

Téledétection pour évaluer la biodiversité

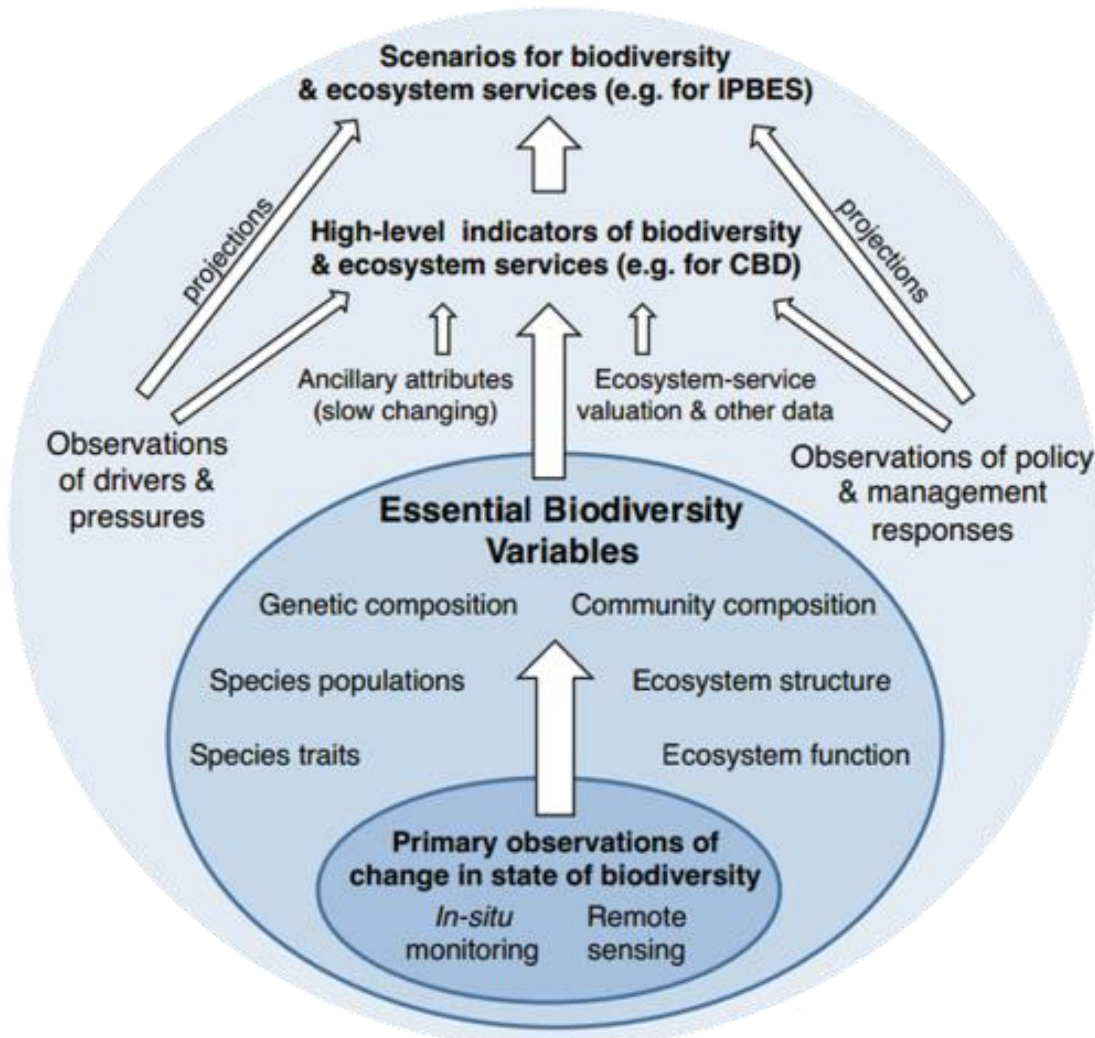
Samuel Alleaume, David Sheeren, Jean-Baptiste Féret



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

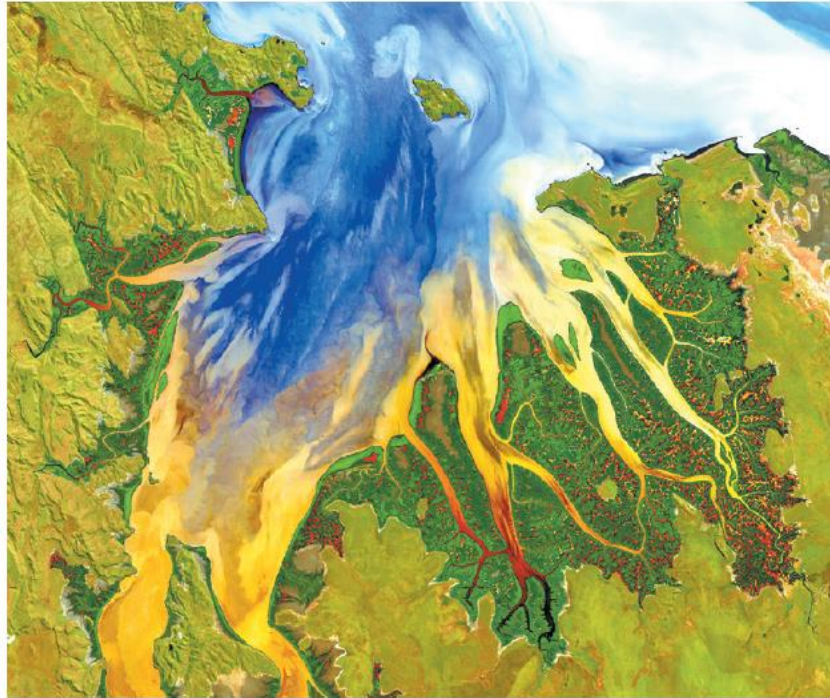
« Et si j'utilisais la télédétection pour aborder mes questions de recherche. »

Des variables **essenti**elles 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)

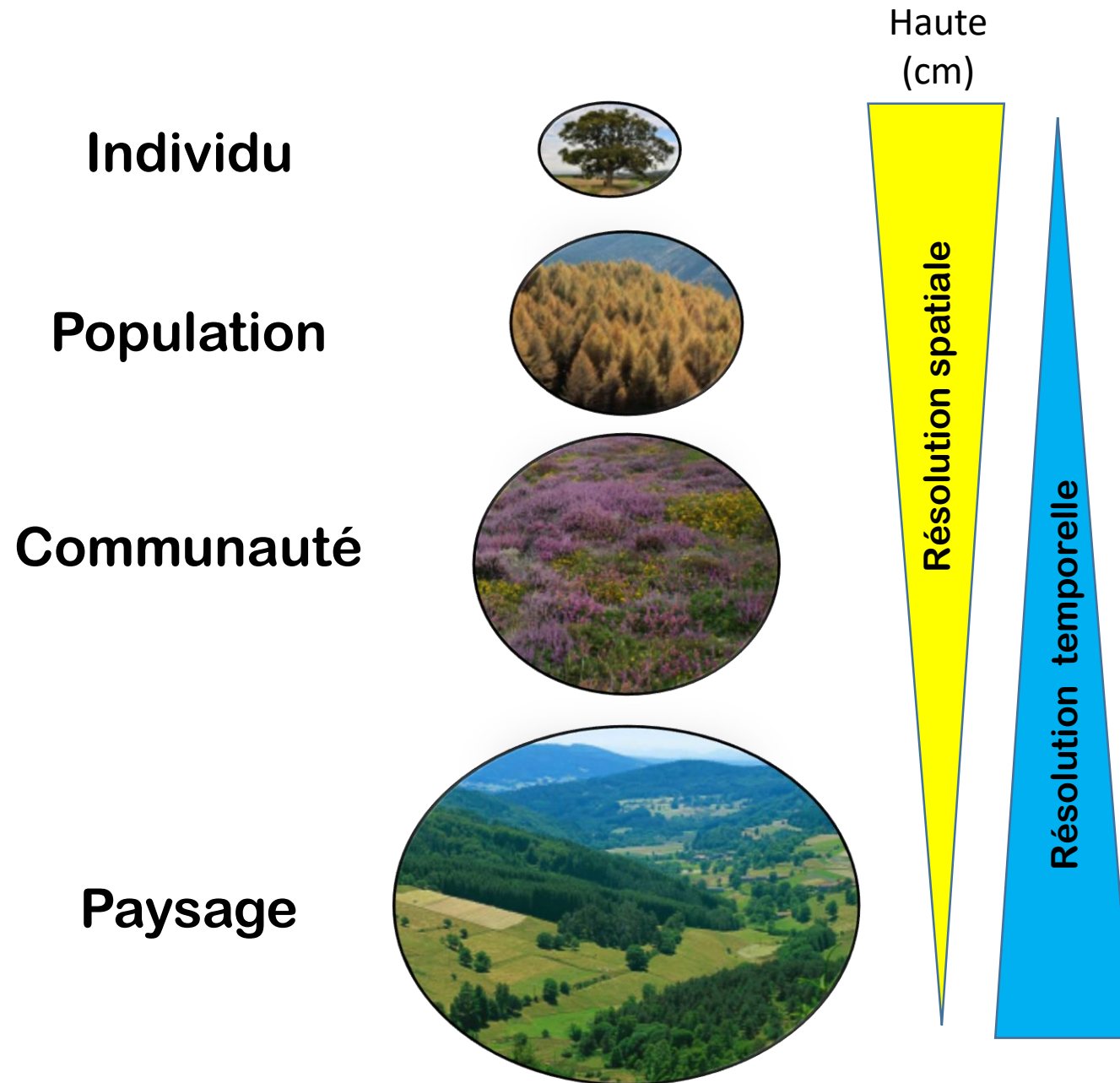
Ecosystem structure

- 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

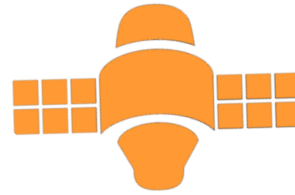
Résolution temporelle

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

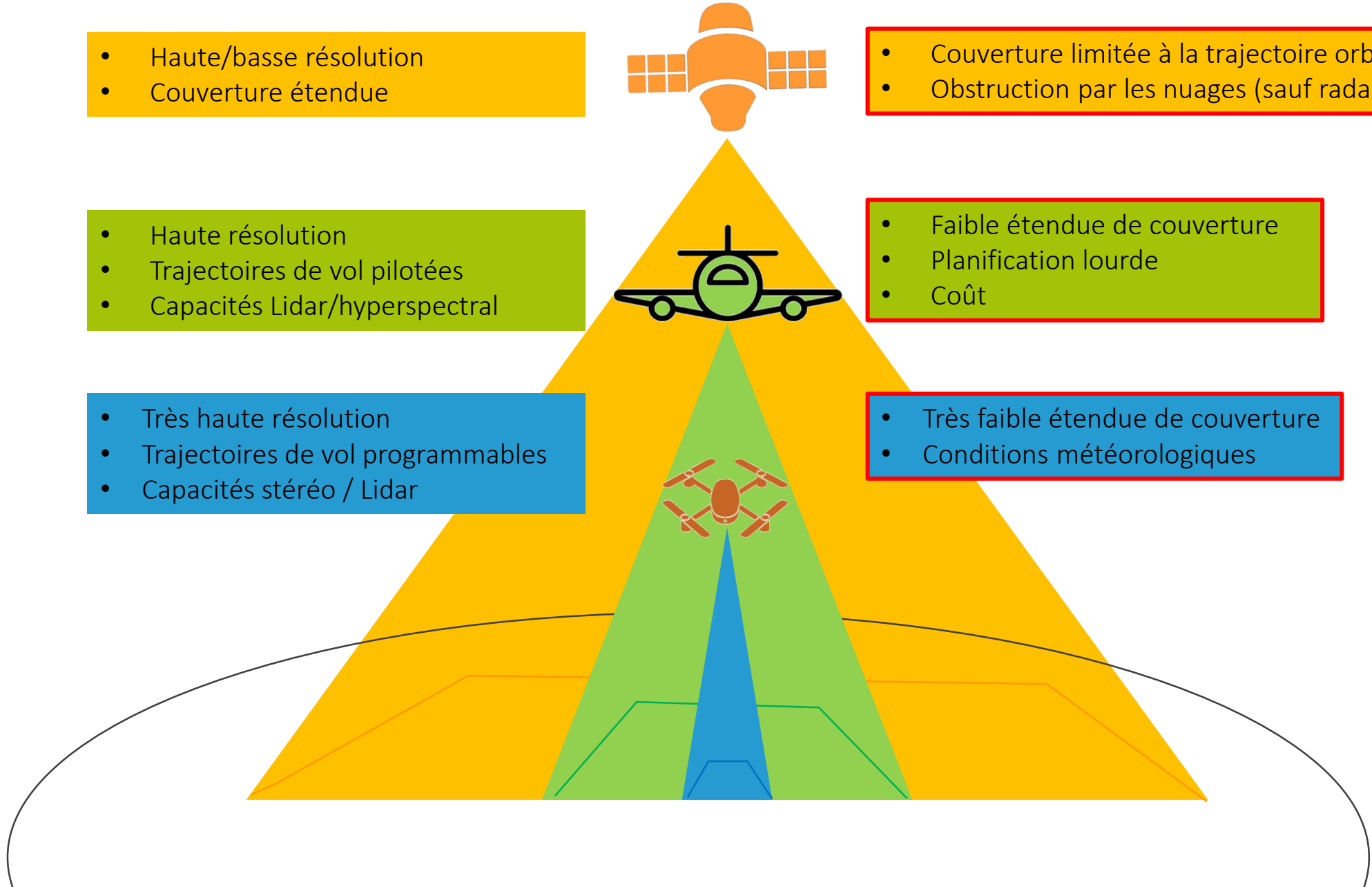


INCONVENIENTS

- 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

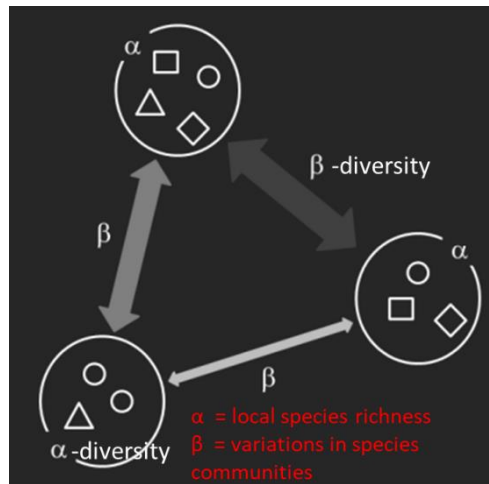


Evaluer la biodiversité spectrale

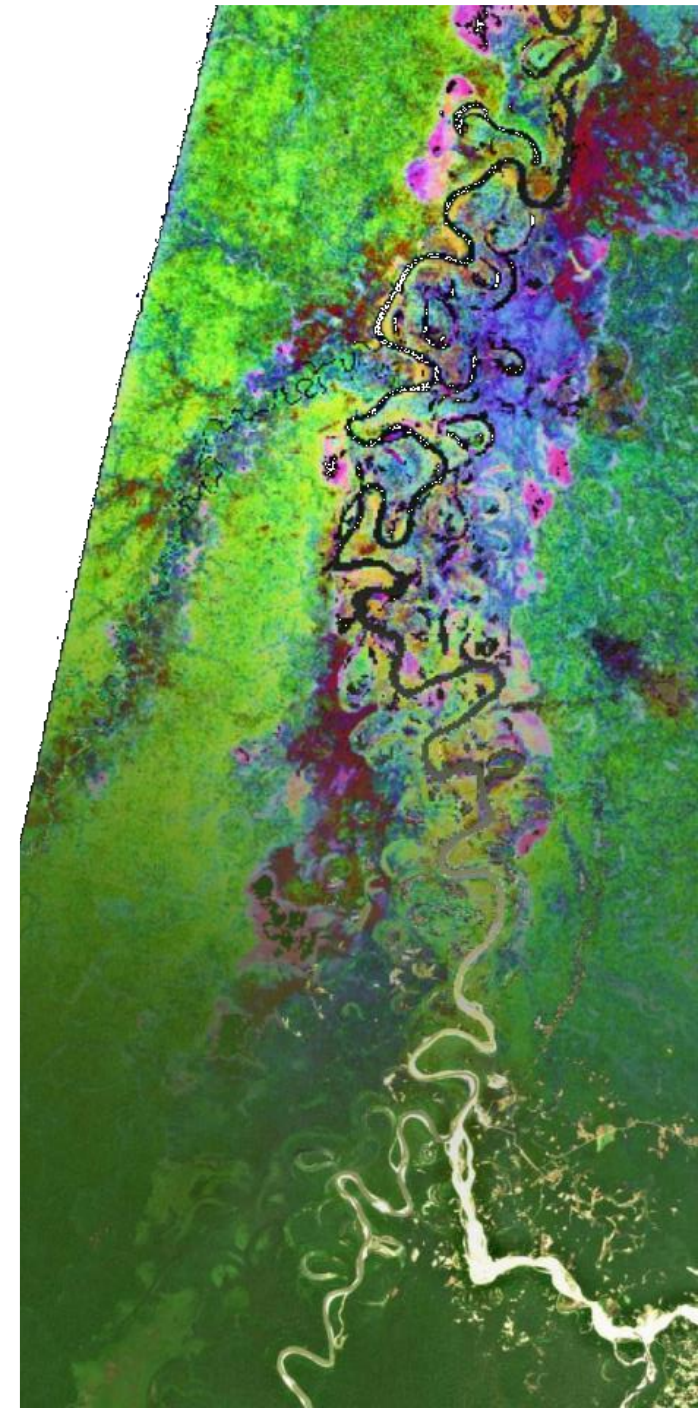
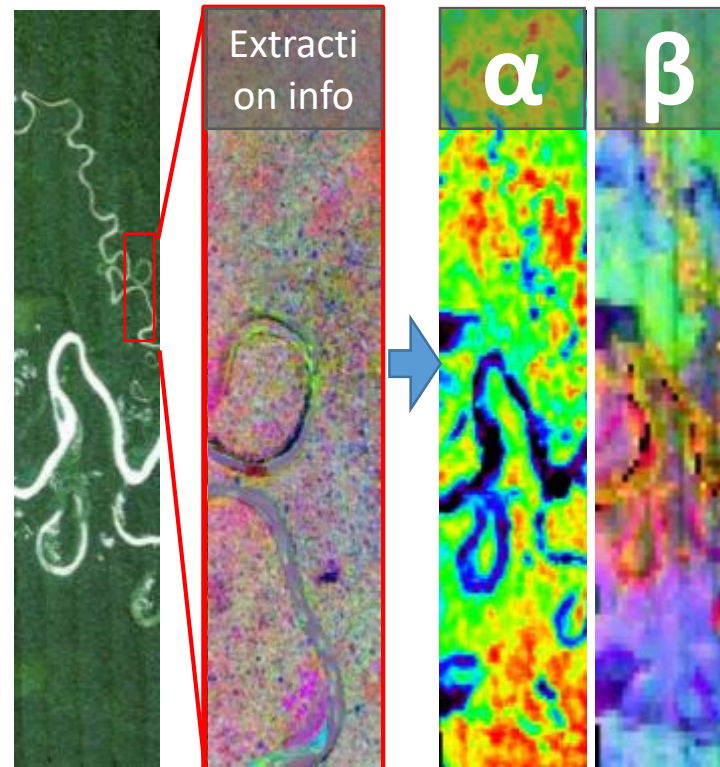
Création d'espèces spectrales par

- couplage lidar & hyperspectral
- utilisation de série temporelles S2

- α and β Biodiversité

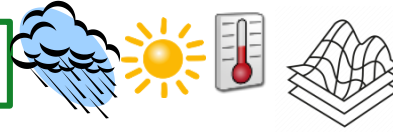


Féret & Asner, 2014. Ecological Applications -- Rocchini et al 2018 MEE



Décrire le structure verticale

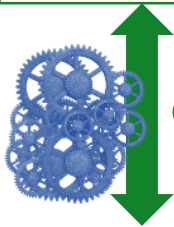
Abiotiques variables



+

Lidar metrics : Scale plot /stand

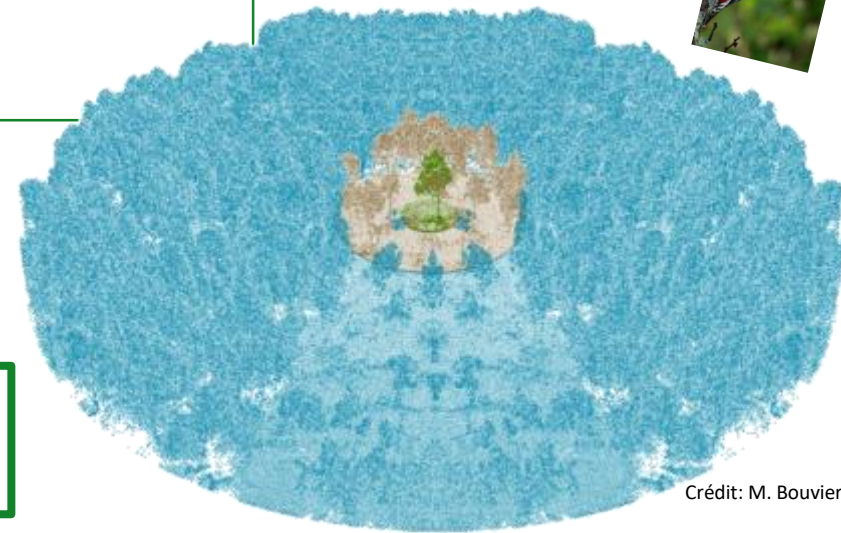
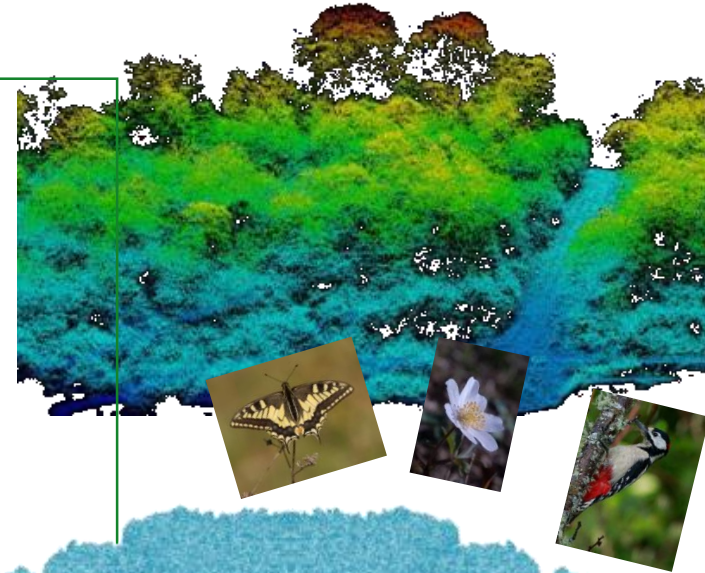
- Heights (max, avg, median, variance, Gini)
- Veg profile (coefficient of variation / vertical distribution)
- Largest gaps / Light penetration
- Canopy rate / Canopy volume



Bayesians Models

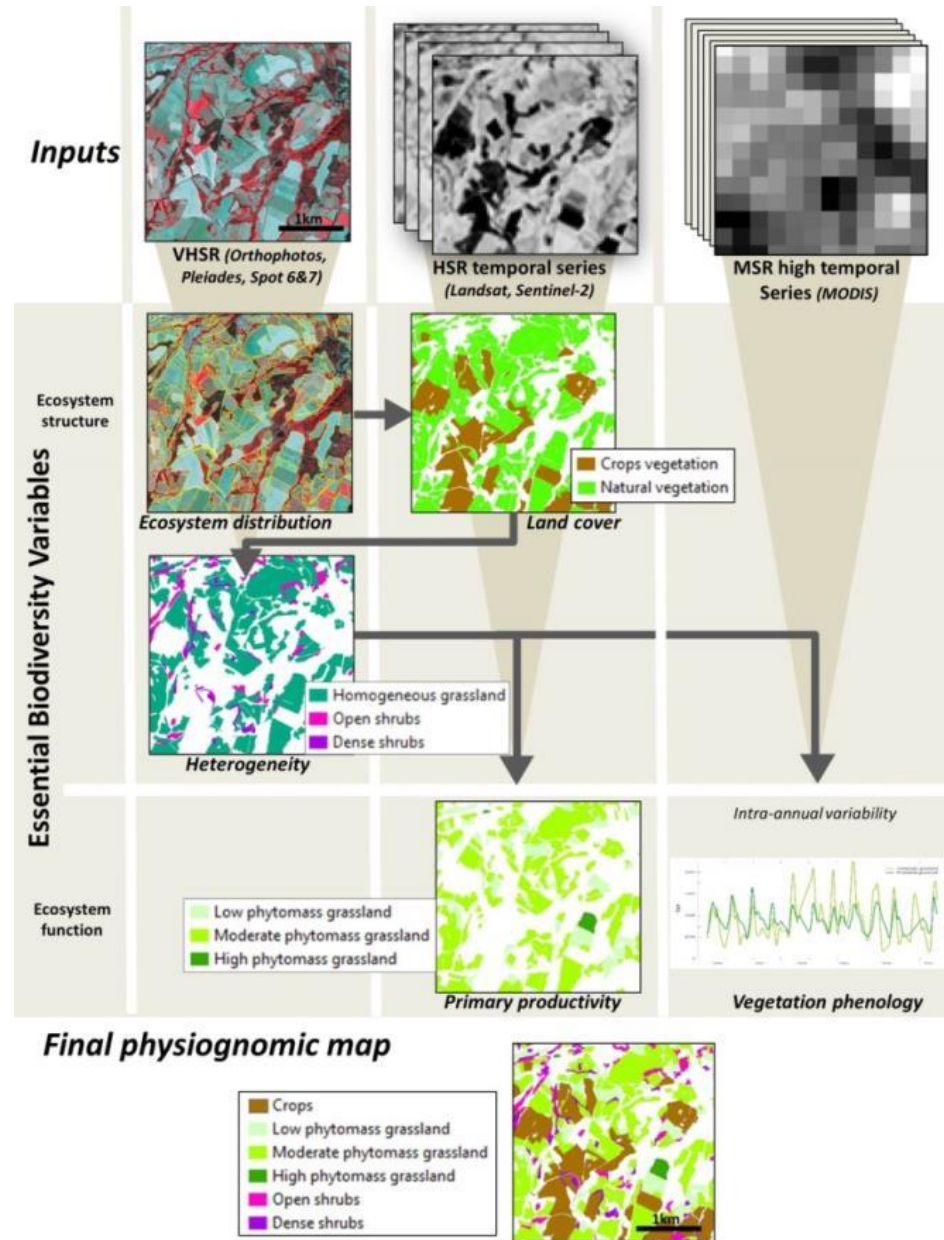
Biodiversity :
- Abundance
- Specific richness

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



Crédit: M. Bouvier

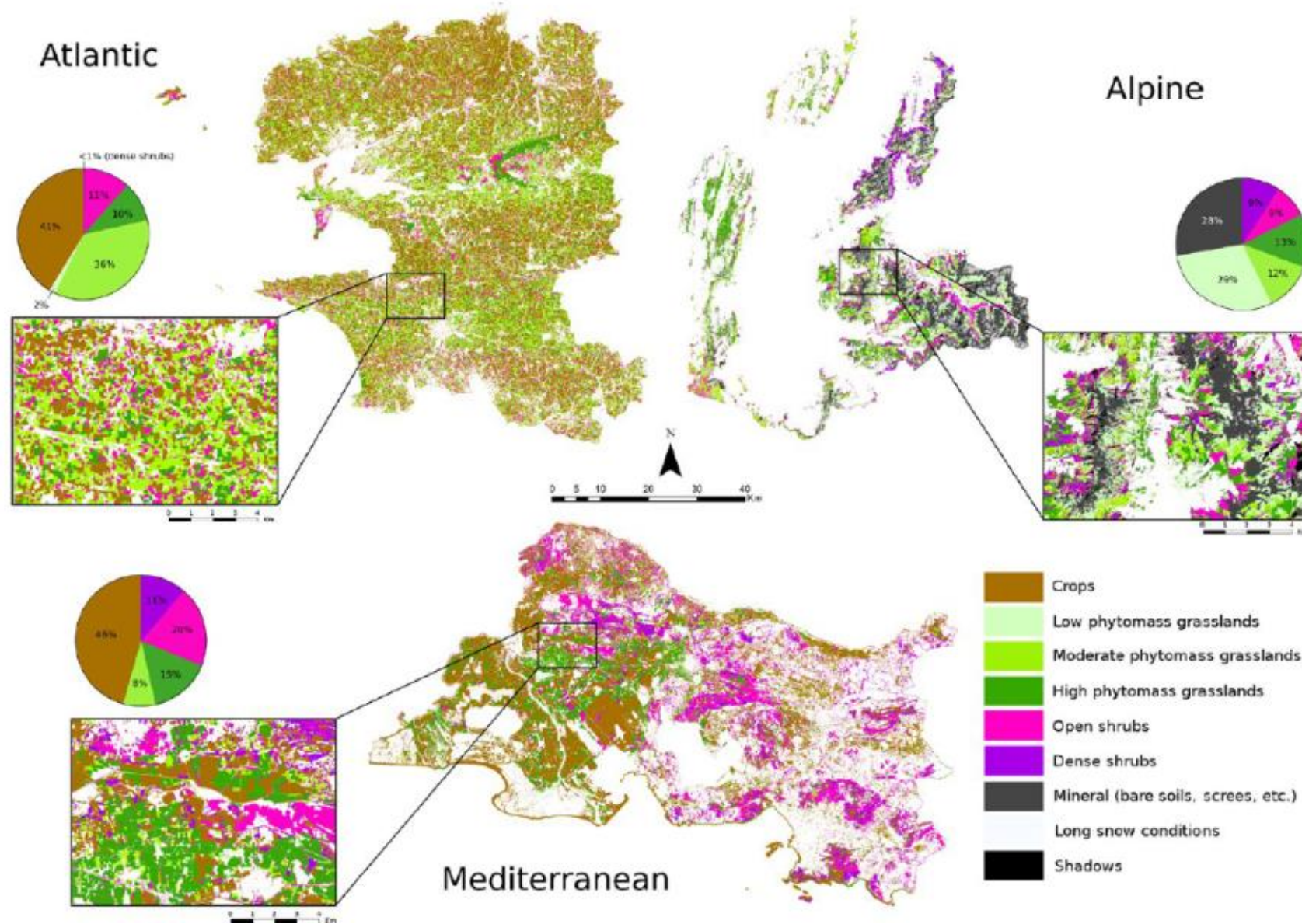
Caractériser la physiognomie des habitats naturel par fusion multi-capteurs



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

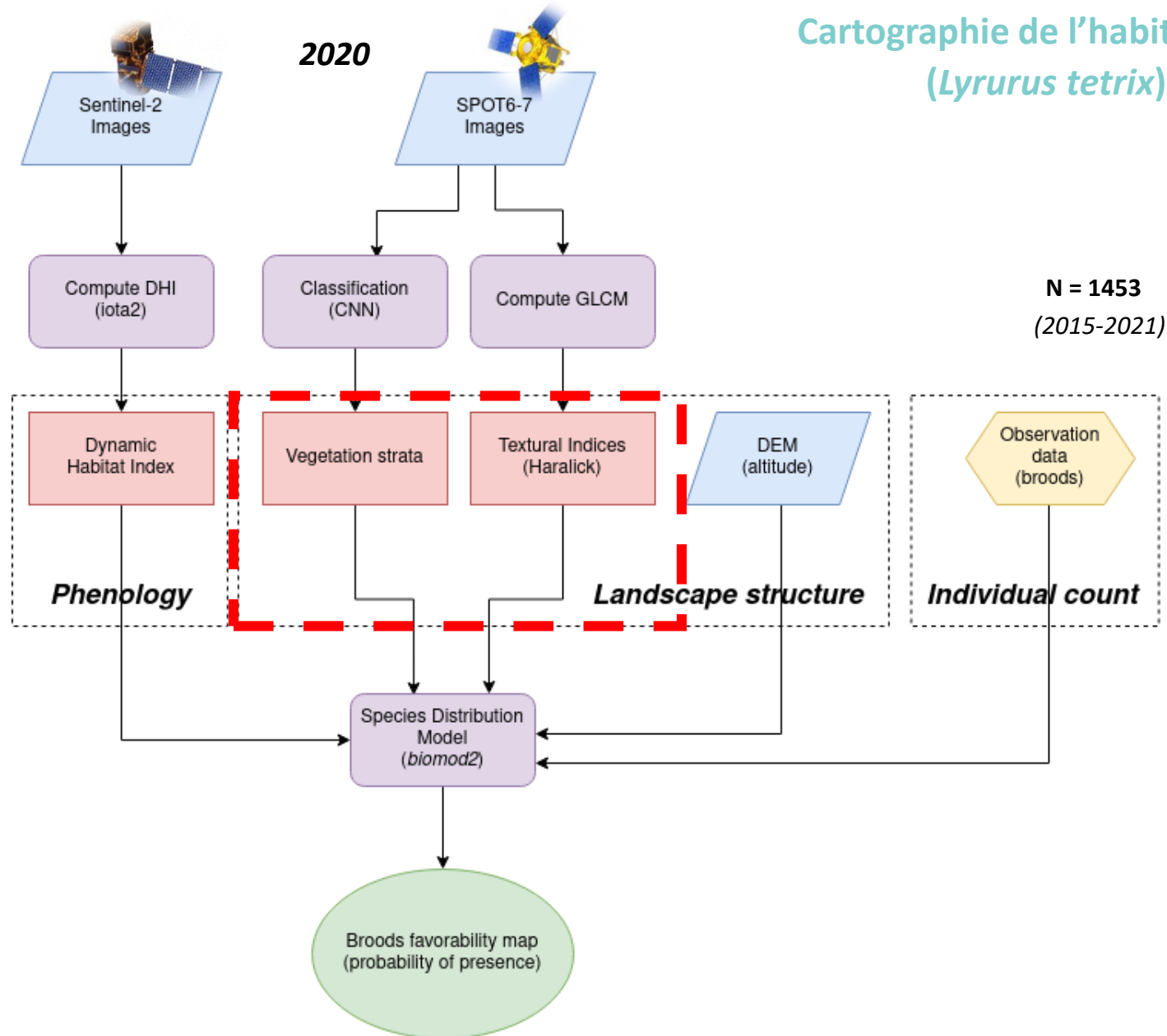
Caractériser la physionomie des habitats naturel par fusion multi-capteurs



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

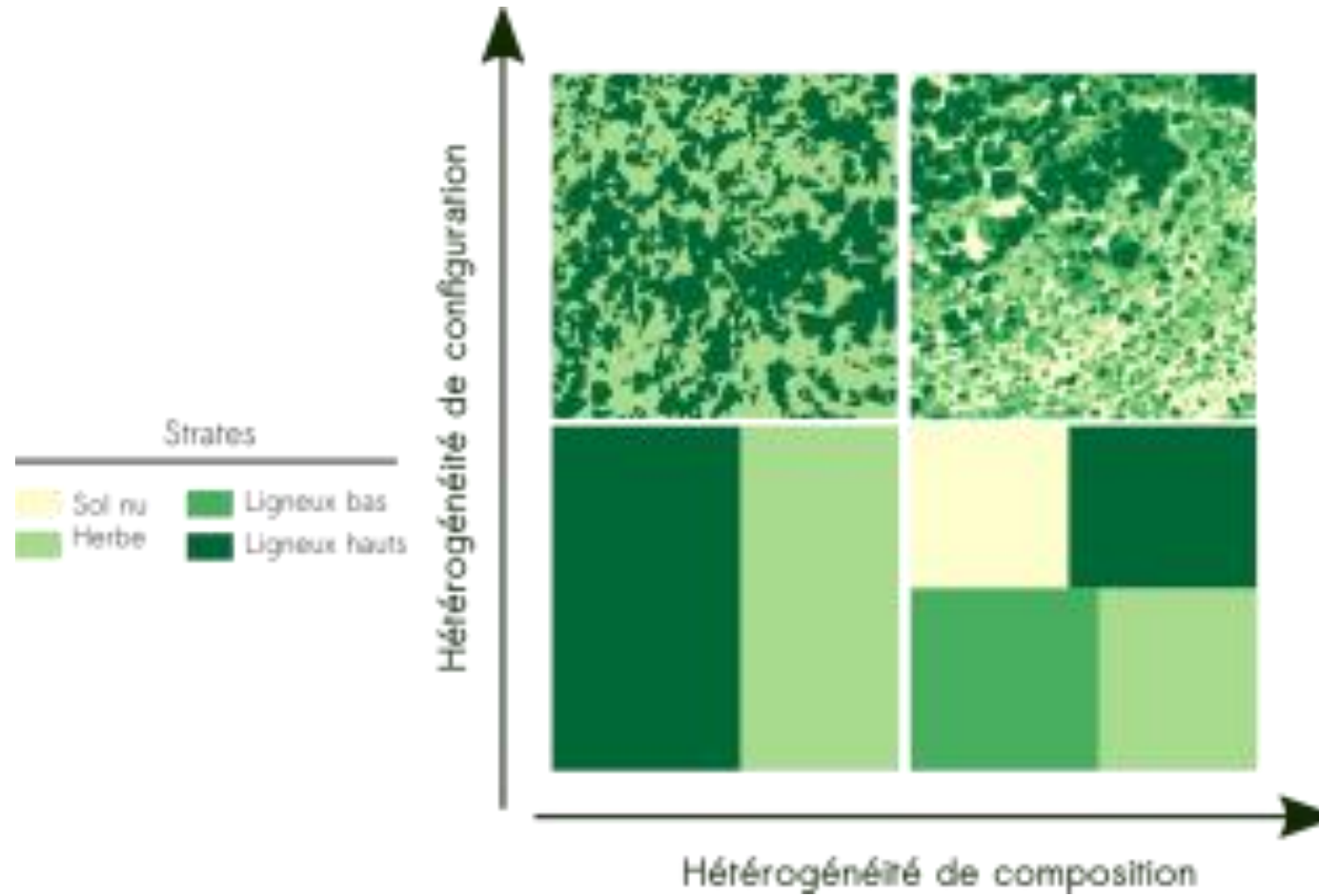


Pointer dog



Black grouse female on its nest

Accéder à l'hétérogènes spatiale



Accéder à l'hétérogénéité de configuration

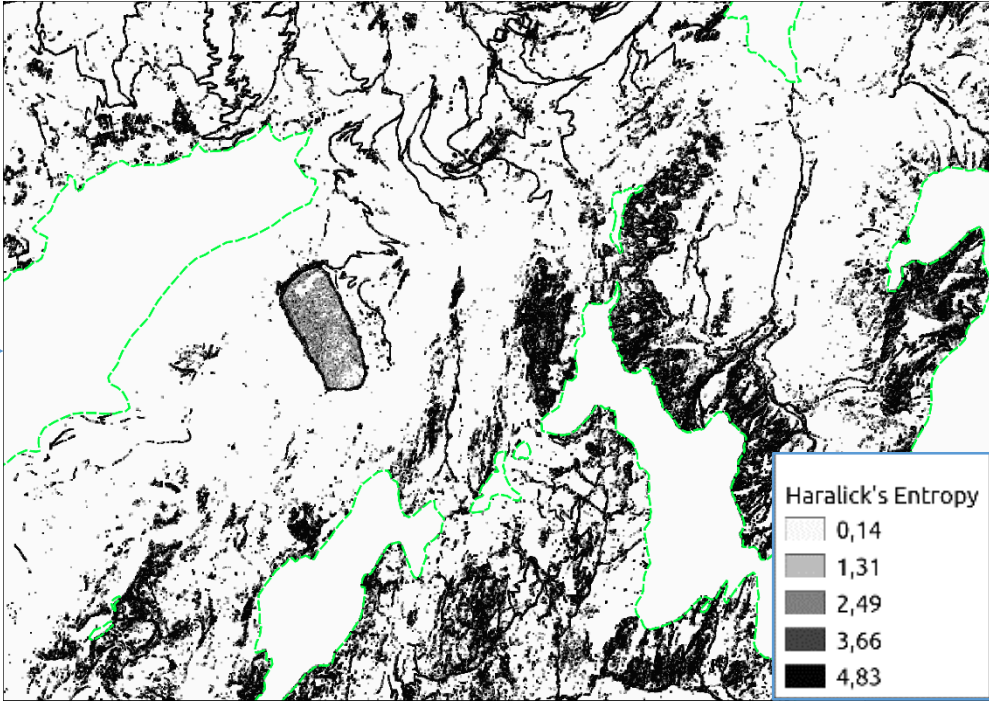
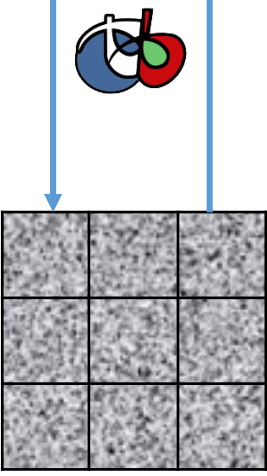
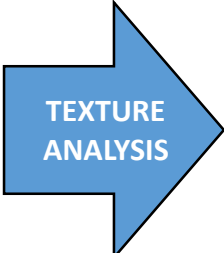
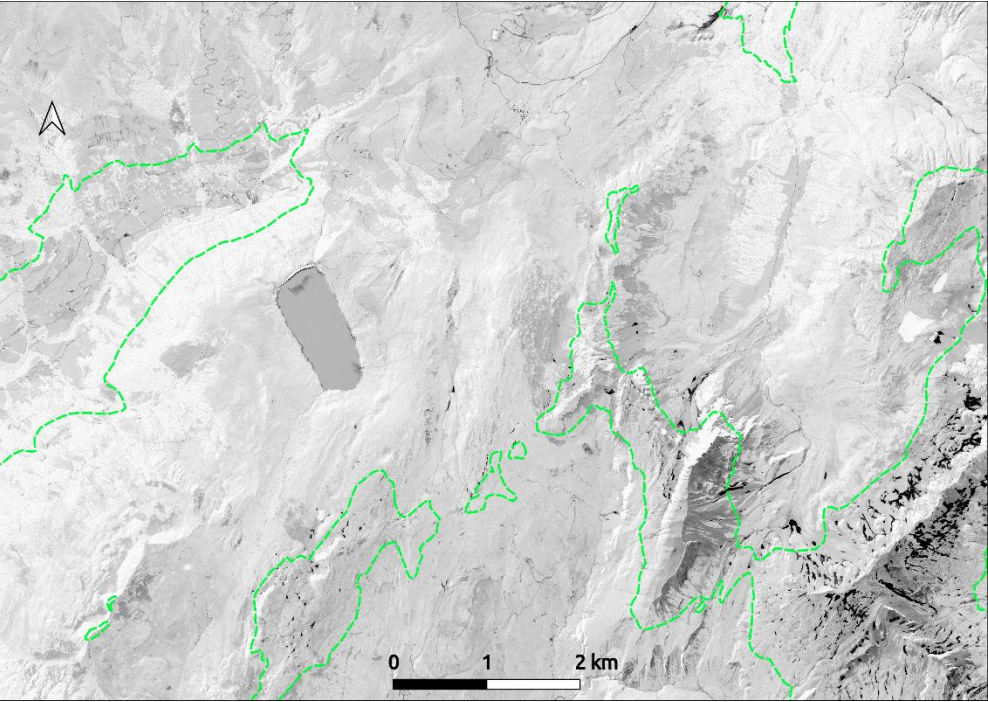
Access to landscape heterogeneity using VHRS texture



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

(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)



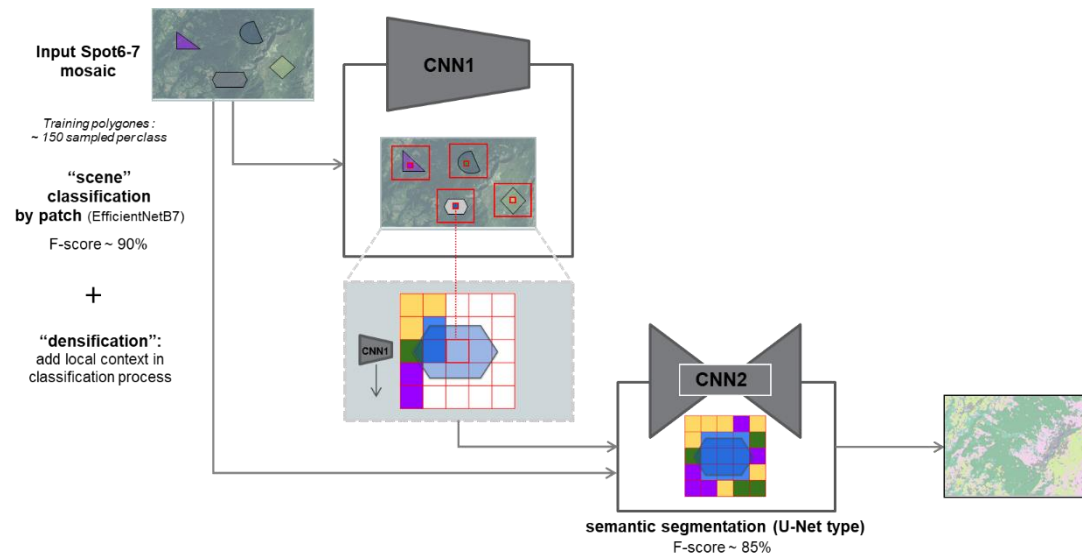
VHRS = panchromatic SPOT6-7 mosaic

GLCM** Matrix

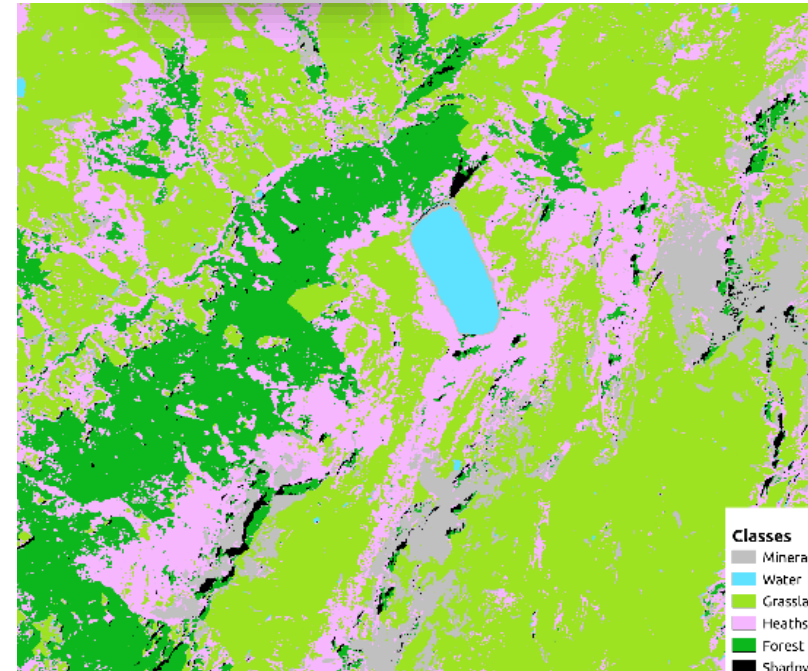
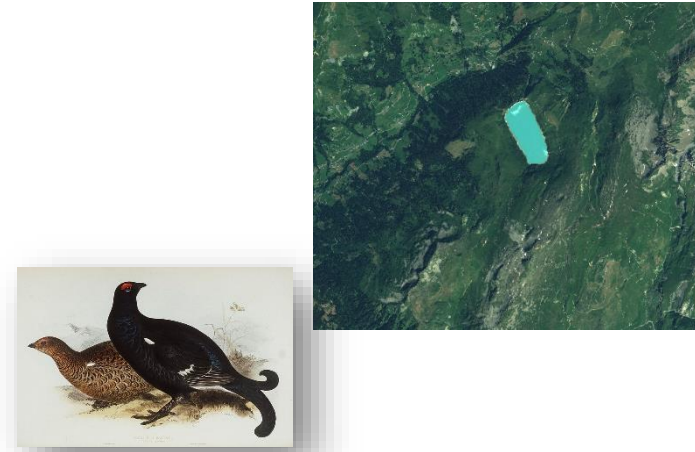
**The Grey a pixel of a given grey level appears in a given direction anLevel Co-occurrence Matrix (GLCM) measures the number of times d distance from its neighbours of a given grey level (Park et al., 2002).

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)**

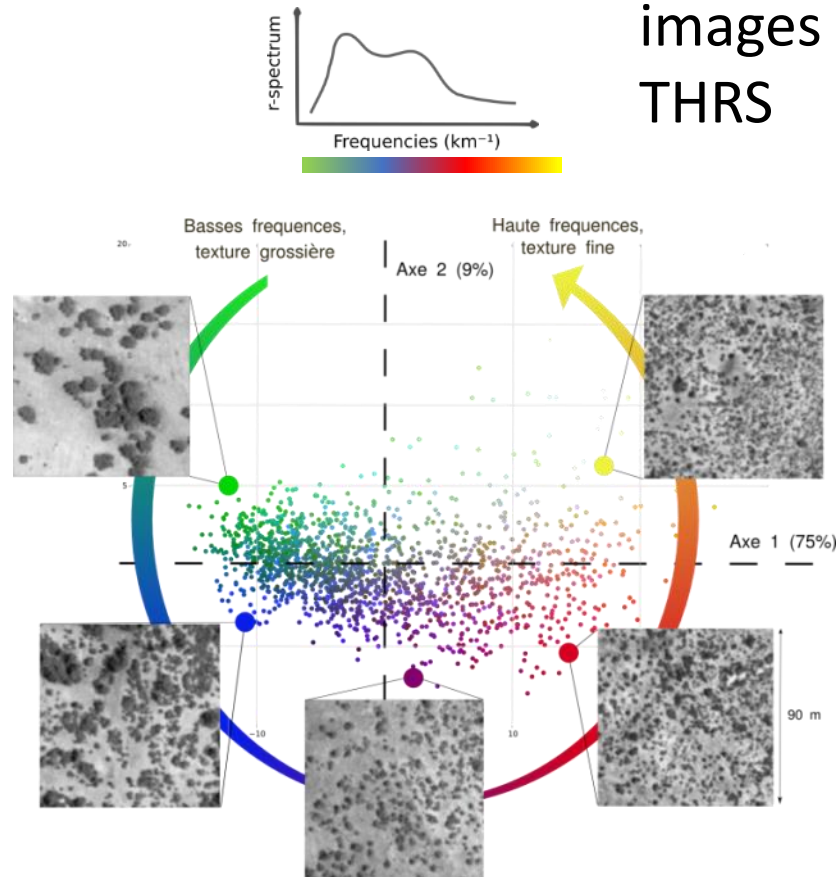


Classes

- 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)



IN SITU

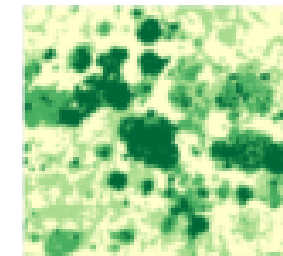
- Terrain
- Télédétection
- Drones



METRIQUES PAYSAGERES

(FragStat)

- Proportions
- Densité des patches
- Compacité
- Fragmentation



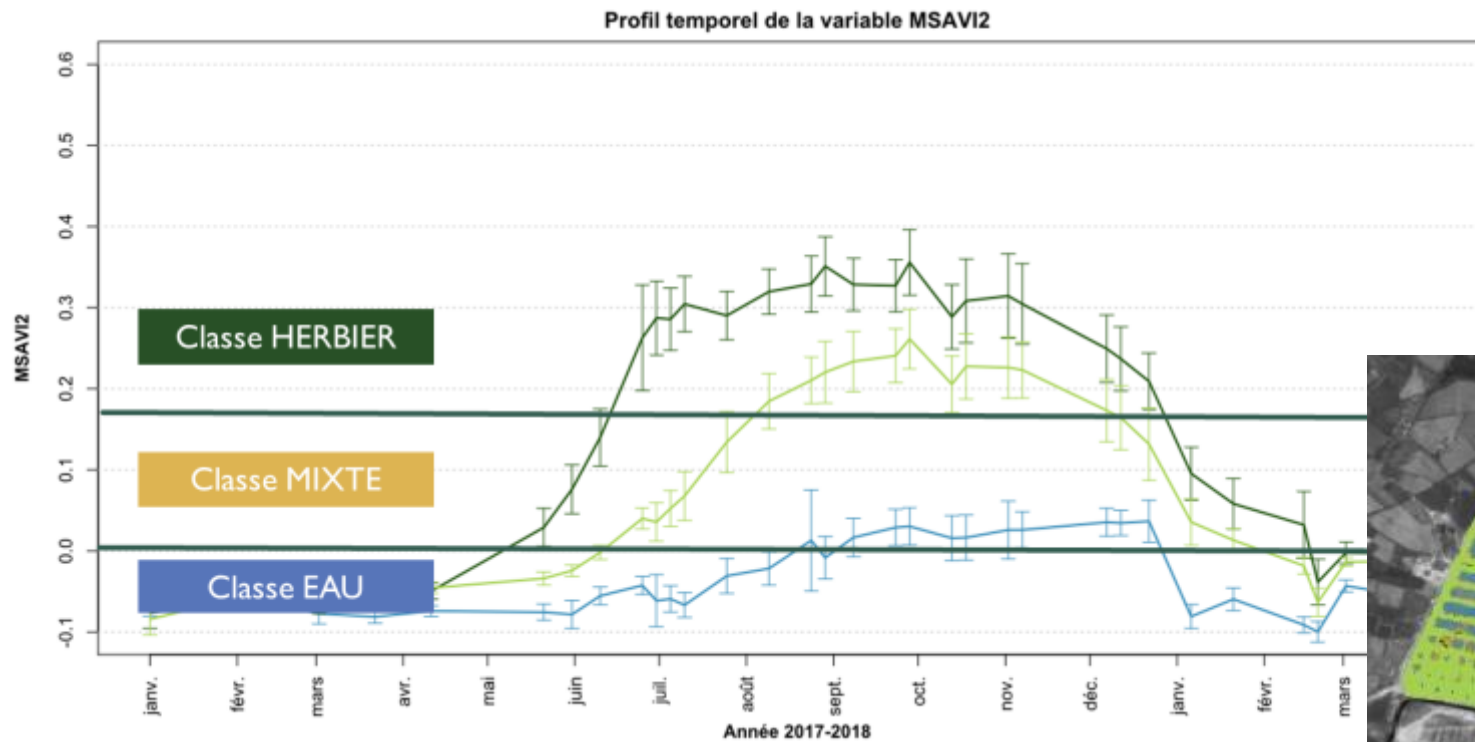
- bare soil
- herbs
- low ligneous
- high ligneous



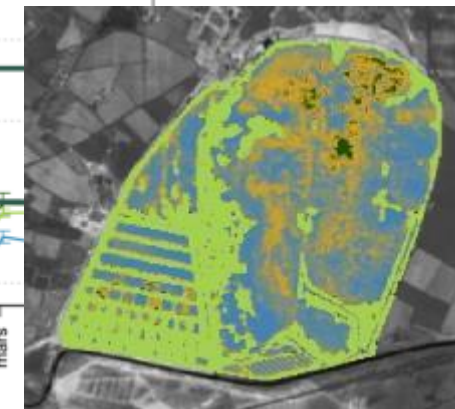
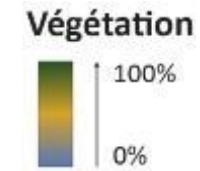
<https://framagit.org/benjaminpillot/fototex>

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

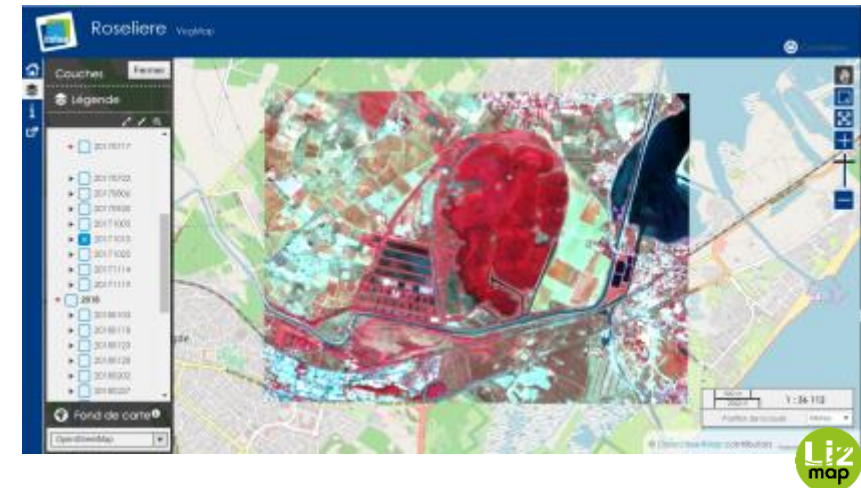
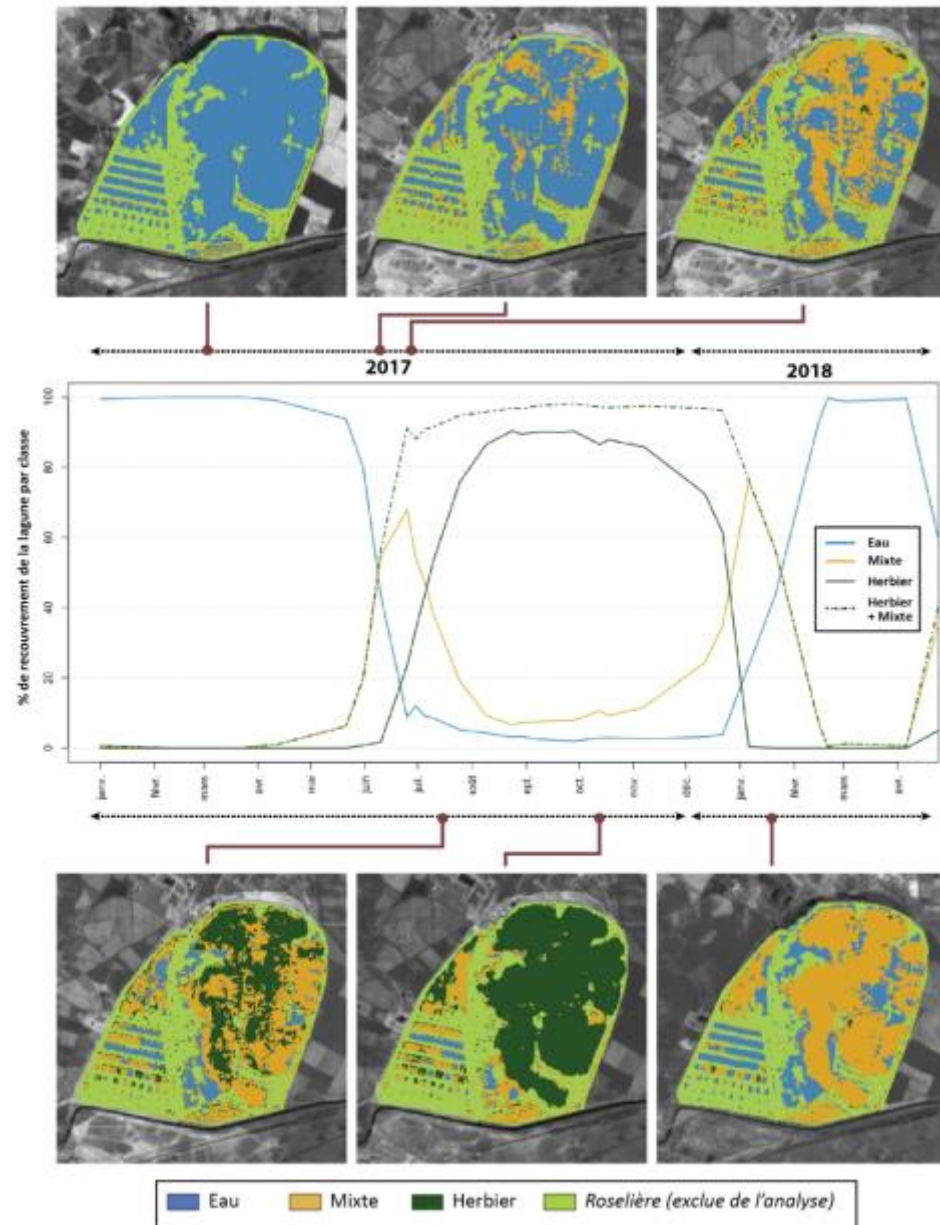
Dynamique spatio-temporelle de l'herbier du Grand Bagnas (Hérault) par télédétection satellitaire (Sentinel-2)



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



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

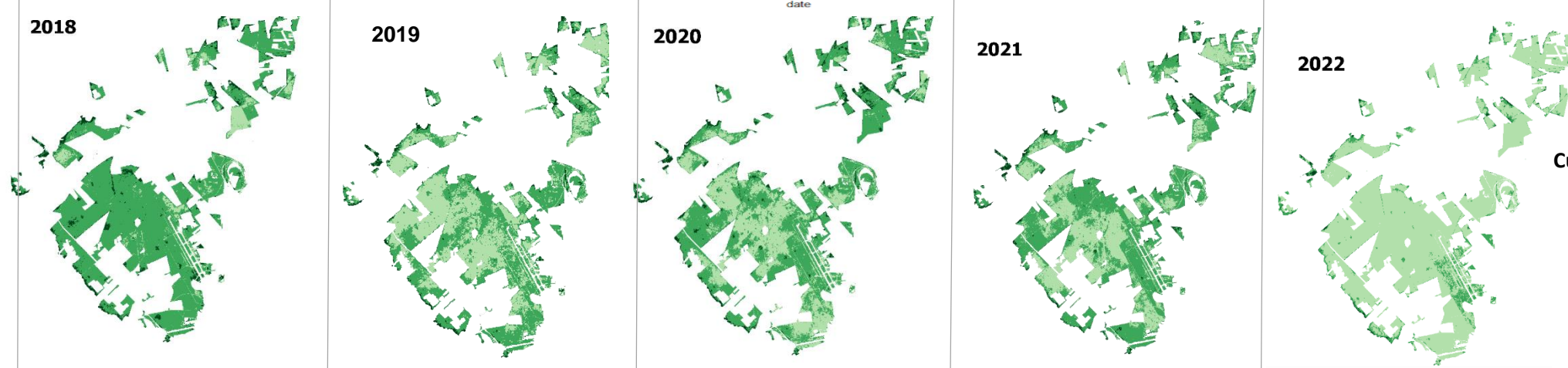
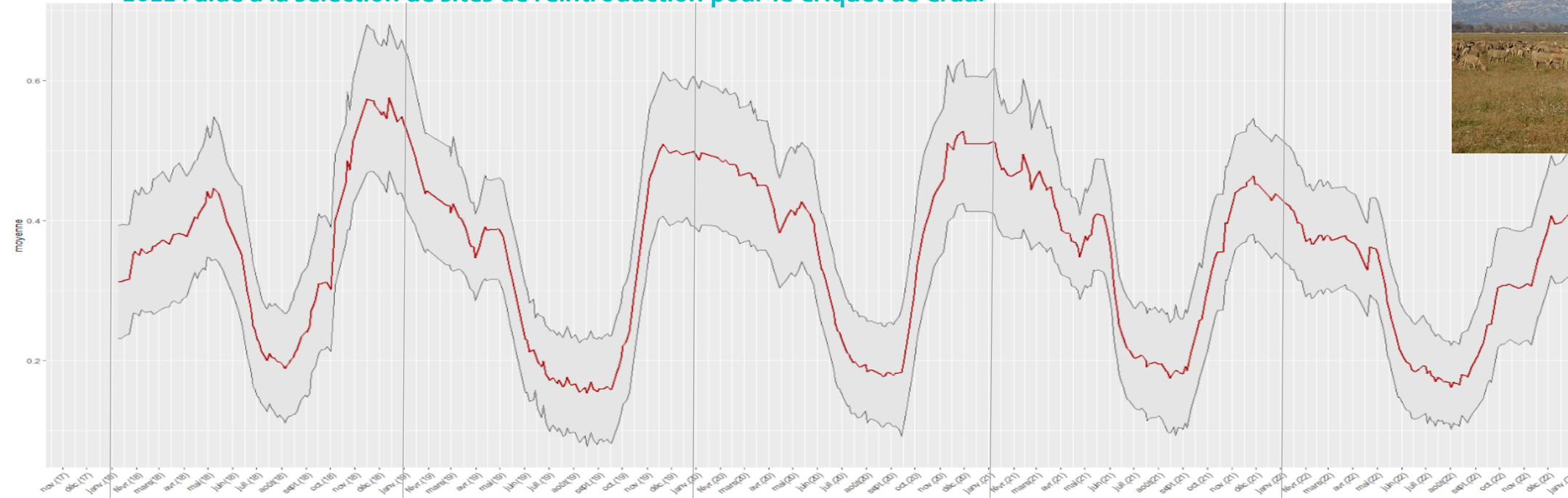


webmapping

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.

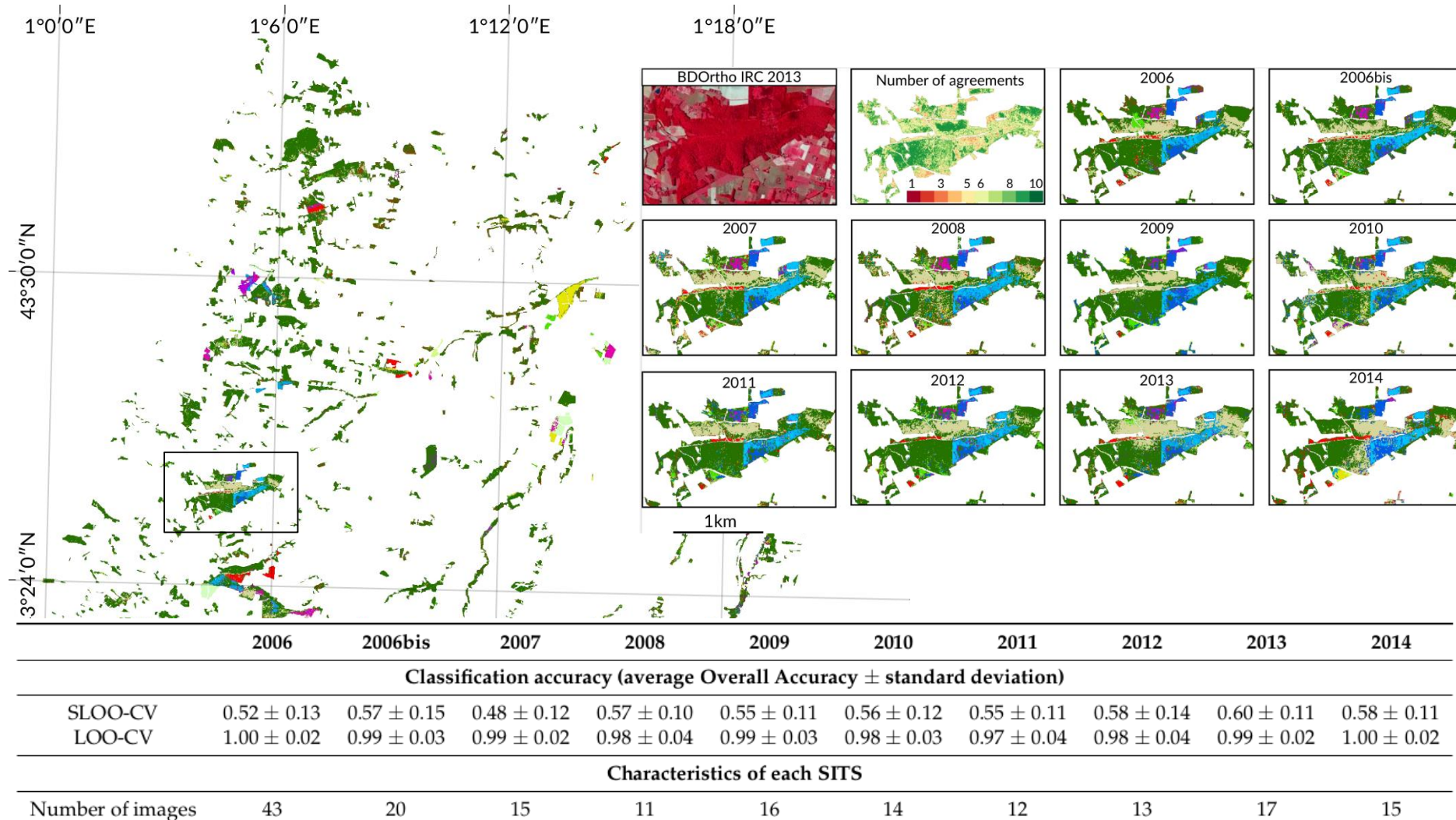


Cumul de production végétale

- Très faible
- Faible
- Moyen
- Fort

Modéliser la distribution d'essences forestières

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

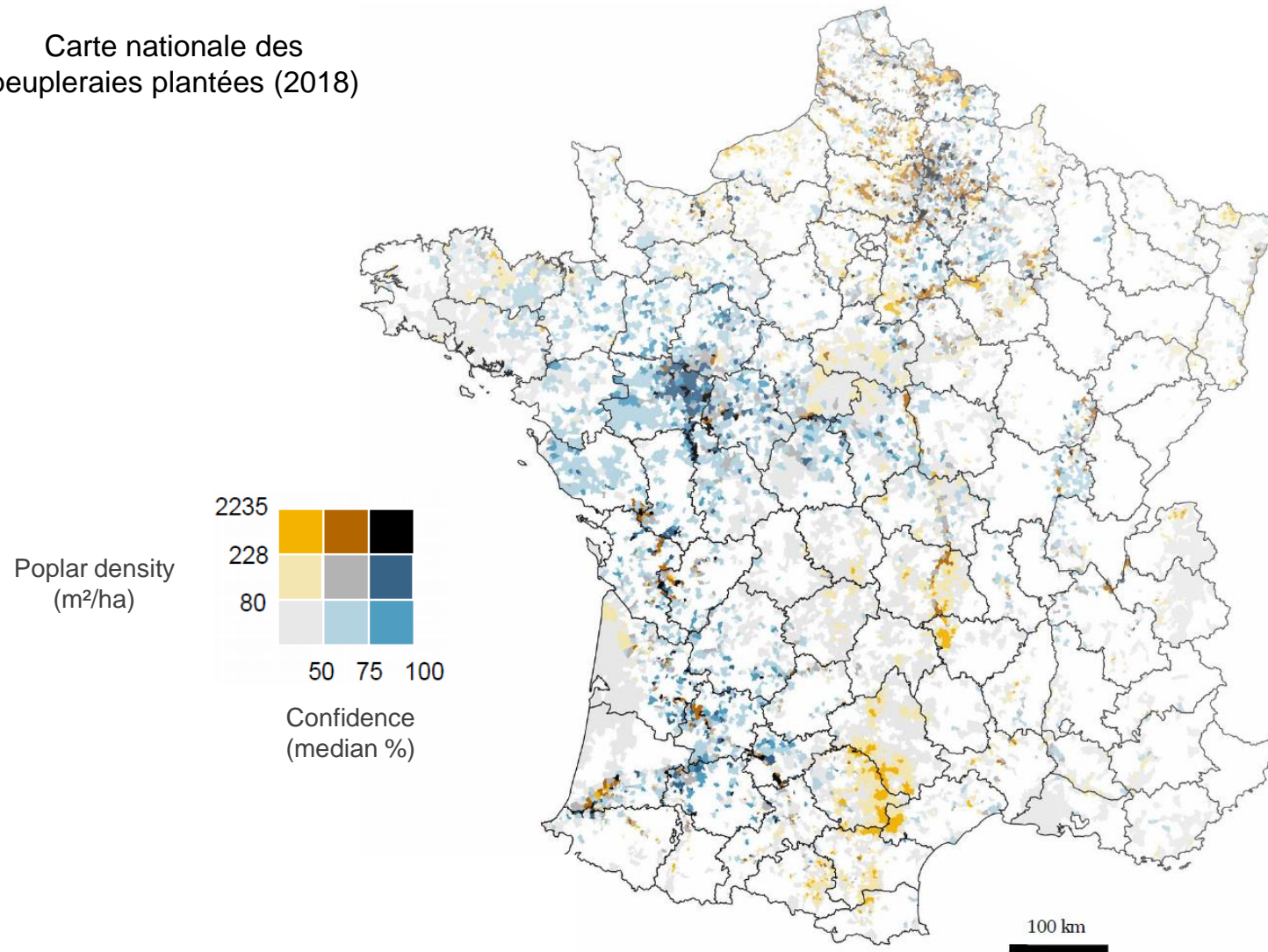


Karasiak, N.; Dejoux, J.-F.; Fauvel, M.; Willm, J.; Monteil, C.; Sheeren, D. (2019). Statistical Stability and Spatial Instability in Mapping Forest Tree Species by Comparing 9 Years of Satellite Image Time Series. *Remote Sens.*, 11, 2512

Modéliser la distribution d'essences forestières

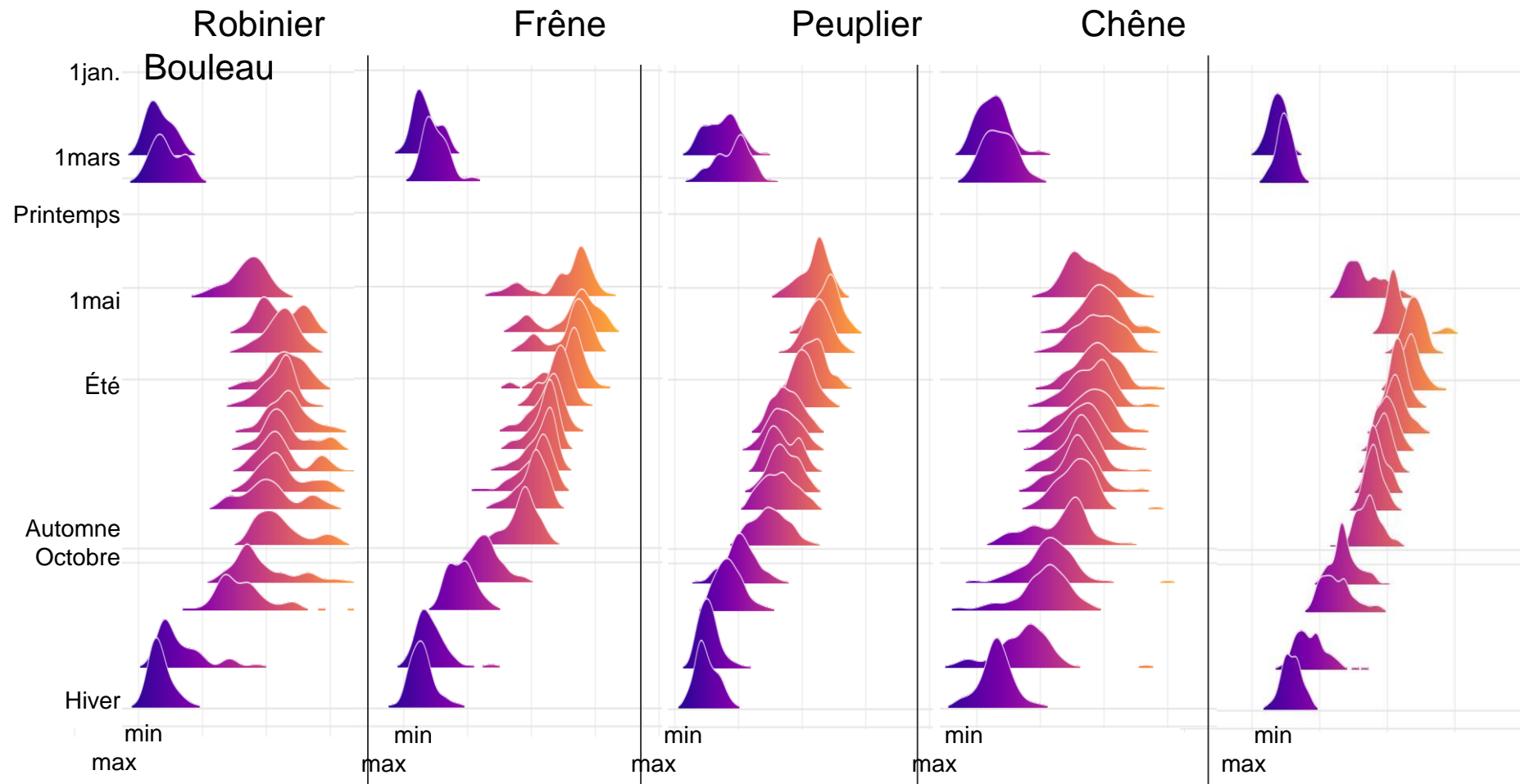
Apport de la dimension temporelle des images satellitaires (Sentinel-2)

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)

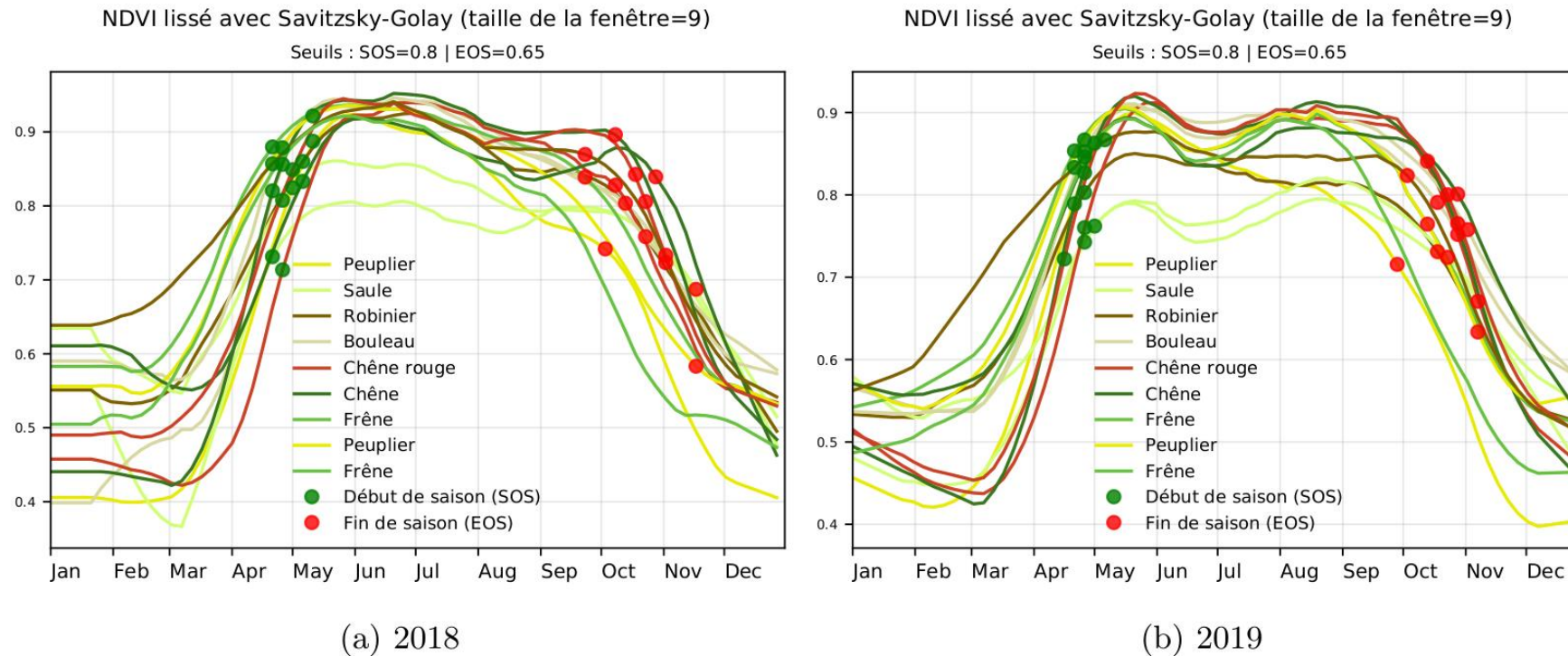


FIGURE 4.9 – Série temporelle du NDVI avec un lissage de Savitzky-Golay utilisant une taille de fenêtre de 9 avec un seuil de début de saison fixé à 80% de l’amplitude et 65% pour la fin de saison. Ce paramètre permet de détecter le début de saison (BBCH=19) avec une erreur de l’ordre de 6,5 jours.

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)

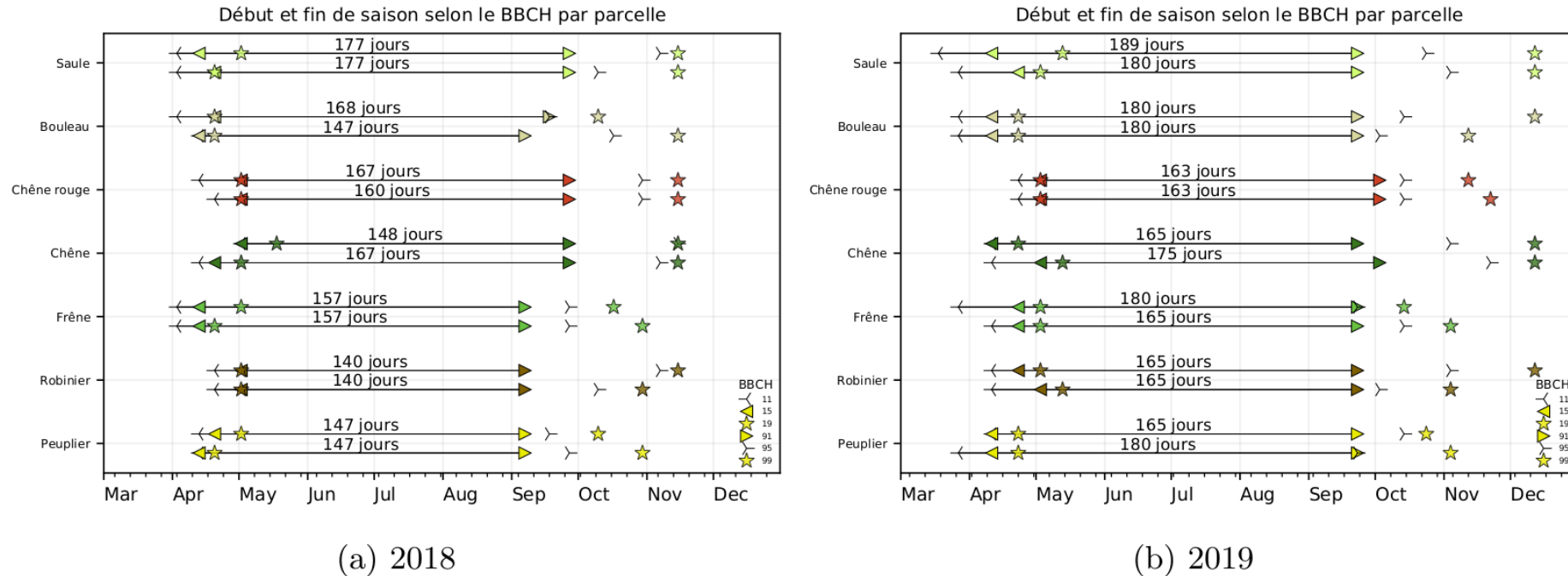


FIGURE 4.8 – Résumé des dates de débuts de saison (BBCH=11, 15 et 19) et des fins de saisons (BBCH=91, 95 et 99) observées sur le terrain pour les quatorze parcelles suivies en 2018 et 2019. La longueur de la saison a été calculée entre la date où le BBCH ≥ 91 a été observée pour la première fois dans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

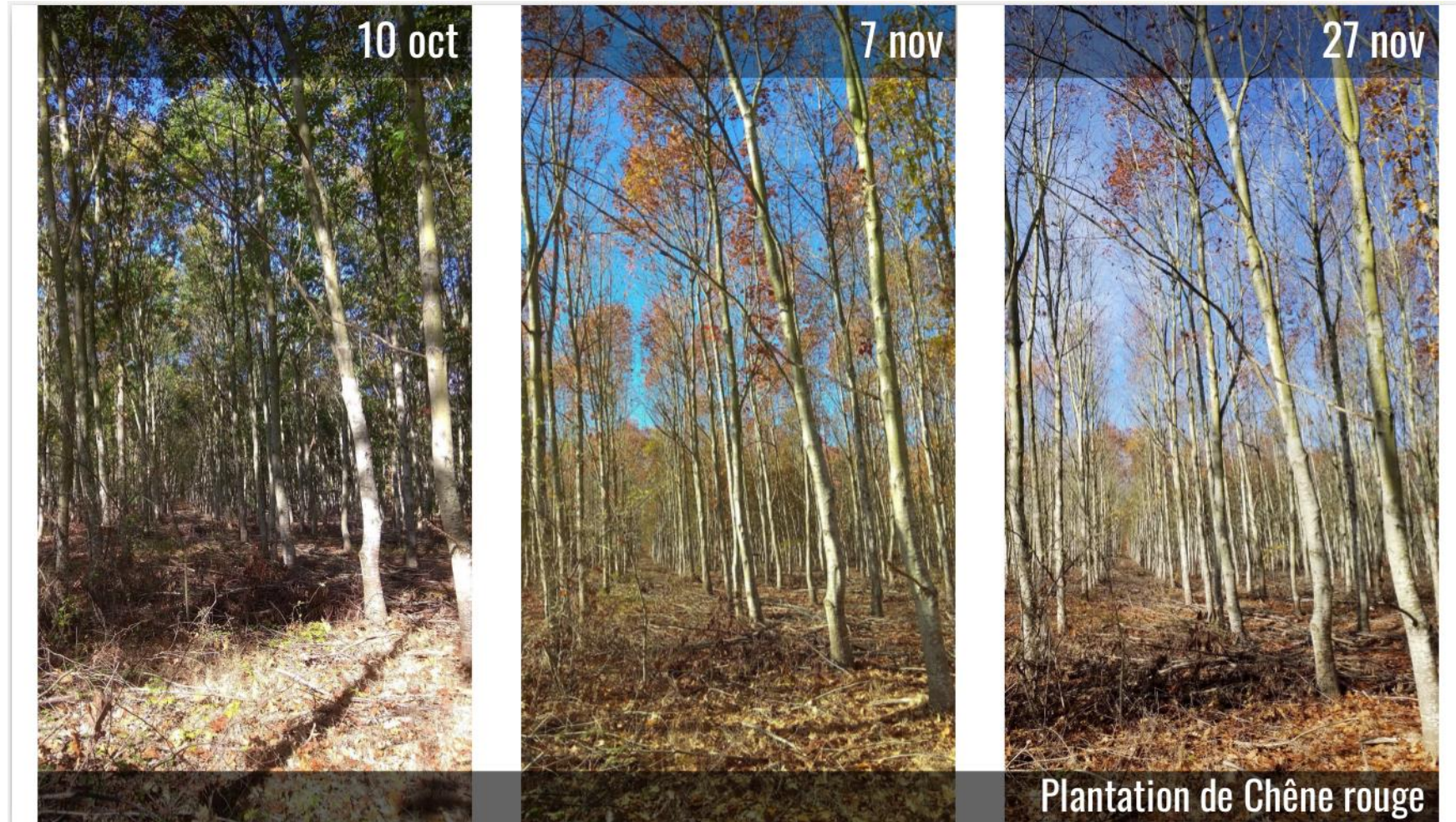
Indice	2018			2019		
	BBCH=11	BBCH=15	BBCH=19	BBCH=11	BBCH=15	BBCH=19
ACORVI	5.1	3.9	6.5	10,2	8.4	6.4
LAnthoC	9.9	8	11.1	6.9	4.6	8.1
LCaroC	9.5	7.6	9.9	8.1	3.9	8.2
LChloC	5	3.4	6.8	8.5	4.9	7.1
NDVI	5.1	3.9	6.5	10,2	8.4	6.4

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

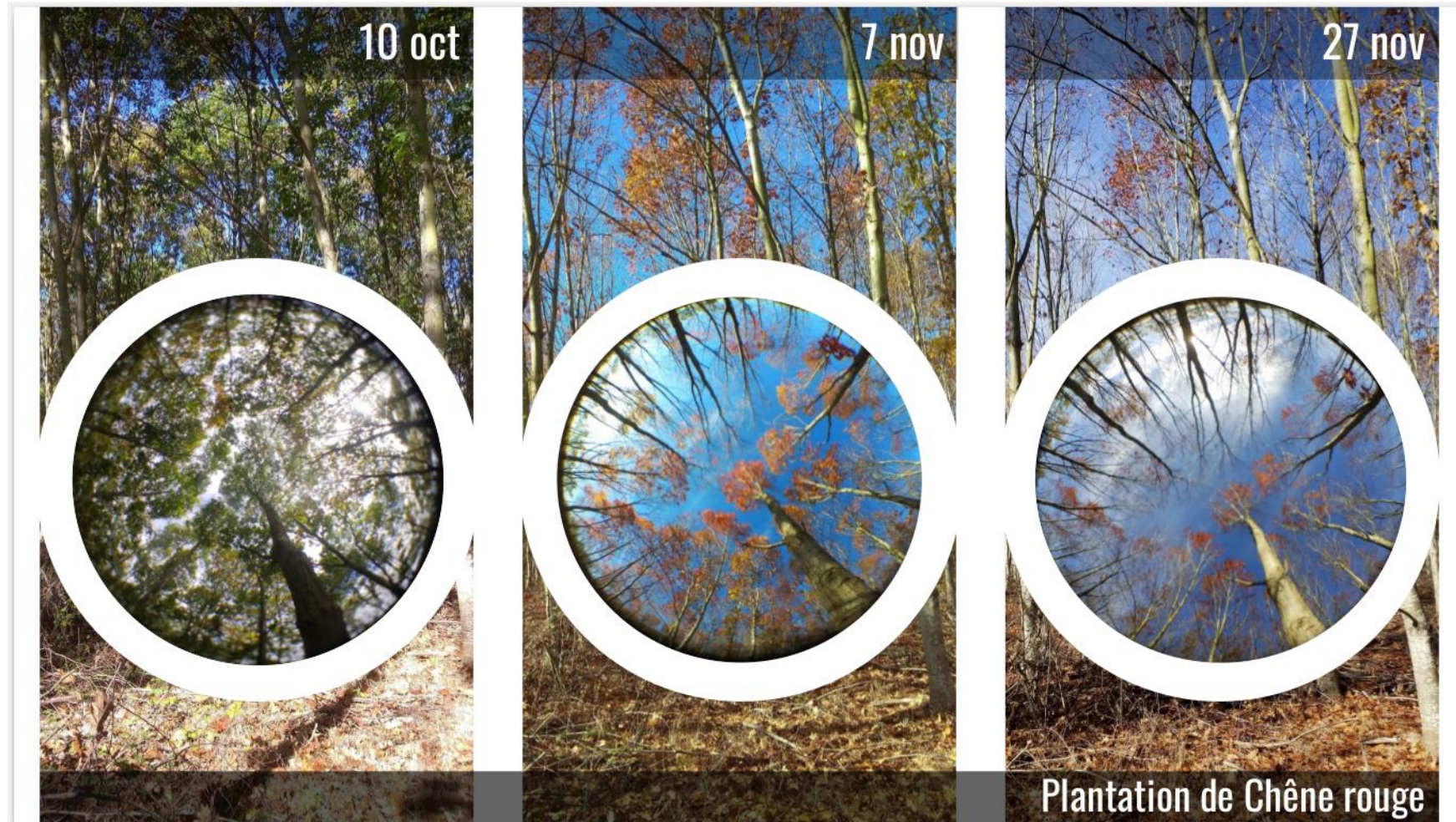


N. Karasiak (2020). Cartographie des essences forestières à partir de séries temporelles d'images satellitaires à hautes résolutions : stabilité des prédictions, autocorrélation spatiale et cohérence avec la phénologie observée in situ, *Thèse de doctorat*, Toulouse INP.

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

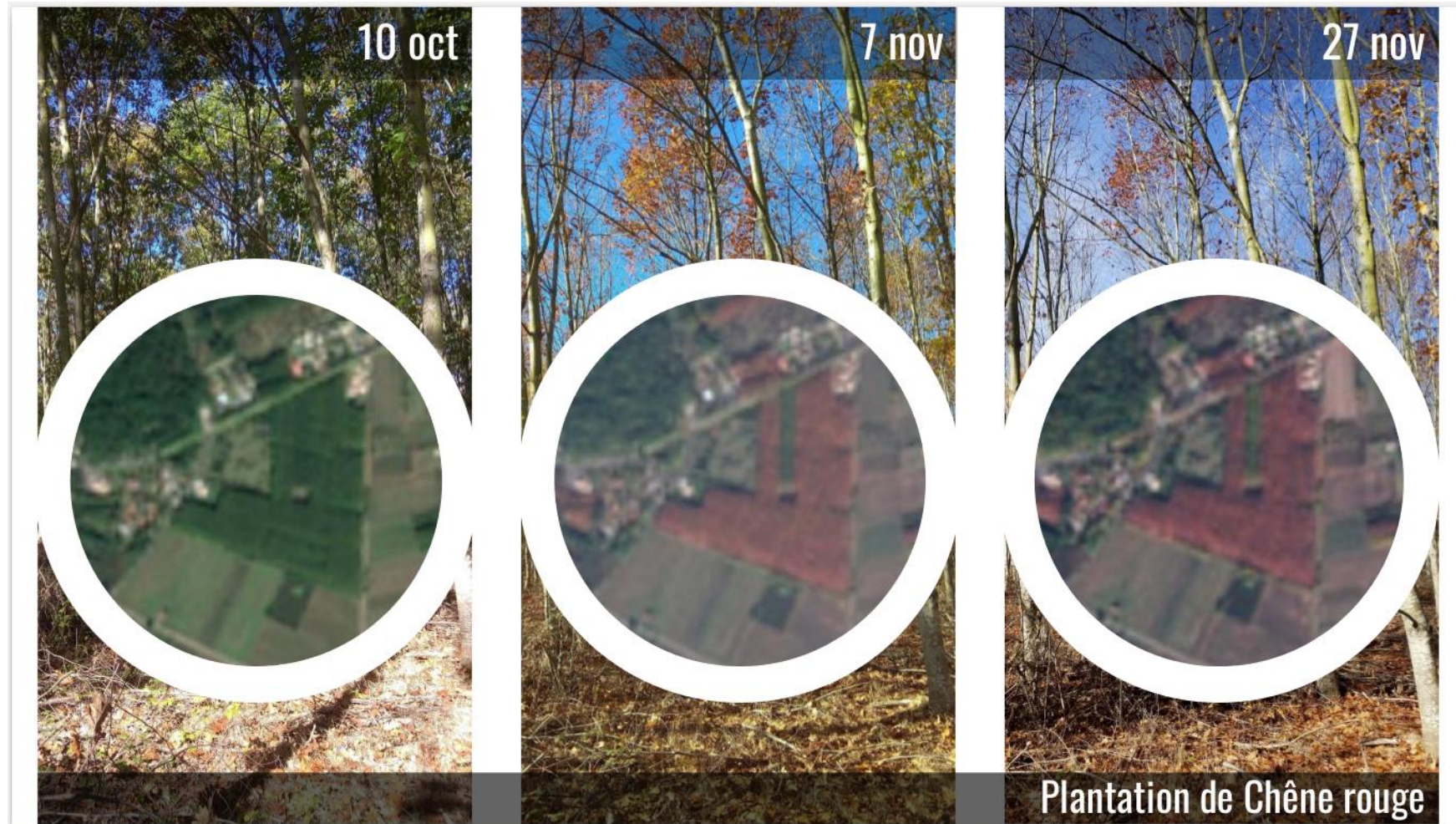


N. Karasiak (2020). Cartographie des essences forestières à partir de séries temporelles d'images satellitaires à hautes résolutions : stabilité des prédictions, autocorrélation spatiale et cohérence avec la phénologie observée in situ, *Thèse de doctorat*, Toulouse INP.

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



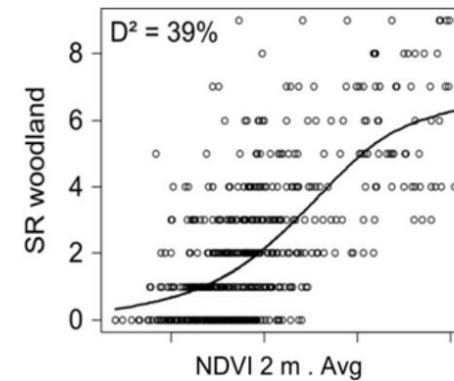
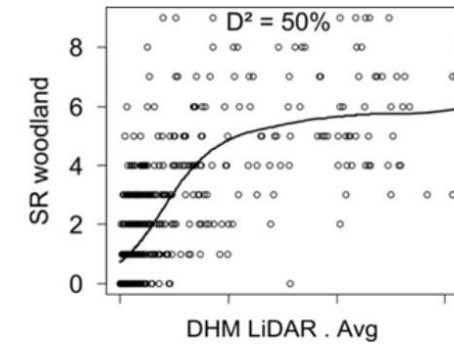
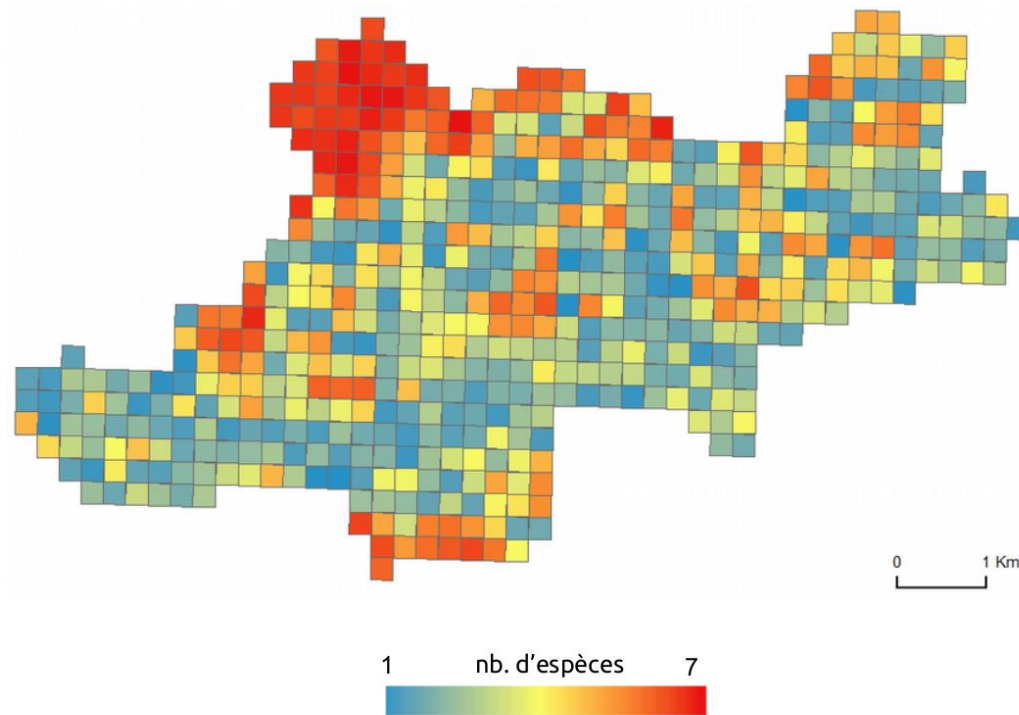
N. Karasiak (2020). Cartographie des essences forestières à partir de séries temporelles d'images satellitaires à hautes résolutions : stabilité des prédictions, autocorrélation spatiale et cohérence avec la phénologie observée in situ, *Thèse de doctorat*, Toulouse INP.

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

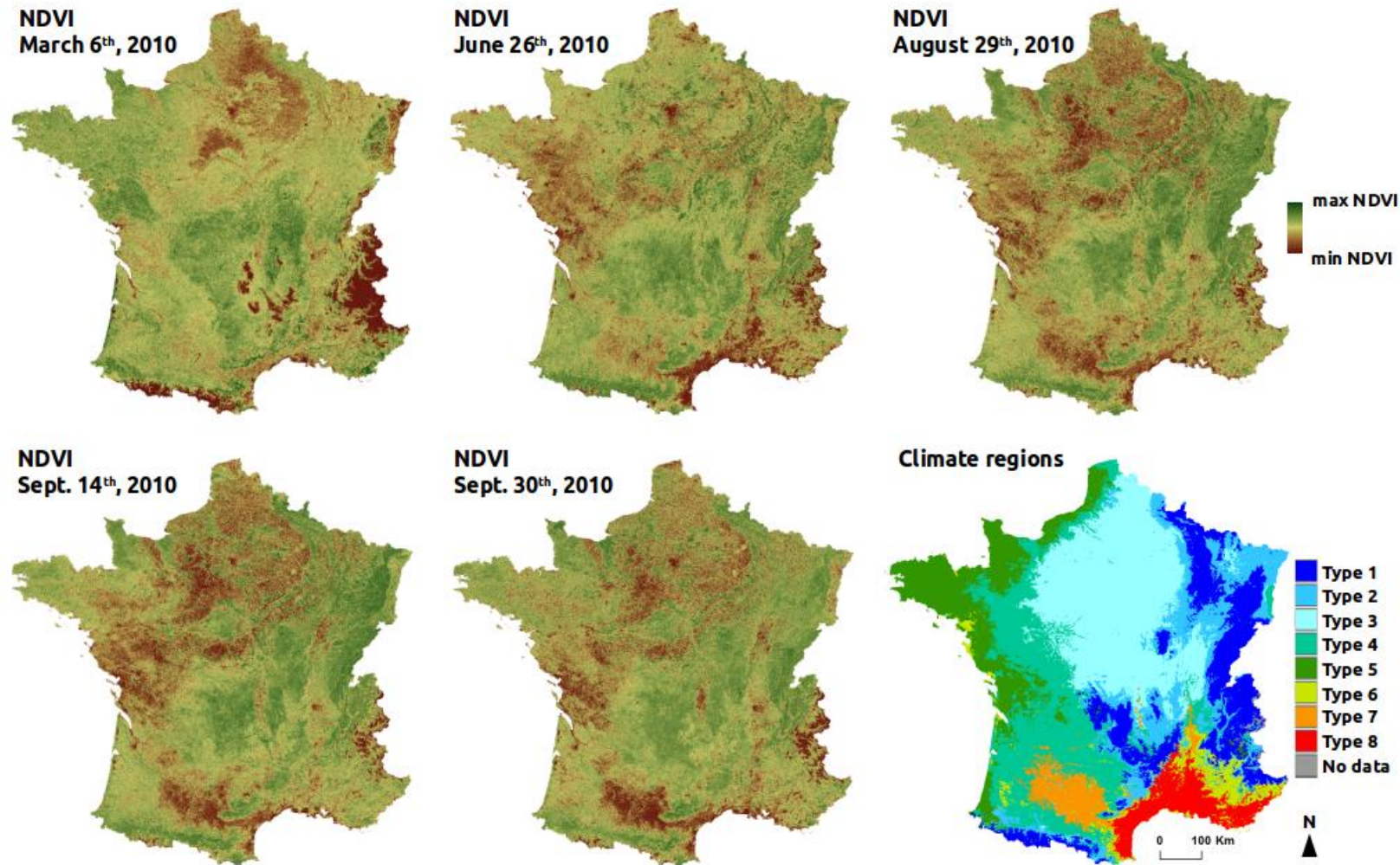
L'hétérogénéité spatiale de l'info. **spectrale et verticale** comme proxy de celle des habitats

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



Modéliser la diversité de communautés d'oiseaux

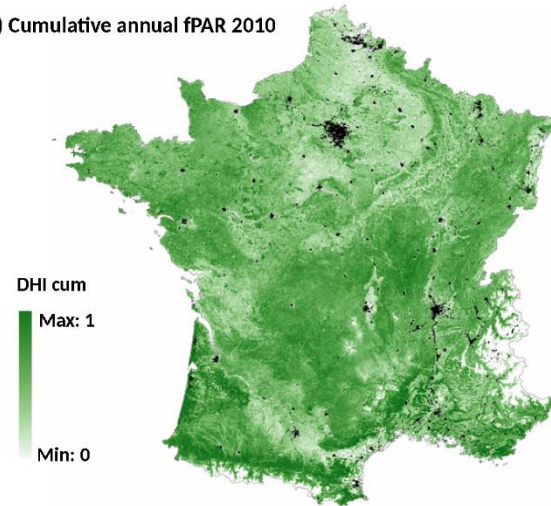
L'hétérogénéité spatiale de l'info. **spectrale et temporelle** comme proxy de celle des habitats



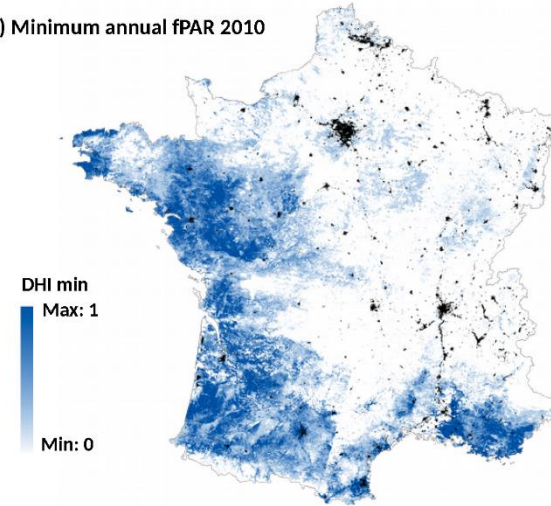
Modéliser la diversité de communautés d'oiseaux

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

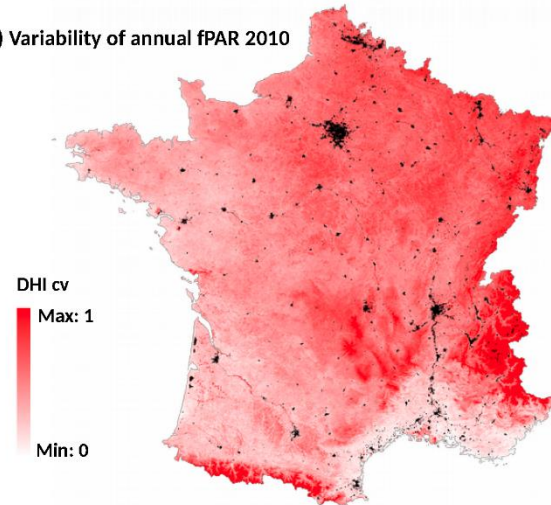
(a) Cumulative annual fPAR 2010



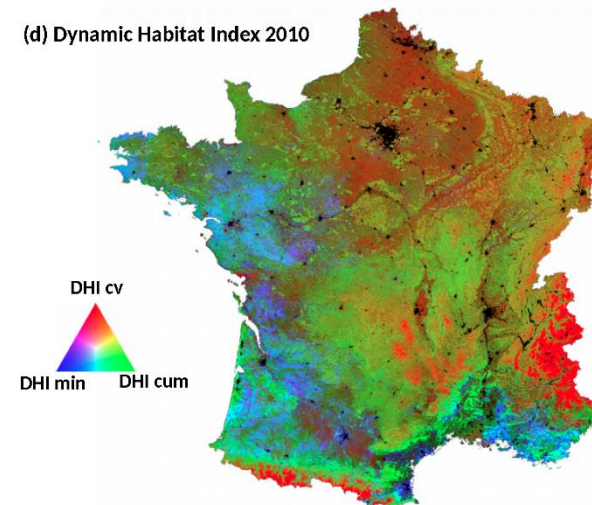
(b) Minimum annual fPAR 2010



(c) Variability of annual fPAR 2010

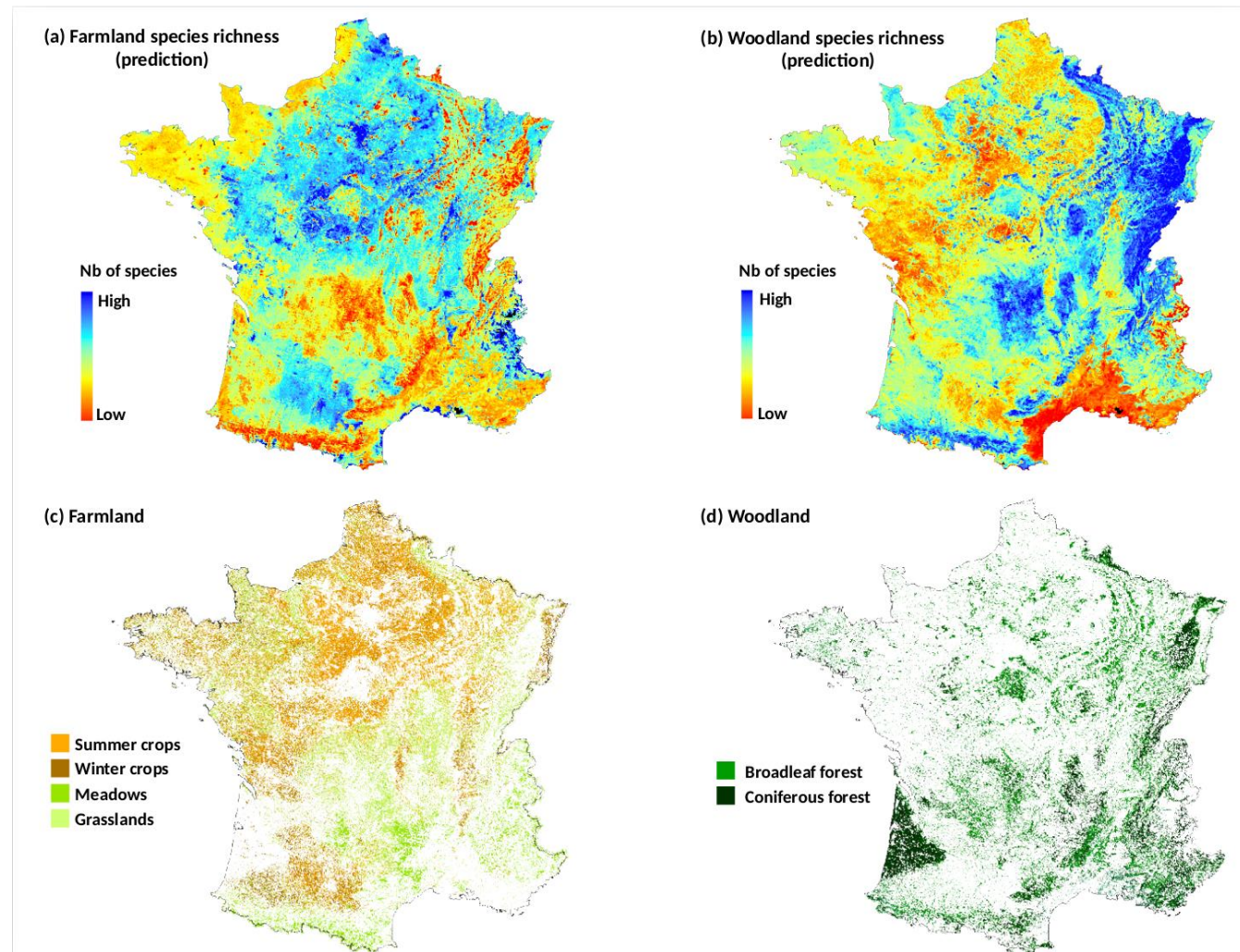


(d) Dynamic Habitat Index 2010



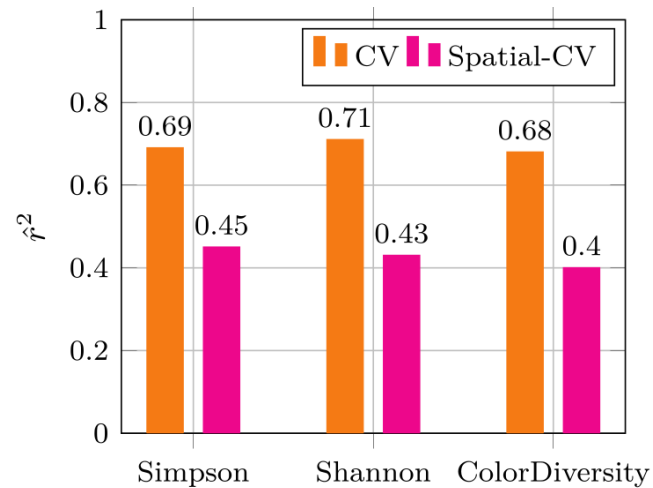
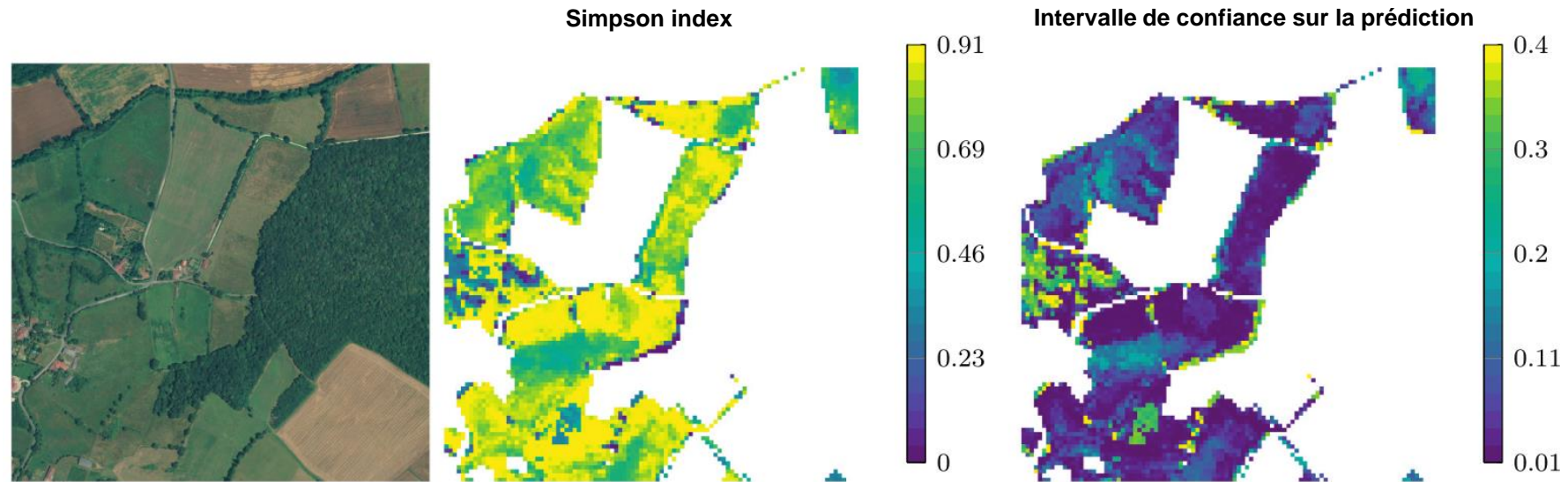
Modéliser la diversité de communautés d'oiseaux

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

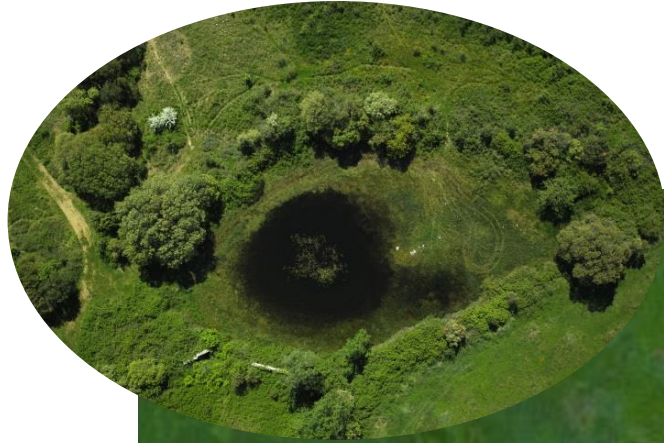
		TYPE DE CAPTEUR DE TELEDETECTION					
		Très grande résolution spatiale Pleiade Spot 6&7	Moyenne à haute résolution spatiale / résolution temporelle Sentinel 2 Landsat	Résolution spatiale grossière et très grande AVHRR MODIS	Hyperspectrale EnMAP PRISMA CHIME	Balayage Laser Lidar HD Gedeye	Capteur micro-ondes 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.

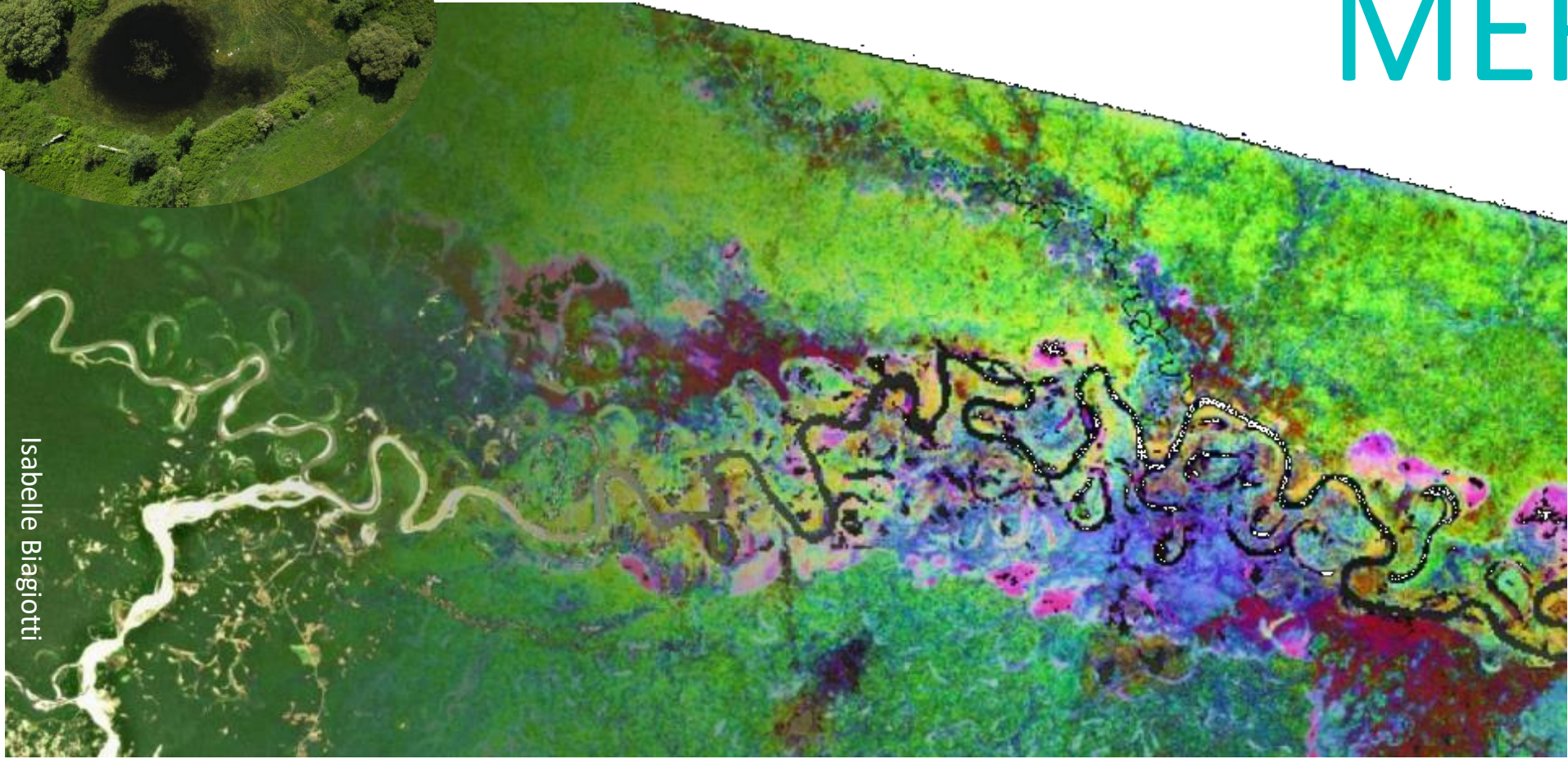
Téledétection et biodiversité

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