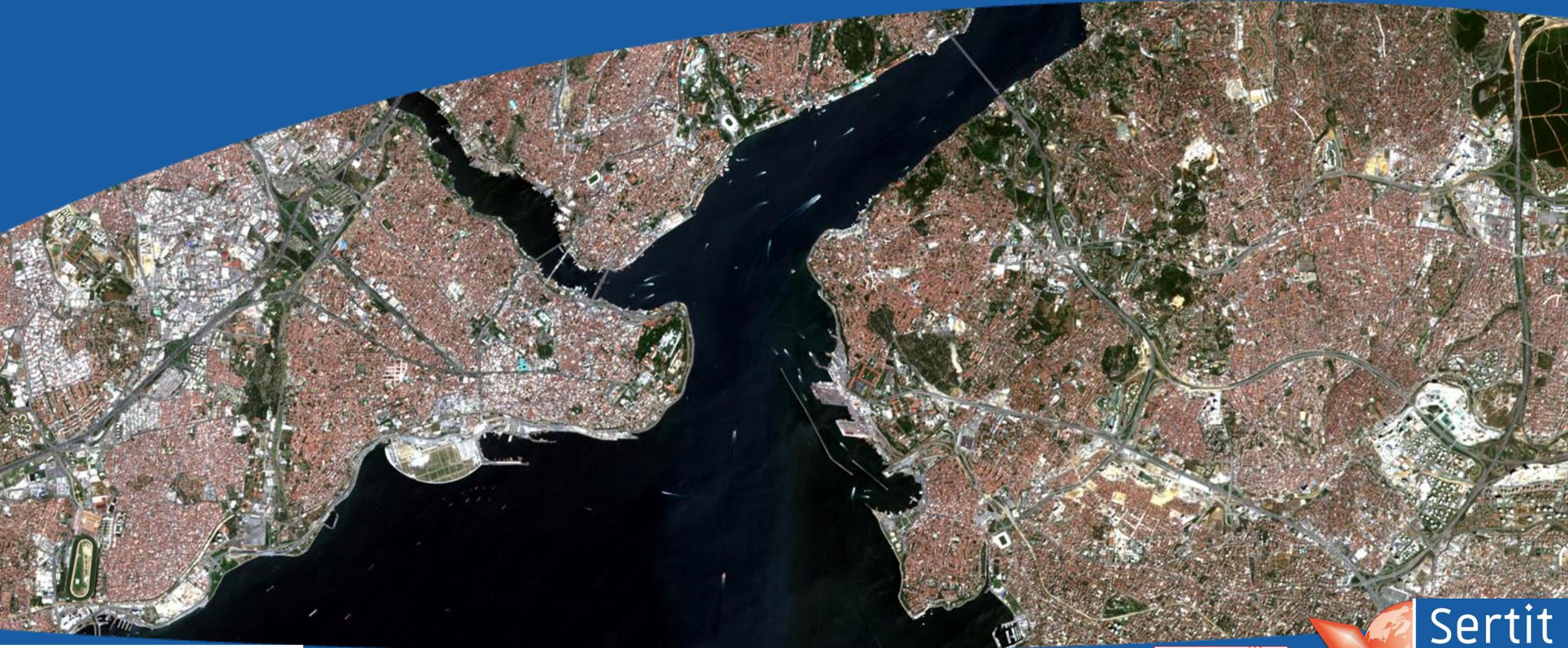


Introduction à la réalisation de spatio-cartes

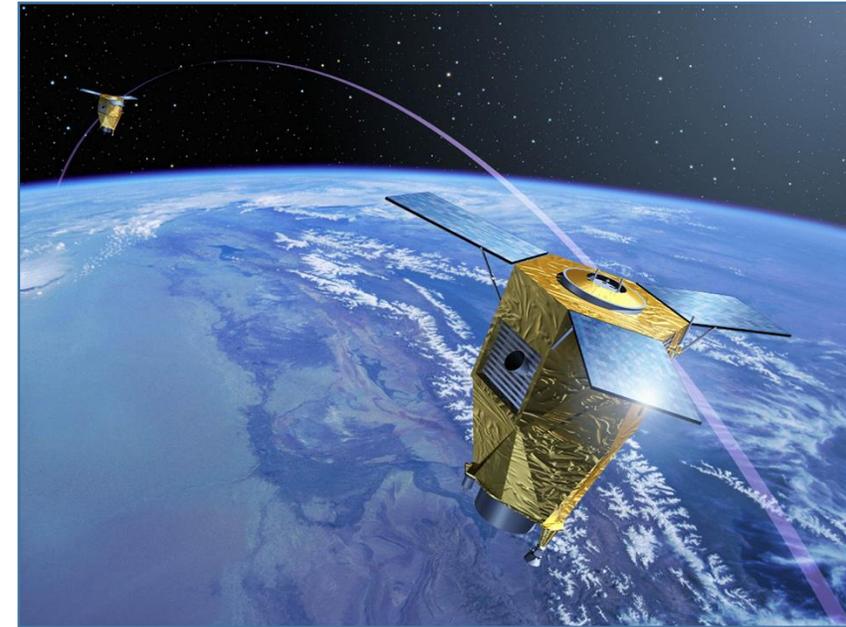
Robin Faivre / ICube-SERTIT



1. Principe de l'Observation de la Terre
2. Capteurs et caractéristiques de l'image
3. Manipulation des données raster
4. Pré-traitements
5. Extraction d'information
6. Production cartographique
7. Exemples d'applications

- **Téledétection**

Ensemble des connaissances et techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux-ci.

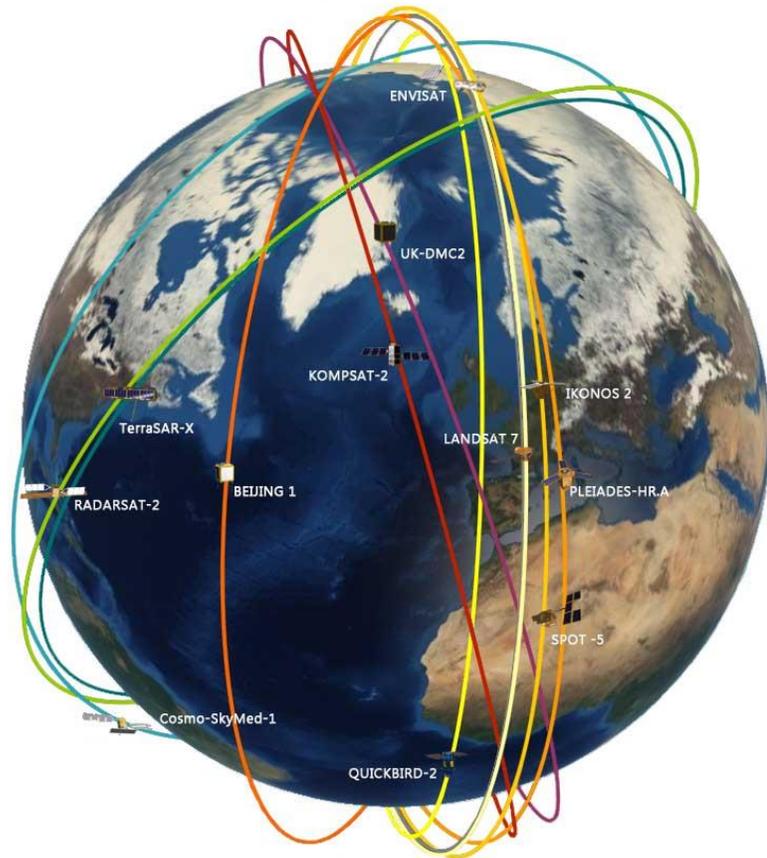


©CNES

- **Traitement d'image**

Etude des images numériques et de leurs transformations, dans le but d'améliorer leur qualité ou d'en extraire de l'information





Orbites héliosynchrones

Orbites basses (LEO)

Situées entre 180 et 800km d'altitude, ces orbites sont dédiées à l'Observation de la Terre, car elle permettent une bonne visibilité de la surface.

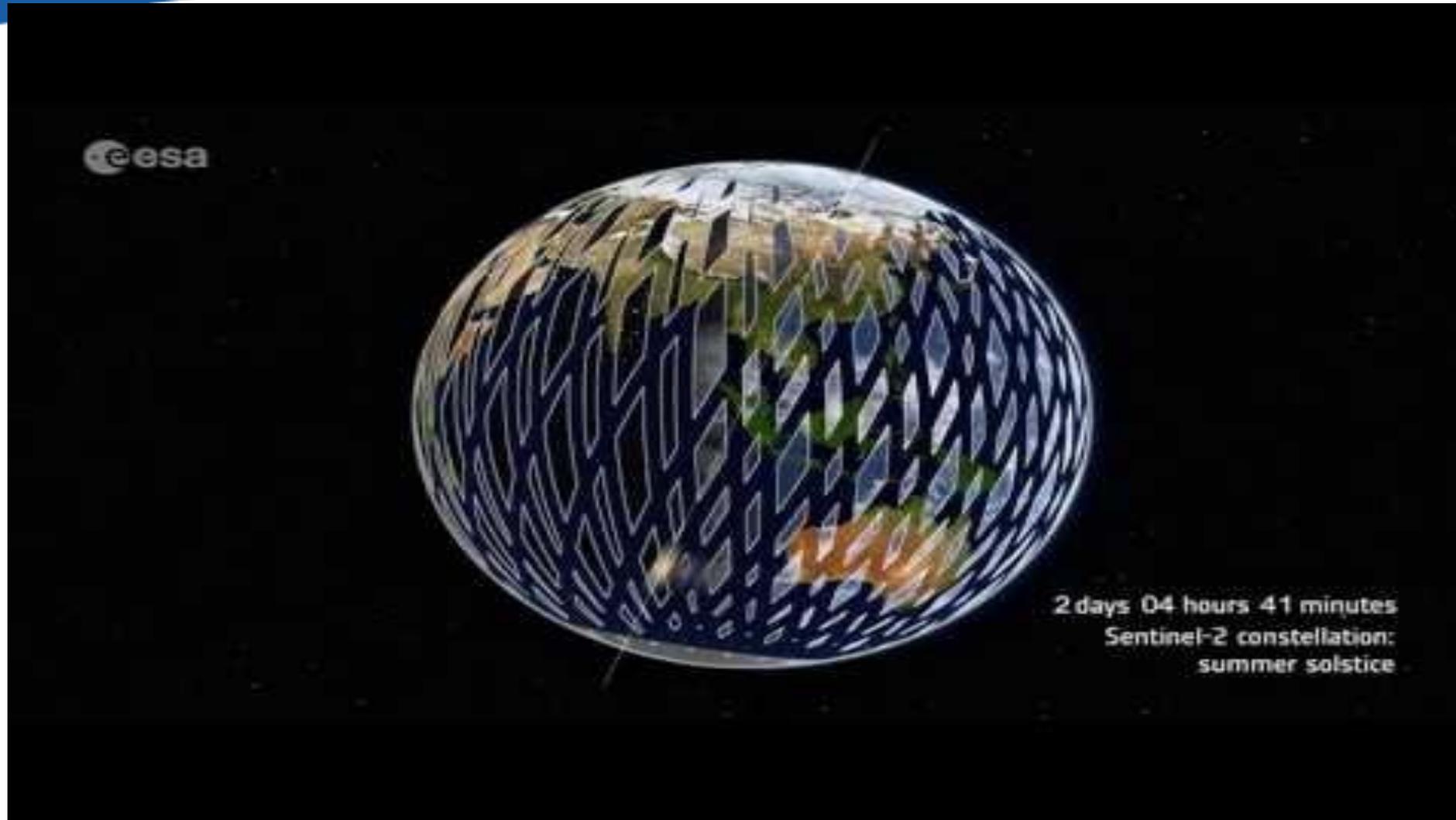
Le satellite survole un même point de la surface toujours vers la même heure solaire local

-> Haute fréquence de revisite possible

[Animation](#)

Orbites des satellites d'Observation de la Terre

Exemple de Sentinel-2



[YouTube](#)

Mode d'acquisition :

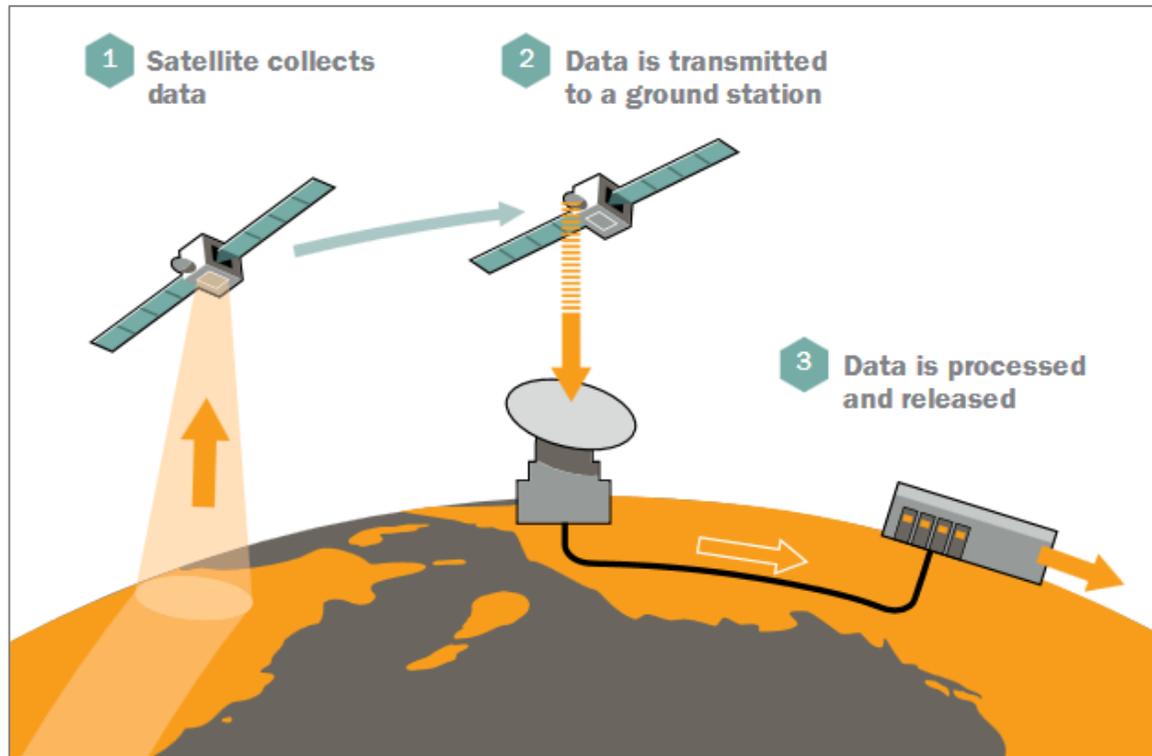
- On demand
- Systematic

Accès aux données :

- Catalogue d'archives (on demand / systematic)
- Nouvelles acquisitions par programmation (on demand)
- Prochaines acquisitions prévues et connues (systematic)



Sélection de satellites d'Observation de la Terre (@Geospatial world)



SOURCE: <http://satellites4everyone.co.uk/technology/earth-observation/>

La plupart des satellites n'acquiert pas des données en continu, car limitations en terme d'alimentation et de mémoire.

Acquisition à la demande pour les satellites VHR (5 à 10 minutes sur 90 une orbite de 90 minutes).

Acquisition en continu pour les satellites HR et MR.

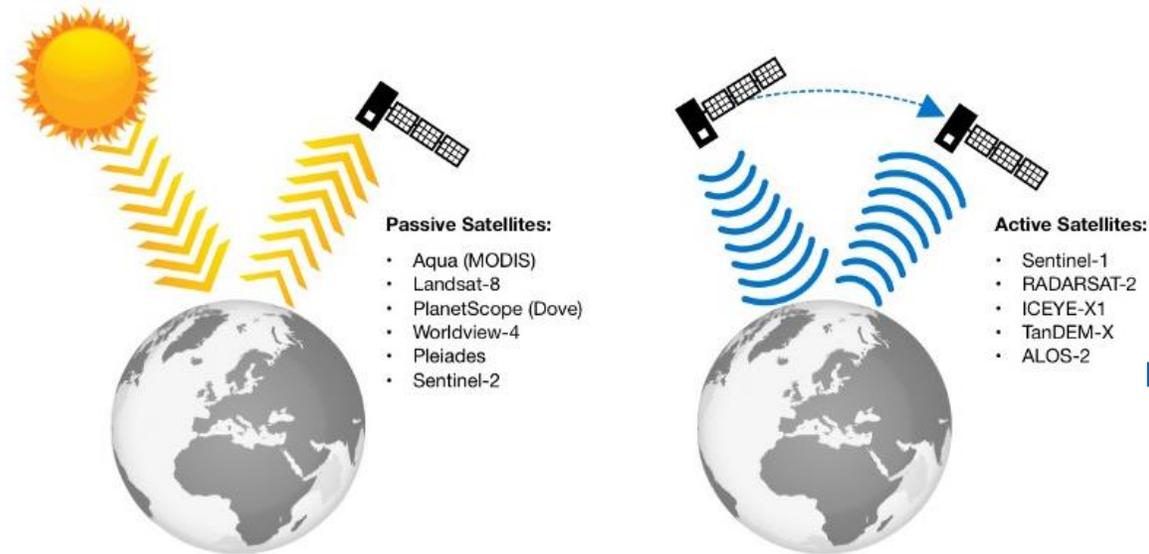
Les données sont stockées à bord jusqu'à ce qu'une station au sol soit visible afin de télécharger les images.

Le temps entre l'acquisition et la mise à disposition d'une image pour téléchargement par l'utilisateur, peut aller de quelques minutes à quelques jours.

[SpaceDataHighway](#)

Passive vs. Active Sensors

Most Earth observation satellites are passive, only receiving image data from reflected sunlight, but a few utilize active image capture by transmitting their own signal.



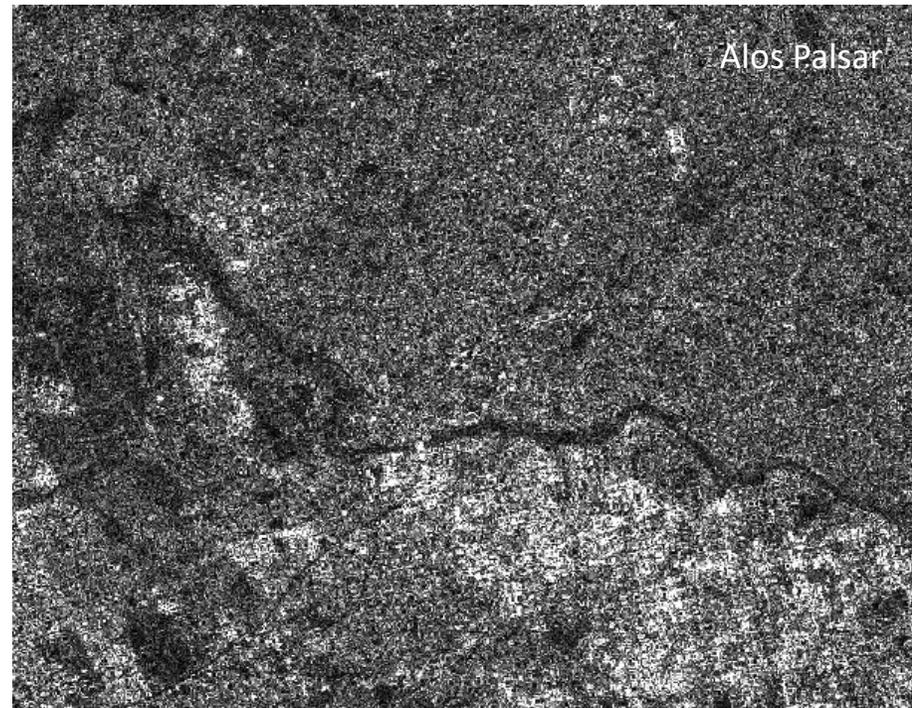
Les satellites passifs mesurent le rayonnement solaire réfléchi par la surface de la Terre, tel que le spectre visible et proche-infrarouge. Les satellites passifs ne sont pas capables d'observer à travers les nuages

Les satellites actifs émettent un rayonnement vers la surface de la Terre et mesurent le signal réfléchi, ce qui fournit une information sur cette dernière.

Les satellites actifs sont capables d'observer à travers les nuages.

SOURCE: <http://satellites4everyone.co.uk/technology/earth-observation/>

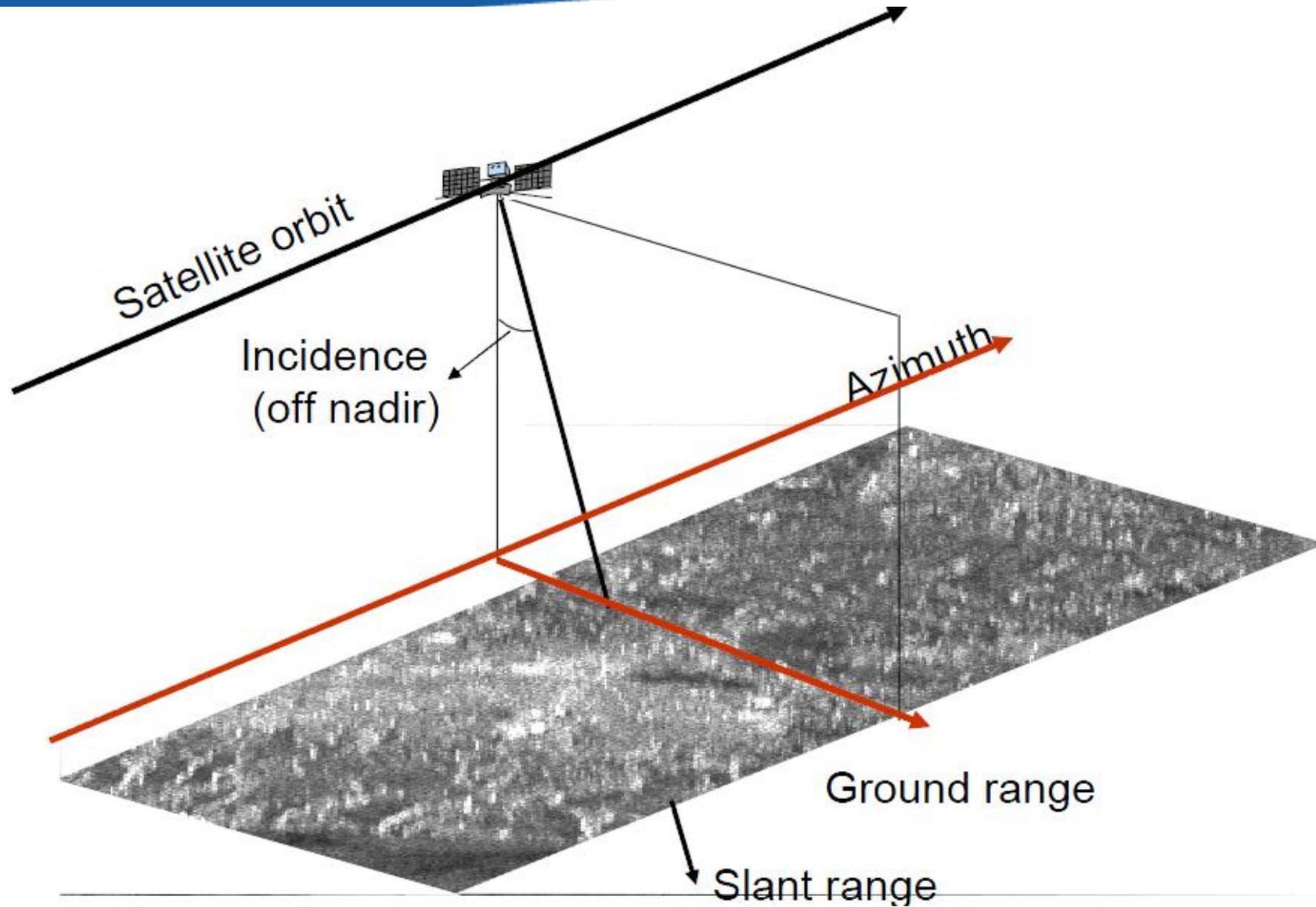
Optique VS radar



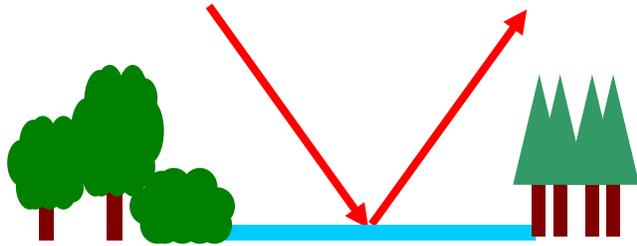
L'interaction entre le rayonnement solaire et les matériaux dépend de la longueur d'onde. Au cours de son trajet entre le Soleil, la Terre puis le capteur, ce rayonnement est:

- **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.

Image SAR (radar)

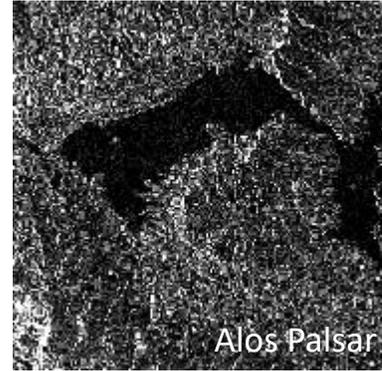


Rétrodiffusion (radar)



Réflexion spéculaire

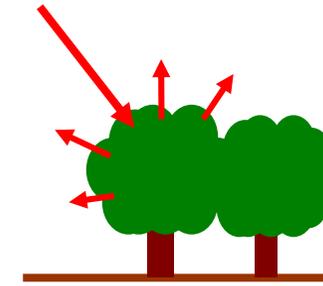
→ zones sombres



Alos Palsar



Landsat 8



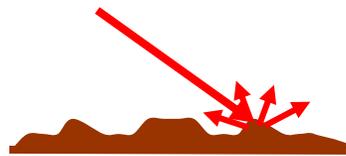
Rétrodiffusion de volume

→ zones grises



Double réflexion

→ zones brillantes



Rétrodiffusion par
une surface rugueuse

→ zones grises



Alos Palsar



Landsat 8

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

1. Principe de l'Observation de la Terre
- 2. Capteurs et caractéristiques de l'image**
3. Manipulation des données raster
4. Pré-traitements
5. Extraction d'information
6. Production cartographique
7. Exemples d'applications

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.

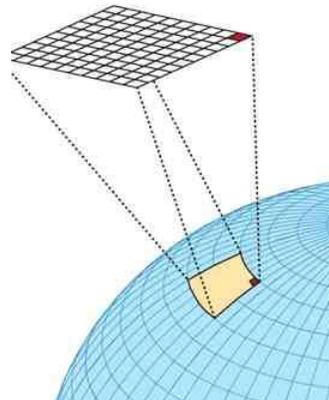
La mesure est convertie en image digitale, où chaque éléments (i.e. pixels) a une valeur discrète sous forme de **compte numérique** (CN). L'image résultante possède des caractéristiques (i.e. **résolutions**) qui peuvent varier en fonction des capteurs. Il y a ainsi plusieurs types de résolutions :

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

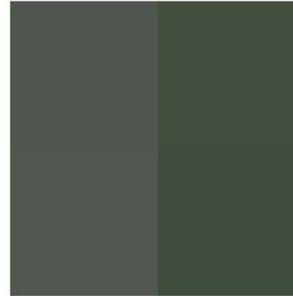
La résolution spatiale d'une image satellite est la taille de la zone couverte par un pixel. Chaque pixel de l'image correspond à une partie de la surface de la terre.

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	≤ 1 m	$1 \text{ m} < 4 \text{ m}$	$4 \text{ m} < 10 \text{ m}$	$10 \text{ m} < 30 \text{ m}$

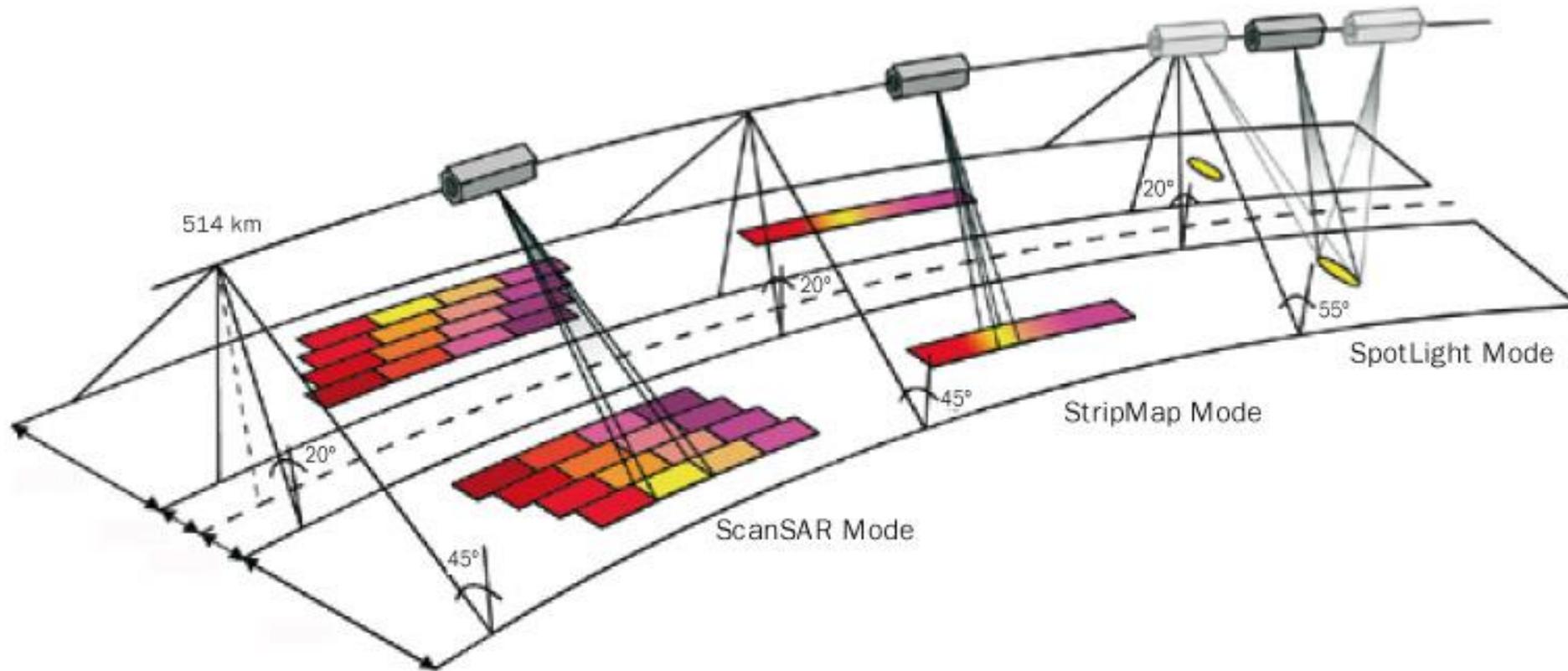
Fauchée

Quelle surface visible ?



La largeur de la bande de surface visible par le satellite est appelée la **fauchée**. Les satellites ayant différentes tailles de fauchée ont donc différentes résolutions temporelles (en fonction du mode d'acquisition). Ainsi, les satellites ayant une fauchée large ont une résolution spatiale plus basse, mais une fréquence de revisite élevée de revisite.





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

L'œil ne voit que le visible
En plus du visible, certains satellites optiques sont capables de capter un rayonnement hors du visible (ex : infrarouge).

Le rayonnement est capté par bande : une image satellite est composée de une ou plusieurs bandes, correspondant chacune à un intervalle spectral

La résolution spectrale correspond au nombre et caractéristiques des bandes dans lesquelles le satellite observe.

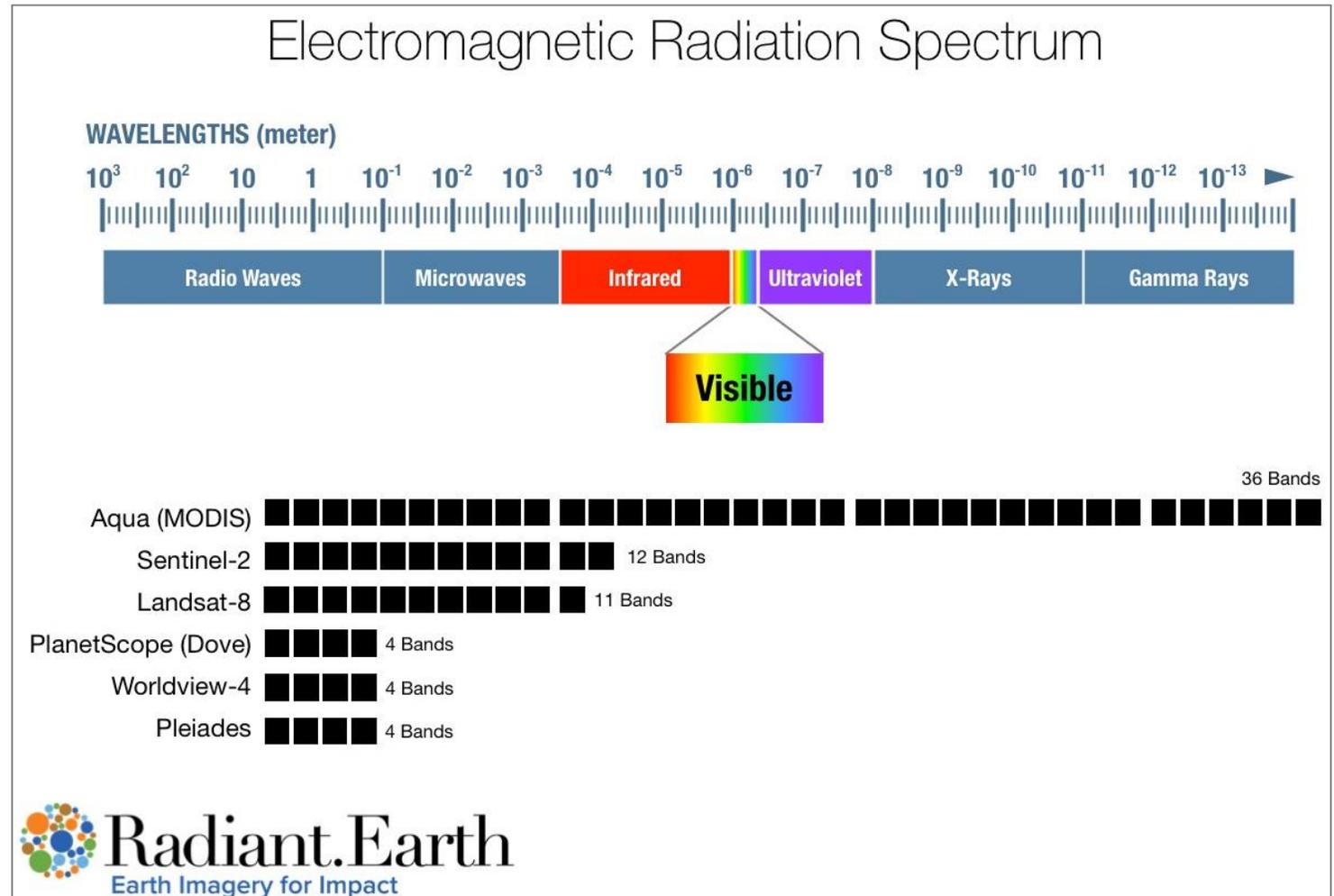


Image panchromatique (PAN) : image monocanal représentée en niveaux de gris



Image multi-spectrale (MS) : enregistrement simultané dans plusieurs bandes spectrales

Visible : bleu, vert, rouge

Infrarouge

Affichage en couleurs naturelles ou en fausses couleurs (exemple : Pléiades)



Composition colorée en Infra Rouge Couleur

Bleu = B1
Vert = B2
Rouge = B3



Affichage d'une composition colorée

©De Joinville

Les satellites THR acquièrent ces deux images simultanément (PAN+MS)

Résolution spectrale (optique)

L'exemple de Sentinel-2

Sentinel-2 acquiert dans 13 bandes spectrales à une résolution spatiale de 10m, 20m et 60m en fonction de la bande considérée.



Bande verte (B03)

Bandes Sentinel-2	Longueur d'onde centrale [micromètres]	Résolution [mètres]
Band 1 – Aérosol (bleu côtier)	0.443	60
Band 2 – Bleu	0.490	10
Band 3 – Vert	0.560	10
Band 4 – Rouge	0.665	10
Band 5 – Végétation Red Edge	0.705	20
Band 6 – Végétation Red Edge	0.740	20
Band 7 – Végétation Red Edge	0.783	20
Band 8 – PIR	0.842	10
Band 8A – Végétation Red Edge	0.865	20
Band 9 – Vapeur d'eau	0.945	60
Band 10 – MIR – Cirrus	1.375	60
Band 11 – MIR	1.610	20
Band 12 – MIR	2.190	20

Résolution spectrale (radar)

Bande de fréquence

Frequency and Wavelength of Commonly Used Radar Remote Sensing Bands			
Band	Frequency	Wavelength	Key Characteristics
X Band	12.5-8 GHz	2.4-3.75 cm	Widely used for military reconnaissance, mapping and surveillance (TerraSAR-X, TanDEM-X, COSMO-SkyMed)
C Band	8-4 GHz	3.75-7.5 cm	Penetration capability of vegetation or solids is limited and restricted to the top layers. Useful for sea-ice surveillance (RADARSAT, ERS-1).
S Band	4-2 GHz	7.5-15 cm	Used for medium-range meteorological applications—e.g., rainfall measurement, airport surveillance
L Band	2-1 GHz	15-30 cm	Penetrates vegetation to support observation applications over vegetated surfaces and for monitoring ice sheet and glacier dynamics (ALOS PALSAR)
P Band	1-0.3 GHz	30-100 cm	To date only used for research and experimental applications. Significant penetration capabilities regarding vegetation canopy (key element for estimating vegetation biomass), sea ice, soil, glaciers.

Les capteurs radar opèrent dans une seule longueur d'onde, il n'y a pas plusieurs bandes de fréquence dans une image radar.

Polarisation : orientation et forme de la courbe décrite par la pointe du champ électrique E

Utilisation des polarisations

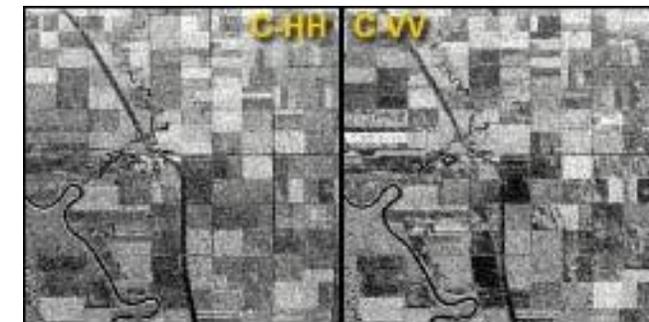
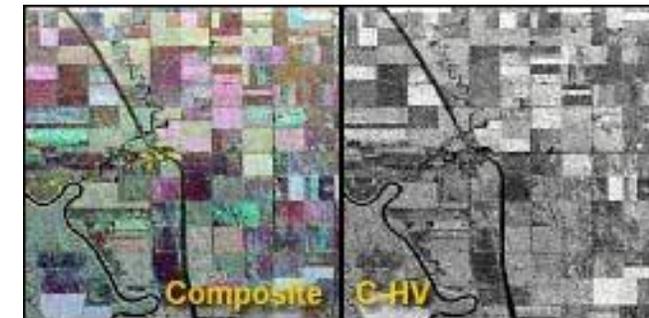
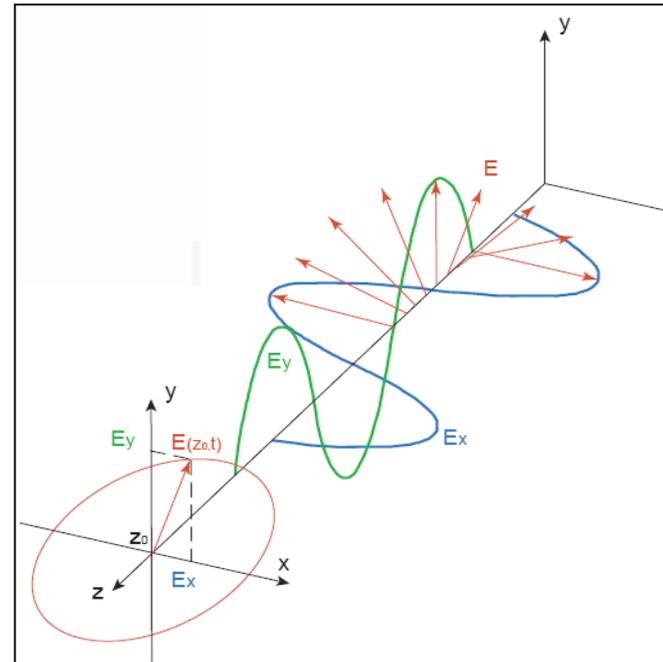
- Linéaire horizontale H
- Linéaire verticale V

4 modes utilisés : HH, HV, VH, VV

Grandeurs physiques mesurées :

- Amplitude : exploitation sous forme d'image
- Phase : exploitation interférométrique

Les satellites radar disposent de plusieurs mode d'acquisition en fonction de la polarisation



Usually measured in bits (binary digits), radiometric resolution is the range of available brightness values, which in the image correspond to the maximum range of DN's; for example an image with 8 bit resolution has 256 (2^8) levels of brightness. In general we use :

- 8 bits unsigned encoding (with domain [0,255]) for derived classification;
- 16 bits unsigned encoding to represent most satellite images ([0, 65535]);
- Float encoding to represent real numbers.



8 bits

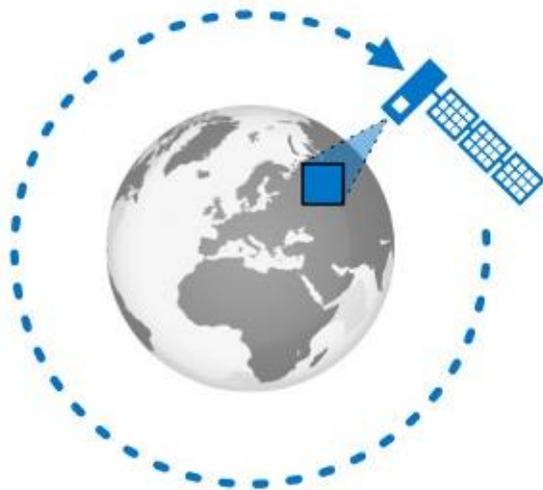


Convert encoding to 8 bits may compress the radiometric information
-> pay attention to not lose information

Plus la plage de valeur est grande, plus les fichiers sont volumineux

Temps de revisite : période nécessaire pour ré-observer un même point de la Terre

Temporal resolution varies by satellite and describes the time it takes for an individual satellite to orbit and revisit a specific area. Some satellites operate as a constellation with multiple satellites working together to increase their global coverage daily.



	(#)	Days between images
Aqua (MODIS)	(1)	■
PlanetScope (Dove)	(172)	■
Worldview-4	(1)	■ (When requested)
Pleiades	(2)	■ (When requested)
Sentinel-2	(2)	■■■■■ 5 Days
Landsat-8	(1)	■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■ 16 Days



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

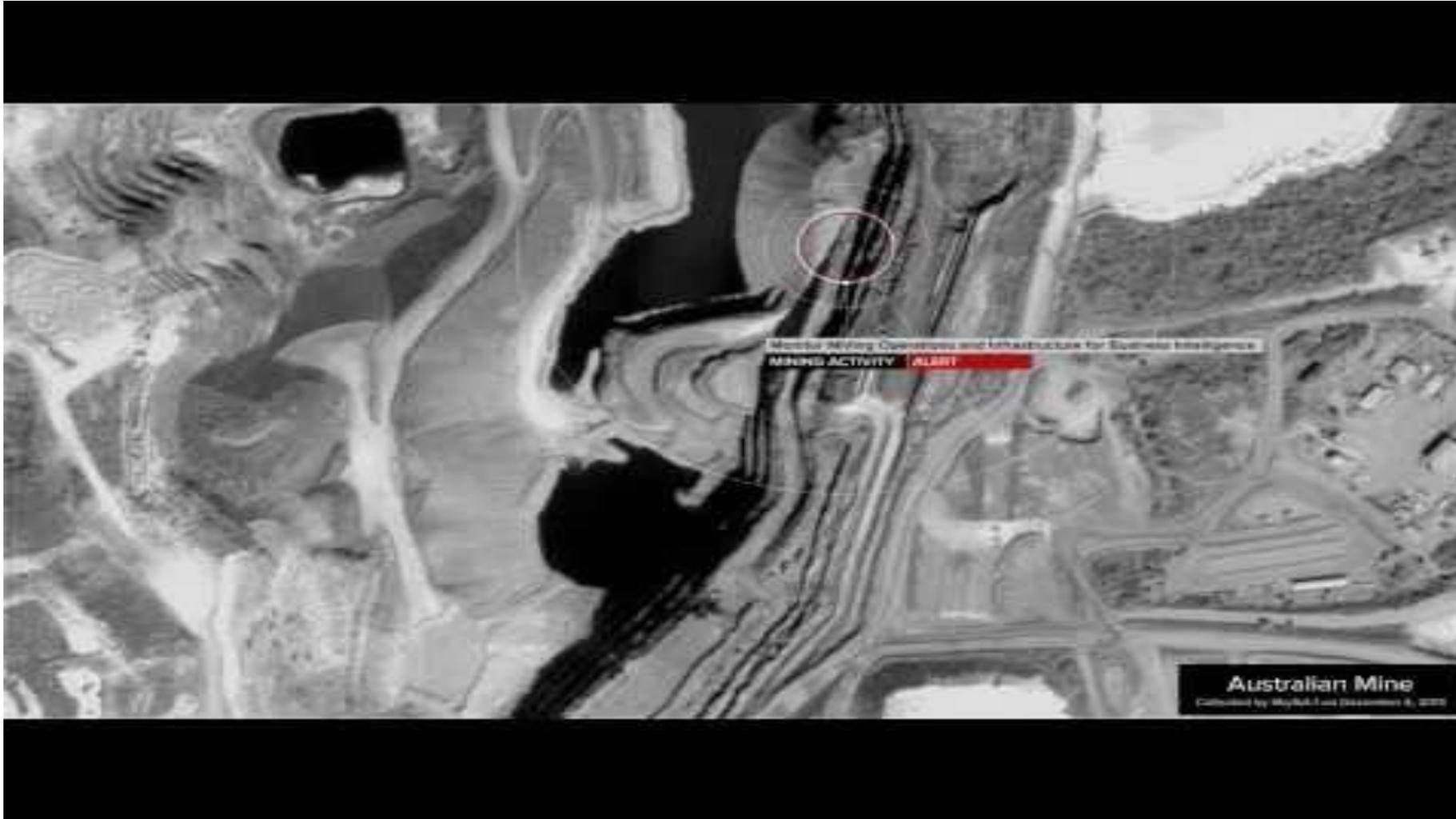
PlanetScope, SkySat, Formosat, Alos Avnir, Ikonos, Kompsat, RapidEye, Quickbird, GeoEye, DMC ...

[More complete sensors list](#)

Capteurs (radar)

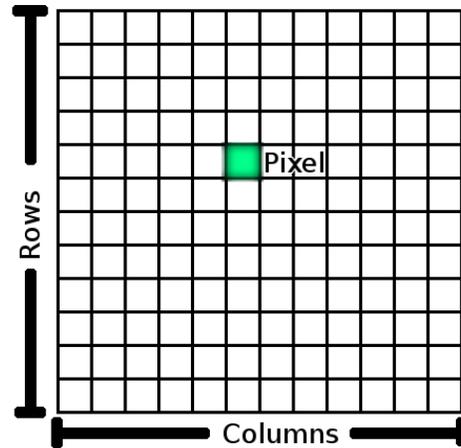
Bref aperçu

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	



[YouTube](#)

1. Principe de l'Observation de la Terre
2. Capteurs et caractéristiques de l'image
- 3. Manipulation des données raster**
4. Pré-traitements
5. Extraction d'information
6. Production cartographique
7. Exemples d'applications



Les données **raster** (ou image) correspondent à une grille régulière de **pixels**.

Un format raster permet d'associer des informations additionnelles telles que la projection cartographique, le système de coordonnées, l'ellipsoïde de référence, le datum, la résolution spatiale (i.e. taille du pixel) et tout ce qui est nécessaire pour la référence spatiale de l'image.

Formats les plus répandus

- **TIFF/GeoTIFF (.tif). standard**
- Imagine (.img)
- JPEG 2000 (.jp2). Très haute compression (pour transfert de données et visualisation seulement)
- ArcInfo ASCII Grid
- Etc.

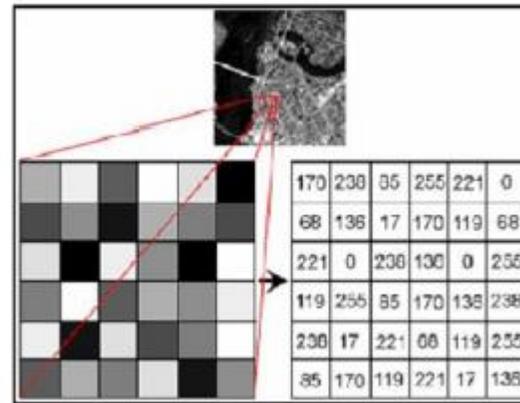
[Liste complète \(GDAL\)](#)

Mais aussi des informations sur les dimensions de l'image, le nombre de bandes, et une synthèse statistique pour chacune. On parle de **métadonnées**.

Les métadonnées géospatiales peuvent être écrites et stockées dans un fichier annexe appelé « World File », qui doit se situer dans le même dossier que le fichier raster correspondant.

- (.tfw) for TIFF
- (.jgw) for JPEG 2000

Le principe de la visualisation d'une image numérique revient à associer un niveau de gris ou une couleur à chaque compte numérique (CN).



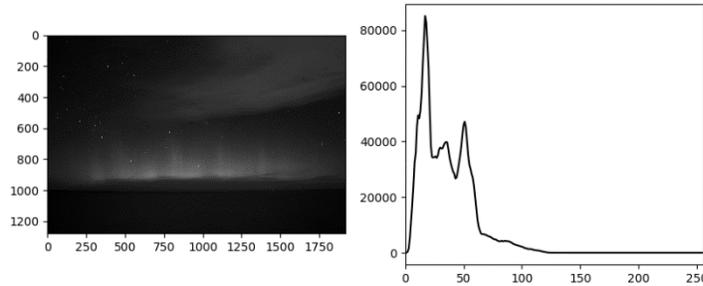
8 bits -> 256 valeurs
de CN possibles
Noir = 0 ; blanc = 255

La dynamique d'une image représente l'ensemble des valeurs possibles de ces CN dans chaque canal.

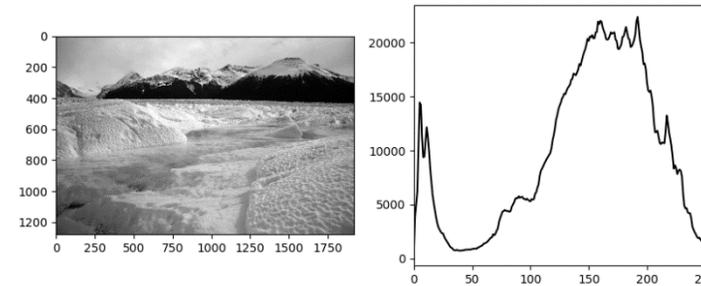
L'histogramme d'une image est un diagramme qui représente le nombre de pixels de l'image par CN. En abscisse on a la valeur du CN et en ordonnée le nombre de pixels correspondant à chaque valeur de CN.

Les valeurs proches de 0 apparaissent sombres tandis que les valeurs hautes apparaissent claires.

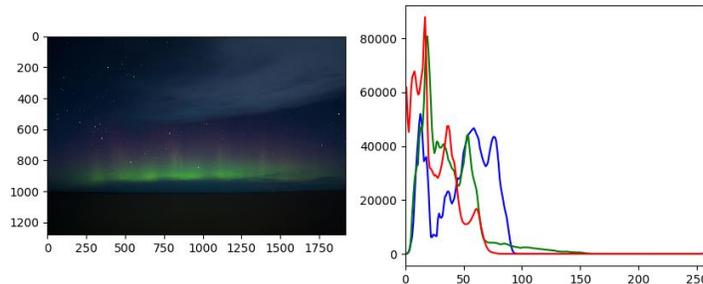
Sample image with dark tones and histogram



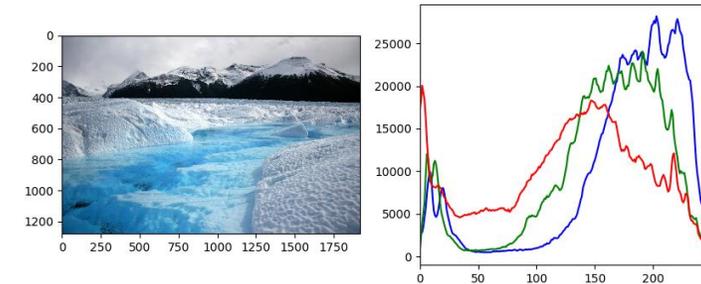
Sample image with light tones and histogram



Sample image with dark tones and histogram (colored)



Sample image with light tones and histogram (colored)



L'affichage des pixels change mais les valeurs de ceux-ci ne changent pas.

On adapte l'affichage en fonction de la dynamique (plage des valeurs numérique présente dans l'image), lorsqu'il est par exemple nécessaire de dé-saturer l'affichage en raison de surfaces très réfléchissantes (e.g. nuages).



**Ces améliorations sont un rendu uniquement à l'écran,
cela ne modifie pas la donnée image**

Afin d'optimiser l'affichage de l'image, il est nécessaire d'en augmenter son contraste et donc d'étaler les valeurs de son histogramme.

Les principales méthodes d'étirement sont :

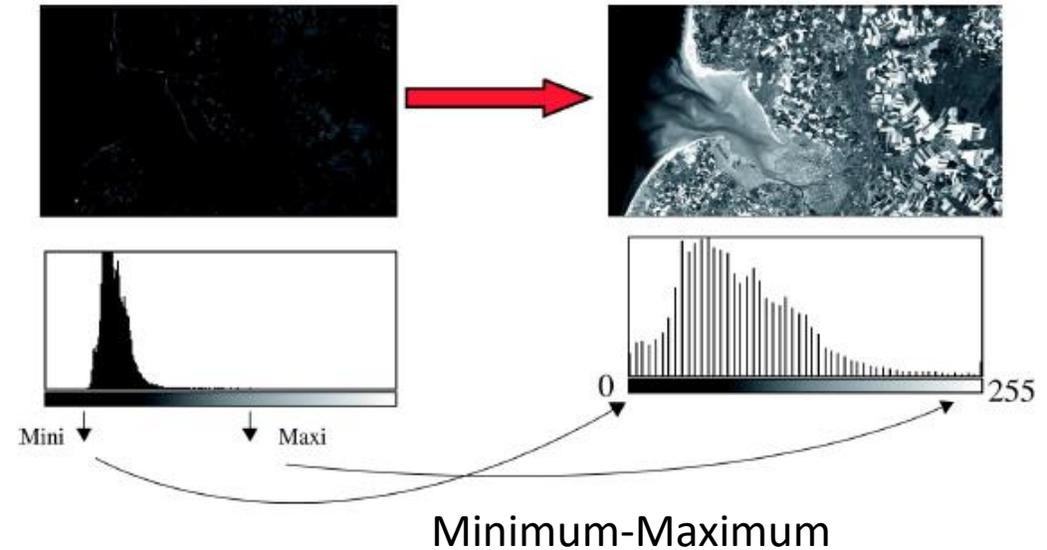
- **Minimum-Maximum**
- **Ecart-type ou Quantiles**

La plage de valeur pixel est raccourcie en excluant les valeurs extrêmes

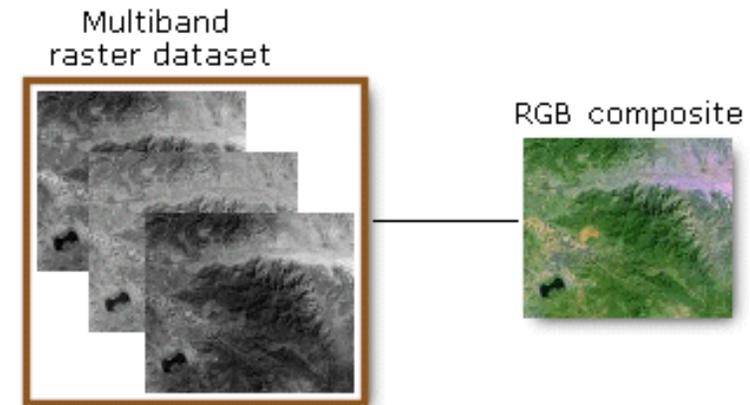
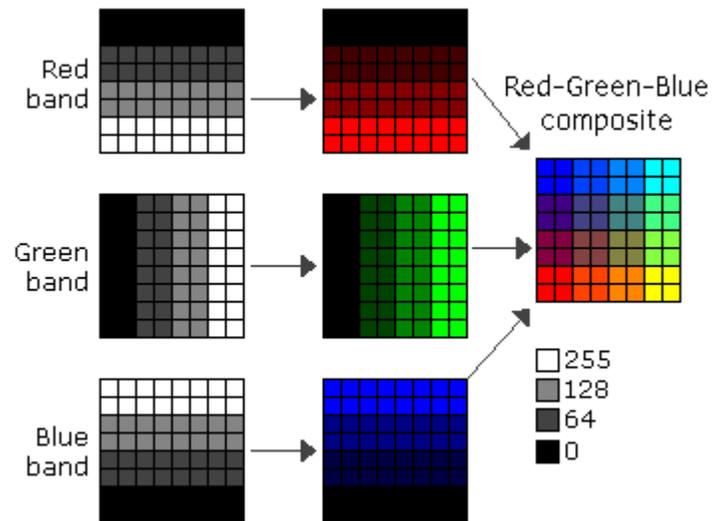
(nuages, ombres)

- **Gamma**

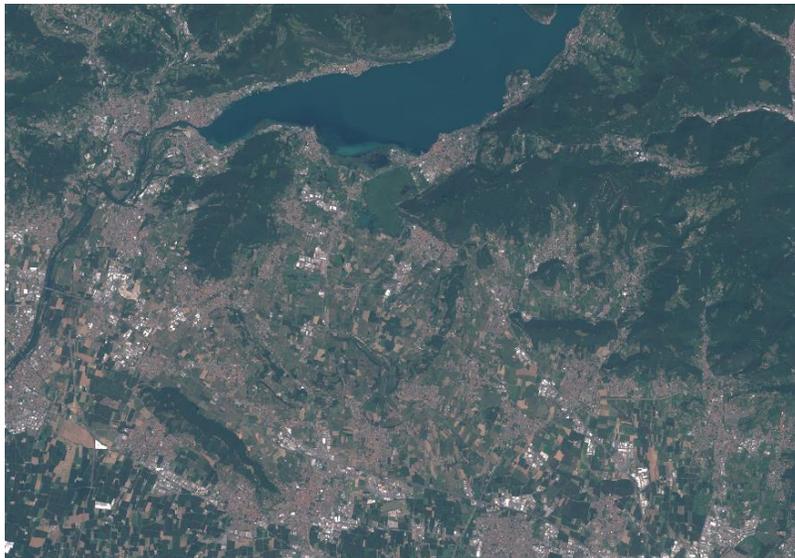
Degré de contraste par rapport aux valeurs moyennes de niveau de gris au sein d'une image multi-bande.



On peut choisir d'afficher une seule bande d'une image multi-spectrale, ou de réaliser une **composition colorée**. Une combinaison de trois des bandes disponibles dans une image multi-spectrale, permet de réaliser des compositions colorées.



Deux compositions colorées Sentinel-2 : “R V B = 4 3 2” and “R V B = 8 4 3”. La deuxième est souvent utilisée pour l’interprétation visuelle car les pixels de végétation apparaissent en rouge. La végétation active reflète une part importante du rayonnement dans la gamme du proche-infrarouge, induisant de fortes valeurs de réflectance dans la bande 8, est donc de fortes valeurs dans la couleur rouge associée.



RVB : 432



RVB : 843

Bandes Sentinel-2
Band 1 – Côtier/aérosol
Band 2 - Bleu
Band 3 - Vert
Band 4 - Rouge
Band 5 - Végétation Red Edge
Band 6 - Végétation Red Edge
Band 7 - Végétation Red Edge
Band 8 - PIR

1. Principe de l'Observation de la Terre
2. Capteurs et caractéristiques de l'image
3. Manipulation des données raster
- 4. Pré-traitements**
5. Extraction d'information
6. Production cartographique
7. Exemples d'applications

Correction atmosphérique (optique)

Aperçu

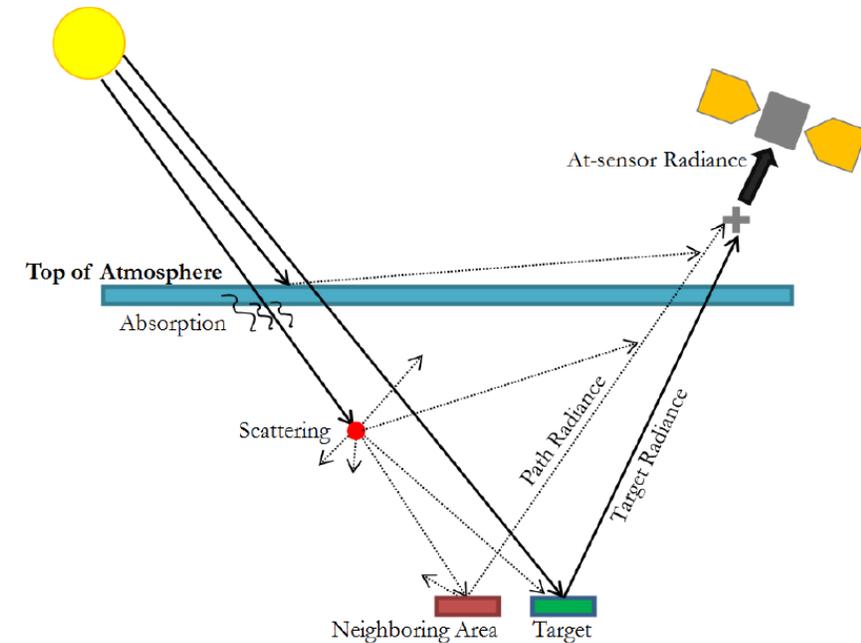
Enlever les effets perturbateurs de l'atmosphère liés à l'absorption et la diffusion (gaz et aérosols).

Transformation des comptes numériques en valeurs de **réflectance**
-> **Comparaison possible entre plusieurs images** (normalisation)

Correction Top Of Atmosphere (TOA)

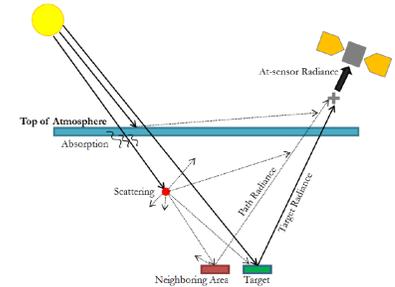
Correction Top Of Canopy (TOC), ou réflectance de surface

Indispensable dans le cas d'un suivi temporel



Réflectance Top Of Atmosphere (TOA)

Correction appliquée dans le but de réduire la variabilité au sein de l'image par une normalisation des valeurs par rapport au rayonnement solaire incident au niveau de l'atmosphère. Cette réflectance TOA est un ratio adimensionnel, et s'exprime de la manière suivante :



$$\rho_p = (\pi * L_\lambda * d^2) / (ESUN_\lambda * \cos\theta_s)$$

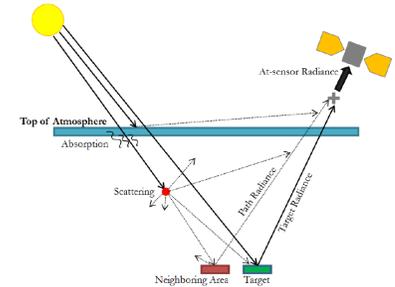
where:

- L_λ = Spectral radiance at the sensor's aperture (at-satellite radiance)
- d = Earth-Sun distance in astronomical units (provided with Landsat 8 metadata file, and an excel file is available)
- $ESUN_\lambda$ = Mean solar exo-atmospheric irradiances
- θ_s = Solar zenith angle in degrees, which is equal to $\theta_s = 90^\circ - \theta_e$ where θ_e is the Sun elevation

Top Of Canopy (TOC) ou réflectance de surface

Correction appliquée dans le but de réduire les effets atmosphériques :

- L'absorption de la lumière par les molécules présentes dans l'air
- La diffusion de la lumière par les molécules et aérosols



$$\rho = [\pi * (L_{\lambda} - L_p) * d^2] / [T_v * ((ESUN_{\lambda} * \cos\theta_s * T_z) + E_{down})]$$

where:

- L_p is the path radiance
- T_v is the atmospheric transmittance in the viewing direction
- T_z is the atmospheric transmittance in the illumination direction
- E_{down} is the downwelling diffuse irradiance

Plus d'infos sur la [page du CESBIO](#)

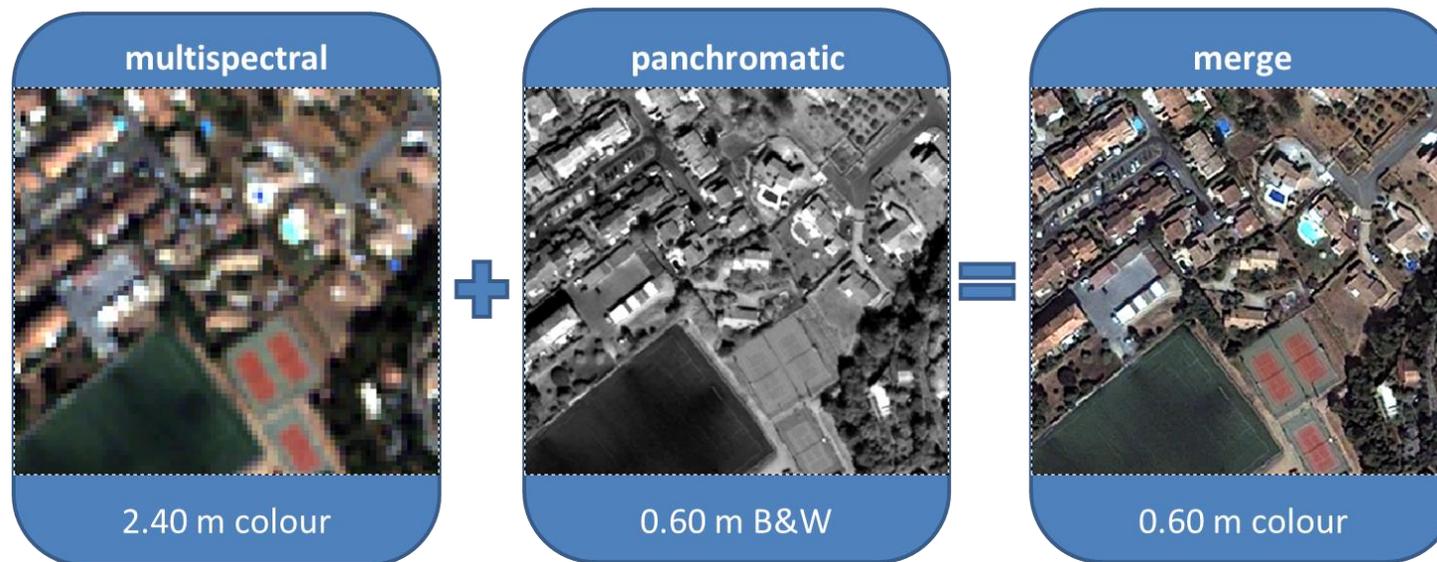
Pan-sharpening (optique)

Fusion d'image

La plupart des capteurs Très Haute Résolution acquièrent 2 images différentes :

- Les images **multi-spectrales** ont des bandes qui couvrent des parties étroites du spectre électromagnétique avec une résolution spatiale plus réduite
- Une image **panchromatique** dont l'unique bande couvre une partie large du spectre électromagnétique avec une résolution spatiale plus élevée (4 fois plus grande généralement)

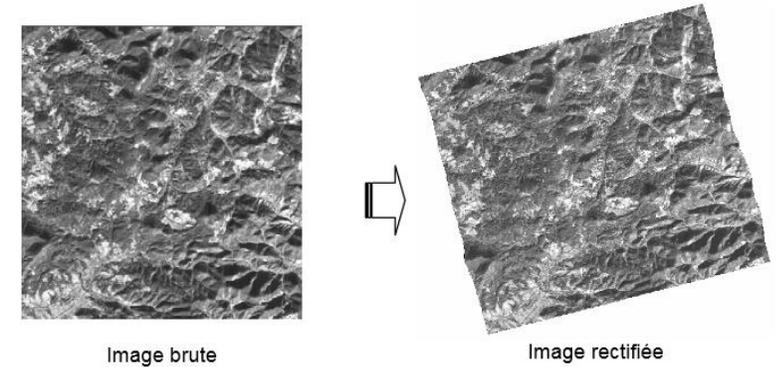
Pan-sharpening : processus de fusion entre une image panchromatique haute résolution et une image multi-spectrale de résolution moindre pour obtenir une image multi-bande à haute résolution



Selon le niveau de production de l'image par l'agence spatiale, certaines données doivent être traitées en prenant en compte des corrections dues :

- aux distorsions géométriques dues aux conditions d'acquisition;
- au relief.

De plus, l'image doit être géo-référencée : chaque pixel est connu en coordonnées dans un système de projection cartographique défini.



Un Modèle Numérique de Terrain (**MNT**, ou **DEM**) est requis pour le processus d'ortho-rectification, afin d'appliquer la topographie.

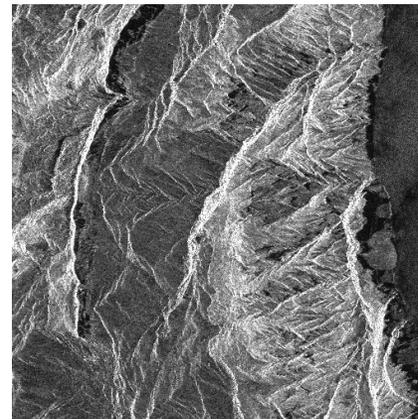
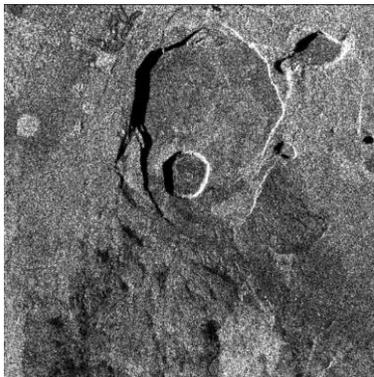
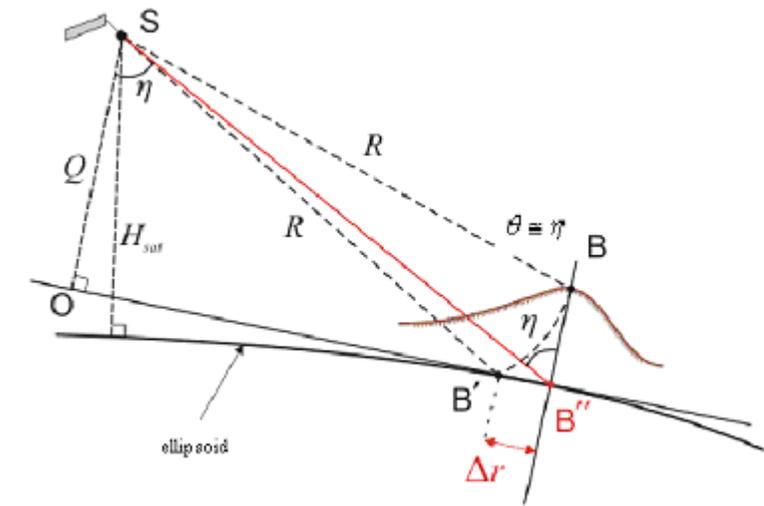
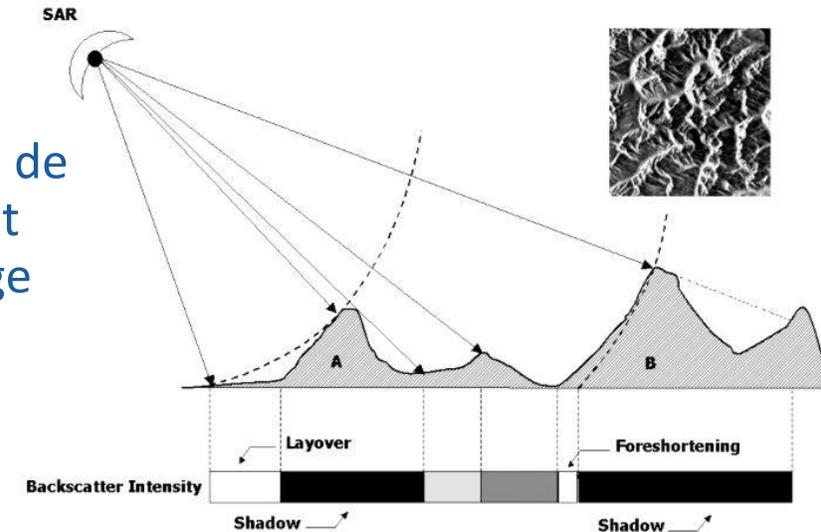
Processus automatique grâce au modèle **RPC** (Rational Polynomial Coefficients) livré avec les données brutes par le fournisseur. Le fichier RPC est un modèle mathématique décrivant la géométrie de l'image, telle que l'orientation du satellite lors de l'acquisition.

Ortho-rectification (radar)

Terrain Correction

En raison des variations topographiques et de l'inclinaison du capteur, les distances sont distordues sur les images radar. Les prises de vues éloignées de la vision nadir seront davantage déformées. La correction de terrain permet de compenser ces distorsions de telle sorte que la représentation de l'image sera proche de la réalité de la surface.

Le point **B** ayant une élévation h au-dessus de l'ellipsoïde est imagé à la position **B'** sur l'image radar, sachant que sa position réelle est **B''**. Le décalage Δ_r entre **B'** et **B''** met en évidence l'effet de distorsion topographique



Valeurs complexes vers Intensité

$$I = \text{réel}^2 + \text{imaginaire}^2 = i^2 + q^2$$

Calibration radiométrique

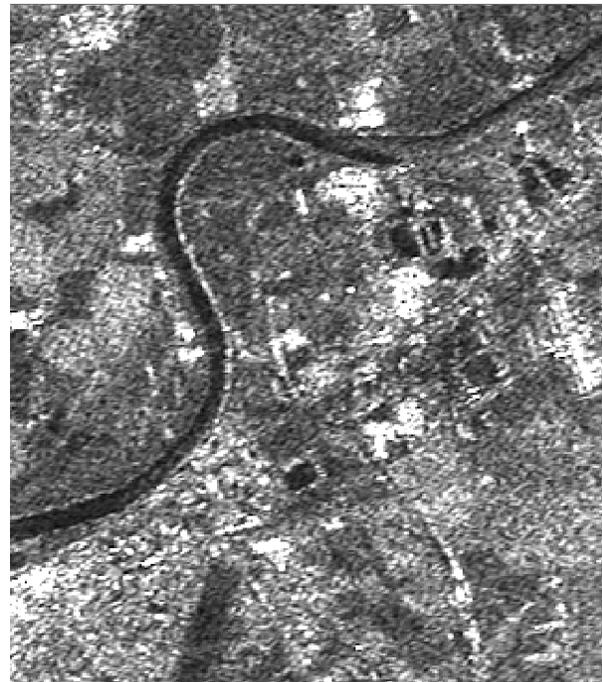
Conversion des valeurs pixels (intensité) en rétrodiffusion radiométrique calibrée (valeurs physiques)

- β_0
- σ_0
- γ_0

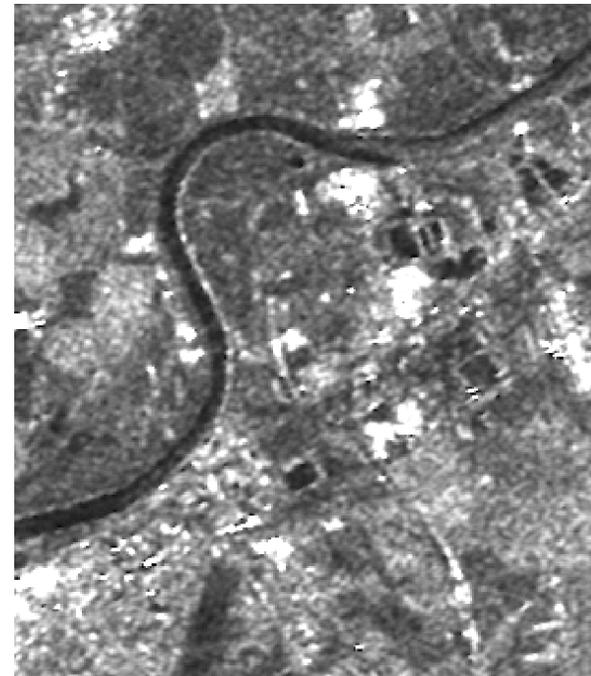
Conversion en décibels

$$\sigma_0 \text{ (dB)} = 10 \times \text{Log}_{10} (\text{valeur de rétrodiffusion})$$

Les images radar sont bruitées, ce qui perturbe leur analyse. Un filtrage par fenêtre glissante permet de réduire l'effet du bruit et ainsi améliorer la qualité radiométrique de l'image. On peut ainsi choisir la taille de la fenêtre et le type de filtre.



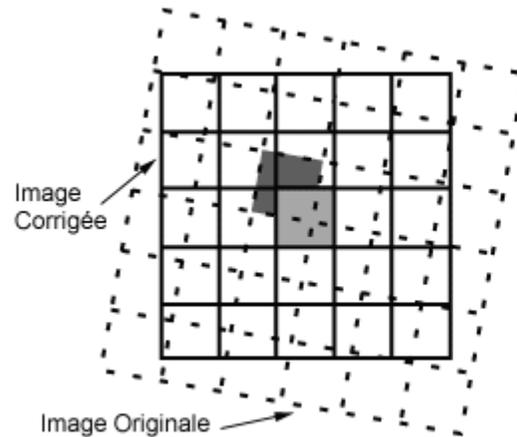
*Image ALOS-PALSAR MLD 1.5
09/05/07 – HH – 12,5m*



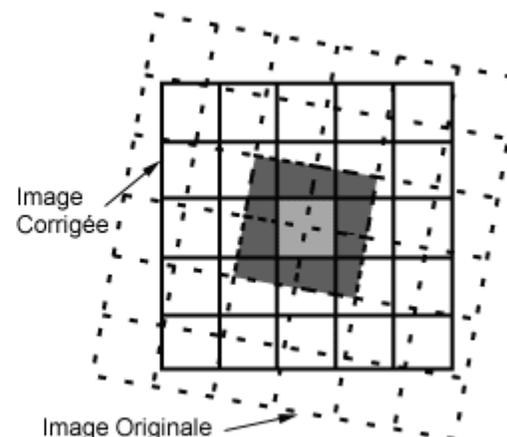
*Filtrage par une
fenêtre de taille 3*

Ortho-rectification, reprojection et ré-échantillonnage sont des processus qui requièrent l'usage d'algorithmes d'interpolation d'images pour attribuer la valeur pixel à une nouvelle grille en fonction d'une ancienne :

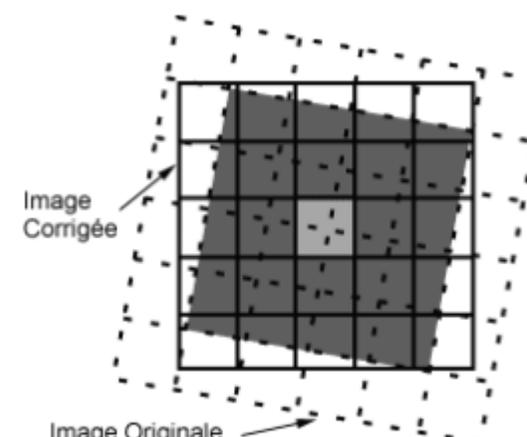
- **Plus proche voisin (1)** : valeur du pixel le plus proche (données discrètes)
- **Bilinéaire (2)** : moyenne pondérée des neuf pixels les plus proches (données continues)
- **Convolution cubique (3)** : moyenne pondérée des 16 pixels les plus proches (données continues)



1



2



3

Les étapes de pré-traitements nécessaires peuvent varier en fonction des capteurs et du niveau de produit. Elles peuvent être déjà réalisées dans les produits livrés.

Exemple du niveau de produit Pléiades :

Primary

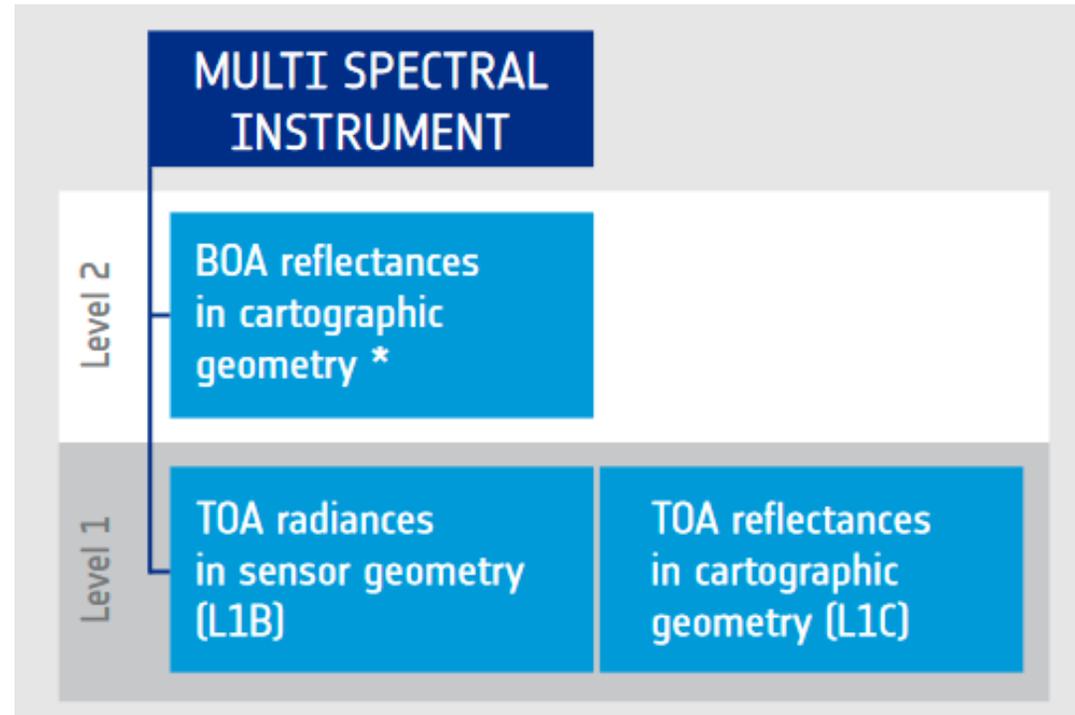
- Niveau de produit le plus proche de l'image acquise par le capteur : il restitue des conditions d'acquisition parfaites. Le capteur est placé en géométrie rectiligne, l'image est claire et n'a pas de distorsion radiométrique.
- Optimal pour les clients familiers avec le traitement d'images satellites et souhaitant appliquer leur propre méthode production (ortho-rectification ou modélisation 2D par exemple). A cette fin, le fichier RPC ainsi que le modèle de capteur sont fournis pour assurer autonomie et simplicité.

Ortho

- Image géo-référencée, corrigée de l'angle de prise de vue et des effets de la surface.
- Optimal pour un usage simple et direct de l'image, et pour l'intégration immédiate dans un Système d'Information Géographique (SIG).
- Le modèle 3D standard utilisé pour les corrections de terrain est la base de donnée mondiale Elevation30 (aussi connu comme Reference3D).

Les étapes de pré-traitements nécessaires peuvent varier en fonction des capteurs et du niveau de produit. Elles peuvent être déjà réalisées dans les produits livrés.

Exemple du niveau de produit Sentinel-2:



Sentinel-2

2 années d'exploitation



[YouTube](#)

1. Principe de l'Observation de la Terre
2. Capteurs et caractéristiques de l'image
3. Manipulation des données raster
4. Pré-traitements
- 5. Extraction d'information**
6. Production cartographique
7. Exemples d'applications

Plusieurs méthodes d'extraction d'information :

- Digitalisation manuelle par photo-interprétation

Il s'agit de produire de l'information géographique numérique en s'appuyant sur un plan de référence.

Moyens de saisie des vecteurs

Les outils de dessin peuvent être :

- Une tablette à digitaliser (utile lorsque l'on dispose de documents papier)
- Une souris (saisie sur fond d'écran)

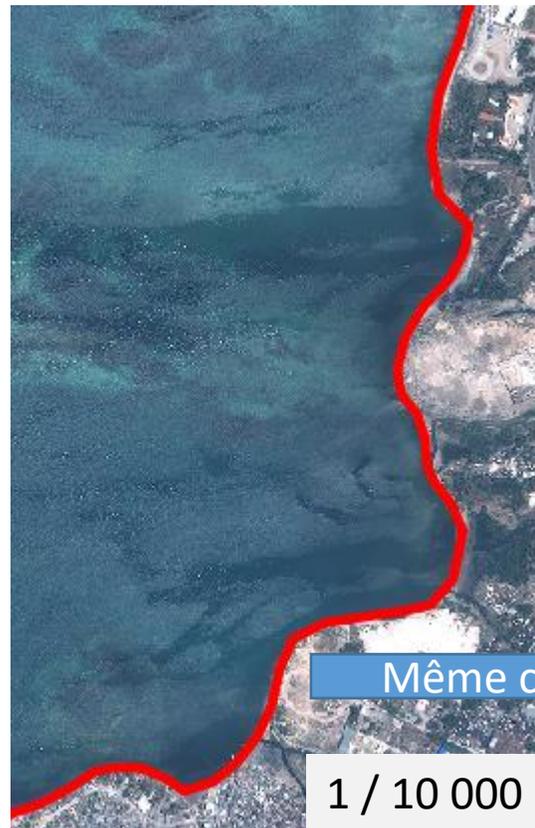
La donnée sur laquelle on numérise à l'écran est appelée donnée de référence

La donnée de référence peut être une image, un plan filaire, etc

L'étendue géographique et la projection sont fournies par la donnée de référence

La qualité géométrique d'une couche vecteur produite par numérisation dépend :

- De la qualité de la donnée de référence;
- De la précision de numérisation (application de l'opérateur);
- De l'expertise de l'opérateur à interpréter la donnée de référence;
- De **l'échelle de production**. Ex : Digitalisation du littoral à l'échelle 1/10 000 avec Pléiades



Même couche ! →



Paramètres nécessaires à la création d'un nouveau vecteur :

- Choix du **type de géométrie**

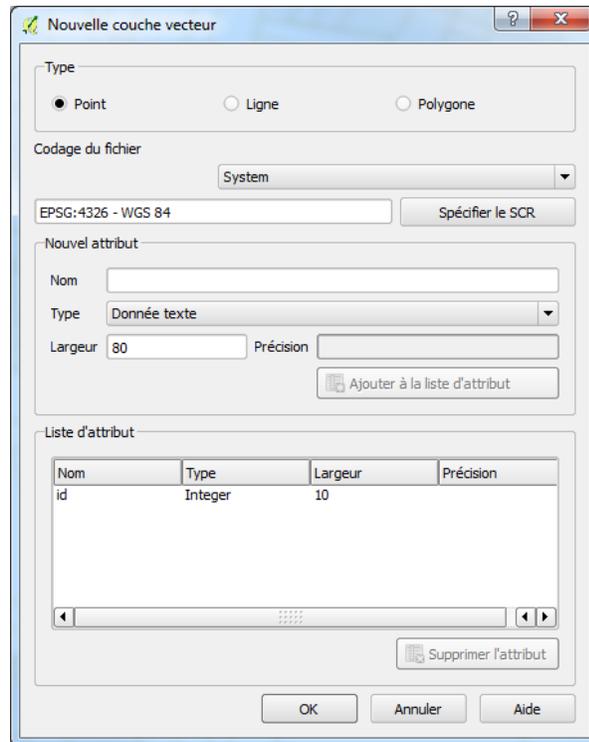
Point



Ligne



Polygone



Nom	Type	Largeur	Précision
id	Integer	10	

- Définition du **système de coordonnées** dans lequel les objets produits vont être géoréférencés
- Configuration des **attributs**. Par défaut un attribut 'identifiant' est automatiquement créé. Il faut penser à configurer les attributs dès le départ pour pouvoir les remplir au fur et à mesure de la production des objets géométriques

Ces attributs peuvent être de type texte, numérique ou date. La largeur correspond au nombre de caractères maximal. La précision définit le nombre de décimales.

L'échelle de création d'une couche vecteur dépend de la taille des objets considérés, de la résolution de l'image utilisée et l'échelle de la carte finale.

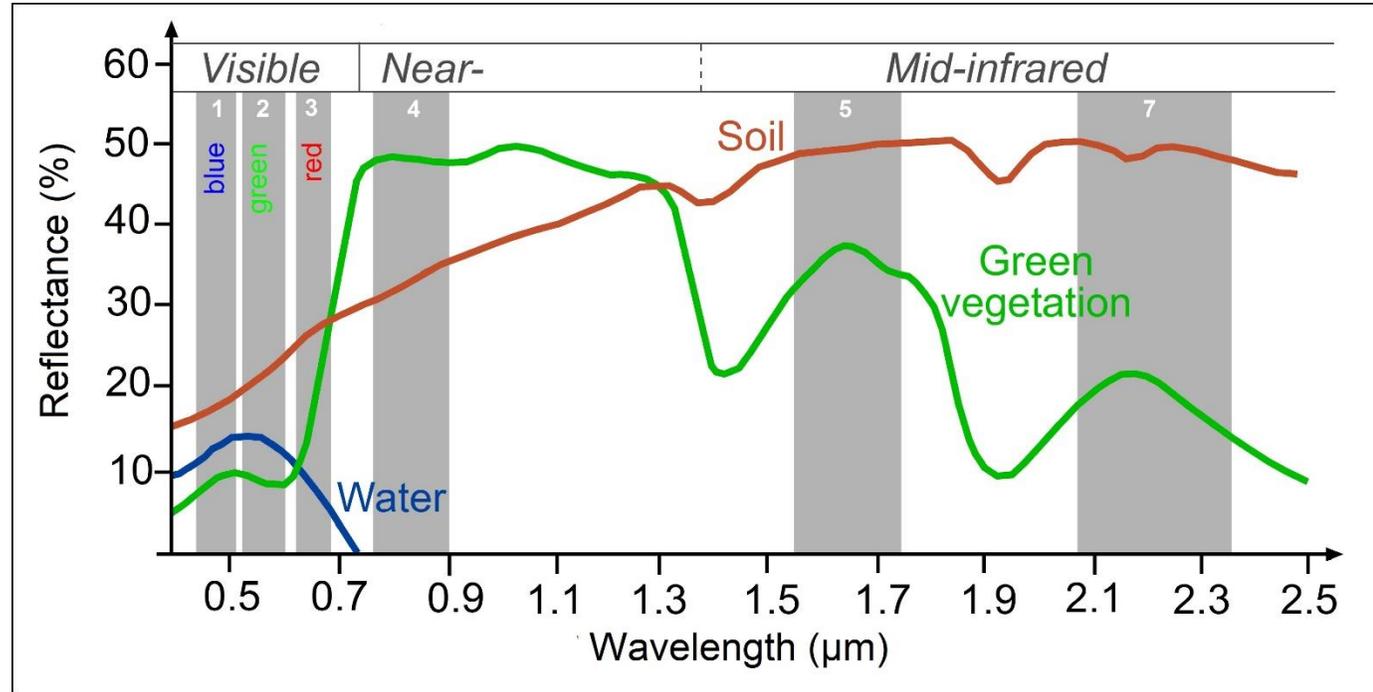
Mais on peut vouloir créer une base de donnée vecteur très détaillée, sans forcément de contrainte sur l'échelle de représentation finale (échelle potentiellement variées).

Exemple d'échelles de travail en fonction de la résolution spatiale de l'image :

Resolution of input imagery	Maximum acceptable scale	Ideal scale	Minimum suggested scale
1m	1:2,000	1:4,000	1:20,000
2.5m	1:5,000	1:10,000	1:50,000
5m	1:10,000	1:20,000	1:100,000
10m	1:20,000	1:40,000	1:200,000
15m	1:30,000	1:60,000	1:300,000

Plusieurs méthodes d'extraction d'information :

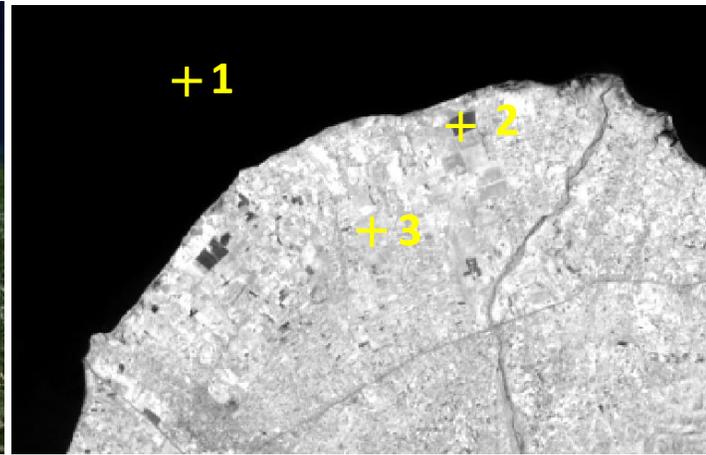
- Digitalisation manuelle par photo-interprétation
- Ou plusieurs méthodes numériques
 - Seuillage
 - Classification supervisée et non-supervisée (machine learning)
 - Segmentation



Réflectance de l'eau, du sol, et de la végétation en fonction de la longueur d'onde, et bandes Landsat TM 1 (0.45-0.52 μm), 2 (0.52-0.60 μm), 3 (0.63-0.69 μm), 4 (0.76-0.90 μm), 5 (1.55-1.75 μm) and 7 (2.08-2.35 μm).

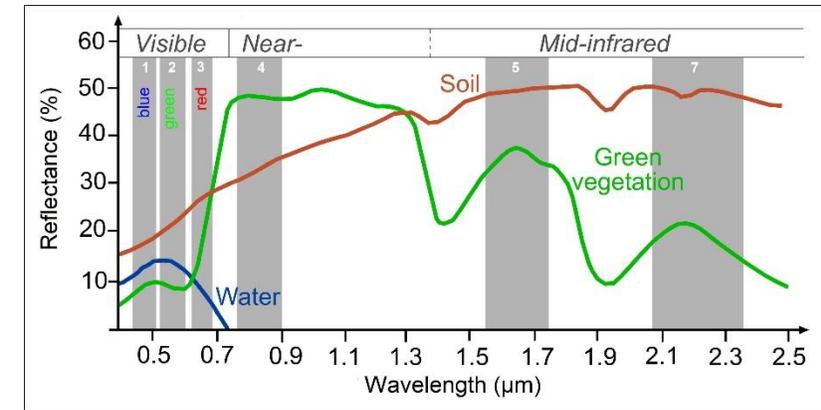
Signatures spectrales

Landsat 8
R : R
V : V
B : B



Landsat 8
Niveau de gris : PIR

ID	Surface	Bleu	Vert	Rouge	PIR
1	Eau	9260	7339	6494	5973
2	Sol	9836	9228	9286	11233
3	Végétation	9213	9080	7931	19108



L'analyse des signatures spectrales permet d'identifier les objets du sol que l'on peut isoler. Par exemple la végétation se distingue relativement facilement dans le proche infrarouge. On peut partir du principe qu'au-delà d'une certaine valeur dans le PIR, les pixels sont tous de la végétation. C'est la technique de **seuillage**. Il se traduit en langage informatique par une expression conditionnelle :

*Végétation **IF** Landsat(PIR) > X*

Le seuillage peut s'appliquer pour détecter tout type d'objet s'il dispose d'une signature spectrale caractéristique : eau, végétation, forêt...

Dans le cas d'un objet complexe, le seuillage sur une bande n'est pas toujours suffisant pour le distinguer d'autres objets, il faut alors l'appliquer sur plusieurs bandes et ou utiliser des indices (cf. séquence suivante)

*Forêt **IF** Landsat(PIR) > X **AND IF** Landsat(R) < Y*

La couche produite par seuillage est un raster. C'est une transformation d'un raster continu en un raster thématique.

Raster thématique/classification : plan d'information géographique , simplification d'un raster continu. les pixels sont regroupés en fonction de critères radiométriques. Une valeur est associée à un type d'objet.

Raster continu
255 valeurs



Image satellite



Traitement
d'images



Extraction des surfaces
forestières

Raster thématique
2 valeurs / 2 classes
0 : non-végétation
1 : végétation
Association d'une
couleur et d'un label
par valeur/classe

Raster thématique binaire : **masque**

Les indices spectraux sont des opérations entre bandes spectrales qui sont utiles pour extraire de l'information. Un des indices les plus populaire est le **Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)** :

$$NDVI = \frac{PIR - Rouge}{PIR + Rouge}$$

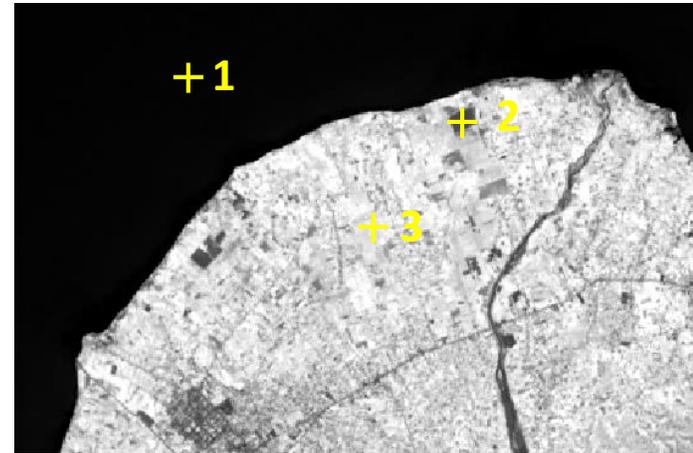
Les valeurs de NDVI s'étendent de -1 à 1. La végétation dense et active présente des fortes valeurs de NDVI, alors que les zones non végétalisées présentent des valeurs basses.

Le résultat est une nouvelle donnée image de type continue.

Indices spectraux

NDVI

Landsat 8
30m
RVB

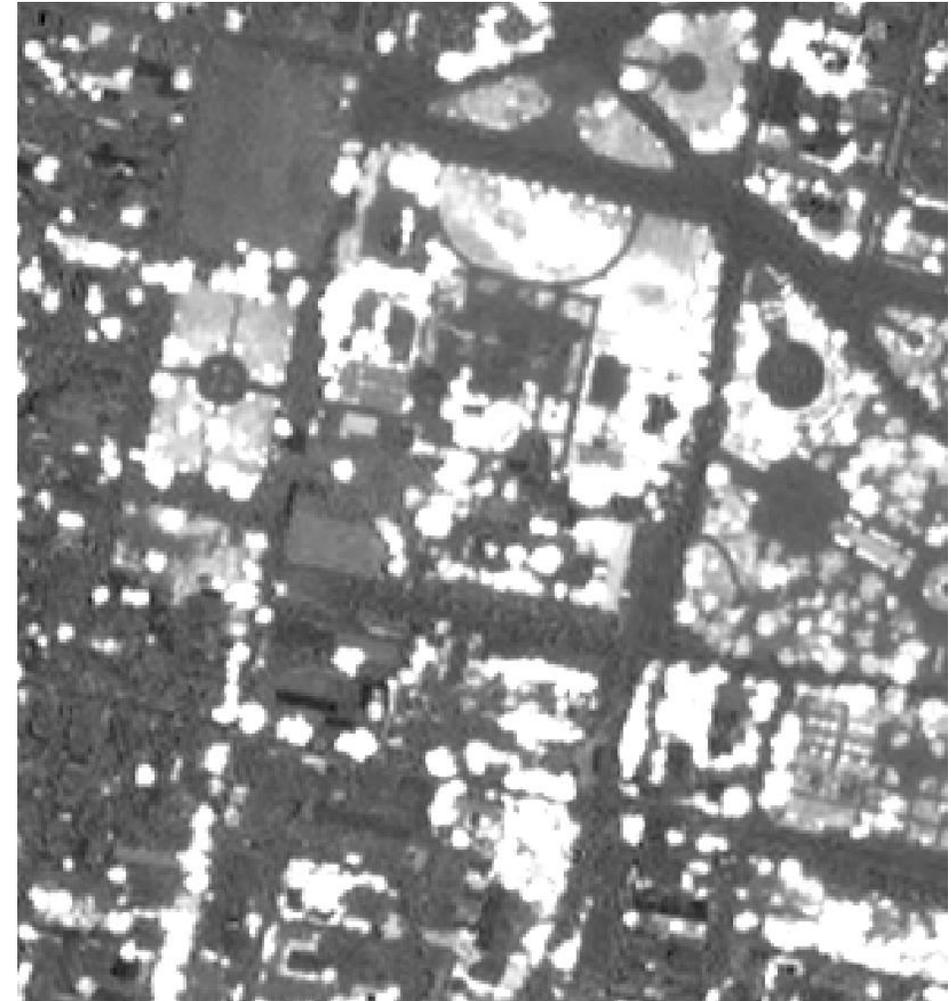


Landsat 8
NDVI

ID	Surface	Rouge	PIR	NDVI
1	Eau	6494	5973	-0,04
2	Sol	9286	11233	0,09
3	végétation	7931	19108	0,41

Indices spectraux

NDVI

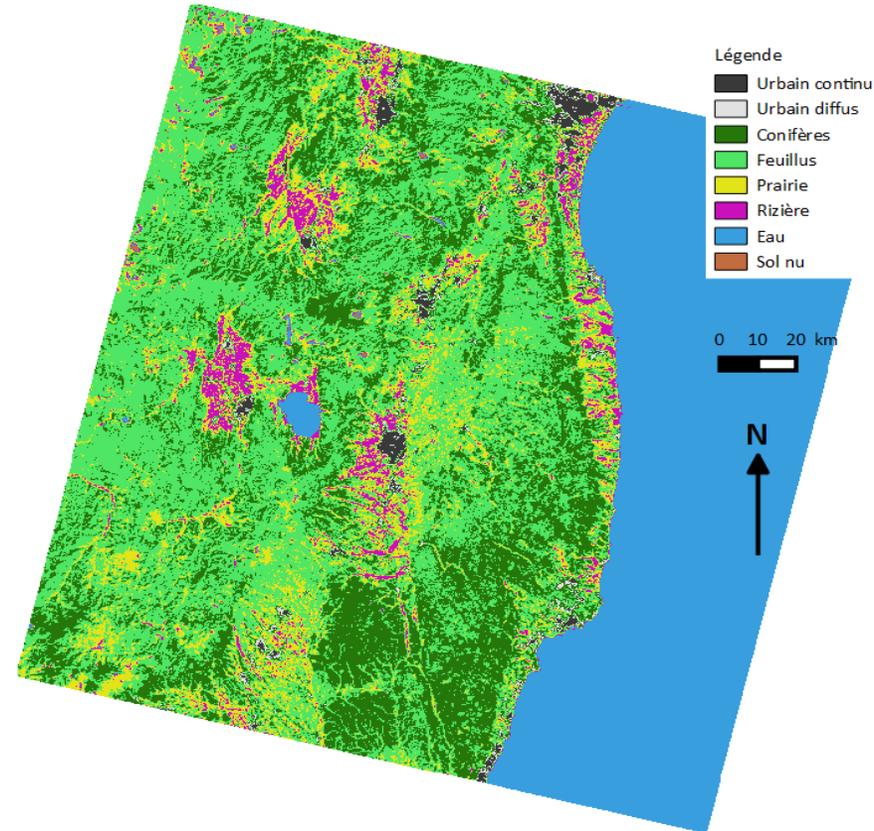
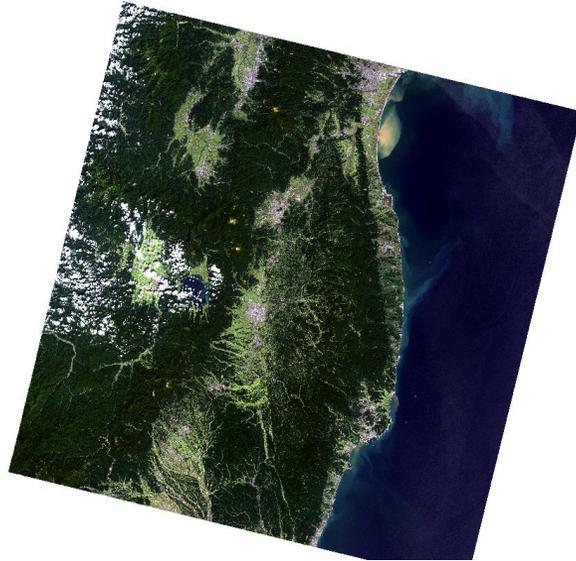


Pléiades multispectrale RVB

NDVI

Indice	Source	Formule
$NDWI_{McFeeters}$	(McFeeters, 1996)	$(V - PIR) / (V + PIR)$
$NDWI_{Xu} = MNDWI$	(Xu, 2007)	$(V - MIR1) / (V + MIR1)$
$AWEI_{no\ shadow}$	(Feyisa, Meilby, Fensholt, & Proud, 2013)	$4 * (V - MIR1) - (0.25 * PIR + 2.75 * MIR2)$
$AWEI_{shadow}$	(Feyisa, Meilby, Fensholt, & Proud, 2013)	$B + 2.5 * V - 1.5 * (PIR + MIR1) - 0.25 * MIR2$
WI_{2015}	(Fisher, Flood, & Danaher, 2015)	$1.7204 + 171 * V + 3 * R - 70 * PIR - 45 * MIR1 - 71 * MIR2$

Des données continues à la carte thématique



Les algorithmes de classification peuvent fonctionner sur plusieurs bandes spectrales et/ou indices radiométriques (tel que le NDVI par exemple), transformations par changement d'espace ou encore d'autres type d'information raster.

La classification non-supervisée est un processus de classification (groupement de pixels ayant des caractéristiques communes) basé sur l'analyse d'une image sans que l'utilisateur ne fournisse d'échantillons de classe. Le logiciel utilise un algorithme permettant de déterminer quels pixels sont liés puis regroupés en classes. L'utilisateur peut spécifier quel algorithme utiliser, ainsi que le nombre de classes souhaité. Cependant l'utilisateur doit avoir une connaissance de la zone afin de pouvoir associer les classes produites à la réalité de l'occupation du sol (tel que les zones humides, aires urbaines, forêt de feuillus, etc.)

Avantage : processus totalement automatique (a priori)

Inconvénient : impossible de savoir à l'avance le nombre de classes nécessaires, car pas d'expertise en entrée

Algorithmes : K-Means, ISODATA, etc.

La classification supervisée est basée sur le principe que l'utilisateur peut sélectionner des échantillons de pixels dans une image qui sont représentatifs de classes spécifiques, permettant de guider l'algorithme par l'utilisation de ces zones d'entraînement en tant que références pour la classification de l'ensemble des pixels de l'image. La sélection de ces zones d'entraînement est basée sur la connaissance de l'utilisateur.

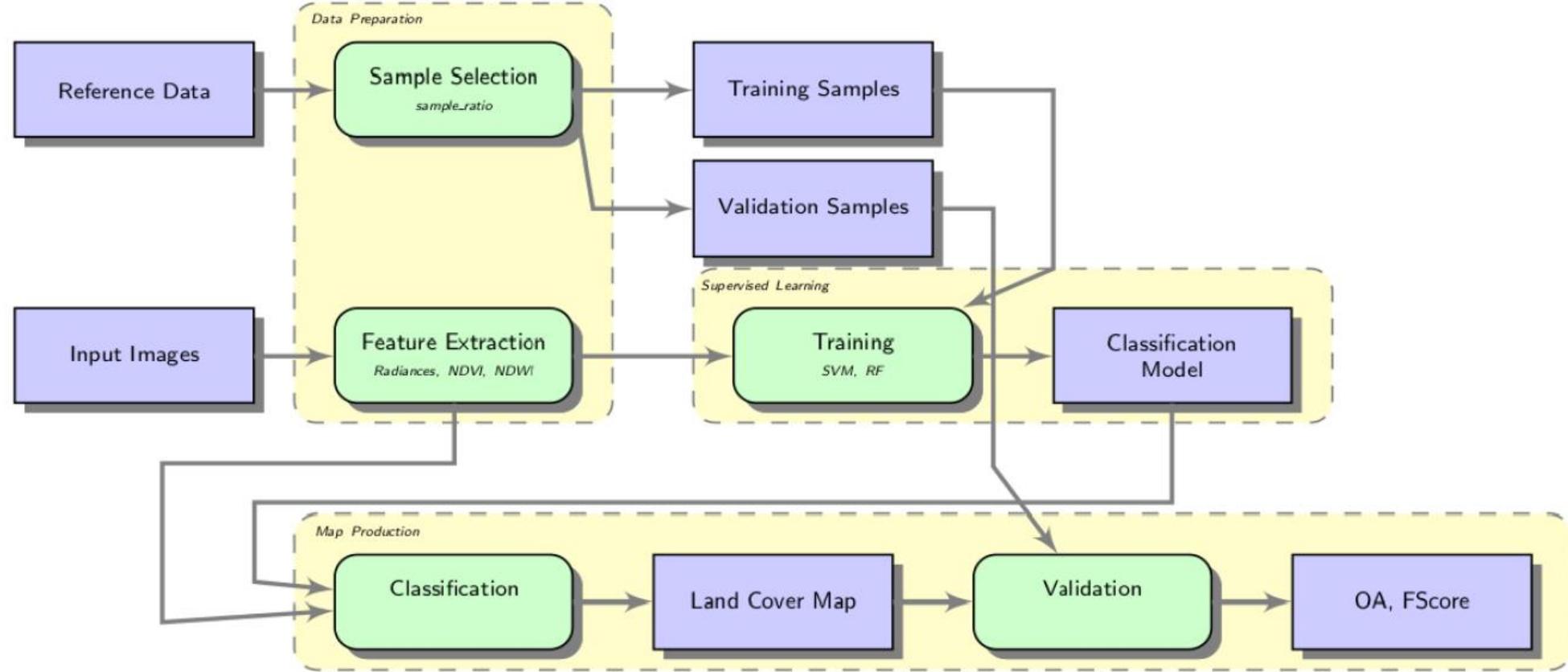
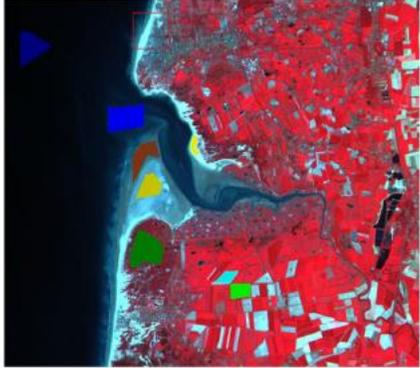
Avantage : l'expertise en entrée afin de guider l'algorithme peut donner lieu à de hautes performances, forts développements dans les techniques de machine learning

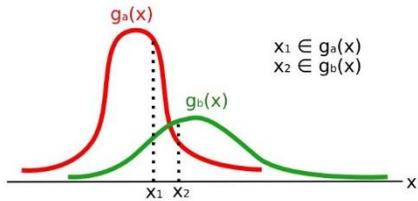
Inconvénient : processus pas totalement automatique (semi-automatique), la performance dépend grandement de la qualité des échantillons de départ

Avantage principal : l'algorithme travaille pour vous en analysant les différentes dimensions spectrales. Votre contribution est de sélectionner des échantillons de pixels ... ce qui peut être automatisé si ils sont sélectionnés dans une base de donnée existante

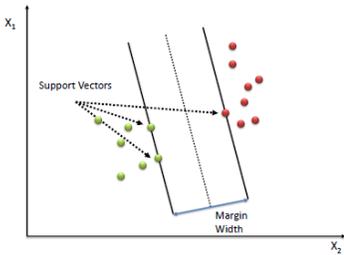
Classification

Supervisée

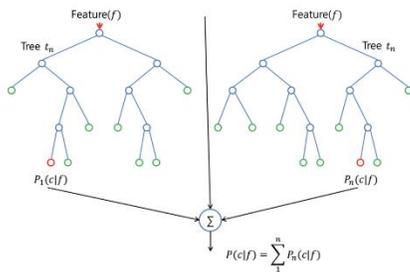




L'algorithme **Maximum de vraisemblance** calcule la probabilité d'un pixel d'appartenir à chaque classe.



L'algorithme **Support Vector Machine (SVM)** utilise un jeu de données pour déduire un « hyperplan » qui sépare les données en un nombre de classe prédéfini. Le terme d'hyperplan est utilisé pour définir la limite optimale de séparation des données qui minimise les erreurs de classifications et maximise la distance entre les classes.



L'algorithme **Random forest** construit une multitude d'arbres de décision lors de la phase d'entraînement, et sélectionne au final le nombre d'arbres individuels qui présentent la meilleure prédiction moyenne (i.e. régression) en fonction du nombre de classes demandées.

Aussi des **Arbres de décision, Réseau de neurones, etc.** (liste non exhaustive)

L'évaluation de la précision du processus de classification est effectué par le calcul de :

- **La matrice de confusion**

En utilisant le même jeu d'entraînement
ou un jeu de validation

2,385 échantillons bien classés en Asphalt.

		Truth					Total
		Asphalt	Concrete	Grass	Tree	Building	
Predicted	Asphalt	2385	4	0	1	4	2394
	Concrete	0	332	0	0	1	333
	Grass	0	1	908	8	0	917
	Tree	0	0	0	1084	9	1093
	Building	12	0	0	6	2053	2071
	Total	2397	337	908	1099	2067	6808

- **Les mesures de performance / métriques** : précision (commission), rappel (omission), Précision globale (OA), indice Kappa (0 à 1)

L'erreur de commission (précision) représente la part des pixels attribués à une classe mais qui en réalité n'y appartient pas. C'est une mesure des faux positifs. Les erreurs de commission apparaissent dans les lignes de la matrice, exceptées les valeurs situées dans la diagonale.

Asphalte: $(4 + 0 + 1 + 4) / 2394 = 0.0038$ (0,4%)

		Truth					Total
		Asphalt	Concrete	Grass	Tree	Building	
Predicted	Asphalt	2385	4	0	1	4	2394
	Concrete	0	332	0	0	1	333
	Grass	0	1	908	8	0	917
	Tree	0	0	0	1084	9	1093
	Building	12	0	0	6	2053	2071
	Total	2397	337	908	1099	2067	6808

L'erreur d'omission (rappel) représente la part des pixels qui appartiennent à une classe mais qui sont attribués à une classe différente. C'est une mesure des faux négatifs. Les erreurs d'omission sont visibles dans les colonnes de la matrice, exceptées les valeurs situées dans la diagonale.

Asphalte: $(0 + 0 + 0 + 12) / 2397 = 0.0050$ (0,5%)

La **précision globale** est calculée en sommant le nombre de pixels correctement classifiés et en divisant le tout par le nombre total de pixels évalués. Le nombre de pixels bien classés est indiqué dans la diagonale de la matrice de confusion. Le nombre total de pixels évalués correspond à la somme de la ligne/colonne des totaux.

		Truth					
		Asphalt	Concrete	Grass	Tree	Building	Total
Predicted	Asphalt	2385	4	0	1	4	2394
	Concrete	0	332	0	0	1	333
	Grass	0	1	908	8	0	917
	Tree	0	0	0	1084	9	1093
	Building	12	0	0	6	2053	2071
	Total	2397	337	908	1099	2067	6808

Le **coefficient kappa** mesure l'accord entre la classification et la "réalité terrain". Une valeur de kappa de 1 représente un accord parfait, alors qu'une valeur de zéro indique qu'il n'y a aucun accord. Le coefficient kappa est calculé de la manière suivante :

$$\kappa = \frac{N \sum_{i=1}^n m_{i,i} - \sum_{i=1}^n (G_i C_i)}{N^2 - \sum_{i=1}^n (G_i C_i)}$$

Où :

i est le nombre de classes

N est le nombre total de pixels évalués

$m_{i,i}$ est le nombre de valeurs appartenant à la classe i qui ont bien été classés dans la classe i (i.e. les valeurs situées dans la diagonale de la matrice de confusion)

C_i est le nombre total de pixels attribués à la classe i

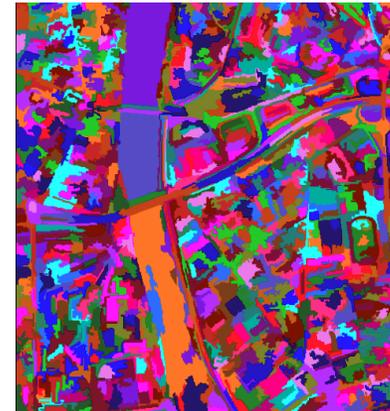
G_i est le nombre total de pixels appartenant vraiment à la classe i

Des pixels aux segments (approche orientée-objet)

La segmentation est un moyen de partitionner l'image en segments basés sur les valeurs pixels et sur leur position. Les pixels qui sont spatialement connectés et qui ont des valeurs similaires sont regroupés dans un même segment.

Les segments sont construits sur un critère spectral et spatial.

Sortie : polygones vectoriels avec les attributs statistiques dérivés de l'image originale (bandes spectrales et/ou indices par exemple) : min, max, moyenne, médiane ...



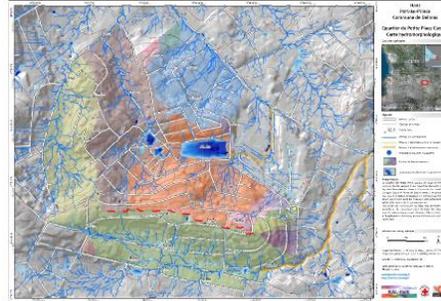
1. Principe de l'Observation de la Terre
2. Capteurs et caractéristiques de l'image
3. Manipulation des données raster
4. Pré-traitements
5. Extraction d'information
- 6. Production cartographique**
7. Exemples d'applications

La carte est un document de communication. L'objectif est de présenter de manière synthétique une situation, ou un phénomène naturel ou anthropique. Une carte doit faire passer un message unique : éviter les surcharges d'informations et préférer la création de plusieurs cartographies.

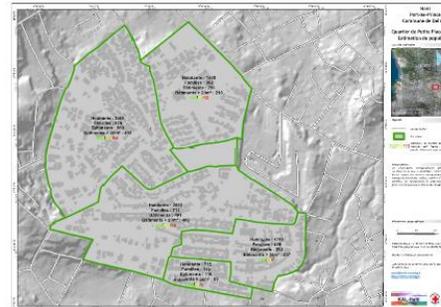
Exemple : cartographie du quartier Petite Place Cazeau, Port-au-Prince :



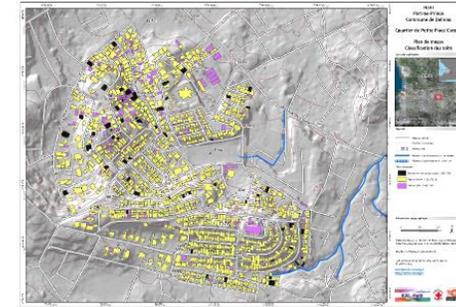
Occupation du sol



Hydrologie



Population



Nature des toits

En fonction de la thématique présentée, les symboles et les couleurs doivent être choisies pour optimiser la compréhension du document par l'utilisateur.

La compréhension de l'image cartographique repose sur des règles de construction de la symbolique, c'est la sémiologie (étude des signes et de leur signification). Elle repose également sur une utilisation codifiée des écritures et sur des principes esthétiques généraux.

TYPE DE DONNÉES	RELATION ENTRE LES DONNÉES	TRANSCRIPTION GRAPHIQUE	VARIABLES VISUELLES
Quantités absolues	proportionnalité	points	taille
		lignes	taille
Quantités relatives	ordre	zones	valeur
		points	valeur
Données qualitatives	ordre / hiérarchie	lignes	valeur
		zones	valeur
Données qualitatives	différence / ressemblance	points	taille, valeur, grain, couleur, orientation et forme associées
		lignes	taille, valeur, grain, couleur, orientation et forme associées
		zones	taille, valeur, grain, couleur, orientation et forme associées

taille

valeur (clarté)

grain

couleur

orientation

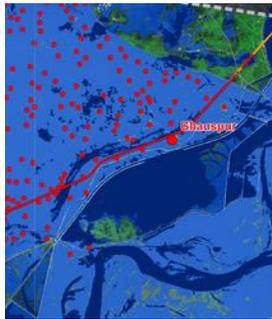
forme (associée aux autres variables)

@cartographie.sciences-po.fr

Inondations : polygones, nuances de bleus

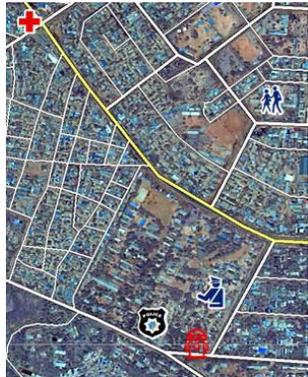
Bâtiments affectés : points rouges

Routes affectées : lignes rouges



Bâtiments importants : ponctuel figuratif

Routes : lignes blanches et jaunes plus ou moins épaisses



Incendie : polygone de contour en rouge et orange (suivi temporel)

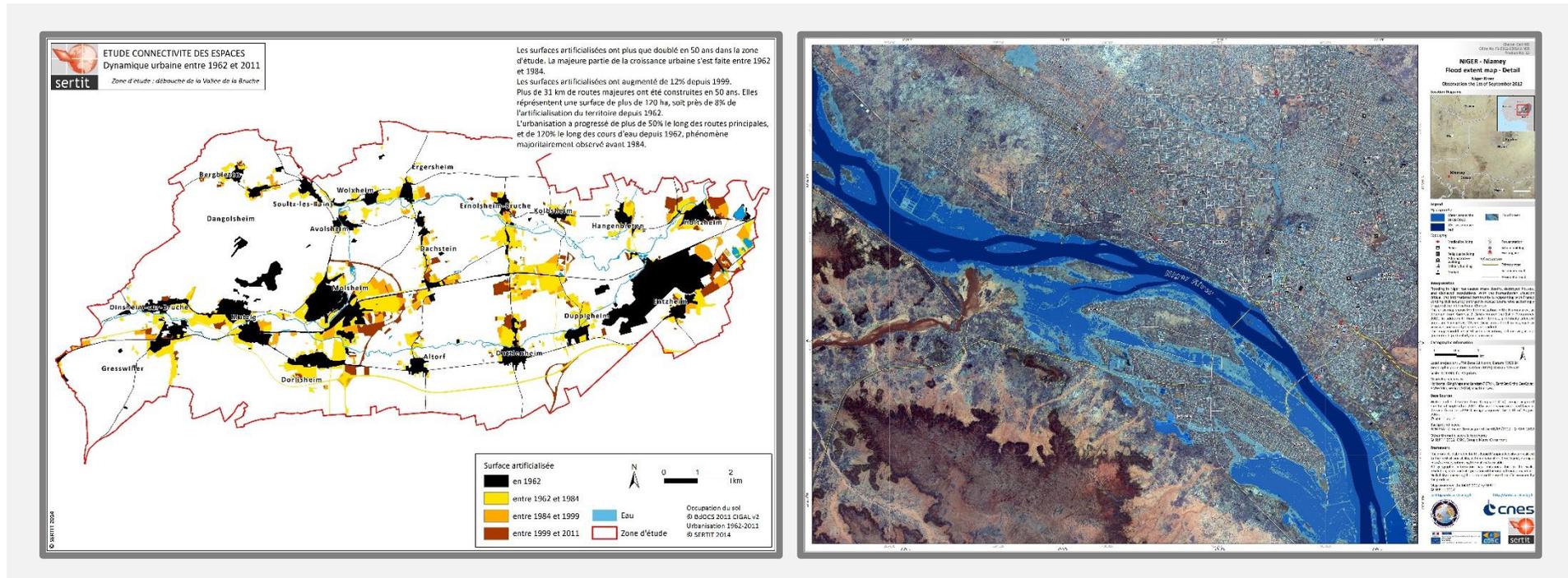
Feux actifs : symbole ponctuel de couleur rouge et jaune

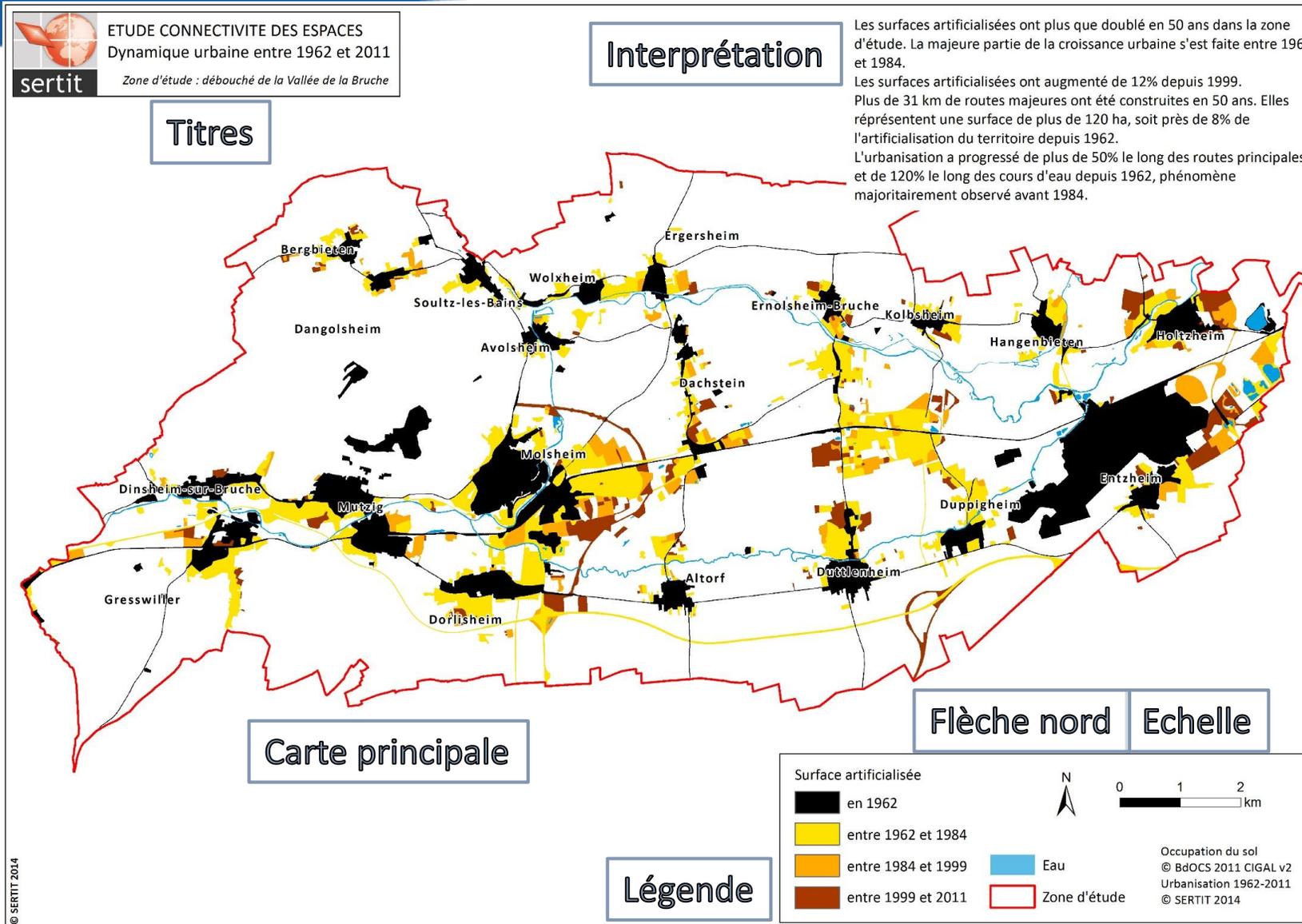


Végétation : polygones, nuances de verts

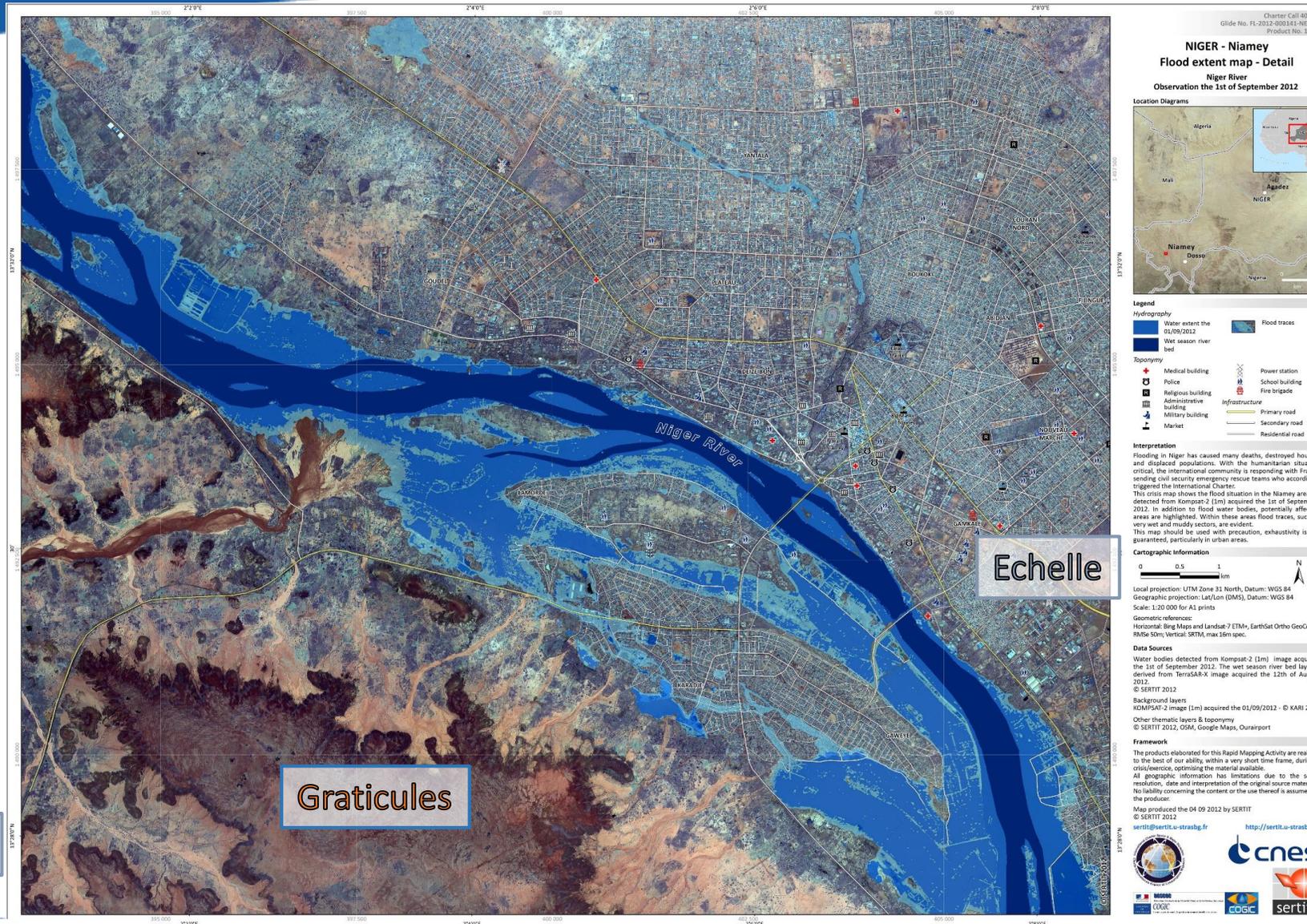


Une carte s'inscrit dans un document comprenant l'image et la description de l'image. Cette description doit être sur la même page car elle donne les clés de lecture à l'utilisateur de la carte : légende, échelle, sources, orientation, signature, localisation, etc.

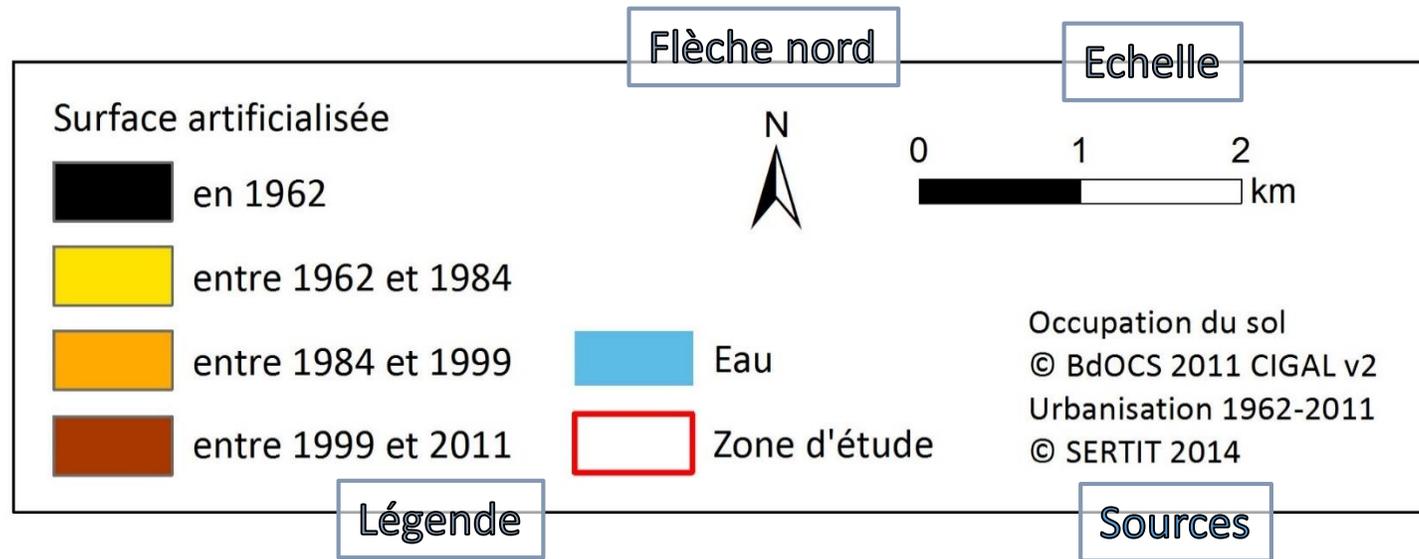




Sources



Carte principale



Une carte a besoin de codes qui constituent la **légende** pour que l'information soit immédiatement accessible au lecteur. La légende doit être structurée, concise et lisible.

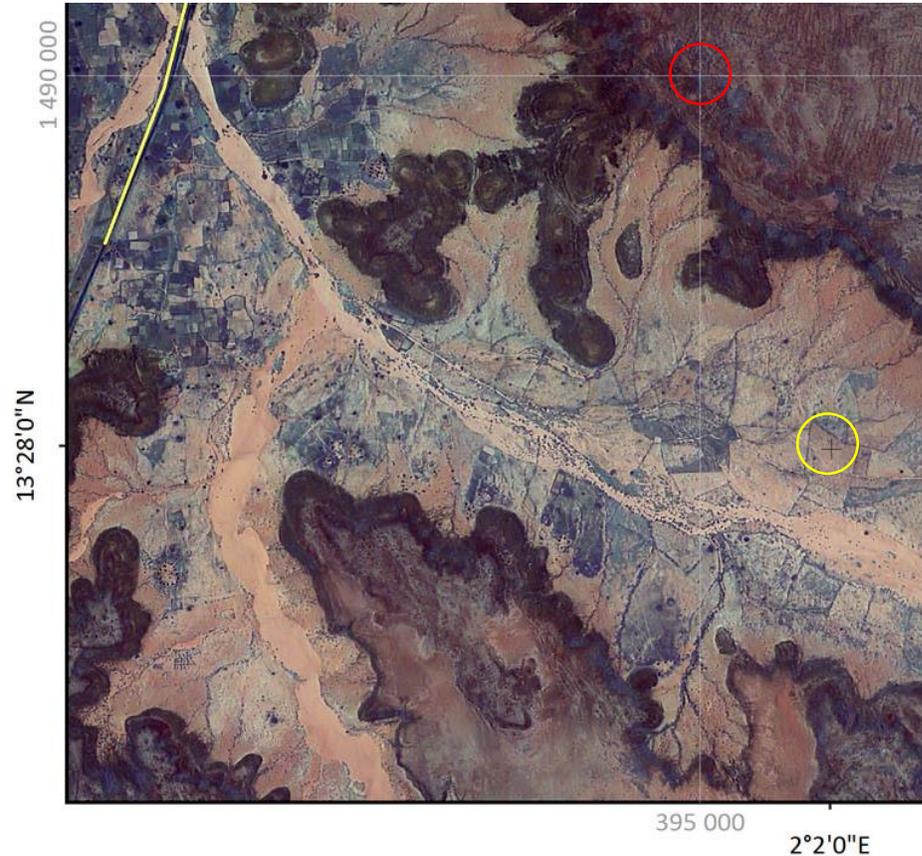
L'**échelle** est un rapport entre la mesure d'une distance sur le terrain et la mesure de la distance sur la carte. Toute modification de la taille de la carte implique une modification de l'échelle. Il est préférable d'utiliser une échelle graphique qui, agrandie ou réduite avec la carte, reste une information juste.

Coordonnées projetées

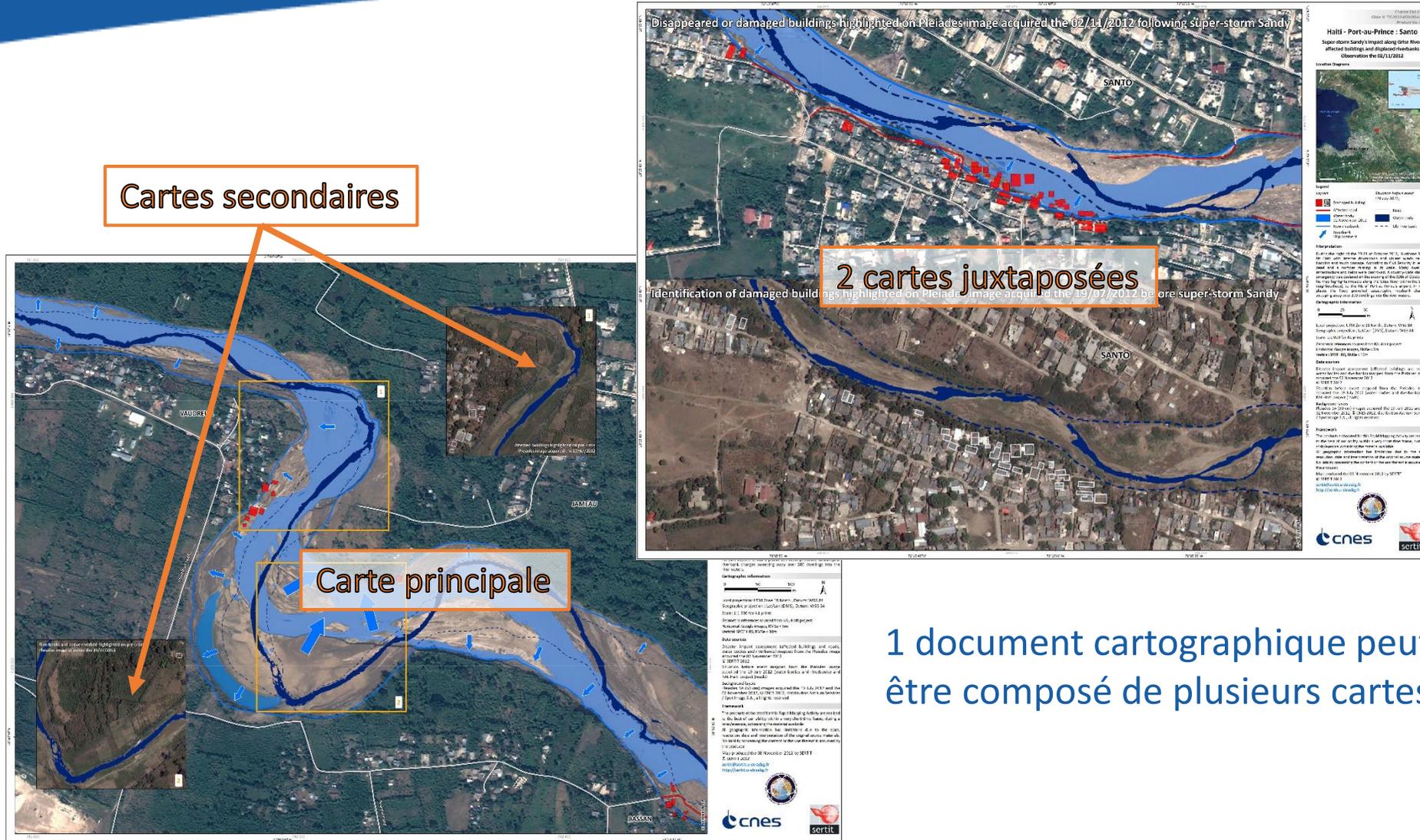
Grille de coordonnées : **carroyage** (quadrillage) formé par un réseau de lignes horizontales et verticales équidistantes utilisé pour identifier des emplacements sur une carte.

Coordonnées géographiques

Graticules : lignes (ou croisillons) montrant les parallèles de latitude et les méridiens de longitude.



Lecture des coordonnées sur la carte pour permettre à l'utilisateur de se repérer dans l'espace. Intervalles variables selon l'échelle de la carte.



Cartes secondaires

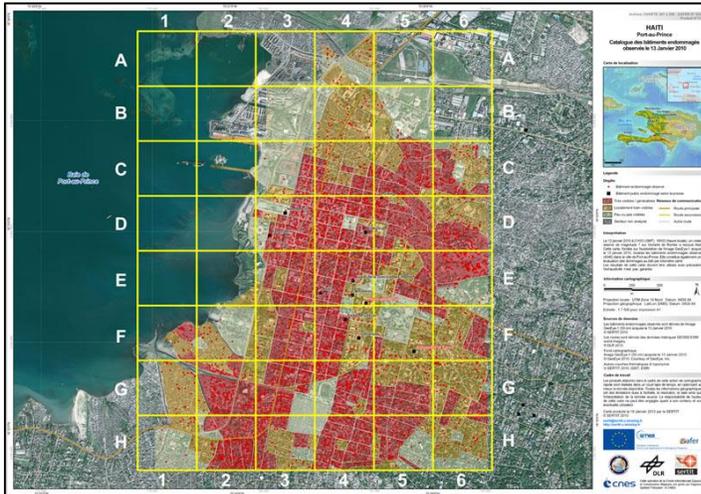
2 cartes juxtaposées

Carte principale

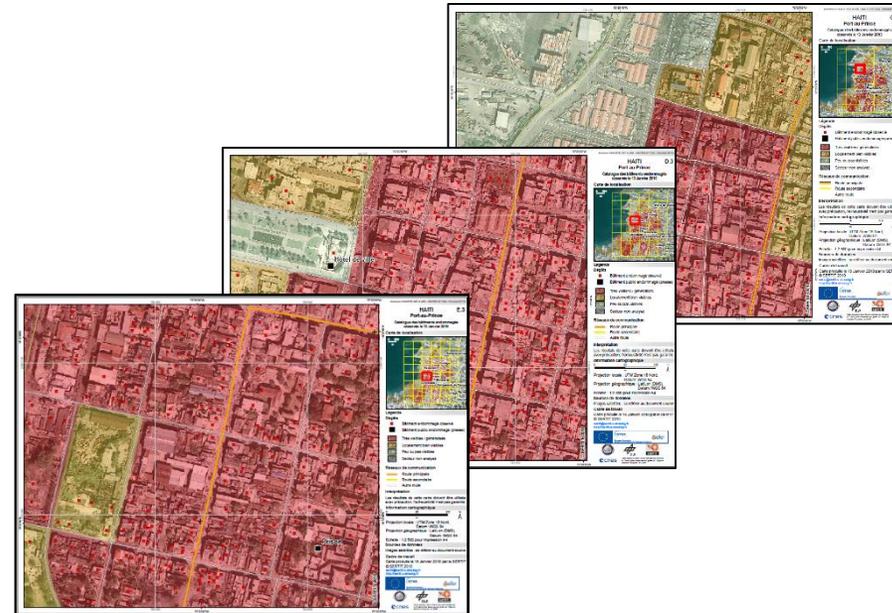
1 document cartographique peut être composé de plusieurs cartes

Un atlas cartographique est un ensemble de pages imprimées ou exportées ensemble. Cela permet de couvrir une large surface avec une échelle fine.

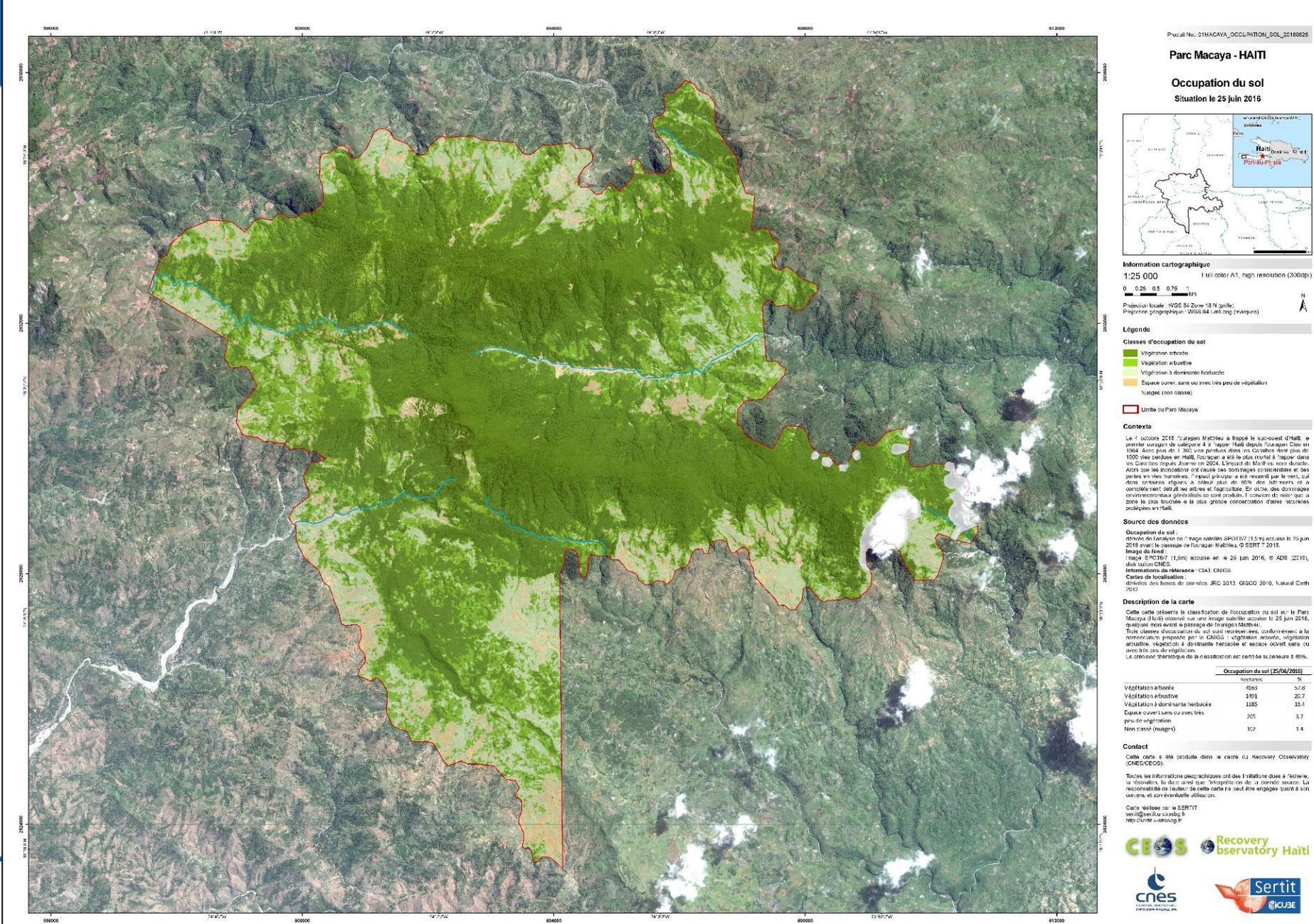
Carte générale
Grille des emprises des cartes détaillées (maillage).



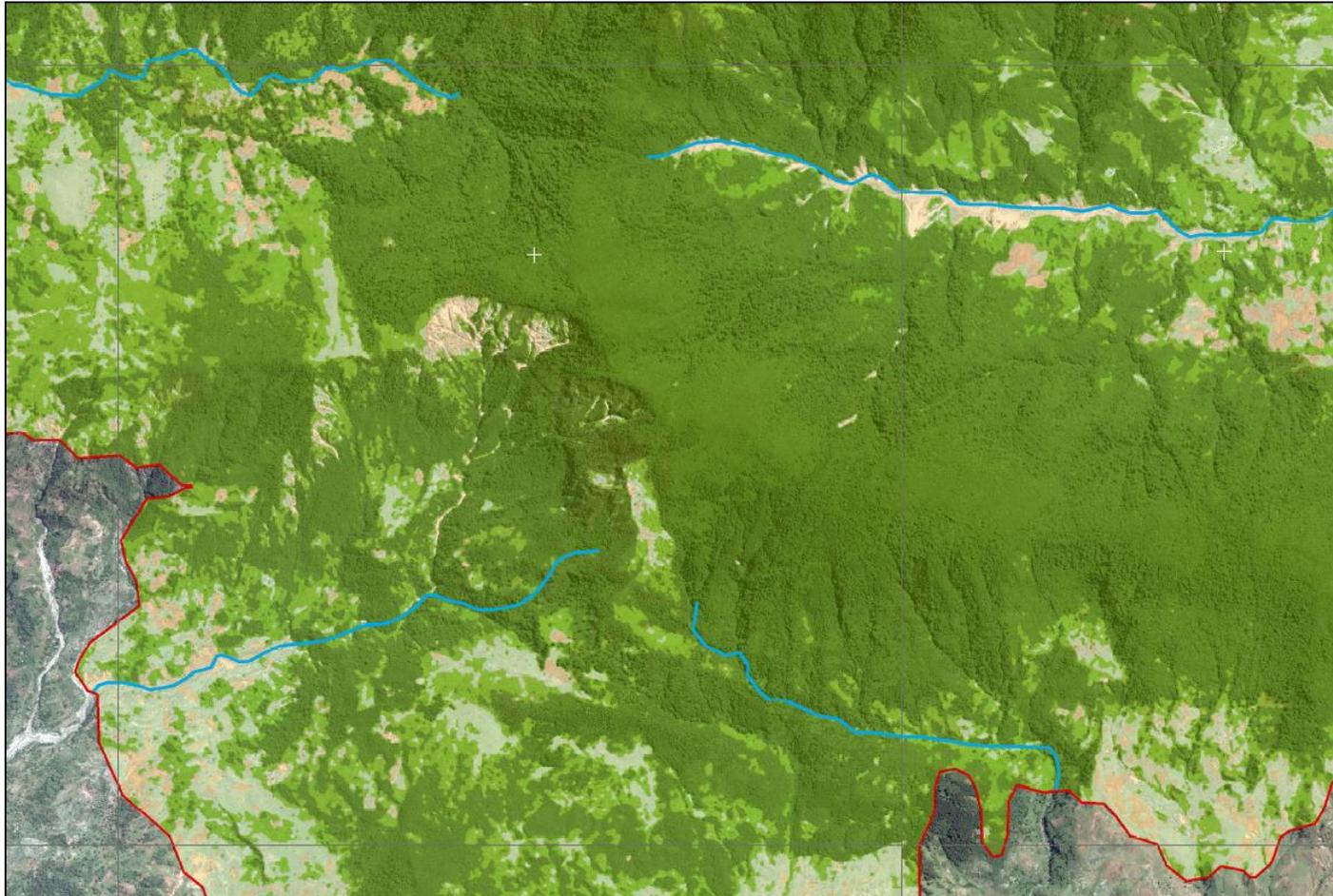
Cartes détaillées
1 carte par maille, mise en page identique.



1. Principe de l'Observation de la Terre
2. Capteurs et caractéristiques de l'image
3. Manipulation des données raster
4. Pré-traitements
5. Extraction d'information
6. Production cartographique
- 7. Exemples d'applications**



Classification de la végétation : situation le 25 juin 2016

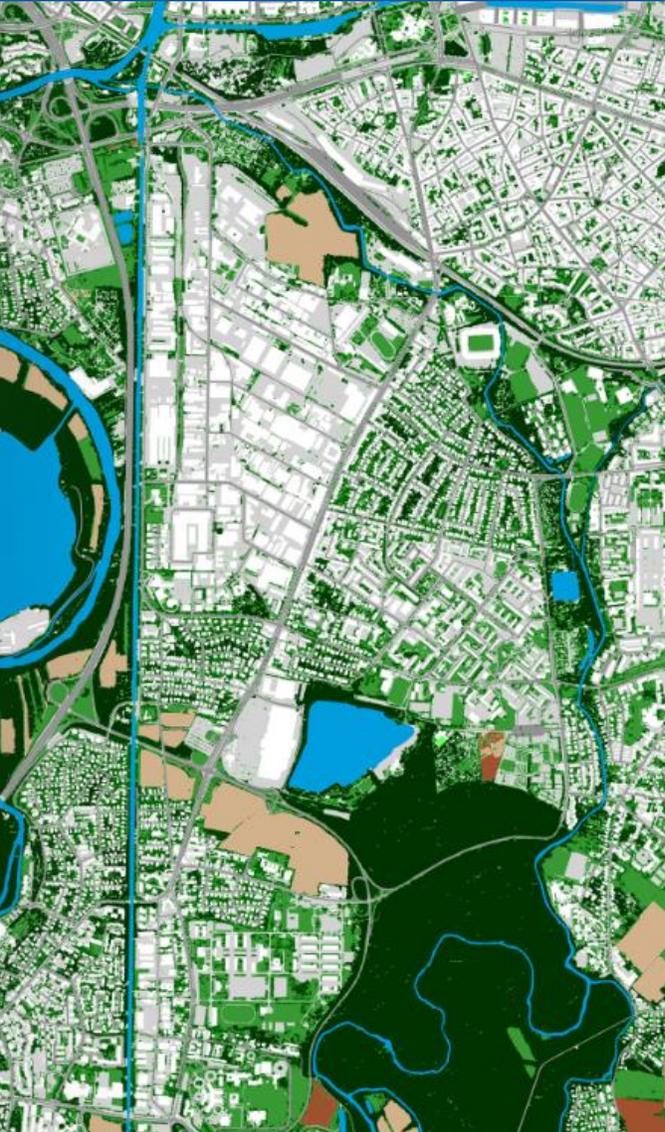


Légende

Classes d'occupation du sol

-  Végétation arborée
-  Végétation arbustive
-  Végétation à dominante herbacée
-  Espace ouvert sans ou avec très peu de végétation
-  Nuages (non classé)
-  Limite du Parc Macaya

	Occupation du sol (25/06/2016)	
	hectares	%
Végétation arborée	3945	54.7
Végétation arbustive	1690	23.5
Végétation à dominante herbacée	1205	16.7
Espace ouvert sans ou avec très peu de végétation	264	3.7
Non classé (nuages)	102	1.4



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

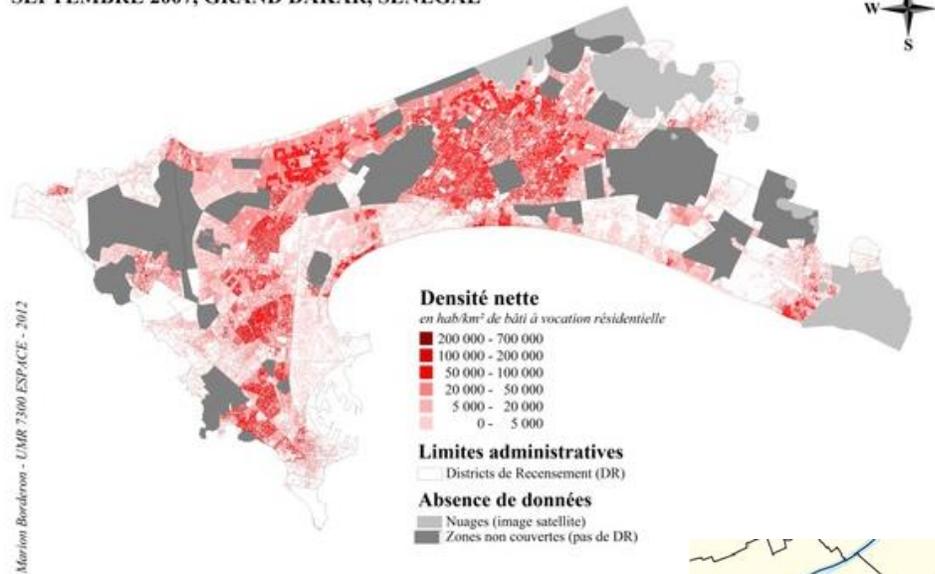


Boumerdès, Algérie

Jacmel



CARTE DASYMÉTRIQUE - DENSITÉ NETTE
SEPTEMBRE 2007, GRAND DAKAR, SENEGAL



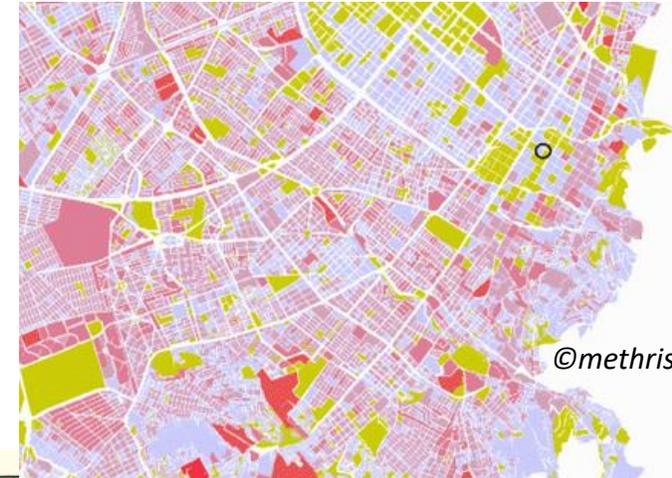
Marion Boudéron - UMR 7300 ESPACE - 2012

Source: Image SPOT 5 de 2007 en saison humide - résolution 2,5m - MIR 10m -
Classification non supervisée Isodata corrigée - Ventilation des densités de population par DR
sur les zones de bâti résidentiel. Laboratoire d'aérodologie: V. Machault, C. Vignolles et JP. Lucaux

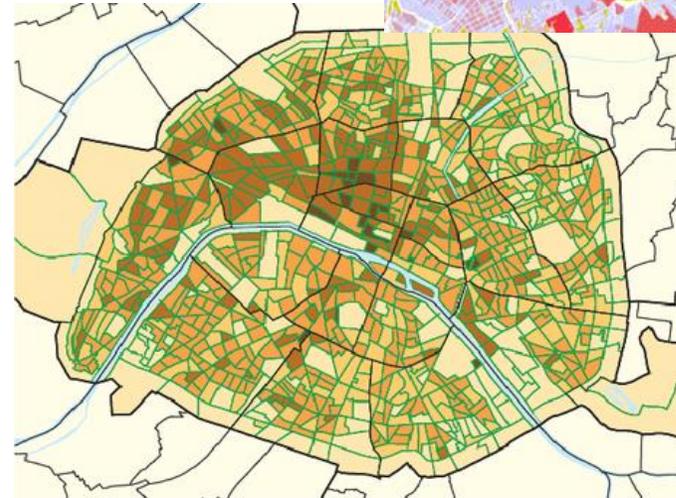
Densité d'habitants par district
Dakar, Sénégal



Densité de bâti par ilot
Bogota, Colombie



©methrispanique



Densité de bâti par quartier
Paris, France

©FPB/STDF

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

Charentes-Maritimes, France

Mars 2010



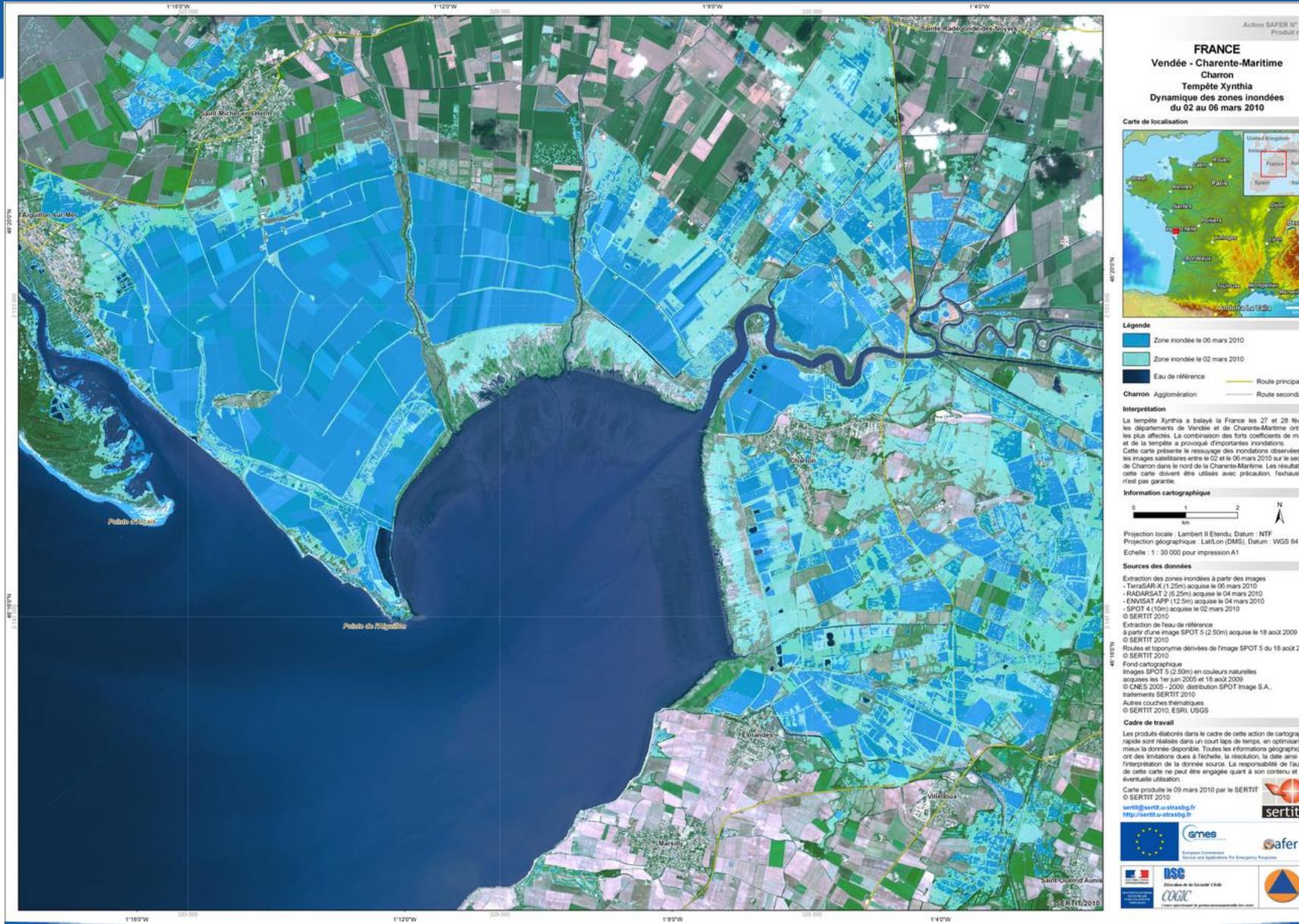
Image SPOT-4 (20m), 02/03/2010



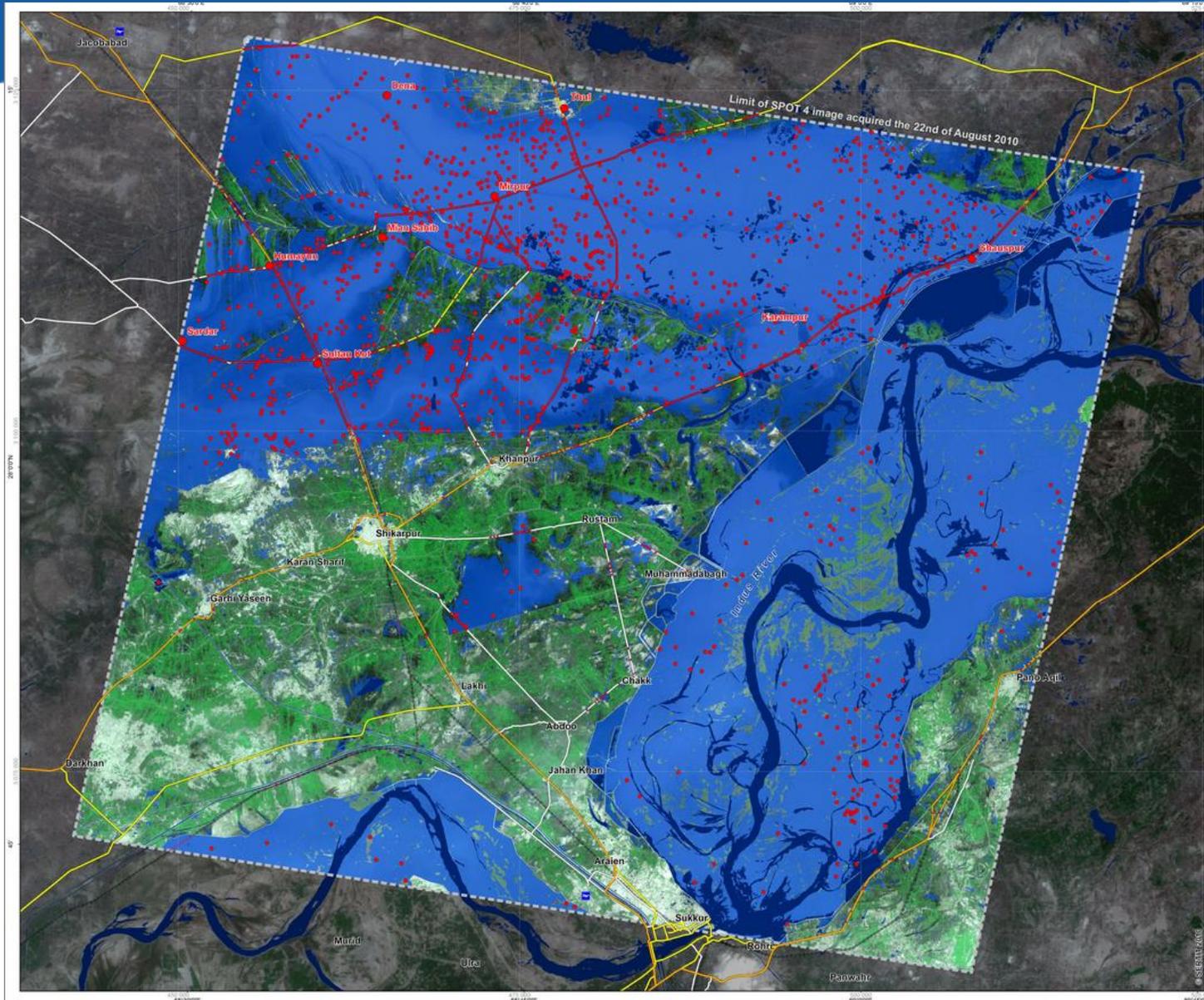
Image Radarsat-2 (6,25m), 04/03/2010

Images acquises après le passage de la tempête Xynthia

Cartographie des inondations



Cartographie des inondations



SAFER Action No. 054 (vol. 048)
Produit No. 20 b

PAKISTAN

North of Sukkur - Indus River

Damage assessment - Overview
Situation the 22nd of August 2010

Location Diagrams



Legend

Hydrological situation

- Flooded area observed the 22nd of August 2010
- Reference water body

Potentially affected infrastructure

- Large settlement
- Small settlement
- Road
- Railroad

Infrastructure

- Motorway, trunk road
- Primary road
- Secondary road
- Railroad
- Airport

Interpretation

Since late July 2010, heavy rain has caused record flooding in Pakistan. This product displays a damage assessment over infrastructures in the north of Sukkur the 22nd of August 2010 using SPOT 4 image.

The map should be used with precaution, exhaustivity is not guaranteed, particularly in urban or densely vegetated areas.

Cartographic information

0 5 10 km

Local projection: UTM 42 North, Datum: WGS 84
Geographic projection: Lat/Lon (DMS), Datum: WGS 84
Scale: 1:125 000 for A1 prints

Data Sources

Flood extent extracted from SPOT 4 data (20 m) acquired the 22nd of August, received the 25th of August 2010 © SERTIT 2010

Reference water body extracted from Demos-1 image (22 m) acquired the 14th of July 2010 © SERTIT 2010

Background imagery

- Natural colours SPOT 4 image (20 m) acquired the 22nd of August 2010 © CNES 2010, distribution SPOT Image, all rights reserved
- Natural colours Demos-1 image (22 m) acquired the 14th of July 2010 © DEMOS Imaging Srl, 2010, all rights reserved

Other thematic layers and toponyms © SERTIT 2010, ESRI, OpenStreet Map

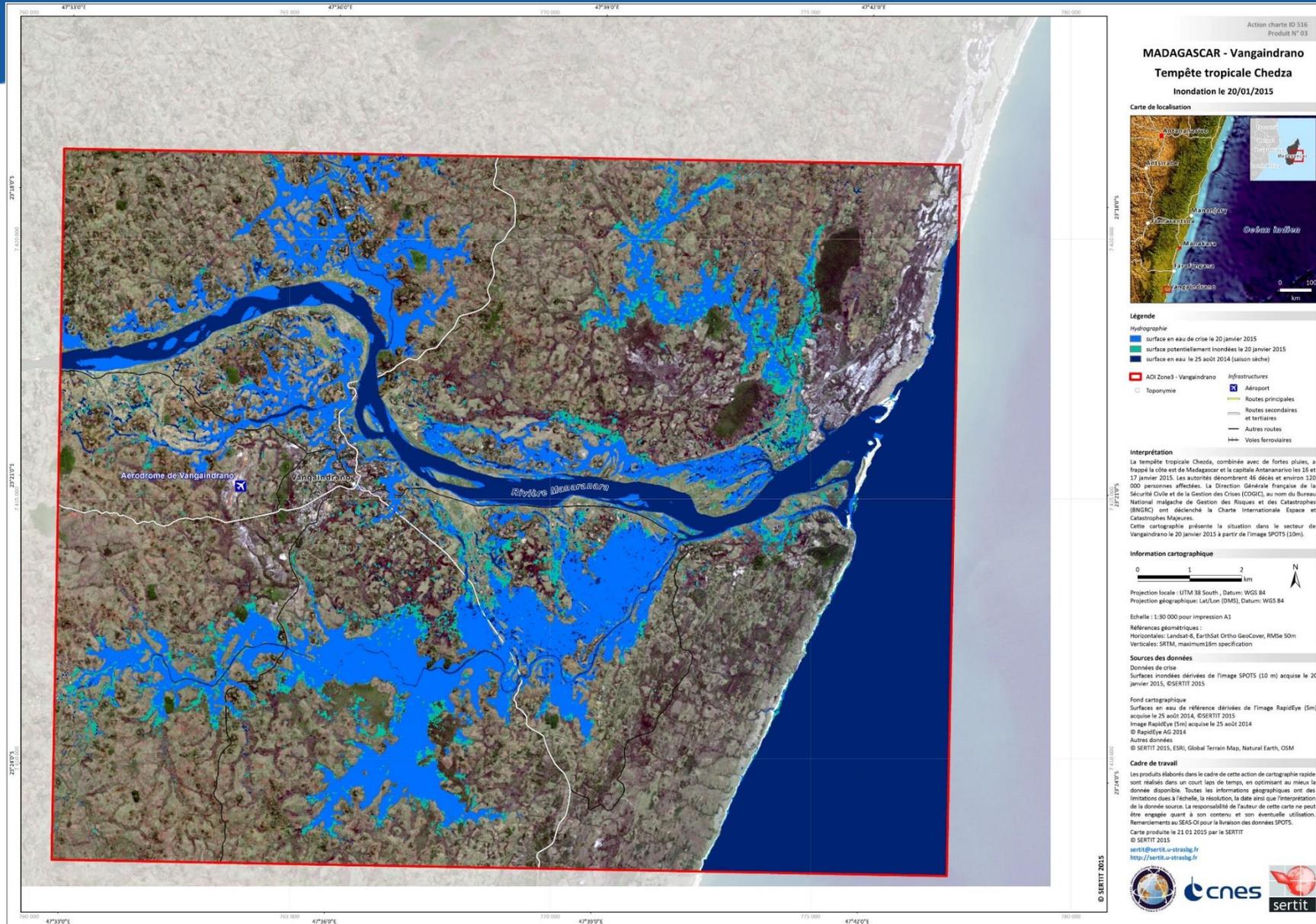
Framework

The products elaborated for this Rapid Mapping Activity are realized to the best of our ability, within a very short time frame during a crisis/emergency, optimising the material available. All geographic information has limitations due to the scale, resolution, date and interpretation of the original source materials. No liability concerning the content or the use thereof is assumed by the producer. The research leading to these results has received funding from the European Community's Seventh Framework Programme (FP7-2007-2013) under grant agreement n° 219802.

Map produced the 27th of August 2010 by SERTIT © SERTIT 2010
earth@sertit.u-straasbg.fr
http://sertit.u-straasbg.fr



Cartographie des inondations



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 séisme

Port-au-Prince, Haïti
Janvier 2010



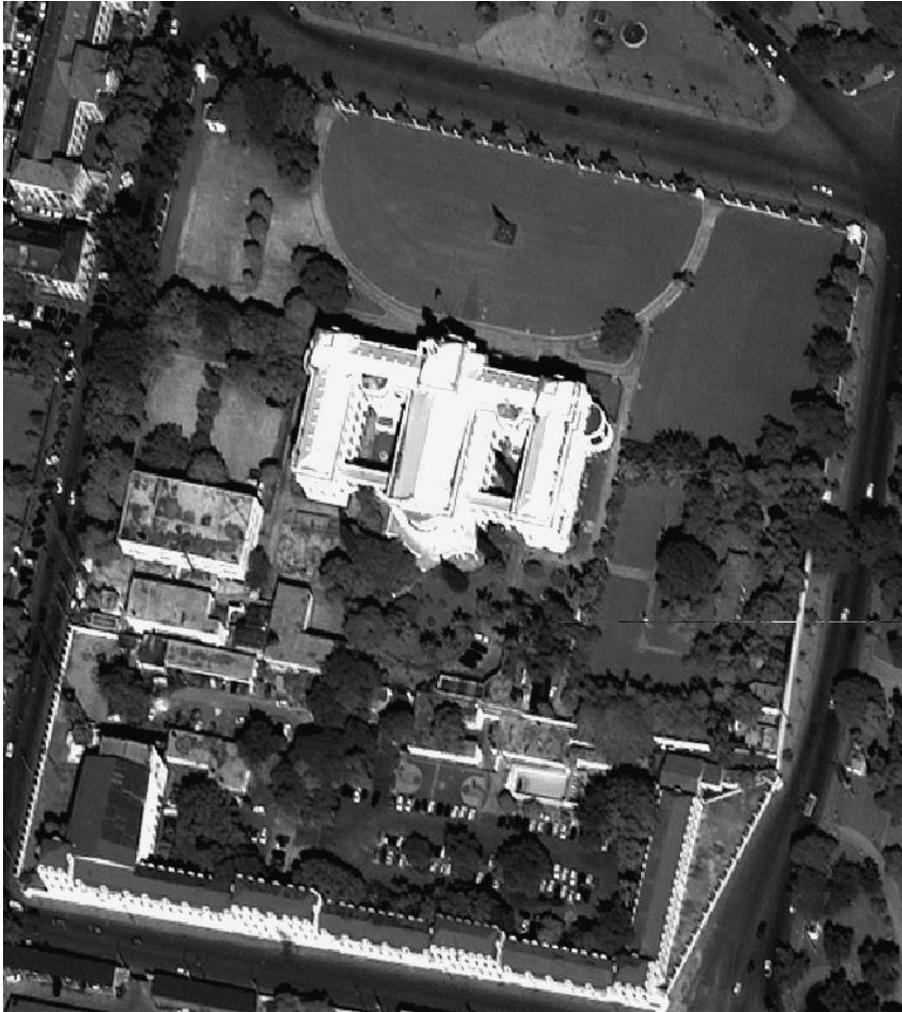
*Worldview-1 (0,50m) acquise le 09/12/2007
Avant le séisme*



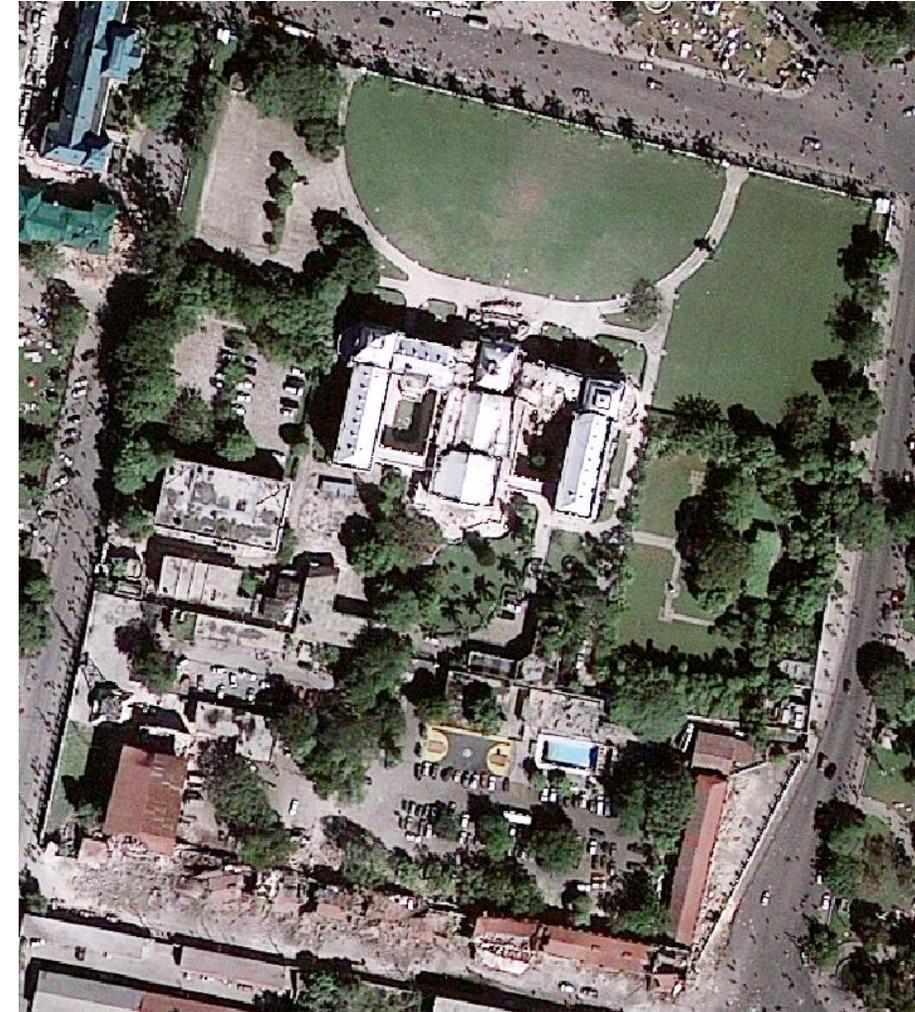
*GeoEye (0,41m) acquise le 13/01/2010
Après le séisme*

Cartographie des dégâts de séisme

Port-au-Prince, Haïti
Janvier 2010

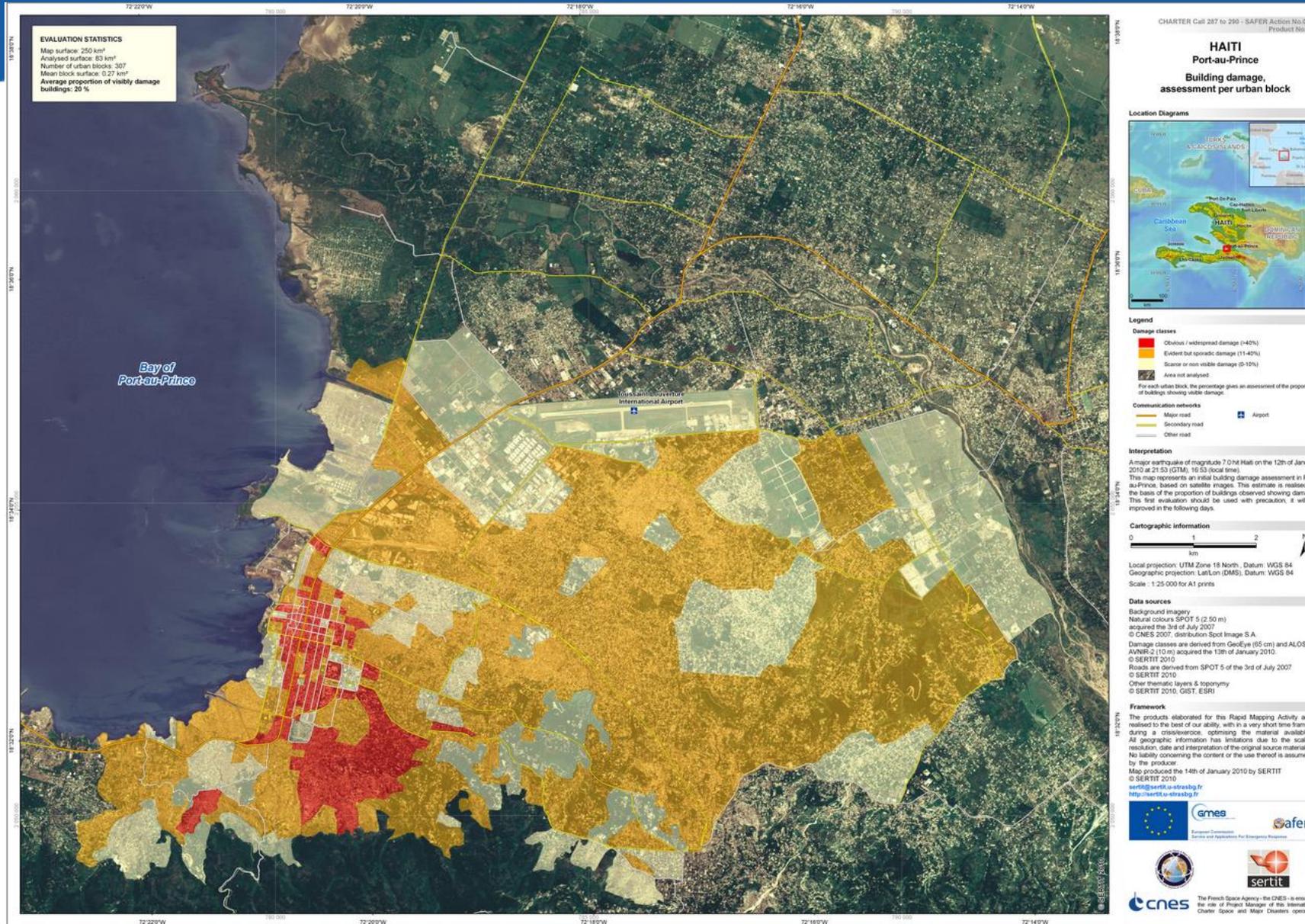


*Worldview-1 (0,50m) acquise le 09/12/2007
Avant le séisme*

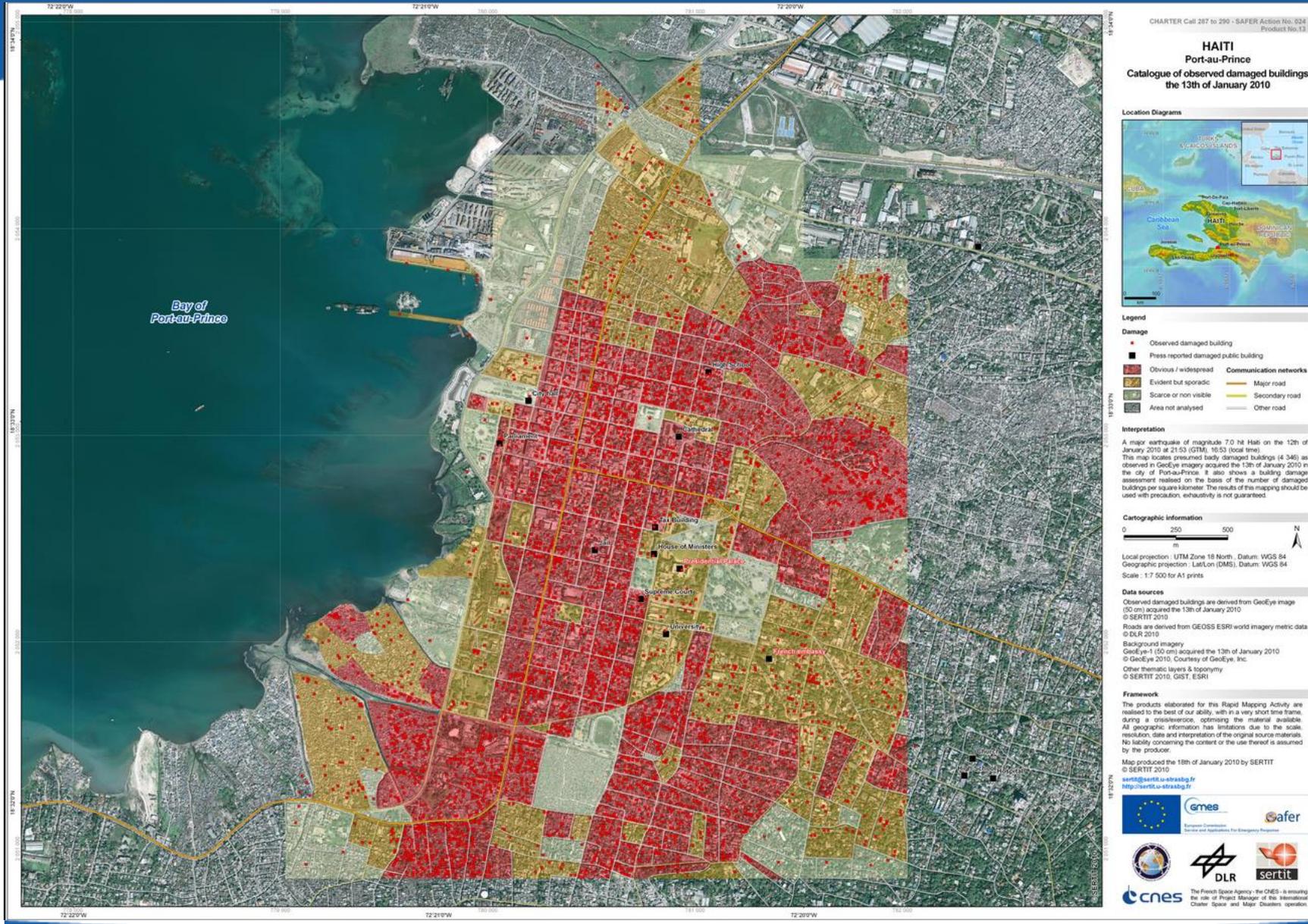


*GeoEye (0,41m) acquise le 13/01/2010
Après le séisme*

Cartographie des dégâts de séisme



Cartographie des dégâts de séisme



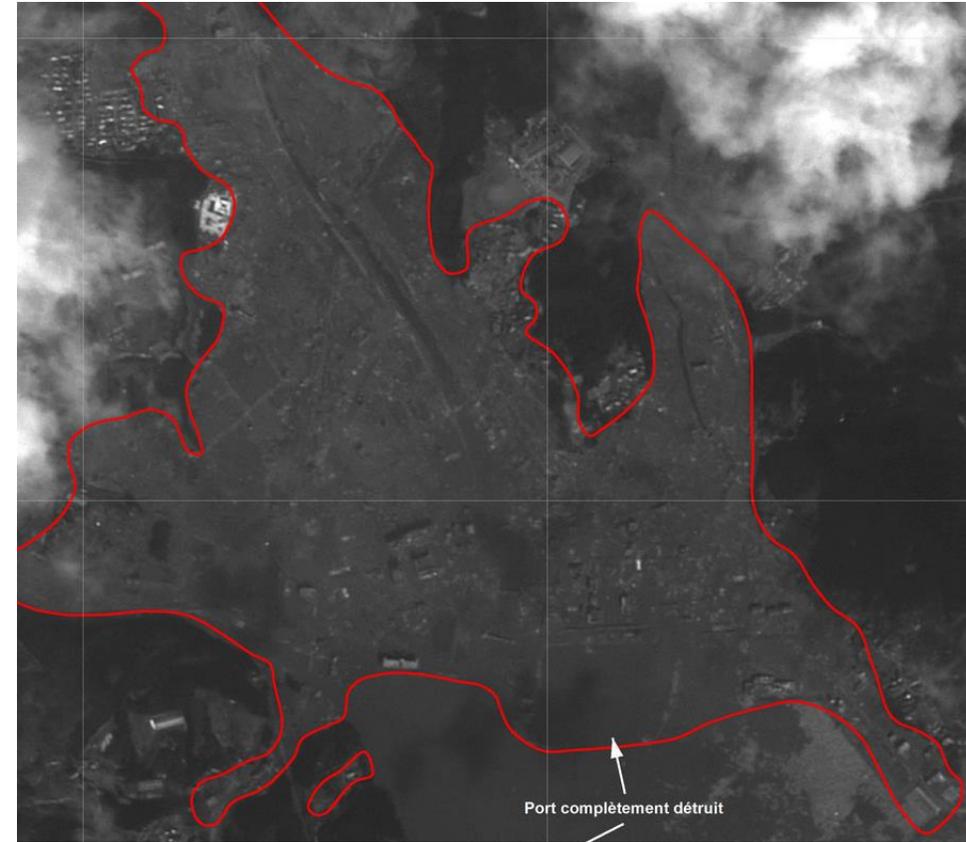
Cartographie des dégâts de séisme



Japon
Mars 2011



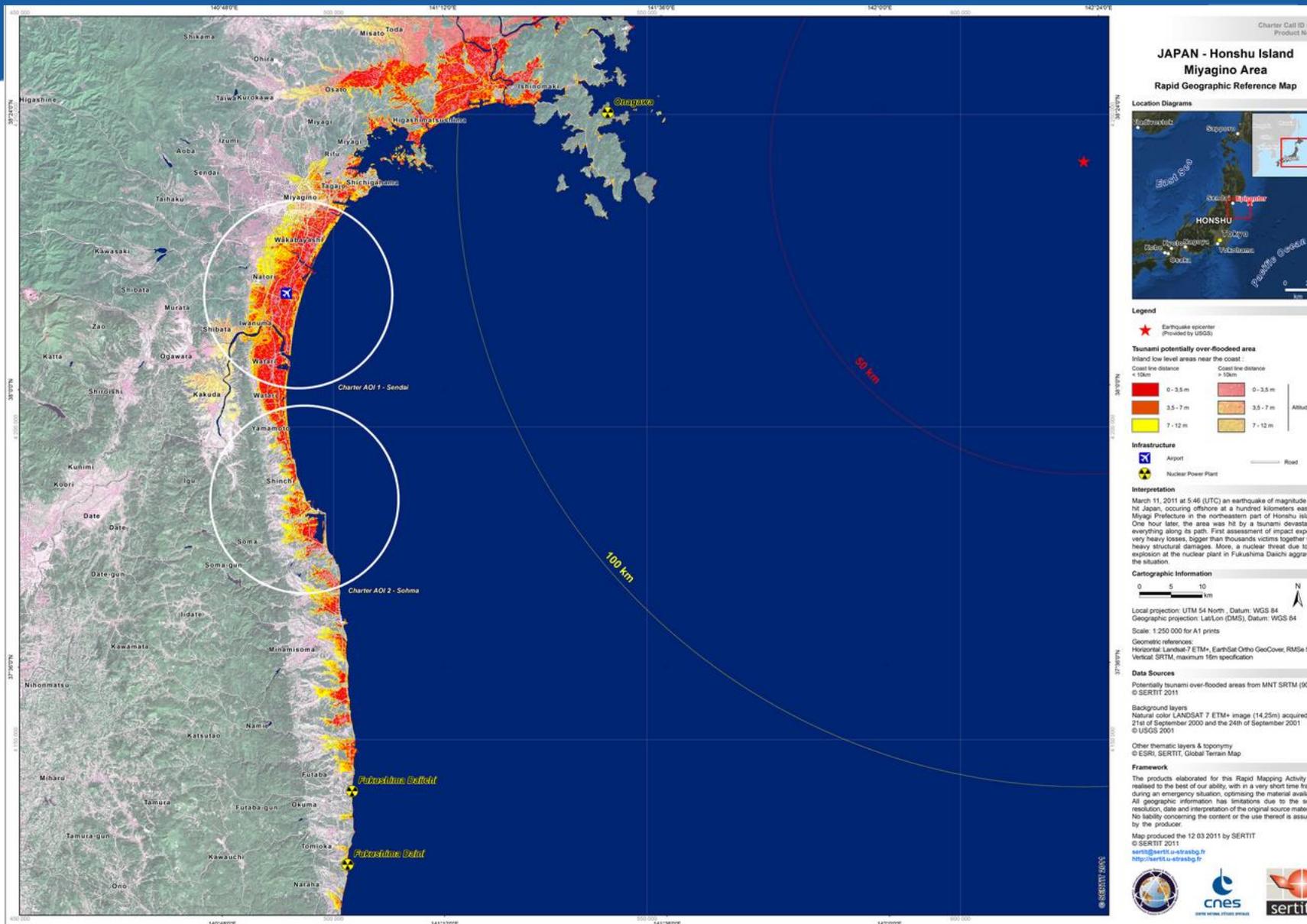
*Worldview-1 (0,50m) acquise le 11 mars 2011
Avant le tsunami*



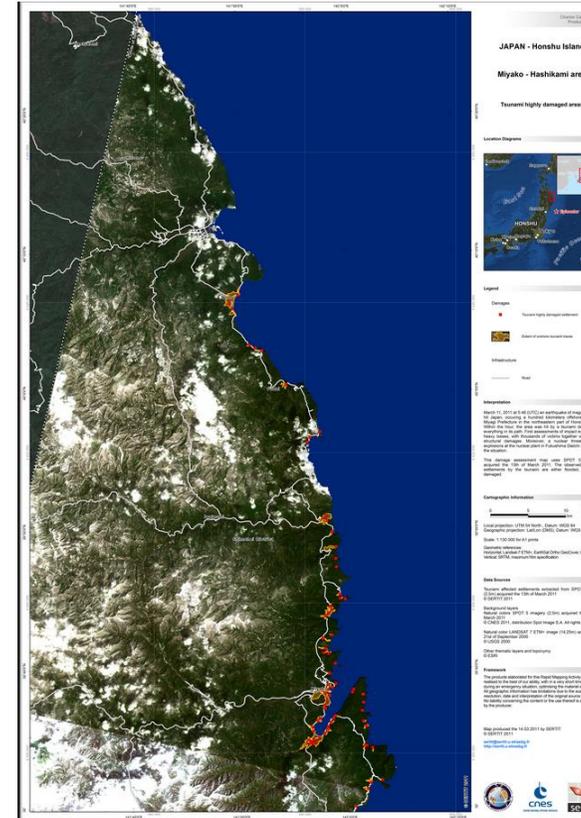
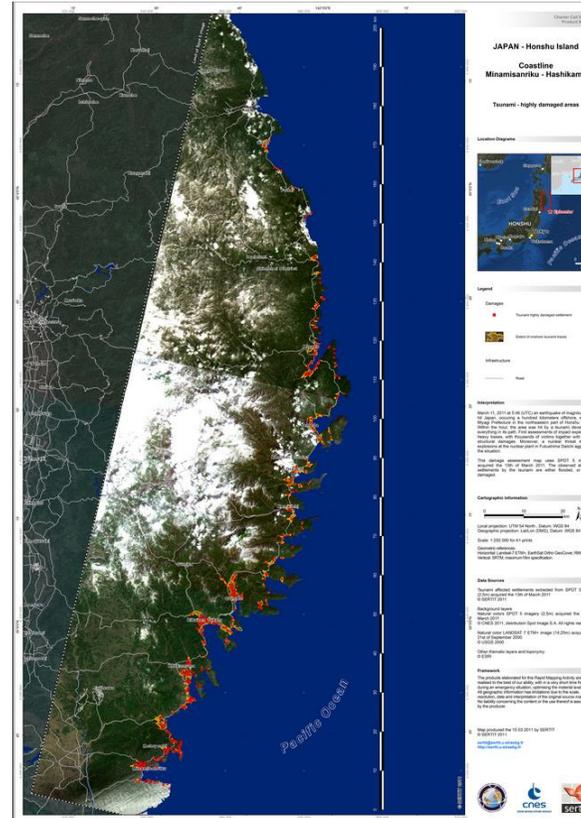
*SPOT-5 (2,50m) acquise le 12 mars 2011
Après le tsunami*

Cartographie des dégâts de tsunami

Produits (H+18)
Japon
Mars 2011

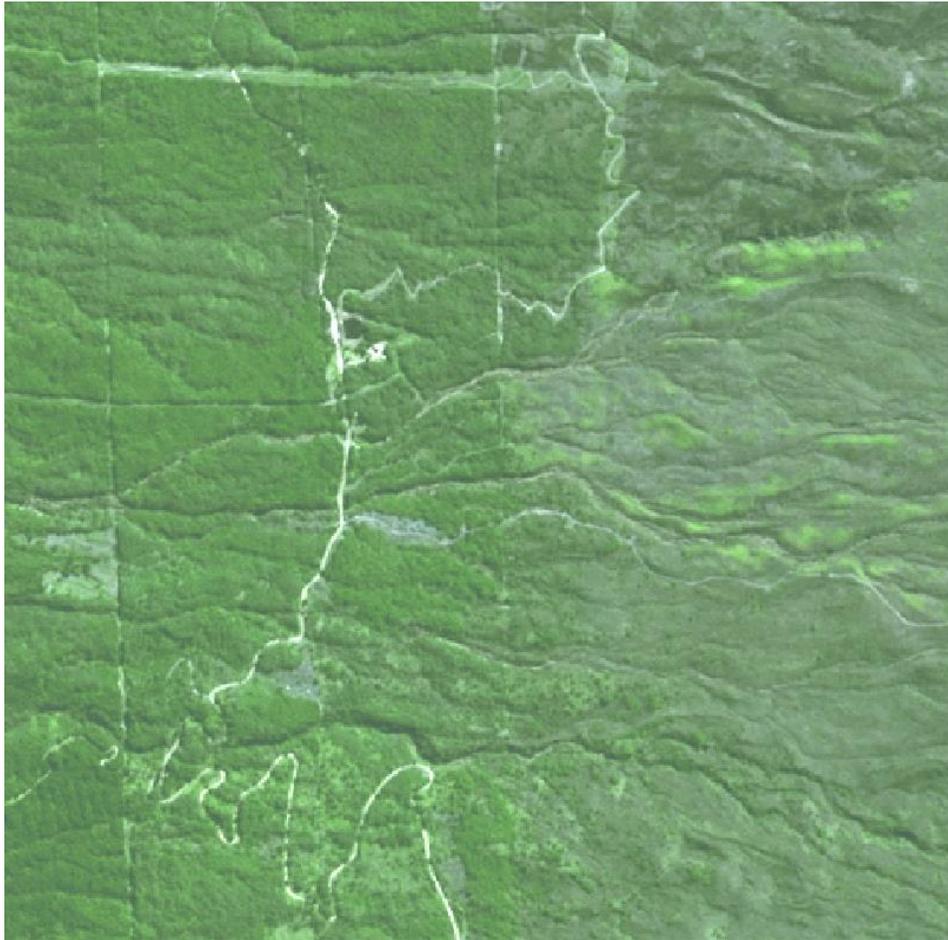


Cartographie des dégâts de tsunami



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

Ile de la Réunion, France
Octobre 2011

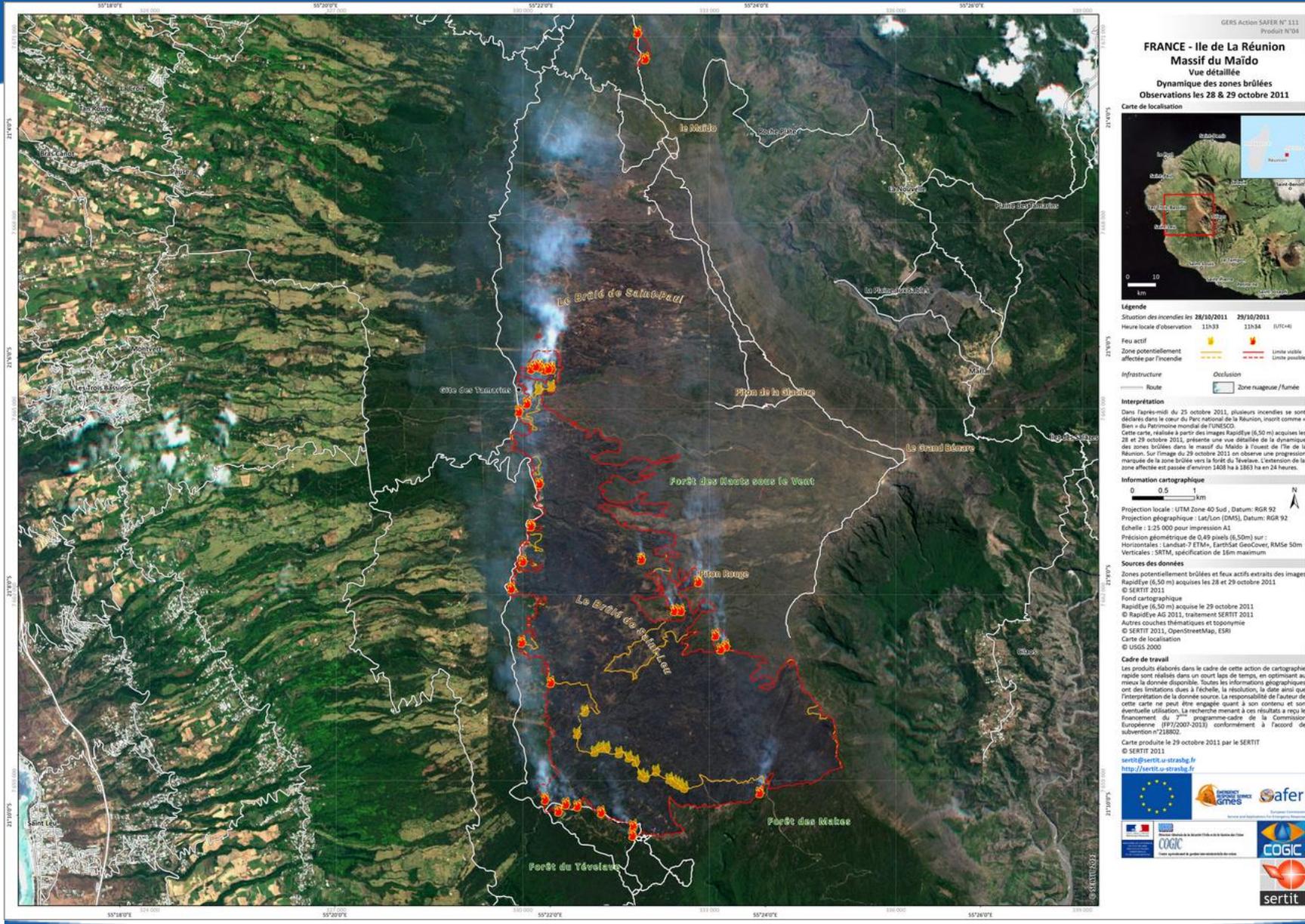


*SPOT-5 (10m) acquise le 30 mai 2011
Avant l'incendie*

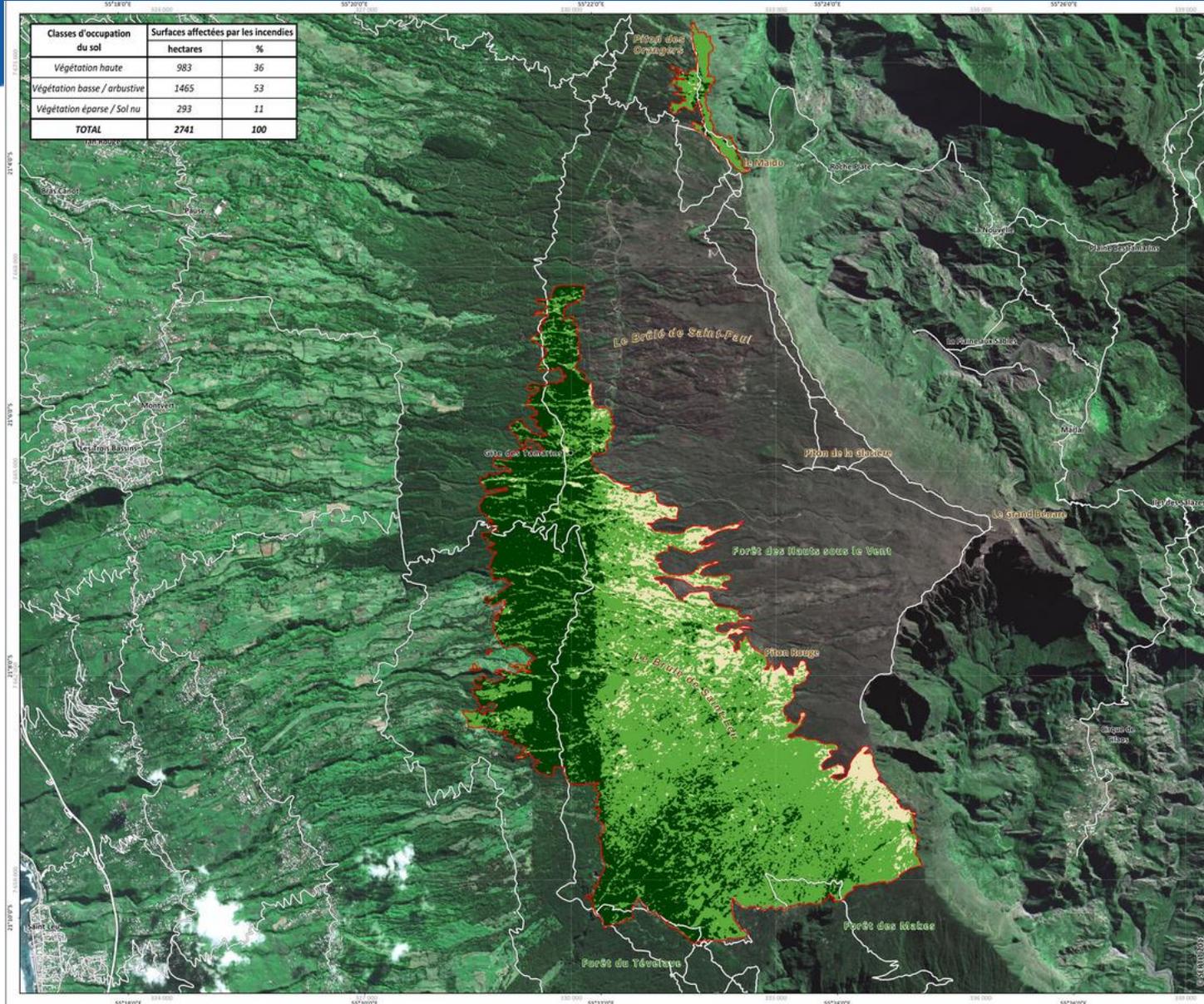


*RapidEye (6,50m) acquise le 29 octobre 2011
Pendant l'incendie*

Cartographie des incendies



Cartographie des incendies



FRANCE - Ile de La Réunion
Massif du Maïdo
Vue détaillée
Impact des incendies sur la végétation
Observation le 2 novembre 2011

Carte de localisation



Légende

- Feu: Zone potentiellement affectée par l'incendie observée le 02/11/2011 à 11h38 (heure locale)
- Occupation du sol dans les zones potentiellement affectées:
 - Végétation haute
 - Végétation basse / arbustive
 - Végétation épars / Sol nu
- Infrastructure:
 - Route
 - Occlusion
 - Zone nuageuse

Interprétation

Dans l'après-midi du 25 octobre 2011, plusieurs incendies se sont déclarés dans le parc national de la Réunion, inscrit comme «biens du Patrimoine mondial de l'UNESCO». Cette carte présente l'extension de la zone potentiellement affectée par les incendies observée sur une image RapideVe (6,50 m) acquise le 2 novembre 2011. De plus, elle présente une vue détaillée de l'impact de ces incendies sur la végétation dans le massif du Maïdo extraite à partir d'une image Spot-5 du 30 mai 2011.

Information cartographique

Projection locale: UTM Zone 40 Sud, Datum: RGR 92
Projection géographique: Lat/Lon (DMS), Datum: RGR 92
Echelle: 1:25 000 pour impression A1
Précision géométrique de 0,48 pixels (6,50m) sur:
Horizontales: Landsat-7 ETM+, EarthSat GeoCover, RMSE 50m
Verticales: SRTM, spécification de 14m maximum

Sources des données

Zones potentiellement brûlées extraites de l'image RapideVe (6,50 m) acquise le 2 novembre 2011
© SERTIT 2011
Occupation du sol extraite à partir de l'image Spot-5 (10m) acquise le 30 mai 2011
© SERTIT 2011
Fond cartographique
Image Spot-5 (2,50 m) en couleurs naturelles acquise le 30 mai 2011
© CNES 2011, distribution Spot Image S.A., traitement SERTIT 2011
Autres couches thématiques et toponymie
© SERTIT 2011, OpenStreetMap, ESRI
Carte de localisation
© USGS 2000

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 qu'à 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. La recherche menant à ces résultats a reçu le financement du 7^{ème} programme-cadre de la Commission Européenne (FP7/2007-2013) conformément à l'accord de subvention n°218802.

Carte produite le 2 novembre 2011 par le SERTIT
© SERTIT 2011
sertit@sertit.u-strasbg.fr
http://sertit.u-strasbg.fr

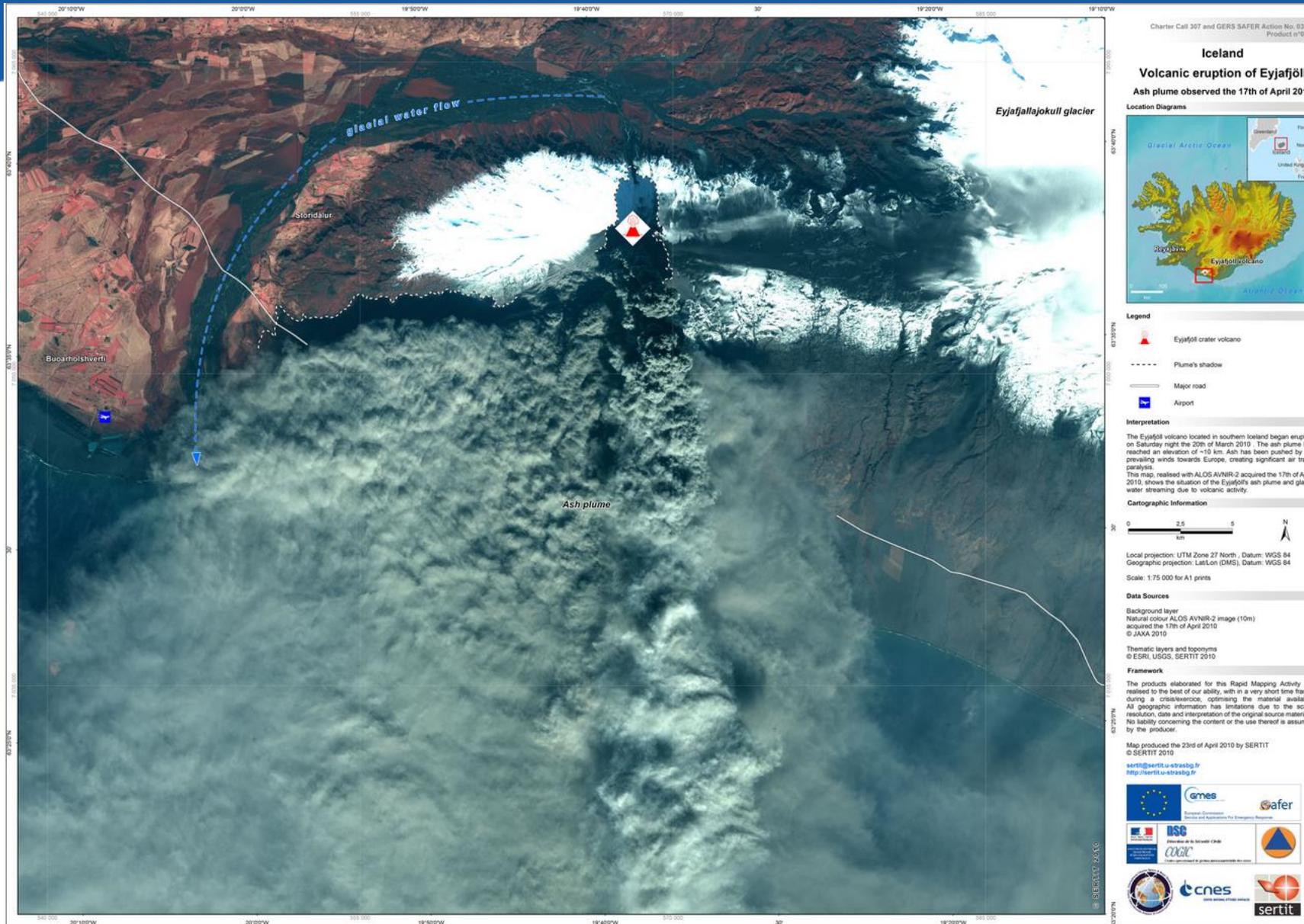


Eyjafjöll, Island Avril 2010



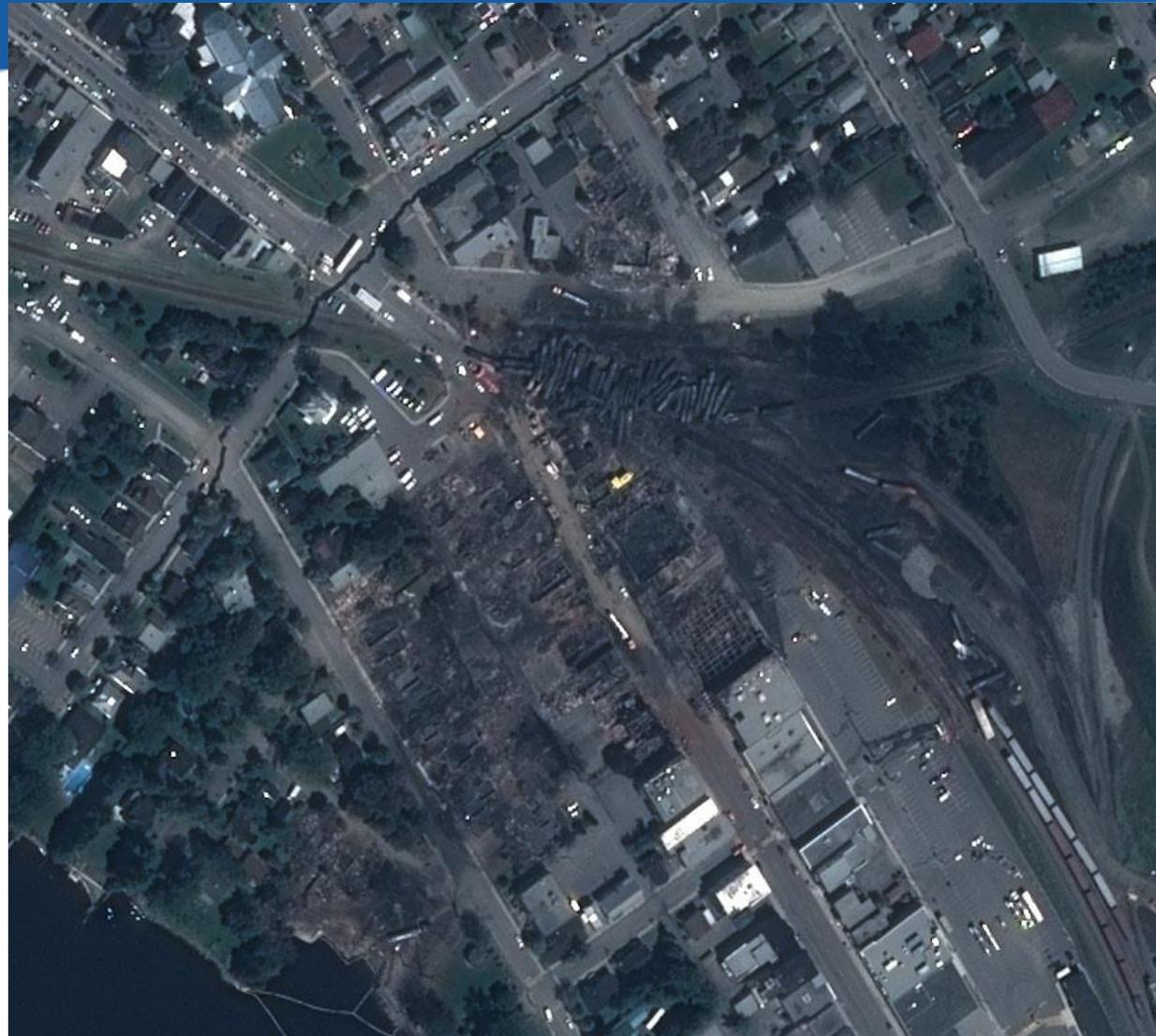
MODIS (250m) acquise le 17/04/2010 pendant l'éruption

Cartographie des éruptions volcaniques



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

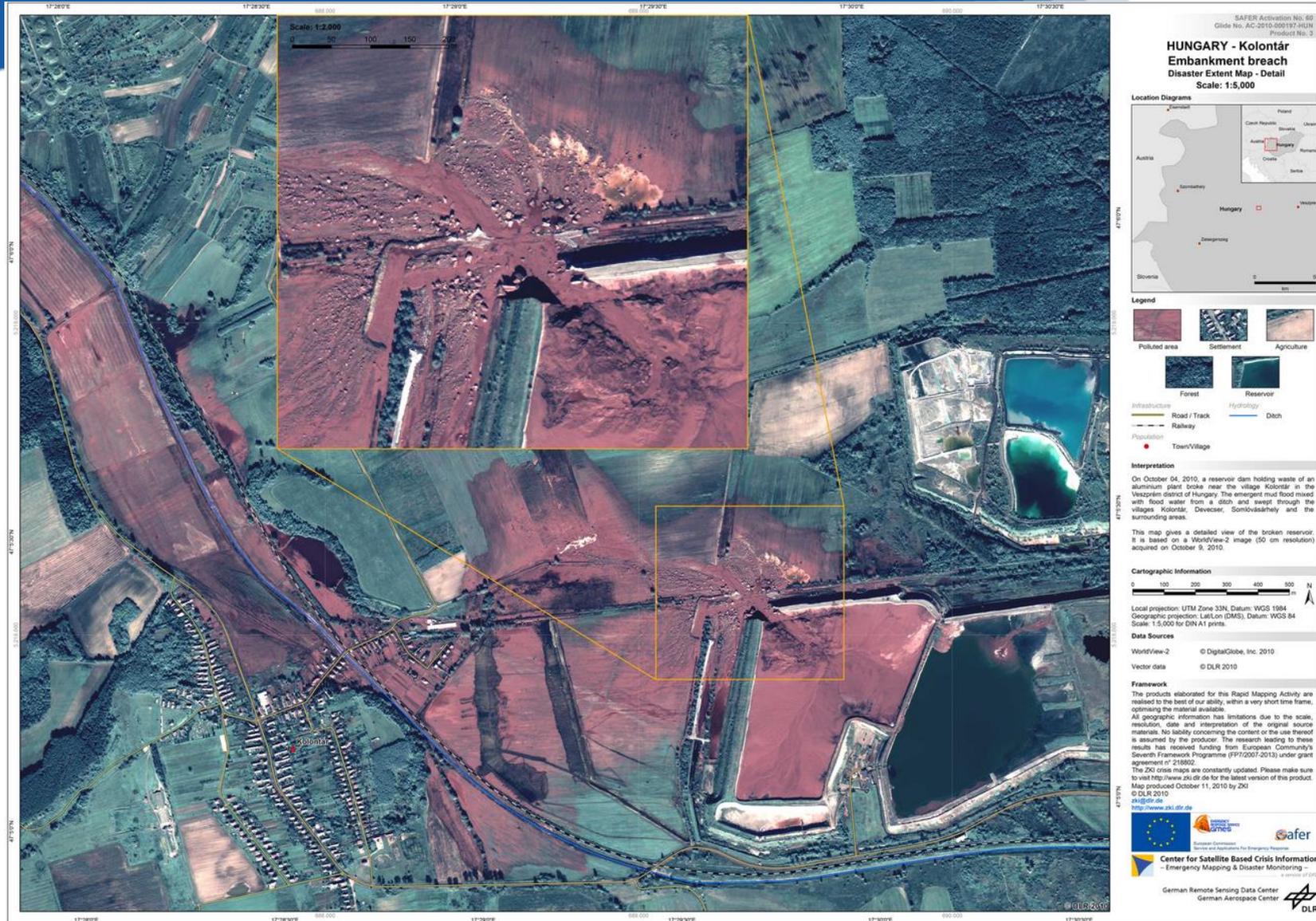


Image Worldview-2 (0,50m) acquise le 9/10/2010, Carte réalisée par DLR/ZKI

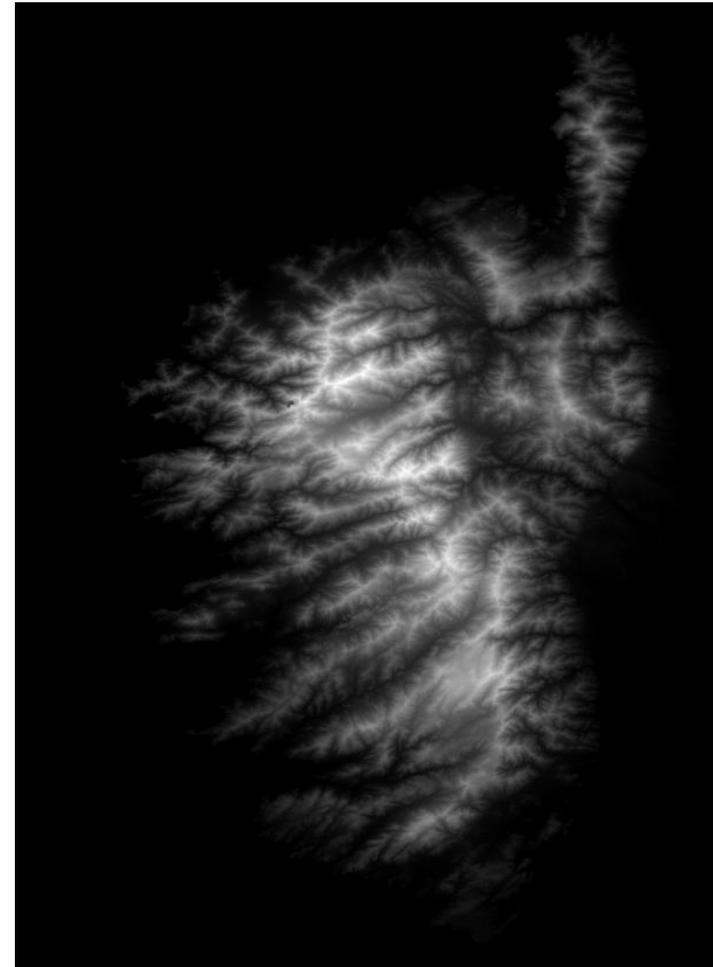
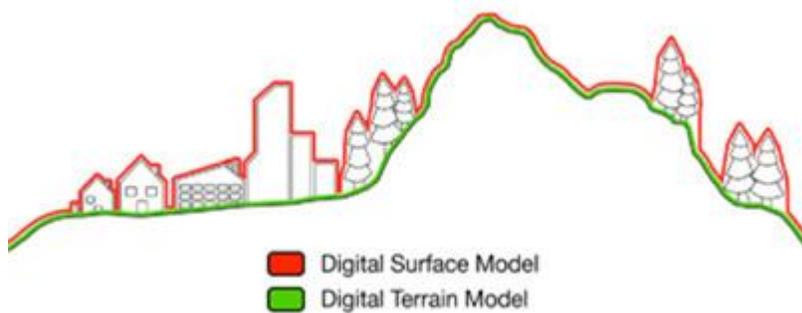
DEM : Digital Elevation Model

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

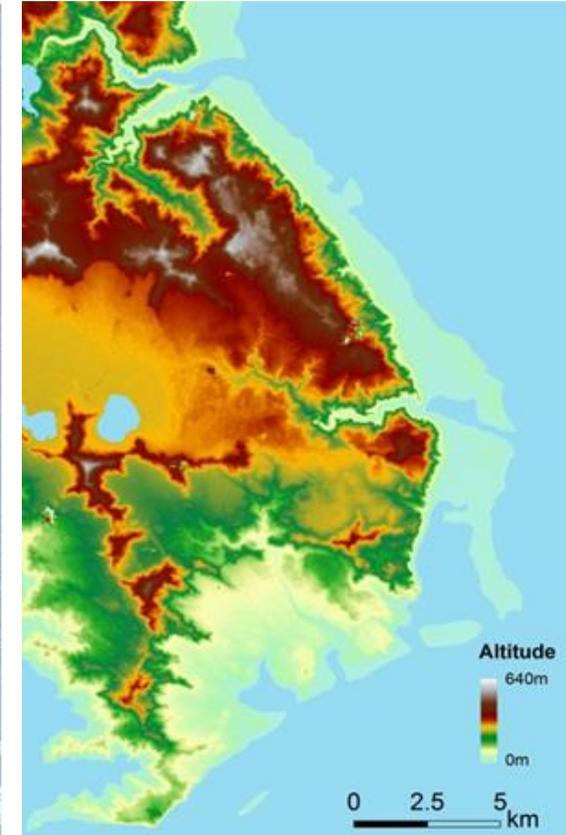
Certains capteurs VHR (Pléiades par exemple) sont suffisamment agiles pour permettre plusieurs acquisitions à la fois, en particulier l'acquisition de trois images sur un même secteur durant un seul survol, dont une acquise pratiquement au nadir.



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

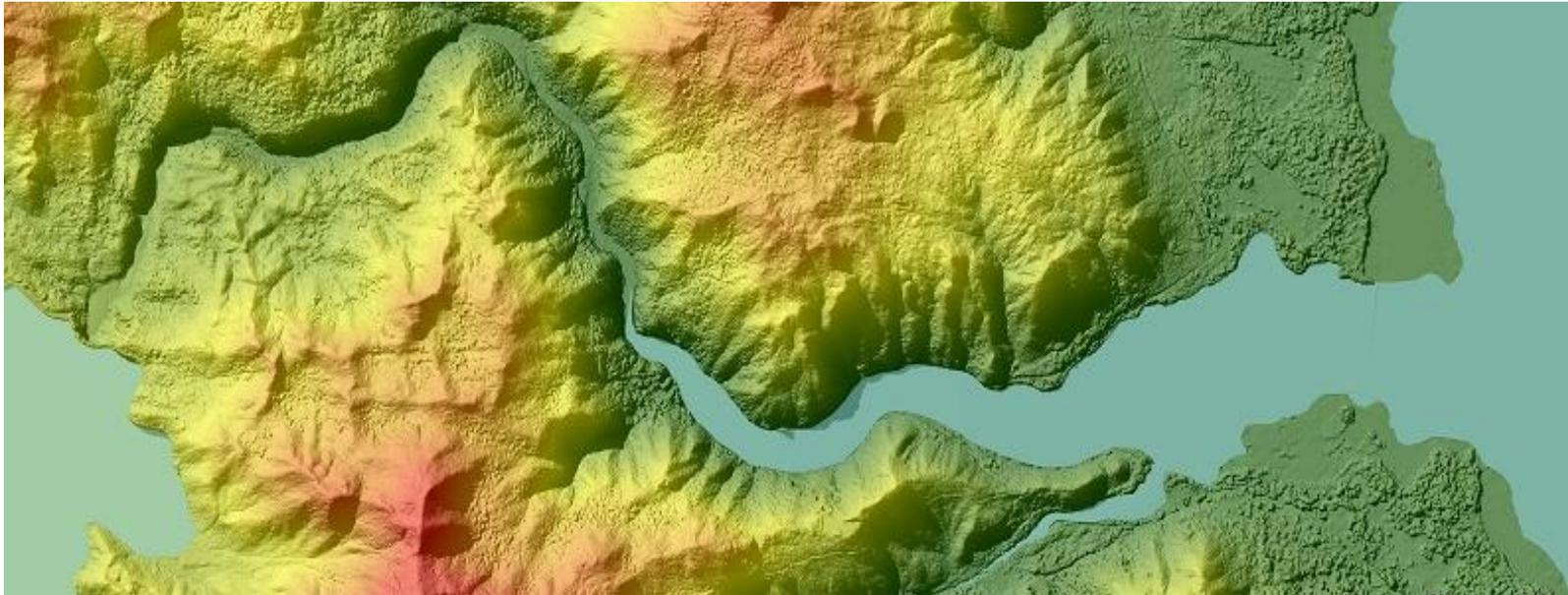


Yaté, Nouvelle-Calédonie

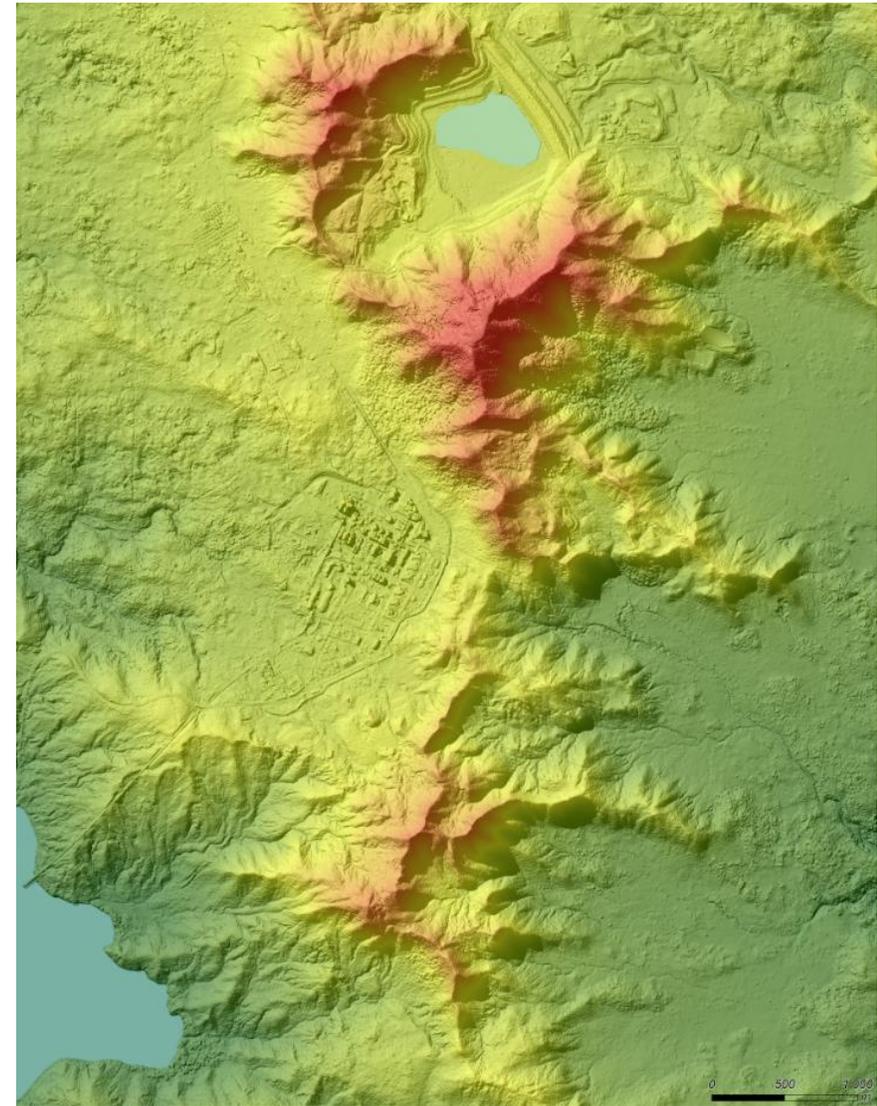


Stéréoscopie

Génération de DSM



Yaté, Nouvelle-Calédonie



Stéréoscope

Anaglyphe

Port-au-Prince
Haïti





OTB (CNES)

- Generic open-source remote sensing software developed in the frame of ORFEO program
- Correlation in epipolar geometry
- A posteriori 3D filtering



MicMac (Matis lab from IGN)

- Open-Source correlation software
- Multi-resolution and multi-correlation approach
- Optimisation with a regularisation term



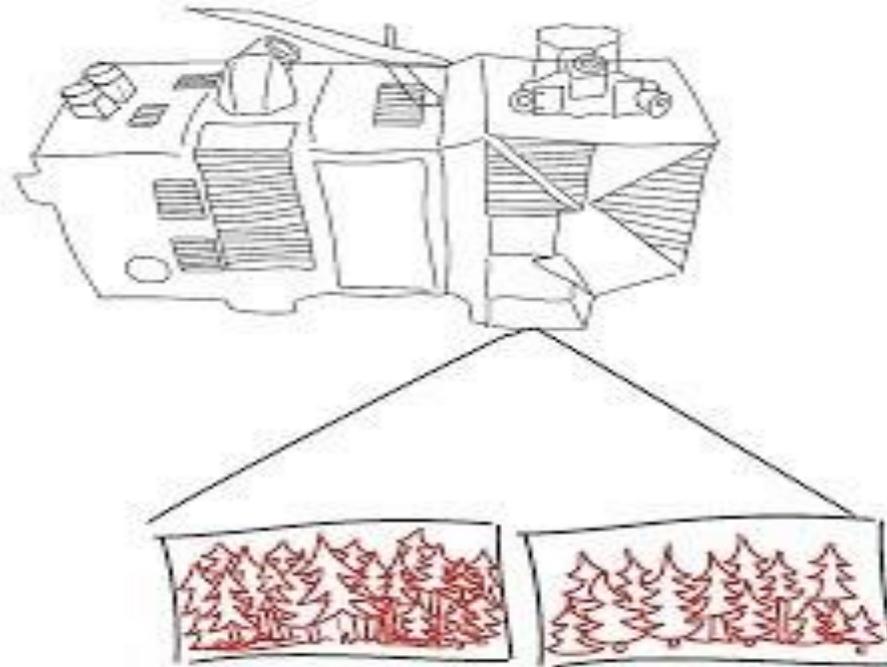
S2P (CMLA lab from ENS Cachan)

- Research processing chain developed in the frame of the MISS project
- Enhanced correlation in epipolar geometry
- A posteriori matches rejection



PCI OrthoEngine, ENVI, LPS...

- Commercial tools with graphical user interface
- Correlation in epipolar geometry



[YouTube](#)



- <https://www.geospatialworld.net/blogs/observing-the-earth-fueling-global-development-solutions/>
- <http://satellites4everyone.co.uk>
- http://semiautomaticclassificationmanual-v4.readthedocs.io/en/latest/remote_sensing.html
- <http://www.seos-project.eu/modules/classification/classification-c01-p05.html>
- ESRI Arcmap, PCI Geomatica, Erdas Imagine, QGIS, Orfeo Toolbox, ENVI documentation
- CNES, ESA, DLR, ASI, Airbus DS

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/guest/home>

Georezo : portail francophone de la géomatique

<http://georezo.net/>

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/SEMJLOS7NWF_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>

- **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/>