

IMAGERIE SPATIALE: EXEMPLES D'APPLICATIONS

3 DECEMBRE 2021

gwendoline.blanchet@cnes.fr



**Séminaire
"RISQUES, RESILIENCE ET SOCIETE"**

Les données satellite d'observation de la Terre

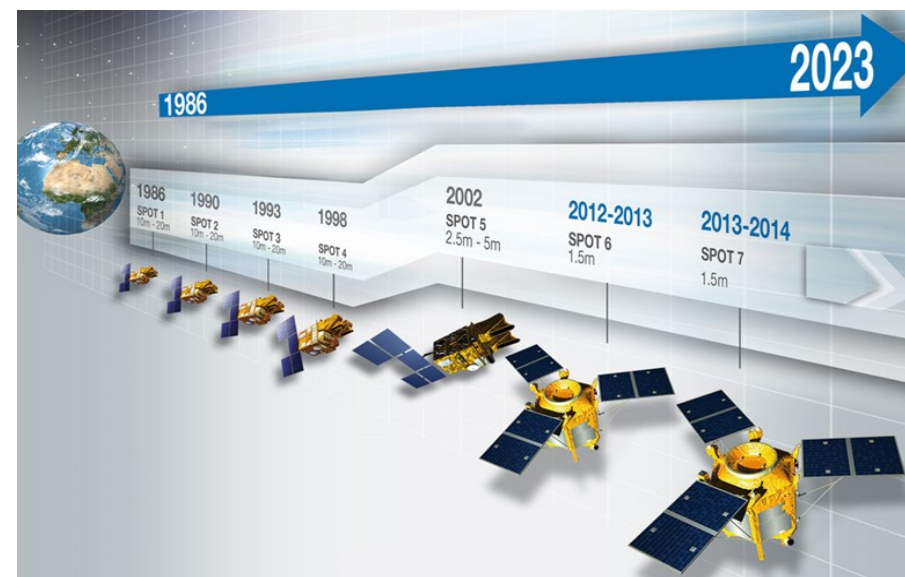
Une grande variété de techniques de mesures et de données

- ❖ Imagerie optique / radar, lidar, sondage atmosphérique, altimétrie ...
- ❖ Données publiques / commerciales
- ❖ Données Fr / EU / hors EU



... avec de longues séries temporelles

- ❖ Optique (SPOT > 1986)
- ❖ Altimétrie (Jason > 1991)



... permettent d'adresser de nombreuses thématiques

Urbain : cartographie 3D, végétalisation / artificialisation des sols

Agriculture / Forêt : caractérisation des parcelles de forêt, suivi production

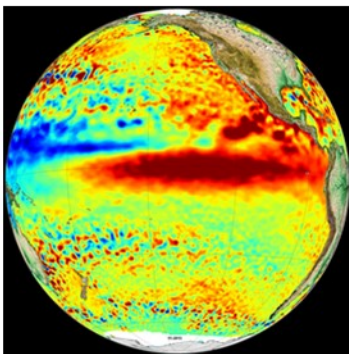
Rural : aménagement, tourisme

Littoral : gestion du littoral, bathymétrie

Risque et Défense : Post-Irma, CopernicusEM, Ministère

Environnement : qualité de l'air, occupation des sols

Ses Level Anomalies avec consultation altimétrie



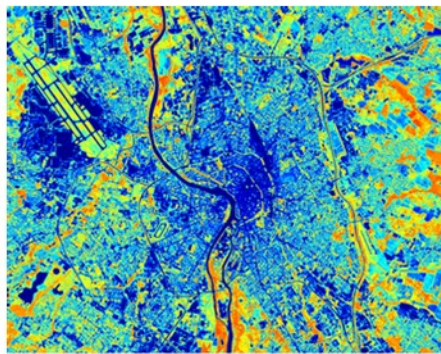
SOURCE : JERSICO

Occupation des sols avec Sentinel-2



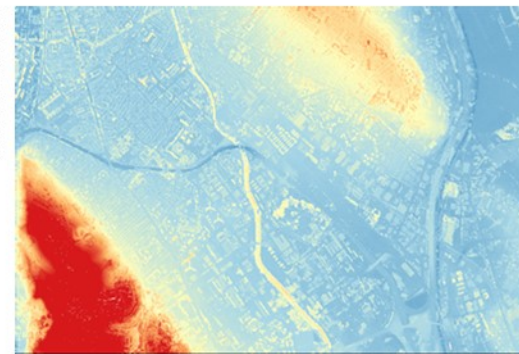
SOURCE : CNRS

NDVI avec SPOT6-7



SOURCE : CNRS BRILAB

3D avec Pleiades



SOURCE : CNRS BRILAB

PLÉIADES 1A ET 1B



Imagerie : **Optique**
Résolution spatiale : **70 cm**
Date de lancement :
12/2011 et 12/2012

SENTINEL 1A ET 1B



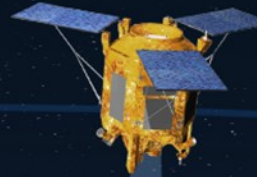
Imagerie : **Radar**
Résolution spatiale : **5 m**
Date de lancement :
04/2014 et 04/2016

SENTINEL 2A ET 2B



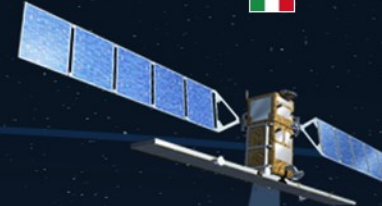
Imagerie : **Optique**
Résolution spatiale : **10 m**
Date de lancement :
06/2015 et 06/2017

SPOT 6-7



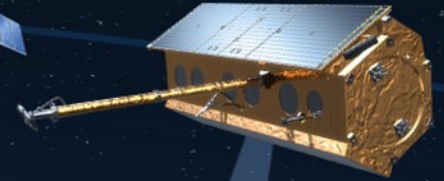
Imagerie : **Optique**
Résolution spatiale : **1.5 m**
Date de lancement :
09/2012 et 06/2014

COSMO-SKYMED 1-2-3-4



Imagerie : **Radar**
Résolution spatiale : **1 m**
Date de lancement : **06/2007,
12/2007, 10/2008 et 11/2010**

TERRASAR-X



Imagerie : **Radar**
Résolution spatiale : **50 cm**
Date de lancement : **06/2007**

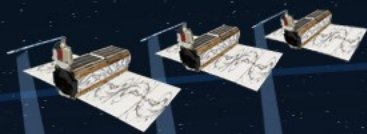
Satellites d'observation américains

WORLDVIEW 3



Imagerie : **Optique**
Résolution spatiale : **31 cm**
Date de lancement : **08/2014**

DOVE
(CONSTELLATION)



Imagerie : **Optique**
Résolution spatiale : **3 m**
Date de lancement : **à partir de 2013**

SKYSAT 2-3-4-5-6



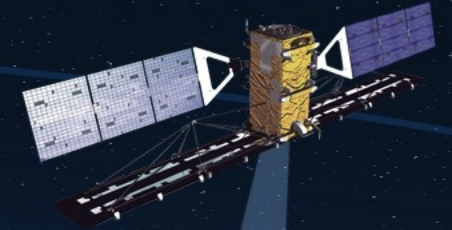
Imagerie : **Optique**
Résolution spatiale : **80 cm**
Date de lancement : **07/2014**

LANDSAT 8



Imagerie : **Optique**
Résolution spatiale : **15 m**
Date de lancement : **02/2013**

RADARSAT 2



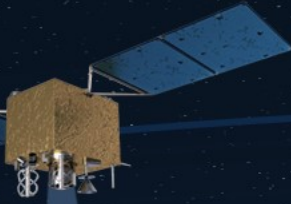
Imagerie : **Radar**
Résolution spatiale : **1 m**
Date de lancement : **12/2007**

JILIN-1 GAOFEN-03A



Imagerie : **Optique**
Résolution spatiale : **1 m**
Date de lancement : **06/2019**

QIANCHENG 1-01



Imagerie : **Optique**
Résolution spatiale : **2 m**
Date de lancement : **08/2019**

GAOFEN-7



Imagerie : **Optique**
Résolution spatiale : **< 1 m**
Date de lancement : **11/2019**

ALOS



Imagerie : **Optique/Radar**
Résolution spatiale : **2.5 m / 10 m**
Date de lancement : **01/2006**

KOMPSAT-5



Imagerie : **Radar**
Résolution spatiale : **1 m**
Date de lancement : **08/2013**

Une rupture en cours dans l'Observation de la Terre

Avalanche de **données satellitaires globales** et complémentaires

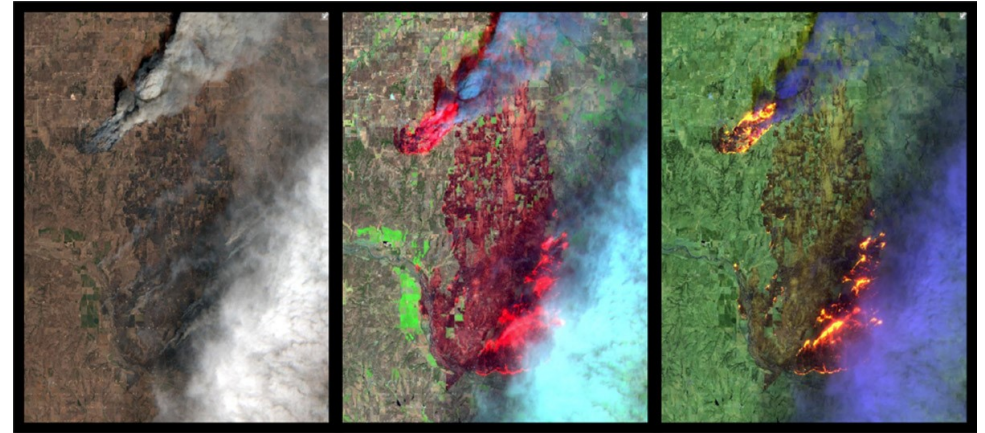
❖ **Résolution spatiale, spectrale, temporelle**



Sentinel-2



Pléiades-HR



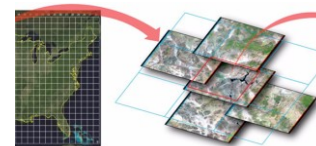
Sentinel-2

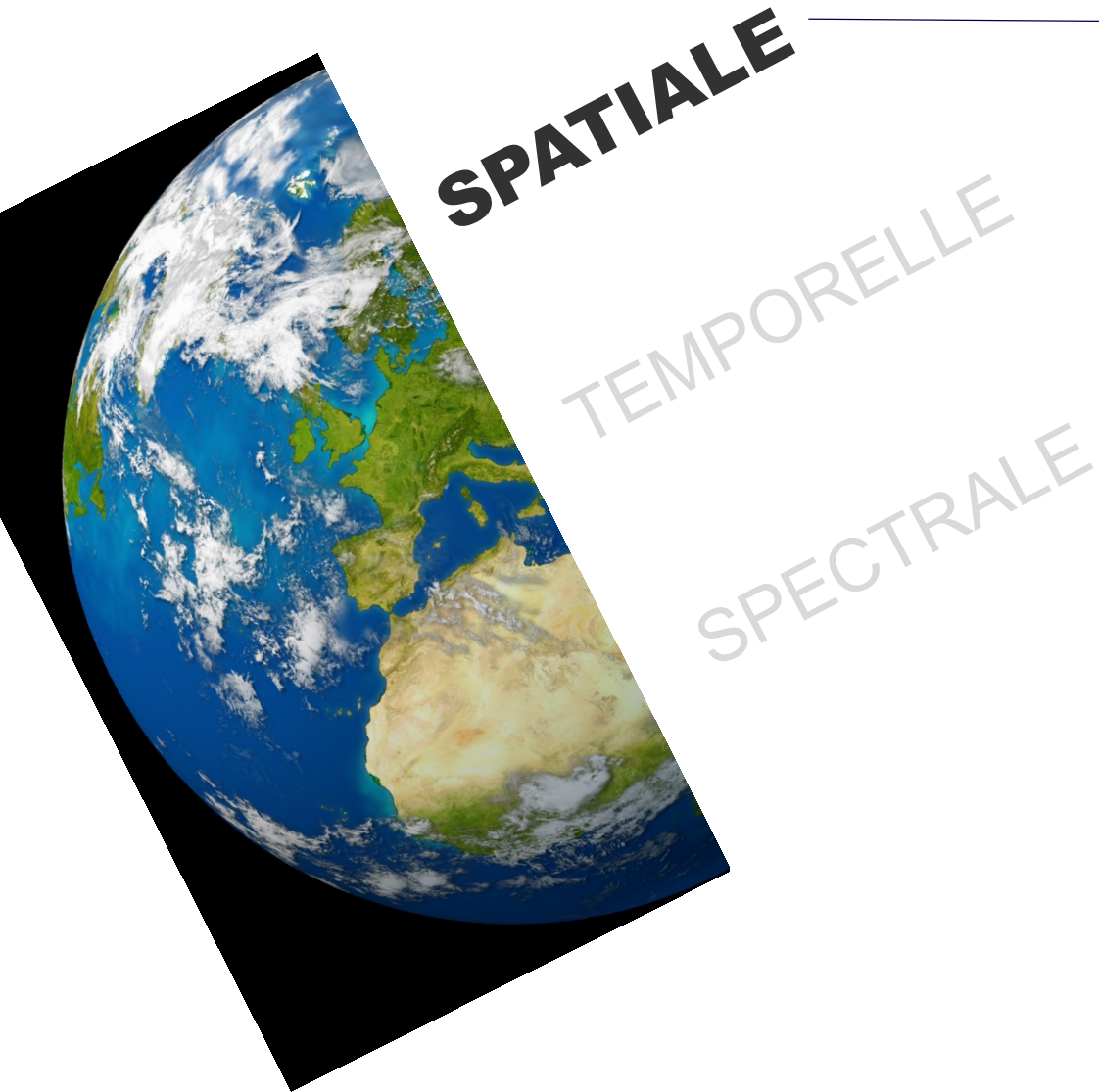


Initiatives **open data** institutionnelles ou collaboratives



Hybridation de données, données interopérables





CHOIX DE LA ZONE À ACQUÉRIR

PRÉCISION DES DÉTAILS OBSERVÉS

LOCALISATION ET 3D



SPATIALE

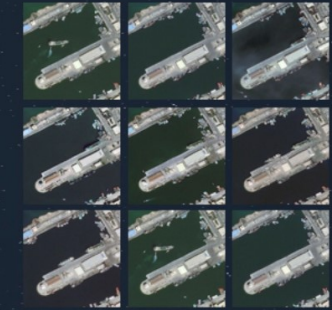
TEMPORELLE

SPECTRALE

RAFRAÎCHISSEMENT DE LA DONNÉE

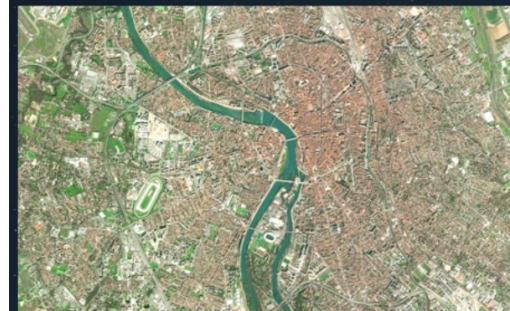


Mois



Jour

HEURE D'ACQUISITION



Jour



Nuit

IMAGERIE SPATIALE: EXEMPLES D'APPLICATIONS



SPATIALE
TEMPORELLE
SPECTRALE

Image noir et blanc



Image couleur



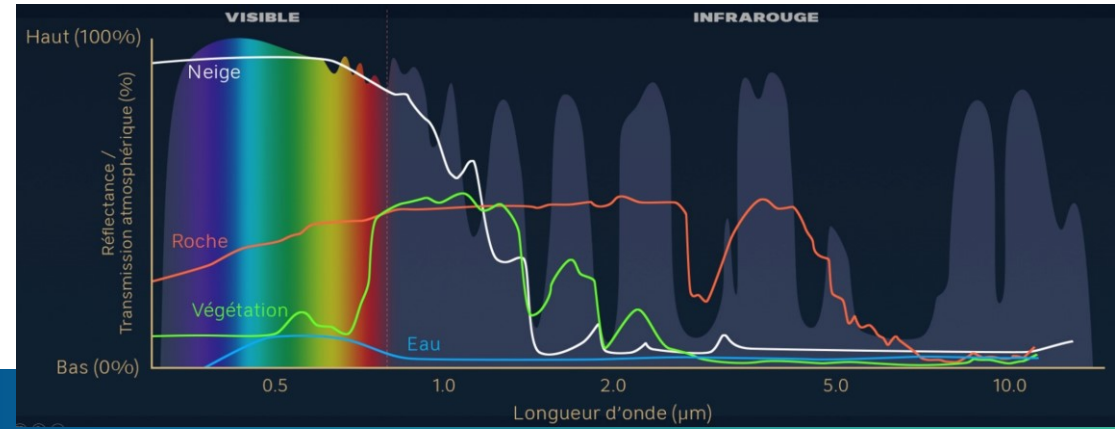
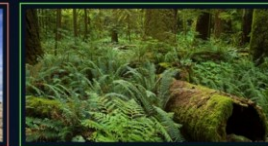
Image proche infrarouge



Image infrarouge thermique

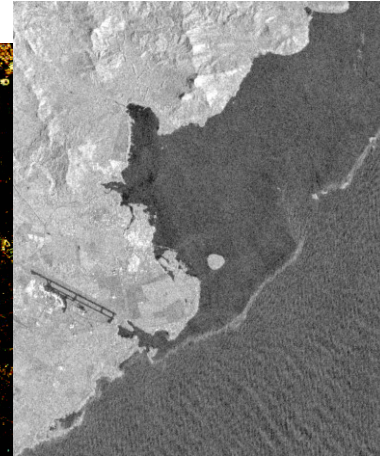
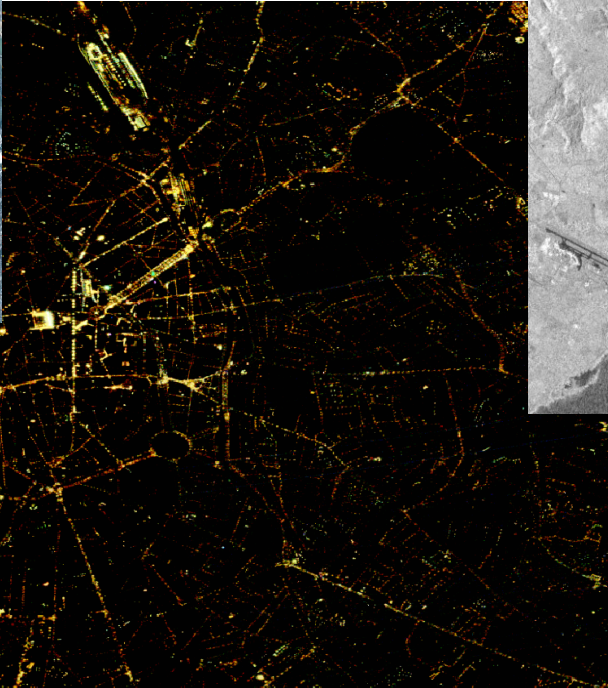


Image radar



Des modalités complémentaires

PHR

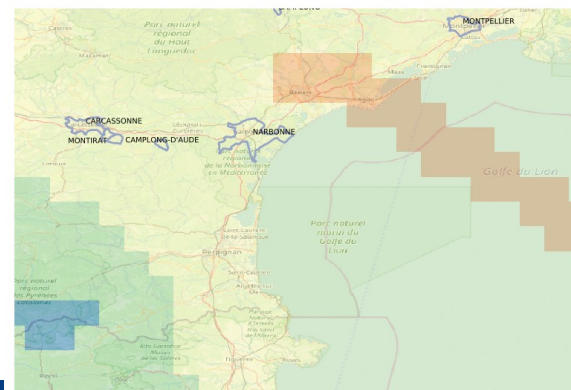


S1

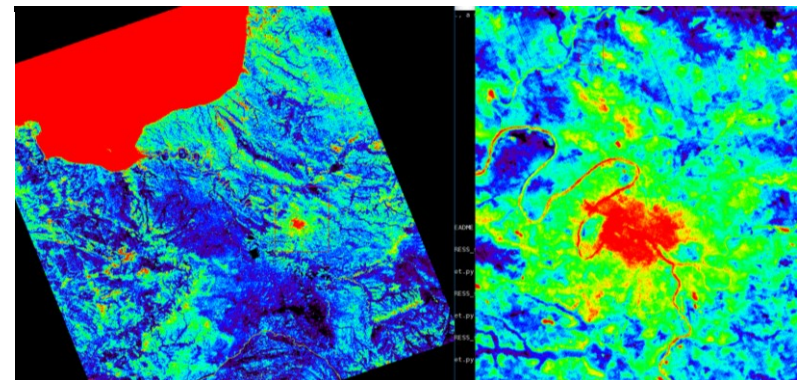


3D PHR

Jilin-1 – night



Sondage



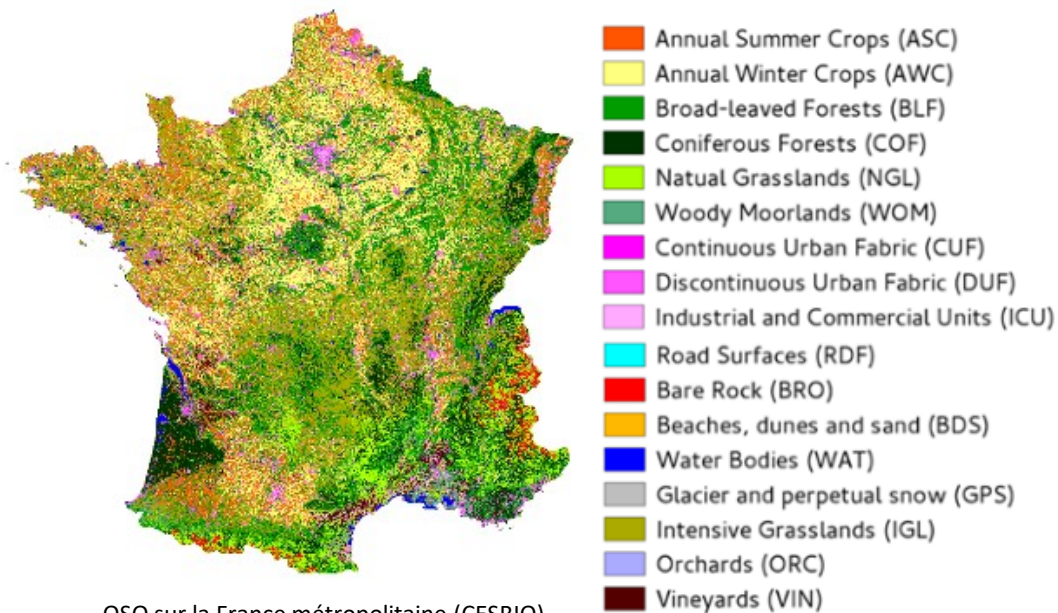
IRT



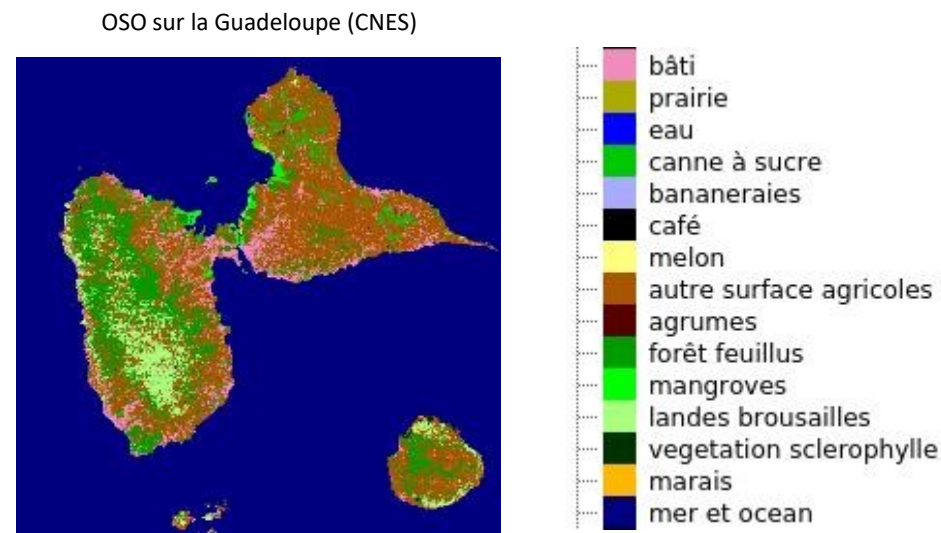
Machine Learning

Cartes d'occupation des sols OSO sur la France

- ❖ Classification de type Random Forest
- ❖ Sentinel 2 : revisite, couverture complète, et bandes spectrales



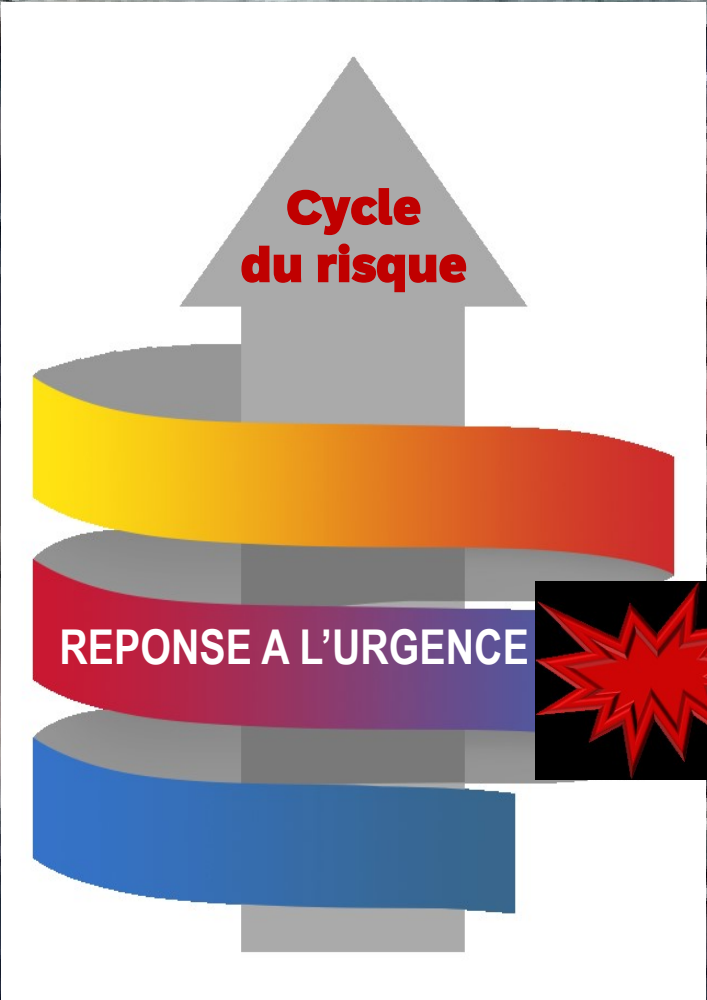
OSO sur la France métropolitaine (CESBIO)
http://osr-cesbio.ups-tlse.fr/~oso/ui-ol/S2_2017/layer.html





longueur
résolution
spot
antique
pleiades
data
IA image
python
pushbrum
deep
radar
gdal
orbite
rgb
iasi
sentinel
learning
fréquence
ondes
absorption

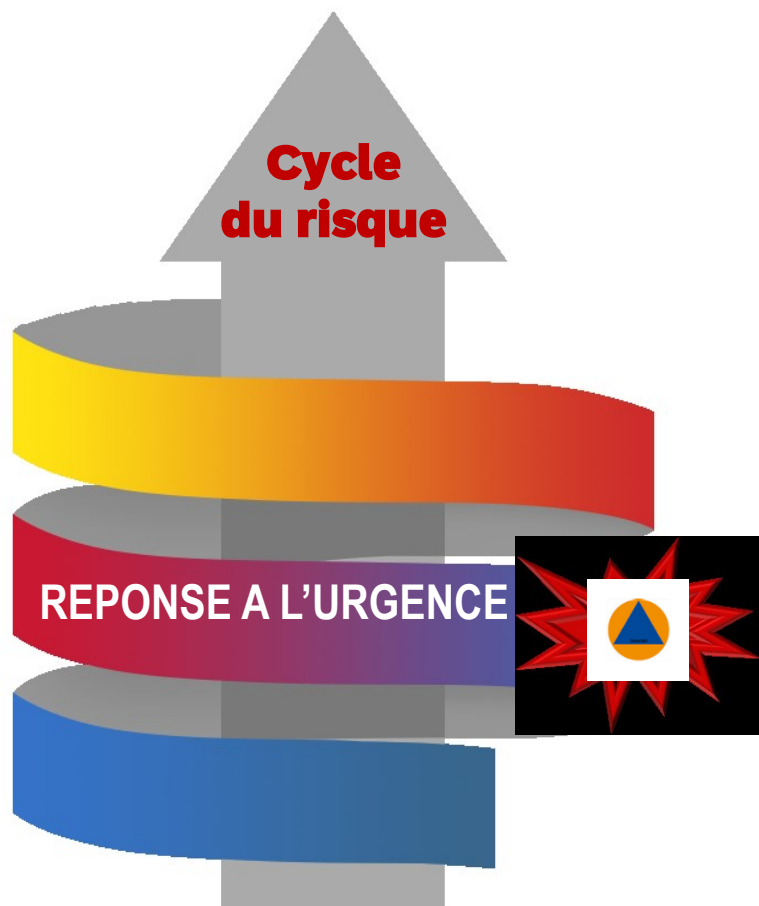
**L'Observation de la Terre
au service de la gestion de
crise**



**L'Observation de la Terre
au service de la gestion de
crise**



L'Observation de la Terre au service de la gestion de crise



2005

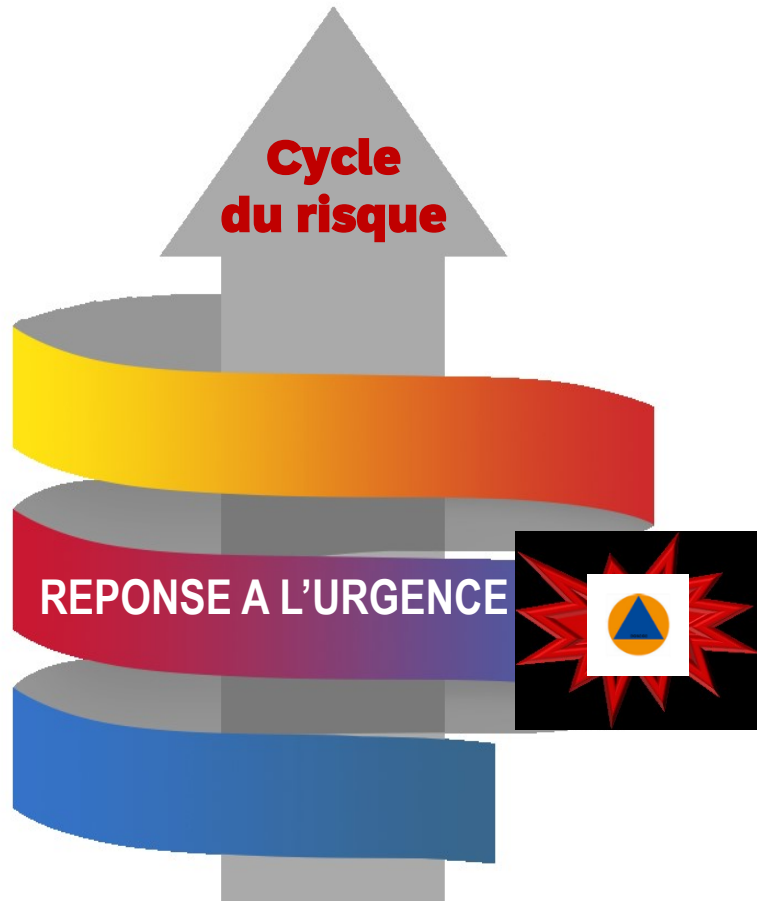


2012

Charte internationale Espace et catastrophes majeures, depuis 2000

17 agences spatiales membres en 2021

L'Observation de la Terre au service de la gestion de crise

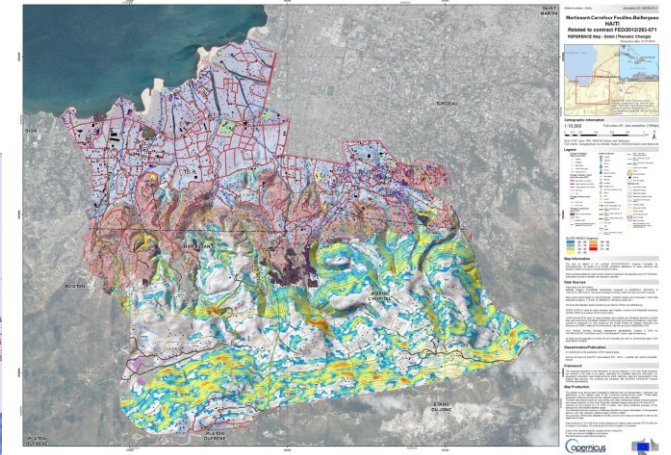
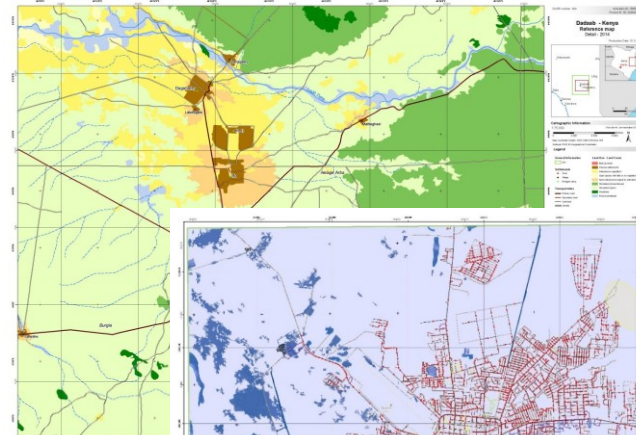
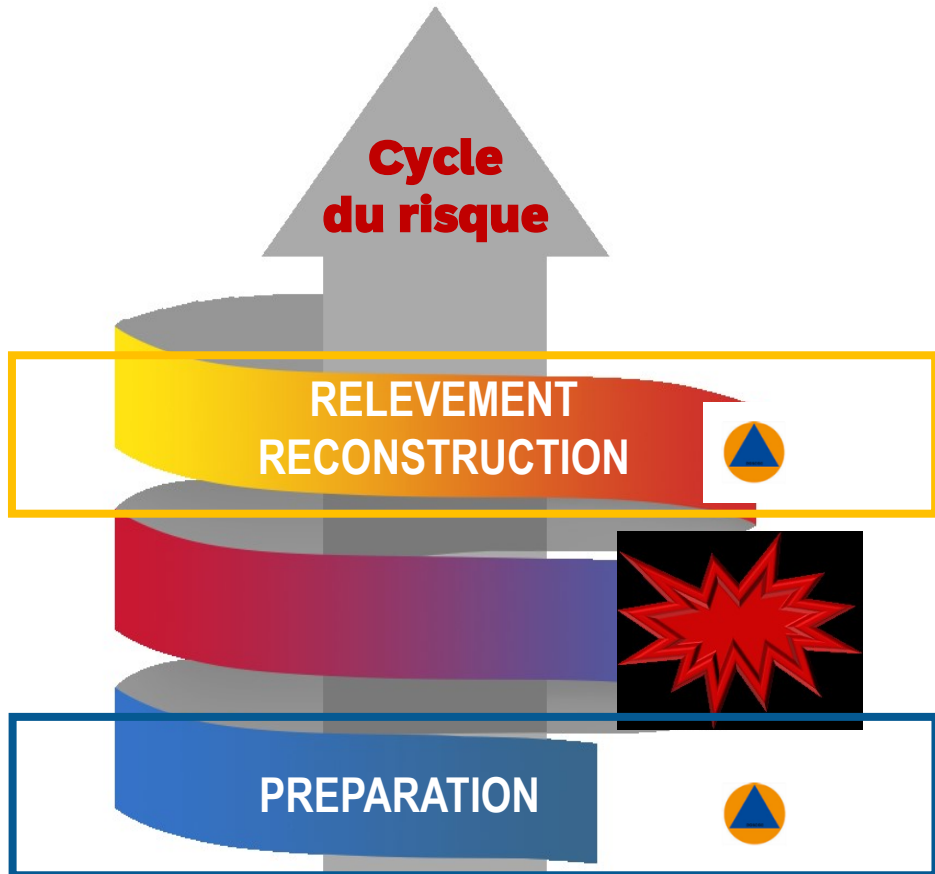


**Mécanismes reposant sur un Utilisateur Autorisé par pays :
Protection Civile nationale**

Composante Cartographie à la demande / Risk and Recovery Mapping

Informations géospatiales sur mesure, non liées à la phase de réponse à l'urgence (délais de production: semaine(s)/mois).

Cartographies destinées à :
Prévention des risques / Préparation à la crise
Gestion post désastre



Activation par DGSCGC/COGIC
unique Utilisateur Autorisé FR

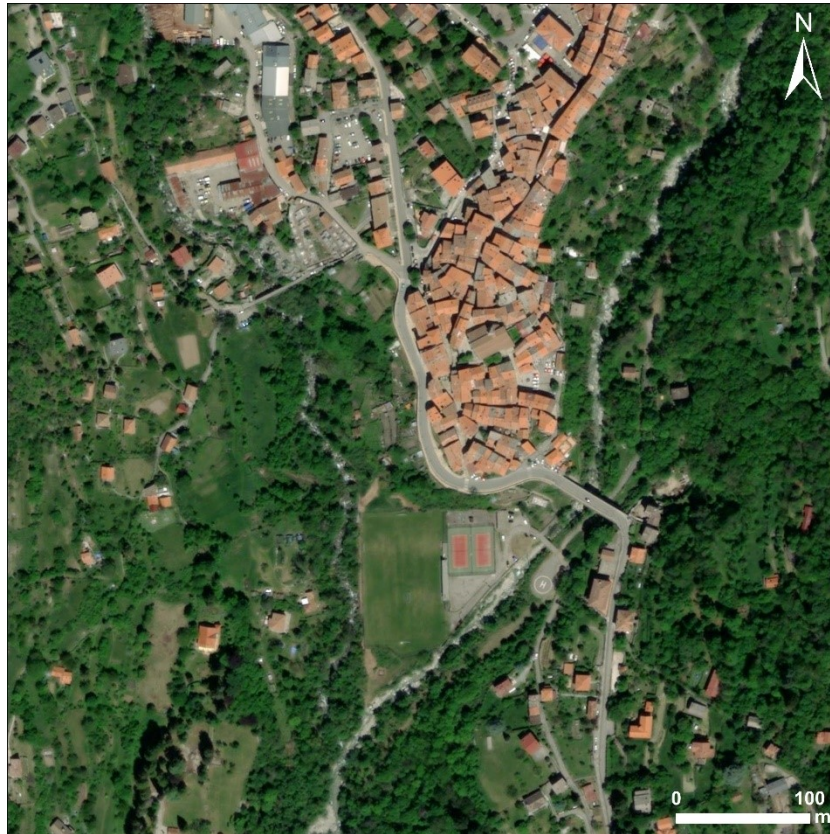


EXEMPLES D'APPLICATIONS



CHANGEMENT 3D

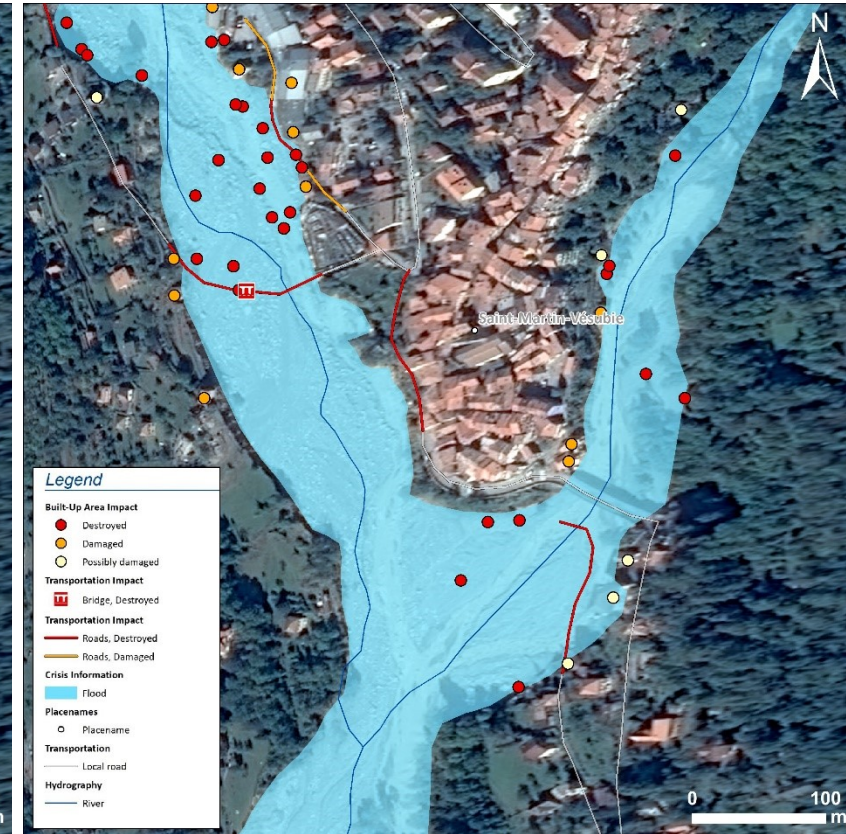
Les évènements hydrométéorologiques extrêmes : gestion de crise



PRE-EVENT
ESRI World Imagery - 21/05/2016



POST-EVENT
Pléiades 1B - 05/10/2020

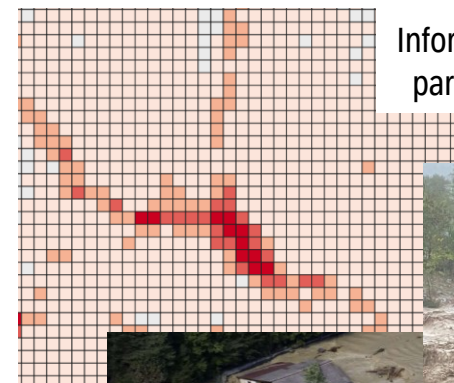
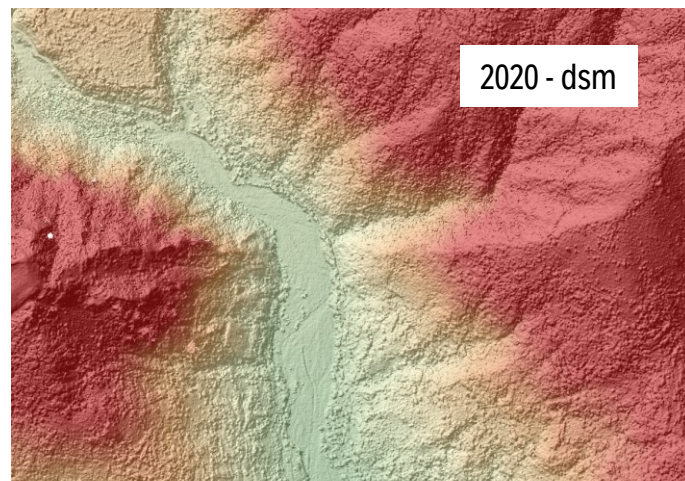
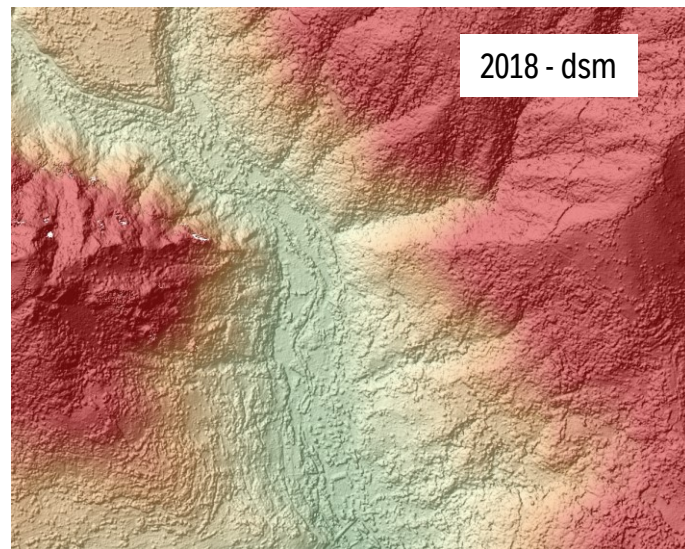


POST-EVENT
Carte d'impact P01

Inondations Alpes-Maritimes, Octobre 2020, SAINT-MARTIN-VESUBIE (SECTEUR SUD)



Détection de changements 3D : gestion de crise



Indicateurs volumétriques de changements

A satellite image showing a coastal region. The left side of the image is dominated by a dark blue sea, which transitions to a lighter blue-green near the coast. The landmass on the right is brownish and textured, with some green patches and small white structures. The text "EXEMPLES D'APPLICATIONS" is overlaid in white on the dark blue sea area.

EXEMPLES D'APPLICATIONS

SPACE CLIMATE OBSERVATORY

Le **SCO** est une des actions de l'engagements n°5 (Objectif Zéro Emission) du **One Planet Summit (Déc.. 2017)**

- Initiative proposée par le Président du CNES lors du premier OPS
- Agir contre les **impacts du changement climatique**
- Signature d'une **Déclaration d'Intention** par **27 agences spatiales** et **organisations internationales** (juin 2019)



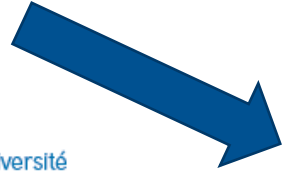
- ADEME**
Agence de la transition écologique
- BRGM**
Bureau de recherche géologiques et minières
- CEA**
Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives
- CIRAD**
Centre de coopération en recherche agronomique pour le développement
- CEREMA***
Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
- CNES***
Centre national d'études spatiales
- CNRS-INSU***
Centre national de la recherche scientifique – Institut national des sciences de l'univers
- CSTB**
Centre scientifique et technique du bâtiment
- IDDRI**
Institut du développement durable et des relations internationales
- IFREMER***
Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer
- IGN**
Institut national de l'information géographique et forestière

- INERIS**
Institut national de l'environnement industriel et des risques
- INRAE**
Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement
- INRIA**
Institut national de recherche en informatique et en automatique
- IRD***
Institut de recherche pour le développement
- MESRI***
Ministère de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation
- METEOFRANCE***
Météo-France
- MTE***
Ministère de la transition écologique
- OFB**
Office français de la biodiversité
- ONERA**
Office national d'études et de recherches aérospatiales
- ONF**
Office national des forêts
- REPUBLIQUE FRANÇAISE**
- SHOM***
Service hydrographique et océanographique de la marine



TABLE des matières

1.	Le SCO - Space Climate Observatory	3
2.	Fonctionnement du SCO International	5
3.	Fonctionnement du SCO France	7
3.1.	Articulation du SCO France avec les politiques nationales	7
3.2.	Articulation du SCO France avec les politiques locales	8
3.3.	Gouvernance	9
3.4.	Emergence de nouveaux projets SCO France	9
4.	Idéal-type d'un projet SCO	10
5.	Les retours communautaires	12
6.	Labellisation des projets	13
6.1.	Le label SCO	13
6.2.	Le processus	13
7.	L'accompagnement des projets SCO	15
7.1.	L'accompagnement collectif	15
7.2.	L'accompagnement individuel	15
8.	Reporting	16
9.	Annexes	17
9.1.	Liste des Institutions du CIO SCO France au 1 ^{er} juillet 2020	17
9.2.	Membres du SCO International au 1 ^{er} juillet 2020 (27)	18
9.3.	Terms of Reference - SCO International	19



Appel à Idées SCO France
3 millesimes : 2020, 2021 et 2022

<https://www.spaceclimateobservatory.org/fr/sco-france>

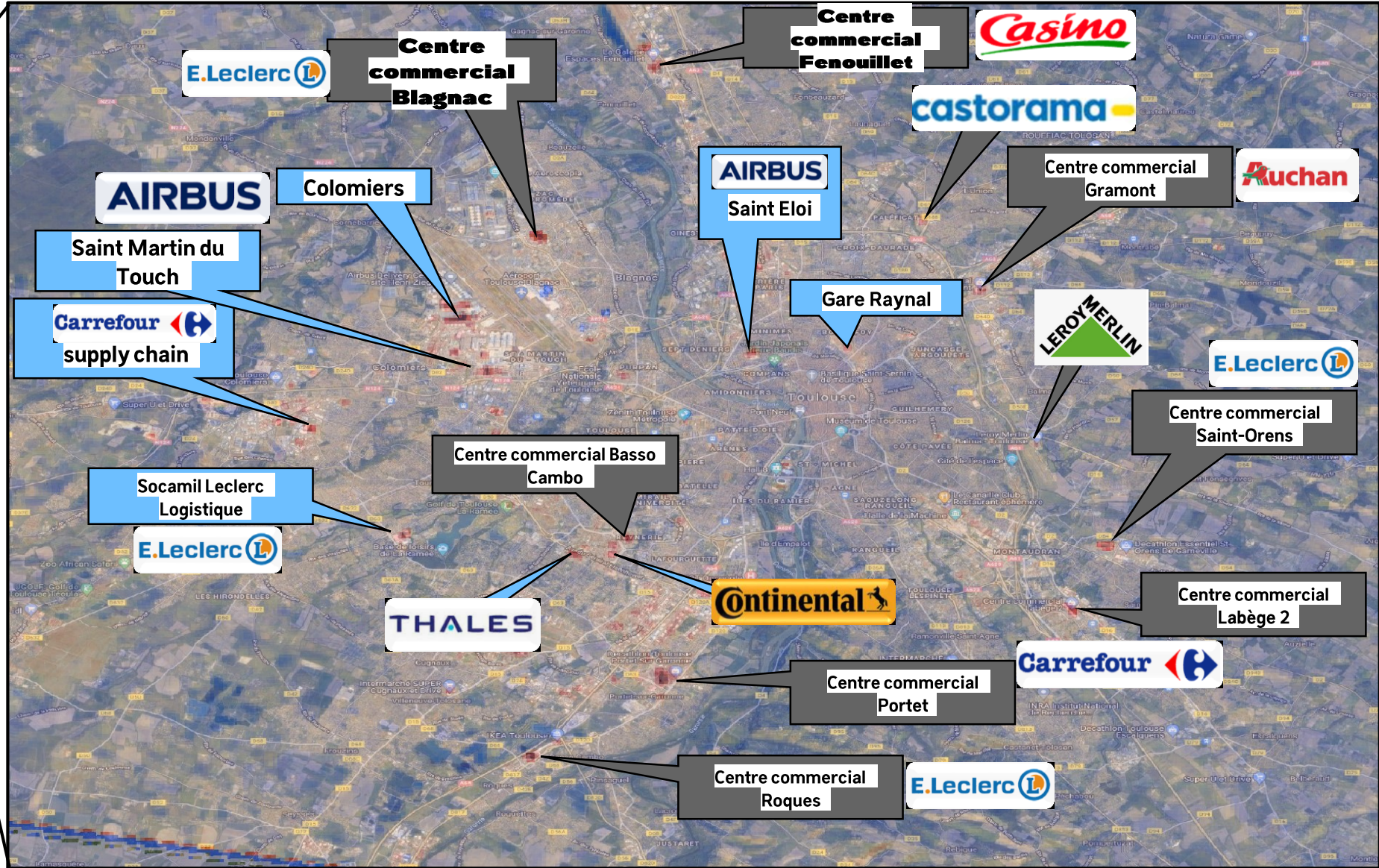
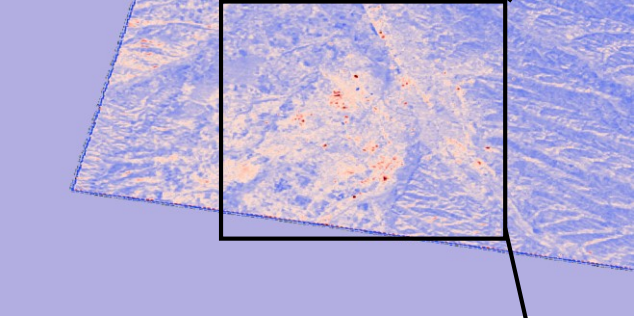
Surveillance de la température urbaine Toulouse



Ecostream + satellite optique Pléiades - février 2019

THERMOCITY : anomalies thermiques en ville

SUHI_TOULOUSE_20030114T105428



CSTB
le futur en construction

cnès
CENTRE NATIONAL
D'ÉTUDES SPATIALES

**METEO
FRANCE**

ONERA
THE FRENCH AEROSPACE LAB

FLAude : comprendre les phénomènes hydrométéorologiques extrêmes et à élaborer des indicateurs de prévention et de réduction des risques, à destination des décideurs locaux sur l'Aude et l'Occitanie

Socle du consortium :
partenariat CNES-DDTM Aude



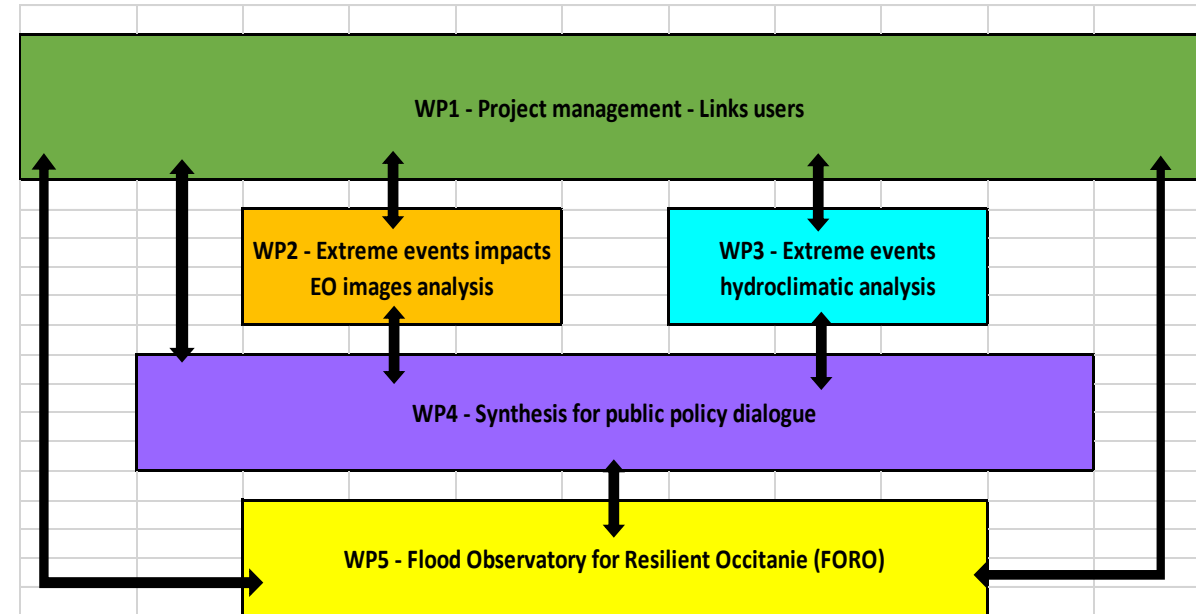
Expertise scientifique en
événements hydrométéo
projections climatiques



Bureau d'étude - Gestion des
territoires, politiques
publiques



UMR Politiques des territoires,
Dialogue public



<https://www.youtube.com/watch?v=-6ZPakO2UJA>



Résultats de détection de vignes « dégradées » - inondations de l'Aude (11/2018)



RPG érodé et proche cours d'eau en vert, dégradations avec code couleur jaune, orange, rouge

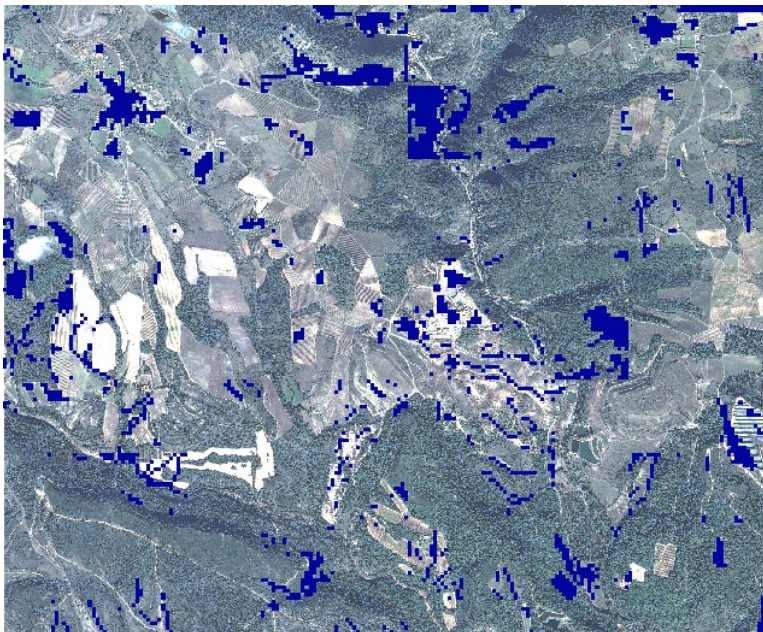


EXEMPLES D'APPLICATIONS

HYDRO

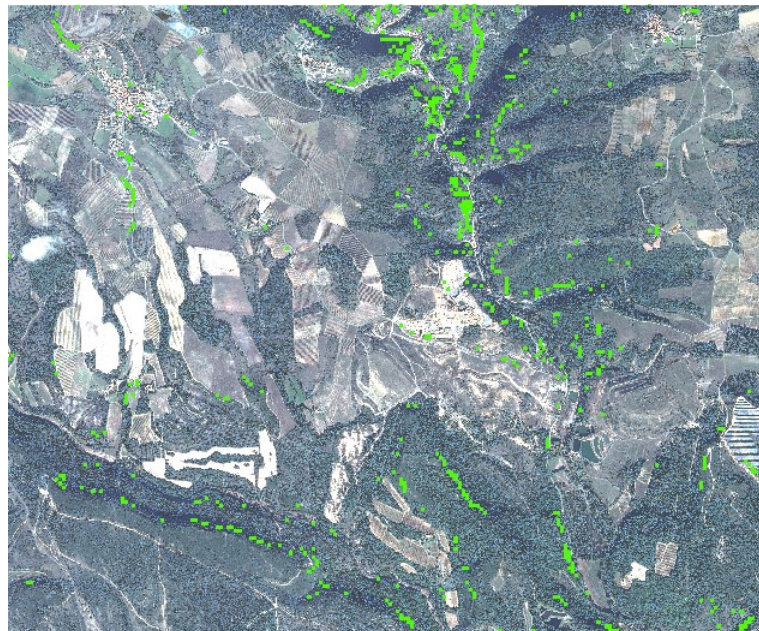
Thèse ruissellement intense

Résultats de la méthode IRIP © (Indicateur de ruissellement intense fluvial):



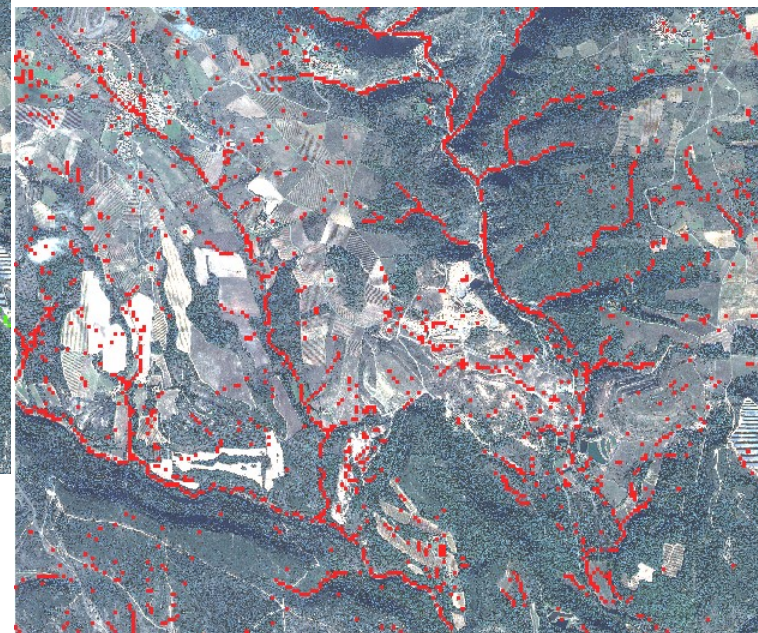
➤ Formation en haut des relief, sur sol agricole nu et en milieu urbain.

Zones de transfert



➤ Formation dans les zones à pentes convexes.

Zones d'accumulation



➤ Formation au pied des coteaux (pentes concaves), dans les talwegs et cours d'eau.



Thèse ruissellement intense

❖ Exploitation combinée d'images

- Sentinel-2 (10 m) à haute résolution temporelle, disponibles avant et après l'événement
- Données à très haute résolution spatiale issues des satellites Pléiades (0,7 m), souvent mis à contribution pour in zones touchées par une catastrophe naturelle
- Informations exogènes pertinentes dans le contexte de l'étude (p. ex. cadastre, modèle numérique de terrain).



❖ Tests d'indicateurs: spectral et spatial



Aléas identifiés par photo-interprétation à partir d'images Pléiades en « fausses couleurs »
(Composition colorée R : bande poche infrarouge, G : bande rouge, B : bande verte)



La montée des océans : modélisation du risque submersion / érosion



Mapping of flooded areas around Palavas-Les-Flots based on Litto3D DTM adjusted vertically - CNES-CLS 2016 survey

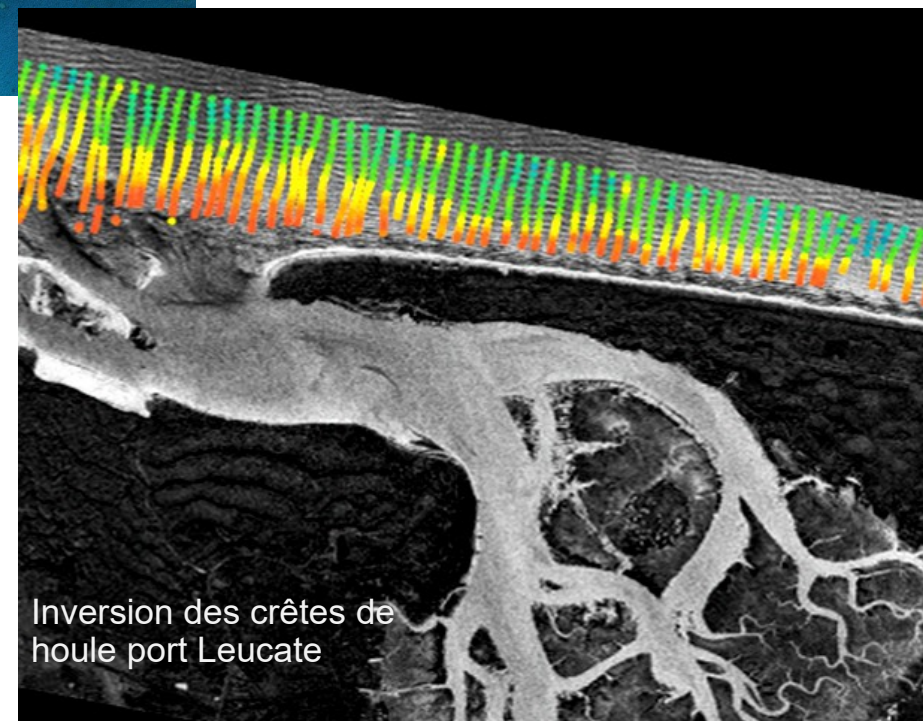
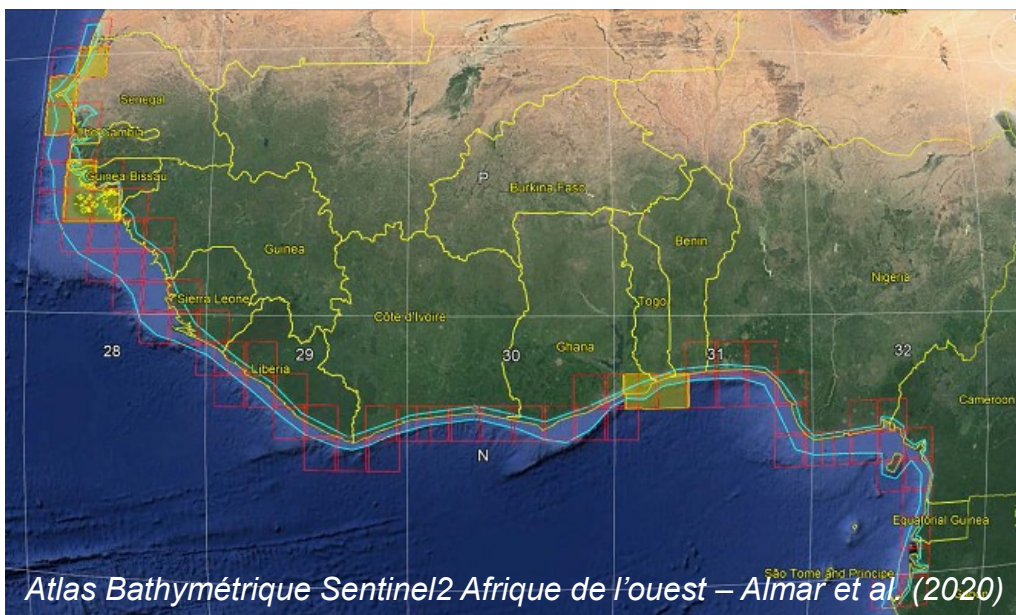
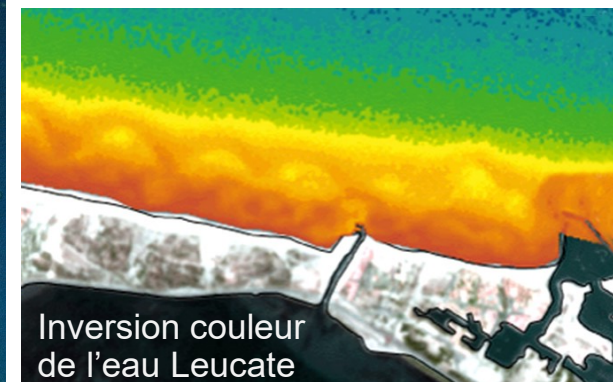
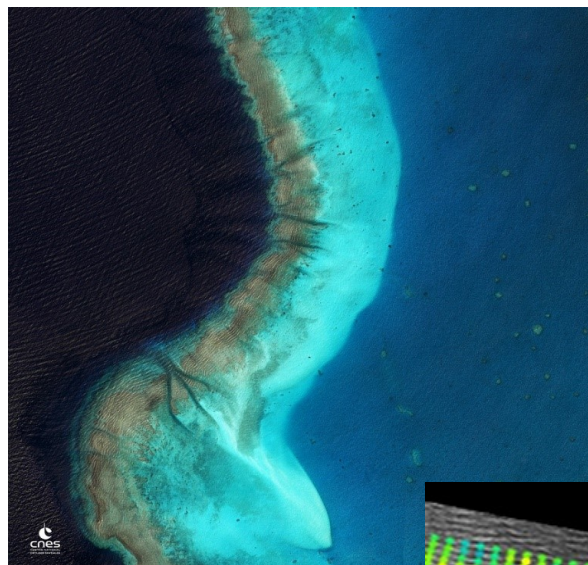
- **Données satellite : Imagerie stéréo haute résolution + altimétrie**
- **Identification des aléas de submersion des zones littorales face à l'élévation moyen du niveau des mers et face aux événements extrêmes**
- **Evaluation des risques socio-économiques pour le territoire.**

<https://www.spaceclimateobservatory.org/littoscope-palavas-les-flots-greater-montpellier-area>



Bathymétrie spatiale

*Des techniques bathymétriques complémentaires
Conditions de houle / de turbidité*



EXEMPLES D'APPLICATIONS



FEUX

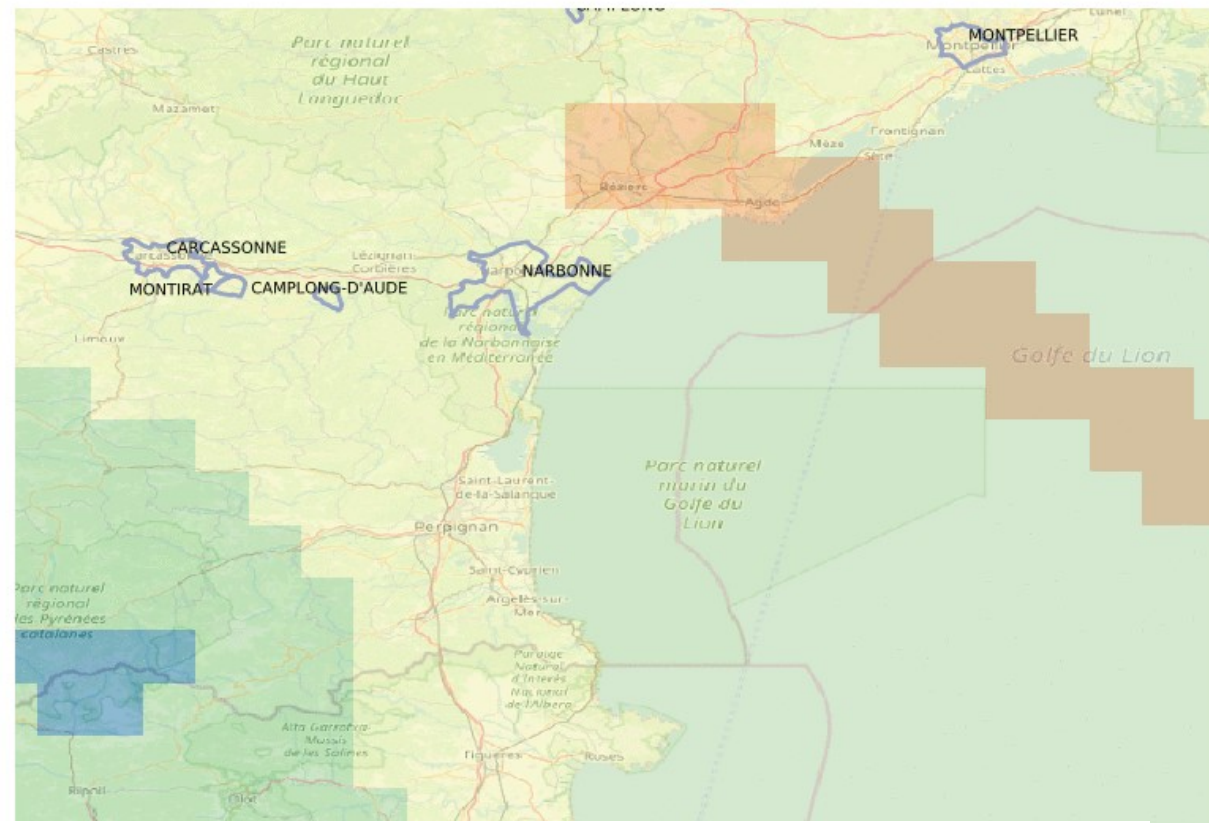
Feux du 15 août dans l'Aude



Acquisitions Sentinel2 le 14 et 16/08 - zones incendiées identifiables (bandes SWIR).



CO 2018-08-14 22h



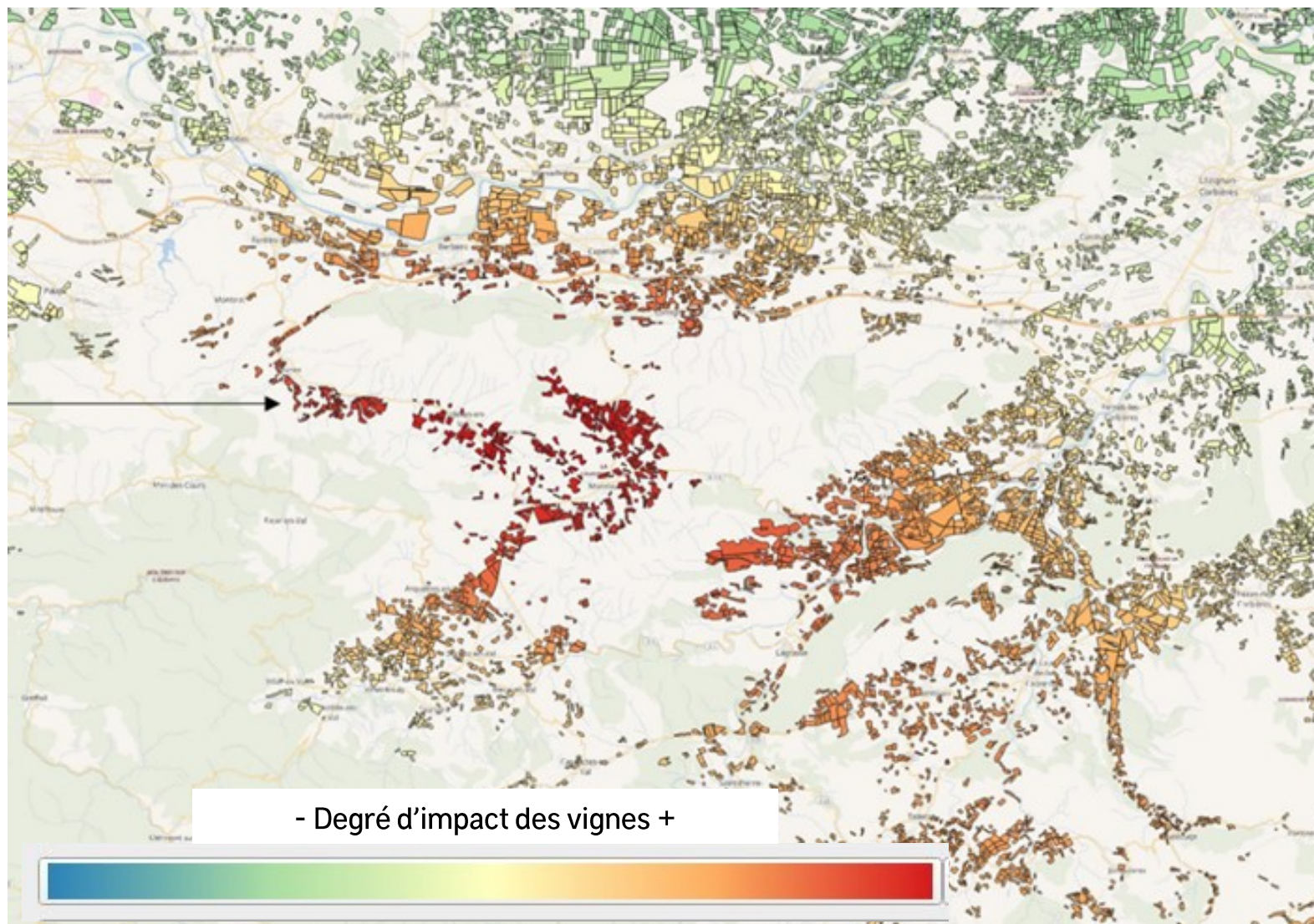
Le sondage atmosphérique montre l'évolution temporelle de la composition de monoxyde de carbone (CO), caractéristique d'une combustion incomplète, à la surface de la terre. Les effets de l'incendie sont visibles.



Feux du 15 août dans l'Aude



Combinaison des sources de données pour définir un produit d'aide à la décision



EXEMPLES D'APPLICATIONS



FORET

Cartographie des défoliations des chênes du Lot en 2020

Utilisation couplée d'images Sentinel-2 et de cartes d'occupation des sols :



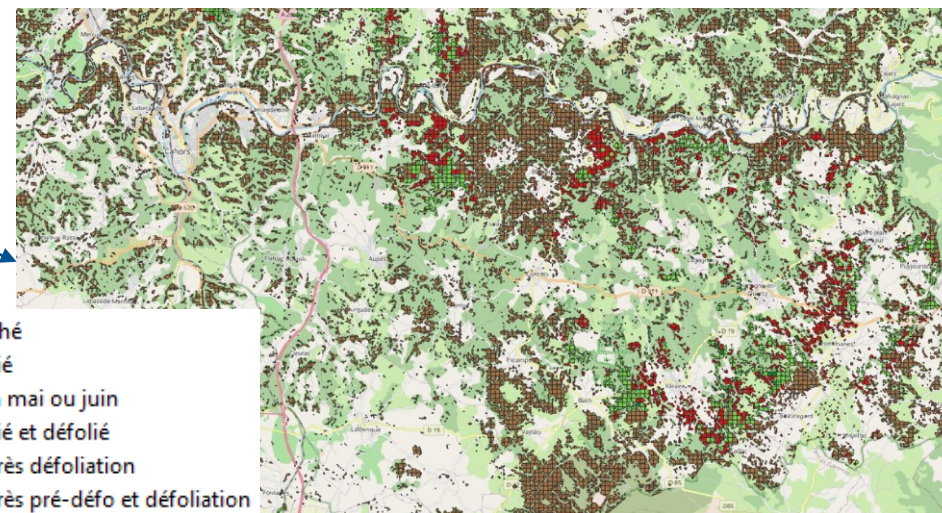
Classification des zones touchées

Carte de ravages à l'échelle communale

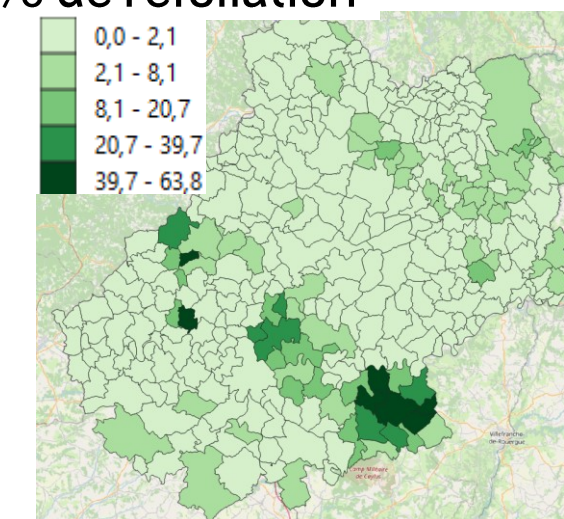
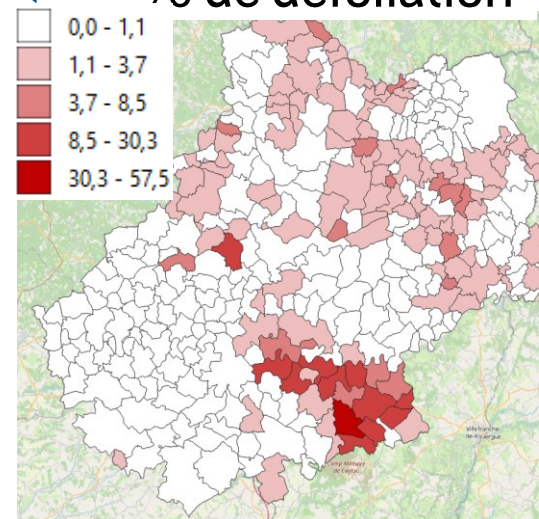
Certains secteurs du Lot sont la cible d'attaques de la chenille du Bombyx disparate

Les arbres de certains secteurs du Lot n'ont plus de feuilles à cause des dégâts causés par la chenille du Bombyx disparate.

Publié le 15 Juin 20 à 7:32



0% de défoliation 0% de refoiliation





EXEMPLES D'APPLICATIONS

DYNAMIQUE URBAINE

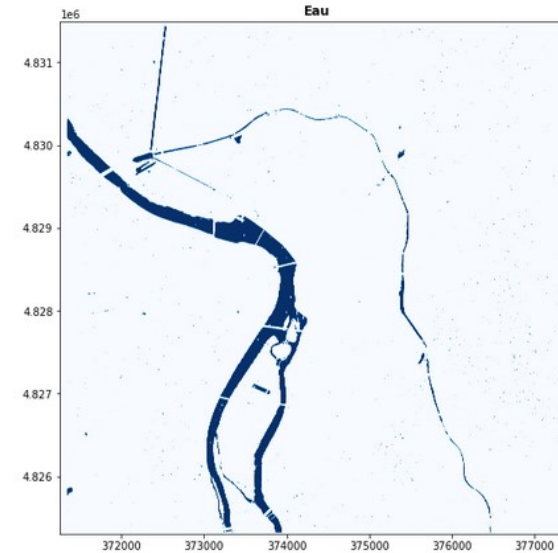
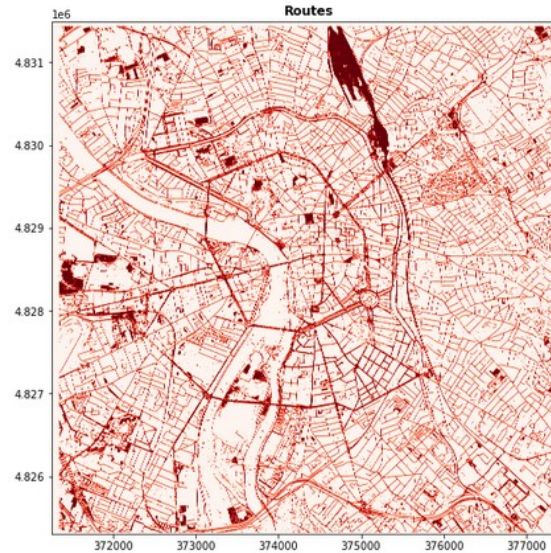
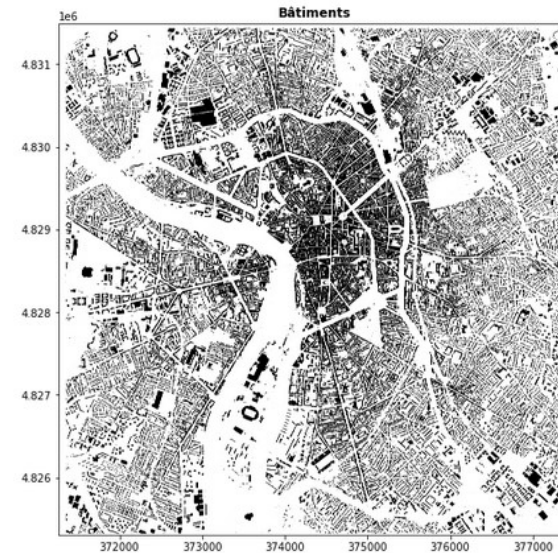
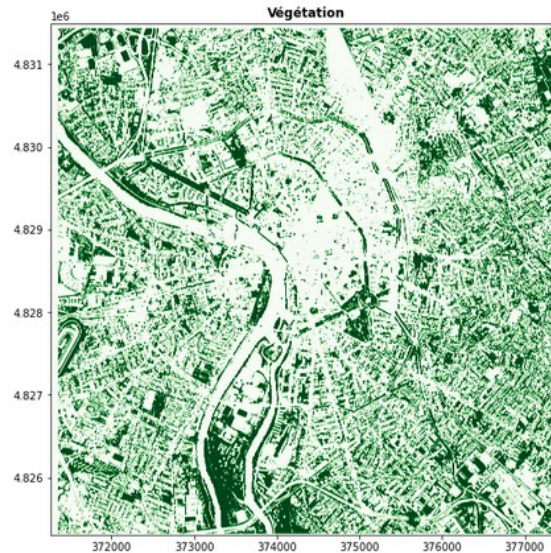
Dynamique urbaine (à l'échelle des bâtiments)

THR Pleiades

Précision géométrique
Capacité 3D
Deep Learning

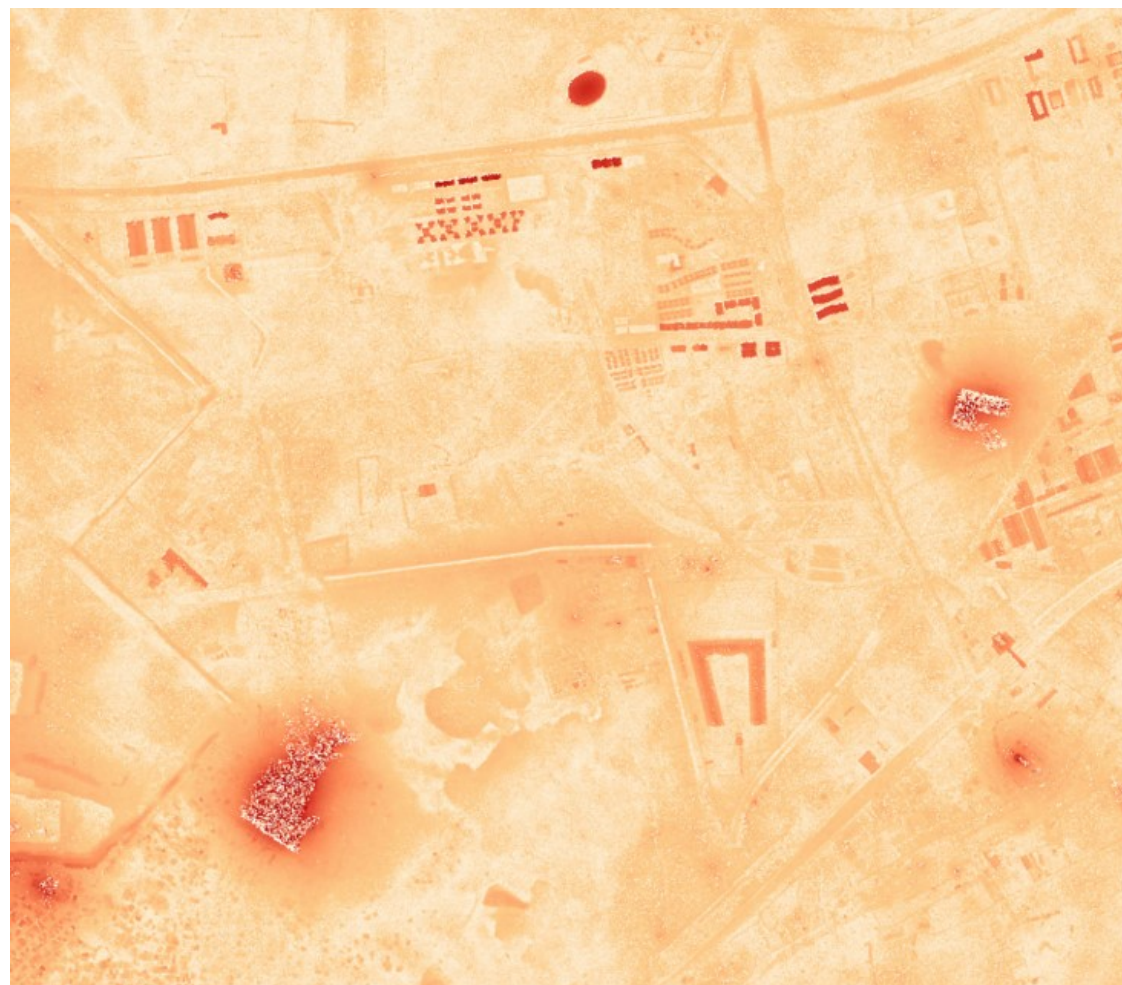


Cartographie urbaine
des routes, bâtiments
Suivi de l'évolution 2D
et 3D des villes



Dynamique urbaine (à l'échelle des bâtiments)

Détection de changements 3D sur le pole urbain de Diamniadio (Sénégal)



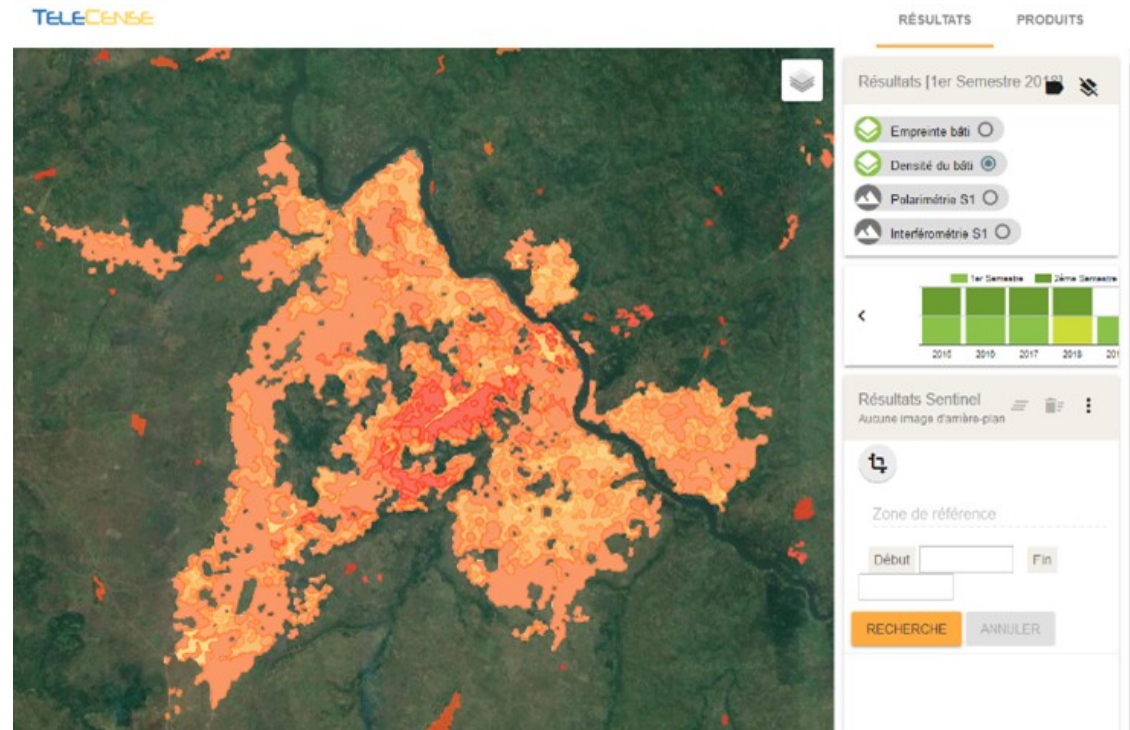
Dynamique urbaine (à l'échelle des quartiers)

HR Sentinel 1 / Sentinel 2

- ❖ Revisite
- ❖ Couverture mondiale
- ❖ Nombreuses bandes spectrales

Permettent de produire :

- ❖ Carte d'occupation des sols
 - Artificialisation des sols
 - Suivi de l'impact de l'habitat sur l'environnement (déforestation)
- ❖ Suivi des empreintes urbaines
 - Estimer la population pour dimensionner les aménagements (telecom, électricité, etc.)



Dynamique urbaine (à l'échelle des quartiers)

Projet de suivi de la dynamique des grandes métropoles africaines : application au pôle urbain de Diamniadio

Production d'indicateurs

- ❖ Evolution de l'empreinte urbaine entre 2 dates
- ❖ Superficie des nouveaux bâtis entre 2 dates par commune
- ❖ Progression du bâti à une date par commune

