

# Téledétection pour évaluer la biodiversité

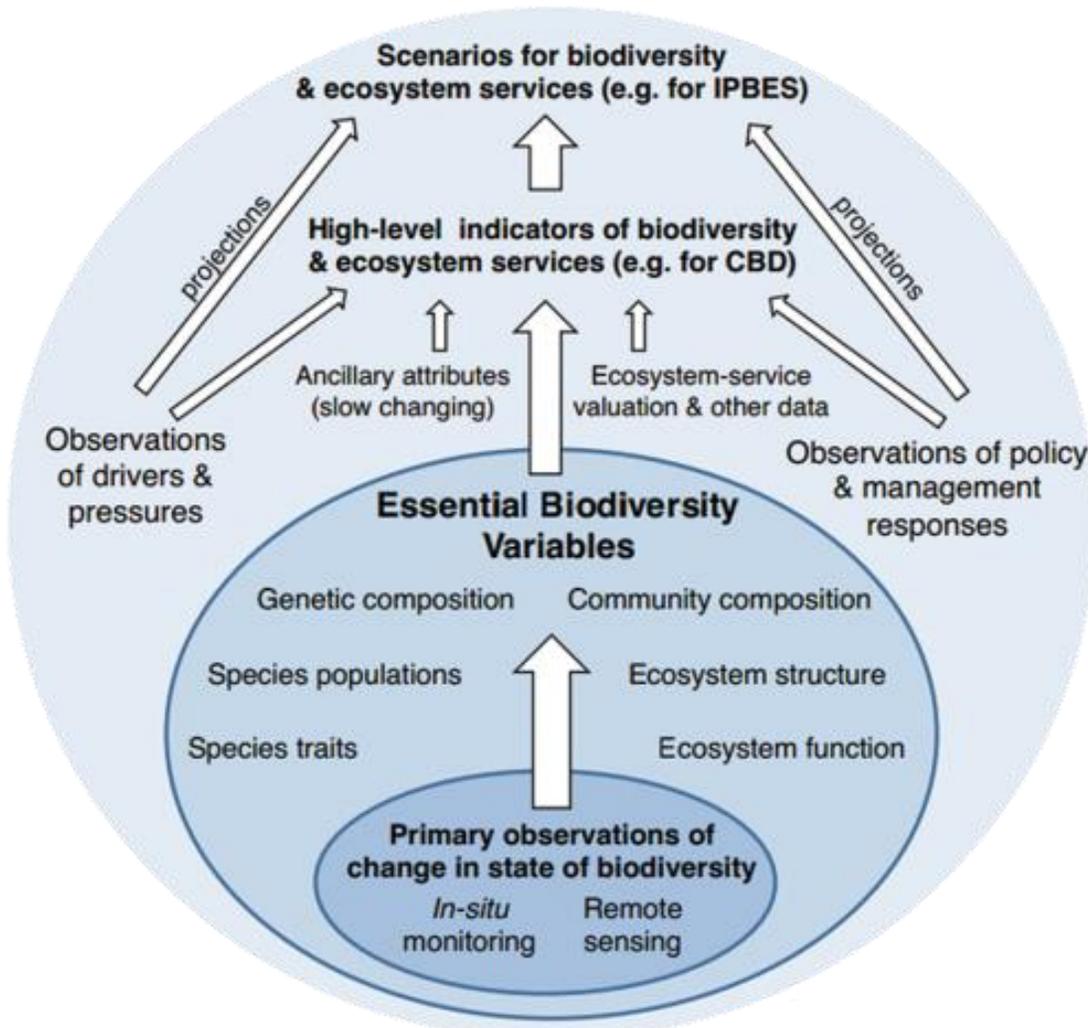
Samuel Alleaume, David Sheeren, Jean-Baptiste Féret



Séminaire BIOSFAIR, Castelnau-le-Lez, 14-15 nov 2023

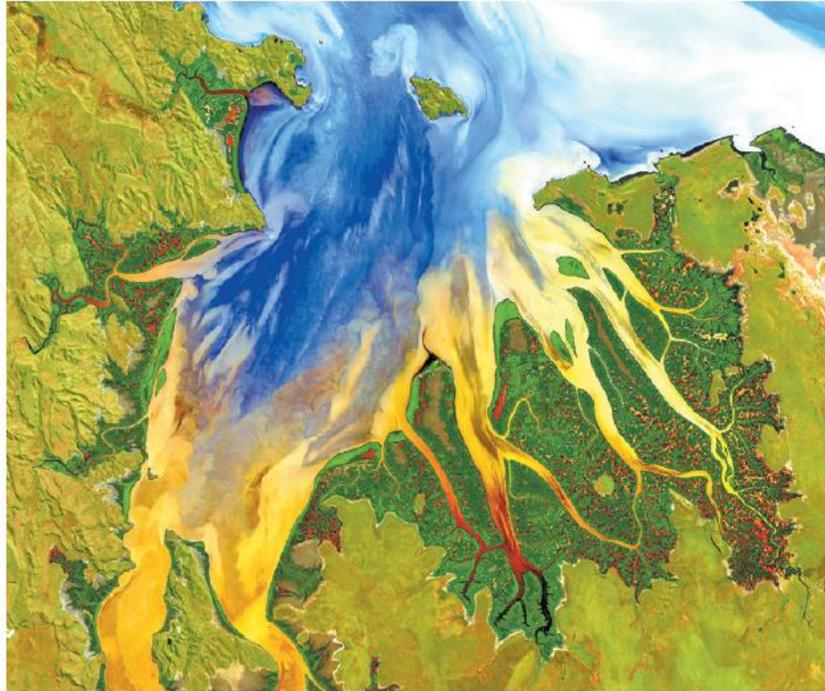
« Et si j'utilisais la télédétection pour aborder mes questions de recherche. »

# Des variables **essentielles** au suivi de la biodiversité



- EBV : variables dérivées des observations nécessaires pour **étudier, rendre compte** et **gérer** la biodiversité
- Une EBV « idéale » doit
  - Permettre de saisir les **échelles** et les dimensions critiques de la biodiversité
  - Être une variable d'état **sensible aux changements**
  - Être **techniquement accessible, économiquement viable** et durable

## RS-enable-EBVs



Estuary sediment and vegetation patterns in Australia, captured by NASA's Landsat 8 satellite in 2013.

## Agree on biodiversity metrics to track from space

Ecologists and space agencies must forge a global monitoring strategy, say **Andrew K. Skidmore**, **Nathalie Pettorelli** and colleagues.

### TRACKING BIODIVERSITY

#### *Ten variables*

Proposed variables for satellite monitoring of progress towards the Aichi Biodiversity Targets.

#### **Species populations**

- Species occurrence

#### **Species traits**

- Plant traits (such as specific leaf area and leaf nitrogen content)

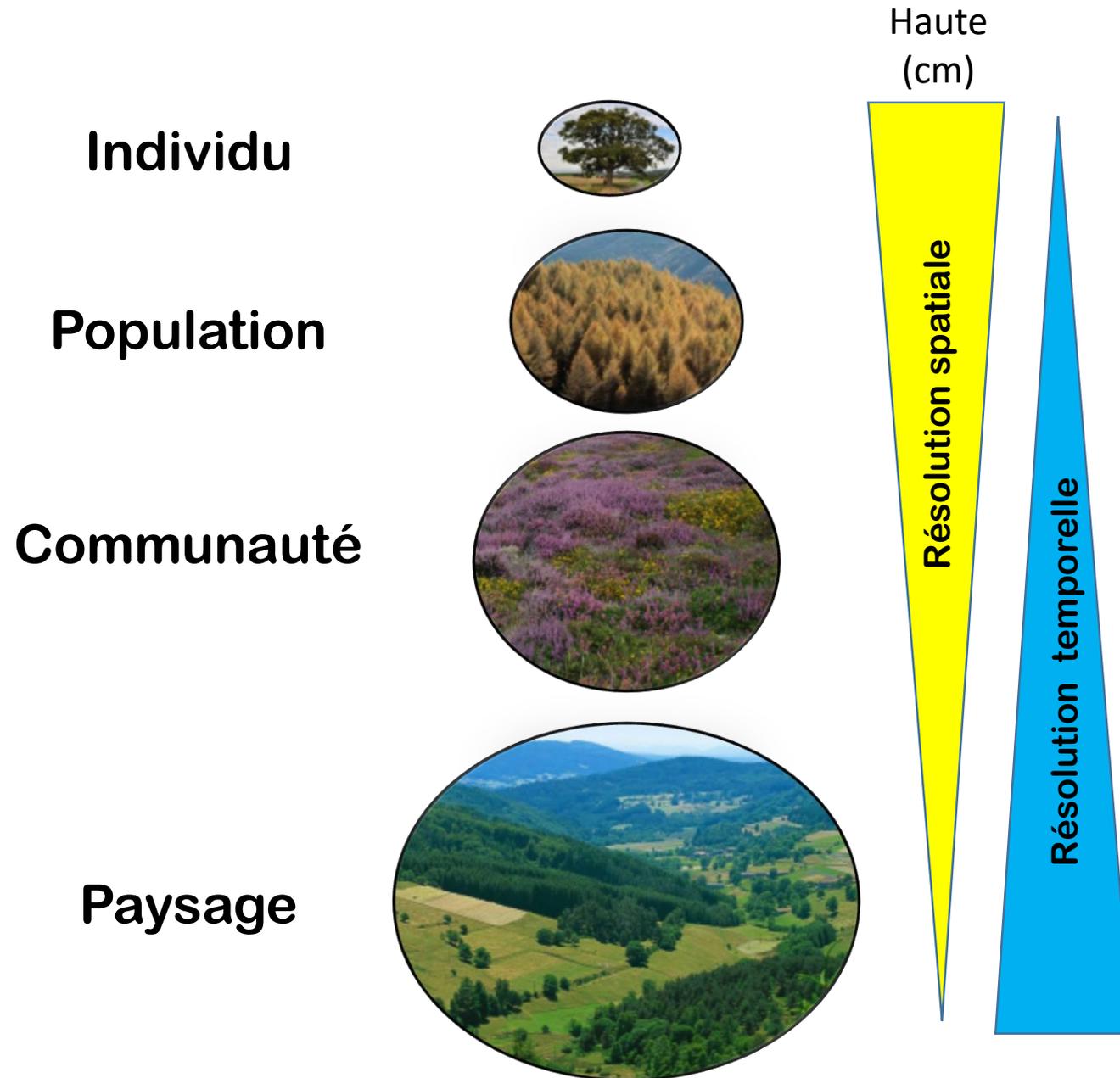
#### **Ecosystem structure**

- Ecosystem distribution
- Fragmentation and heterogeneity
- Land cover
- Vegetation height

#### **Ecosystem function**

- Fire occurrence
- Vegetation phenology (variability)
- Primary productivity and leaf area index
- Inundation

# Accéder aux échelles



# Accéder aux échelles

**Individu**



**Population**



**Communauté**



**Paysage**



Résolution spatiale

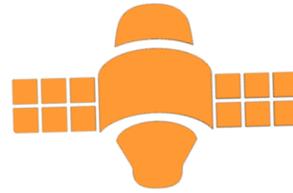
Résolution temporelle

## ADVANTAGES

- Haute/basse résolution
- Couverture étendue

- Haute résolution
- Trajectoires de vol pilotées
- Capacités Lidar/hyperspectral

- Très haute résolution
- Trajectoires de vol programmables
- Capacités stéréo / Lidar



## INCONVENIENTS

- Couverture limitée à la trajectoire orbitale
- Obstruction par les nuages (sauf radar)

- Faible étendue de couverture
- Planification lourde
- Coût

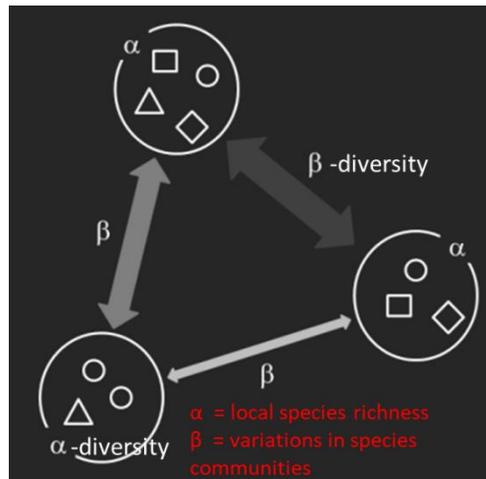
- Très faible étendue de couverture
- Conditions météorologiques

# Evaluer la biodiversité spectrale

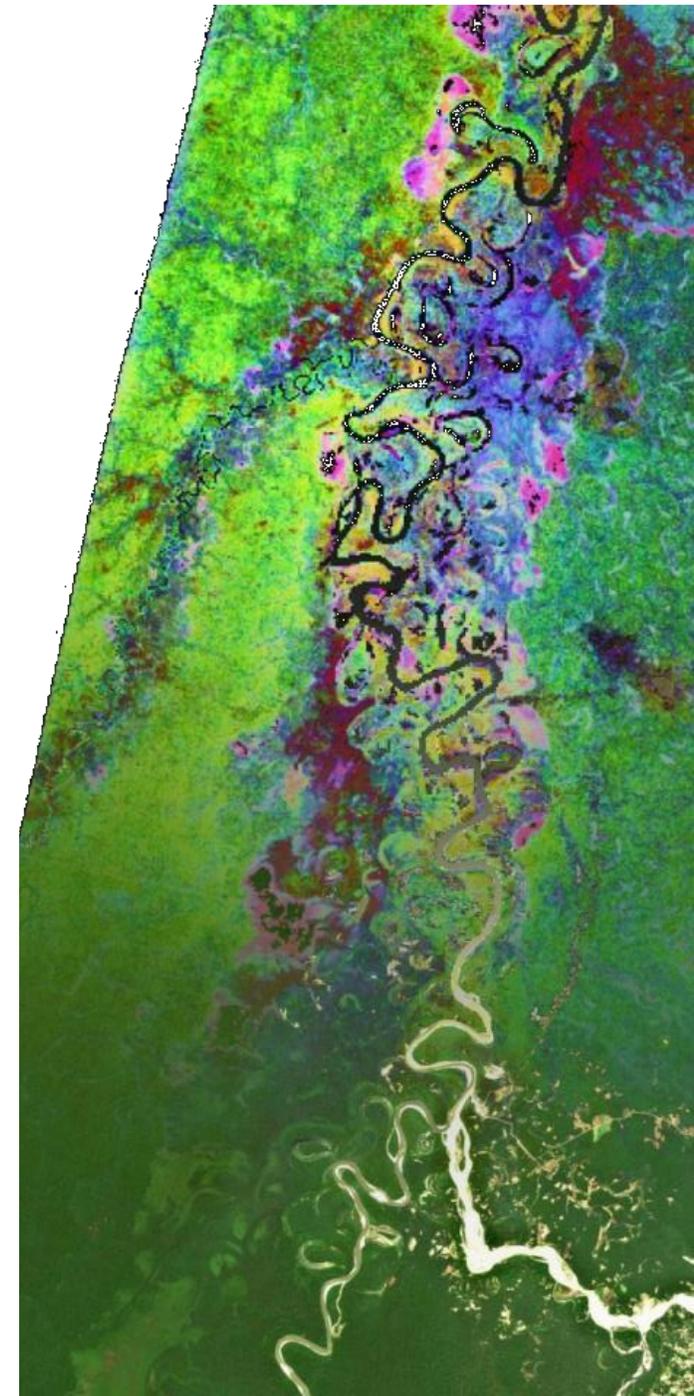
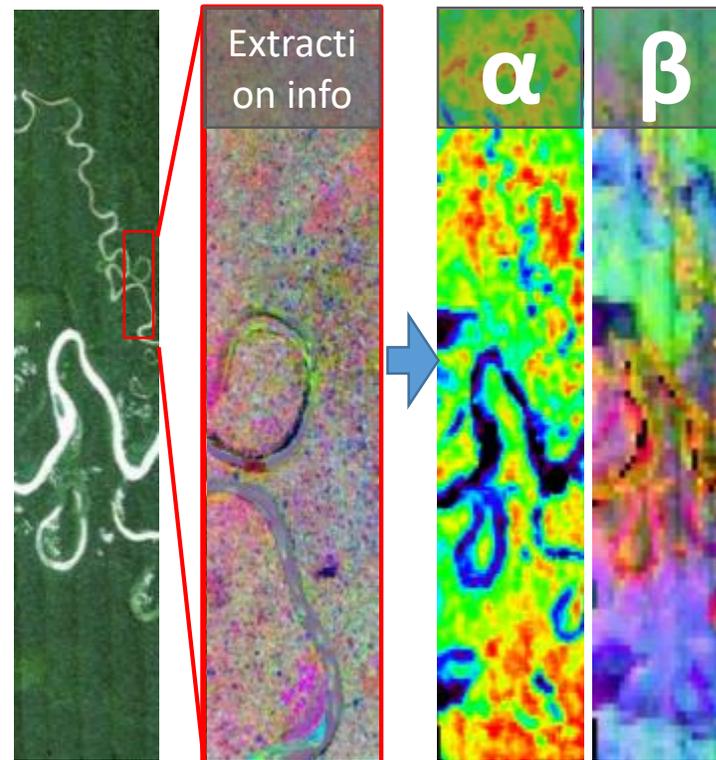
Création d'espèces spectrales par

- couplage lidar & hyperspectral
- utilisation de série temporelles S2

## - $\alpha$ and $\beta$ Biodiversité

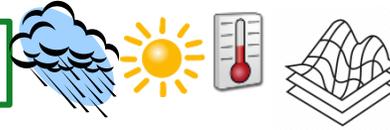


Féret & Asner, 2014. Ecological Applications -- Rocchini et al 2018 MEE



# Décrire la structure verticale

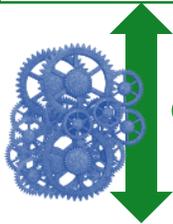
Abiotiques variables



+

## Lidar metrics : Scale plot /stand

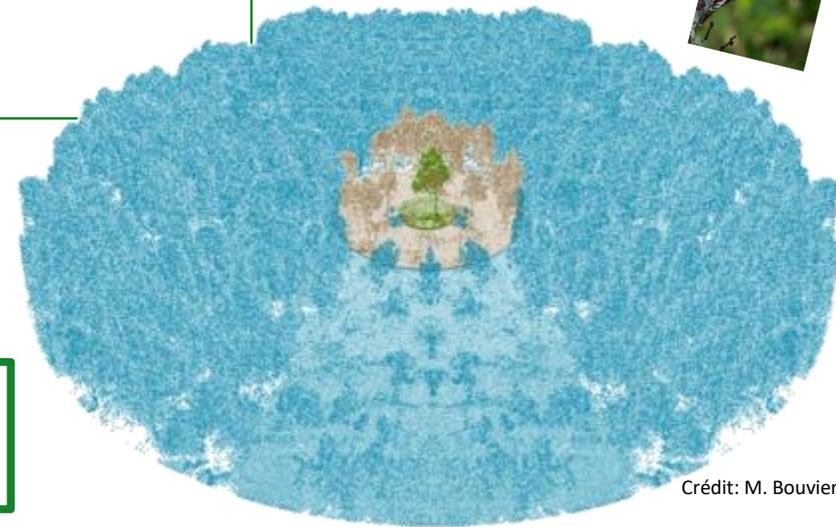
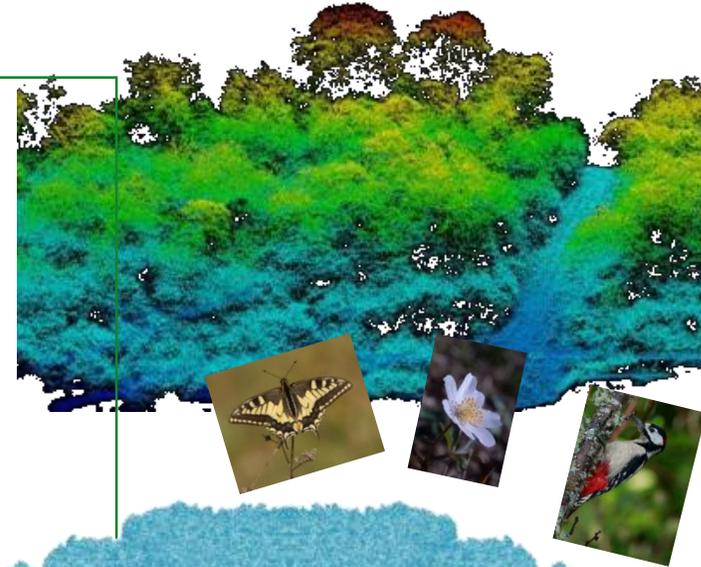
- Heights (max, avg, median, variance, Gini)
- Veg profile (coefficient of variation / vertical distribution)
- Largest gaps / Light penetration
- Canopy rate / Canopy volume



*Bayesians Models*

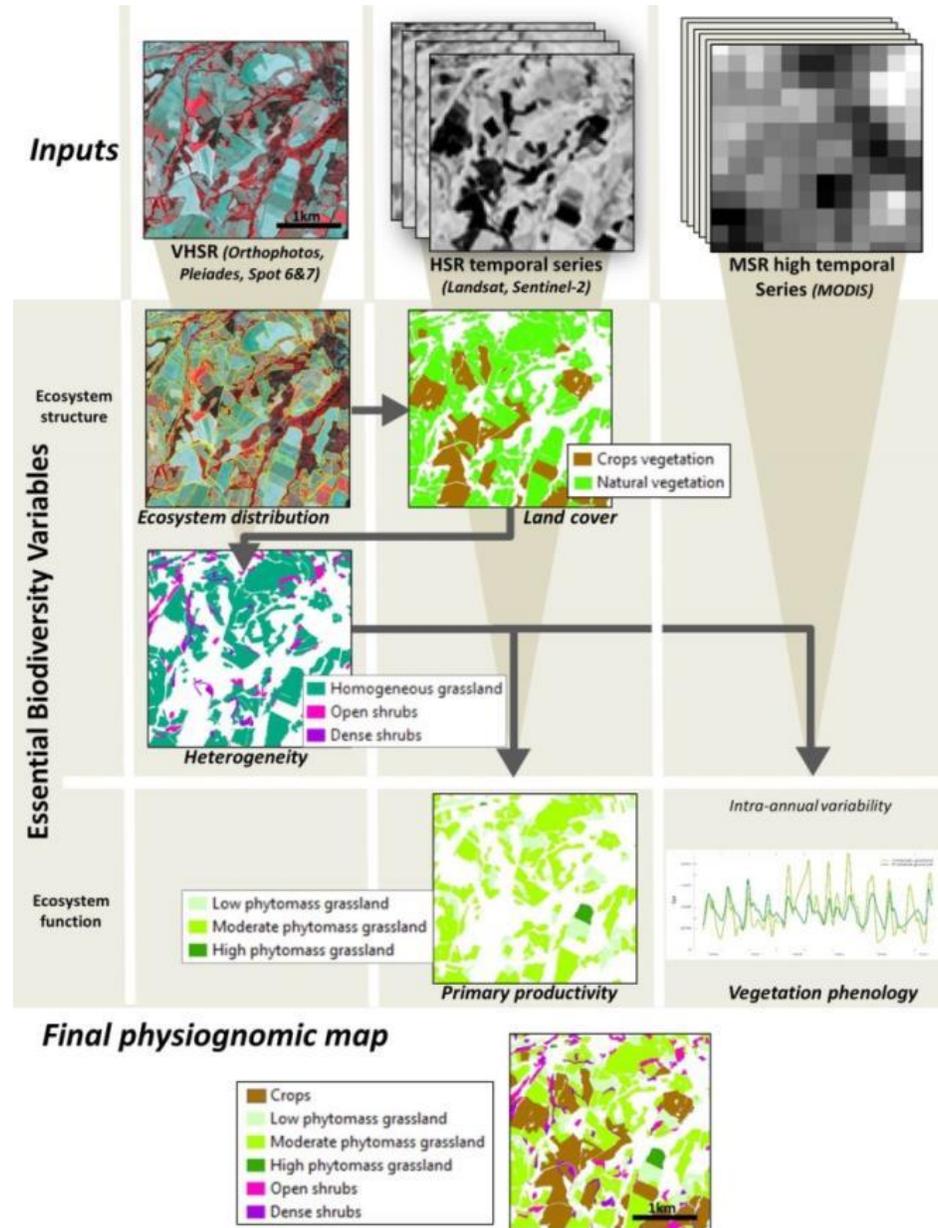
**Biodiversity :**  
- Abundance  
- Specific richness

**Multi-scale Metrics ->  
biodiversity assessment**



Crédit: M. Bouvier

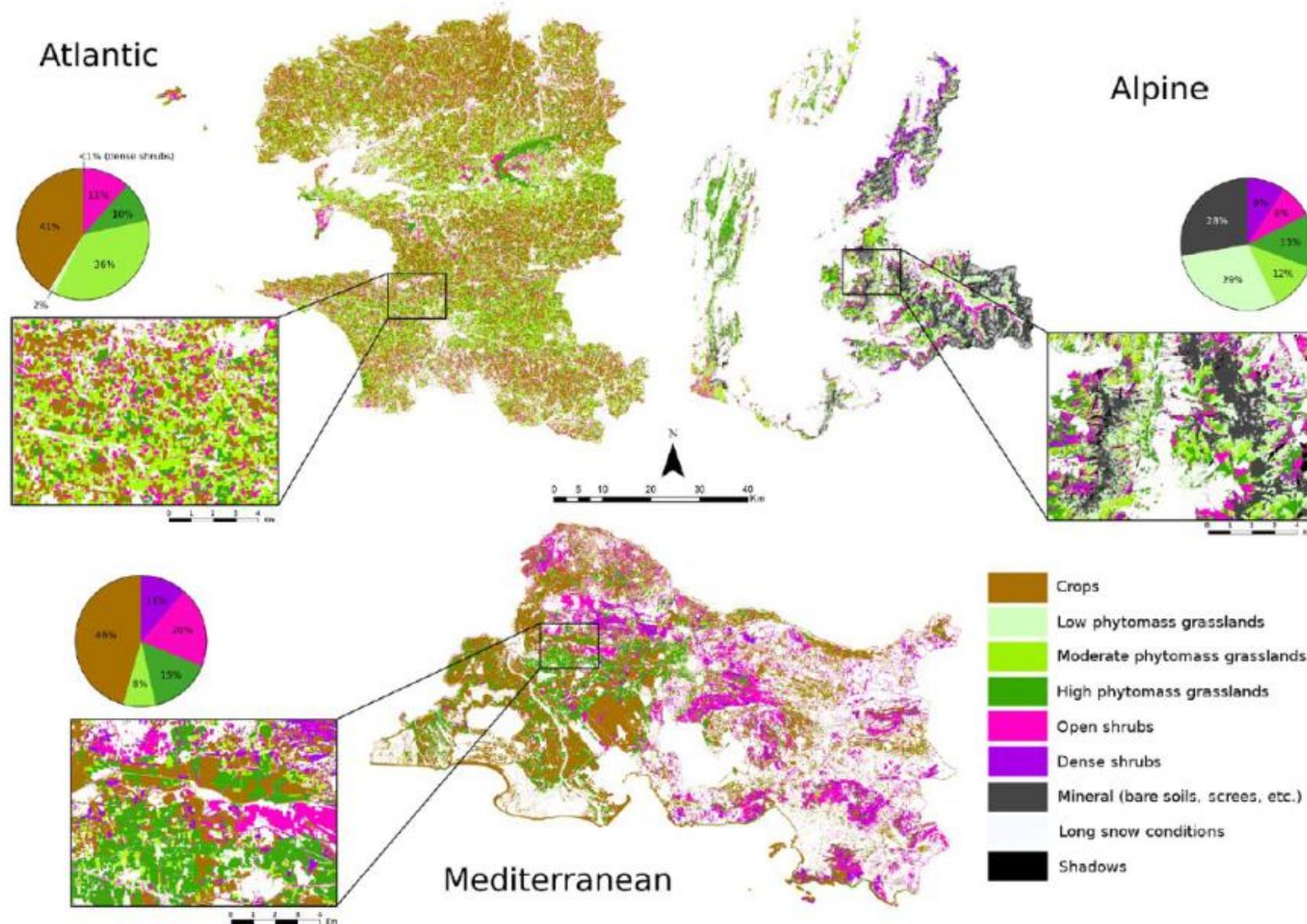
# Caractériser la physionomie des habitats naturel par fusion multi-capteurs



Méthode utilisant le couplage d'images multi-capteurs et permettant d'extraire des informations pour caractériser les écosystèmes

- ✓ Etendue
- ✓ Occupation du sol
- ✓ Hétérogénéité
- ✓ Structure des habitats
- ✓ Phénologie de la végétation

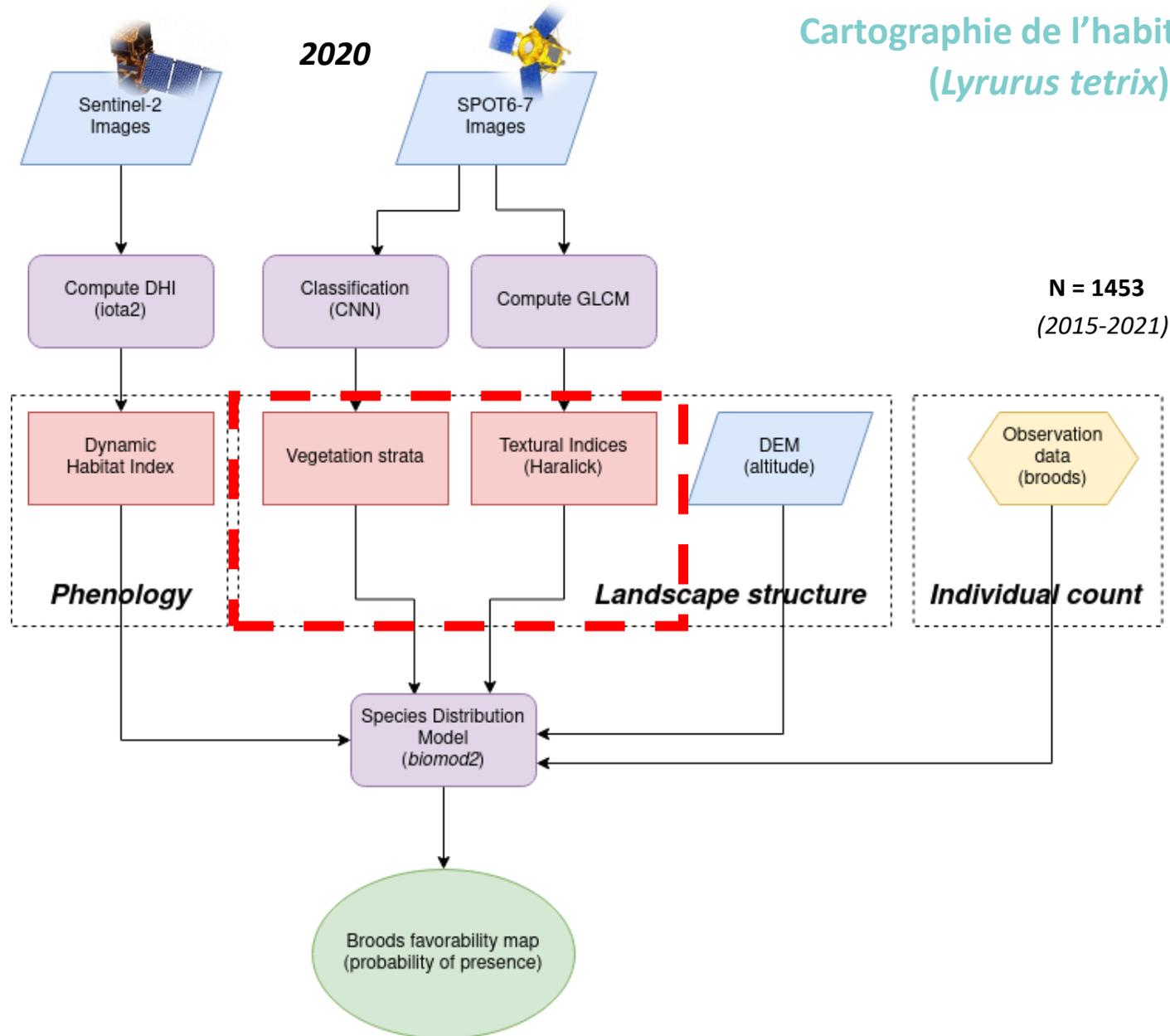
# Caractériser la physionomie des habitats naturel par fusion multi-capteurs



Alleaume S., Dusseux, P., Thierion, V., Commagnac, L., Laventure, S., Lang, M., Féret, J.B., Hubert-Moy, L., Luque, S. 2018 . A generic remote sensing approach to derive operational Essential Biodiversity Variables (EBVs) for conservation planning. MEE.

# Accéder à l'hétérogénéité spatiale

## Cartographie de l'habitat de reproduction du tétras-lyre (*Lyrurus tetrix*) dans les Alpes françaises

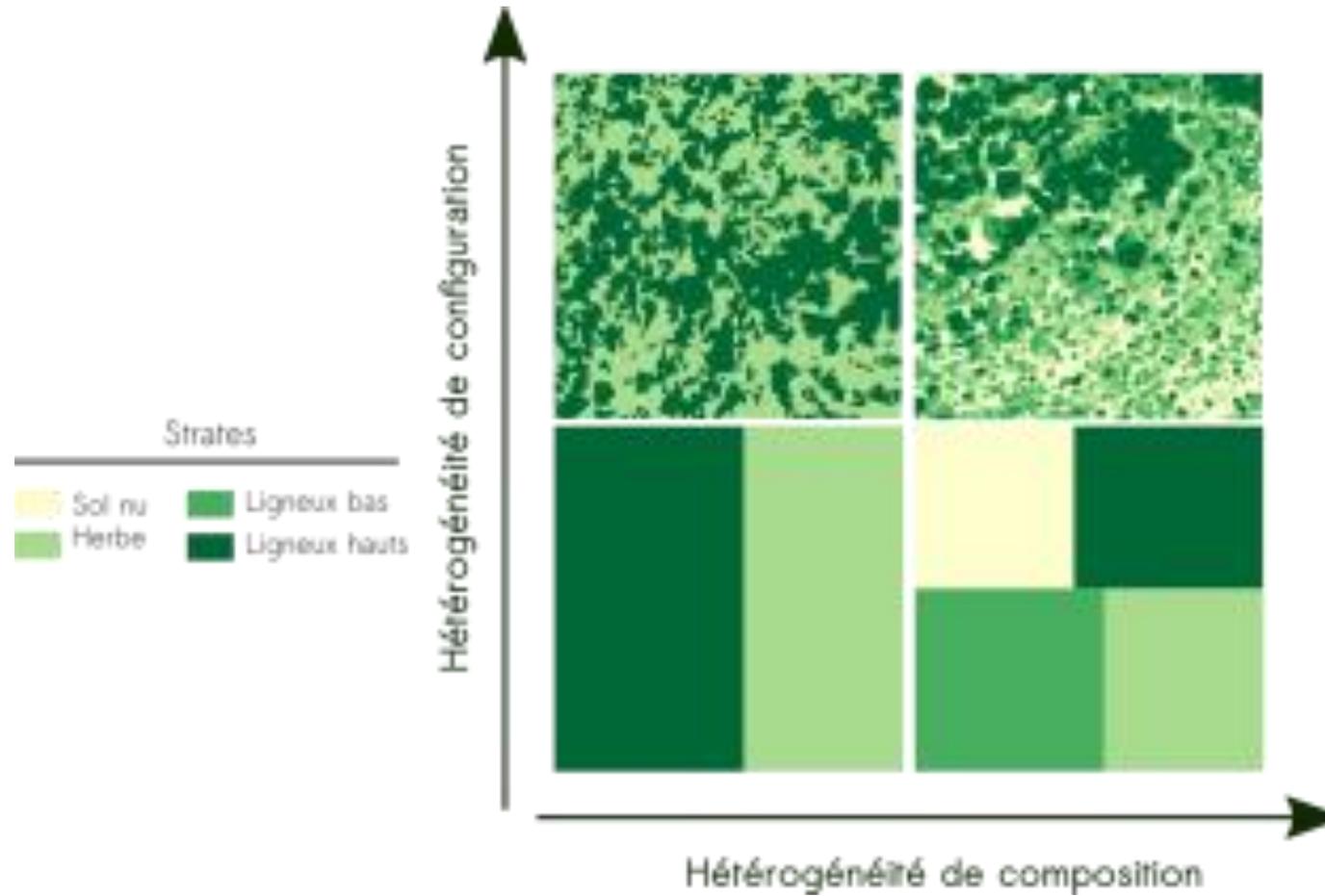


Pointer dog



Black grouse female on its nest

# Accéder à l'hétérogènes spatiale



# Accéder à l'hétérogénéité de configuration

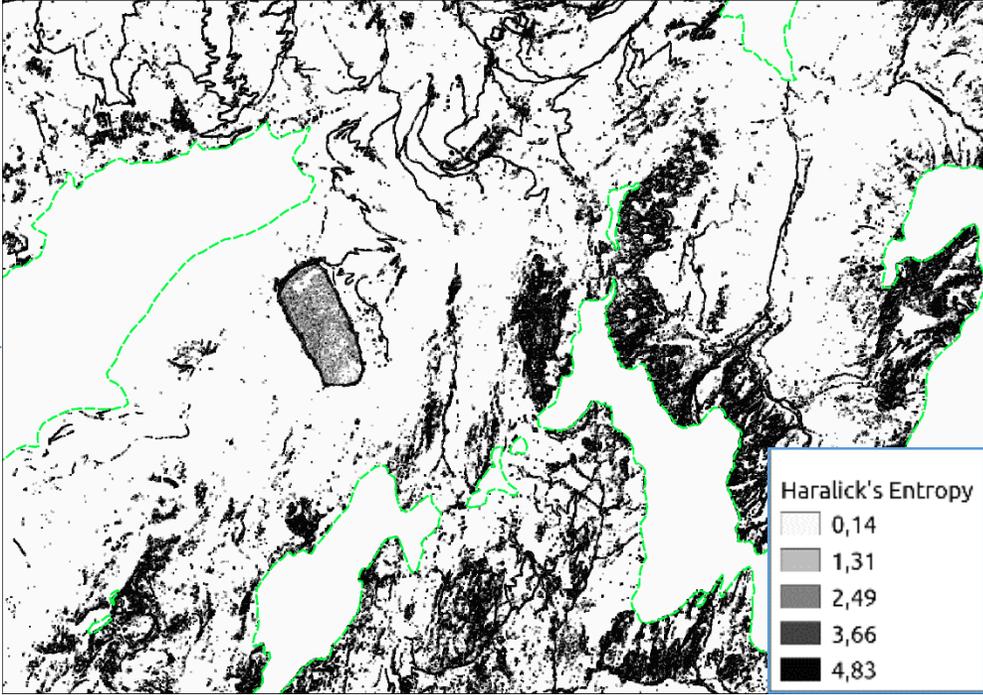
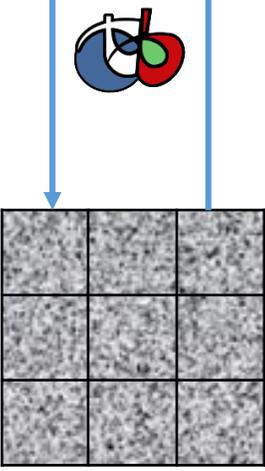
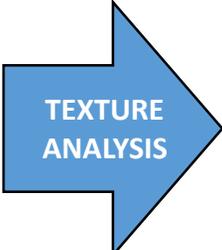
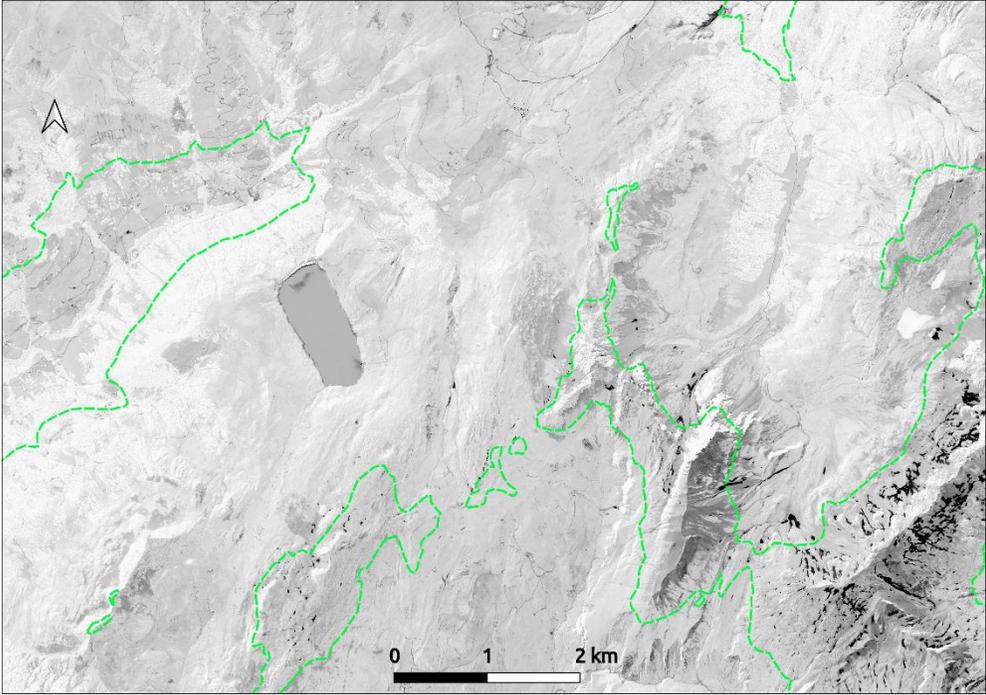
Access to landscape heterogeneity using VHRS texture



$$Entropy = -\sum_{ij} g(i,j) \log_2 g(i,j)$$

(or 0 if  $g(i,j) = 0$ )

Where  $g(i,j)$  is the frequency of the indexed element  $i,j$  in GLCI or Grey Level Co-occurrence Indexed List (optimized equivalent of GLCM for calculation speed)



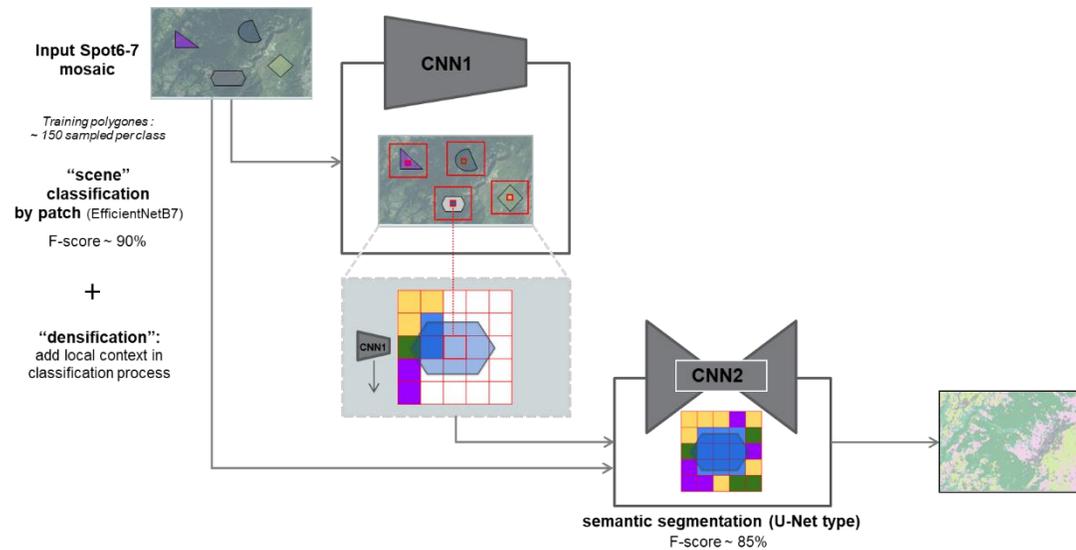
VHRS = panchromatic SPOT6-7 mosaic

GLCM\*\*  
Matrix

\*\*The Grey a pixel of a given grey level appears in a given direction anLevel Co-occurrence Matrix (GLCM) measures the number of times d distance from its neighbours of a given grey level (Park et al., 2002).

# Accéder à l'hétérogénéité de composition

Access to the **vegetation strata** using VHRs CNN classification



- Classification derived of SPOT6-7 images (Pansharpned Mosaic Image)
- 6 classes including 3 vegetation strata: *grassland, heaths, forest* + *water* + *mineral* + *shadows*
- 2 steps process of **Convolutional Neural Network (CNN)**

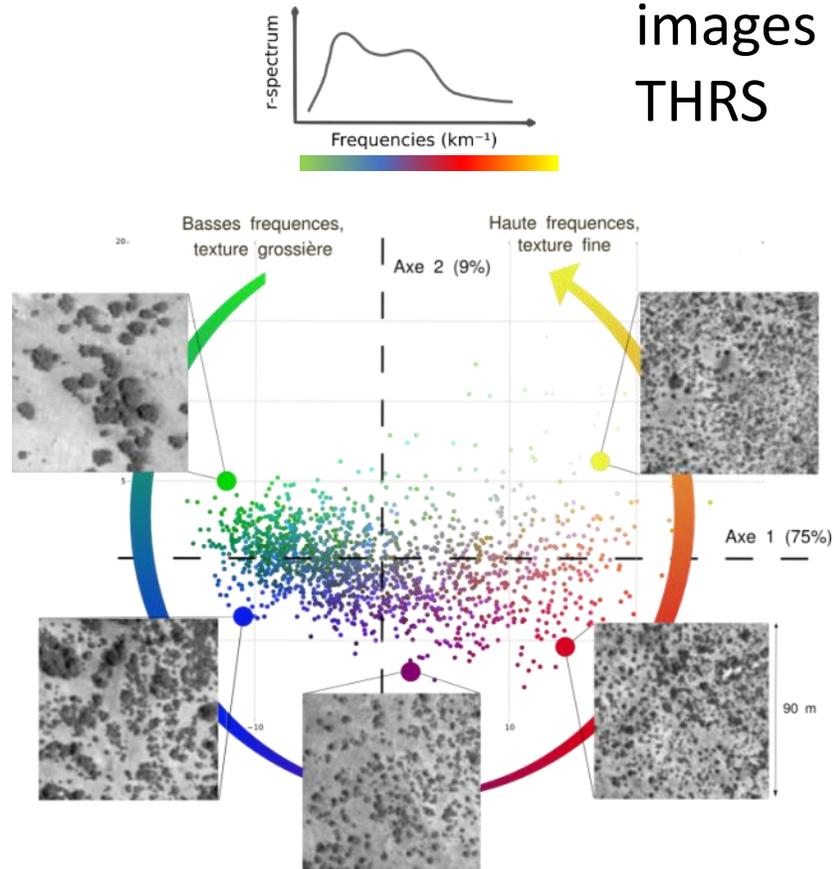


## Classes

- Mineral
- Water
- Grassland
- Heaths
- Forest
- Shadows

# Accéder à l'hétérogénéité

Analyse de la structure de la végétation structure par  
approche FOTO (Fourier textural ordination) (Couteron 2006)



images  
THRS

IN SITU

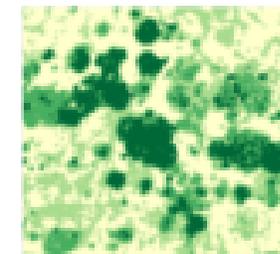
- Terrain
- Télédétection
- Drones



METRIQUES PAYSAGERES

(FragStat)

- Proportions
- Densité des patches
- Compacité
- Fragmentation



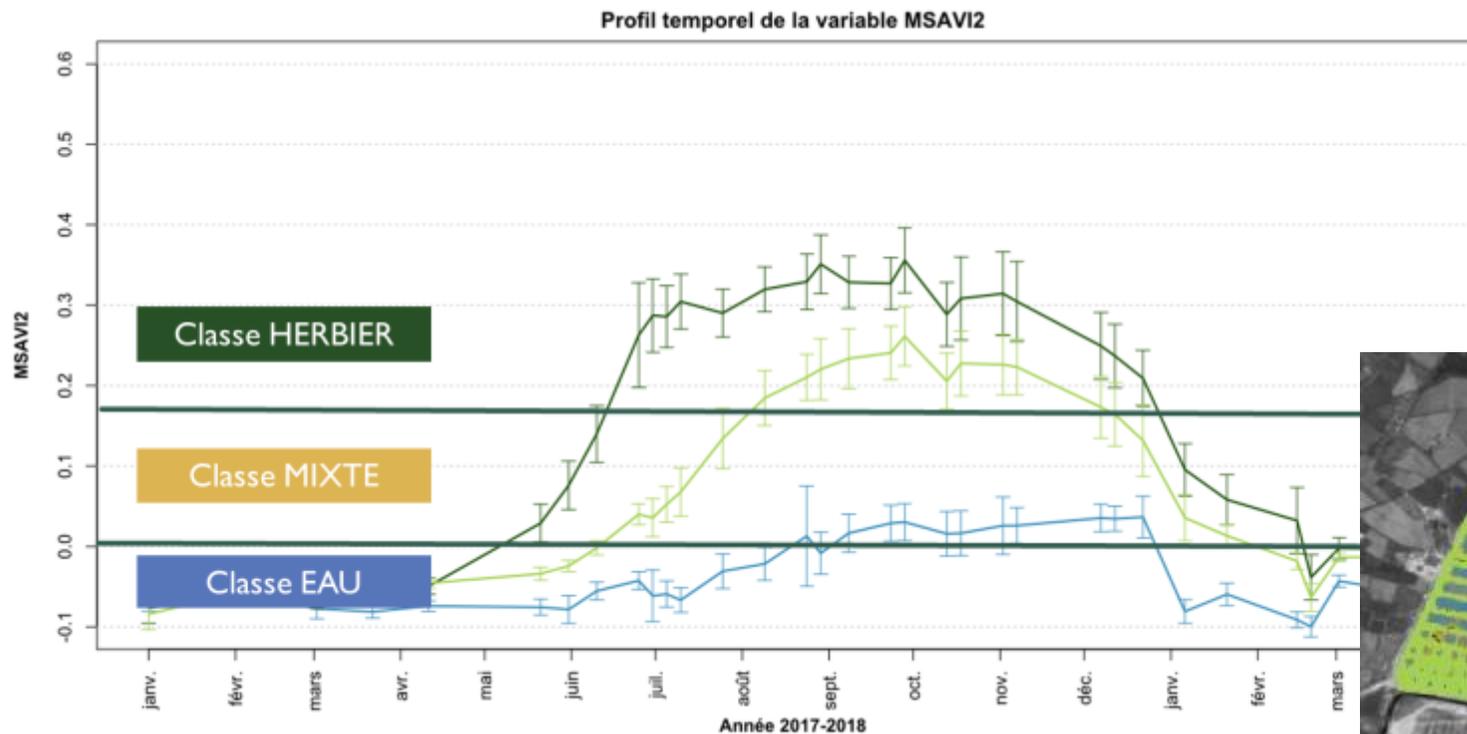
- bare soil
- herbs
- low ligneous
- high ligneous



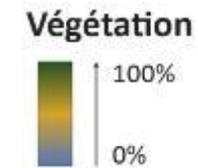
<https://framagit.org/benjaminpillot/fototex>

# Séries temporelles pour suivre l'évolution des écosystèmes (saisonnier)

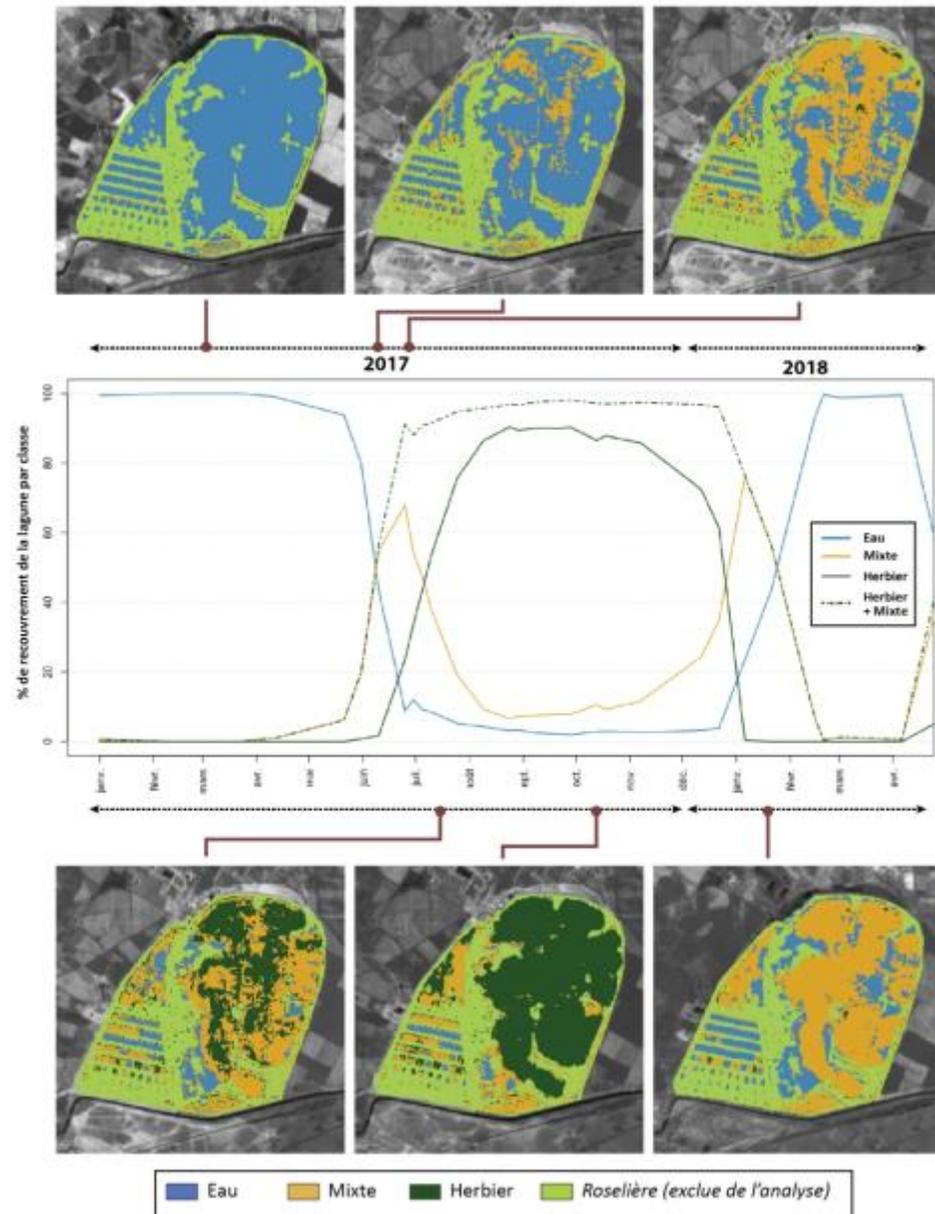
Dynamique spatio-temporelle de l'herbier du Grand Bagnas (Hérault) par télédétection satellitaire (Sentinel-2)



Modified Soil-Adjusted Vegetation Index 2 (NIR/R)



# Séries temporelles pour suivre l'évolution des écosystèmes (saisonnier)

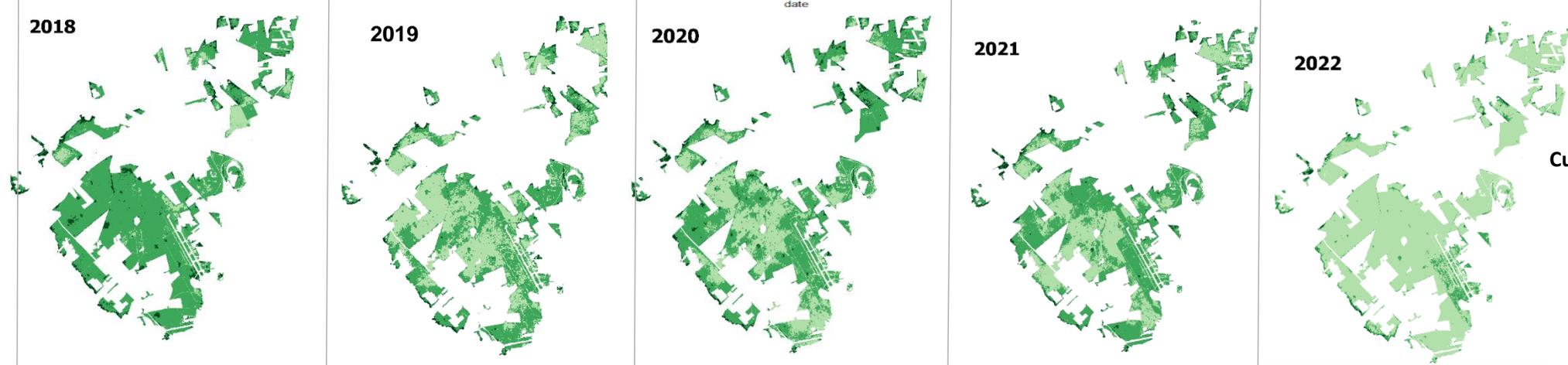
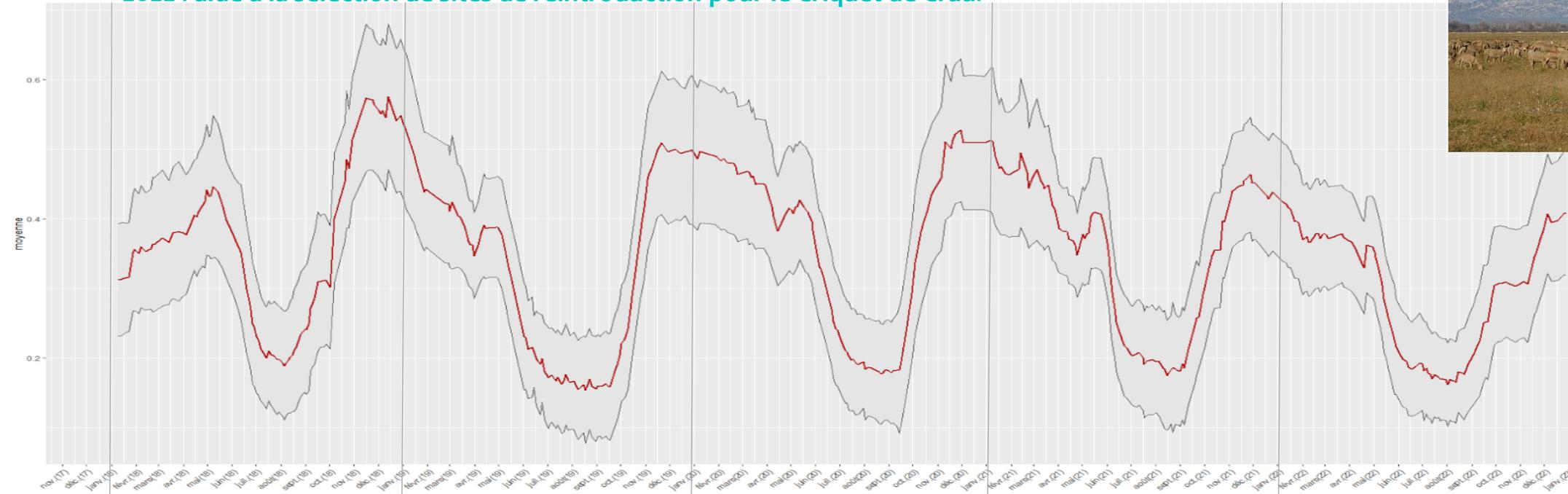


webmapping

Menu, M. , Papuga, G., Andrieu, F., Debarros, G., Fortuny, X., Alleaume, S., Pitard, E., 2021, Towards a better understanding of grass bed dynamics using remote sensing at high spatial and temporal resolutions. Estuarine, Coastal and Shelf Science, vol. 251. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2021.107229>.

# Séries temporelles pour suivre l'évolution des écosystèmes (interannuel)

Étude par télédétection de l'évolution spatio-temporelle de la végétation sur la plaine de la Crau de 2018 à 2022 : aide à la sélection de sites de réintroduction pour le Criquet de Crau.

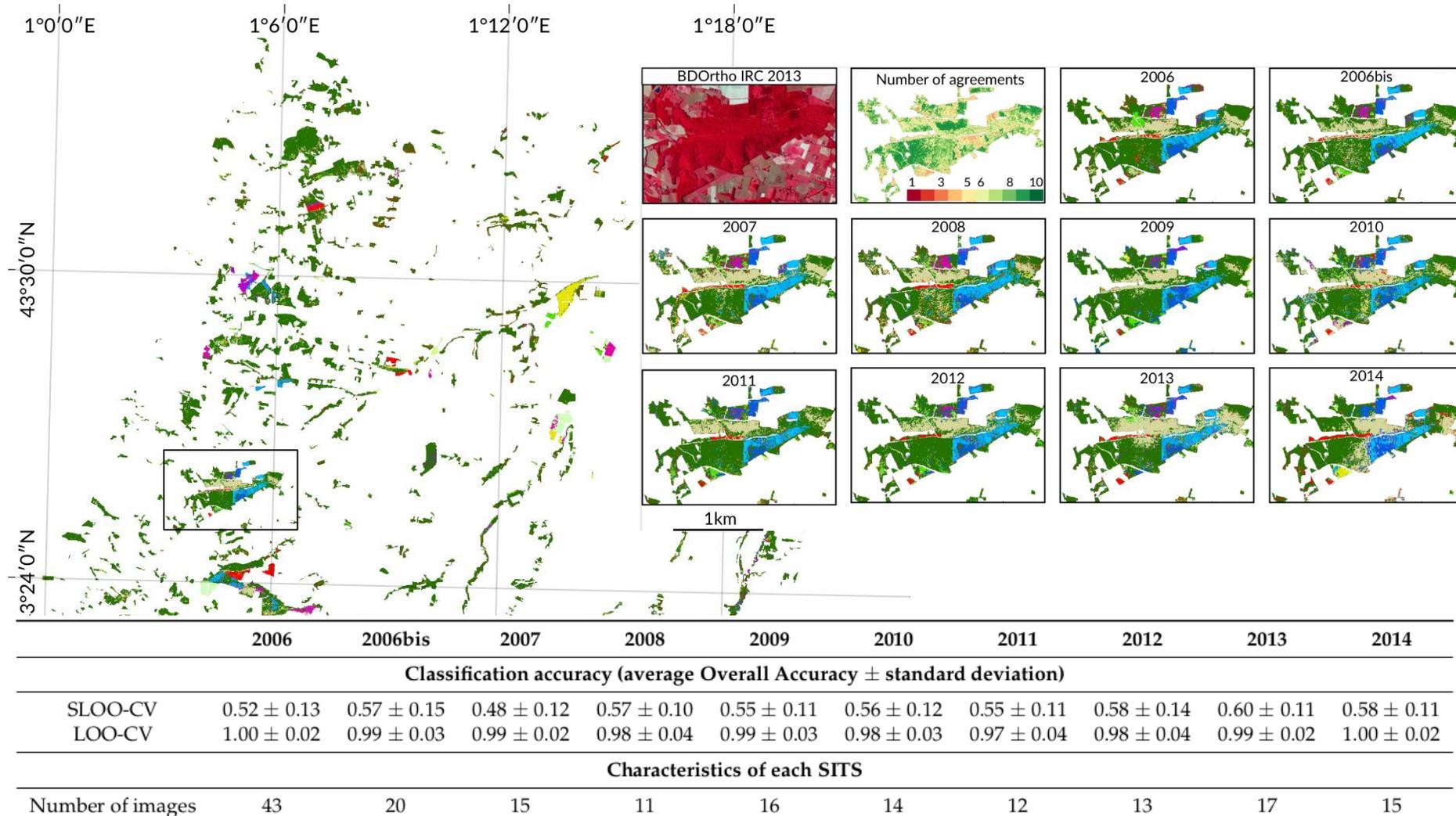


Cumul de production végétale

- Très faible
- Faible
- Moyen
- Fort

# Modéliser la distribution d'essences forestières

## Apport de la dimension temporelle des images satellitaires (FORMOSAT-2)

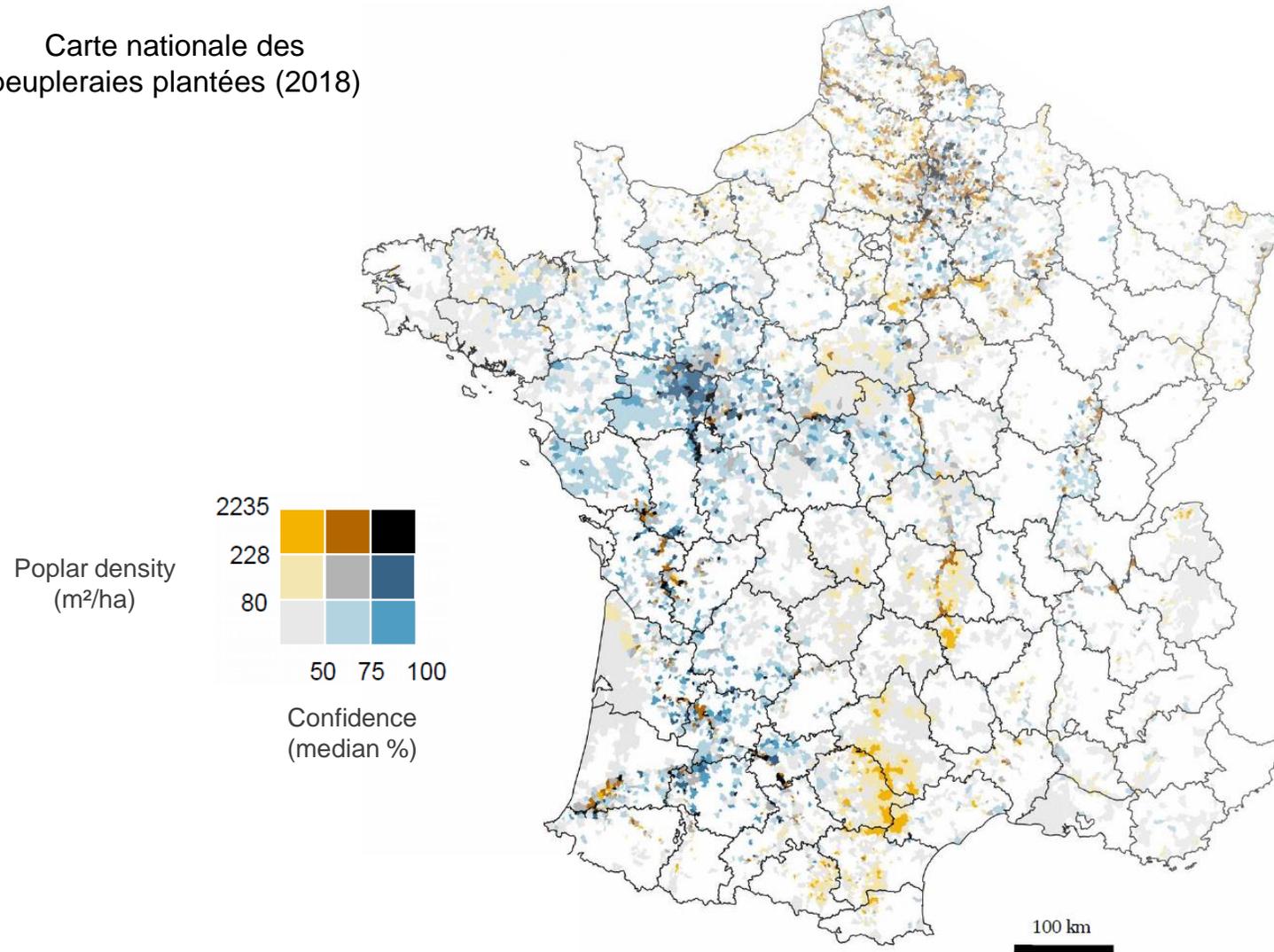


Karasiak, N.; Dejoux, J.-F.; Fauvel, M.; Willm, J.; Monteil, C.; Sheeren, D. (2019). Statistical Stability and Spatial Instability in Mapping Forest Tree Species by Comparing 9 Years of Satellite Image Time Series. *Remote Sens.*, 11, 2512

# Modéliser la distribution d'essences forestières

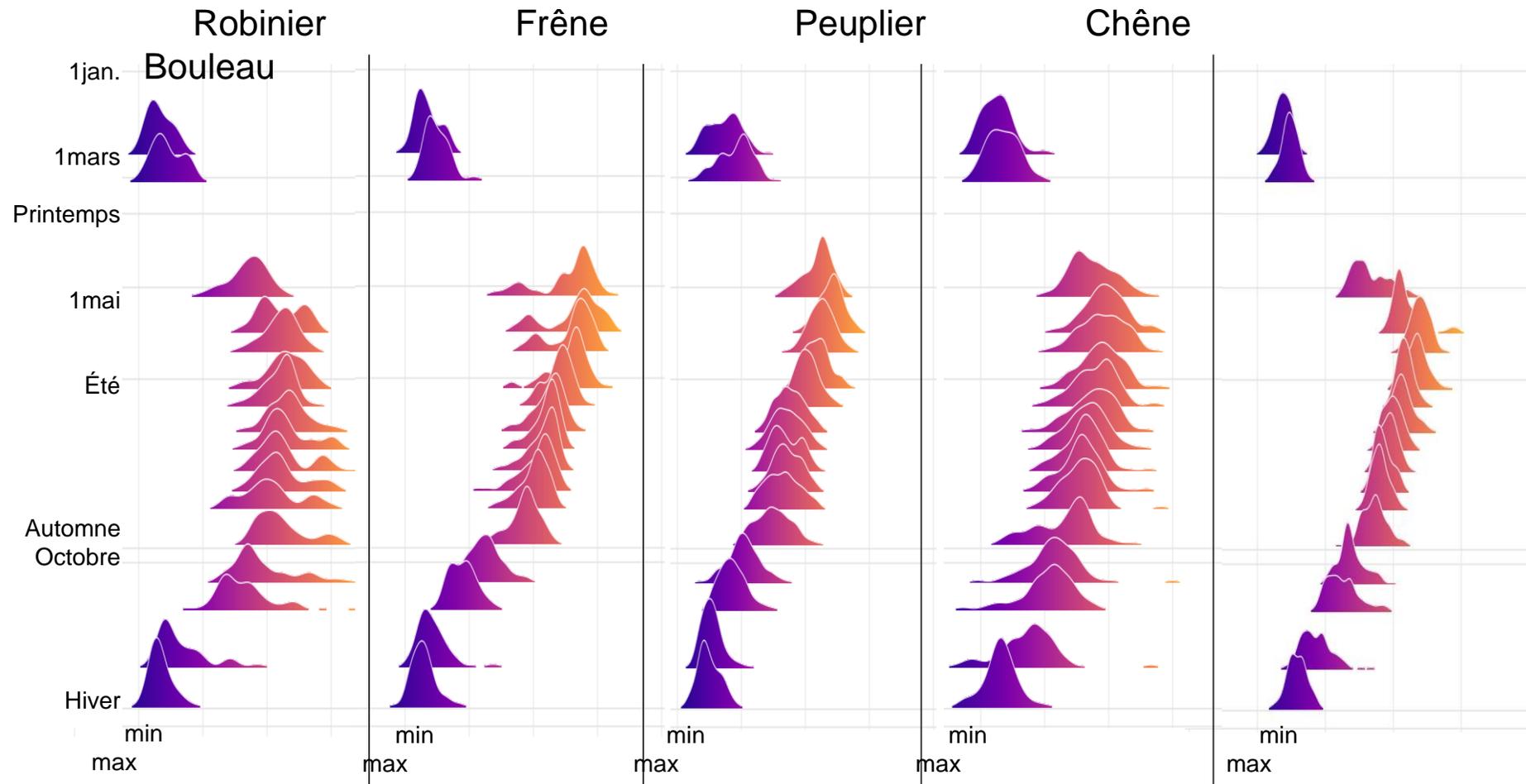
Apport de la dimension temporelle des images satellitaires (Sentinel-2)

Carte nationale des  
peupleraies plantées (2018)



# Suivre la phénologie d'essences forestières

Apport de la dimension temporelle des images satellitaires



Année 2013 (bande PIR)

N. Karasiak (2020). Cartographie des essences forestières à partir de séries temporelles d'images satellitaires à hautes résolutions : stabilité des prédictions, autocorrélation spatiale et cohérence avec la phénologie observée in situ, *Thèse de doctorat*, Toulouse INP.

N. Karasiak, M. Fauvel, J.-F. Dejoux, C. Monteil, D. Sheeren (2020). Optimal dates for deciduous tree species mapping using full years Sentinel-2 time series in south west france. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, V-3-2020 :469–476.

# Suivre la phénologie d'essences forestières

## Apport de la dimension temporelle des images satellitaires (Sentinel-2)

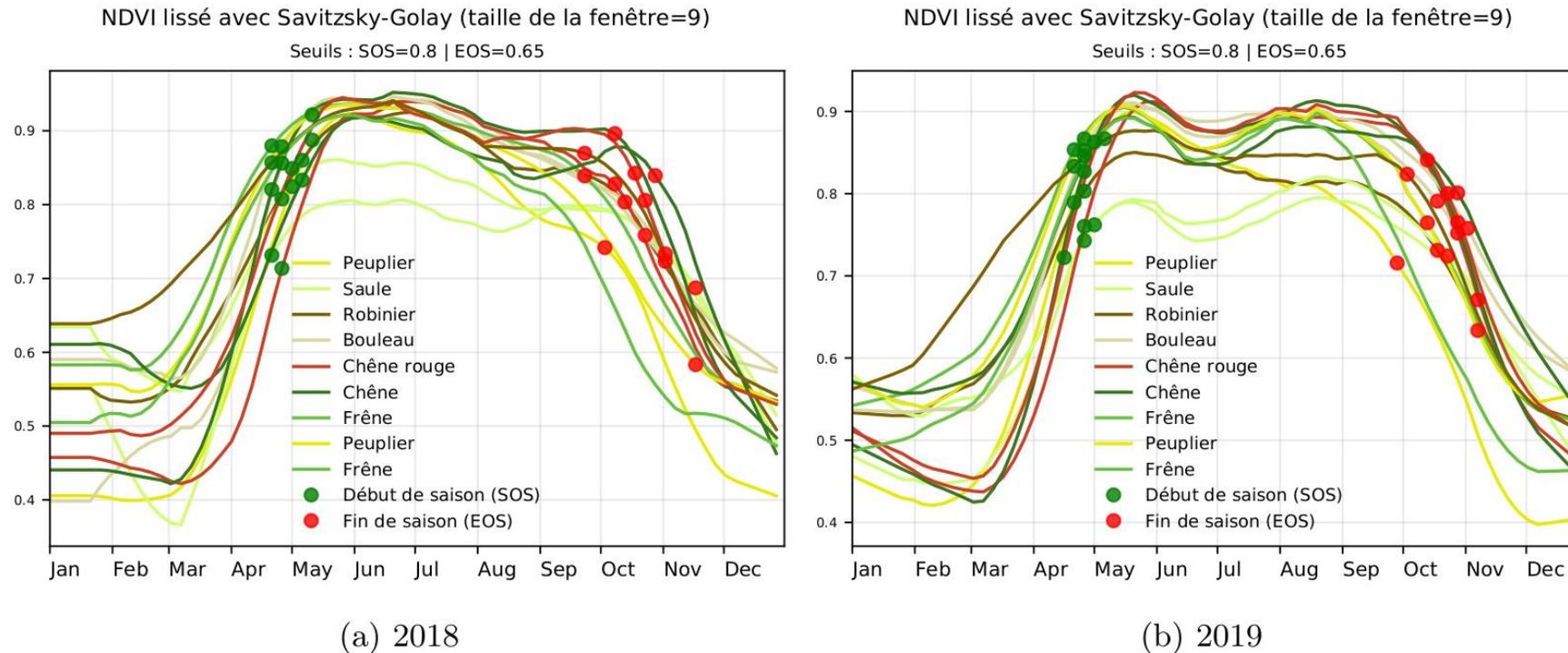


FIGURE 4.9 – Série temporelle du NDVI avec un lissage de Savitzky-Golay utilisant une taille de fenêtre de 9 avec un seuil de début de saison fixé à 80% de l'amplitude et 65% pour la fin de saison. Ce paramètre permet de détecter le début de saison (BBCH=19) avec une erreur de l'ordre de 6,5 jours.

N. Karasiak (2020). Cartographie des essences forestières à partir de séries temporelles d'images satellitaires à hautes résolutions : stabilité des prédictions, autocorrélation spatiale et cohérence avec la phénologie observée in situ, *Thèse de doctorat*, Toulouse INP.

N. Karasiak, M. Fauvel, J.-F. Dejoux, C. Monteil, D. Sheeren (2020). Optimal dates for deciduous tree species mapping using full years Sentinel-2 time series in south west france. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, V-3-2020 :469–476.

# Suivre la phénologie d'essences forestières

## Apport de la dimension temporelle des images satellitaires (Sentinel-2)

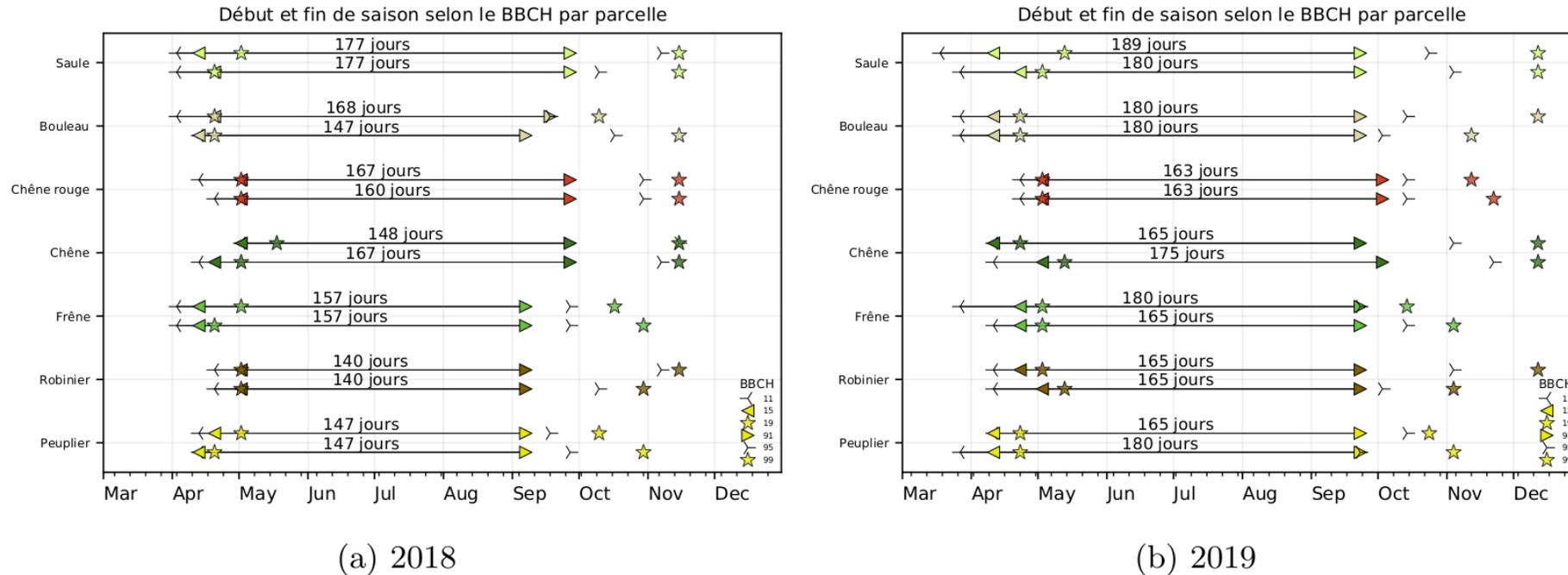


FIGURE 4.8 – Résumé des dates de débuts de saison (BBCH=11, 15 et 19) et des fins de saisons (BBCH=91, 95 et 99) observées sur le terrain pour les quatorze parcelles suivies en 2018 et 2019. La longueur de la saison a été calculée entre la date où le BBCH  $\geq 91$  a été observée pour la première fois dans l'année et la date du BBCH  $\geq 11$  [Kalvane et al., 2009; Meier, 1997].

N. Karasiak (2020). Cartographie des essences forestières à partir de séries temporelles d'images satellitaires à hautes résolutions : stabilité des prédictions, autocorrélation spatiale et cohérence avec la phénologie observée in situ, *Thèse de doctorat*, Toulouse INP.

N. Karasiak, M. Fauvel, J.-F. Dejoux, C. Monteil, D. Sheeren (2020). Optimal dates for deciduous tree species mapping using full years Sentinel-2 time series in south west france. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, V-3-2020 :469–476.

# Suivre la phénologie d'essences forestières

## Apport de la dimension temporelle des images satellitaires (Sentinel-2)

TABLEAU 4.4 – Erreur moyenne absolue (MAE) en jours, calculée en comparant la date détectée in situ avec le meilleur seuil à partir des indices ACORVI, LAnthoC, LCaroC, LChloC et NDVI. La date correspond à la première fois où les stades BBCH $\geq$ 11, BBCH  $\geq$ 15 et BBCH $\geq$ 19 ont été observés lors des observations in situ. Les chiffres en gras correspondent au meilleur MAE par stade BBCH.

Indice	2018			2019		
	BBCH=11	BBCH=15	BBCH=19	BBCH=11	BBCH=15	BBCH=19
ACORVI	5.1	3.9	<b>6.5</b>	10,2	8.4	<b>6.4</b>
LAnthoC	9.9	8	11.1	<b>6.9</b>	4.6	8.1
LCaroC	9.5	7.6	9.9	8.1	<b>3.9</b>	8.2
LChloC	<b>5</b>	<b>3.4</b>	6.8	8.5	4.9	7.1
NDVI	5.1	3.9	<b>6.5</b>	10,2	8.4	<b>6.4</b>

N. Karasiak (2020). Cartographie des essences forestières à partir de séries temporelles d'images satellitaires à hautes résolutions : stabilité des prédictions, autocorrélation spatiale et cohérence avec la phénologie observée in situ, *Thèse de doctorat*, Toulouse INP.

N. Karasiak, M. Fauvel, J.-F. Dejoux, C. Monteil, D. Sheeren (2020). Optimal dates for deciduous tree species mapping using full years Sentinel-2 time series in south west france. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, V-3-2020 :469–476.

# Suivre la phénologie d'essences forestières

Comprendre la relation signal-terrain

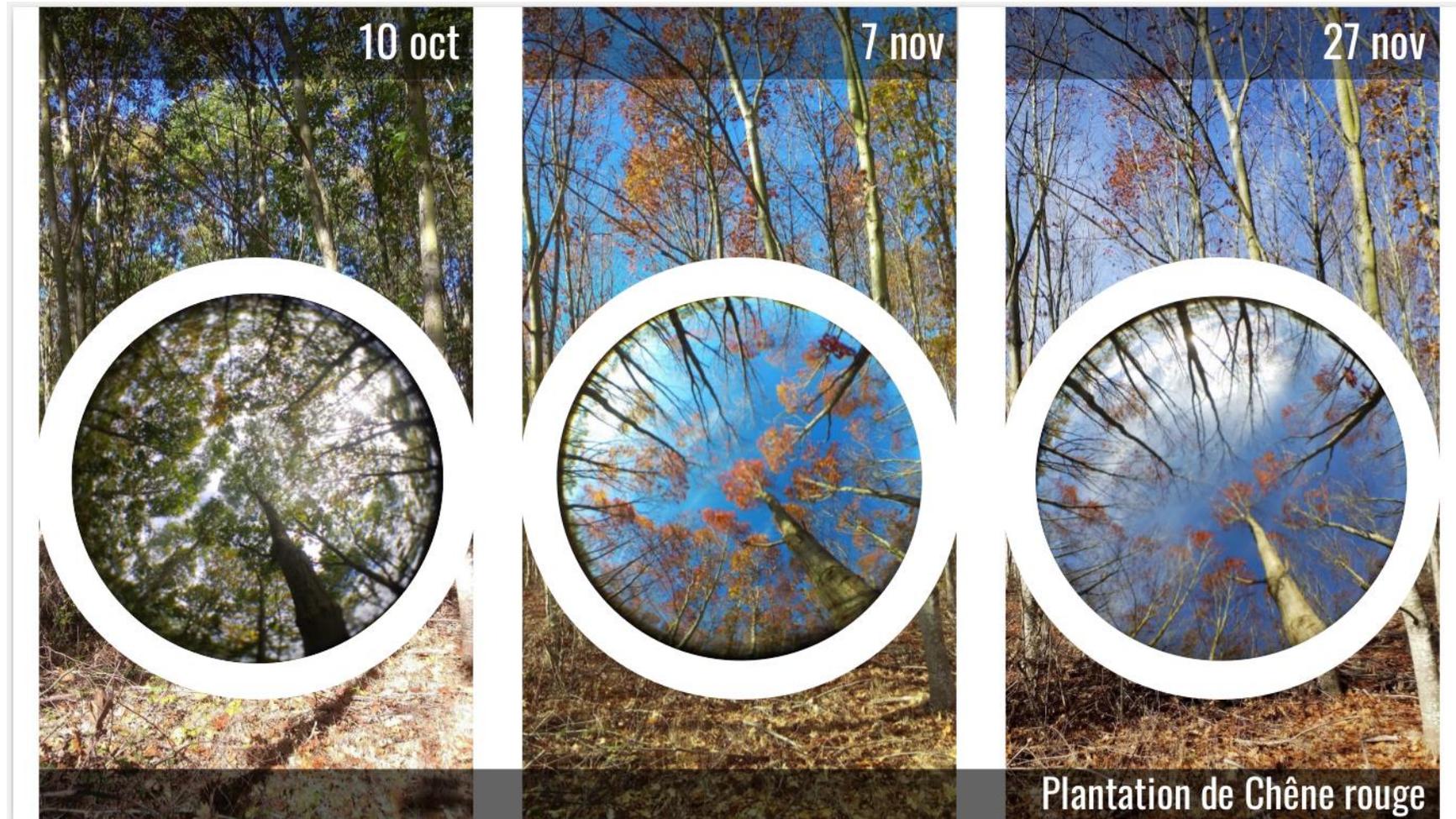


N. Karasiak (2020). Cartographie des essences forestières à partir de séries temporelles d'images satellitaires à hautes résolutions : stabilité des prédictions, autocorrélation spatiale et cohérence avec la phénologie observée in situ, *Thèse de doctorat*, Toulouse INP.

N. Karasiak, M. Fauvel, J.-F. Dejoux, C. Monteil, D. Sheeren (2020). Optimal dates for deciduous tree species mapping using full years Sentinel-2 time series in south west france. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, V-3-2020 :469–476.

# Suivre la phénologie d'essences forestières

Comprendre la relation signal-terrain

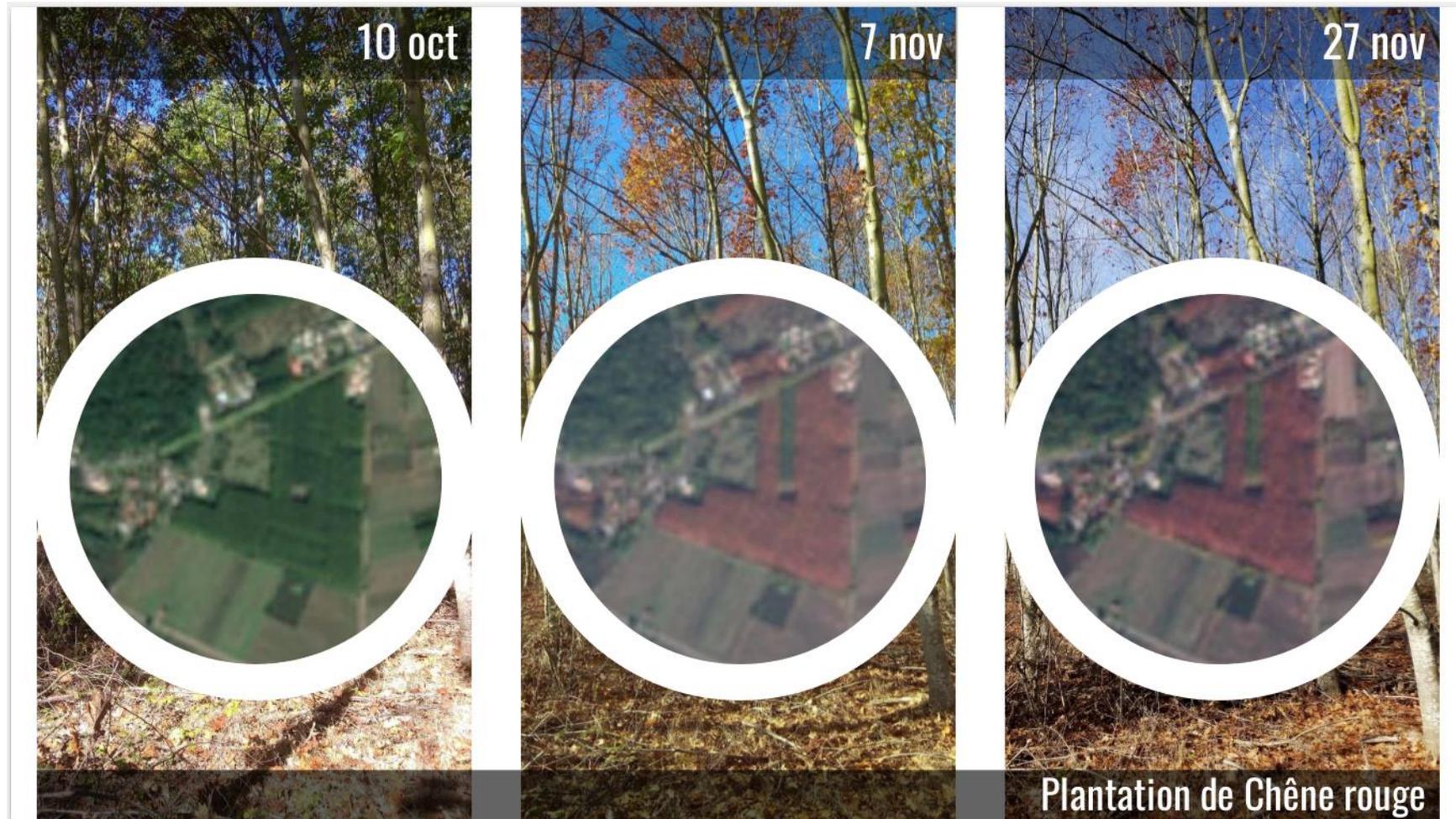


N. Karasiak (2020). Cartographie des essences forestières à partir de séries temporelles d'images satellitaires à hautes résolutions : stabilité des prédictions, autocorrélation spatiale et cohérence avec la phénologie observée in situ, *Thèse de doctorat*, Toulouse INP.

N. Karasiak, M. Fauvel, J.-F. Dejoux, C. Monteil, D. Sheeren (2020). Optimal dates for deciduous tree species mapping using full years Sentinel-2 time series in south west france. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, V-3-2020 :469–476.

# Suivre la phénologie d'essences forestières

Comprendre la relation signal-terrain



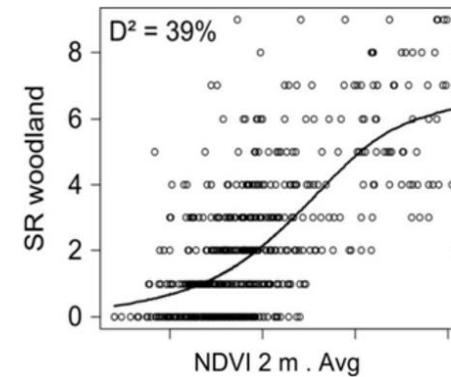
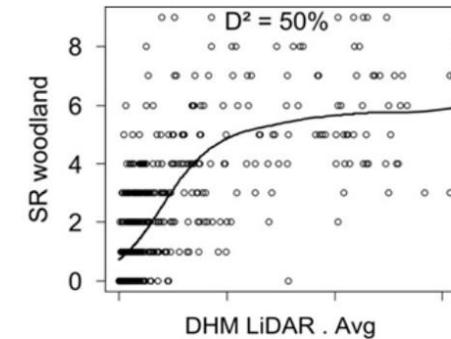
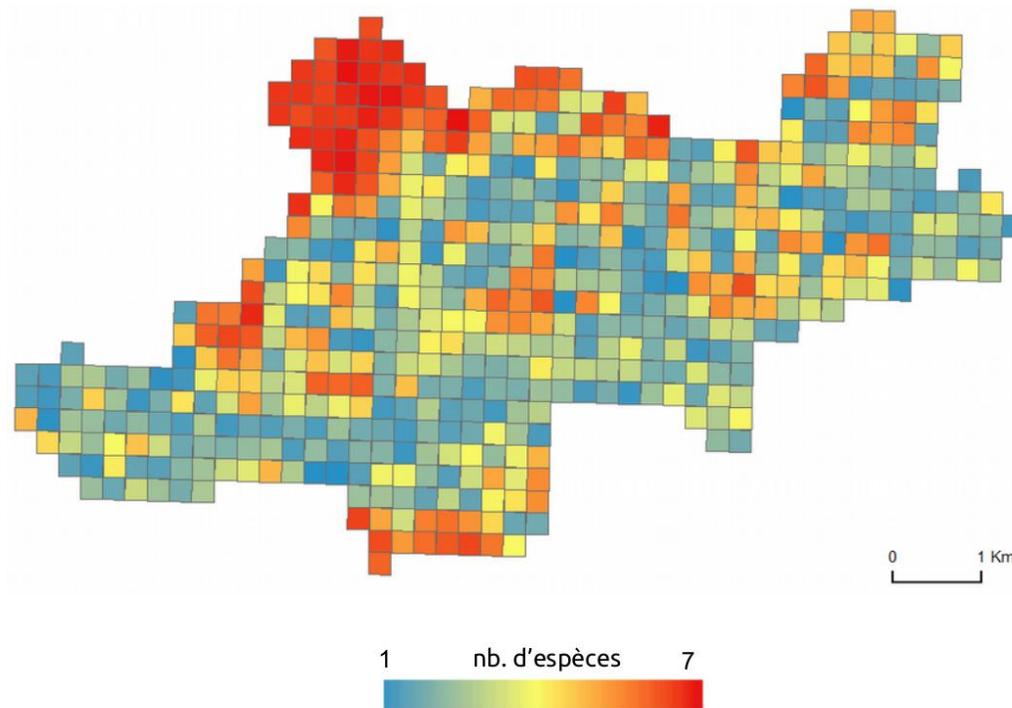
N. Karasiak (2020). Cartographie des essences forestières à partir de séries temporelles d'images satellitaires à hautes résolutions : stabilité des prédictions, autocorrélation spatiale et cohérence avec la phénologie observée in situ, *Thèse de doctorat*, Toulouse INP.

N. Karasiak, M. Fauvel, J.-F. Dejoux, C. Monteil, D. Sheeren (2020). Optimal dates for deciduous tree species mapping using full years Sentinel-2 time series in south west france. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, V-3-2020 :469–476.

# Modéliser la diversité de communautés d'oiseaux

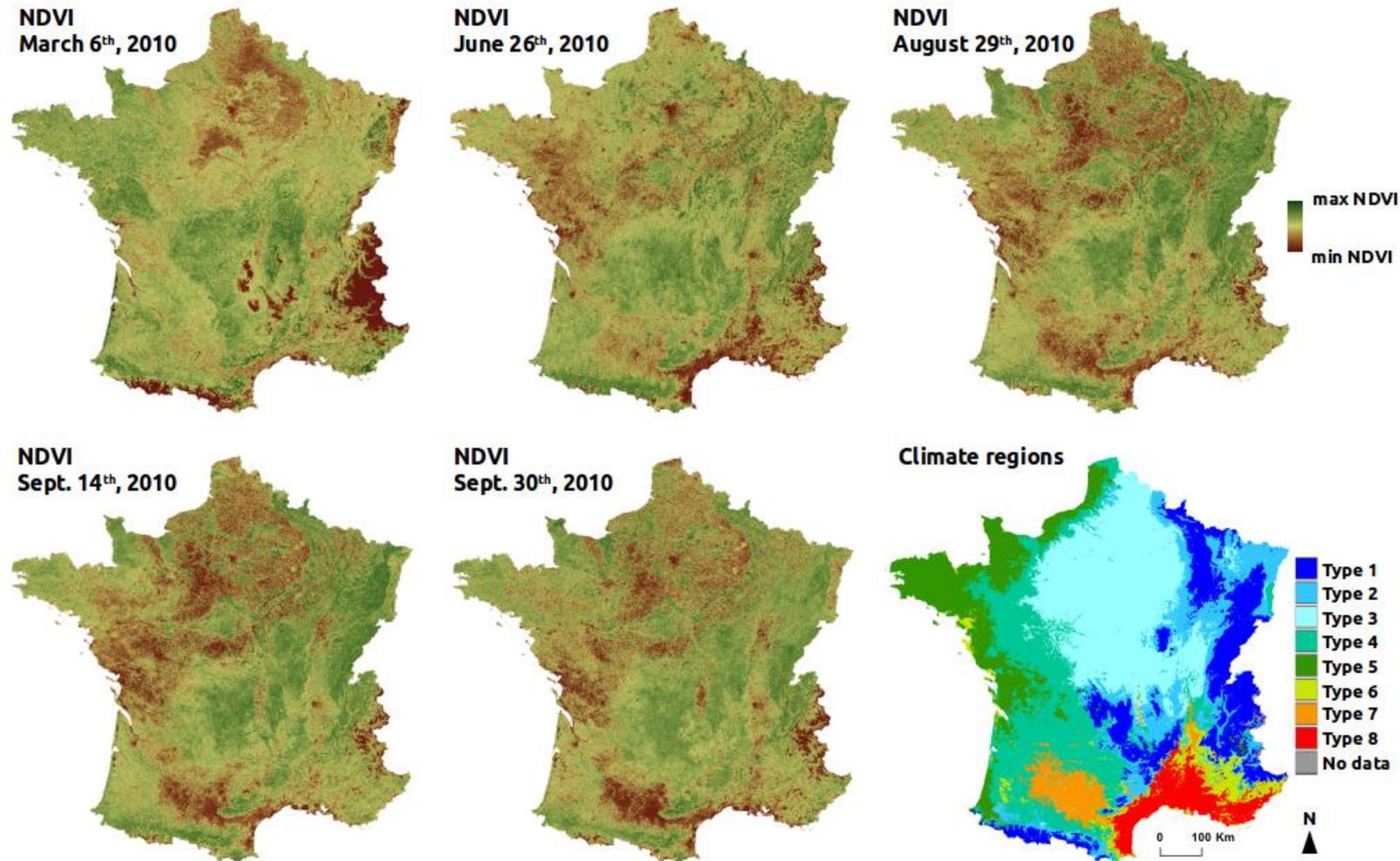
L'hétérogénéité spatiale de l'info. **spectrale et verticale** comme proxy de celle des habitats

Richesse spécifique en oiseaux des milieux forestiers  
estimée à partir de données LiDAR et NDVI



# Modéliser la diversité de communautés d'oiseaux

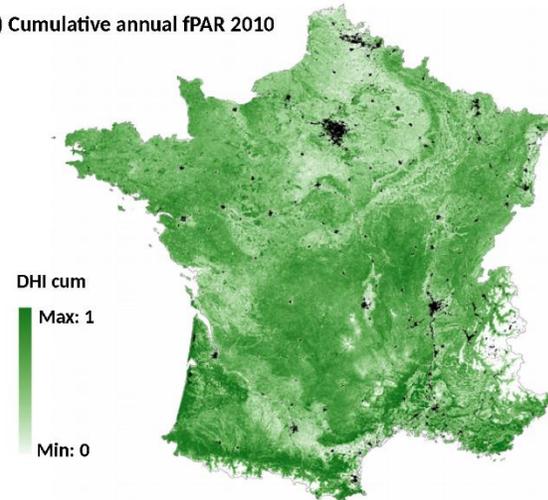
L'hétérogénéité spatiale de l'info. **spectrale et temporelle** comme proxy de celle des habitats



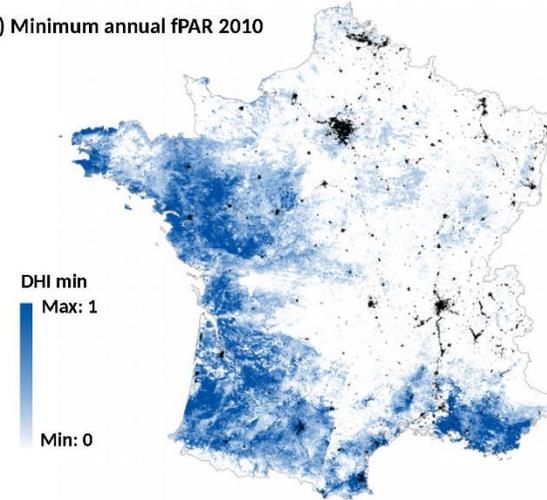
# Modéliser la diversité de communautés d'oiseaux

L'hétérogénéité spatiale de l'info. **spectrale et temporelle** comme proxy de celle des habitats

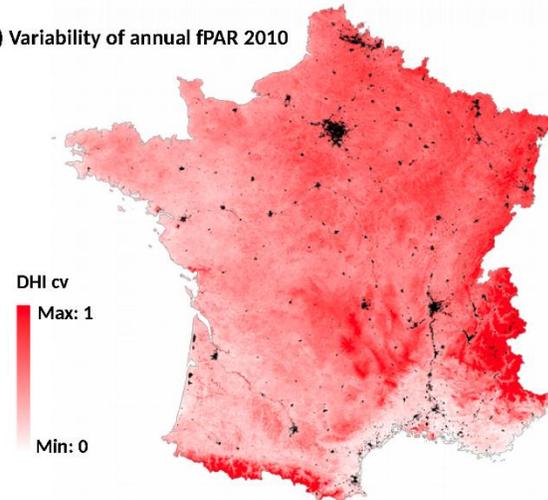
(a) Cumulative annual fPAR 2010



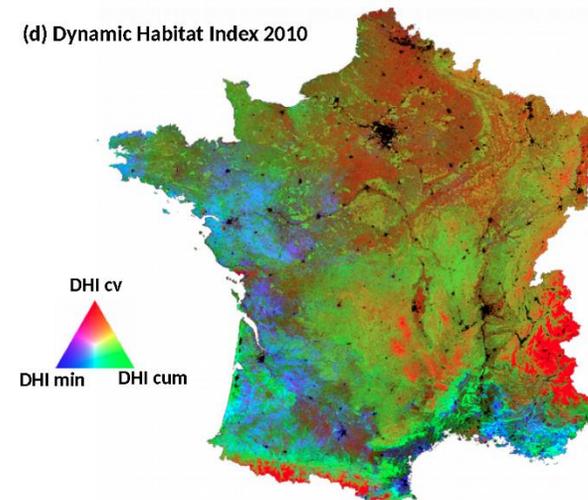
(b) Minimum annual fPAR 2010



(c) Variability of annual fPAR 2010

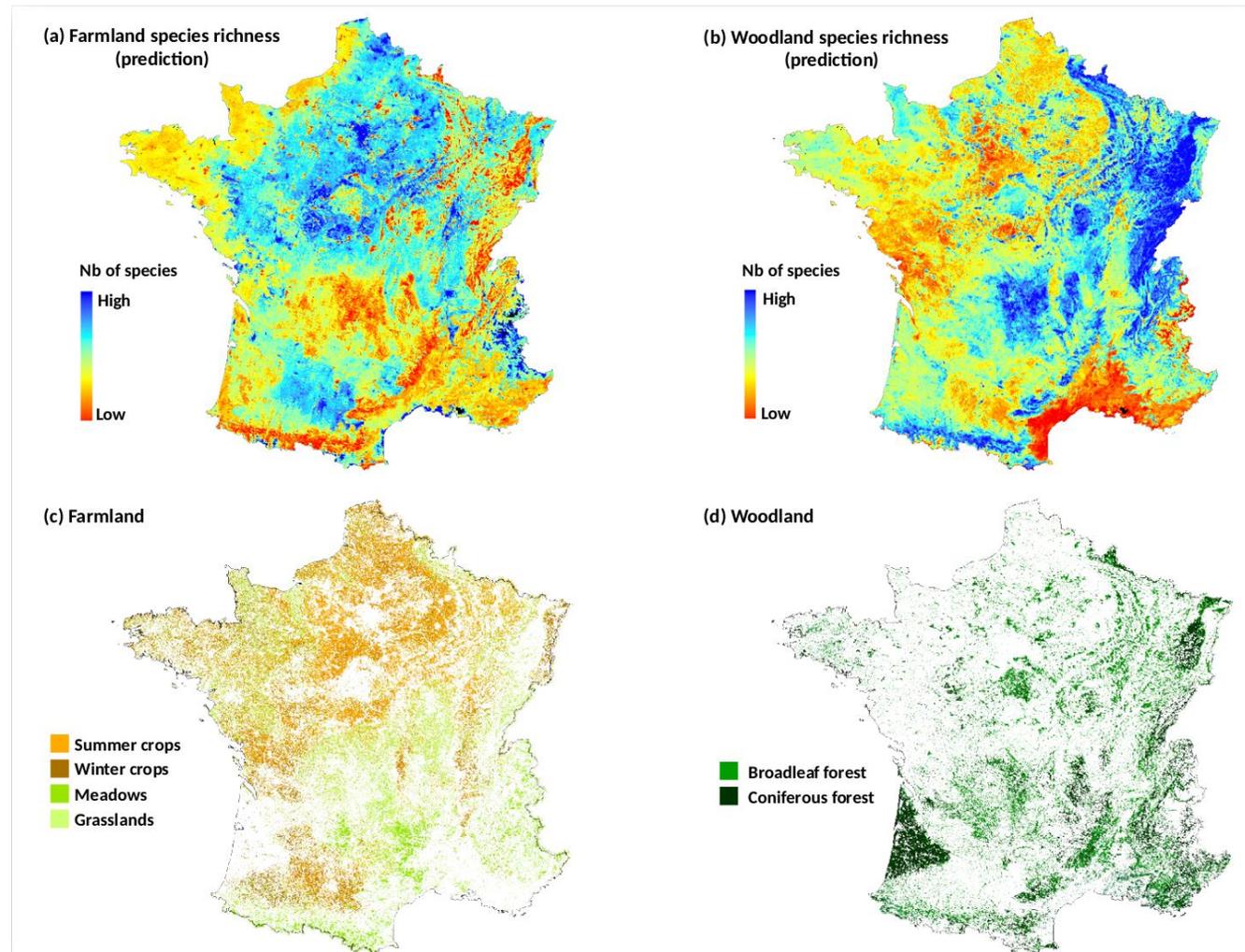


(d) Dynamic Habitat Index 2010



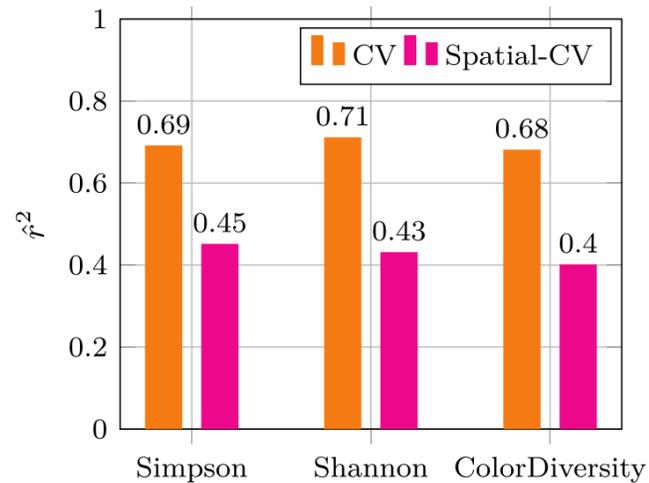
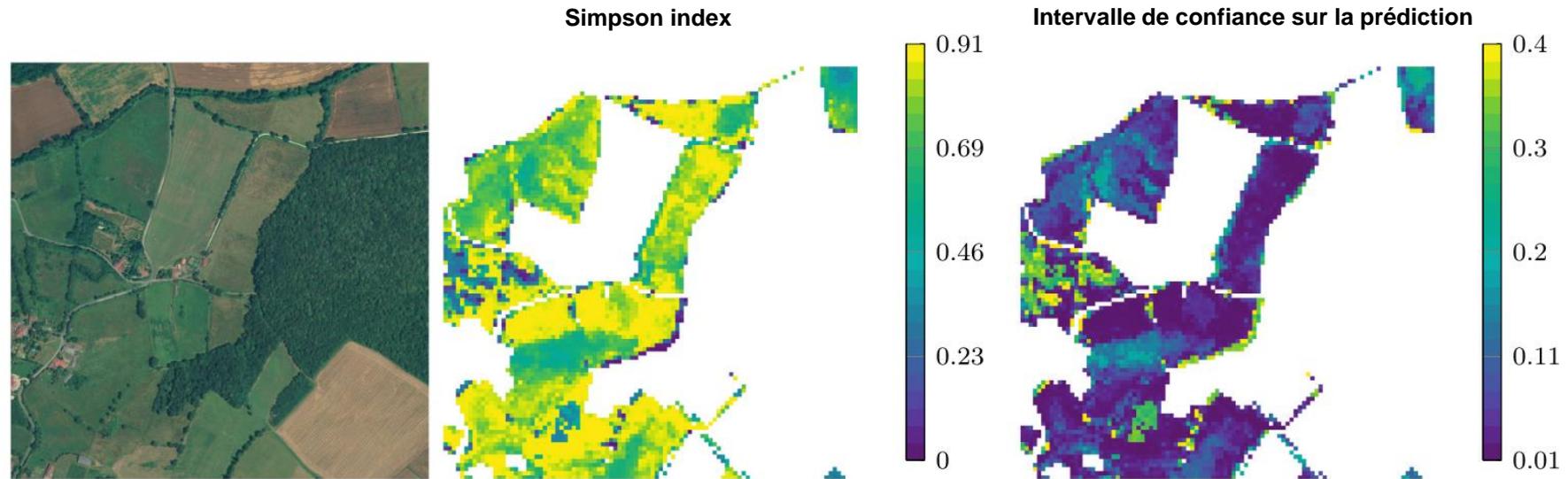
# Modéliser la diversité de communautés d'oiseaux

L'hétérogénéité spatiale de l'info. **spectrale et temporelle** comme proxy de celle des habitats



# Modéliser la diversité des communautés végétales (prairies)

L'hétérogénéité spatiale de l'info. **spectrale et temporelle** comme proxy



# Bilan : télédétection et biodiversité

		TYPE DE CAPTEUR DE TELEDETECTION					
		Très grande résolution spatiale Pleiade Spot 6&7	Moyenne à haute résolution spatiale / résolution temporelle Sentinel 2 Landsat	Résolution spatiale grossière et très grande AVHRR MODIS	Hyperspectrale EnMAP PRISMA CHIME	Balayage Laser Lidar HD Gedeye	Capteur micro-ondes actif Sentinel 1
INDIVIDU 	Présence	++	-	-	+	++	-
	Espèce	+	-	-	++	-	-
POPULATION 	Espèce	++	+	-	++	-	-
	Phénologie	++	++	-	-/+	-	-/+
	Structure	+	+	-/+	+	++	+
	État de conservation	+	++	+	-/+	-/+	-/+
COMMUNAUTE 	Structure	++	+	+	+	++	+
	Diversité (richesse)	++	+	-/+	++	-	-
	Fragmentation	++	++	+	+	+	+
	Détection de changement	+	++	+	-/+	-/+	+
PAYSAGE 	Diversité (richesse)	+	++	++	-	-	-/+
	Détection de changement	-	++	++	-	-	++

Adapté de Corbane, C., Lang, S. Pipkins, K., Alleaume, S. Deshayes, M. García Millán, V.E. , Strasser, T., Vanden Borre, J., Spanhove, T. et Förster, M, 2015. "Remote Sensing for Mapping Natural Habitats and Their Conservation Status – New Opportunities and Challenges." International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 37 (2015): 7–16.

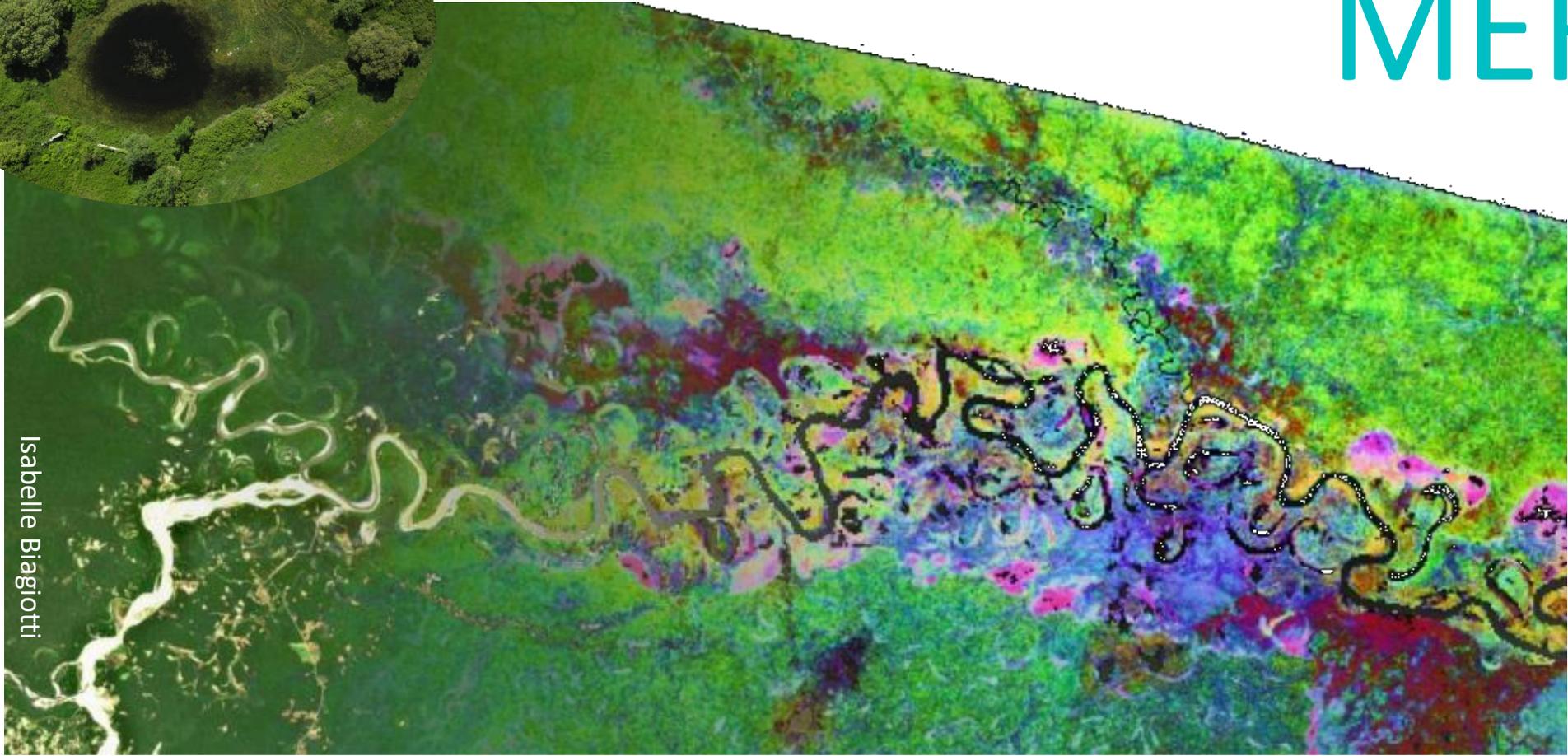
# Téledétection et biodiversité

Le potentiel de l'utilisation d'informations issue de la télédétection pour l'étude de la biodiversité a été discuté et exploré durant les 20 dernières années

- 😊 **Acquisitions satellites peu coûteuses (une fois le satellite en orbite...)**
- 😊 **Information spatialement exhaustive, potentiellement adaptée pour un suivi sur sites de taille limitée aussi bien que sur des régions entières**
- 😊 **Informations spatiales, spectrale et temporelle riches et variées**
- 😞 **Un certain nombre de défis technologiques et méthodologiques à relever**
- 😞 **Améliorer l'adéquation entre besoins des écologues et solutions techniques**
- 😞 **Disponibilité d'informations terrain souvent réduite**



MERCI !



Isabelle Biagiotti