

Le Programme Copernicus et la mission Sentinel-2





Objectifs de la séquence

- Introduire le Programme Copernicus
- Décrire l'offre d'images « Sentinel »
 - La mission **satellitaire optique** : Sentinel-2
 - Caractéristiques et types de produits
 - Accès aux données et outils de traitement
- Exemples d'applications

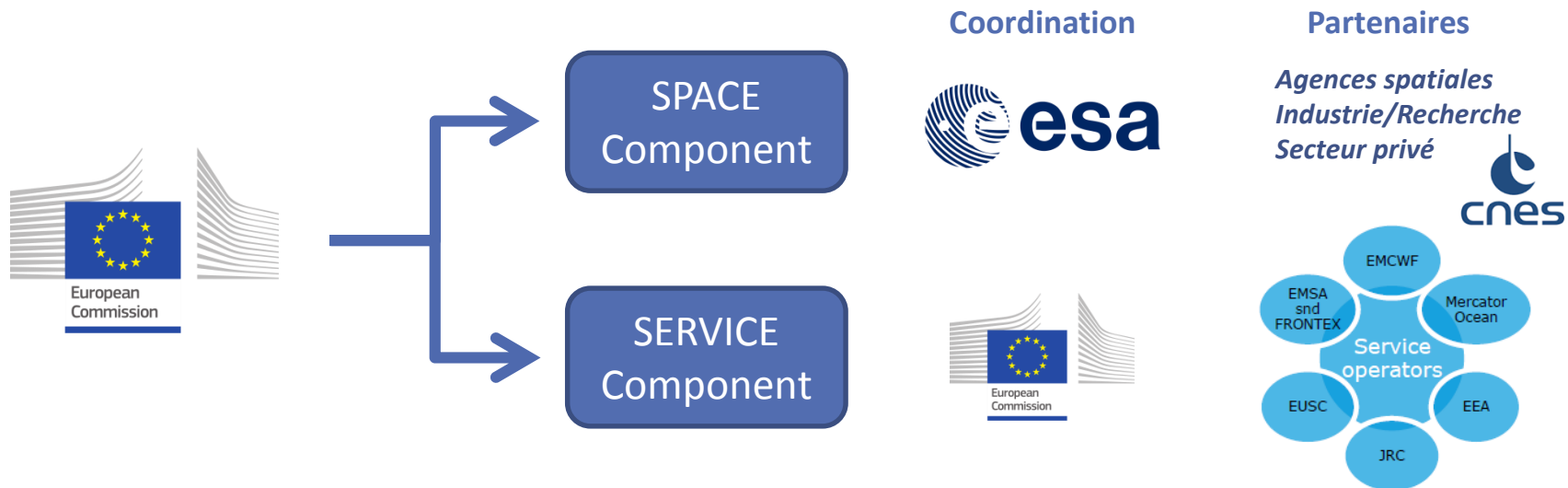
Le programme EU COPERNICUS

- Une source d'informations pour les décideurs, l'industrie, les scientifiques, privés et publics
- Une réponse à des enjeux globaux:
 - gérer l'environnement
 - comprendre et mitiger les effets du changement climatique
 - assurer la sécurité civile
- Un programme de services pour l'environnement et la sécurité piloté par les utilisateurs
- Un système intégré d'observation de la terre combinant données spatiales et *in-situ* avec des modèles « système terre »



Le programme EU COPERNICUS

■ Deux composantes : Espace et Services



■ Six flux thématiques de services Copernicus :



Atmosphere
(CAMS)



Marine
(CMEMS)



Land
(CLMS)



Climate
(C3S)



Emergency
(EMS)

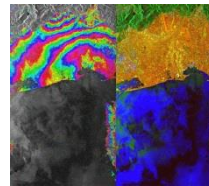


Security

EU COPERNICUS : la composante ESPACE

■ Les missions SENTINEL : des « constellations » de satellites pour l'observation de la Terre

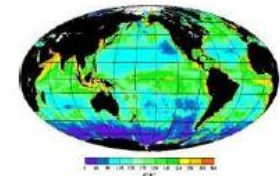
- Sentinel-1 : imagerie radar



- Sentinel-2 : imagerie optique à haute résolution



- Sentinel-3 : imagerie optique à résolution modérée

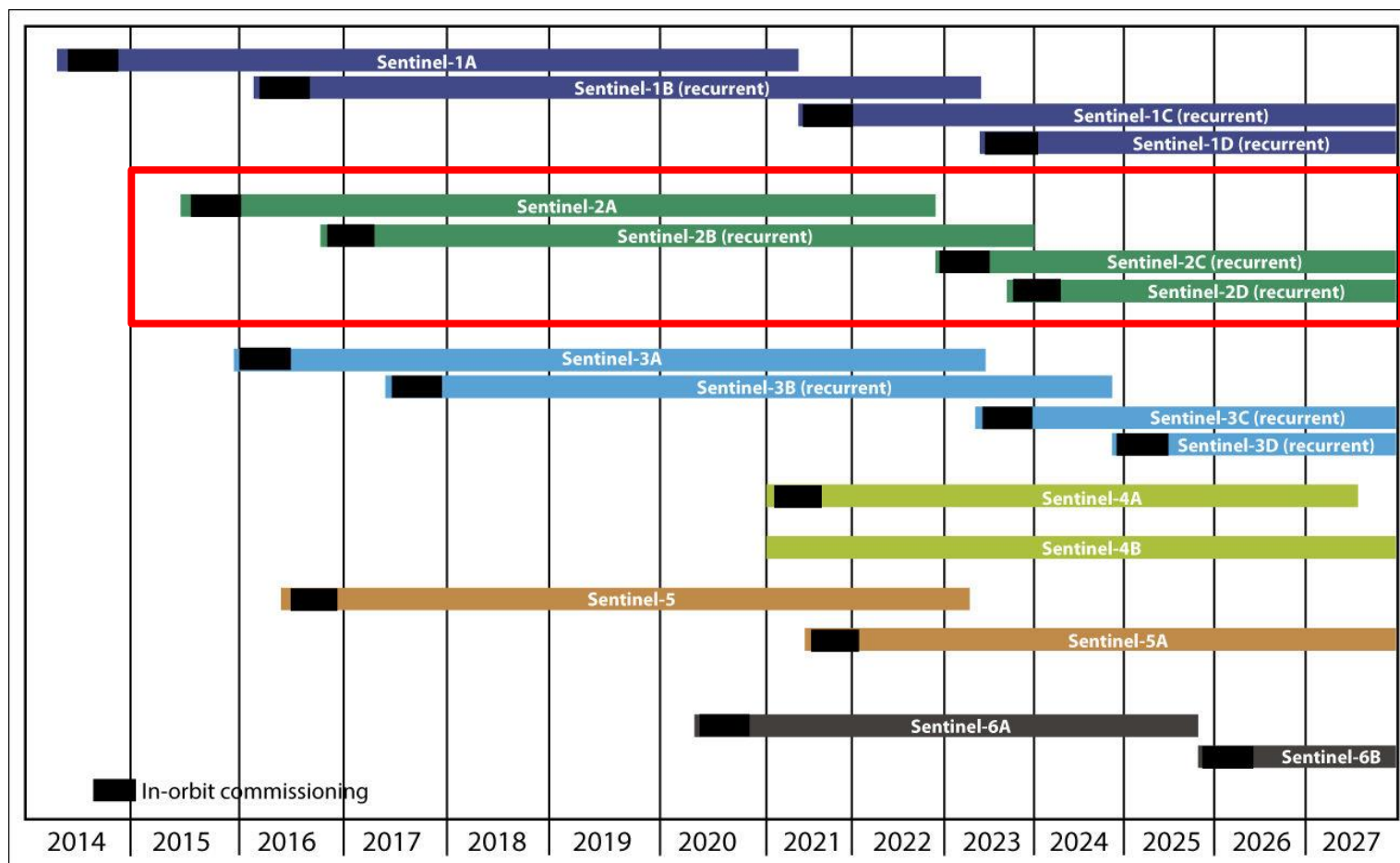


- Sentinel-4 : Suivi atmosphérique GEO
- Sentinel-5 : Suivi atmosphérique LEO



EU COPERNICUS : la composante ESPACE

■ Les missions SENTINEL : des « constellations » de satellites pour l'observation de la Terre



La mission SENTINEL-2

■ Une mission dédiée aux **surfaces continentales** pour des **services à large spectre**

■ Services **génériques**

- **Land** : **stock carbone**, suivi de **l'agriculture**, **planification spatiale** (végétation, urbain), suivi des **forêts**, suivi des **surfaces en eau**, **érosion**
- **Emergency** : **catastrophes à large échelle** naturelles ou causées par l'homme
- **Security** : **surveillance des infrastructures**

■ Services **thématiques**

- **Land** : **gestion durable** pour les pays en développement, **protection de la nature**
- **Emergency** : **support à l'aide umanitaire**
- **Security** : **sécurité alimentaire**



Atmosphere
(CAMS)



Marine
(CMEMS)



Land
(CLMS)



Climate
(C3S)



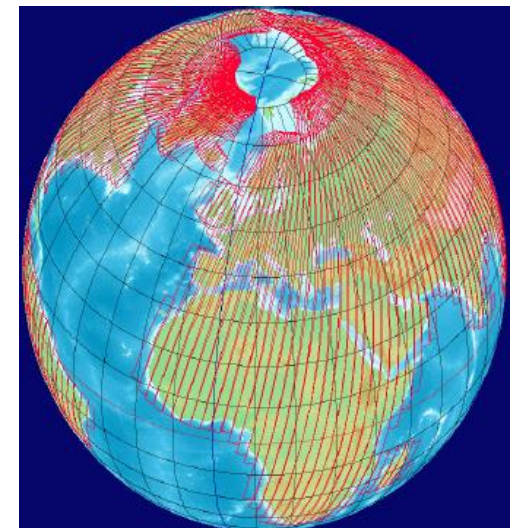
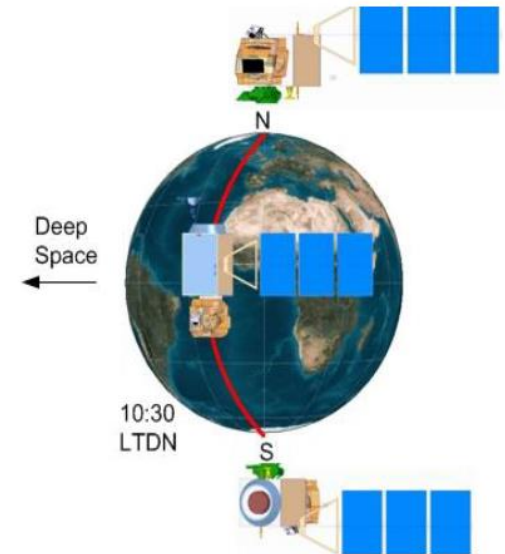
Emergency
(EMS)



Security

La mission SENTINEL-2 : aperçu technique

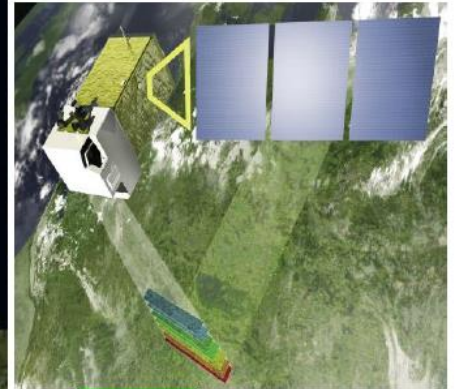
- Satellites : 2 vaisseau en **configuration jumelle**
- Bandes spectrales : 13 dans les domaines **visible, proche et moyenne infrarouge**
- Résolutions spatiales : 10m / 20m / 60m
- Orbite : **héliosynchrone** à 786 km (LTDN 10:30am)
- Fauchée : **290 km**
- Couverture géographique : systématique sur **surfaces continentales et traits de côte**
- Répétitivité : **5 jours** à l'équateur (avec 2 satellites et *sans considérer les nuages*)
- Pointage latéral d'urgence : accès à **n'importe quel point du globe** en **2 jours** maximum
- Durée de vie : **7.25 ans** extensible à 12 ans



La mission SENTINEL-2 : fauchée et répétitivité

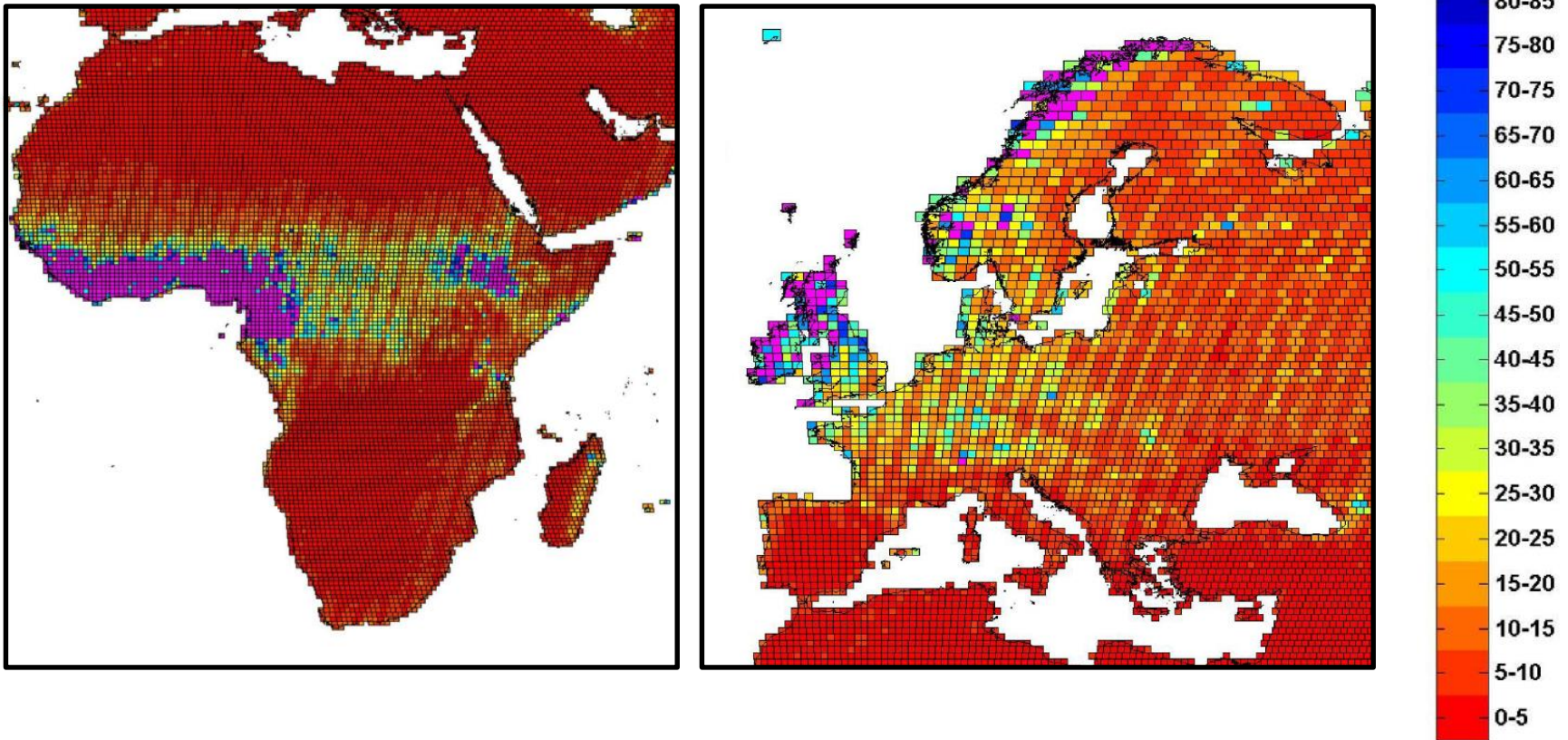
Observations bi-satellitaires +
très large fauchée →
haute répétitivité

SPOT4 60 x 60 km x 2
IRS P6 LISS III 141x141 km
Landsat ETM+ 180 x 172 km
Sentinel-2 290 x 290 km



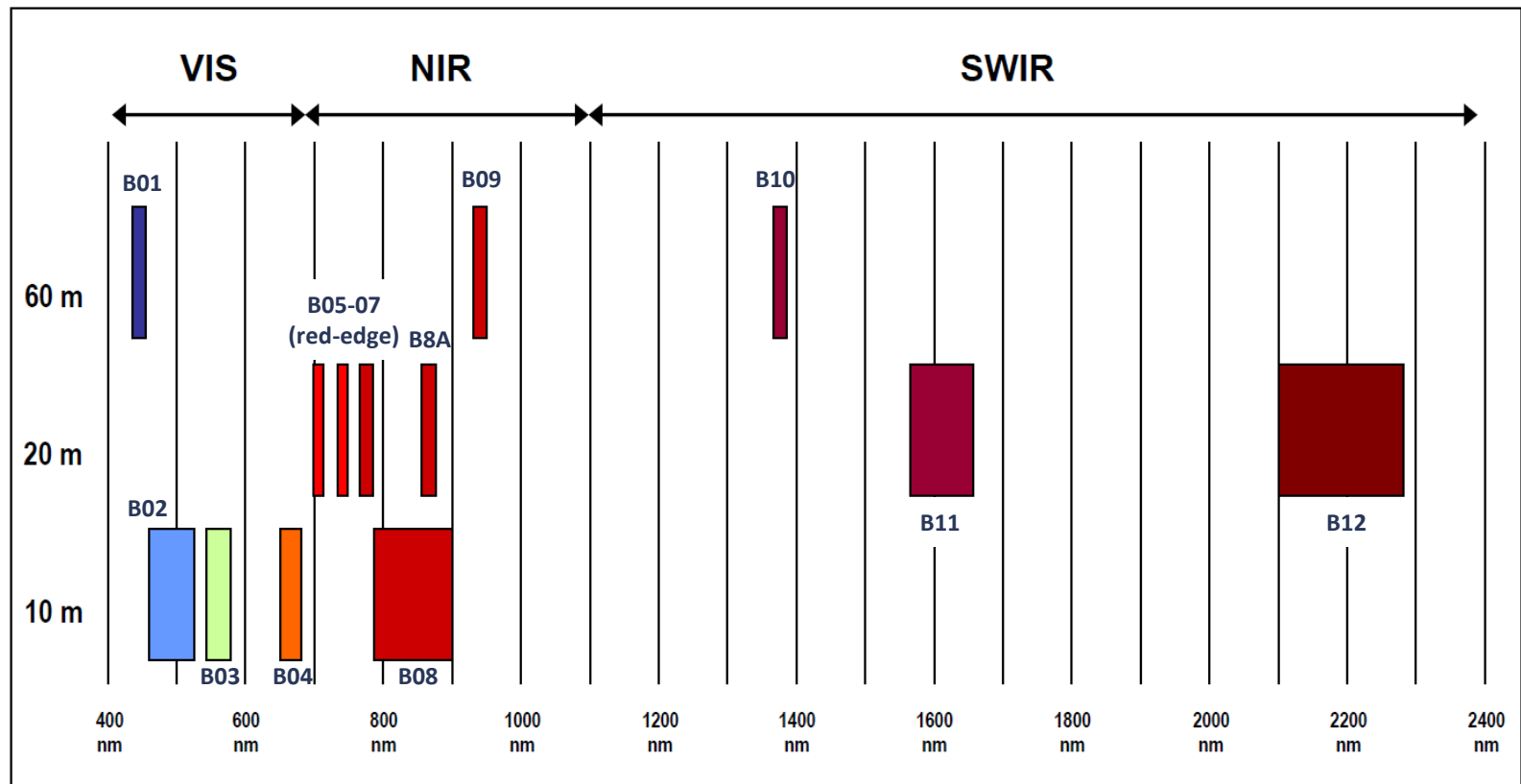
La mission SENTINEL-2 : répétitivité « réelle »

- Répétitivité sur **Europe** et **Afrique** en été avec 2 satellites (estimée en considérant la nébulosité)



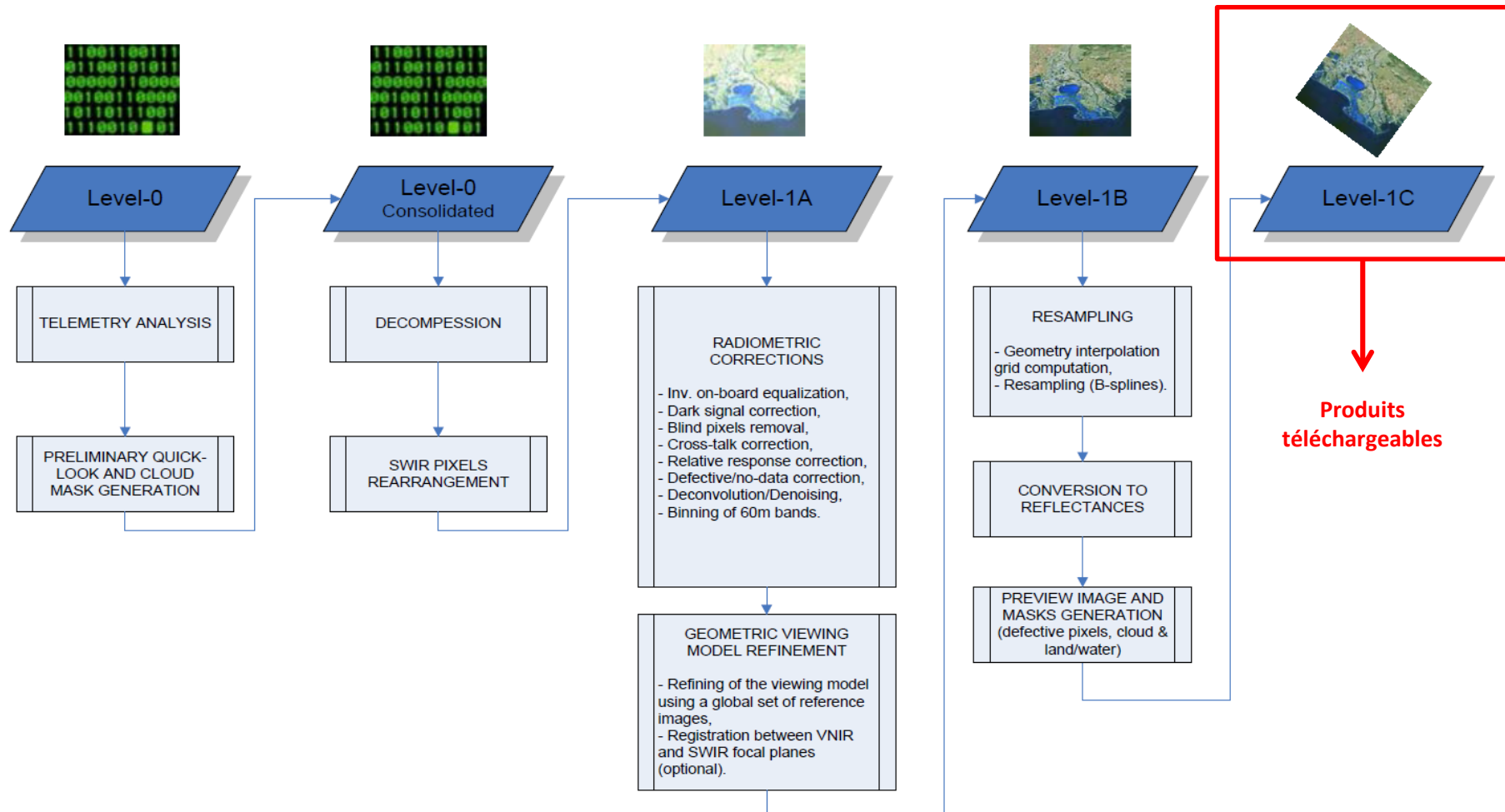
La mission SENTINEL-2 : bandes spectrales

- Un large spectre d'acquisition dans l'optique au compromis d'une **résolution spatiale non homogène**
 - Du visible au moyen infrarouge, des pixels de 10m à 60m de côté selon la bande spectrale



La mission SENTINEL-2 : chaîne de production

- Les acquisitions Sentinel-2 sont systématiquement traitées par une chaîne de production jusqu'au niveau 1C



La mission SENTINEL-2 : niveaux de traitements

■ Les niveaux de traitement sont définis jusqu'au niveau 3

Nom	Description	Production	Stockage	Volume
Niveau 1C	(a) <u>Corrections radiométriques</u> : débruitage, déconvolution, calibration (TOA) (b) <u>Correction géométriques</u> : co- registration inter-bande, orthorectification	Systématique	Long terme	~500 MB par tuile (100x100 Km ²)
Niveau 2A Niveau 2B	(a) Détection de nuages et ombres (b) Corrections atmosphériques (BOA), y inclus nuages fins et corrections de pente/environnement (c) Extraction de variables géo- physiques (par ex. fAPAR, clorophylle, LAI, OcSol)	Côté utilisateur*	N/A	~600 MB par tuile (100x100 Km ²) – peut varier
Niveau 3	Syntèse spatio-temporelle (mosaïquage, composites sans nuages, ...)	Côté utilisateur**	N/A	peut varier

* Une **production systématique d'images au niveau 2A** est en place pour l'Europe (algorithme Sen2Cor)

** Par ex., sous-produit de la plateforme **Sentinel-2 for Agriculture** <http://www.esa-sen2agri.org>

Accès aux données SENTINEL : le *Open Access Hub*

■ Un portail interactif unique pour toutes les données satellitaires Copernicus

- *User self-registration*
- Requêtes géographiques (ROI)
- Téléchargement

<http://scihub.copernicus.eu/dhus>

The screenshot displays the Copernicus Open Access Hub interface. On the right, a map of France shows a selected region of interest (ROI) in the southern part, covering areas like Montpellier, Nîmes, and Avignon. On the left, a list of satellite data products is displayed, including Sentinel-2 MSI data. The interface includes a search bar at the top, a list of products with download URLs, and a map view showing the ROI. The products listed are:

- S2A_MSI_L2A_20180214T103131_N0206_R108_T31TFK_20180214T141322**
Download URL: <https://scihub.copernicus.eu/dhus/data/v1/Products/04cd27b5-6d47-4ce7-a02e-369aaba105f>
Mission: Sentinel-2 Instrument: MSI Sensing Date: 2018-02-14T10:31:31.026Z Size: 961.81 MB
- S2A_MSI_L2A_20180214T103131_N0206_R108_T31TFJ_20180214T141322**
Download URL: <https://scihub.copernicus.eu/dhus/data/v1/Products/79e77032-1b06-43e4-a08c-e7e54ac900f>
Mission: Sentinel-2 Instrument: MSI Sensing Date: 2018-02-14T10:31:31.026Z Size: 1.04 GB
- S2A_MSI_L2A_20180214T103131_N0206_R108_T31TEJ_20180214T141322**
Download URL: <https://scihub.copernicus.eu/dhus/data/v1/Products/39bd522-8331-4c8b-a4c6-620a76ebf6f>
Mission: Sentinel-2 Instrument: MSI Sensing Date: 2018-02-14T10:31:31.026Z Size: 148.89 MB
- S2B_MSI_L2A_20180212T104139_N0206_R008_T31TEJ_20180212T141651**
Download URL: <https://scihub.copernicus.eu/dhus/data/v1/Products/46021c6c-f44c-4ad0-9cab-643bec793bdc>
Mission: Sentinel-2 Instrument: MSI Sensing Date: 2018-02-12T10:41:39.027Z Size: 1017.30 MB
- S2B_MSI_L2A_20180212T104139_N0206_R008_T31TEK_20180212T124738**
Download URL: <https://scihub.copernicus.eu/dhus/data/v1/Products/cda262b2-a2cb-4ccc-91be-d04e64b11f5f>
Mission: Sentinel-2 Instrument: MSI Sensing Date: 2018-02-12T10:41:39.027Z Size: 1.10 GB
- S2B_MSI_L2A_20180212T104139_N0206_R008_T31TFK_20180212T124738**
Download URL: <https://scihub.copernicus.eu/dhus/data/v1/Products/ce3e2aab-4625-4b5a-b120-055d23081fc>
Mission: Sentinel-2 Instrument: MSI Sensing Date: 2018-02-12T10:41:39.027Z Size: 1.05 GB
- S2B_MSI_L2A_20180212T104139_N0206_R008_T31TFJ_20180212T124738**
Download URL: <https://scihub.copernicus.eu/dhus/data/v1/Products/a551f84a-8a56-44c9-9905-16d5149bfc8f>
Mission: Sentinel-2 Instrument: MSI Sensing Date: 2018-02-12T10:41:39.027Z Size: 450.69 MB

The interface also includes a search bar, a list of products, and a map view showing the ROI. The products are listed with their download URLs, mission names, instruments, sensing dates, and sizes. The map view shows the ROI in the southern part of France, covering areas like Montpellier, Nîmes, and Avignon.

Accès aux données SENTINEL : le *Open Access Hub*

The screenshot shows the 'Advanced Search' interface of the Sentinel Open Access Hub. The interface includes a search bar at the top, a 'Sort By' dropdown set to 'Ingestion Date', and an 'Order By' dropdown set to 'Descending'. A red circle labeled '1' highlights the search bar. A red circle labeled '2' highlights the 'Save' and 'Search' buttons. A red circle labeled '3' highlights the 'Sensing period' section, which includes 'From' and 'to' date pickers. A red circle labeled '4' highlights the 'Mission: Sentinel-2' section, which includes a checkbox and a dropdown menu. A red circle labeled '5' highlights the 'Product Type' dropdown menu, which is set to 'S2MSI2Ap'. A red circle labeled '6' highlights the 'Cloud Cover % (e.g. [0 TO 9.4])' section. The interface also includes a 'Clear' button and a map on the right side.

1 – Affichage de la fenêtre de définition des **critères de recherche**

2 – **Sauvegarder/lancer la recherche**

3 – **Période d'acquisition**

4 – Sélection de la **mission** (ex. Sentinel-2)

5 – Sélection du **niveau de traitement** (ex. niv. 2A)

6 – Niveau max. de **nébulosité**

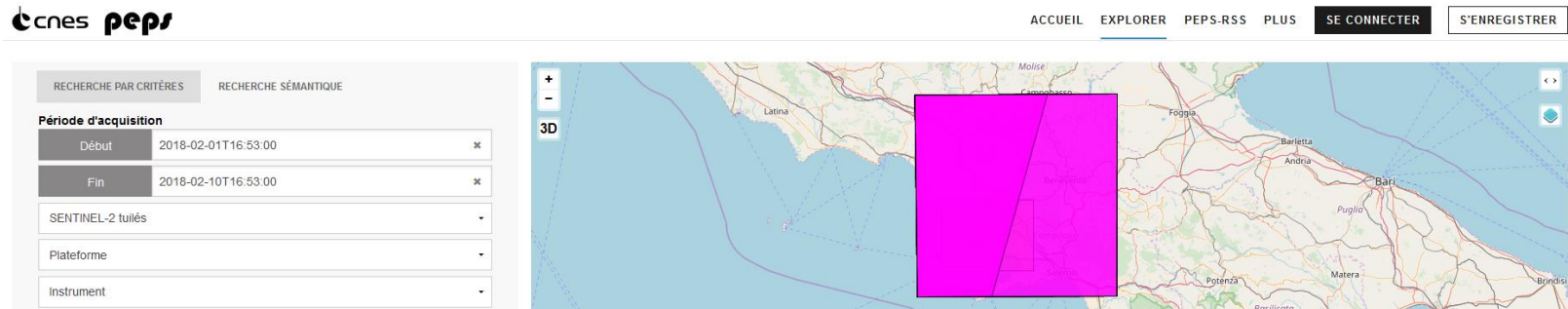
Accès aux données SENTINEL : le *Open Access Hub*



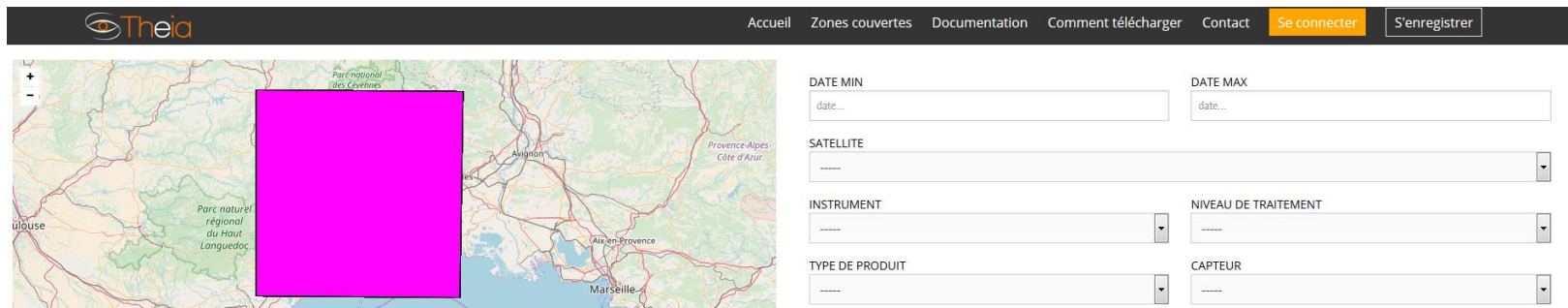
- Une acquisition *instantanée* couvre **9 tuiles de ~100x100 Km²**, qui sont **mises à disposition séparément** (évite des téléchargements surdimensionnés)
- Un lien est fourni qui donne lieu à un **téléchargement direct**
- Possibilité de **téléchargements par lot** (voir touche *rajouter au panier*)

Accès aux données SENTINEL : autres portails d'accès

- PEPS (CNES) : <http://peps.cnes.fr>
 - Miroir du portail Copernicus

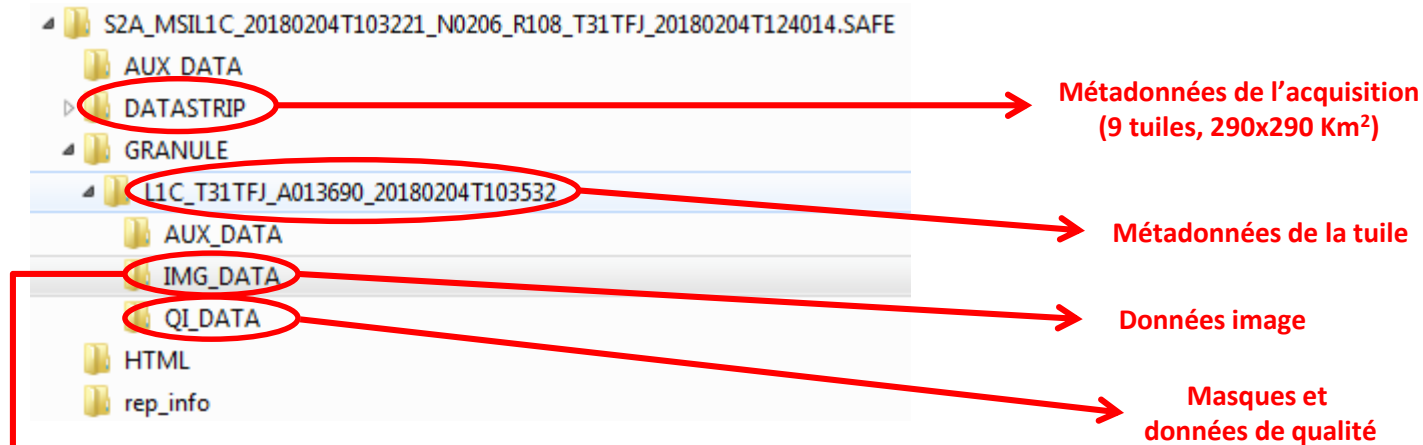


- THEIA LAND : <http://theia.cnes.fr>
 - Portail du Pôle Thématique Surfaces Continentales THEIA
 - Données Sentinel-2 L2A produites par le CNES (algorithme MAJA)



Format de données SENTINEL-2

- Chaque image est fournie par un **fichier zip unique**

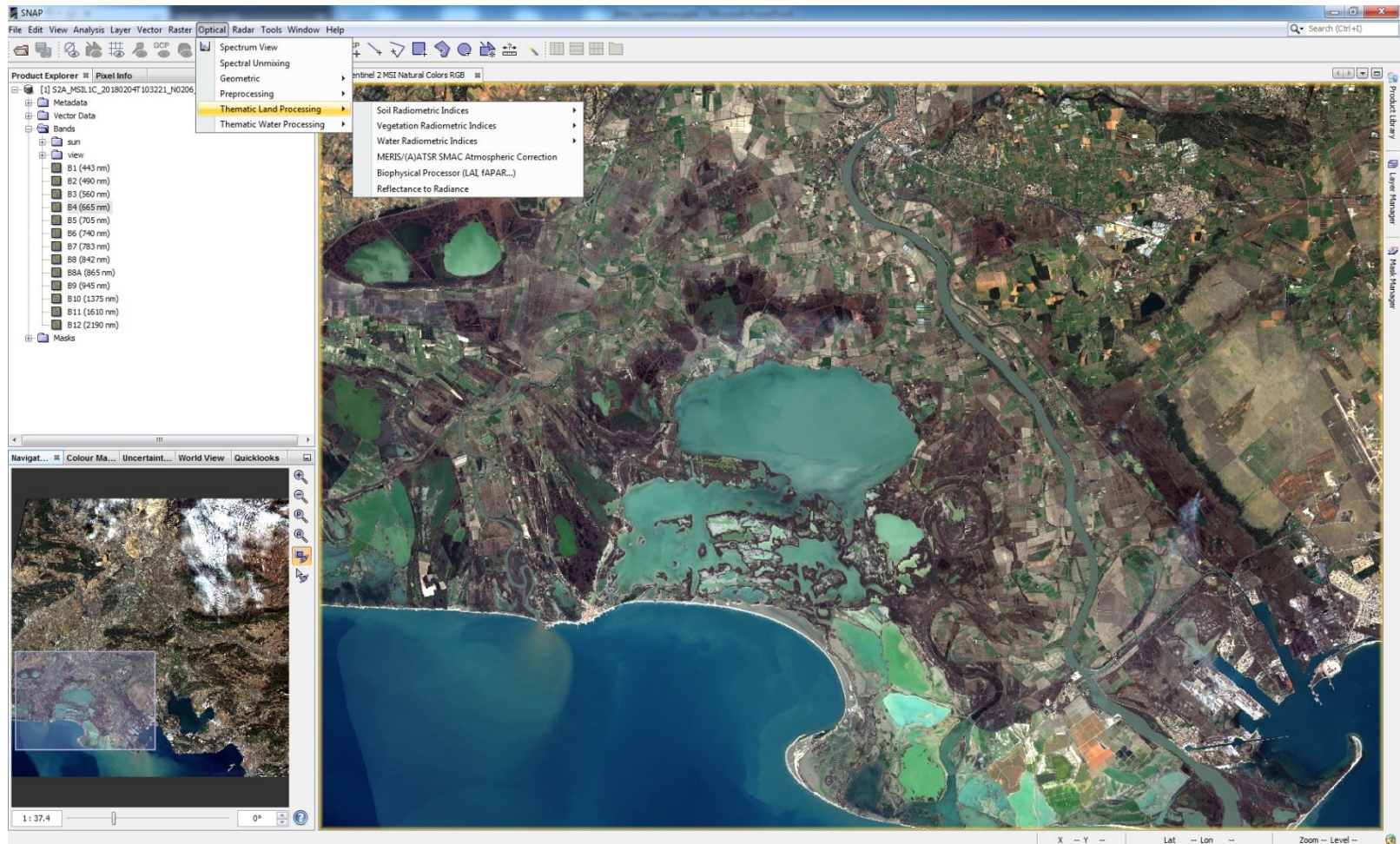


A list of files in a folder, showing the naming convention for Sentinel-2 data. The files are: T31TFJ_20180204T103221_B01.jp2, T31TFJ_20180204T103221_B02.jp2, T31TFJ_20180204T103221_B03.jp2, T31TFJ_20180204T103221_B04.jp2, T31TFJ_20180204T103221_B05.jp2, T31TFJ_20180204T103221_B06.jp2, T31TFJ_20180204T103221_B07.jp2, T31TFJ_20180204T103221_B08.jp2, T31TFJ_20180204T103221_B8A.jp2, T31TFJ_20180204T103221_B09.jp2, T31TFJ_20180204T103221_B10.jp2, T31TFJ_20180204T103221_B11.jp2, T31TFJ_20180204T103221_B12.jp2, and T31TFJ_20180204T103221_TCI.jp2. A red arrow points from the 'IMG_DATA' folder in the previous diagram to this list.

- **Un fichier par bande spectrale**
- Format **JPEG 2000 (.jp2)** géo-référencié (QGIS OK!)
- Codage **16 bit par pixel** (*nombre entier sans signe*)
- Valeurs en **milli-réflectance**
- **Projections UTM** (selon la zone)
- **+ un composite RGB (*_TCI.jp2)** pour la visualisation

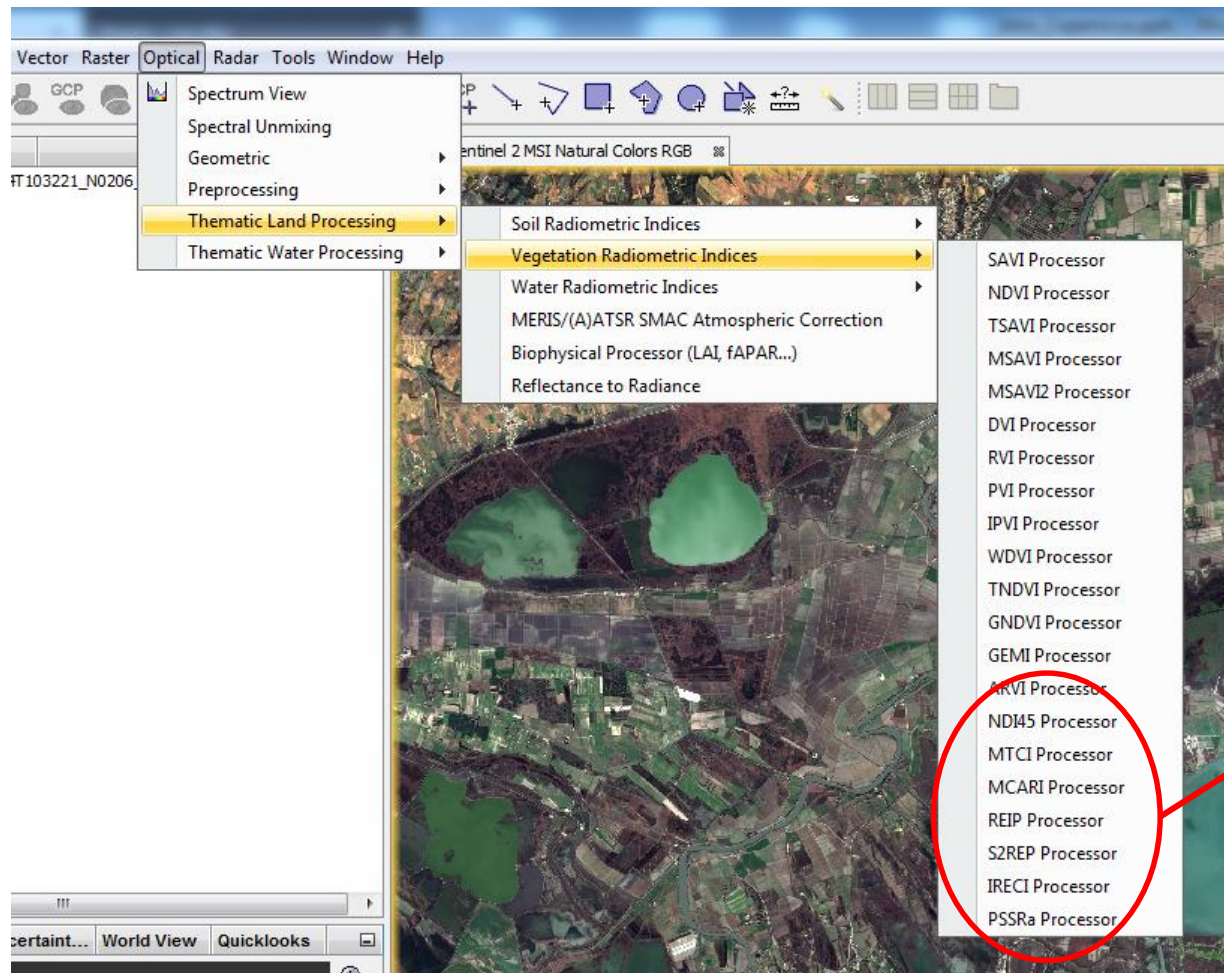
Sentinels Application Platform (SNAP)

- Un logiciel ESA pour le **traitement et l'analyse de données Sentinel**
 - Une collection de boîtes à outils pour S1, S2 et S3
 - <http://step.esa.int/main/toolboxes/snap>



Sentinels Application Platform (SNAP)

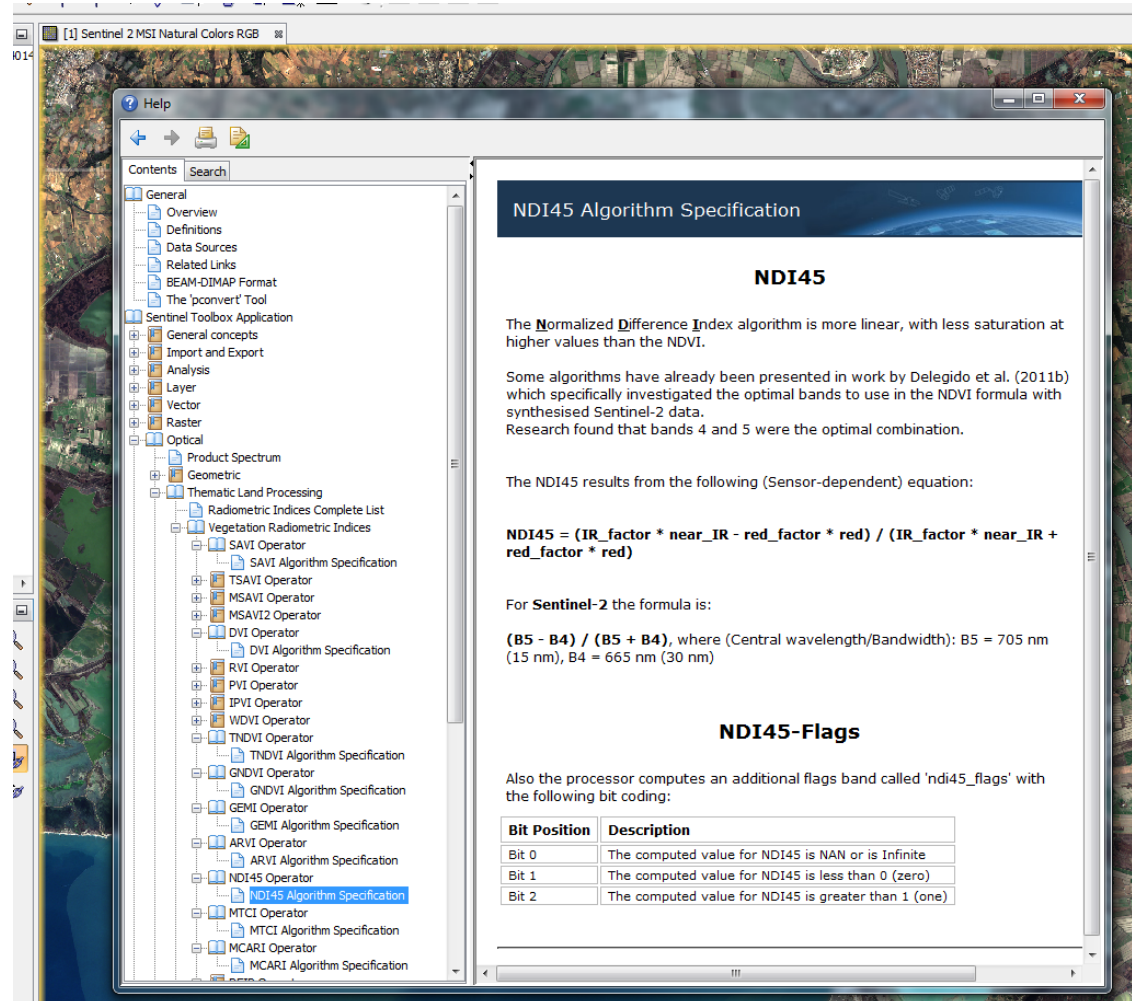
- Un logiciel ESA pour le **traitement et l'analyse de données Sentinel**
 - **Un large ensemble d'outils** pour le traitement des images S2, notamment pour l'extraction d'informations en lien avec la végétation



Indices de végétation
basés sur le spectre
"Red-Edge"

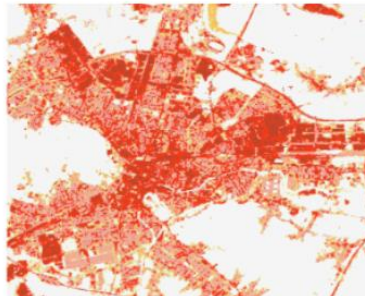
Sentinels Application Platform (SNAP)

- Un logiciel ESA pour le traitement et l'analyse de données Sentinel
 - Une documentation plutôt claire et exhaustive



Copernicus Land Monitoring Services (CLMS)

- Fournit de l'information géographique sur l'**occupation des sols** et ses indices dérivés (ex. **état de la végétation, cycle de l'eau**)
 - Applications dans plusieurs domaines : **planification spatiale, gestion des forêts, gestion de l'eau, agriculture et sécurité alimentaire**
- **Trois composantes:**
 - Composante **globale** : variables **biophysiques** (LAI, fCOVER, ...), **énergétiques** (albedo, refléctances TOC, ...), **cycle de l'eau** (humidité des sols, surfaces en eau, ...)
 - Composante **pan-européenne** : **5 jeux de données à HR sur l'OcSol** (surfaces artificialisées, forêts, domaine cultivée, zones humides et petit bassin d'eau)
 - Composante **locale** : focus sur des zones d'intérêt (*hotspots*) susceptibles de subir des **changements environnementaux spécifiques** (ex. **Urban Atlas**)
- **Peu de produits déjà disponibles issues de données Sentinel-2...**



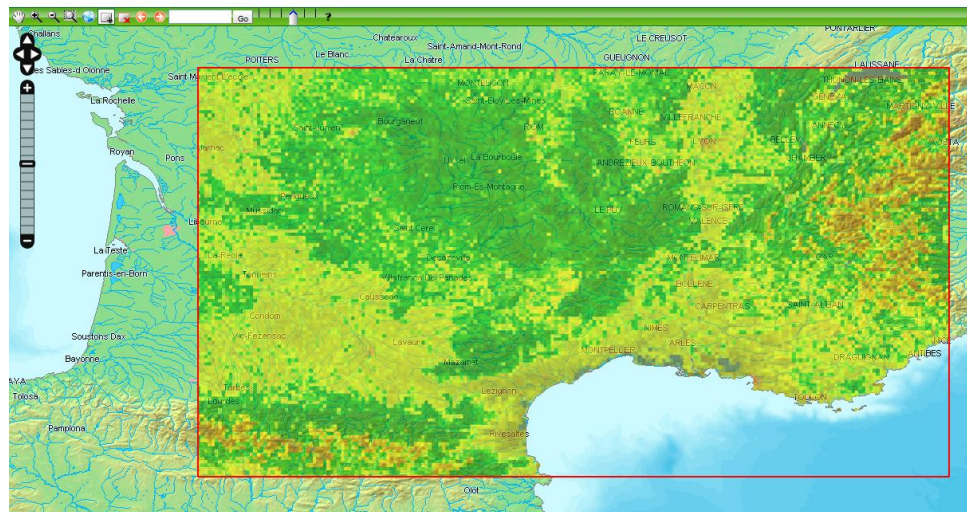
Images © EEA, DG JRC, CLMS

Copernicus Land Monitoring Services (CLMS)

Copernicus Global Land Service

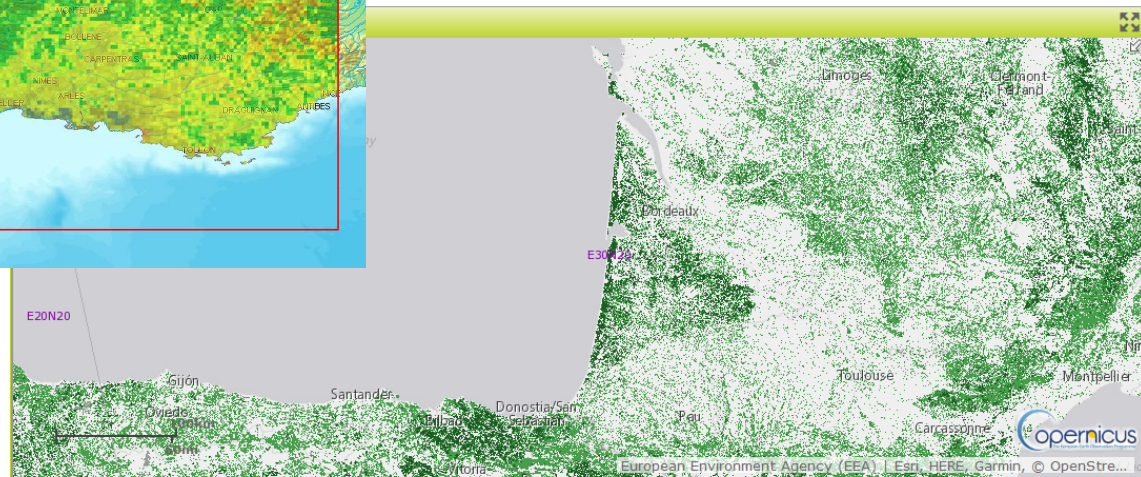
Providing bio-geophysical products of global land surface

fCOVER (globale)

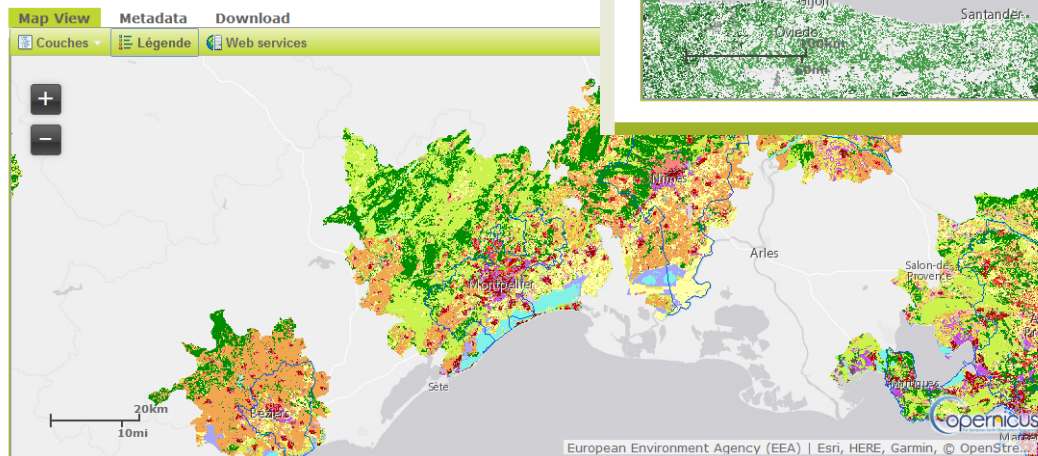


Forêts (UE)

Print

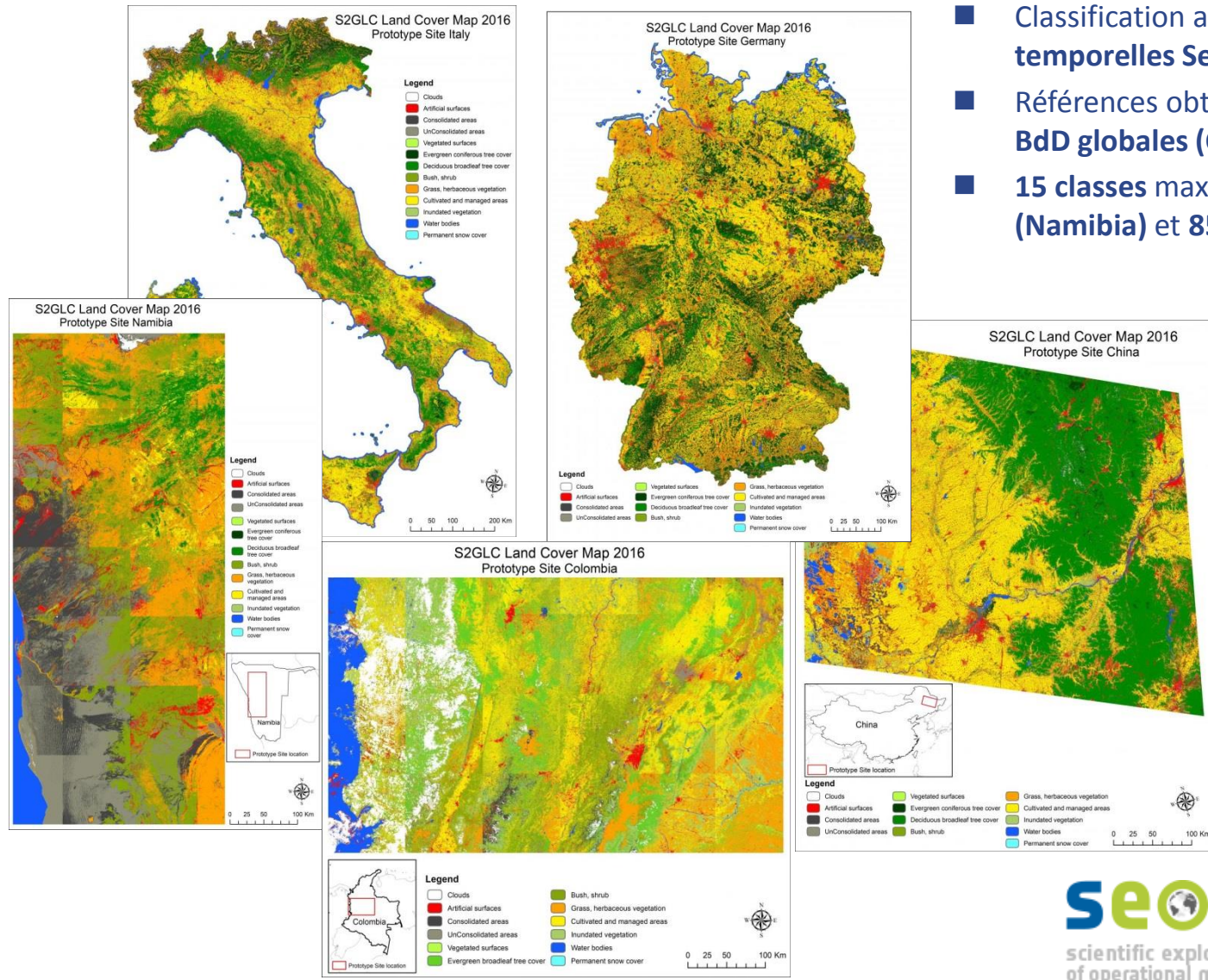


Urban Atlas 2012 Urbain (locale)



Occupation des sols

■ Sentinel-2 Global Land Cover (S2GLC)

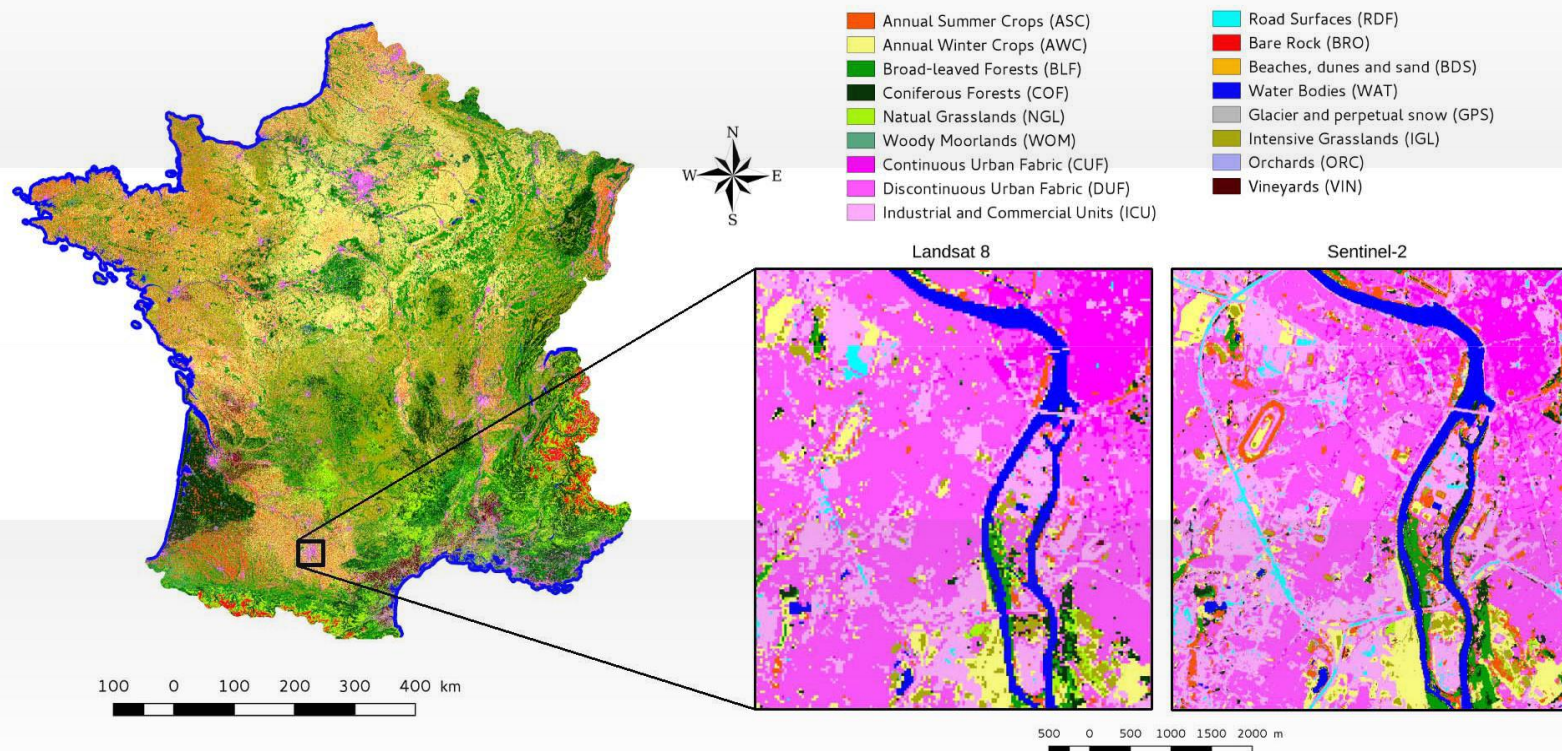


- 5 pays pilotes
- Classification automatique de séries temporelles Sentinel-2
- Références obtenues par fusion de BdD globales (CCI LC, GlobCover, ...)
- 15 classes max, précisions entre 52% (Namibia) et 85% (Allemagne)

Occupation des sols

■ Le produit Occupation des Sols (OSO) de THEIA

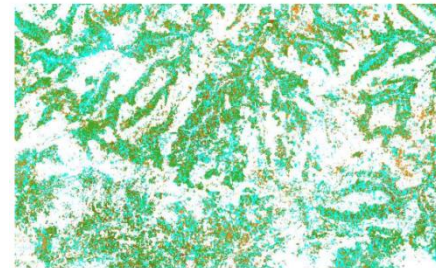
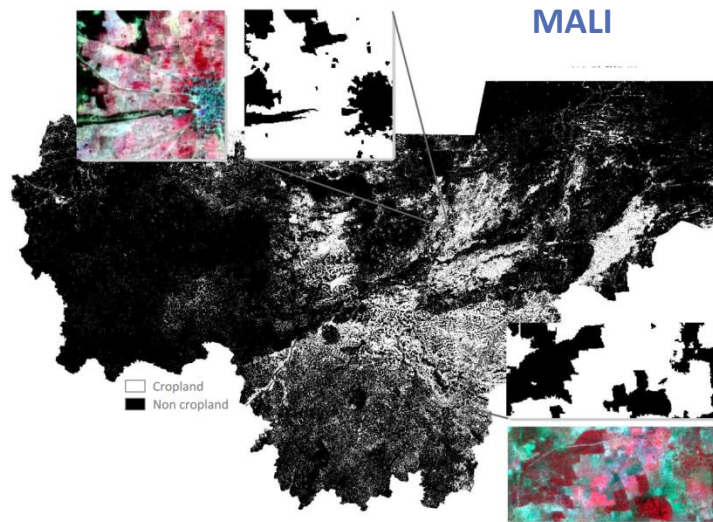
France land cover classification, from Landsat 8 to Sentinel-2.



- Un produit OSO de référence pour la France
- Références obtenues par fusion de BdD UE et nationales (CLC, RPG, BD TOPO, ...)
- 20 classes, precision de 88%

Sentinel-2 for Agriculture

■ Une chaîne de traitement pour l'extraction d'informations en lien avec l'agriculture



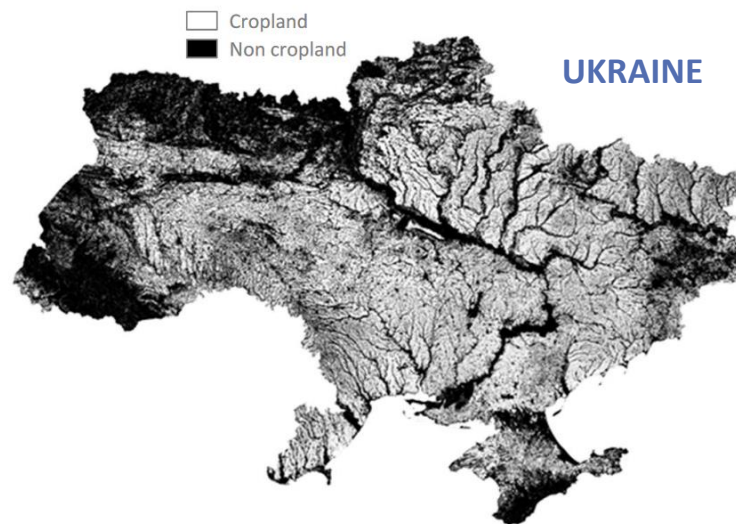
Legend:
□ Non cropland
■ Maize
■ Sorghum
■ Millet
■ Groundnuts
■ Cotton

Overall accuracy 84%	
Crop types	F1-Score
Cotton	94%
Maize	84%
Millet	77%
Sorghum	51%
Groundnuts	42%

Crop types



LAI



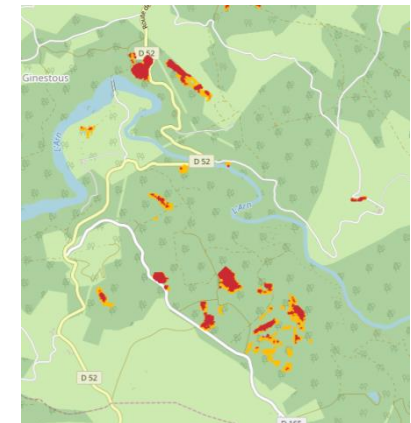
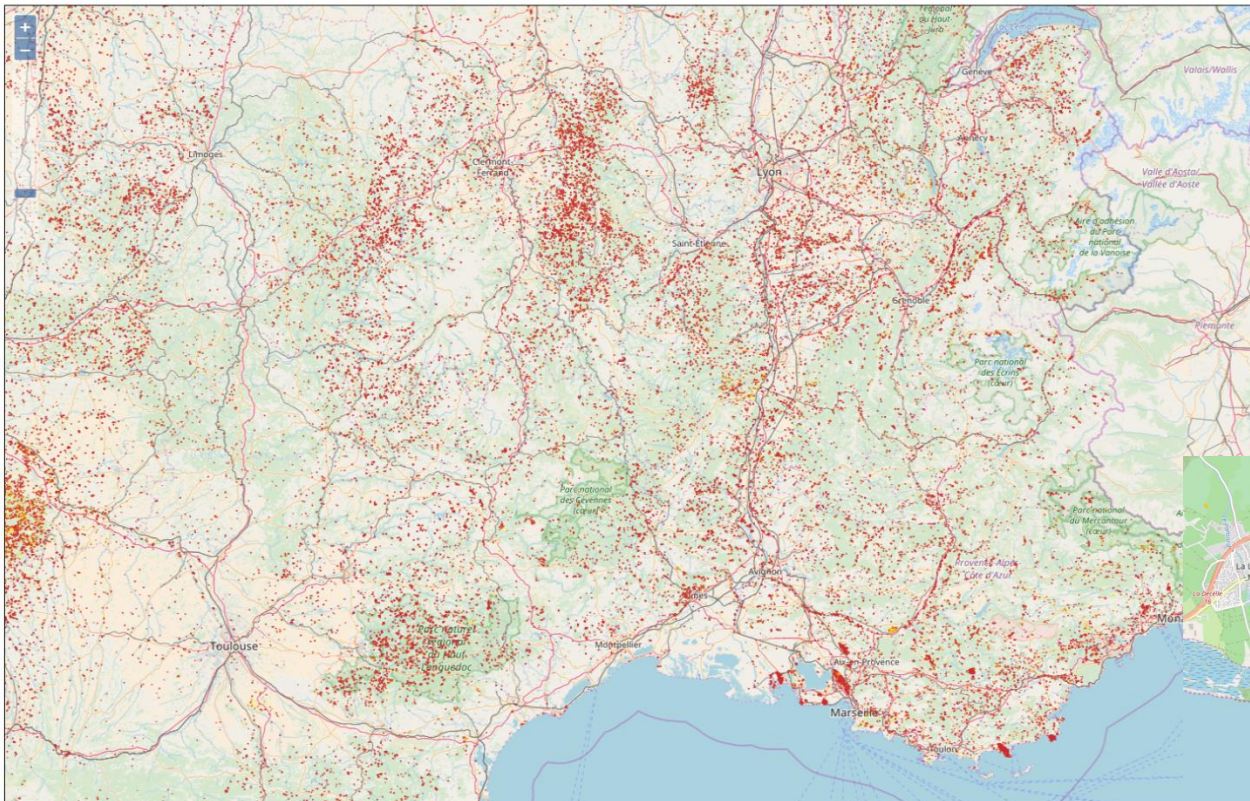
- Composites dénuagés (*composites*)
- Domaine cultivé (*cropland*)
- Principaux types de cultures (*crop types*)
- Indicateurs d'état de la végétation:
 - NDVI
 - Métriques phénologiques
 - LAI

Coupes Rases

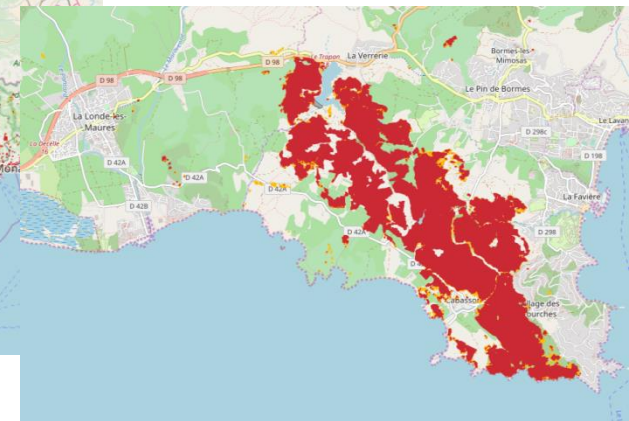
- Production annuelle d'une **cartographie des coupes rases** en France métropolitaine

← → ↻ 🏠 ① coupesrases.irstea.fr/coupesrases/openlayers/coupesrases.html ... ♥ ☆ 🔍

Coupes rases 2017



Défriches



Incendies

Auteurs - Crédits

- Présenté par Raffaele GAETANO
- Publié en 2018, sous Licence Creative Commons CC BY SA



Institut Convergences Agriculture Numérique
Digital Agriculture Convergence Lab



Ce travail a bénéficié d'une aide de l'Etat gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du programme d'Investissements d'Avenir portant la référence

ANR-16-CONV-0004.