



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

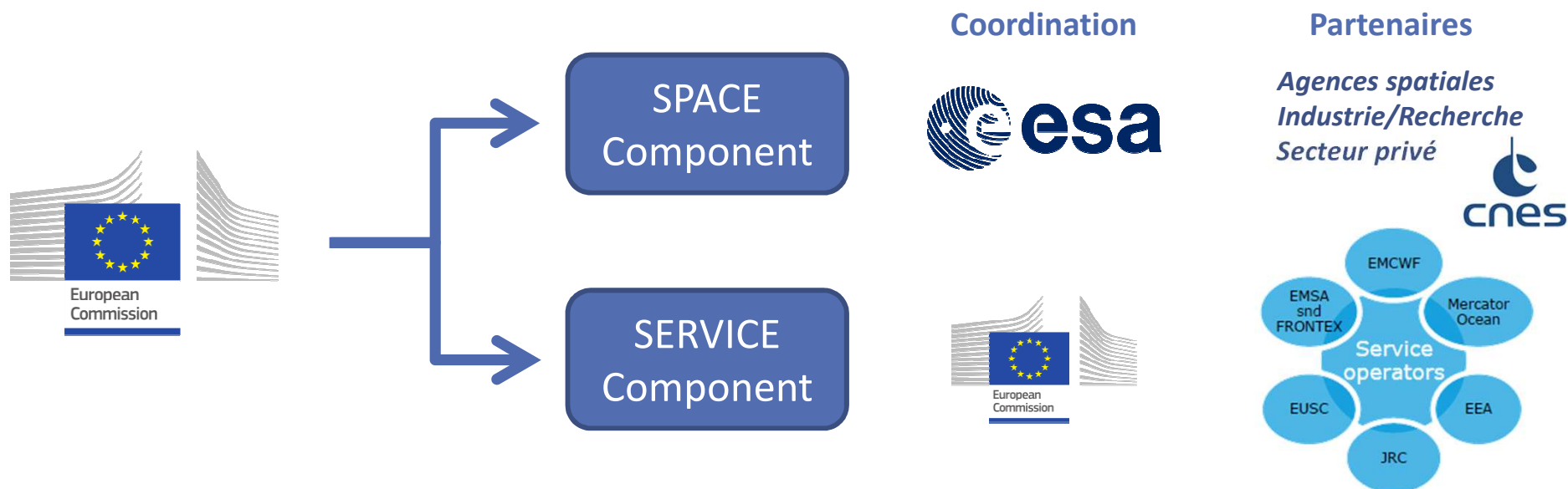
Le programme EU COPERNICUS

- 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)

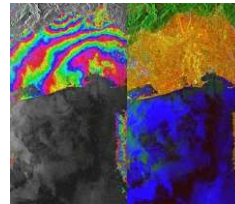


Security

EU COPERNICUS : la composante ESPACE

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

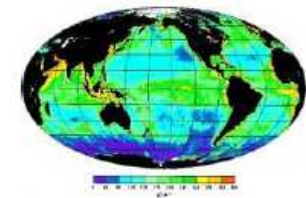
- Sentinel-1 : imagerie radar



- Sentinel-2 : imagerie optique à haute résolution



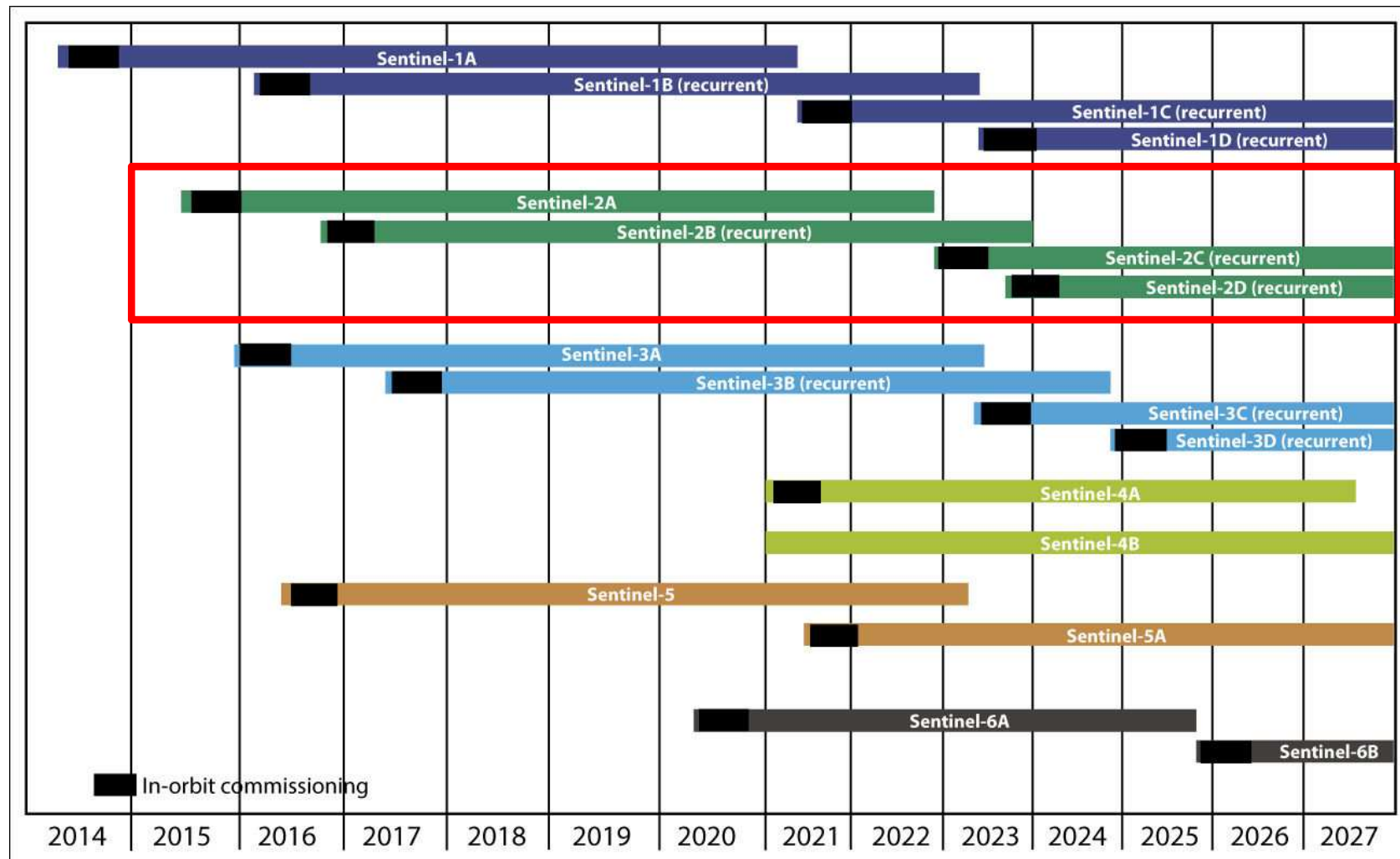
- Sentinel-3 : imagerie optique à résolution modérée



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



■ 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**

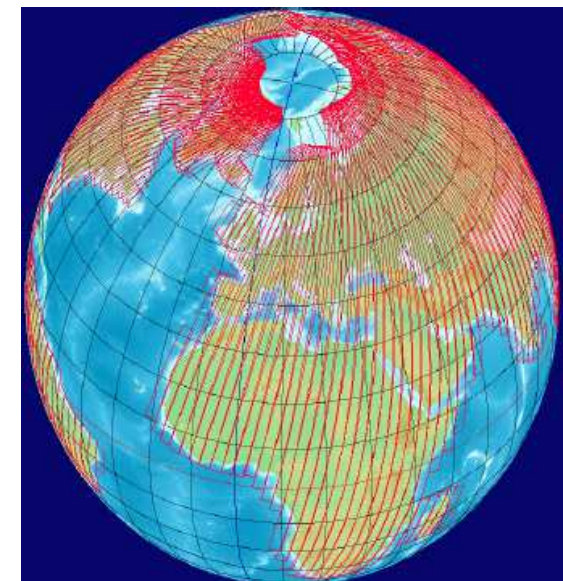
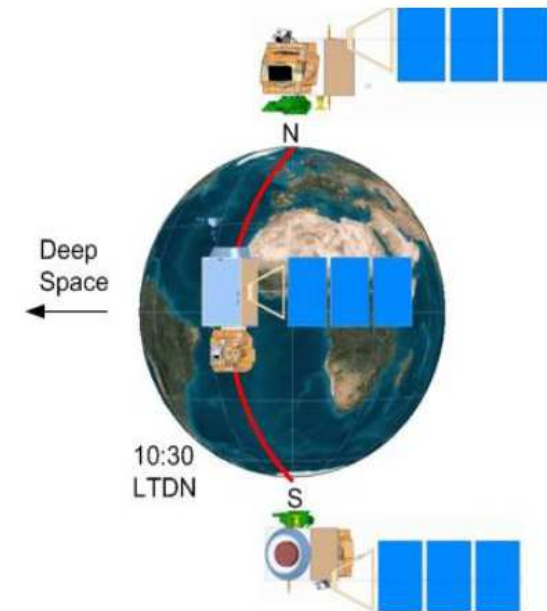
■ Services **thématiques**

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



La mission SENTINEL-2 : aperçu technique

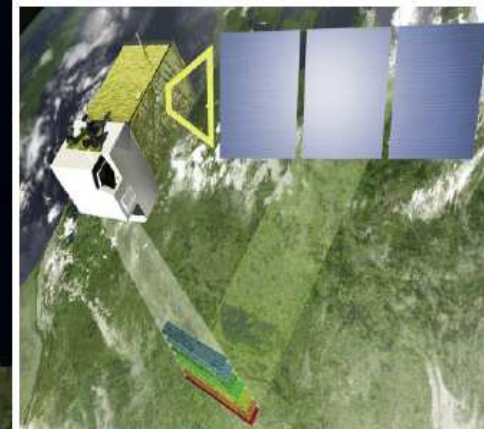
- Satellites : 2 vaisseau en **configuration jumelle**
- Bandes spectrales : 13 dans les domaines **visible, proche et moyenne infrarouge**
- Résolutions spatiales : 10m / 20m / 60m
- Orbite : **héliosynchrone** à 786 km (LTDN 10:30am)
- Fauchée : **290 km**
- Couverture géographique : systématique sur **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

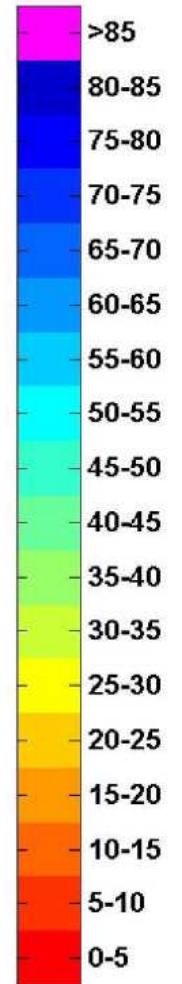
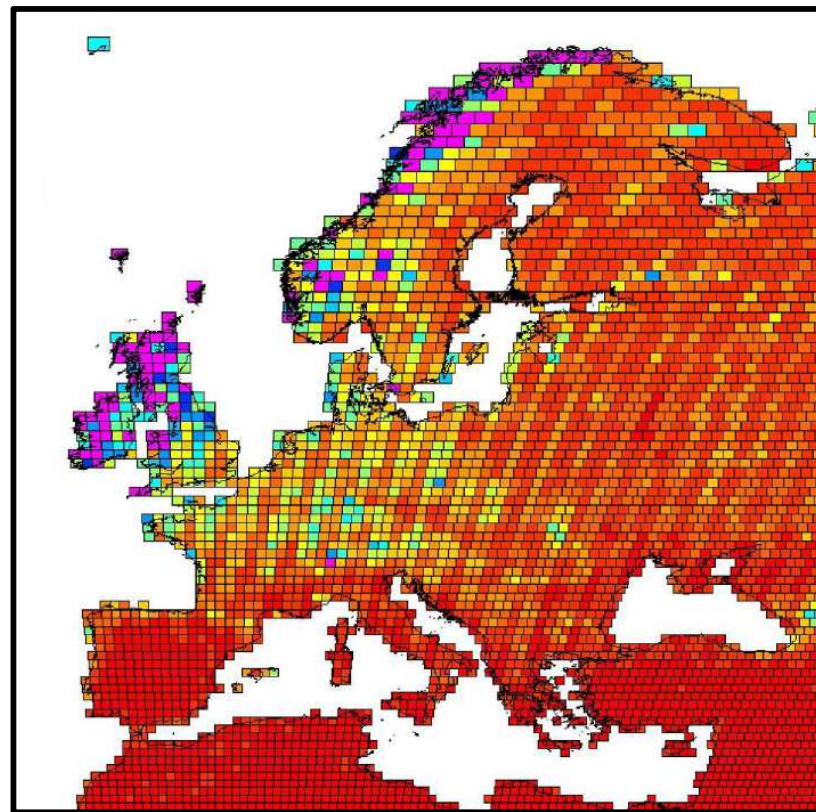
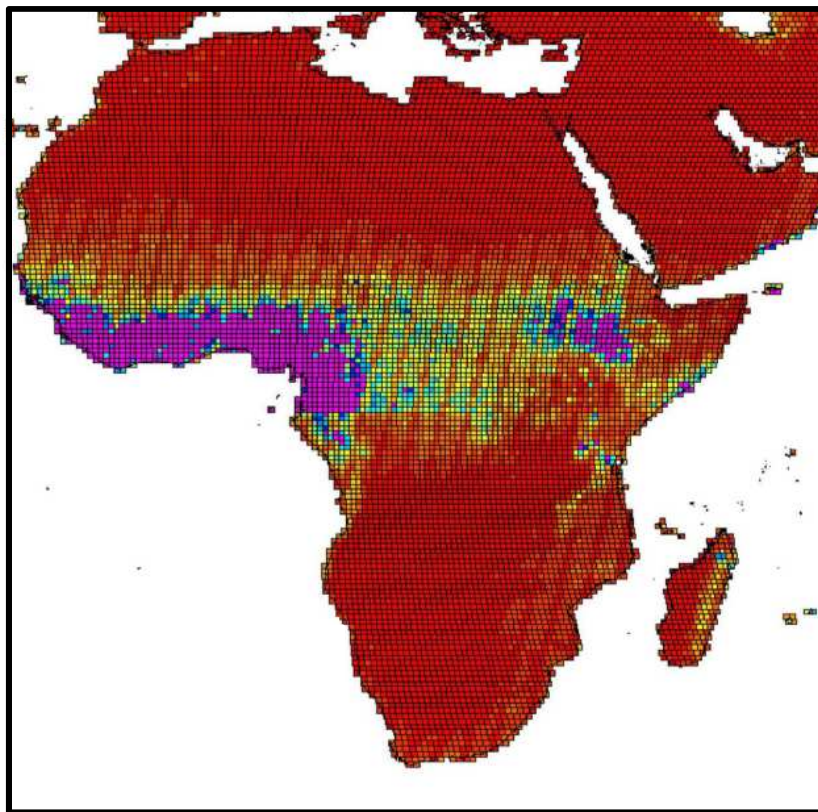
Observations bi-satellitaires +
très large fauchée →
haute répétitivité

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



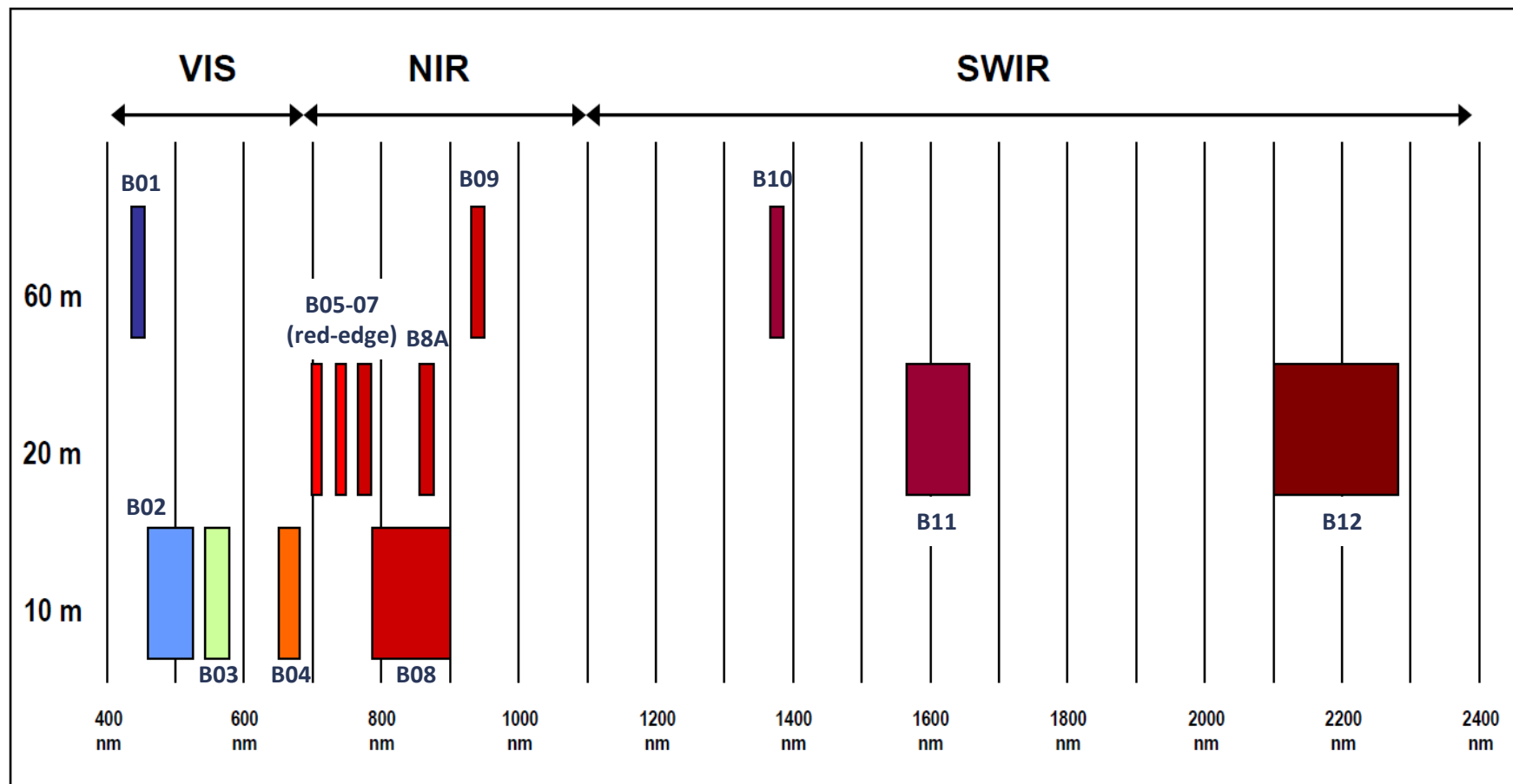
La mission SENTINEL-2 : répétitivité « réelle »

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



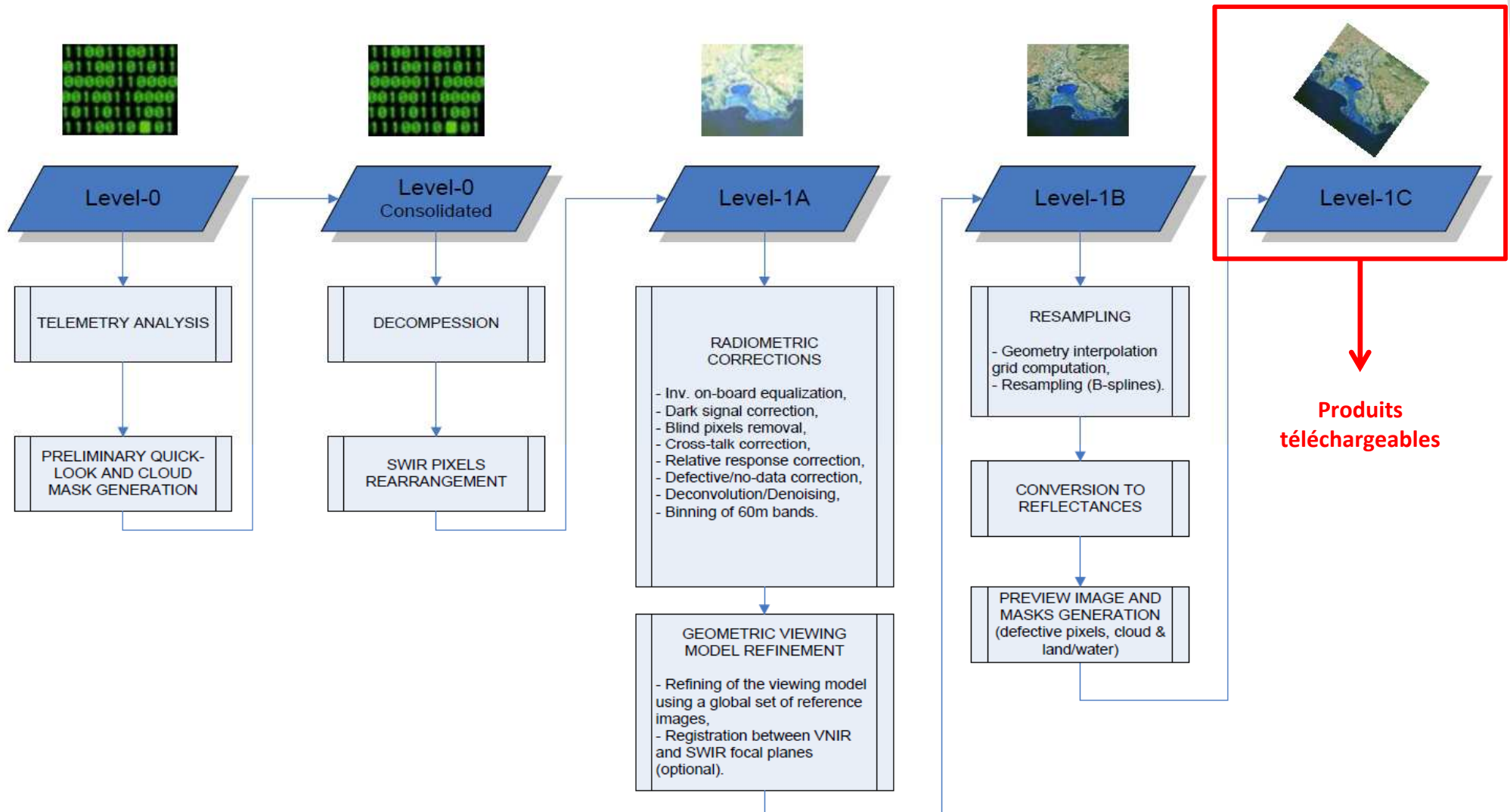
La mission SENTINEL-2 : bandes spectrales

- 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	(a) Détection de nuages et ombres	Côté utilisateur*	N/A	~600 MB par tuile (100x100 Km ²) – peut varier
Niveau 2B	(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)			
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>

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

[illegible]

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 search and save icons. 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])' input field. 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*

The screenshot displays a data entry from the Sentinel Open Access Hub. The entry ID is `S2A_MSI_S2A_MSIL2A_20180204T103221_N0206_R108_T31TEJ_20180204T124014`. Red circles highlight specific parts of this ID: `S2A`, `MSI`, `S2A`, `MSIL2A`, `20180204T103221`, `N0206_R108`, `T31TEJ`, and `20180204T124014`. Red arrows point from these circles to labels: `S2A` points to 'Plateforme (ex. Sentinel-2A ou 2B)'; `MSI` points to 'Niveau de traitement (ex. L2A = niv. 2A)'; `S2A` points to 'Date/heure d'acquisition'; `MSIL2A` points to 'Date/heure d'acquisition'; `20180204T103221` points to 'Date/heure d'acquisition'; `N0206_R108` points to 'Date/heure d'acquisition'; `T31TEJ` points to 'Tuile 100x100 Km² US Military Grid System'; and `20180204T124014` points to 'Date/heure de mise à disposition'. The interface also shows a 'Download URL' and a 'Mission: Sentinel-2 Instrument: MSI Sensing Date: 2018-02-04T10:32:21.026Z Size: 1.09 GB'. A shopping cart icon is highlighted with a yellow circle.

Plateforme
(ex. Sentinel-2A ou 2B)

Niveau de traitement
(ex. L2A = niv. 2A)

Date/heure d'acquisition

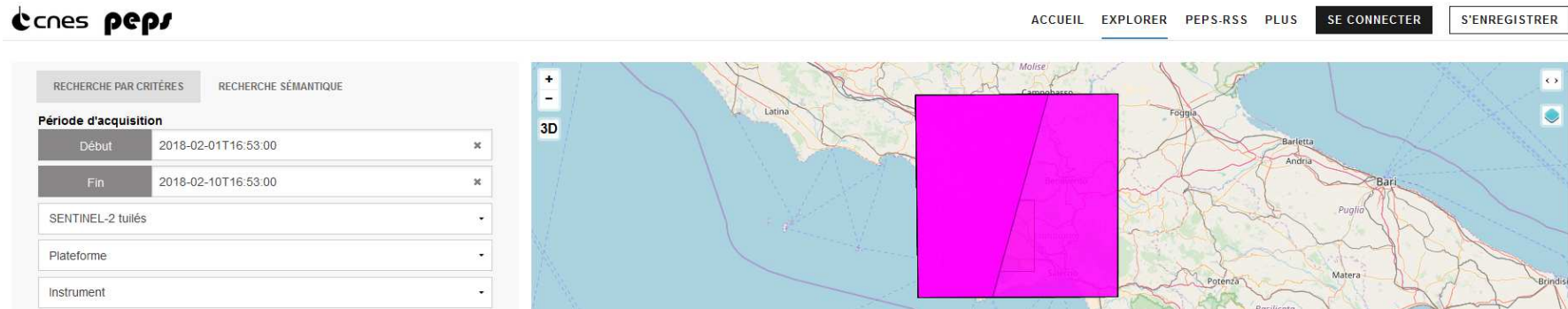
Tuile 100x100 Km²
US Military Grid System

Date/heure de
mise à disposition

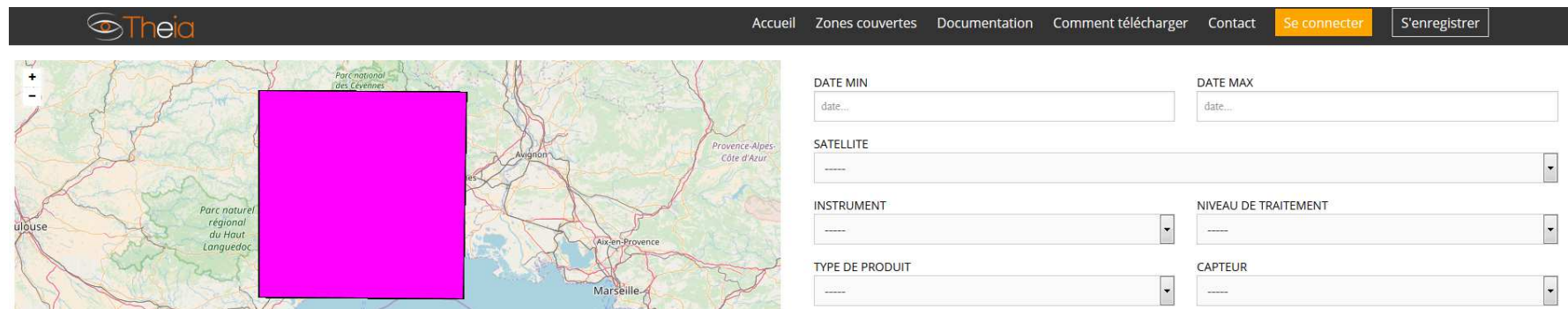
- Une acquisition *instantanée* couvre **9 tuiles de ~100x100 Km²**, qui sont **mises à disposition séparément** (évite des téléchargements surdimensionnés)
- Un lien est fourni qui donne lieu à un **téléchargement direct**
- Possibilité de téléchargements par lot (voir touche *rajouter au panier*)

Accès aux données SENTINEL : autres portails d'accès

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

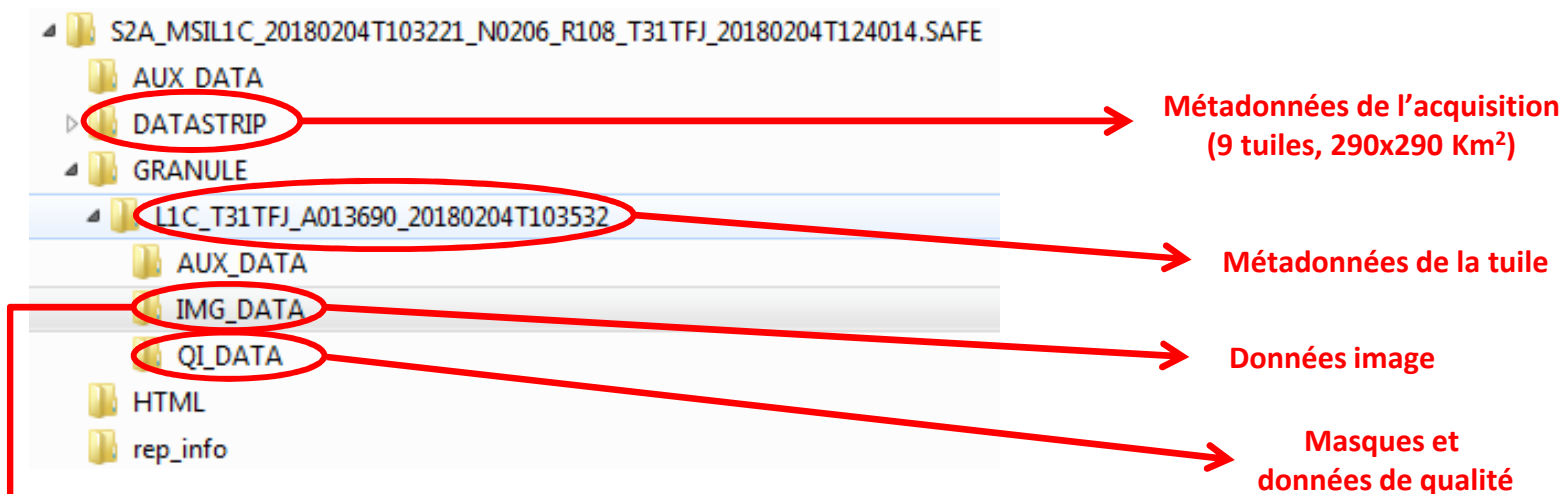


- THEIA LAND : <http://theia.cnes.fr>
 - Portail du Pôle Thématique Surfaces Continentales THEIA
 - Données Sentinel-2 L2A produites par le CNES (algorithme MAJA)



Format de données SENTINEL-2

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



A list of files in the IMG_DATA directory, with a red arrow pointing from the IMG_DATA folder in the previous diagram to this list:

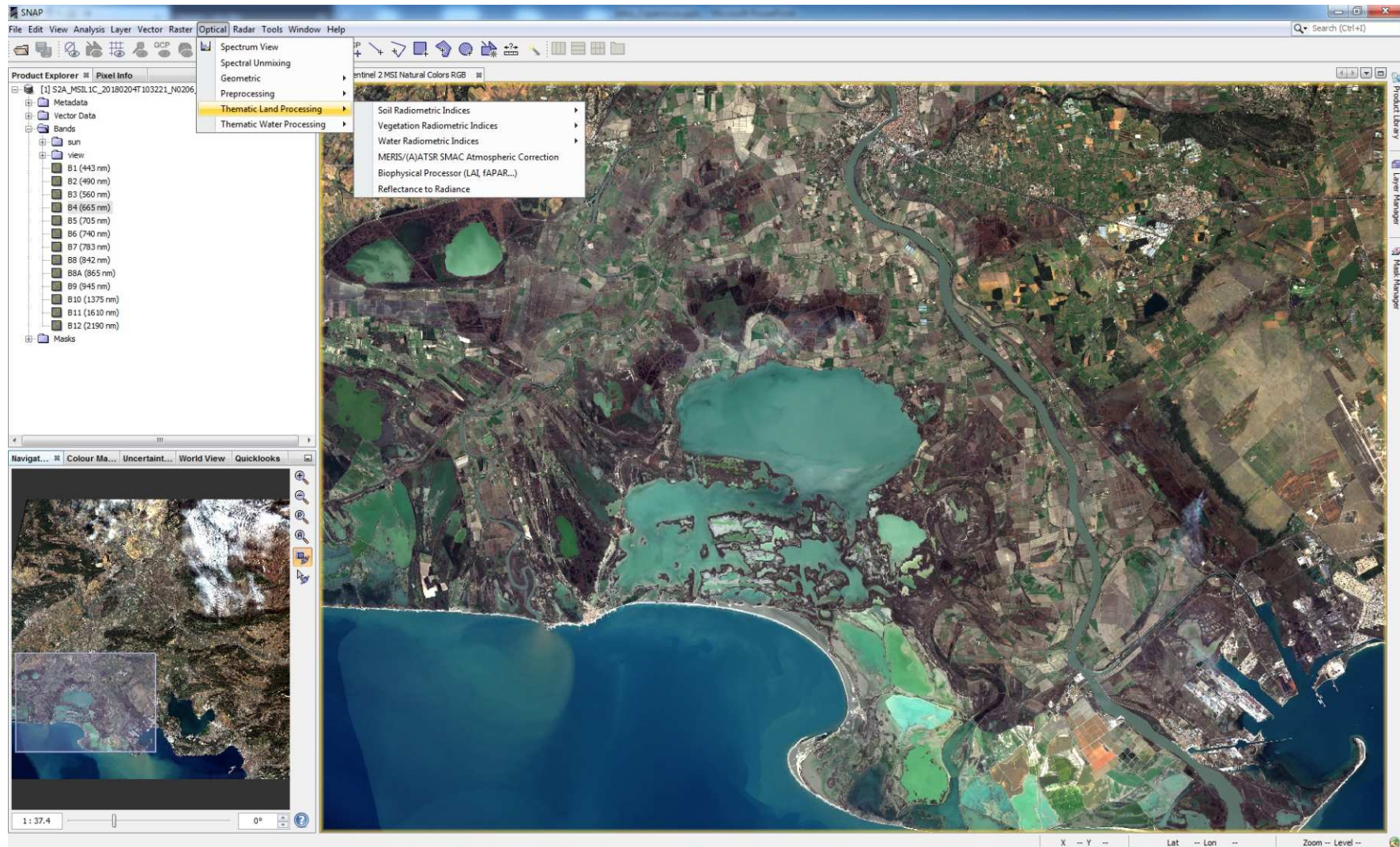
- T31TFJ_20180204T103221_B01.jp2
- T31TFJ_20180204T103221_B02.jp2
- T31TFJ_20180204T103221_B03.jp2
- T31TFJ_20180204T103221_B04.jp2
- T31TFJ_20180204T103221_B05.jp2
- T31TFJ_20180204T103221_B06.jp2
- T31TFJ_20180204T103221_B07.jp2
- T31TFJ_20180204T103221_B08.jp2
- T31TFJ_20180204T103221_B8A.jp2
- T31TFJ_20180204T103221_B09.jp2
- T31TFJ_20180204T103221_B10.jp2
- T31TFJ_20180204T103221_B11.jp2
- T31TFJ_20180204T103221_B12.jp2
- T31TFJ_20180204T103221_TCI.jp2

- **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)

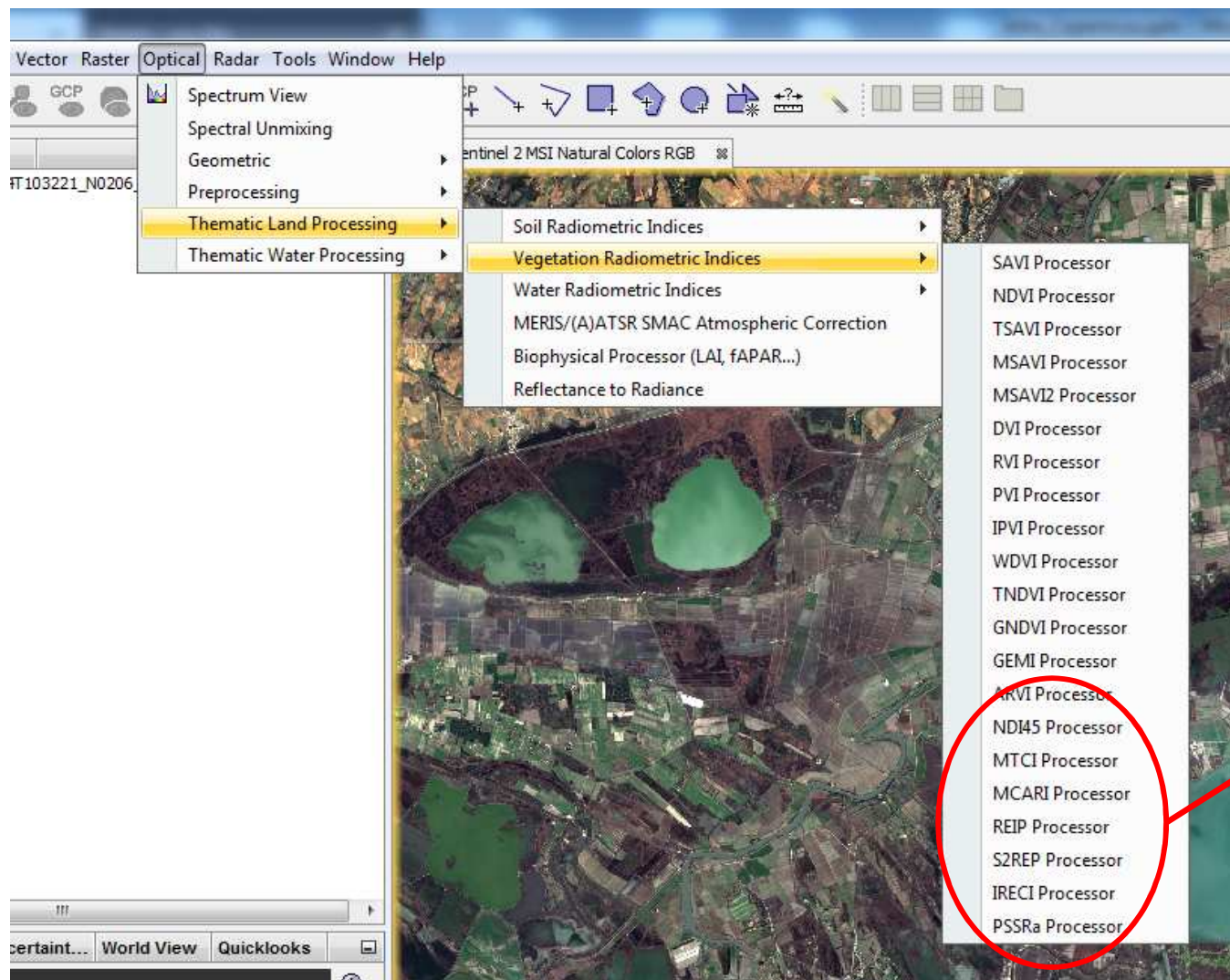
■ Un logiciel ESA pour le traitement et l'analyse de données Sentinel

- Une collection de boîtes à outils pour S1, S2 et S3
- <http://step.esa.int/main/toolboxes/snap>



Sentinels Application Platform (SNAP)

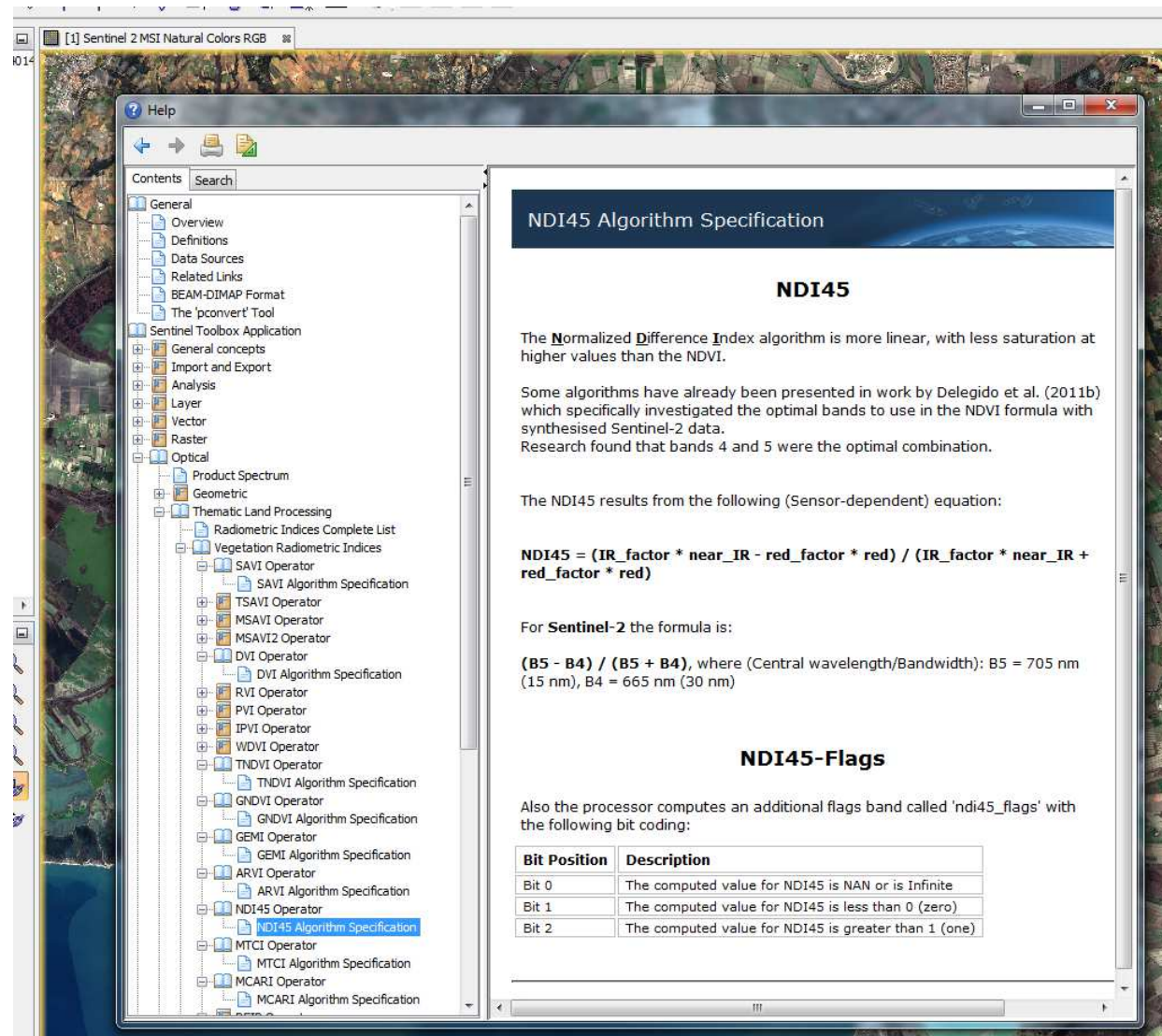
- Un logiciel ESA pour le **traitement et l'analyse de données Sentinel**
 - Un **large ensemble d'outils** pour le traitement des images S2, notamment pour l'extraction d'informations en lien avec la végétation



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...**



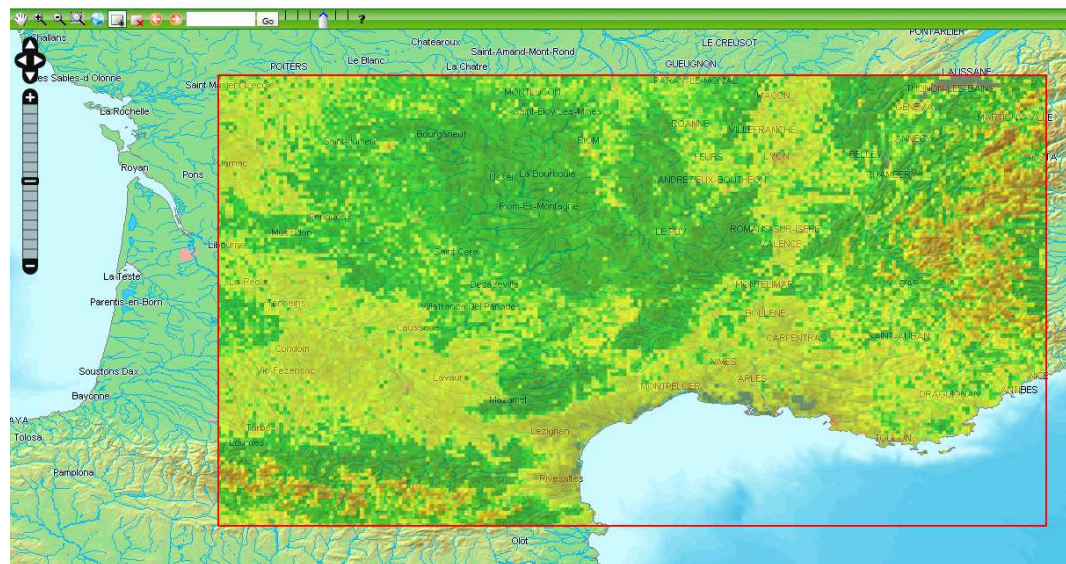
Images © EEA, DG JRC, CLMS

Copernicus Land Monitoring Services (CLMS)

Copernicus Global Land Service

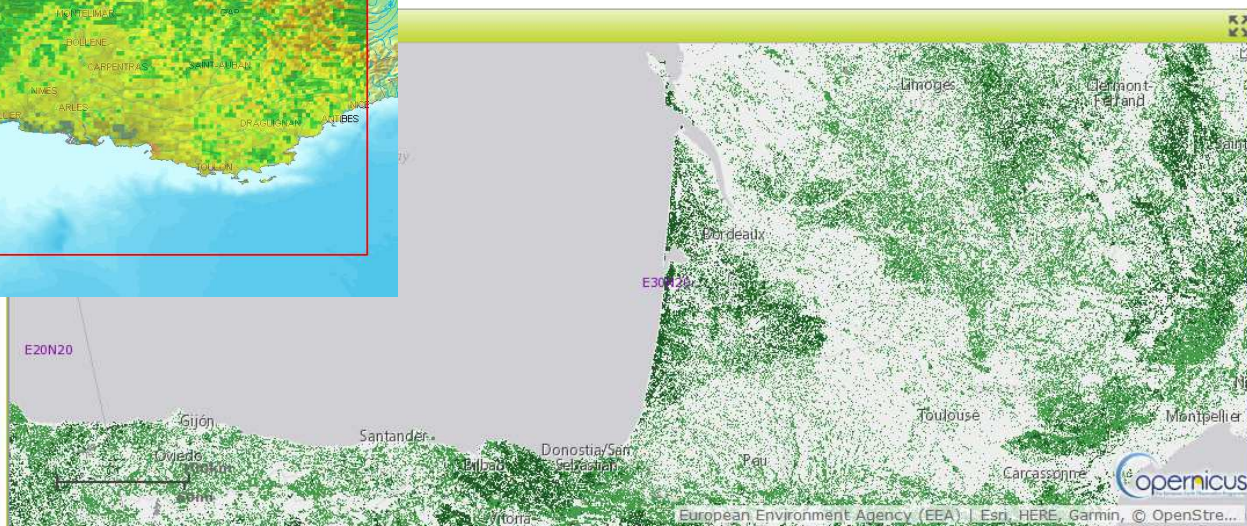
Providing bio-geophysical products of global land surface

fCOVER (globale)

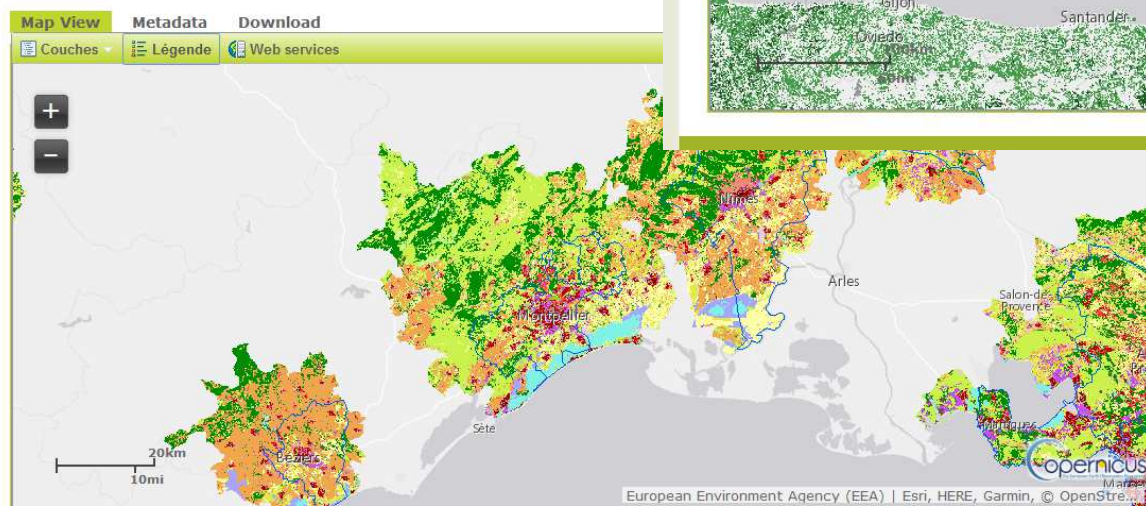


Forêts (UE)

Print

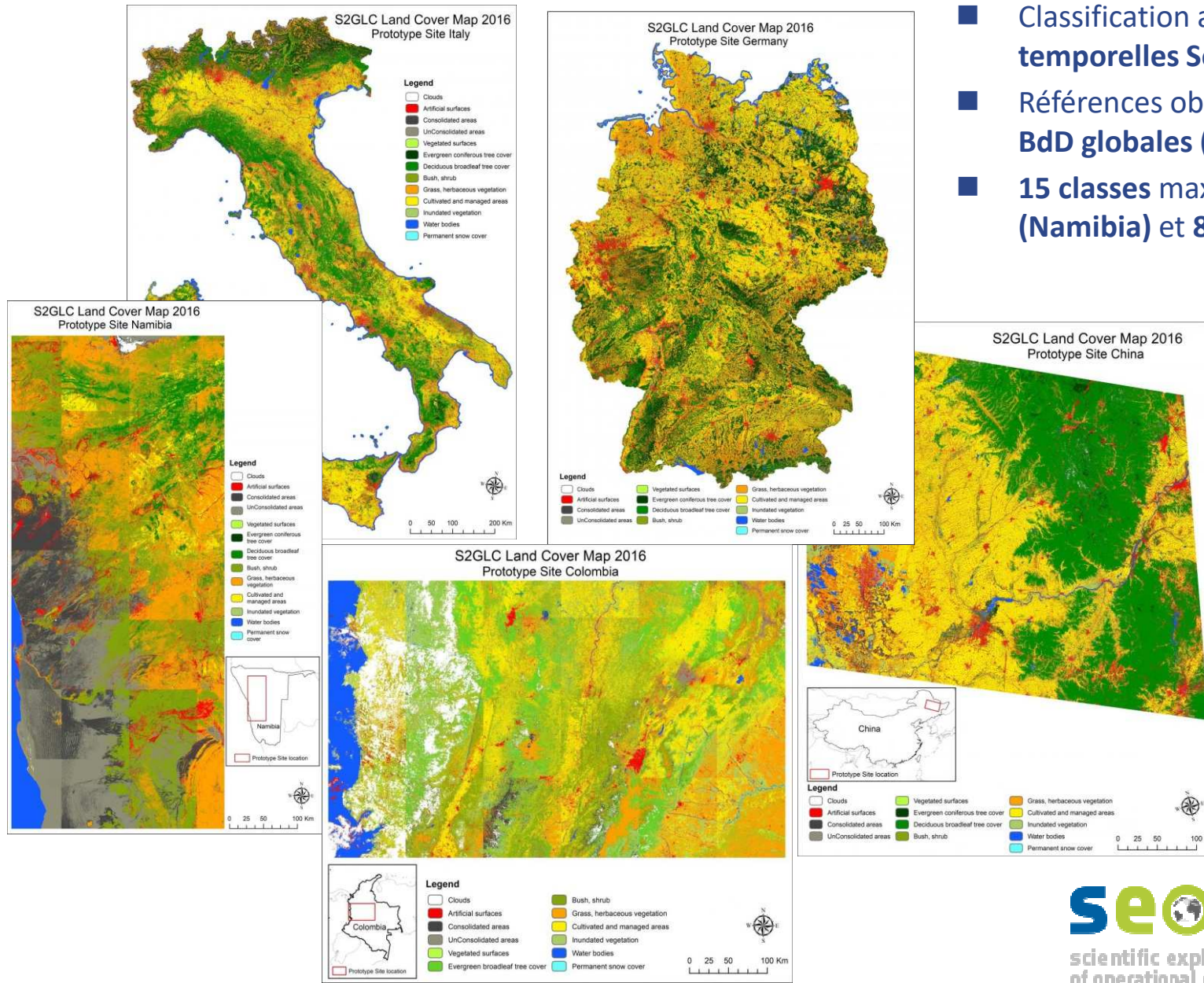


Urban Atlas 2012 Urbain (locale)



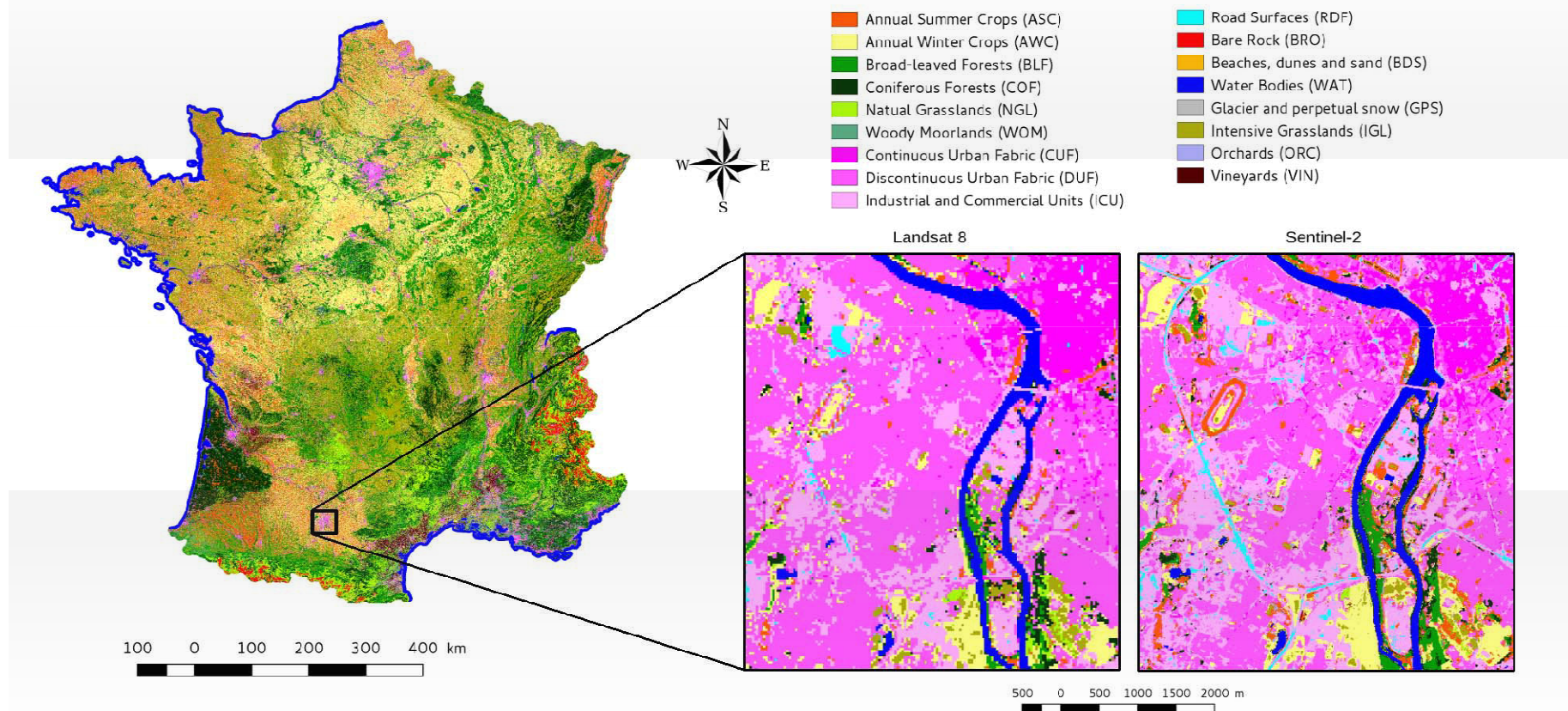
■ Sentinel-2 Global Land Cover (S2GLC)

- 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)



■ Le produit Occupation des Sols (OSO) de THEIA

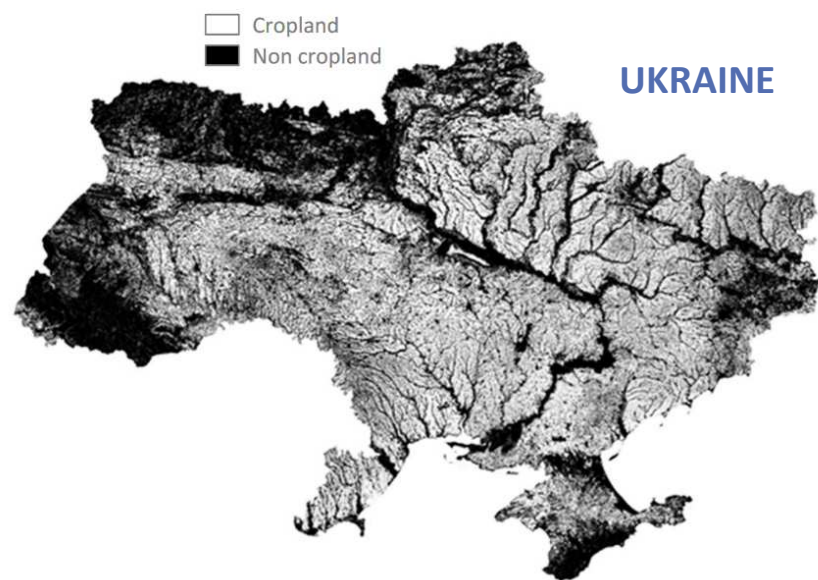
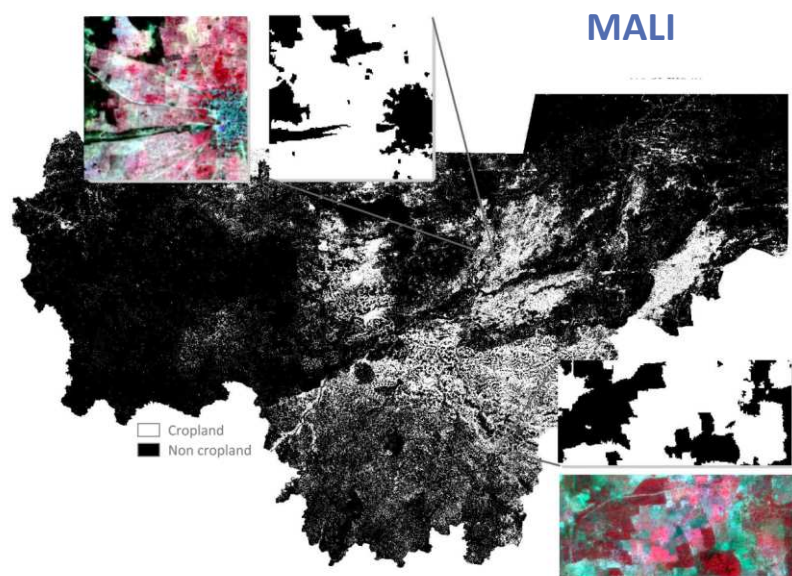
France land cover classification, from Landsat 8 to Sentinel-2.



- 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

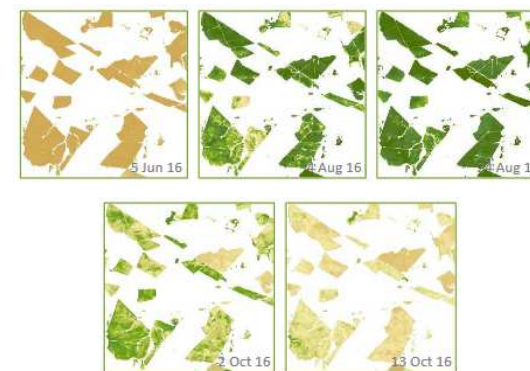
■ Une chaîne de traitement pour l'extraction d'informations en lien avec l'agriculture



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

Crop types

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



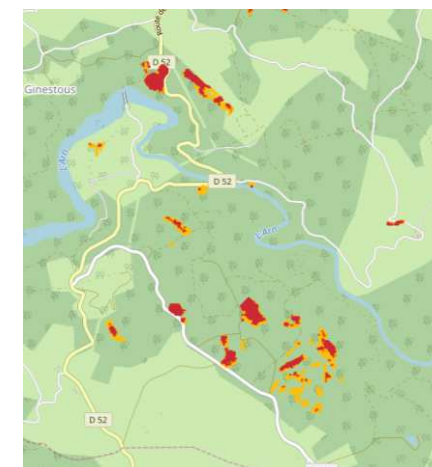
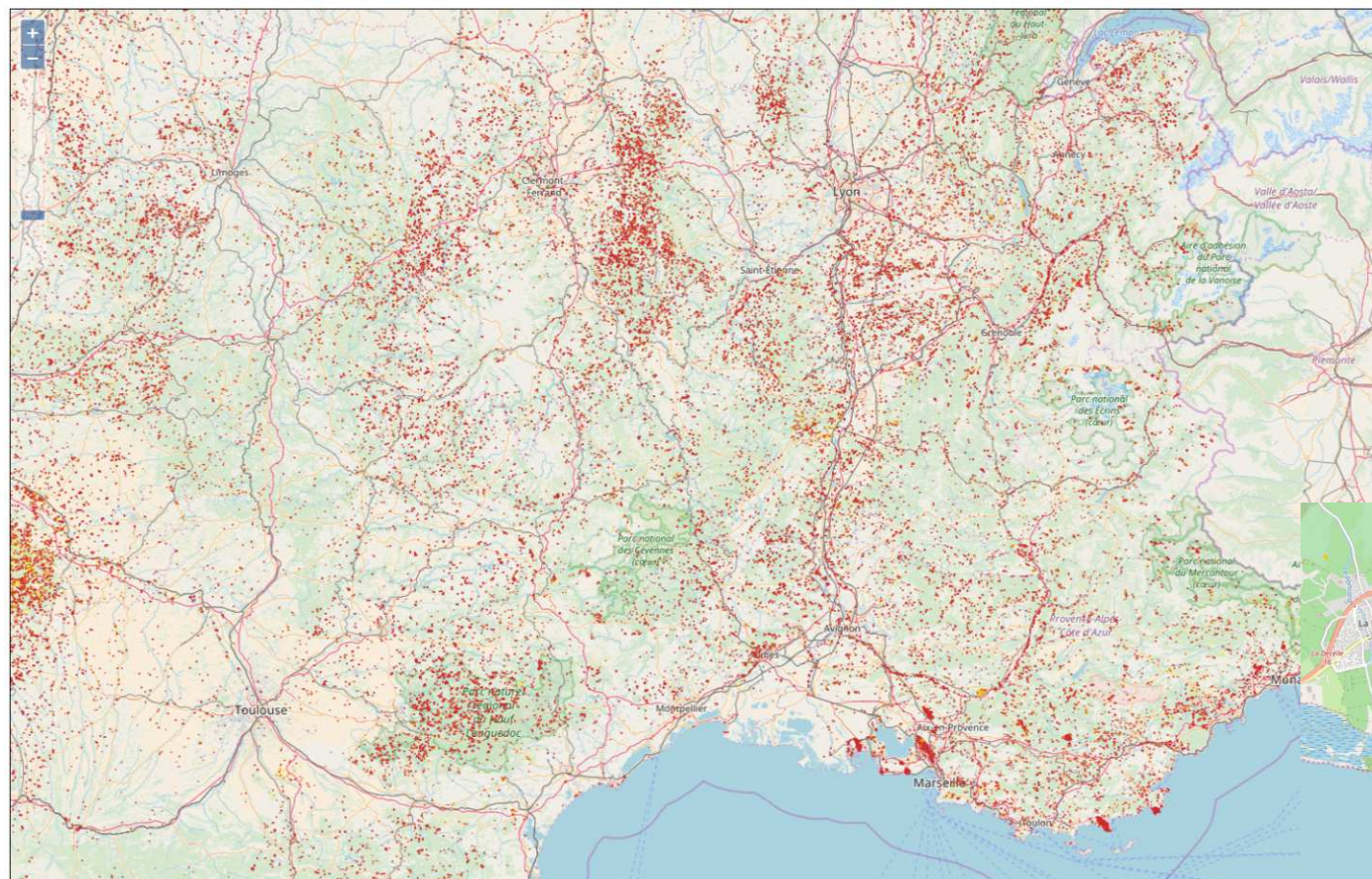
LAI

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

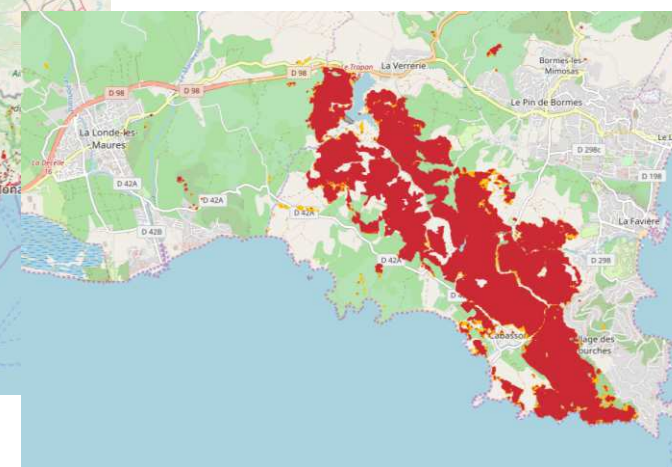
■ Production annuelle d'une cartographie des coupes rases en France métropolitaine

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.