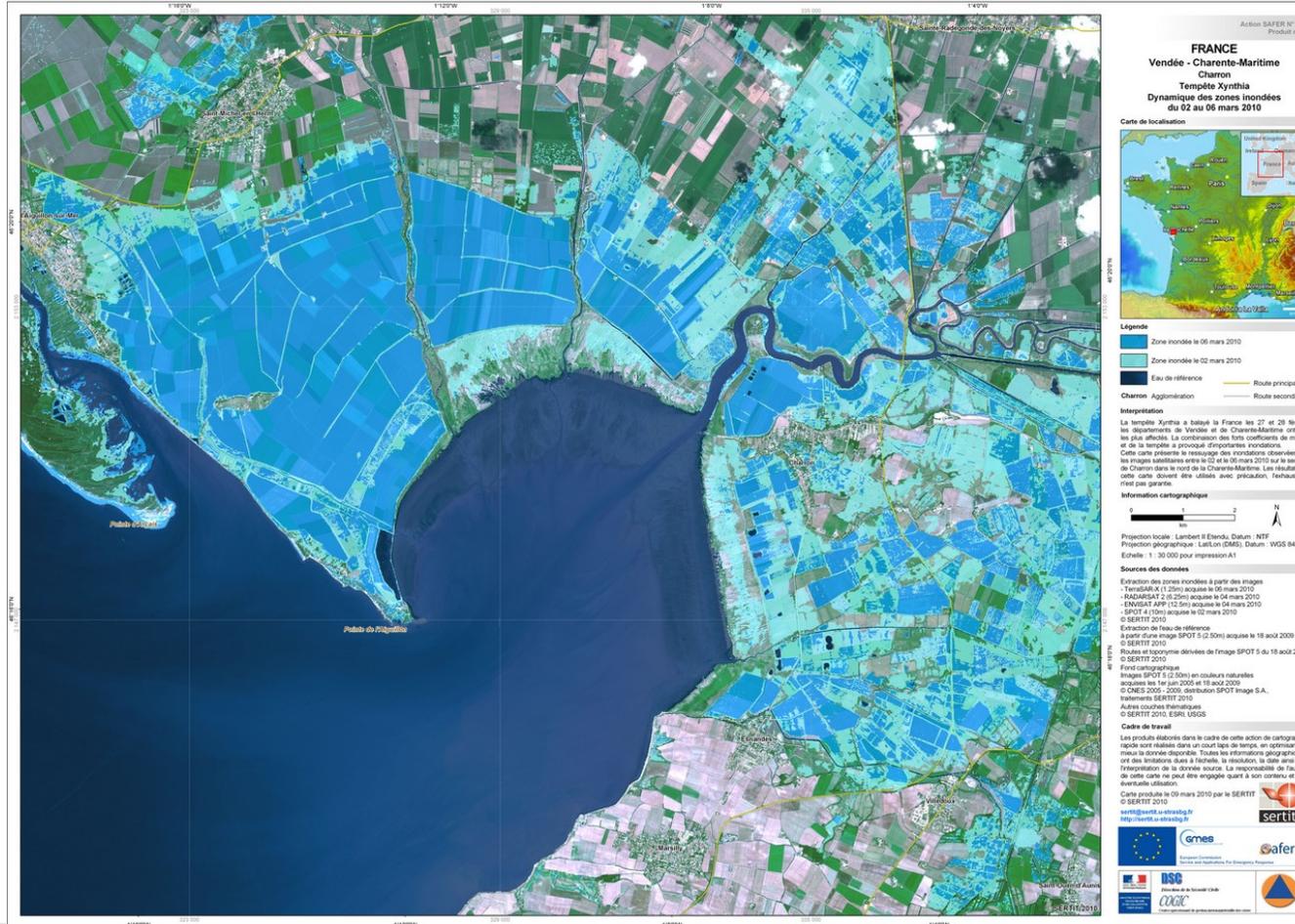
Image SPOT-4 (20m), 02/03/2010



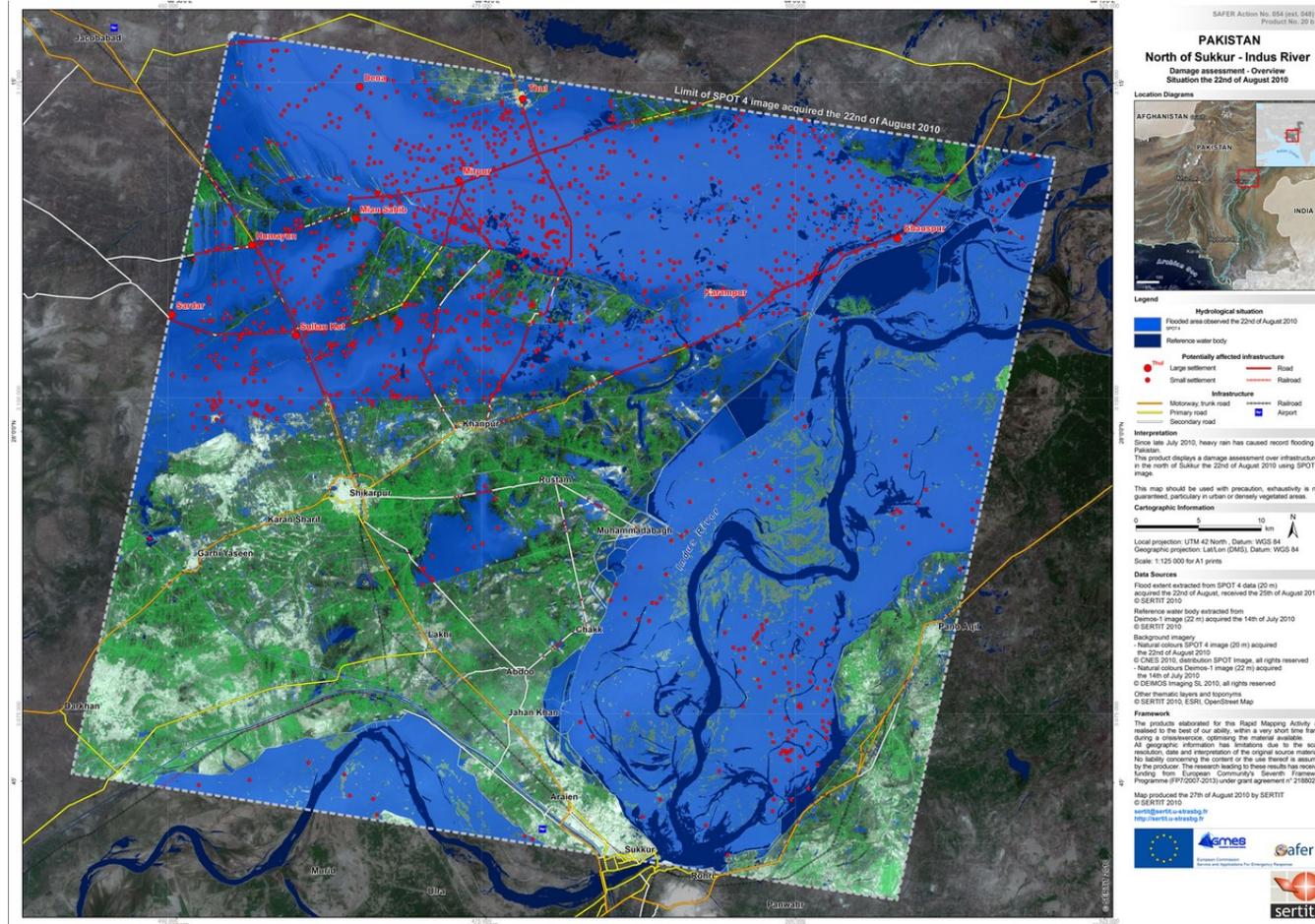
Image Radarsat-2 (6,25m), 04/03/2010

Images acquises après le passage de la tempête Xynthia

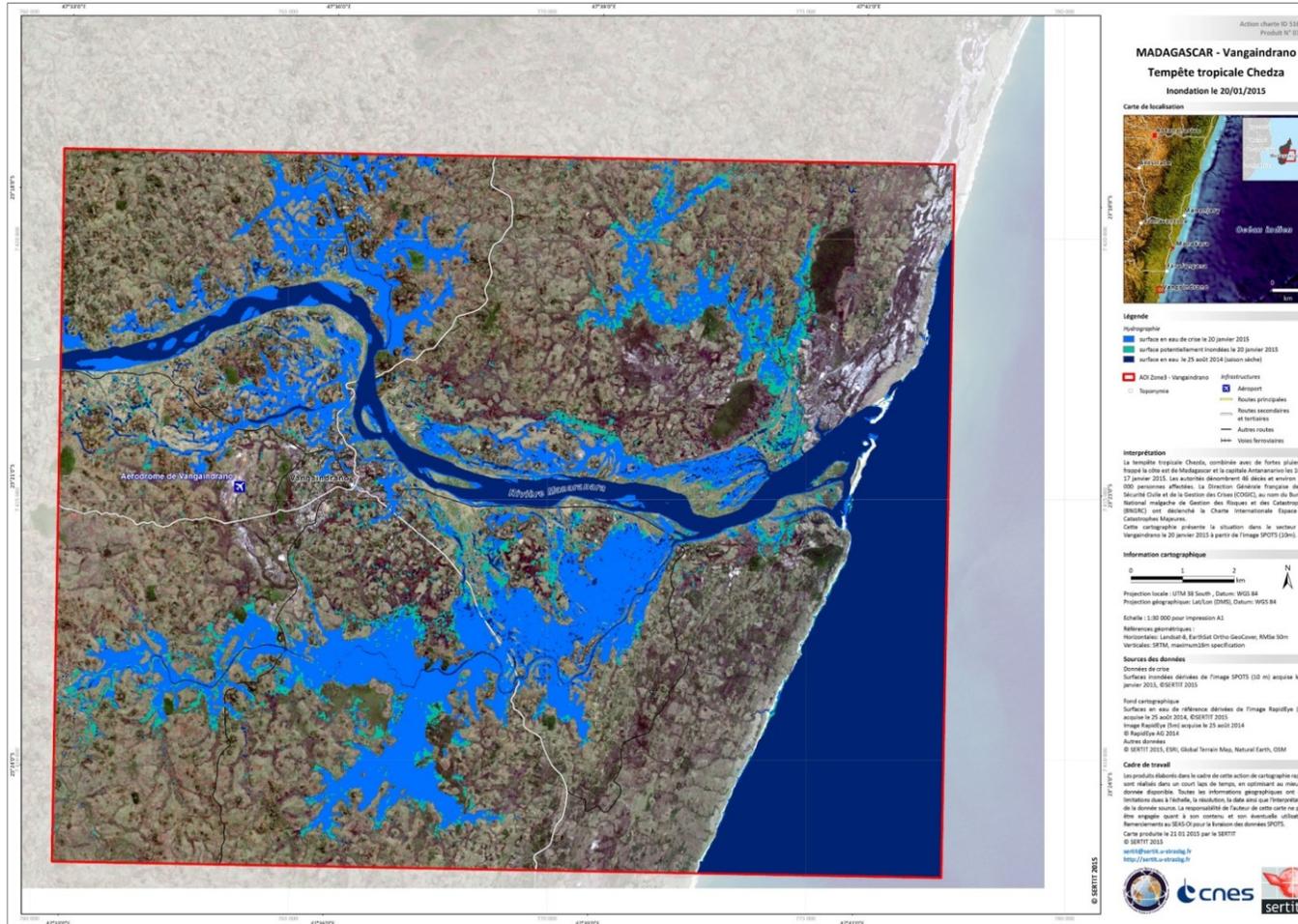
Cartographie des inondations



Cartographie des inondations



Cartographie des inondations

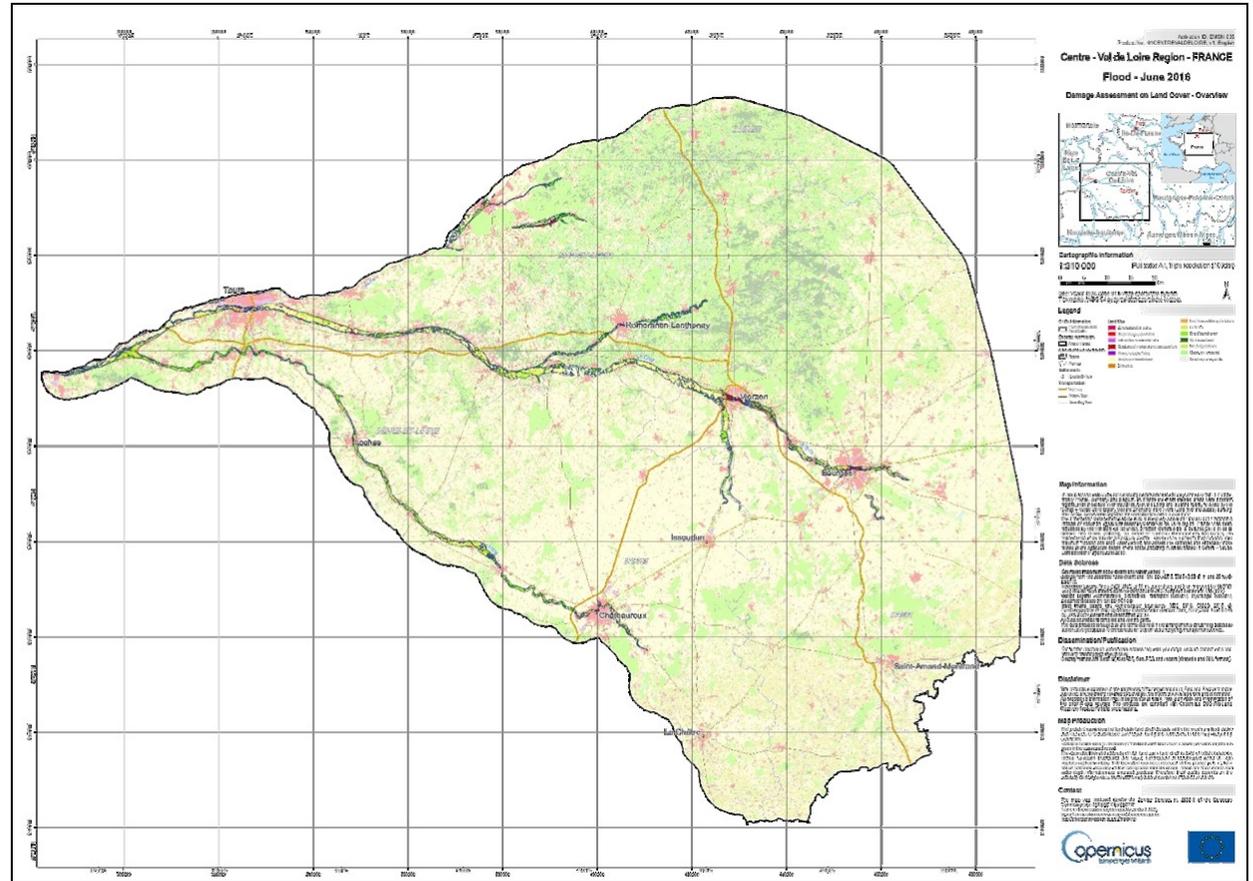


Cartographie des impacts d'inondations

Impacts économiques sur le secteur agricole, Centre-Val de Loire region, France

Impacts sur l'occupation du sol

- Occupation du sol à 10m basée (Theia OSO)
- Champ maximal d'inondation



Cartographie des dégâts de cyclone

Haijan, Philippines
Novembre 2013

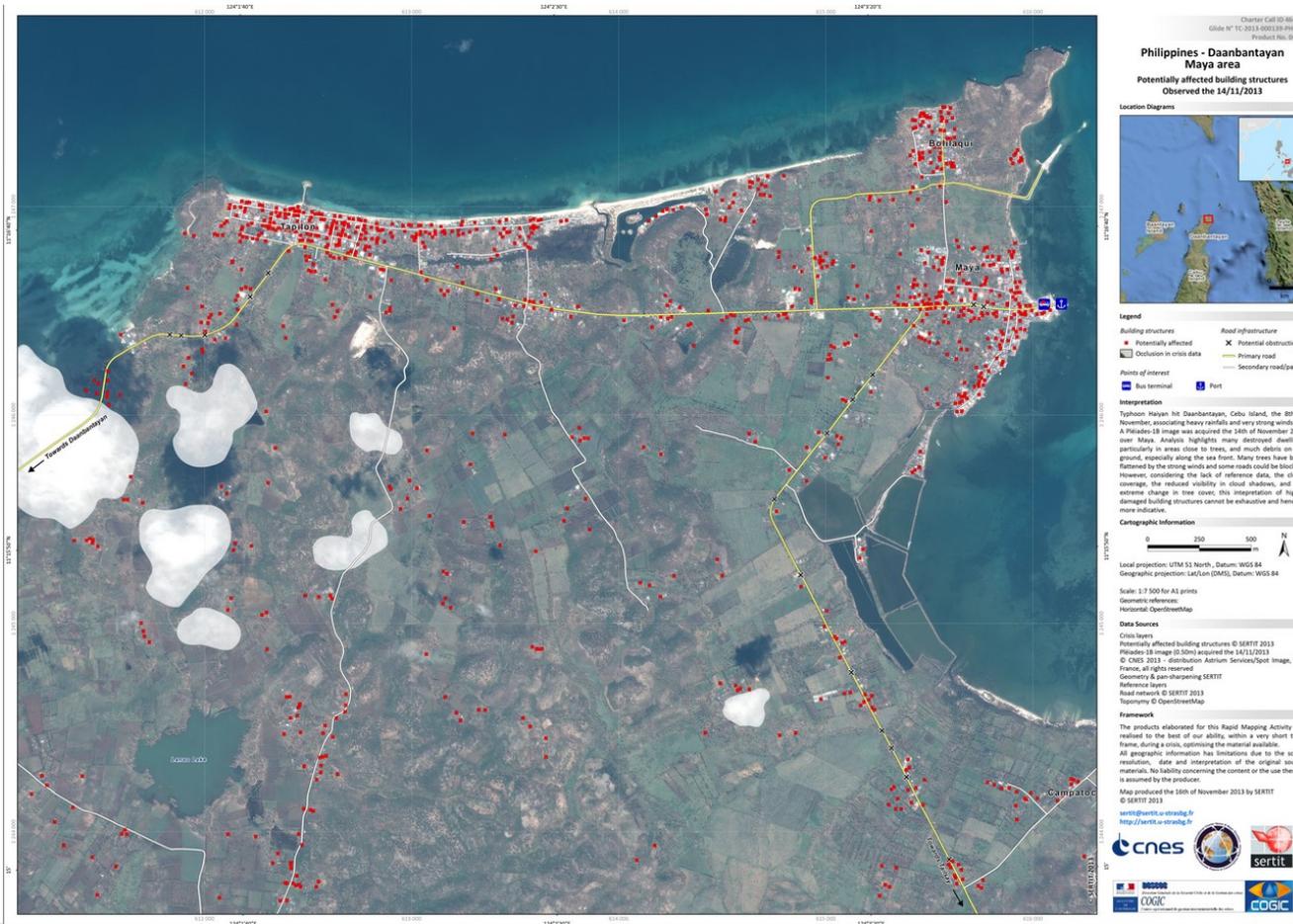


*Google Earth, 27/04/2001
Avant le passage du typhon Haiyan*

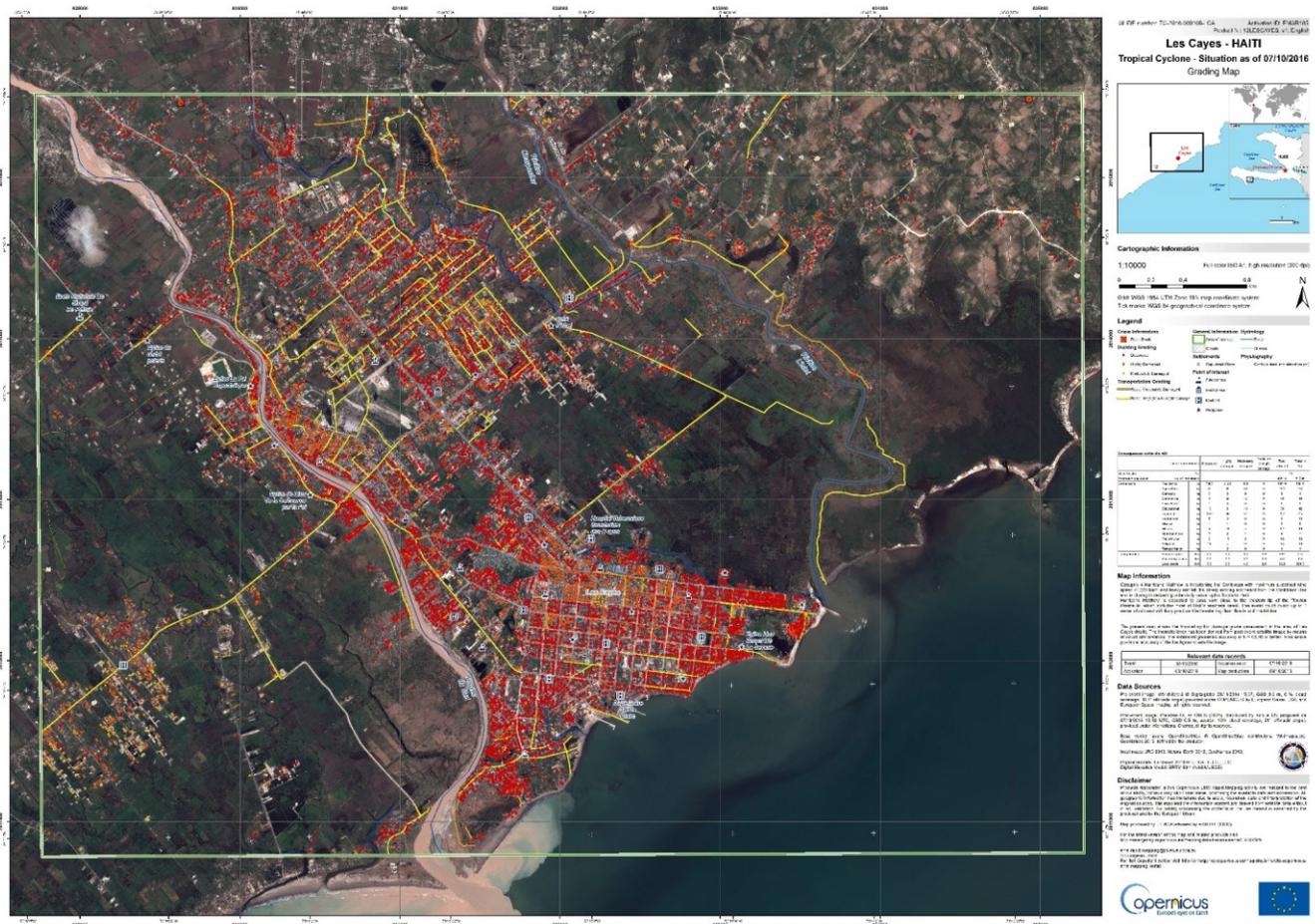


*Worldview-2 (0,50m), 11/11/2013
Après le passage du typhon Haiyan*

Cartographie des dégâts de cyclone



Cartographie des dégâts de cyclone



Cartographie des dégâts de séisme

Port-au-Prince, Haïti
Janvier 2010



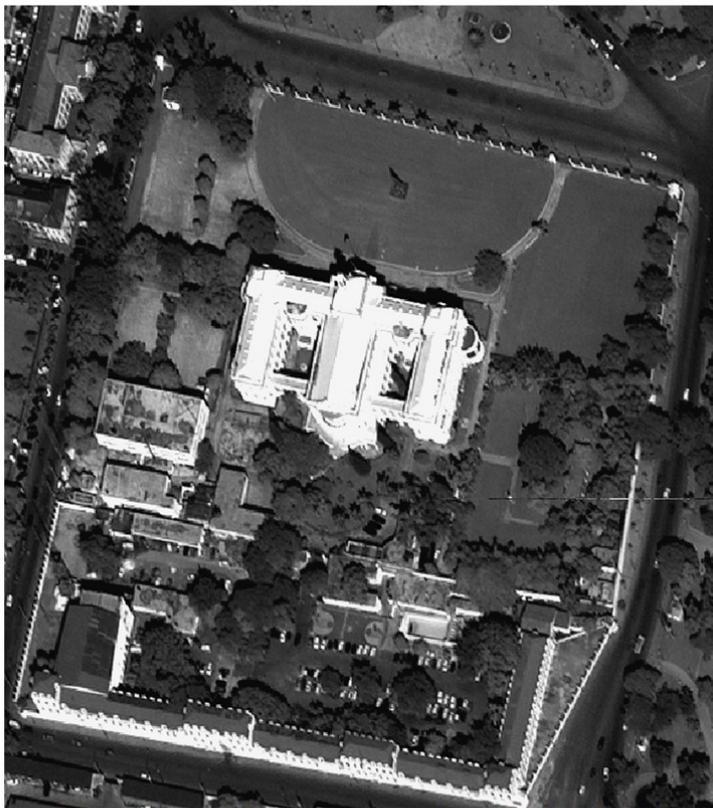
*Worldview-1 (0,50m) acquise le 09/12/2007
Avant le séisme*



*GeoEye (0,41m) acquise le 13/01/2010
Après le séisme*

Cartographie des dégâts de séisme

Port-au-Prince, Haïti
Janvier 2010

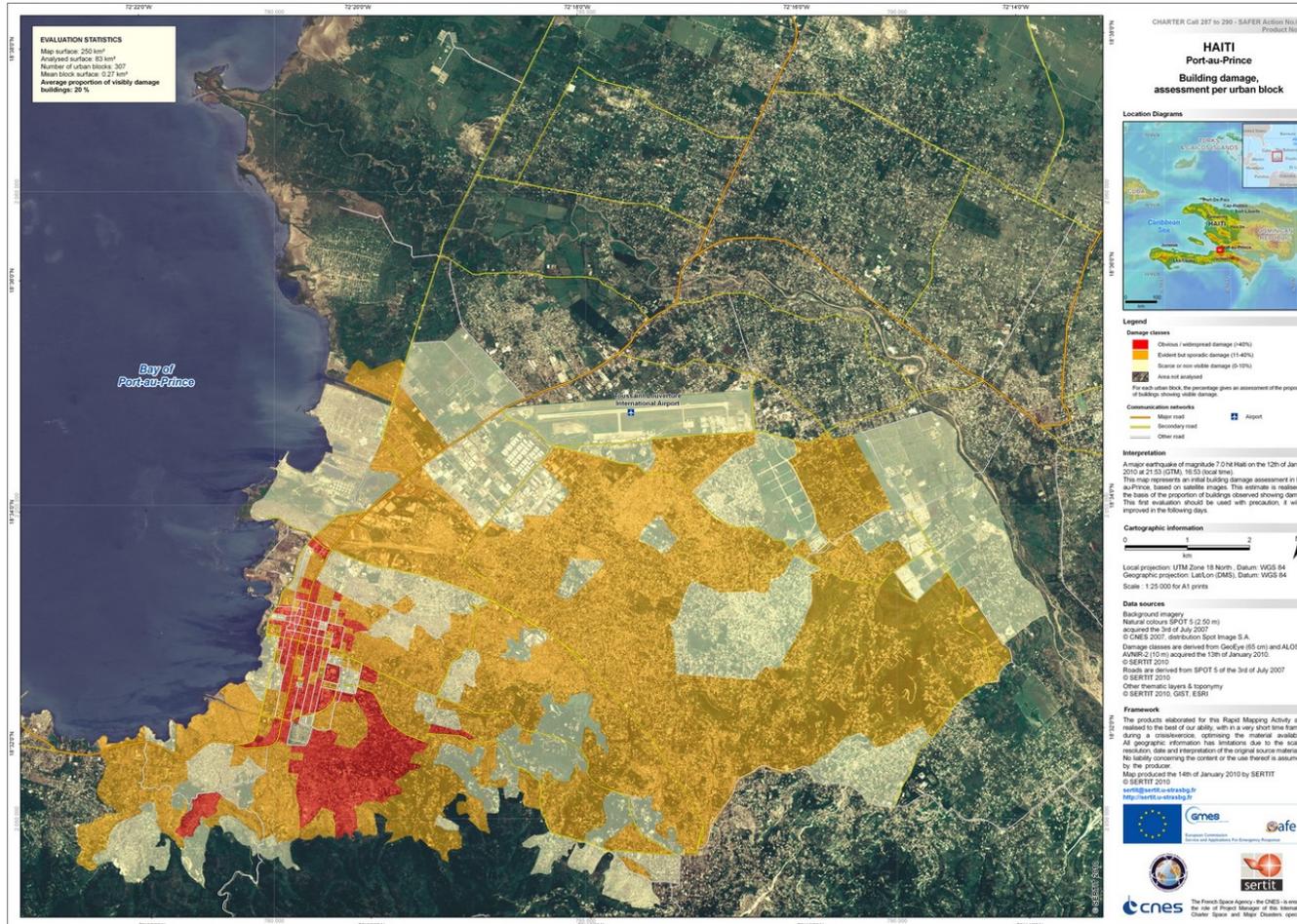


*Worldview-1 (0,50m) acquise le 09/12/2007
Avant le séisme*

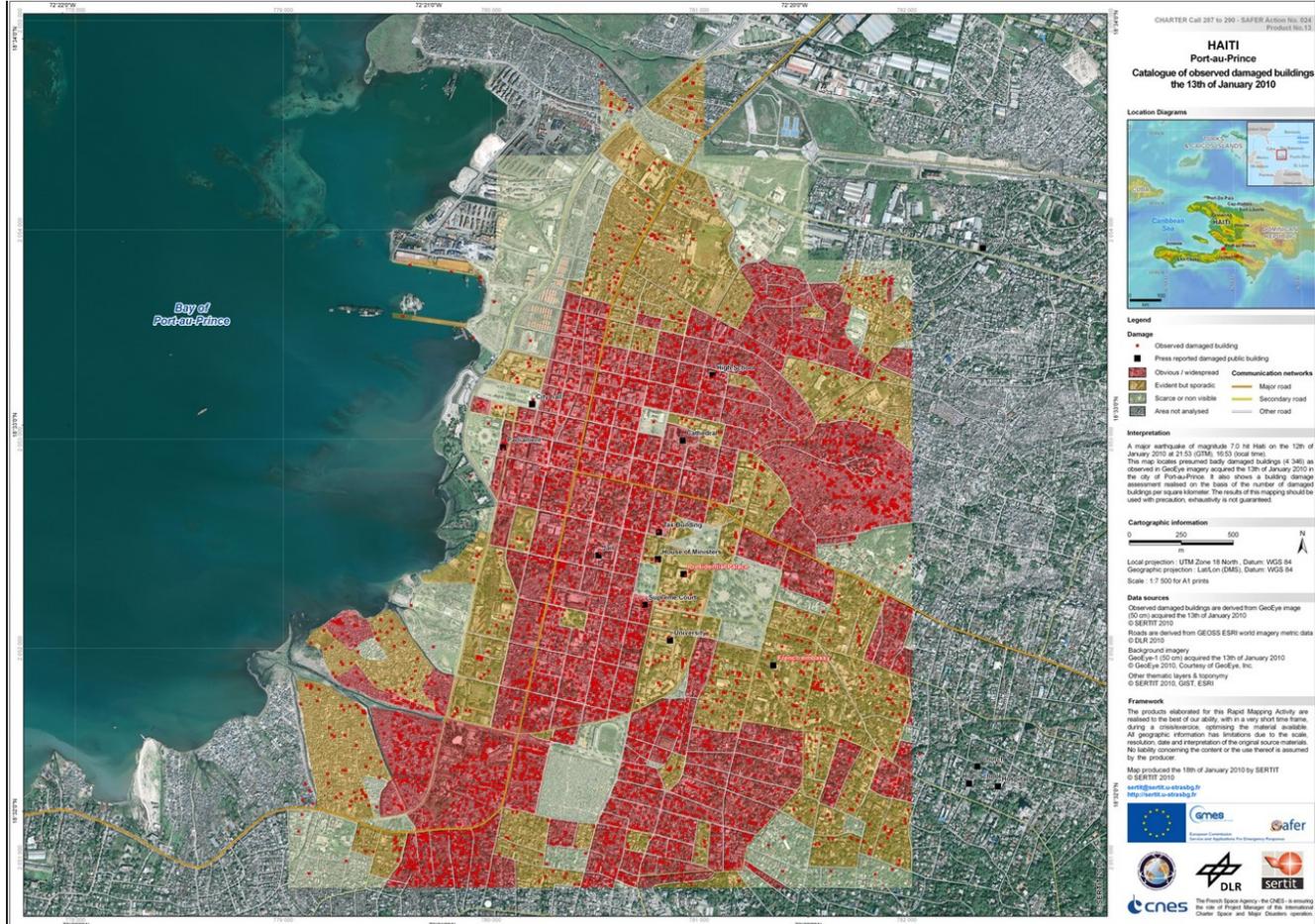


*GeoEye (0,41m) acquise le 13/01/2010
Après le séisme*

Cartographie des dégâts de séisme



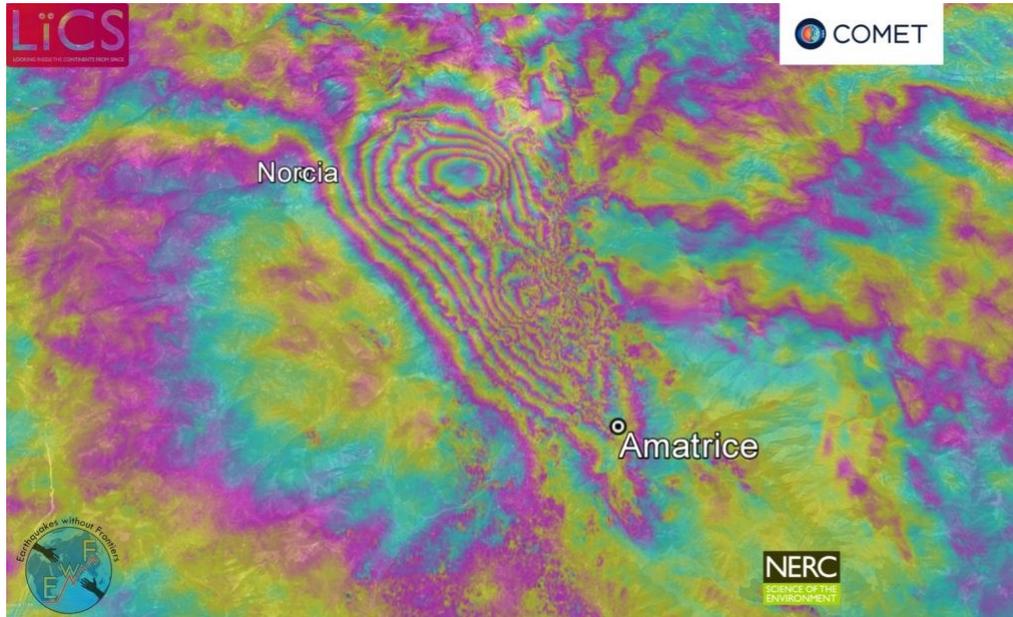
Cartographie des dégâts de séisme



Cartographie des dégâts de séisme



Cartographie des déplacements après séisme



Interférométrie :
exploitation de la phase
du signal radar

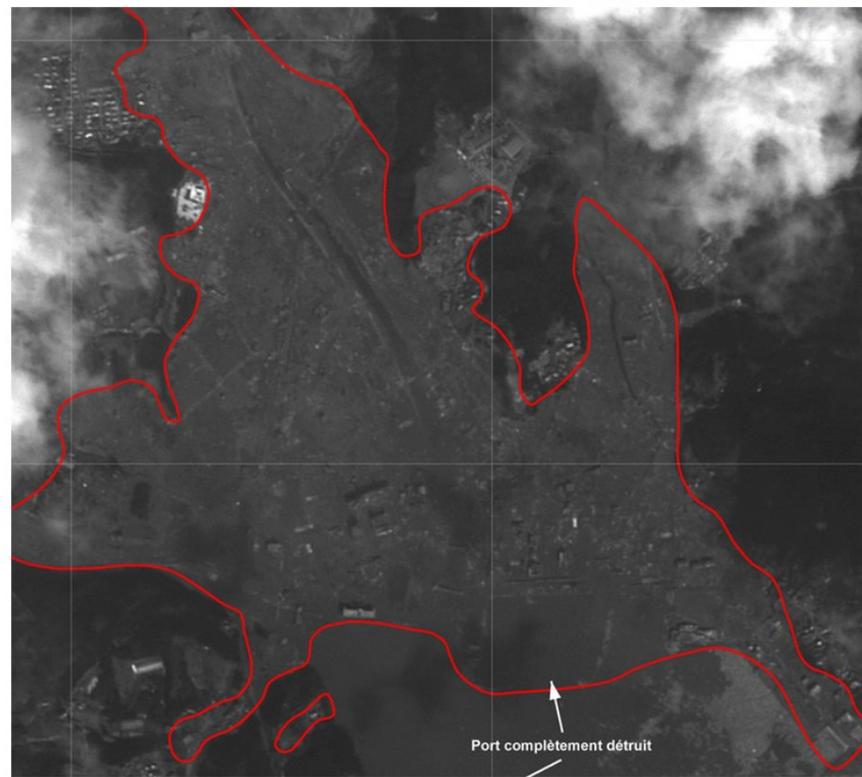
Mise en évidence des
déplacement en fonction
du « déphasage »

Carte

Japon
Mars 2011



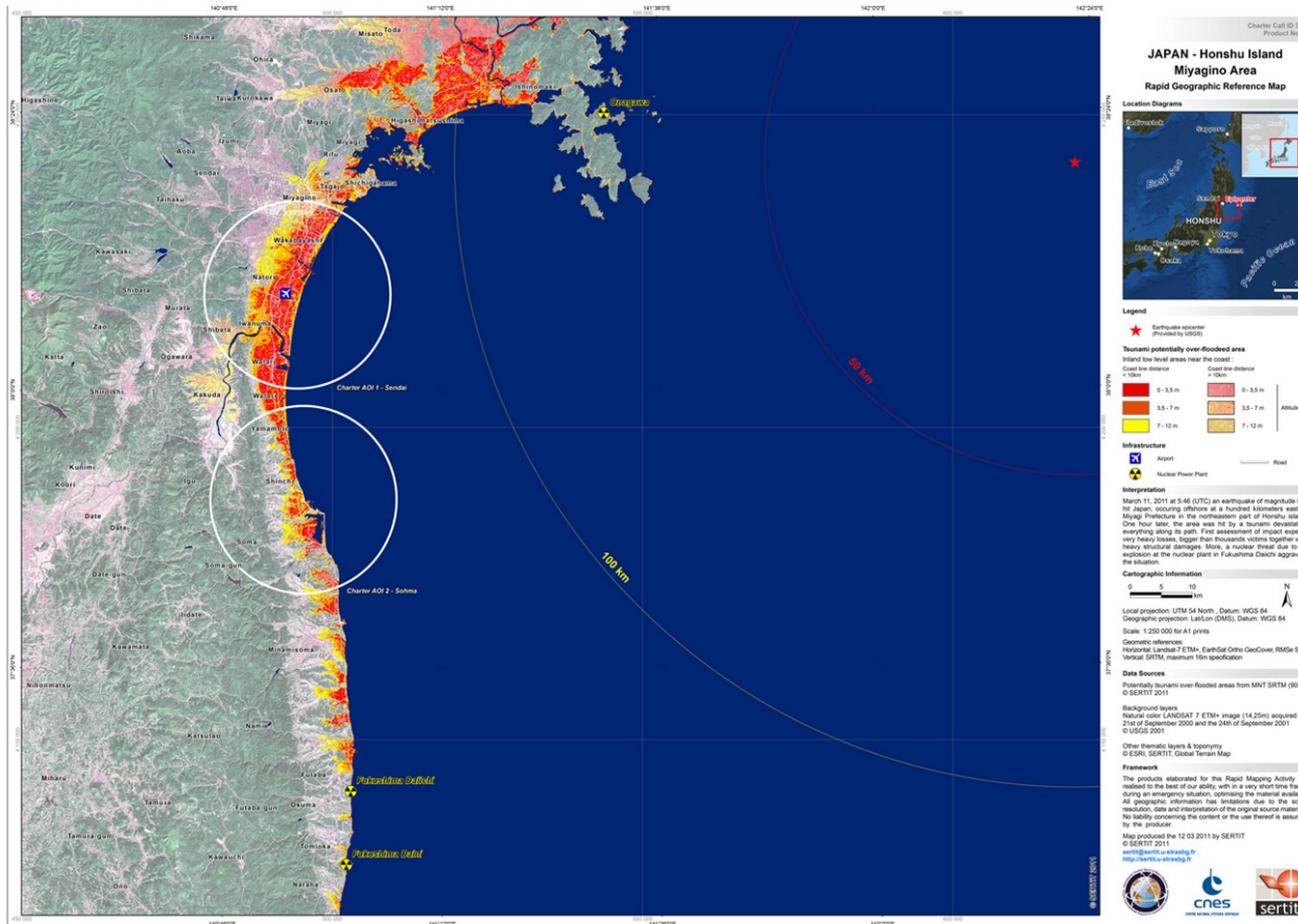
*Worldview-1 (0,50m) acquise le 11 mars 2011
Avant le tsunami*



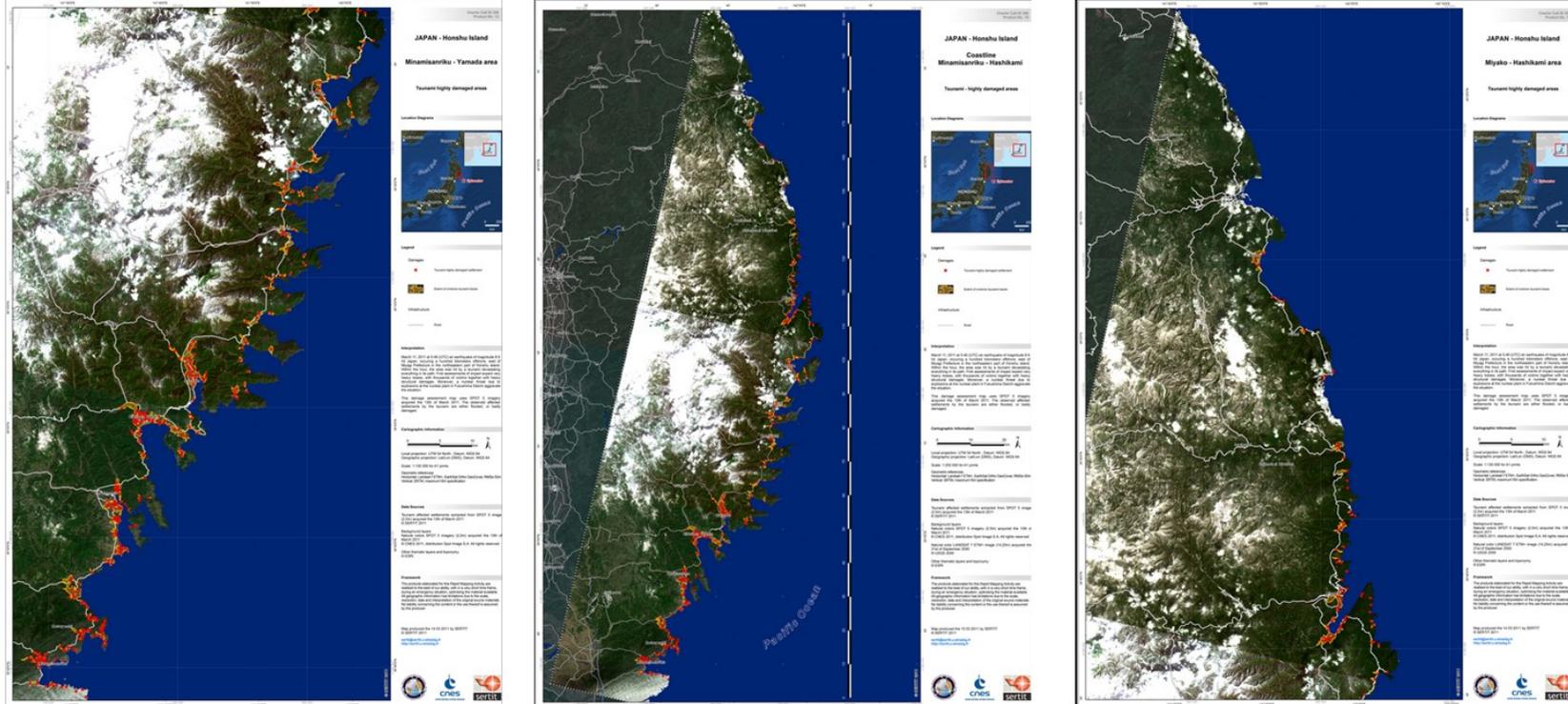
*SPOT-5 (2,50m) acquise le 12 mars 2011
Après le tsunami*

Cartographie des dégâts de tsunami

Produits (H+18)
Japon
Mars 2011



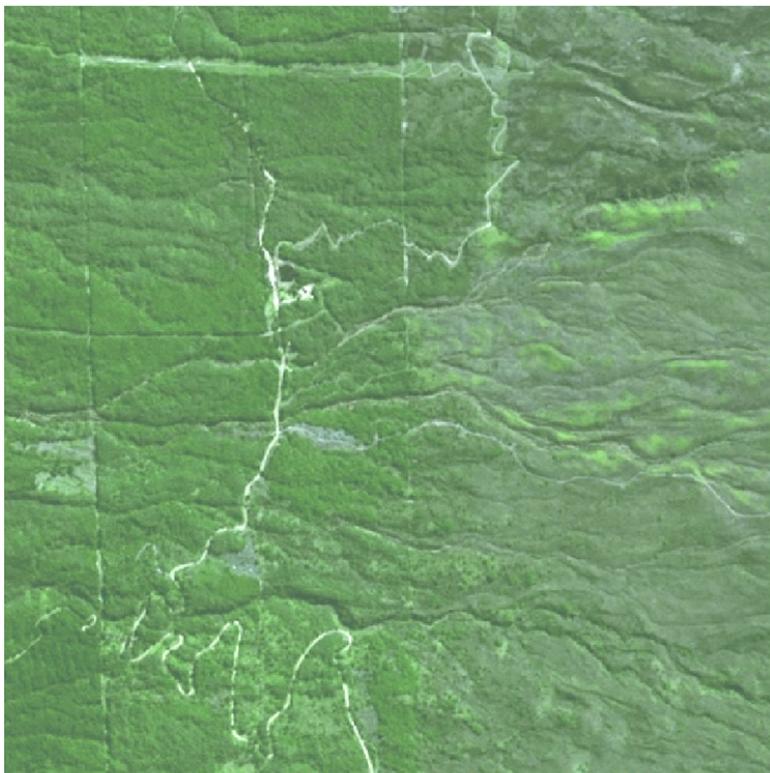
Cartographie des dégâts de tsunami



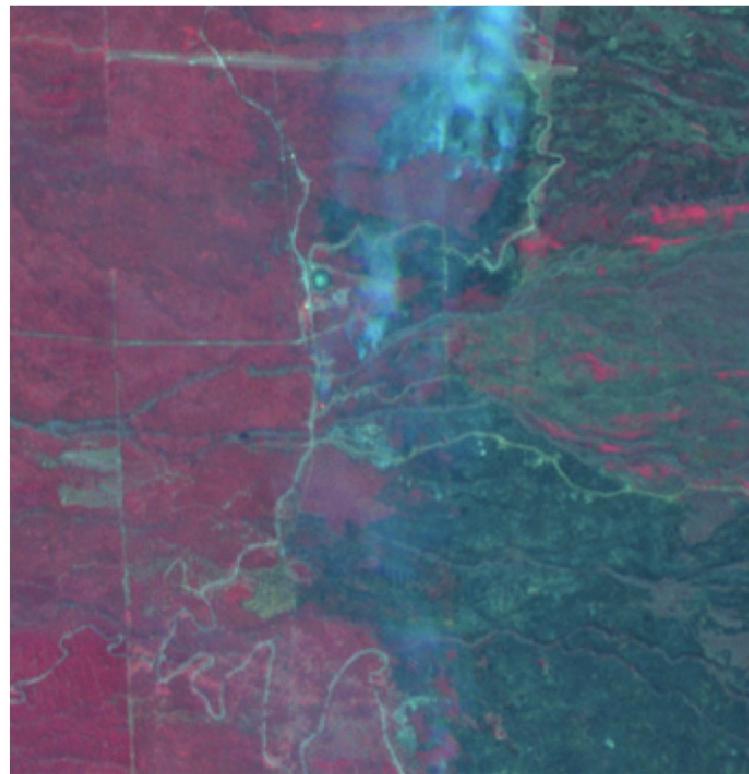
- Cartographie des zones affectées sur 400 km de cotes
- 900 sites détruits identifiés

Cartog

Ile de la Réunion, France Octobre 2011

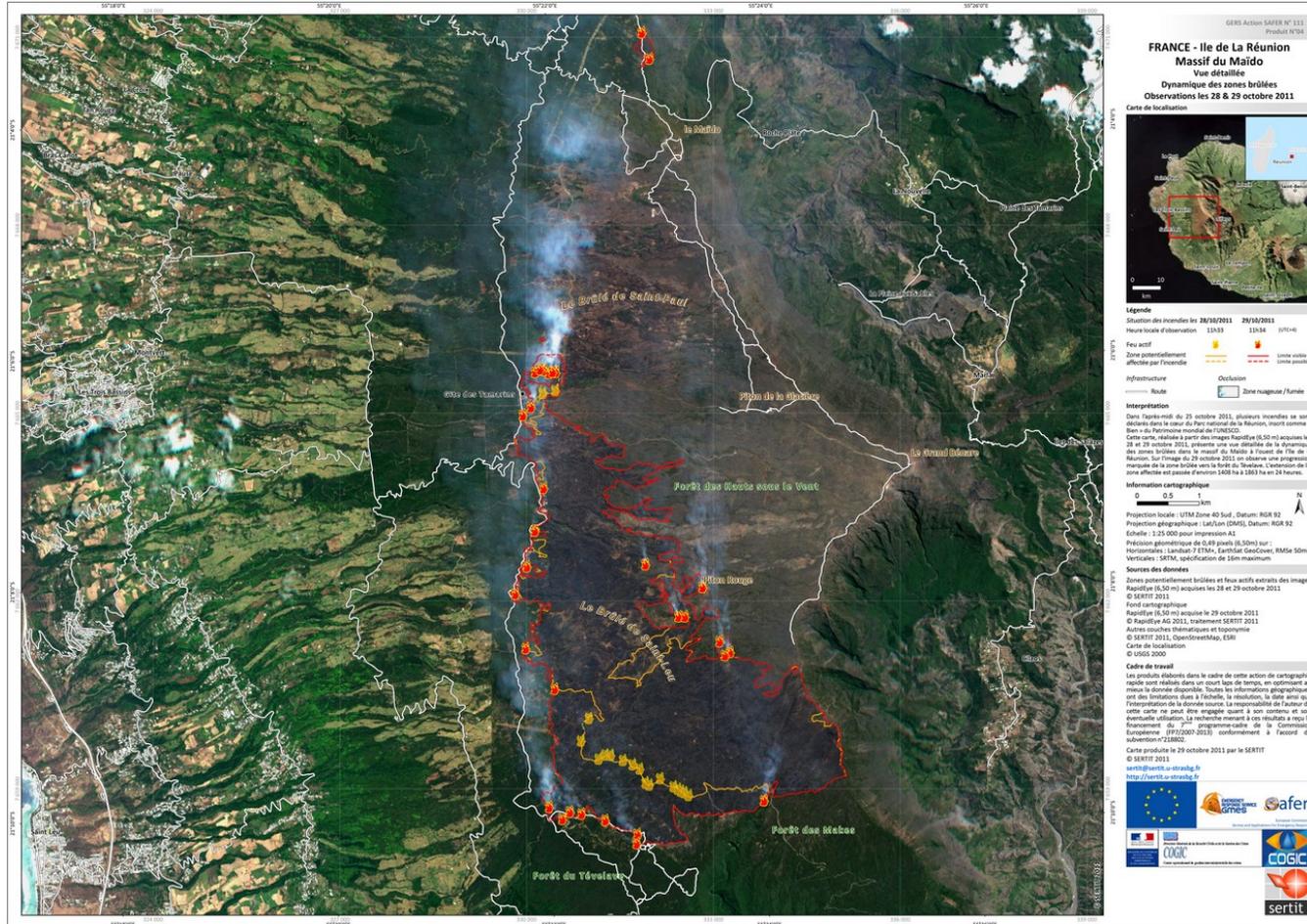


*SPOT-5 (10m) acquise le 30 mai 2011
Avant l'incendie*

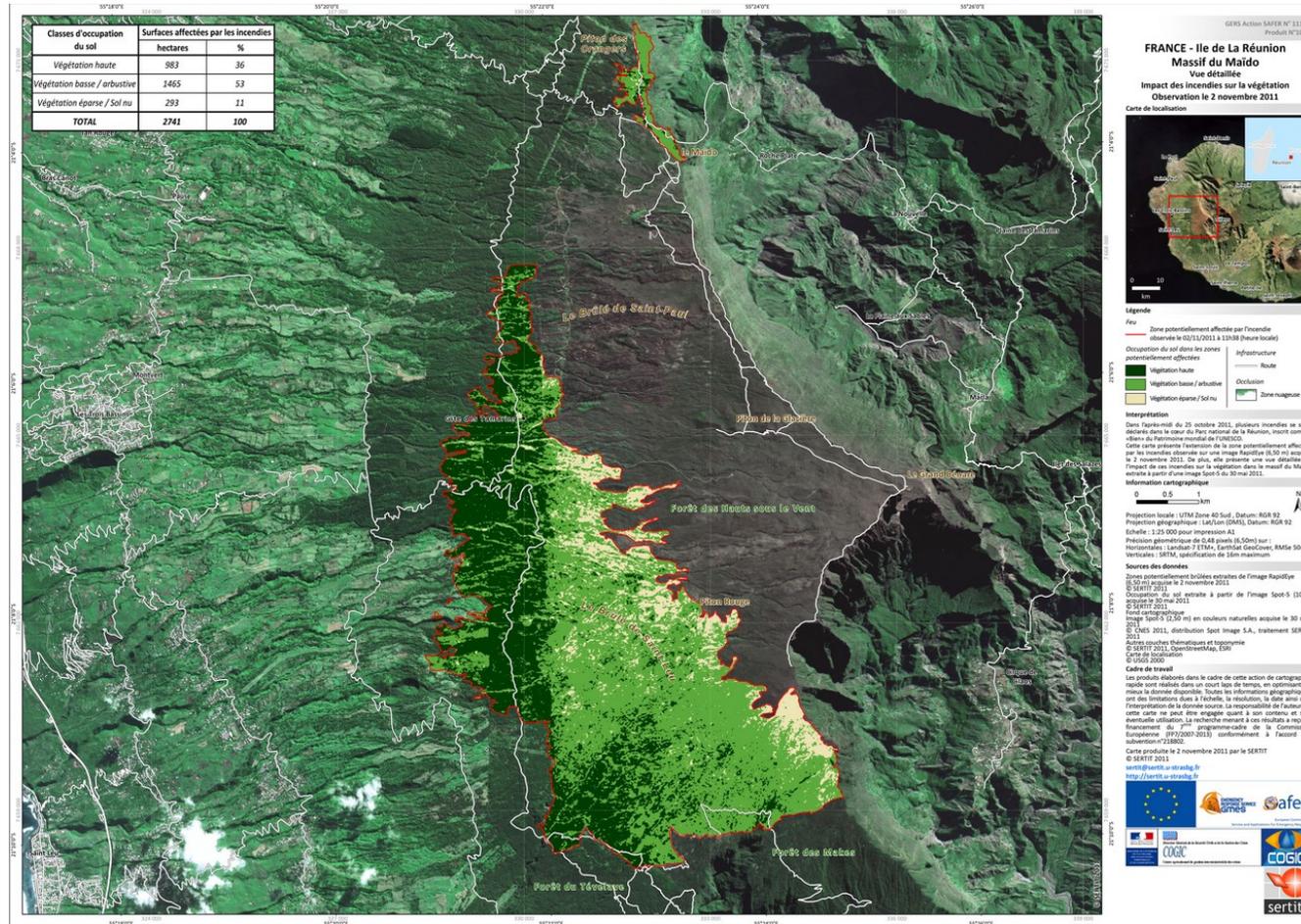


*RapidEye (6,50m) acquise le 29 octobre 2011
Pendant l'incendie*

Cartographie des incendies



Cartographie des incendies



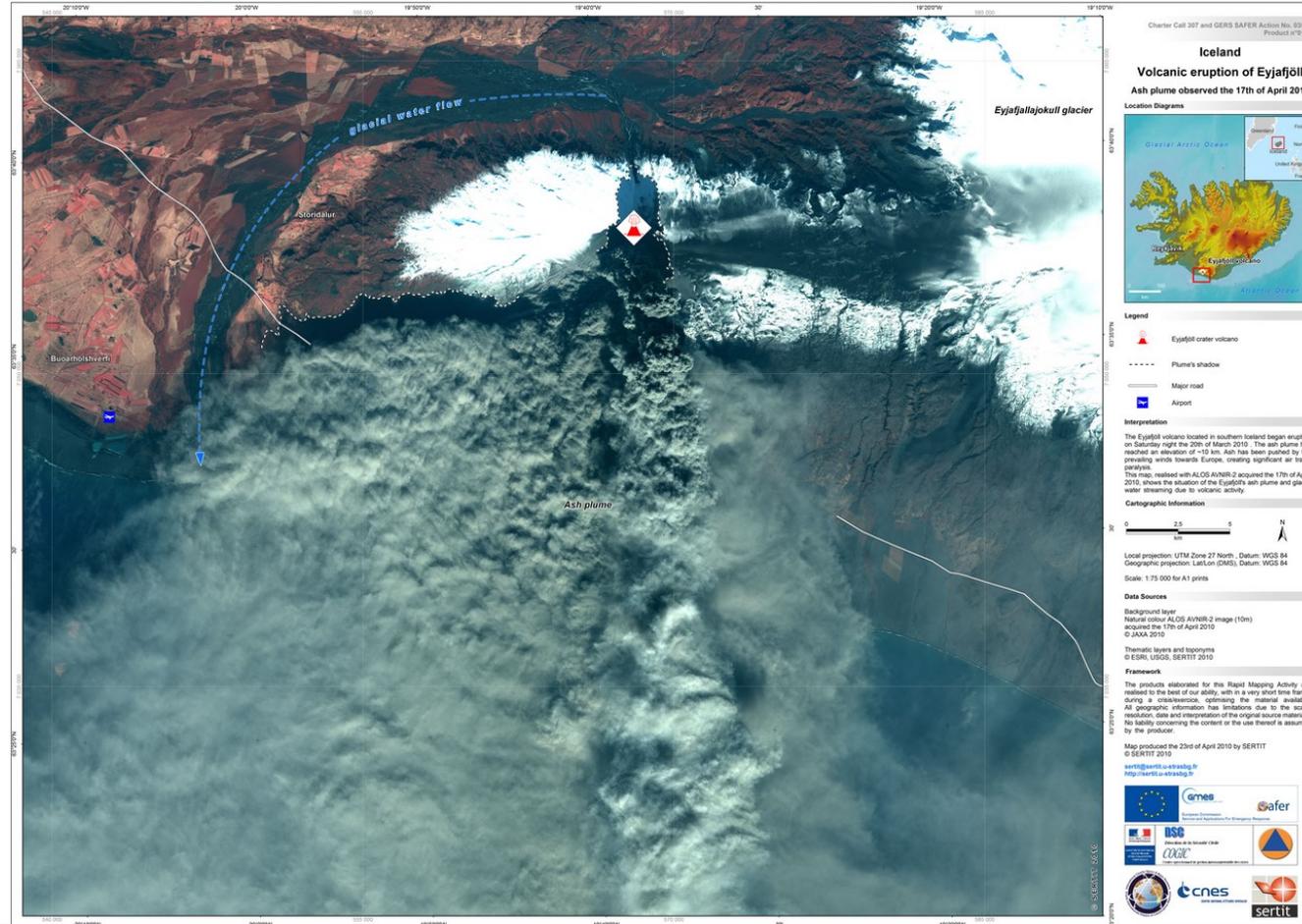
Cartographie des éruptions volcaniques



Eyjafjöll, Island
Avril 2010

MODIS (250m) acquise le 17/04/2010 pendant l'éruption

Cartographie des éruptions volcaniques



Cartographie des catastrophes industrielles

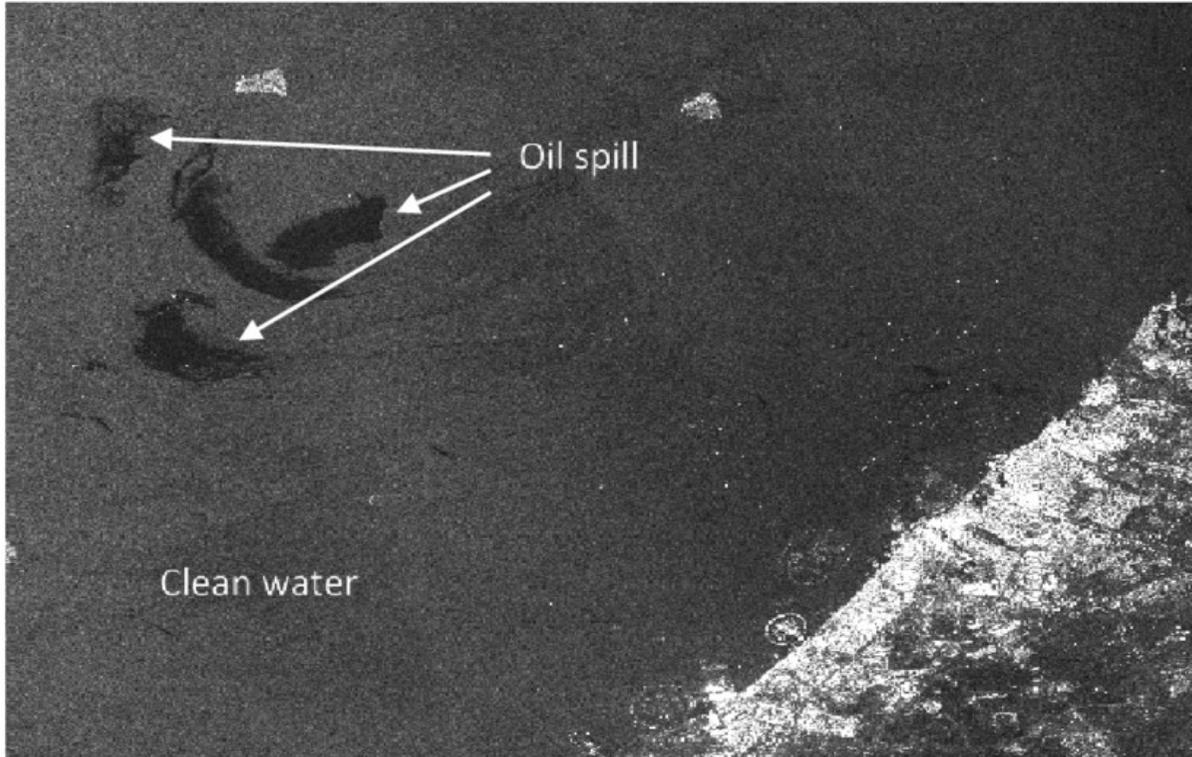
Fuite d'hydrocarbure
Port-au-Prince, Haïti
Janvier 2010



GeoEye (0,41m) acquise le 13/01/2010

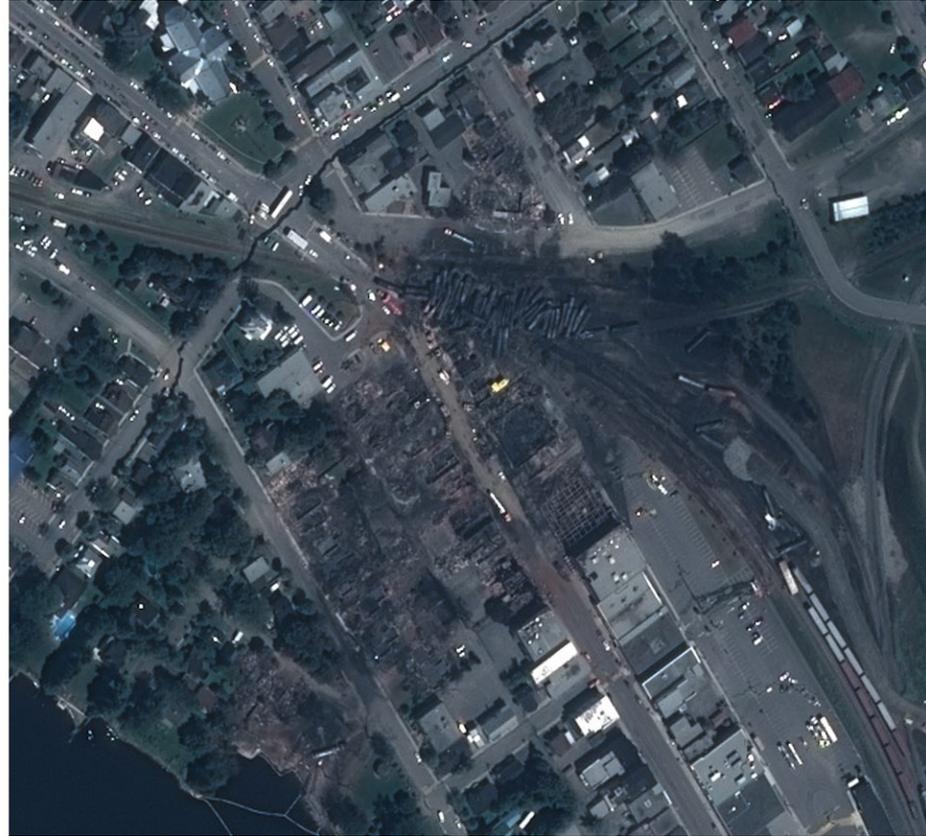


Cartographie des catastrophes industrielles



Le radar est sensible aux changements de rugosité

Cartographie des catastrophes industrielles



Accident ferroviaire
Lac Megantic, Canada
Juillet 2013

*Image Pléiades (0,70m rééchantillonnée à 0,50m)
acquise le 13/07/2013 après l'accident*

Cartographie des catastrophes industrielles

Rupture de digue,
Kolontáron, Hongrie
Octobre 2010

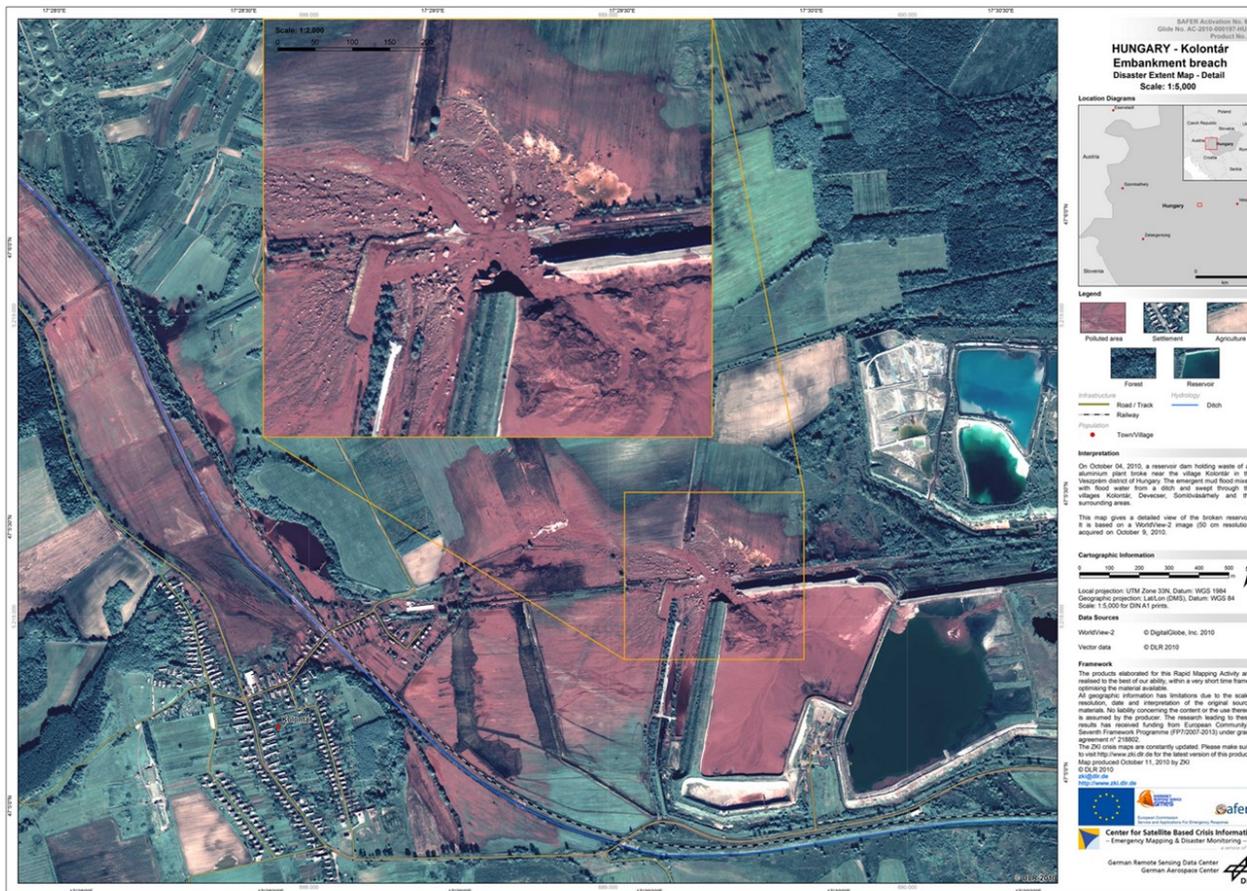
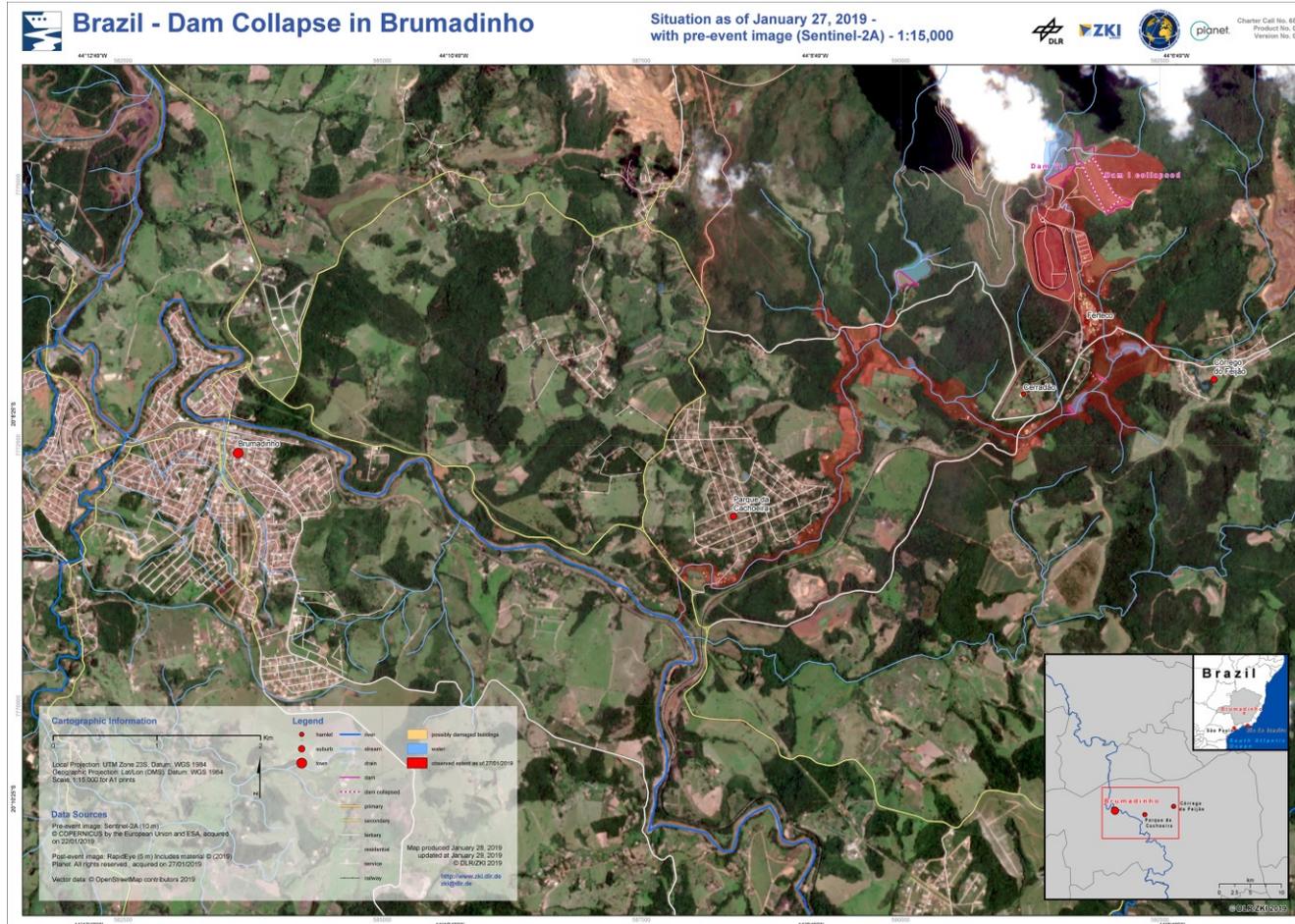


Image Worldview-2 (0,50m) acquise le 9/10/2010, Carte réalisée par DLR/ZKI

Cartographie des catastrophes industrielles



Altimétrie

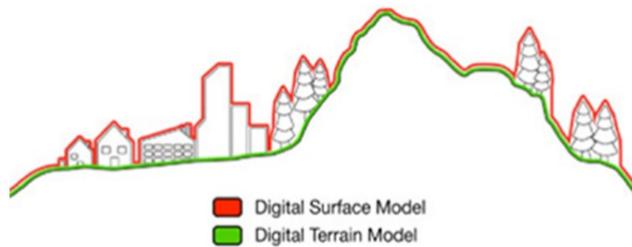
DEM : Digital Elevation Model

DTM : Digital Terrain Model

DSM : Digital Surface Model

En théorie : $DEM = DSM - DTM$

En pratique : $DEM = DTM$

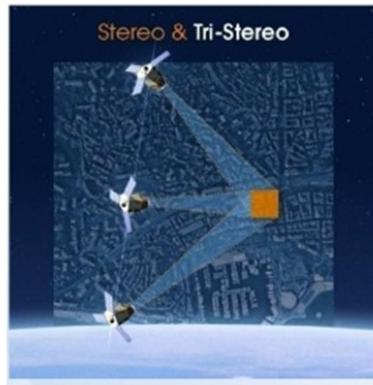


SRTM DTM
Corse, France

Donnée raster (1 bande)

Stéréoscopie – Génération de DSM

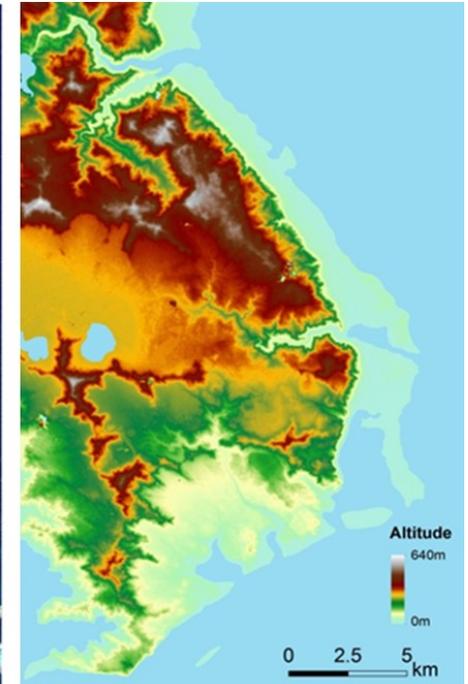
Certains capteurs VHR (Pléiades par exemple) sont suffisamment agiles pour permettre plusieurs acquisitions à la fois, en particulier l'acquisition de trois images sur un même secteur durant un seul survol, dont une acquise pratiquement au nadir.



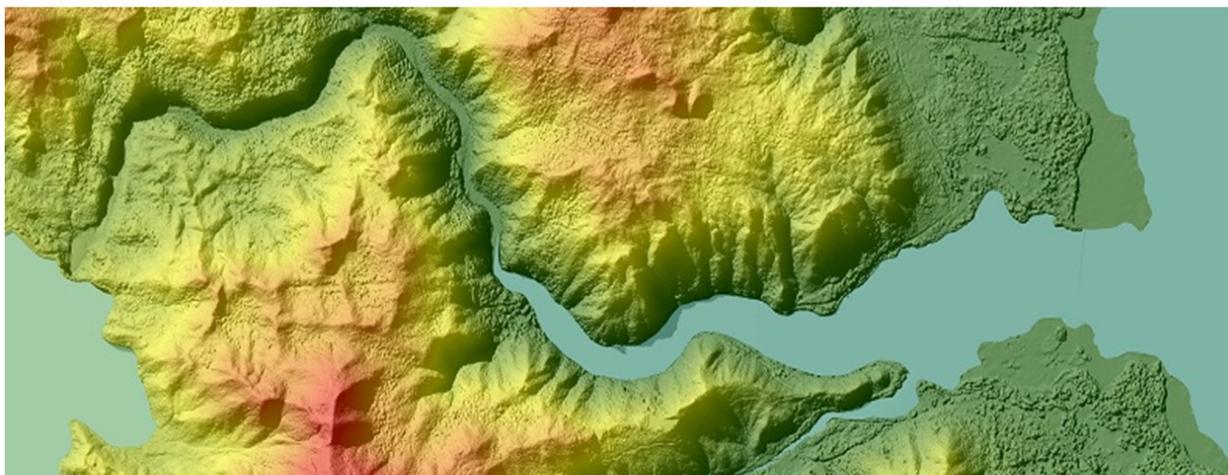
Les données stéréoscopiques sont traitées à l'aide d'algorithmes de photogrammétrie pour produire les DSM



Yaté, Nouvelle-Calédonie



Stéréoscopie – Génération de DSM

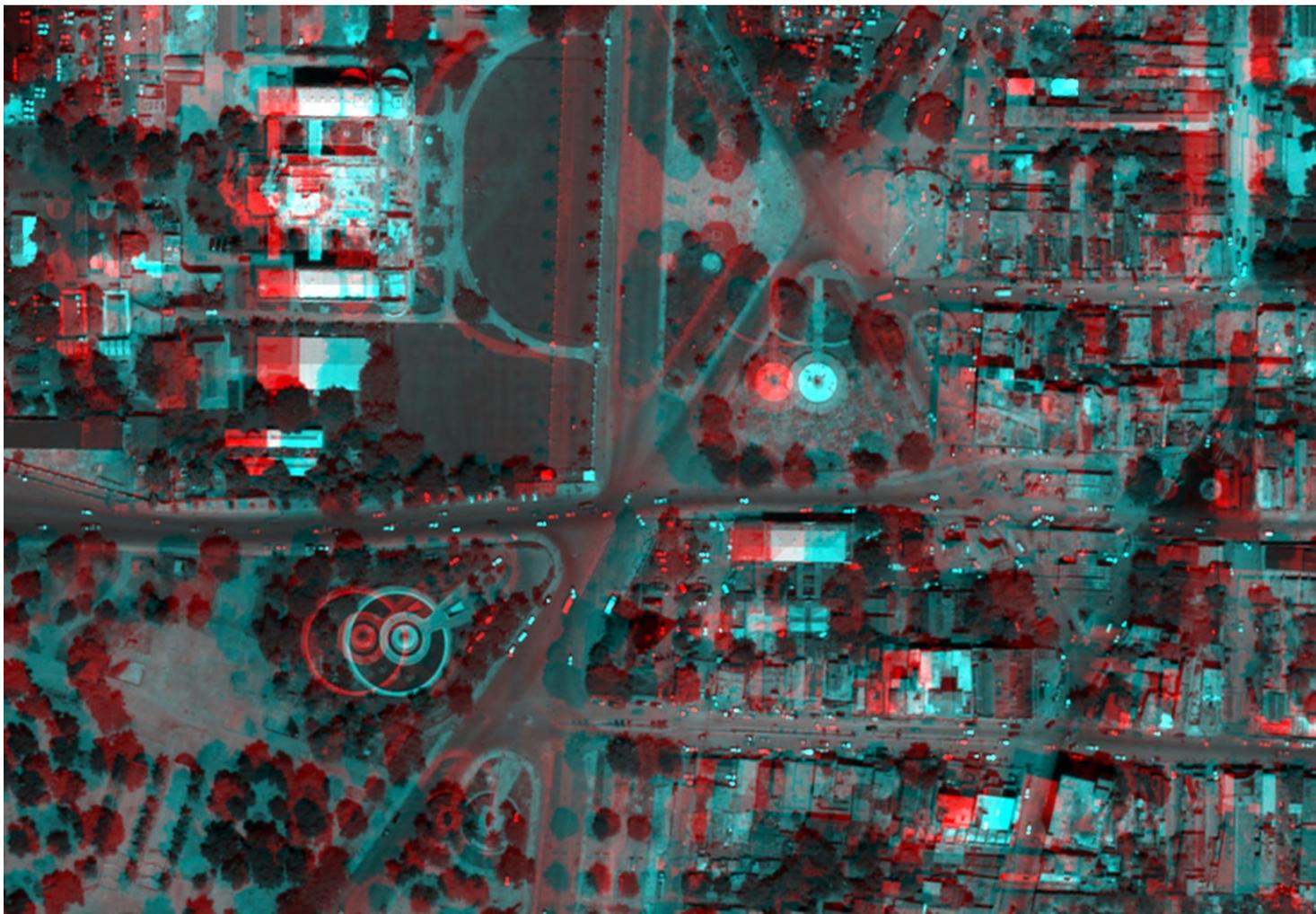


Yaté, Nouvelle-Calédonie



Stéréoscopie - Anaglyphe

Port-au-Prince
Haïti



Liens utiles

Site du Recovery Observatory

<https://www.recovery-observatory.org/>

Documentation QGIS

<http://www.qgis.org/fr/docs/index.html>

Documentation Orfeo Toolbox

<http://orfeo-toolbox.org/otb/>

Documentation GDAL

<http://www.gdal.org/>

Site de la charte internationale « Espaces et catastrophes majeures »

<https://www.disasterscharter.org/web/quest/home>

Georezo : portail francophone de la géomatique

<http://georezo.net/>

Cours

Notions fondamentales de télédétection – Centre canadien de télédétection

<http://www.rncan.gc.ca/sciences-terre/geomatique/imagerie-satellitaire-photos-aeriennes/imagerie-satellitaire-produits/ressources-educatives/9310>
PDF

Principes de la télédétection – Agence Spatiale Européenne (ESA)

http://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_FR/SEMJL0S7NWF_0.html

Cours télédétection/SIG - Ecole Nationale des Sciences Géographiques (ENSG)

<http://fad.ensg.eu/moodle/course/index.php>

Guide de la télédétection - EO Edu/Belspo

<http://eoedu.belspo.be/fr/guide/index.htm> **PDF**

Cours télédétection - Ecole Normale Supérieure Paris (ENS)

<http://www.geographie.ens.fr/IMG/file/kergomard/Teledetection/CTeledetection.pdf> **PDF**

Systèmes de référence de coordonnées – Institut Géographique National (IGN)

<http://geodesie.ign.fr/index.php?page=srt>

Données gratuites

Images satellites

Landsat 8 : <http://earthexplorer.usgs.gov/>

Modis : <https://earthdata.nasa.gov/data/near-real-time-data/rapid-response>

Sentinel : <https://scihub.esa.int/dhus/>

Recovery Observatory : <https://www.recovery-observatory.org/>

Modèles numériques de terrain

ASTER Global: <http://earthexplorer.usgs.gov/>

SRTM : <http://earthexplorer.usgs.gov/>

Base de données

Open Street Map : <http://www.openstreetmap.org>

Google Map Maker : <https://services.google.com/fb/forms/mapmakerdatadownload>

Kal-Haïti : <http://kal-haiti.kalimsat.eu/>