

Les types de données de télédétection et comment y accéder. Démonstration.

Journées des réseaux PAYOTTE et MODELIA
28 juin 2019 – Paris

JF Dejoux (CNRS), CESBio, Toulouse

PLAN

Partie 1

Theia: Pôle Thématiques Surfaces Continentales (données, produits, CES)

Partie 2

Illustration de l'accès aux données satellitaires via 2 thèses sur la forêt tempérée

Partie 3

**Sites web de visualisation (des images, des courbes d'indices...) :
Sentinel pour les débutants**

DIAS

PARTIE 1

Theia

Pôle Thématiques Surfaces Continentales

Données, produits, CES.

Portefeuille de produits (1/3)

Classe	Produits	Zone	Période	Accès	Disponibilité
Produits à valeur Ajoutée	Réflectance de surface Sentinelle 2	Europe occidentale et autres régions du monde	2015 présent	Tous utilisateurs	theia.cnes.fr
	Réflectance de surface Landsat	France	2005 2011 2013 présent	Tous utilisateurs	theia-landsat.cnes.fr
	Spot 4 (Take 5)	45 sites dans le monde	Février – Juin 2013	Tous utilisateurs	spot-take5.org
	Spot 5 (Take 5)	100 sites dans le monde	Avril – Août 2015	Tous utilisateurs	spot-take5.org
	Réflectance de surface Venµs	110 sites	2017 2019	Tous utilisateurs	theia.cnes.fr
	Occupation des sols (Globcover)	Global	2005 2006	Tous utilisateurs	theia-landsat.cnes.fr
	Occupation des sols (CES OSO)	France	2009 présent	Tous utilisateurs	theia.cnes.fr
	Surface enneigée	Pyrénées, Haut-Atlas, Alpes françaises	Juillet 2016 présent	Tous utilisateurs	theia.cnes.fr
	Hydroweb	Hauteur des lacs et rivières	1992 présent	Tous utilisateurs	hydroweb.theia-land.fr
	Humidité des sols	Global	2002 2010 présent	Tous utilisateurs	ftp.ifremer.fr
			Régionale		Depuis Sept. 2016
	Biomasse, hauteur de la canopée	Guyane française, Madagascar, Afrique	Mono date	Tous utilisateurs	theia-land.fr
Cartes des cultures d'été	Adour, Tarn	2017	Tous utilisateurs	peps-vizo.cnes.fr	

Portefeuille de produits (2/3)

DINAMIS

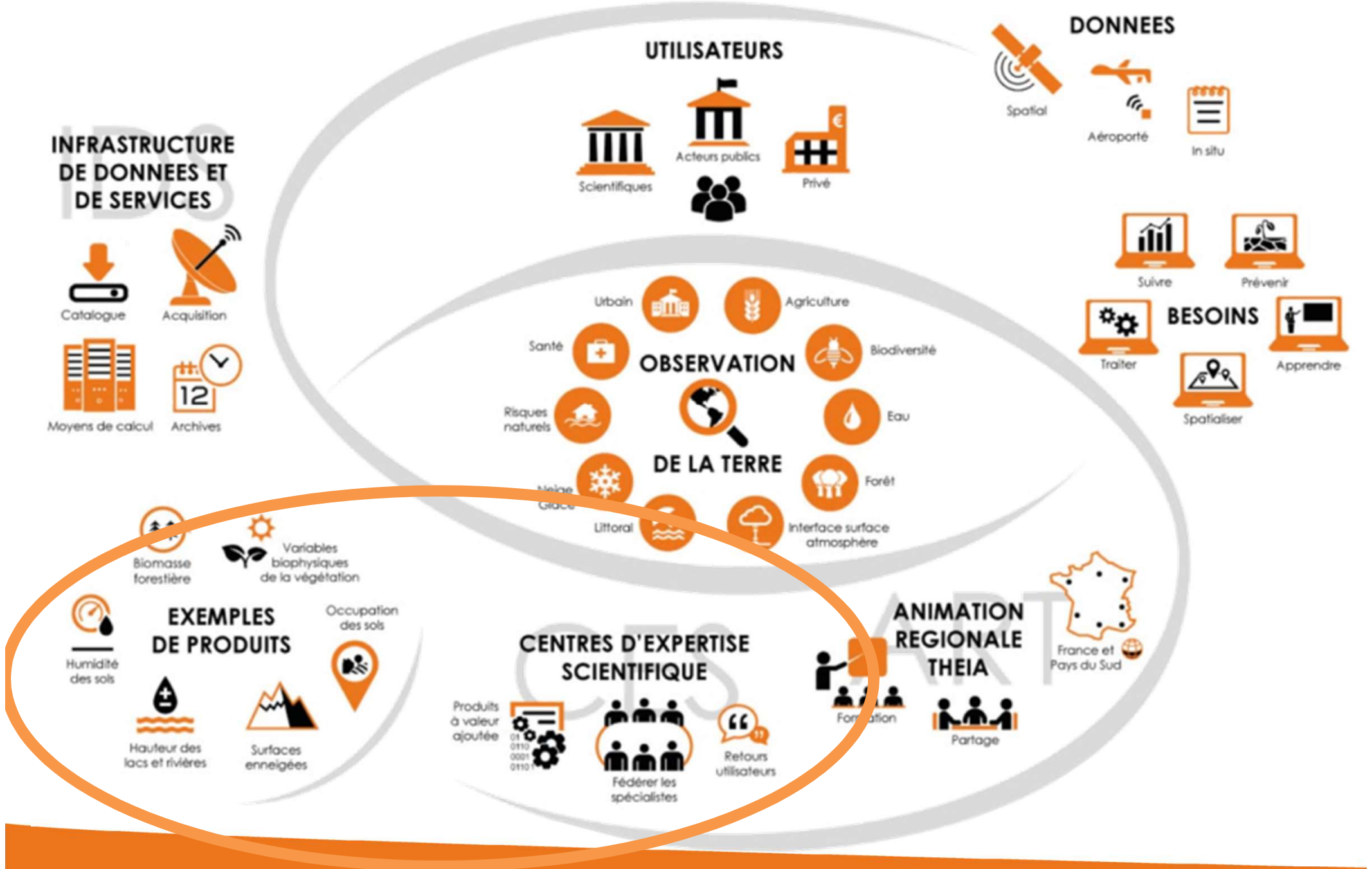
Classe	Produits	Zone	Période	Accès	Disponibilité
Imagerie Optique	Spot 6 / 7	France et autres sites	2013 – présent	Acteurs publics nationaux	ids.equipex-geosud.fr spatial.ign.fr
	Pléiades	Petites zones en France et ailleurs	2012 – présent	Acteurs publics nationaux	spatial.ign.fr theia-landsat.cnes.fr
	Spot World Heritage	Plus de 100 000 images dans le monde	1986 – 2008	Tous utilisateurs (usage non-commercial)	theia.cnes.fr
	Rapid Eye, Spot 1-5	France	1995 – 2013	Acteurs publics nationaux	ids.equipex-geosud.fr
Autres données	Lidar	France, Afrique, Amérique du Sud	2003 – 2009	Tous utilisateurs	ids.equipex-geosud.fr
	Radar (CSM – TSX)	France, Afrique, Amérique du Sud, Asie	2013 – présent	Acteurs publics nationaux	ids.equipex-geosud.fr

Portefeuille de produits et services (3/3)

- Données in situ: en cours
- Données aéroportées: à venir
- Développement des services de traitements à la demande: à venir

<http://www.theia-land.fr/fr/presentation/accès-aux-données>)

Structure de Theia



Centres d'Expertise Scientifiques (CES)

- CES = regroupements de laboratoires menant des travaux de recherche et développant des méthodes innovantes
- CES peut conduire dans certains cas à un **produit à valeur ajoutée innovants** avec éventuellement des services associés.
- CES → production si :
 - ✓ **Pertinence** des CES par rapport aux produits disponibles/prévus dans Copernicus/établissements/autres programmes structurants
 - ✓ **Intérêt** pour la communauté des utilisateurs
 - ✓ Méthodes généralisables / Grands territoires
 - ✓ Intervention humaine limitée
 - ✓ Ne nécessitant pas de données difficiles d'accès (licences, prix ...)
 - ✓ Ressources disponibles
- Production via IDS Theia ou Ressources de certains programmes internationaux ou Ressources organismes ou Fonds privé

Pour en savoir plus: <https://www.theia-land.fr/fr/presentation/thèmes>

Liste des CES Theia (22 CES, en juin 219)

	Thème	Animateur du CES	Labo-Ville	Résolution	Maturité
Rayonnement	Réflectance de surface (Spot, L8, Sentinel-2, Venus)	O. Hagolle	Cesbio – Toulouse	Haute (10/30m)	En production
Rayonnement	Albedo	Jean-Louis Roujean	Cesbio - Toulouse	Haute (10/30m)	Recherche
Rayonnement	Température de surface et émissivité	L.Roupioz / A.Michel	Onera - Toulouse		Recherche
Sols / OCS	Occupation du sol	J. Inglada	Cesbio - Toulouse	Haute (10/30m)	En production
Sols / OCS	Artificialisation-urbanisation des sols	A. Puissant	Univ Strasbourg	Haute (10/30m)	Finalisation
Sols / OCS	Cartographie numérique des sols	Ph. Lagacherie	Lisah – Montpellier	Moyenne (10/100m)	
Sols / OCS	Détection de changements à haute fréquence	P. Gançarski	Univ Strasbourg ?	Toutes (méthodo)	

Liste des CES Theia (22 CES, en juin 219)

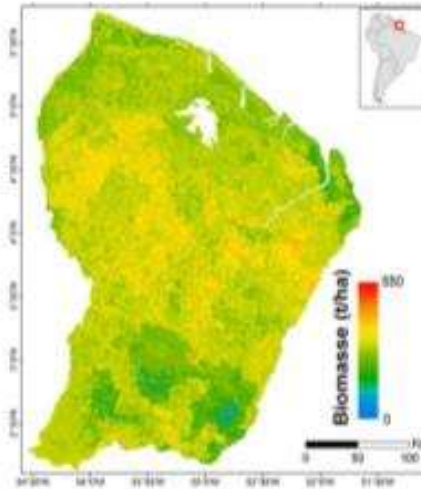
	Thème	Animateur n°1 du CES	Labo-Ville	Résolution	Maturité
Végétation	Variables végétales décamétriques	F. Baret	Emmah – Avignon	Haute (10/30m)	Prototypage
Végétation	Biomasse forestière	Thuy Le Toan	Cesbio – Toulouse	Moyenne (10/100m)	Finalisation
Végétation	Cartographie physionomique de la végétation naturelle	S. Alleaume	MTD Tetis-Montpellier	HR à THR	Recherche
Végétation	Incendie	M. Jappiot	Aix en Provence	HR à THR	Recherche
Végétation	Paysage	A.E. Laques	MTD Tetis-Montpellier	HR ?	Recherche
Santé	Risques maladies à transmission vectorielle	A. Tran	Montpellier		

	Thème	Animateur n°1 du CES	Labo-Ville	Résolution	Maturité
EAU	Hauteur des lacs et rivières	J.F. Crétaux	Legos - Tlse	MR et BR	En production
EAU	Cartographie et suivi des surfaces en eau	H. Yesou	Sertit – Strasbourg	HR 10/30m	
EAU	Volumes d'eau	F. Frappart	Legos – Tlse	MR et BR	Recherche
EAU	Qualité des eaux continentales	J. Martinez	Legos – Tlse	HR 10/30m	Prototypage
EAU	Humidité superficielle des sols BR	Y. Kerr	Cesbio Tlse	BR (1-40 km)	En production
EAU	Humidité superficielle des sols HR	N. Baghdadi M. Zribi	Montpellier / Toulouse	Haute (10/30m)	En production
EAU	Evapotranspiration : (1) basé sur le thermique	A. Olioso / G. Boulet	Avignon / Toulouse	MR	Recherche
EAU	Evapotranspiration : (1) basé sur l'optique	V. Simonneaux	Cesbio Tlse	HR 10/30m	Recherche
EAU	Surfaces irriguées	V. Demarez	Cesbio Tlse	HR 10/30m	Recherche
EAU	Surface enneigée	S. Gascoin	Cesbio Tlse	HR 10/30m	En production
EAU	Altitude de ligne d'équilibre glaciaire	A. Rabatel	Univ. Grenoble	HR à THR ?	Recherche

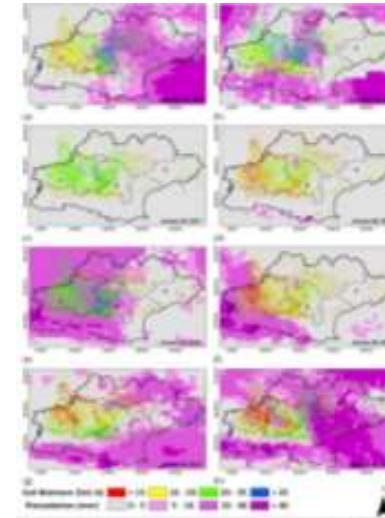
Exemples produits Thématiques Theia



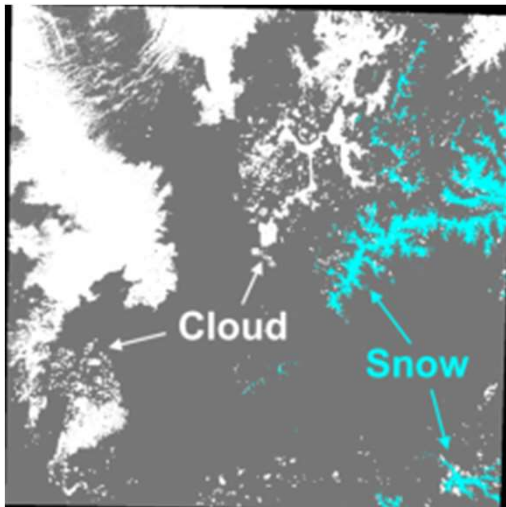
Occupation des sols



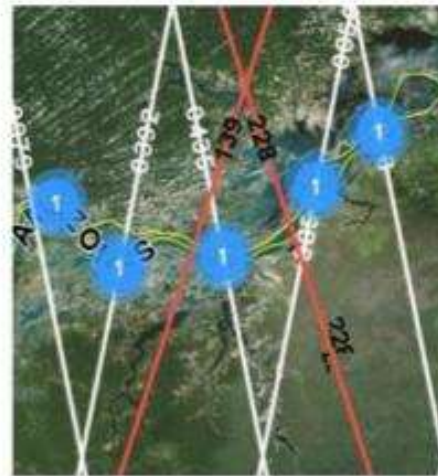
Biomasse forestière



Humidité des sols



Neige



Hauteur lacs et rivières



Mosaïque S2-L3A

CES Theia

Ne pas hésiter à contacter les animateurs des CES :

- faire remonter des besoins, propositions, critiques (et compliments !)
cf élargir la problématique du CES***
- faire remonter des retours d'expériences et d'utilisation, des uses cases***
- contribuer (données terrain, développer des modules et algo, tester...)***

On peut créer de nouveaux CES => contacter Nicolas Baghdadi

Réflectance de Surface

- Images spatiales corrigées des effets de l'atmosphère
- Valeurs exprimées en grandeur physique
- Résolution : 10 m (Sentinel 2, Venµs) et 30m (Landsat 8)
- Répétitivité : tous les 5 jours
- Algorithme MAJA multitemporel permettant de fournir des masques de bonne qualité (nuages, ombres de nuages, eau)

Avant correction



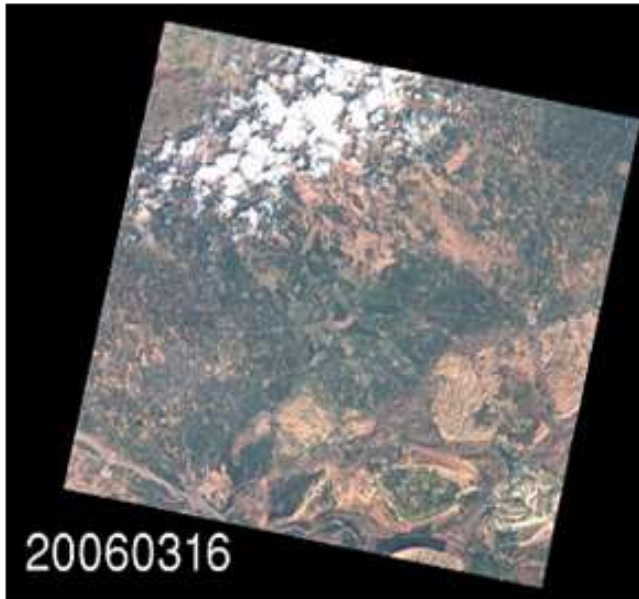
Après correction



Zones couvertes



Réflectance de Surface / Image processing & corrections



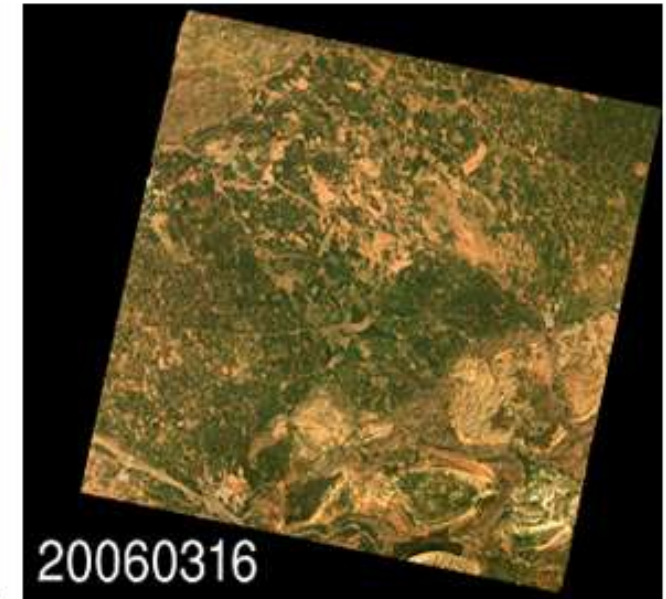
Level 1C:

Level 1C. Monodate ortho-rectified image expressed in TOA reflectance



Level 2A:

Level 2A. Monodate ortho-rectified image expressed in surface reflectance, provided with a cloud/cloud shadow/snow/water mask (< MaJA)



Level 3A:

Level 3A. Monthly composite of Level2A Cloud/Cloud shadows free pixels

Réflectance de Surface / Synthèses mensuelles de réflectance

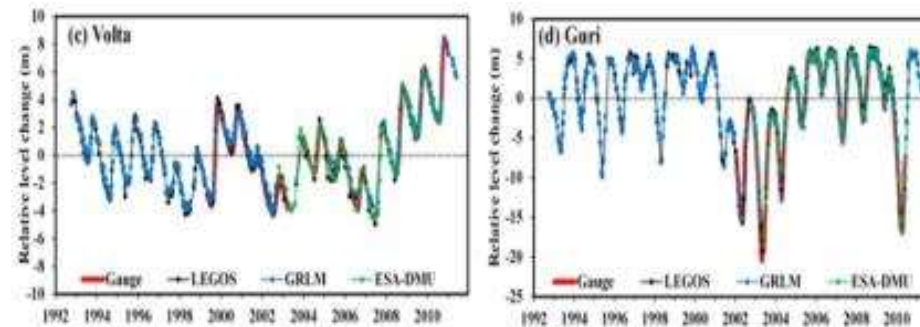
WASP Weighted Average Synthesis Processor

- Composition dénuagée des acquisitions sur 45 jours en réflectance de surface
- Issu du développement initial réalisé pour Sen2Agri (CESBIO, Université Catholique de Louvain, C-S)



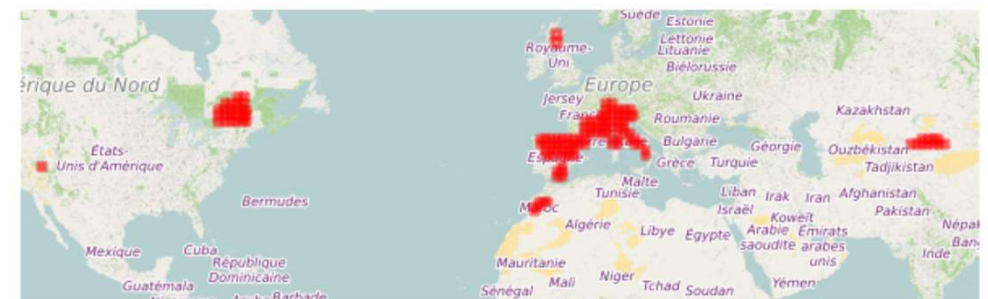
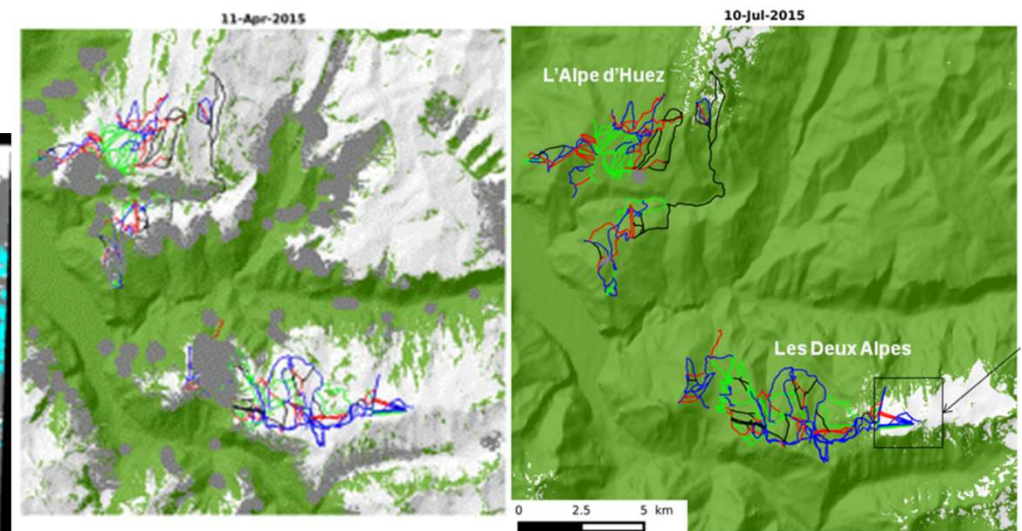
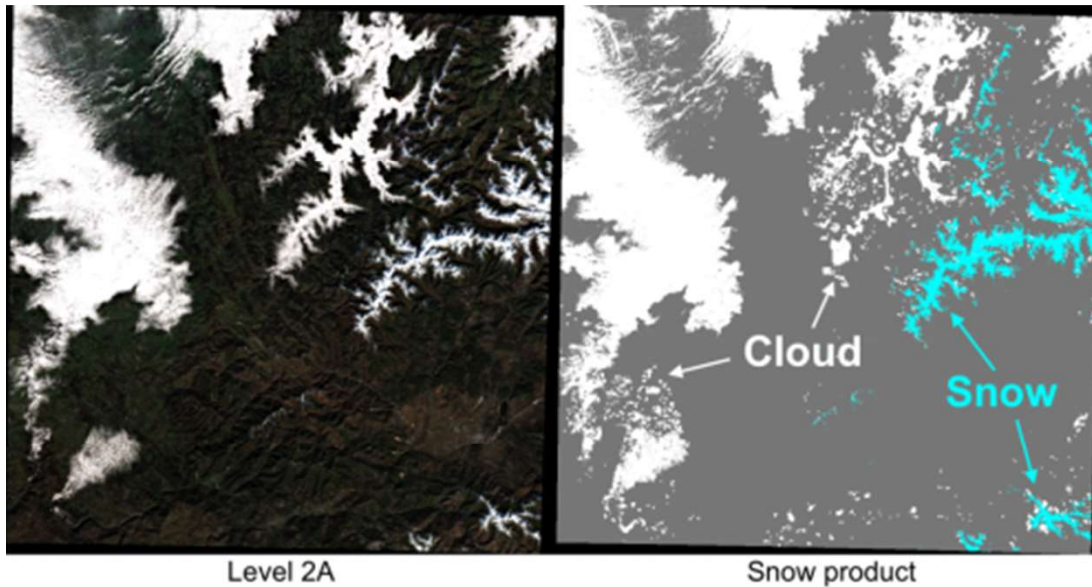
Hauteurs des lacs et des rivières

- Séries temporelles de hauteurs d'eau des grands fleuves et lacs du monde (500 « stations virtuelles » dans le monde)
- Données calculées à partir des satellites altimétriques Sentinel-3 (EUR) et Jason-3 (FRA+USA)



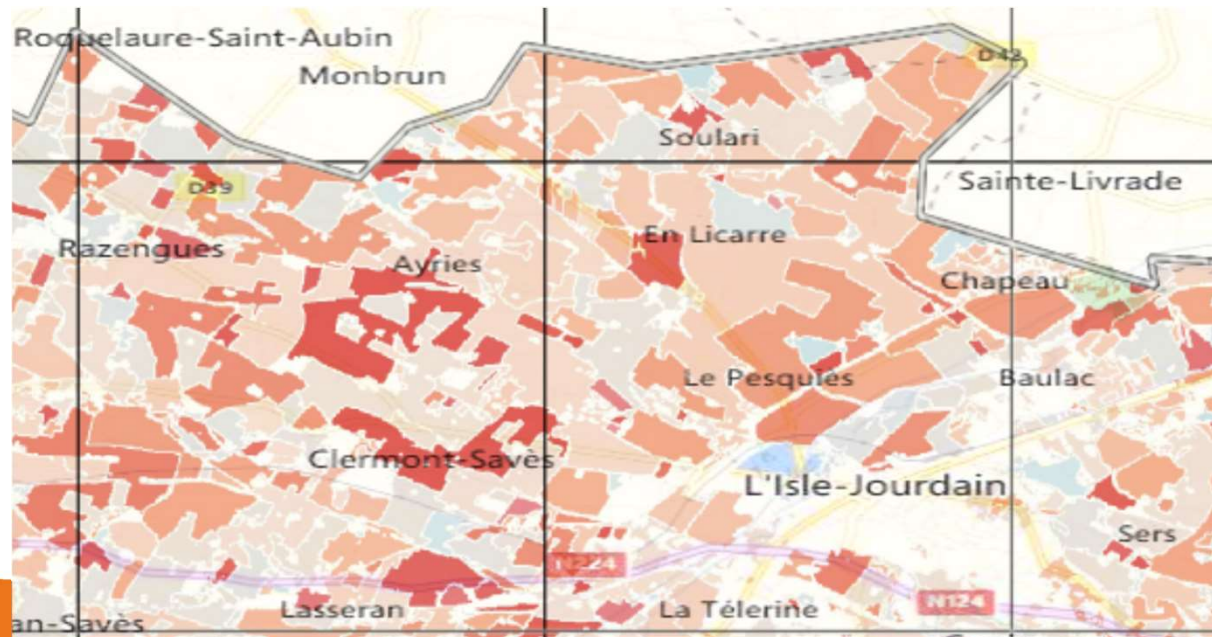
Etendue du couvert neigeux

- Résolution : 20 m
- Issus de Sentinel 2 (EUR) et Landsat 8 (USA)
- Répétitivité : tous les 5 jours
- Utilisateurs cibles : Agences de l'eau, producteurs d'hydroélectricité, tourisme ...



Humidité des sols très haute résolution

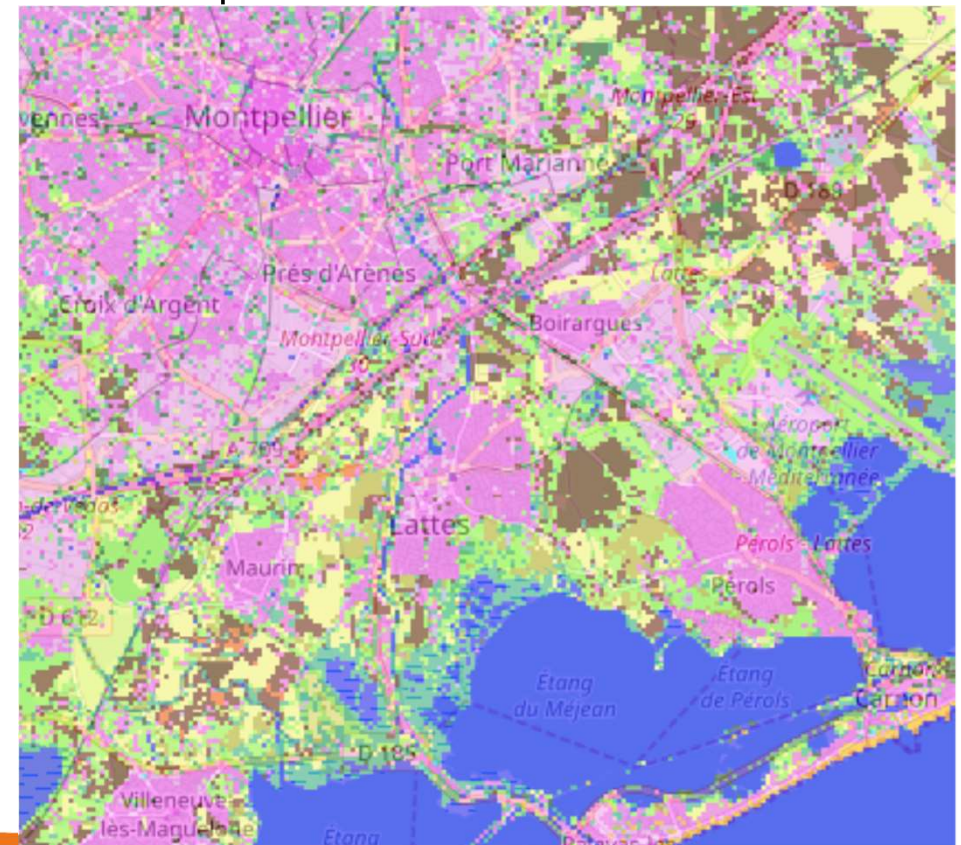
- Humidité des sols des parcelles agricoles en % de masse volumique
- Résolution : Sub-parcellaire
- Répétitivité : tous les 6 jours
- Précision: 5 vol.%
- Calcul par NN à partir des données Sentinel 1 (et Sentinel 2)
- Production en France: Régions Occitanie et Paca
- Production à l'international: sites au Maroc, Liban, Allemagne, Sardaigne, Grèce, Autriche



Occupation des sols

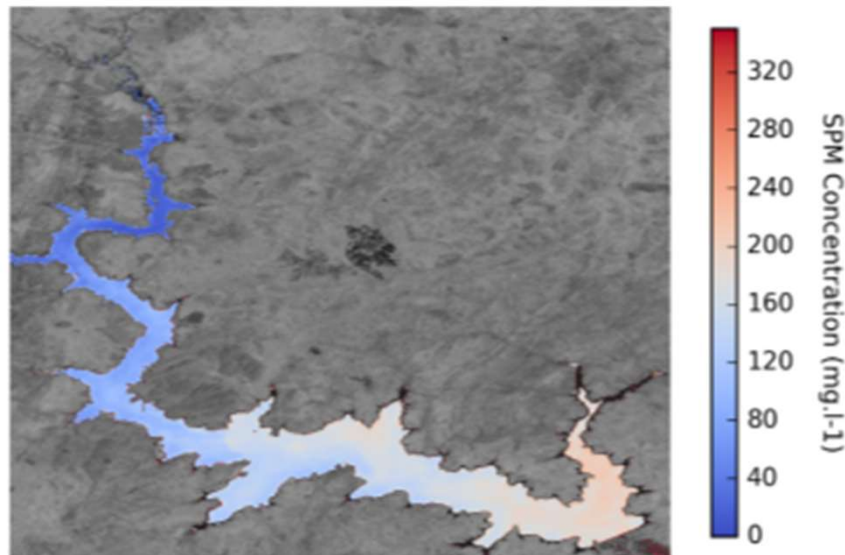
- Nomenclature d'une vingtaine de classe d'occupation des sols
- A partir de Sentinel 2 et de données exogènes (climat, registre parcellaire, ...)
- Chaîne de traitement : iota2 (open source)
- Production par Theia : annuelle sur la métropole
- Echelle : 10 ~20m

vigne	■
verger	■
prairie	■
glaciers ou neiges	■
eau	■
plages et dunes	■
surfaces minerales	■
surface route	■
zones industrielles et commerciales	■
bati diffus	■
bati dense	■
Urbain (4 classes)	■
lande ligneuse	■
pelouses	■
foret coniferes	■
foret feuillus	■
hiver	■
cultures ete	■
cultures (ete/hiver)	■



Qualité des eaux continentales

- Fin 2018 : distribution via Theia de 1ers produits de démonstration (SPM suspended particulate matter)
- But 2019-2020 : couvrir les 30 bassins versants les plus importants en terme de débit et 20 lacs dans le monde



SPM in the Bagré reservoir in Burkina Faso

Source : J-M. Martinez

Partie 2 : illustration de l'accès aux données satellitaires via 2 thèses

<http://www.cesbio.ups-tlse.fr/multitemp/?p=14856>

4 thèses en cours à Toulouse pour étudier les forêts tempérées par télédétection
(30 jan 2019)

Revue Forêt et entreprise n°247 (juin 2019) : n° spécial Forêt et télédétection

Organisation d'une journée régionale Occitanie (Animation Régionale THEIA) fin 2019 / début 2020.

Thèse n°1. Télédétection Hypertemporelle des Essences Forestières.

Nicolas KARASIAK, Dynafor (Oct 2016 à Oct 2019).

Thèse encadrée par : C Monteil et D Sheeren (Dynafor) et JF Dejoux (CESBIO).

Financement Ministère (MESR).

11 novembre
2017



20 avril
2018



5 mai
2018

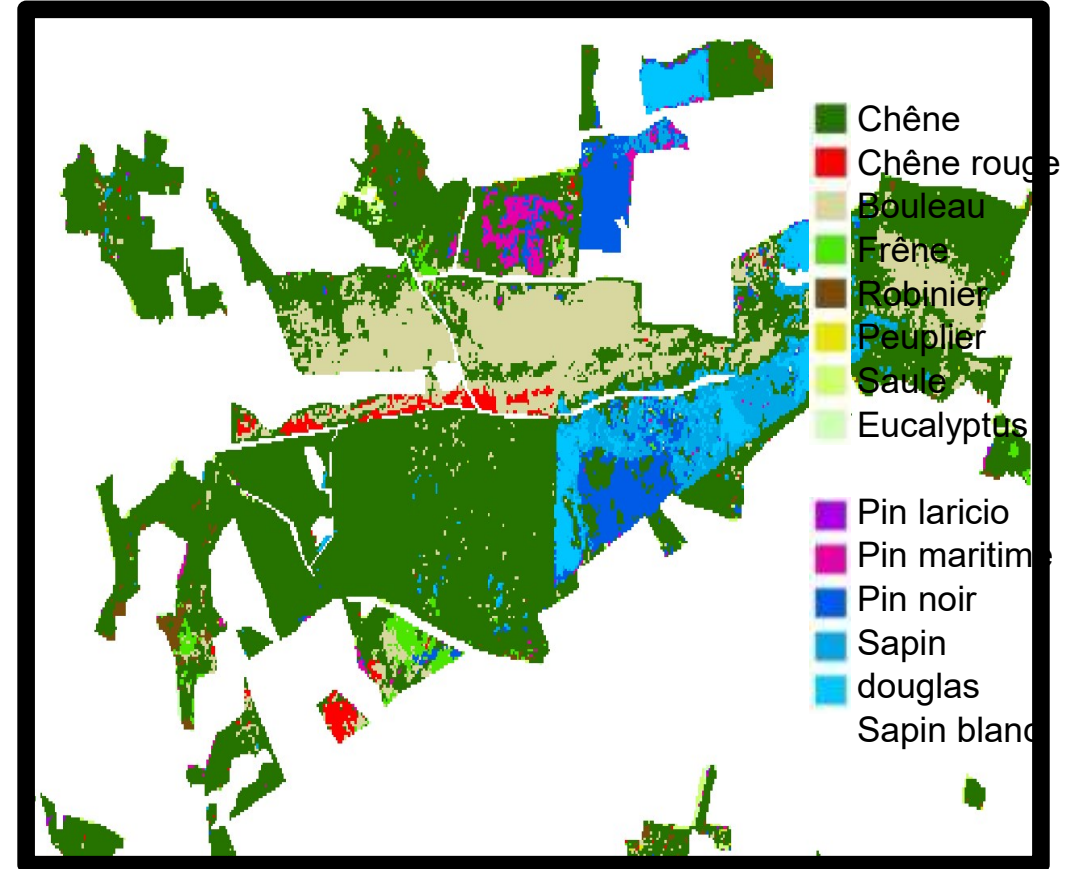


Forêt de rieumes, IGN, 2013 BD Forêt V2



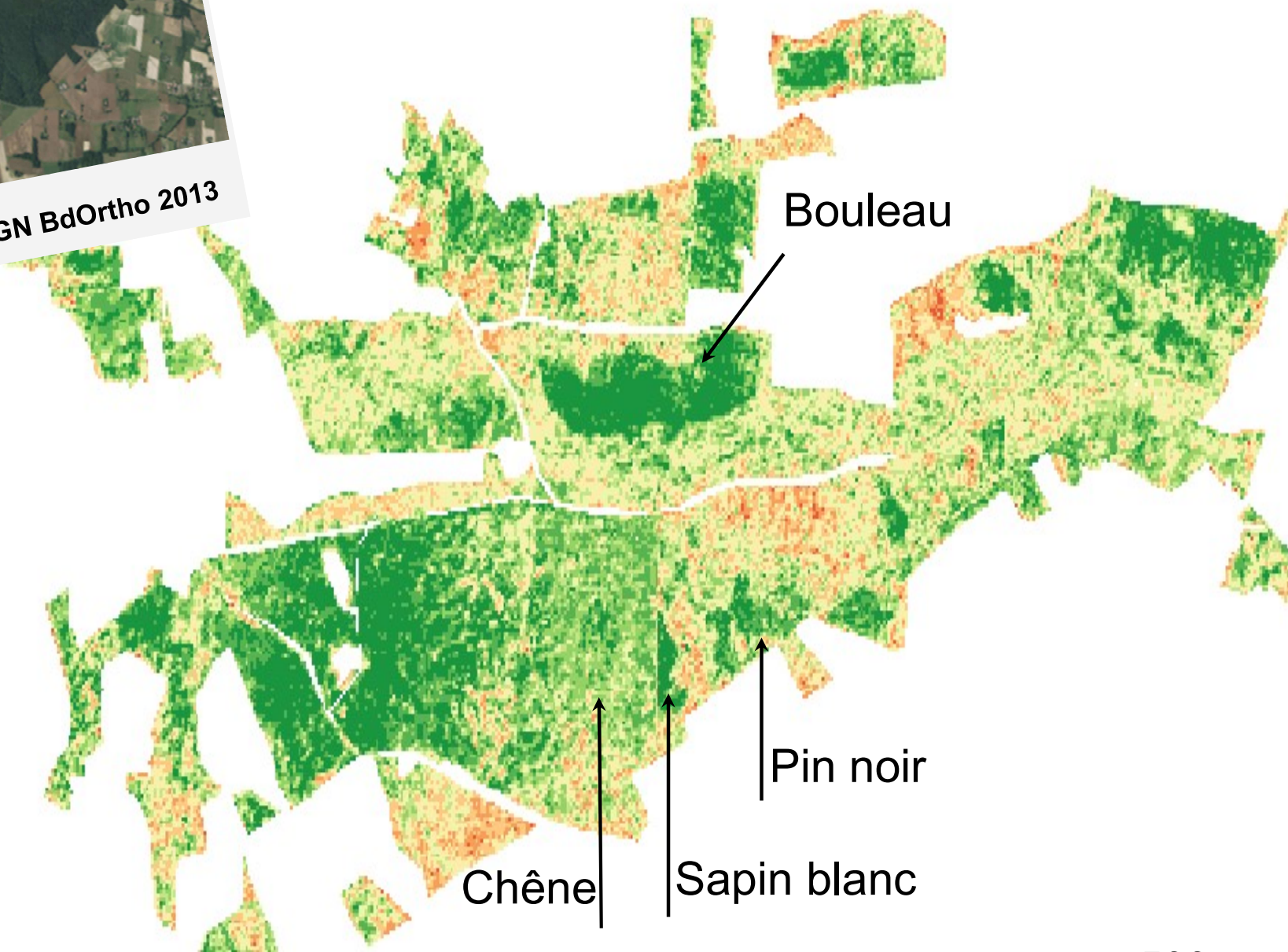
À chaque forêt de plus de 0.5ha
un type de forêt

Cartographie (Sentinel-2) par apprentissage automatique

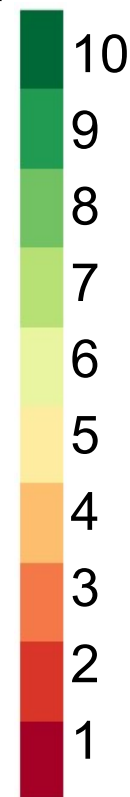


À chaque pixel une essence

Validation : Spatial Leave-One-Out



Nombre
d'accord
(10ans)



500m

Archives de longue durée

Sites Kalideos (CNES)

Historiques

Site 1 : île de la Réunion

Site 2 : bassin d'Arcachon

Site 3 : OSR (OSR (Observatoire spatial Régional) – Toulouse

Spot : traité niv 2A (corrections atmo 'standart')

Formosat traité niv 2A (corrections atmo – chaine MAJA)

SAR/radar

Depuis 2015 : des nouveaux sites en France (Bretagne, Alpes, ...)

à finir, voir diapos Aurélie Sand....

Archives Landsat / SWH (Spot word Heritage... nov 1C)

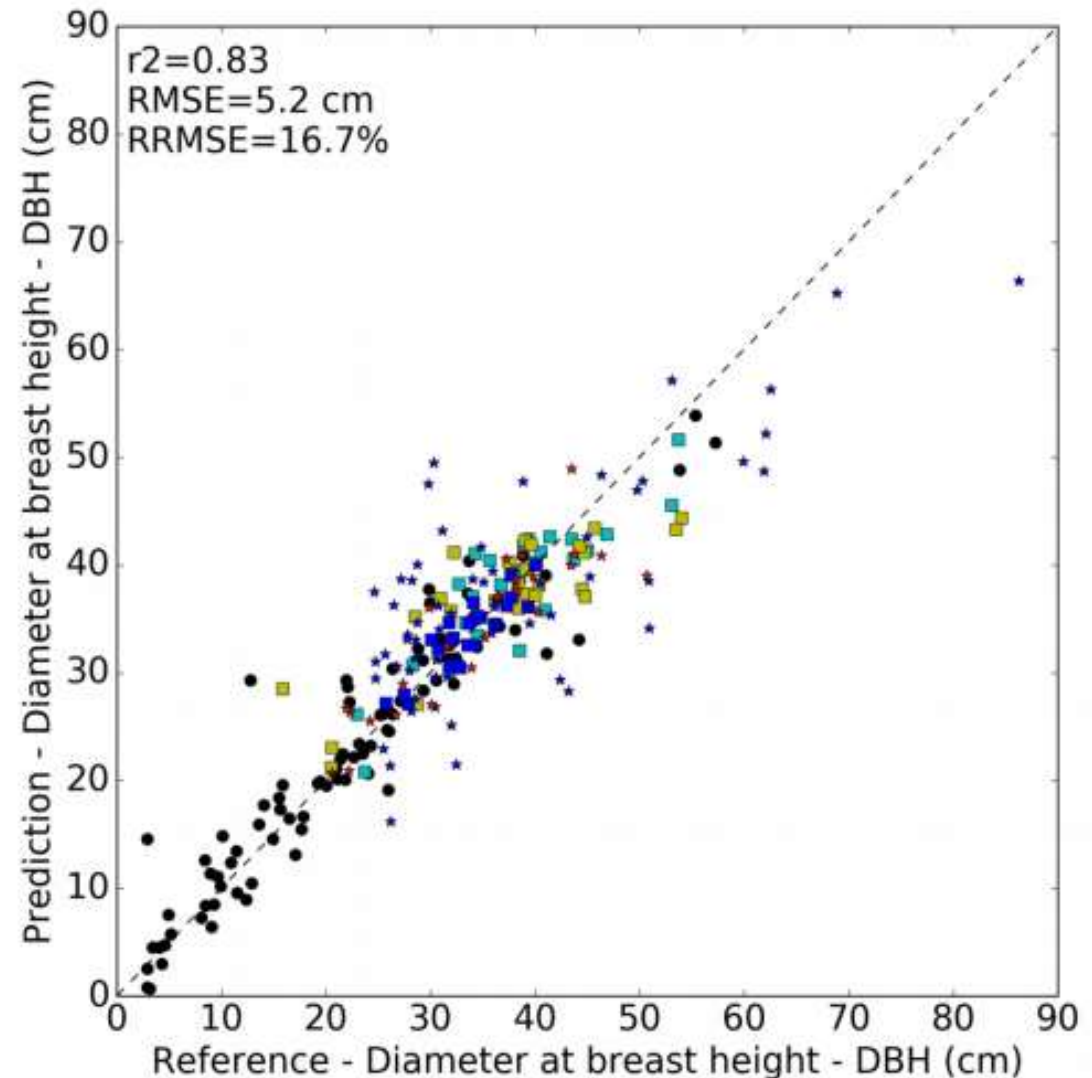
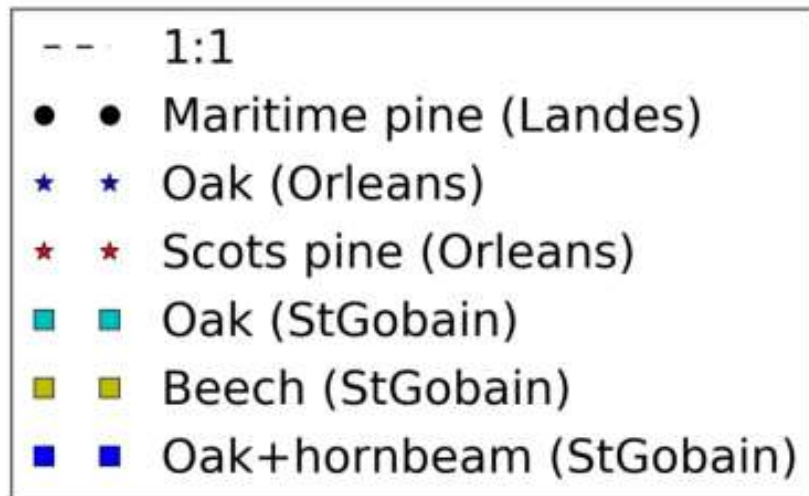
Thèse n°2. Estimation et suivi de la ressource en bois en France par valorisation de séries temporelles optique et radar.

David MORIN, CESBio, (Oct 2016 à Oct 2019).

Thèse encadrée par : Gérard Dedieu, Milena Planells et JF Dejoux (CESBio).
Financement Ademe-CNES.

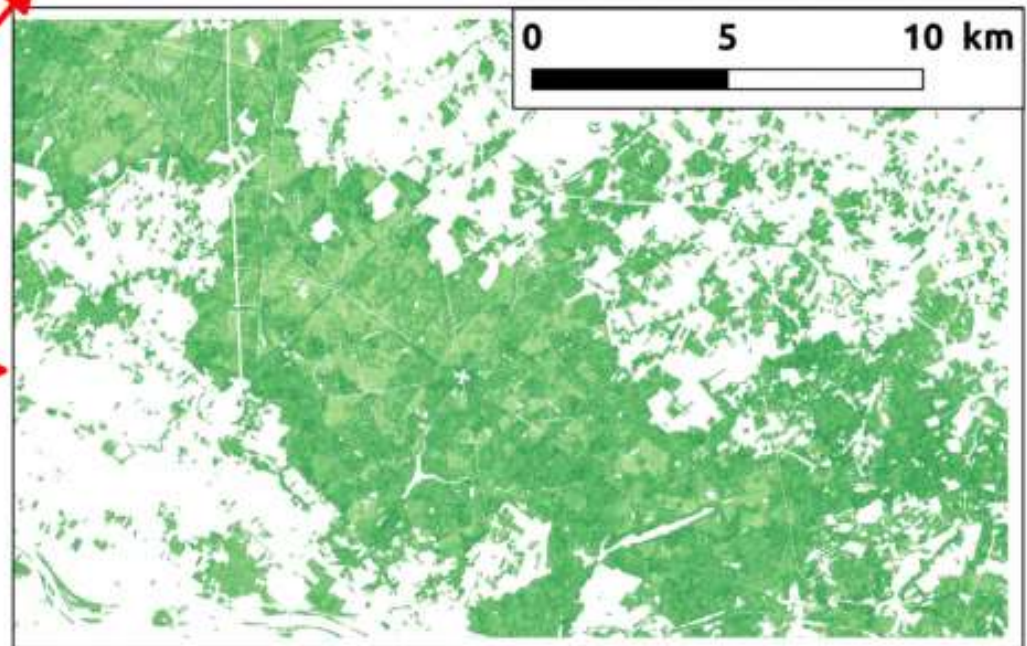
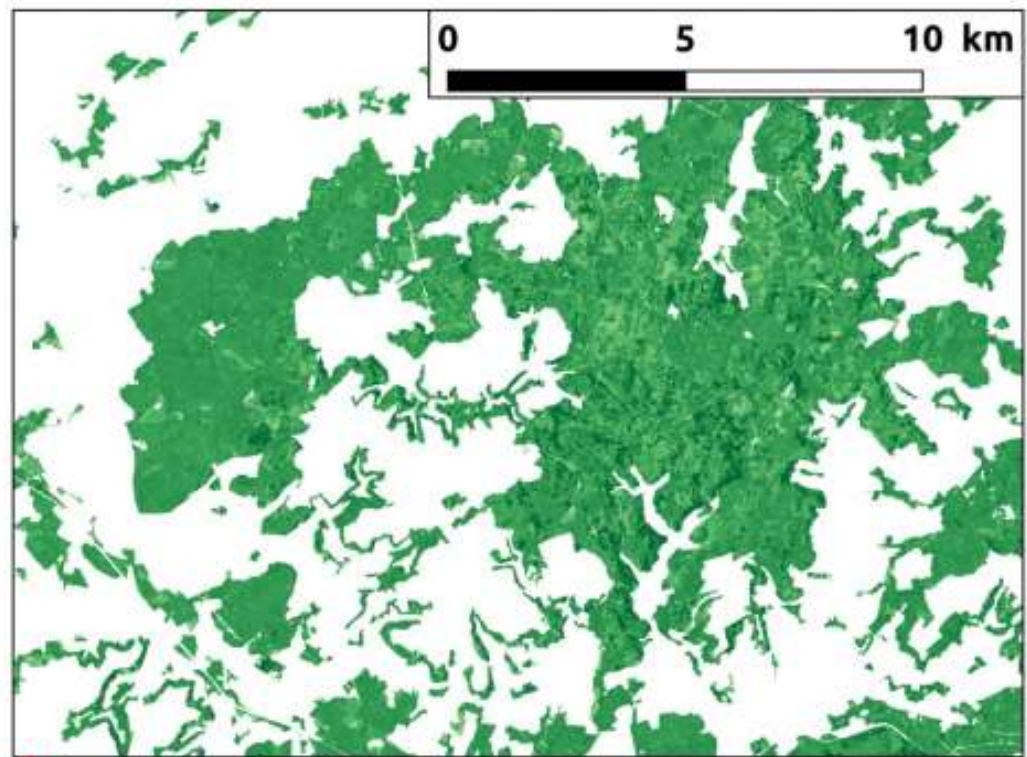
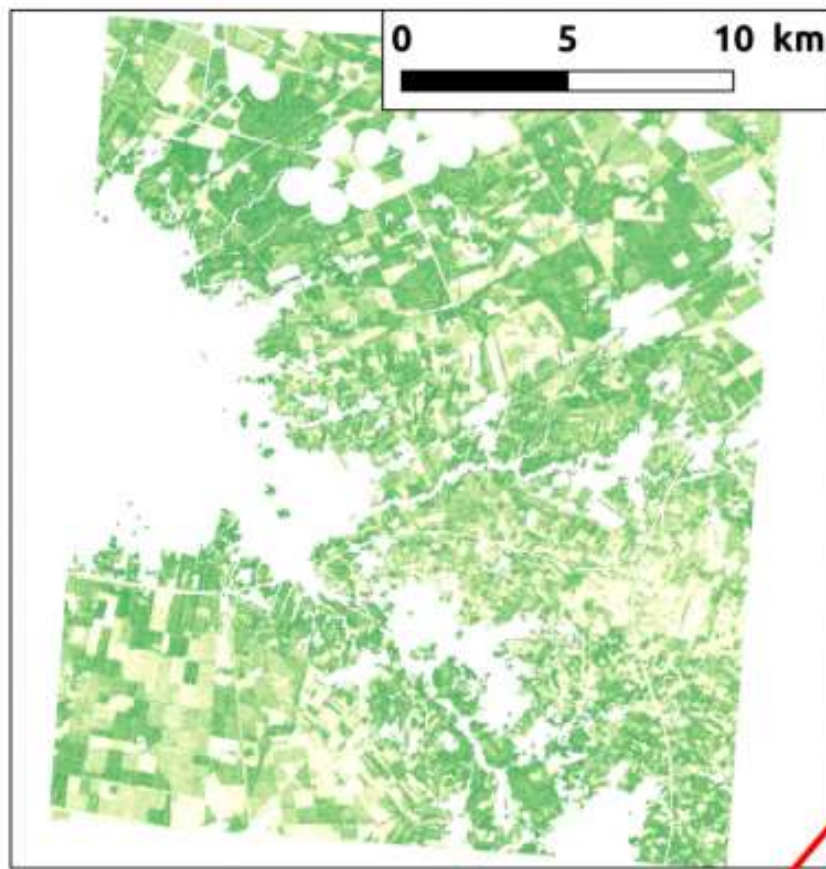
Combinaison

- Radar SAR (sentinel1 C et Alos L)
- Optique 10/20 m (sentinel-2)
- Optique 1.5/6 mètres (Spot6/7)








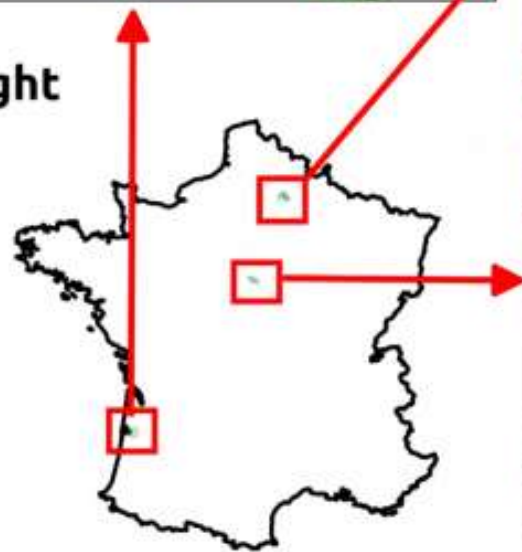
Premiers résultats

Nb plac	Type de forêt	BA - Basal area (m ² /ha)		DBH (cm) – Diamètre à hauteur d'homme		Hauteur dominante (m)	
		R2	RRMSE (en %)	R2	RRMSE (en %)	R2	RRMSE (en %)
83	Pins maritime (Landes)	0.80	23	0.90	18	0.92	13
63	Chênes (Orleans)	0.53	23	0.58	22	0.53	11
25	Pins sylvestres (Orleans)	0.82	13	0.79	11	0.86	7
28	Chênes (StGobain)	0.54	28	0.75	9	0.85	5
25	Hêtres (StGobain)	0.57	34	0.70	14	0.70	13
25	Chênes + charmes (StGobain)	0.79	14	0.79	5	0.40	5



**Dominant height
(m)**

-  0
-  5
-  15
-  25
-  35



Spaceborne remote sensing: favorable conditions for producing high resolution forest parameter maps

=> Free tools and open access data, available worldwide

Sensor	Characteristics	Features
ALOS-PALSAR (JAXA)	L-band SAR (~23cm) Annual mosaics Resampled 25m	HV, HH and HV/HH (3)
Sentinel-1 (ESA)	C-band SAR (~5cm) 1 image / 6 days Resampled 10m	Summer and winter mean VH, VV and VH/VV VH and VV spatial texture indexes
Sentinel-2 (ESA)	Optical, vis-nir-swir 1 image / 5 days 10-20m	Summer and winter dates NDVI, NDWI and Brightness NDVI and BI spatial texture indexes
Spot6/7 (Geosud, Dinamis, free for public users)	Optical, vis-nir Annual mosaics 1,5m (pan) - 6m (MS)	NDVI and BI spatial texture indexes

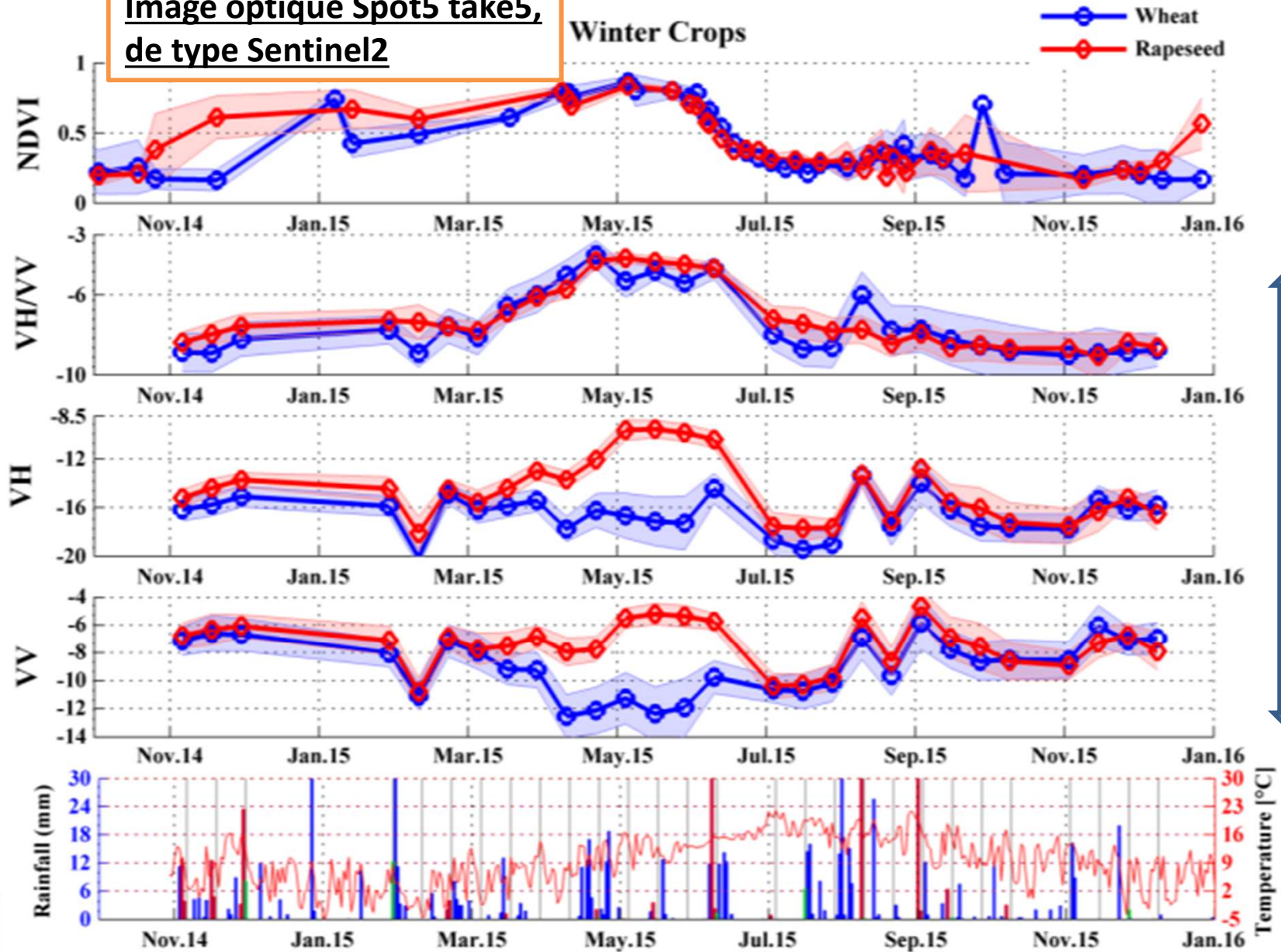
Free tools and open access data, available worldwide

- Download georeferenced and orthorectified **ALOS-PALSAR** mosaics on JAXA website,
=> then calibration and application of a multi-image filtering.
- Download **Sentinel-1** images on **PEPS** mirror (1),
=> then orthorectification, calibration and application of a multi-image filtering (open source processing chain) (2).
- Download **Sentinel-2** images on **THEIA** platform (3) with atmospheric corrections and cloud mask (MAJA processing).

- (1) <https://peps.cnes.fr> ;
- (2) <http://tully.ups-tlse.fr/koleckt/s1tiling> ;
- (3) <https://www.theia-land.fr> ;
- (4) <https://www.orfeo-toolbox.org> ;
- (5) <https://scikit-learn.org>

Complémentarité Sentinel1 et 2

Image optique Spot5 take5,
de type Sentinel2



Sentinel1A

PARTIE 3

**Sites web de visualisation (des images, des courbes d'indices...) :
Sentinel pour les débutants**

SENTINEL-2 pour les débutants

a/ Découvrir et visualiser en ligne (S2, Landsat...) :

- les bandes spectrales et leurs combinaisons,
- la richesse temporelle, sélectionner des dates en fonction de l'enneuagement

<http://apps.sentinel-hub.com/sentinel-playground>

- Mode d'emploi => <https://www.youtube.com/watch?v=q2jXnJYGNFo>

- Applications (sous android...) : « Sentinel-2 NDVI Maps »

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.sinergise.android.sentinel>

Régler le seuil d'ennuagement moyen

Entre 0 et 100 % - Calcul dynamique en fonction de la zone affichée à l'écran.

Onglet de gauche => Rendering : accès à toutes les combinaisons des bandes spectrales Sentinel-2



Attention : quand on dézoome à plus de '10km', l'affichage des tuiles de Sentinel2 peut être compliqué à comprendre (interactions entre dates, tuiles et seuil d'ennuagement)

Choisir une date à afficher en fonction des nuages

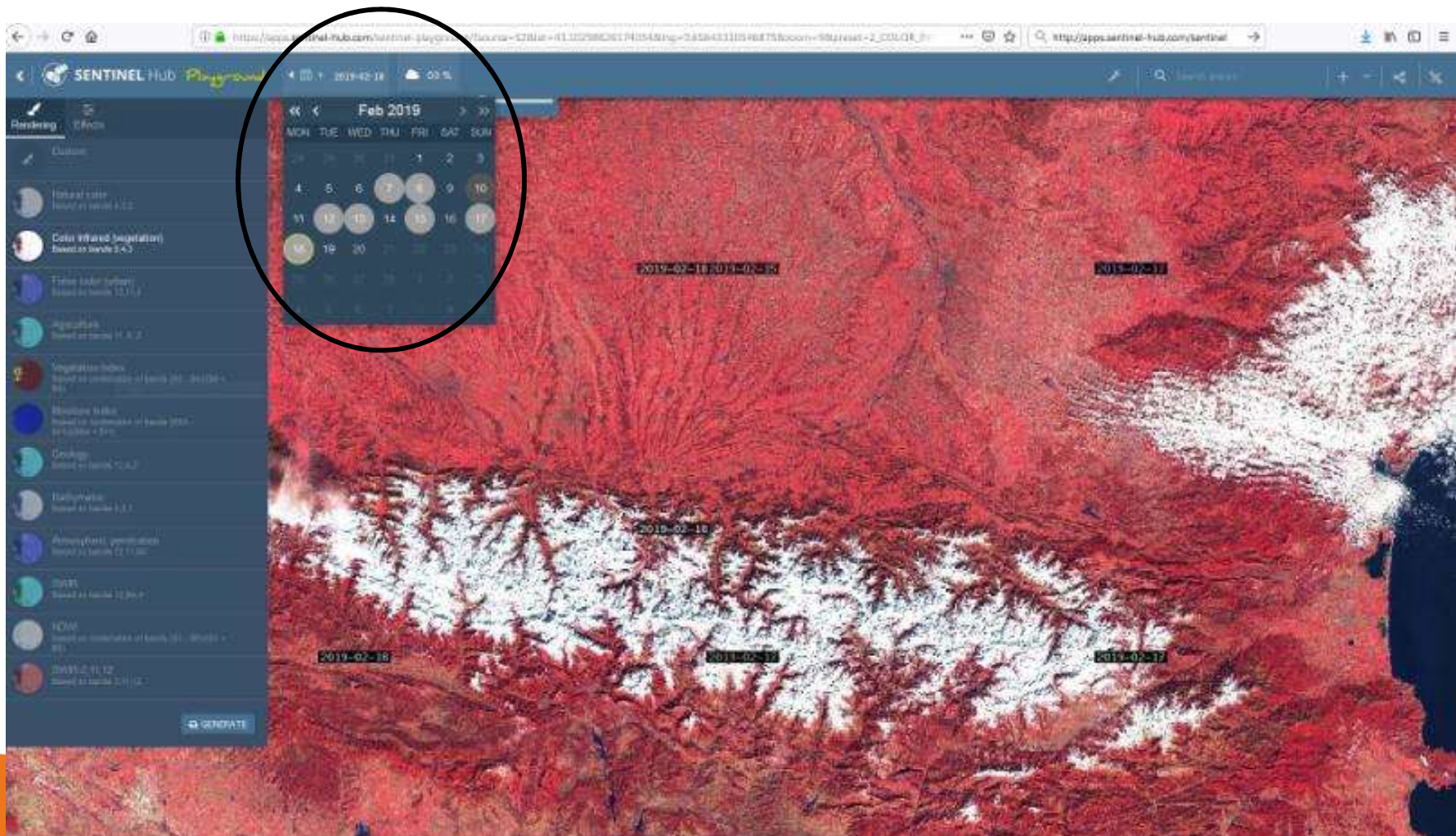
Seules les dates disponibles sur la zone affichée apparaissent.

La couleur (gris clair ou foncé) indiquent le taux de nuages moyen (calculée sur la zone affichée).

Dates en gris foncé => le taux de nuage de ces dates est supérieur au seuil choisi.

Dates en gris clair => c'est le contraire (=> dates peu nuageuses. Ici : moins de 53%)

Le % de nuages de chaque date sur la zone affichée apparaît au survol de la date.





Onglet de gauche => Effects : activer 'Show acquisition dates'

SENTINEL-2 pour les débutants

b/ Tracer des courbes NDVI ou produire un gif animé très facilement :

"<https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser>" / Il faut créer un compte et se logger.

Mode d'emploi sur : <https://medium.com/sentinel-hub/multi-year-time-series-of-multi-spectral-data-viewed-and-analyzed-in-sentinel-hub-5628ec4fad9c>)

Plus d'infos sur :

<https://www.sentinel-hub.com/>

<https://www.sinergise.com/en/news/sentinel-playground>

Parcelle "Auradé" (18 ha)



Blé 2017 => Tournesol 2018. Automne 2017 : un semis de féverole (CIMS) tardif, dans de bonnes conditions.

OUTIL : <http://apps.sentinel-hub.com/sentinel-playground>



13 oct 2017

18 oct 2017

27 nov 2017

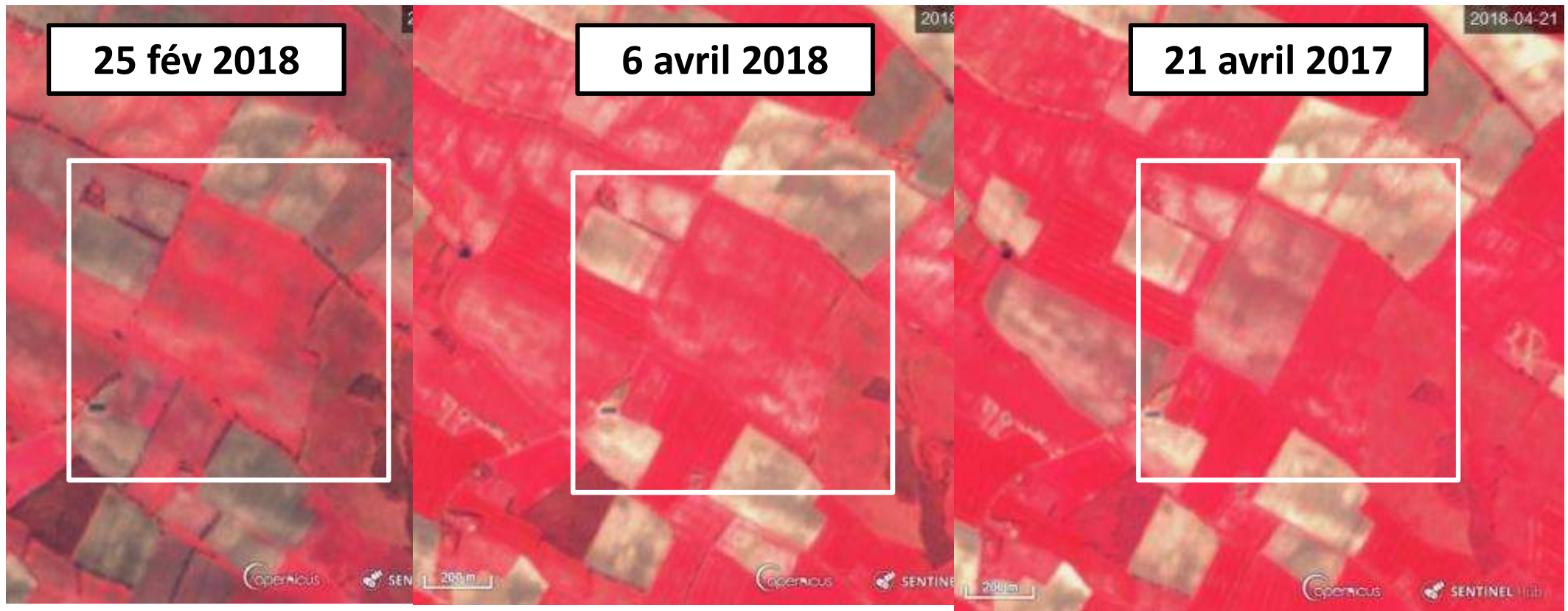
Quelques repousses de blés

Semis féverole CIMS + 1 jour

Levée assez homogène

Parcelle "Auradé"

Une destruction de la féverole retardée
à cause de forte pluviométrie en mars.



25 fév 2018

6 avril 2018

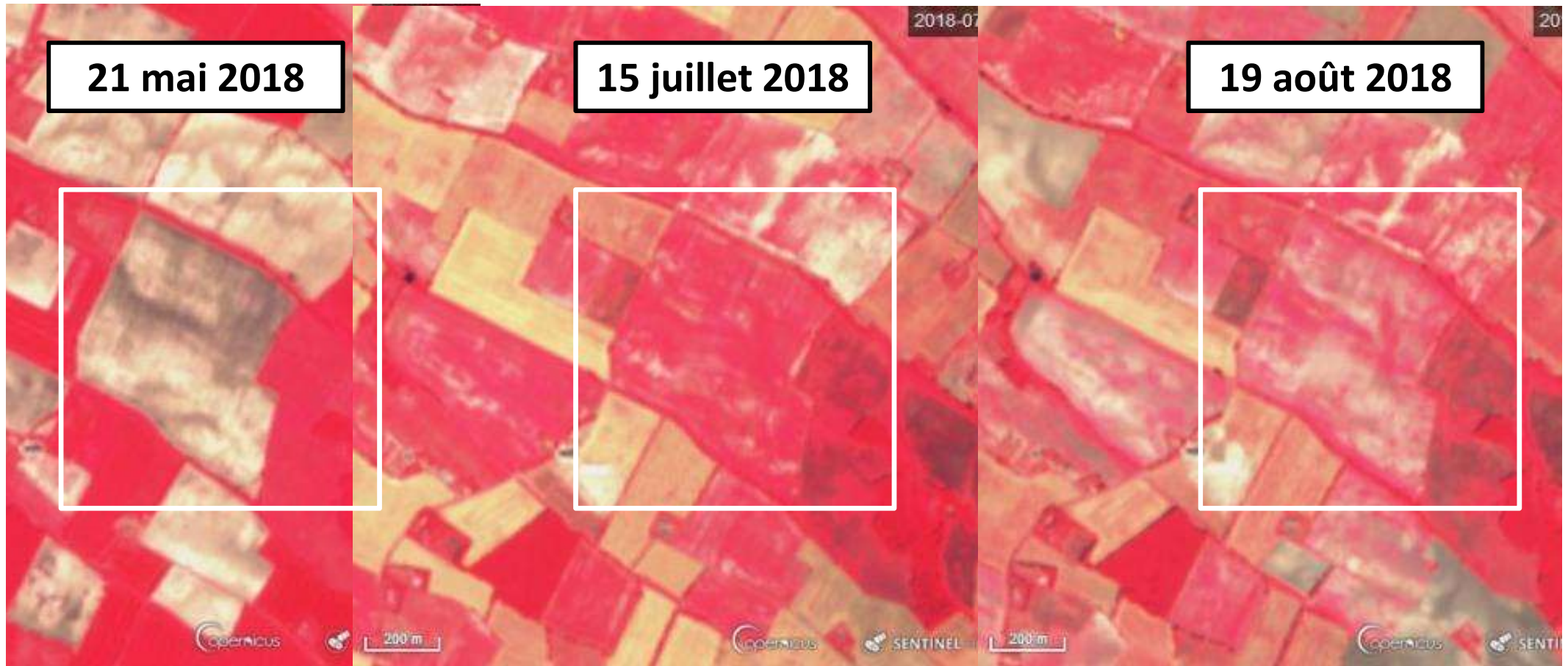
21 avril 2018

Croissance très hétérogène de la féverole

**Destruction mécanique de
la féverole => en cours le 21
avril à 12h40 !**

Parcelle "Auradé"

Été 2018 : tournesol



21 mai 2018

15 juillet 2018

19 août 2018

Sol nu

Juste avant floraison

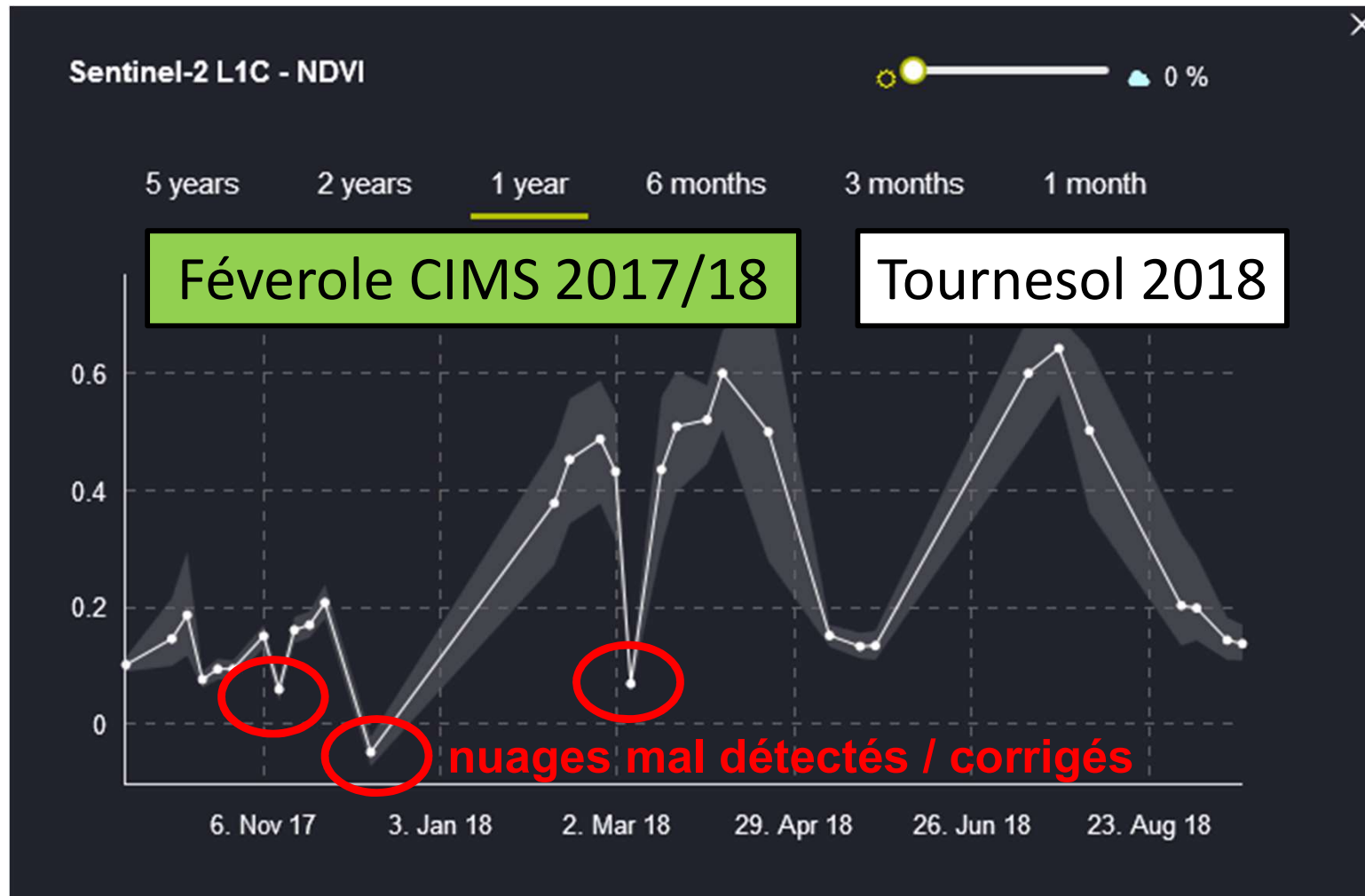
Sénescence très hétérogène

Semis/levée retardé à cause des gros orages de début juin ?

Parcelle "Auradé"

Hiver 2017/18 : CIMS (féverolle)

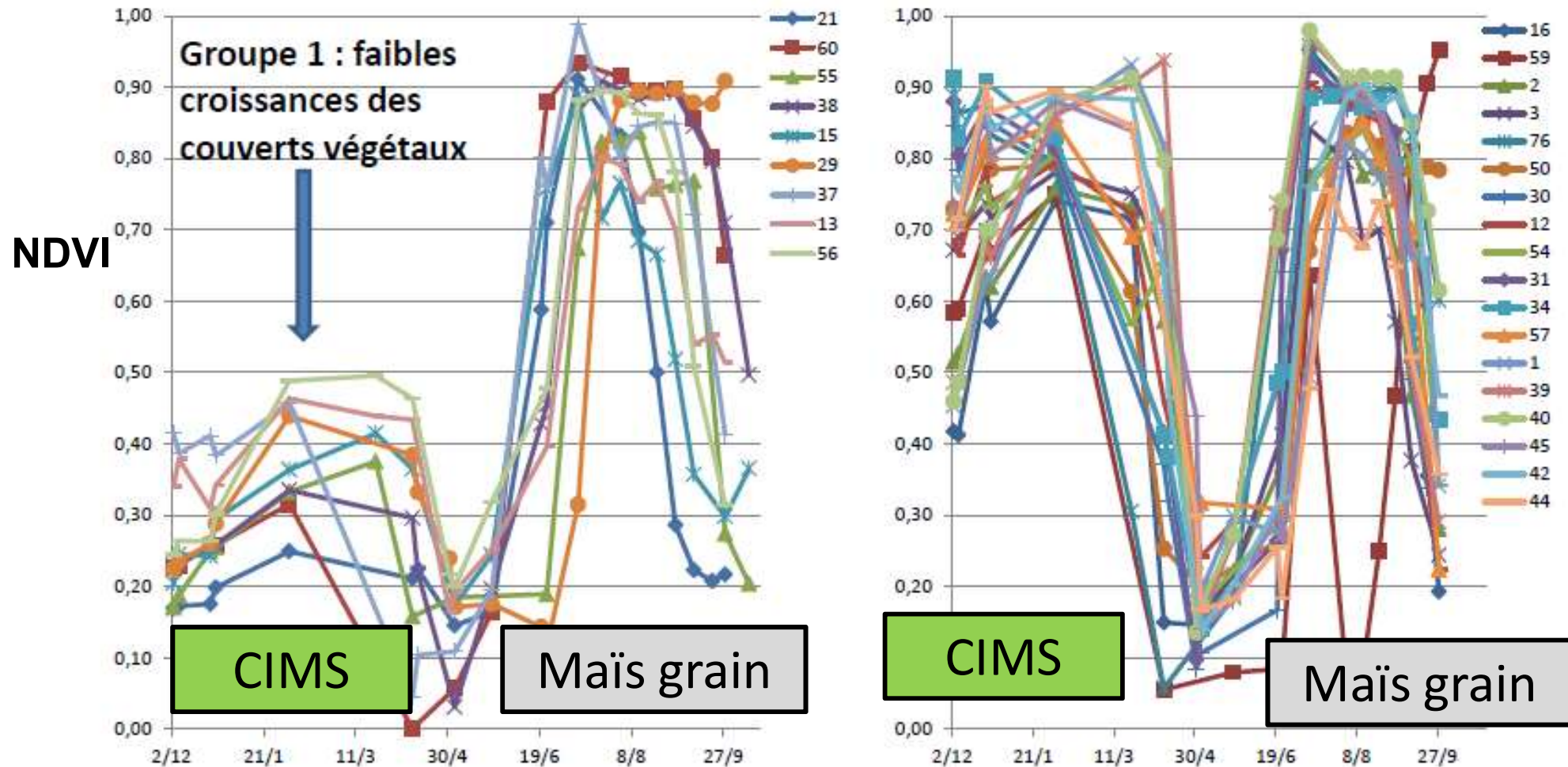
NDVI



Analyse de la diversité entre parcelles

60 parcelles en 2015/2016, même période de semis et espèces de CIMS semées
Très grande variabilité de croissance des CIMS... et des maïs qui ont suivis !

Couverts Végétaux Zone PAU - hiver 2015/16

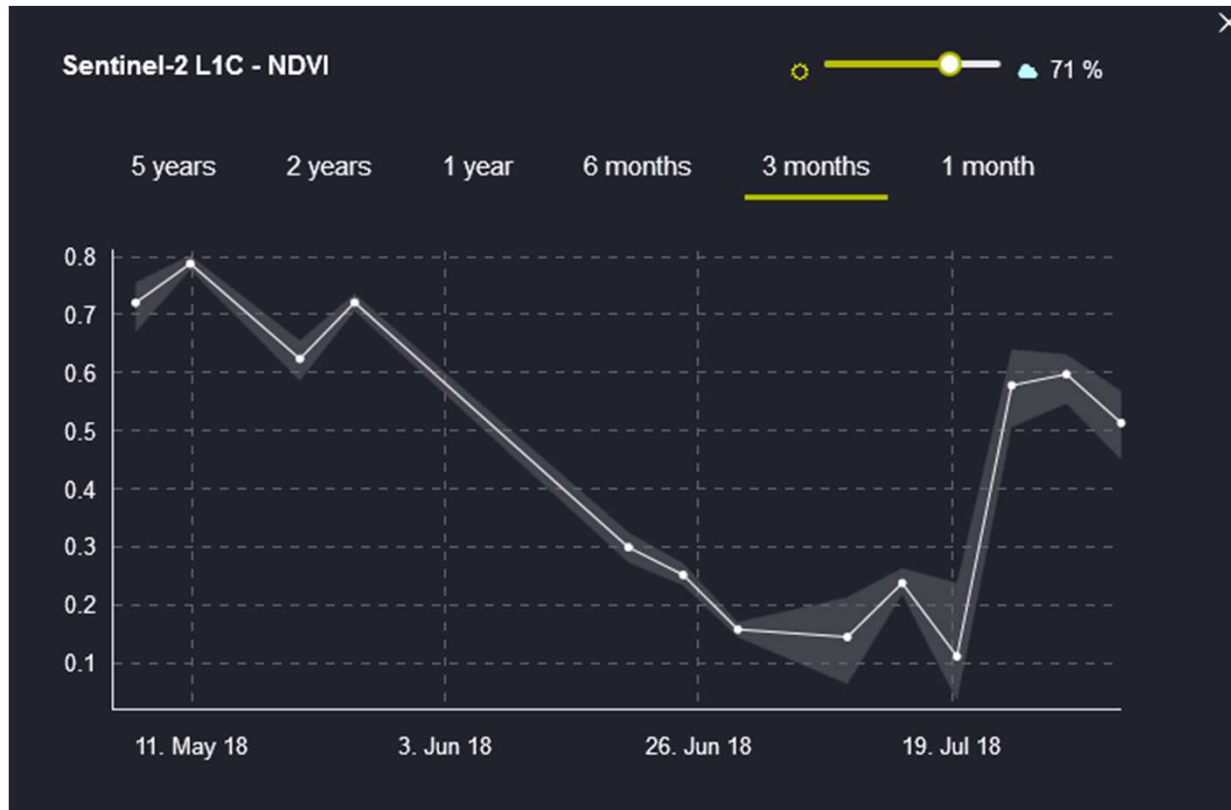


Rq : la culture suivante est en général du maïs grain ou doux (sauf Parc59).

Mesures de biomasse de repousses de colza. Zone Lamasquère – 26 octobre 2018

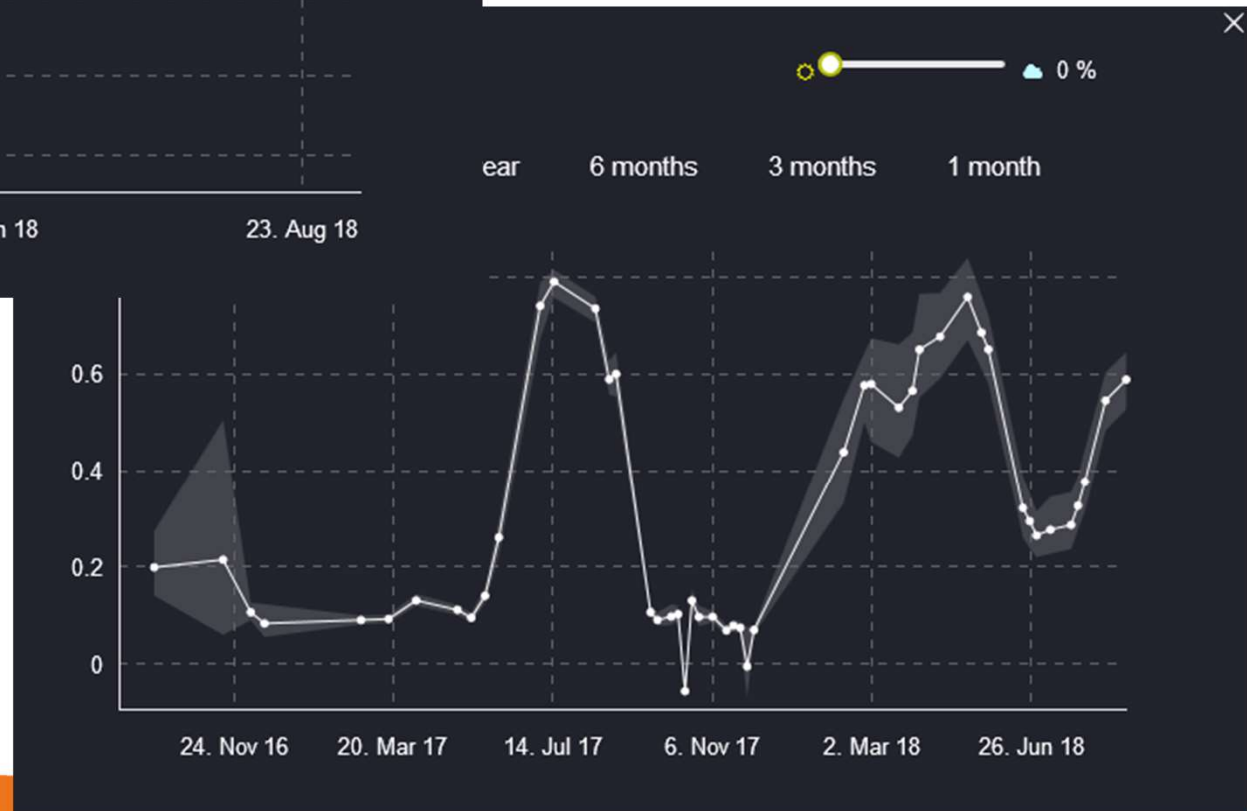
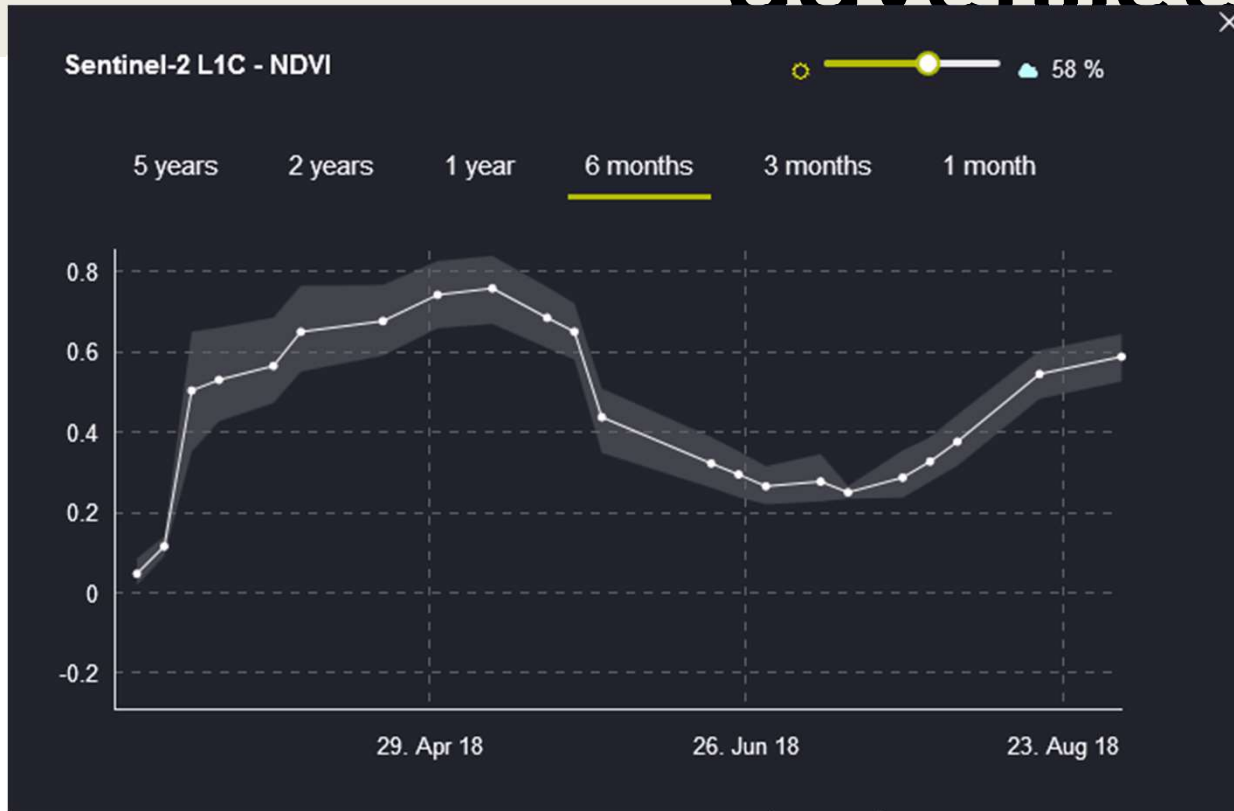


Repousses colzas 2018



OUTIL : <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser>

Blé Lamothe 2018, suivis par des adventices



OUTIL :

<https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser>







SENTINEL-2 (et 1...)

c/ Télécharger les images SENTINEL, avec différents niveaux de traitements :

1/ Au niveau Français, avec la meilleure correction possible des effets atmosphériques et la meilleure détection des nuages (masque de nuages)

<https://theia.cnes.fr/atdistrib/rocket/#/search?collection=SENTINEL2>

Il faut créer un compte sur THEIA (<http://www.theia-land.fr/>)

2/ Au niveau Français, avec PEPS

<https://peps.cnes.fr/rocket/#/home>

3/ Au niveau européen

<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>

4/ DIVERS

Outil pour connaître les noms des tuiles sentinel2 : <http://osr-cesbio.ups-tlse.fr/s2tiles>

Pour connaître les formats des fichiers, les différents niveaux de traitements, etc... : suivre le blog 'multitemp' animé par Olivier HAGOLLE (CESBio-CNES) – en particulier l'onglet 'Sentinel-2' :

http://www.cesbio.ups-tlse.fr/multitemp/?page_id=6041

d/ Les produits élaborés issus des données Sentinel se développent !!

Quelques exemples récents (2018, 2019...)

CARTES D'OCCUPATION DU SOL

<https://map.onesoil.ai/2018#3.6/51.16/12.95>

(zoom sur France : <https://map.onesoil.ai/2018/fr#5.7/46.428/2.21>)

(blog : <https://blog.onesoil.ai/en>)

Visualisation en ligne gratuite mais accès aux données payants.

Le CESBio a fait une évaluation partielle du produit onemap (sur un département...) : très bonne segmentation des parcelles, performance de classification des cultures bonnes (Fscore 0.8 à 0.9) sur les cultures principales et moyennes sur les cultures secondaires (Fscore 0.5 à 0.8)

AGRICULTURE

<https://www.sinergise.com/en/solutions/agriculture>

<https://onesoil.ai/en/> (Gestion parcellaires des grandes cultures annuelles)



Le blog multiTemp : suivi et vulgarisation sur l'utilisation des séries temporelles d'images satellites de type Sentinel2

641 posts depuis le 18 déc 2012 !
<http://www.cesbio.ups-tlse.fr/multitemp/>

Apport des images radar et optiques pour la cartographie des surfaces irriguées (12 février 2019) (<http://www.cesbio.ups-tlse.fr/multitemp/?p=15027>)

4 thèses en cours à Toulouse pour étudier les forêts tempérées par télédétection (30 janvier 2019) (<http://www.cesbio.ups-tlse.fr/multitemp/?p=14856>)

Les séries temporelles d'images pour reconnaître les essences en forêt (17 février 2016) (<http://www.cesbio.ups-tlse.fr/multitemp/?p=7031>)

Near-real time analysis of the 2018-2019 snow season in the Pyrenees and the Alps from satellite data (25 janvier 2019) (<http://www.cesbio.ups-tlse.fr/multitemp/?p=14776>)

Durée d'enneigement dans les Alpes et les Pyrénées du 01/09/2017 au 31/08/2018 (25 octobre 2018) (<http://www.cesbio.ups-tlse.fr/multitemp/?p=14424>)

Les conséquences de la sécheresse de l'an dernier en Provence sont toujours visibles en 2018 sur les images de Sentinel-2 (2 août 2018) (<http://www.cesbio.ups-tlse.fr/multitemp/?p=13965>)

DIAS, Google earth Engine, etc...

<http://earscl.org/news/dias-comparison>

<https://eos.com/landviewer/>

CNES :

- **PEPS**
- **le Cluster de calcul du CNES**
- **le labo OT (Observation de la terre)**