

# Téledétection pour évaluer la biodiversité

Samuel Alleaume, INRAE, TETIS



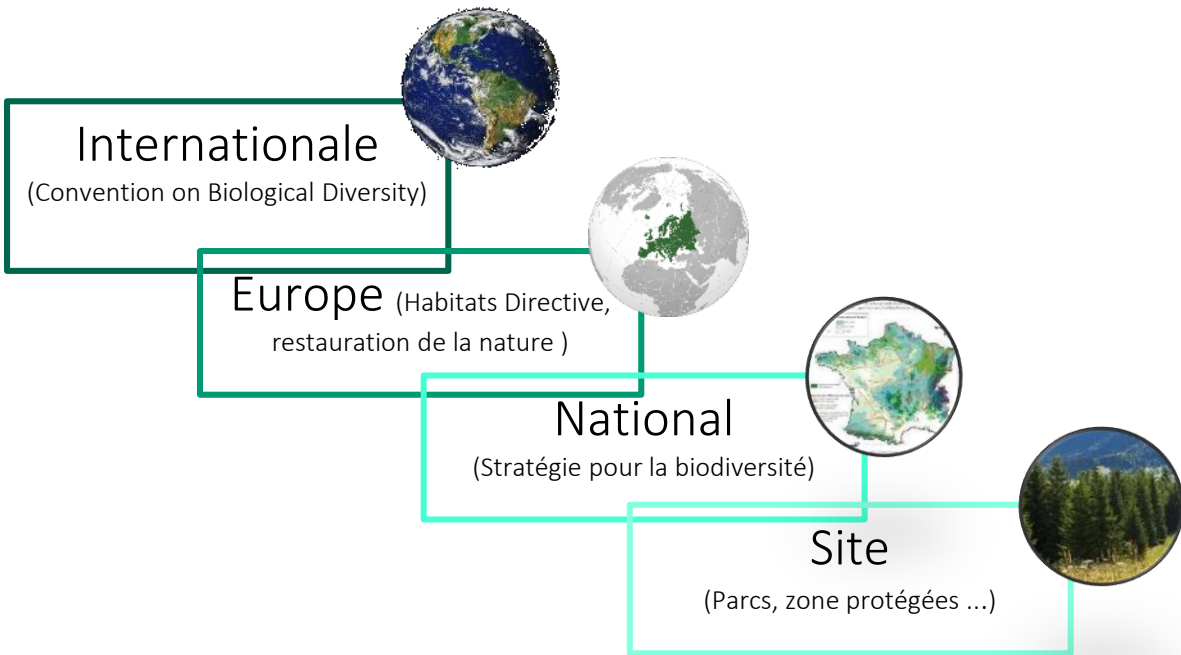
Le spatial, rampe de lancement de l'aide à la décision territoriale, 8 nov 2024



# Besoins d'outil pour évaluer l'état des écosystèmes

La préservation des écosystèmes est devenu un défi majeur pour le développement durable

Face à l'érosion de la biodiversité  
=> Politiques publique

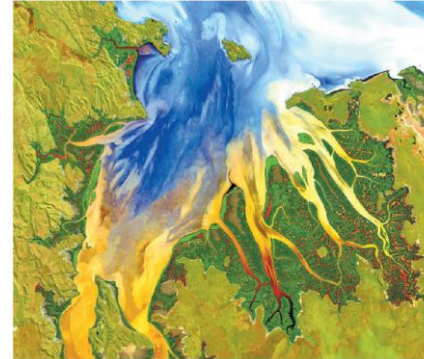
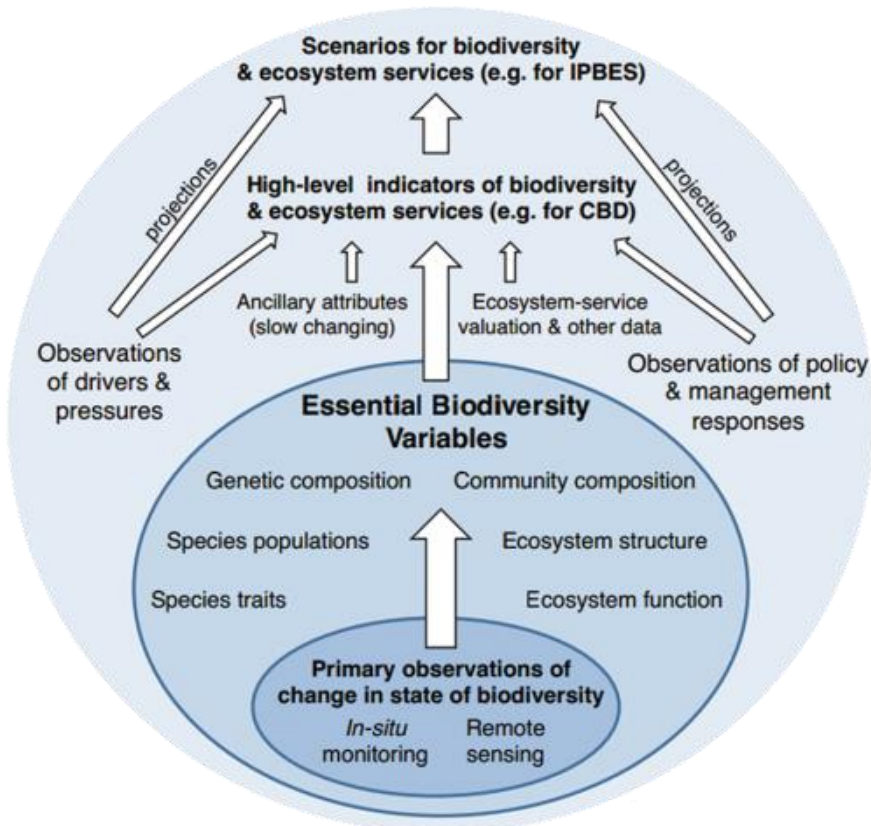


=> Besoin d'outils pour appliquer ces politiques



# Des variables **essenti**elles au suivi de la biodiversité

- EBV : variables dérivées des observations nécessaires pour **étudier, rendre compte** et **gérer** la biodiversité



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)

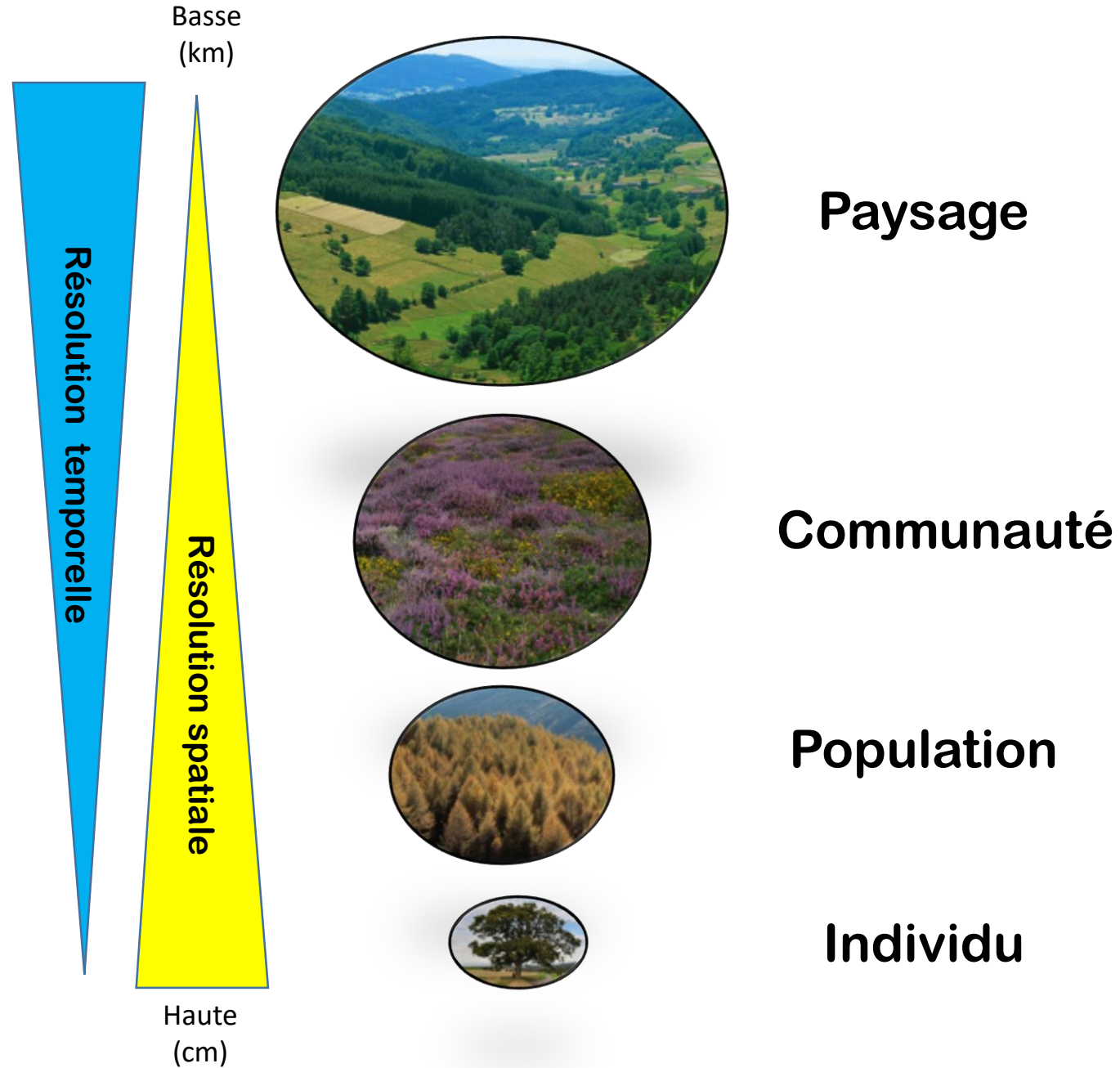
#### Ecosystem structure

- 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

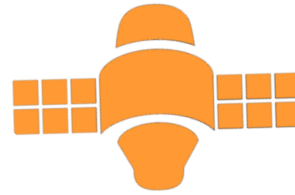


## ADVANTAGES

- Haute/basse résolution
- Couverture étendue

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

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

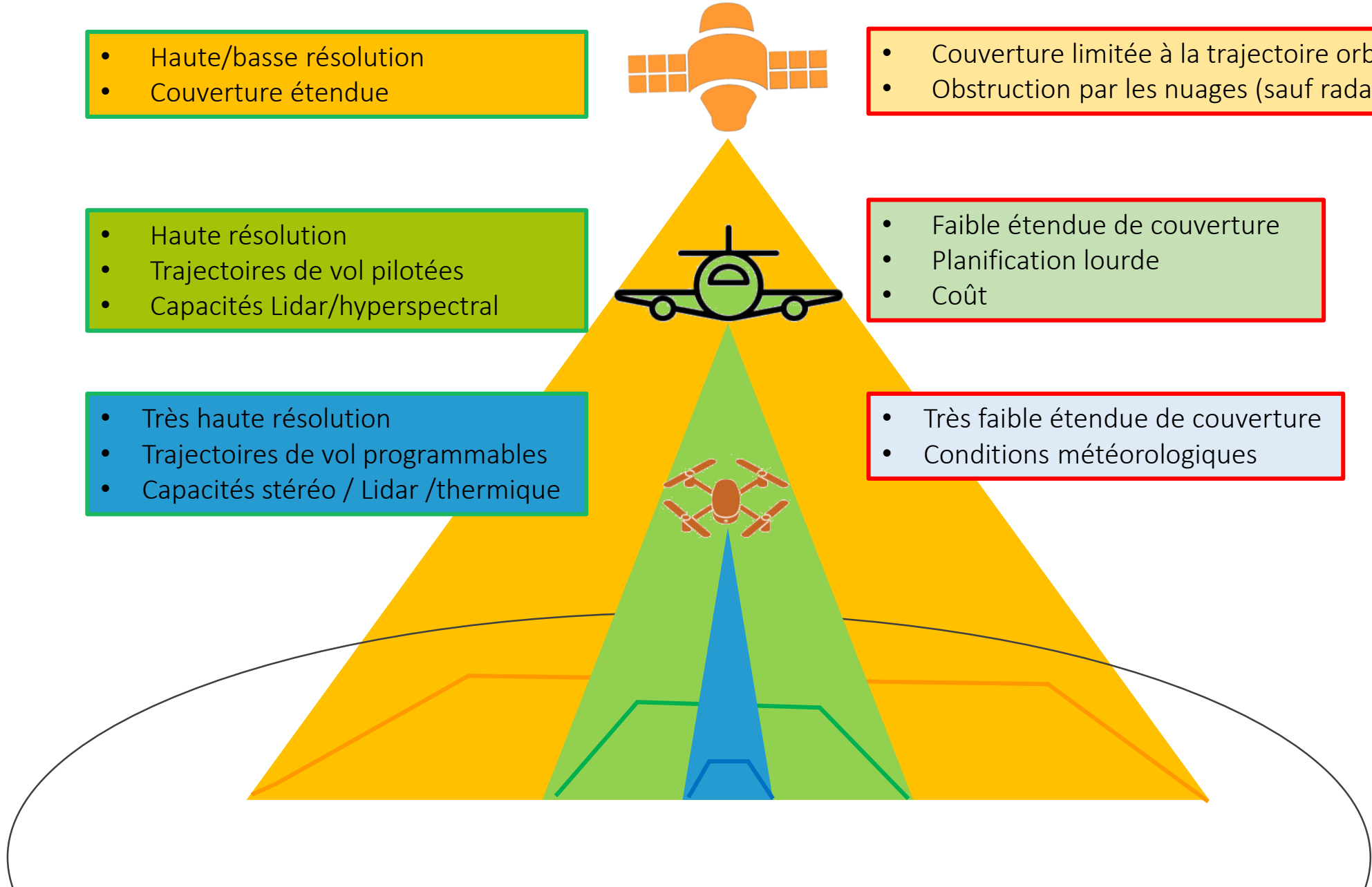


## INCONVENIENTS

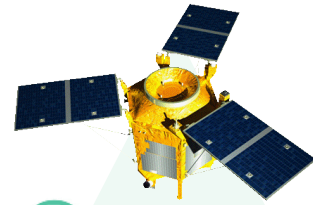
- Couverture limitée à la trajectoire orbitale
- Obstruction par les nuages (sauf radar)

- Faible étendue de couverture
- Planification lourde
- Coût

- Très faible étendue de couverture
- Conditions météorologiques



# La télédétection pour quelle évaluation ?



**Où ?** ⇒

Localiser => distribution



**Quoi ?** ⇒

Qualifier => diversité



**Combien ?** ⇒

Quantifier => surface, biomasse



**Comment ?** ⇒

Diagnostiquer => Etat

conservation, sanitaire



**Vers où, quoi, comment  
et combien ?** ⇒

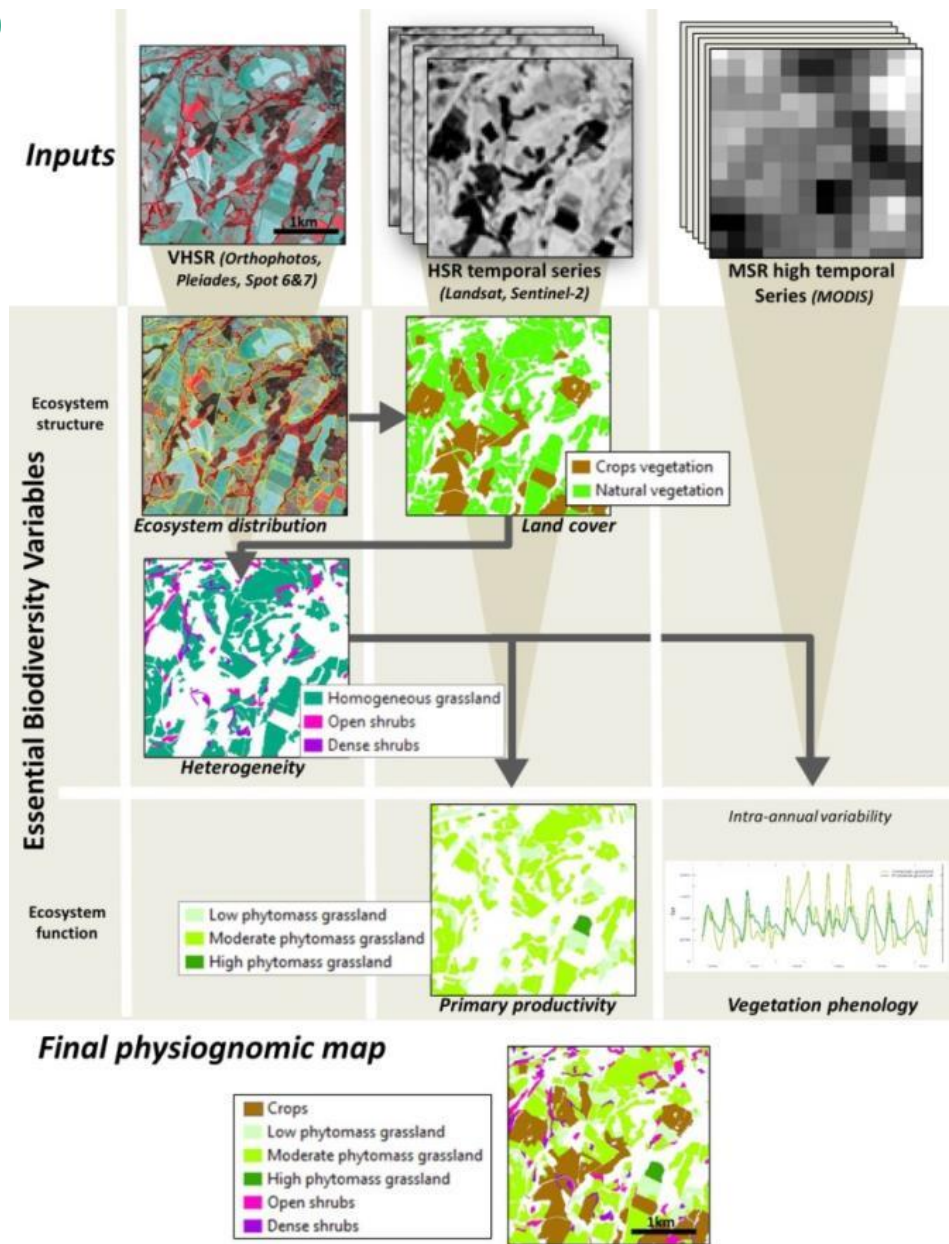
Pronostiquer => Evolution

tendance



**Indicateurs spatio-temporel multi-échelles**

# Cartographier les habitats naturels 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

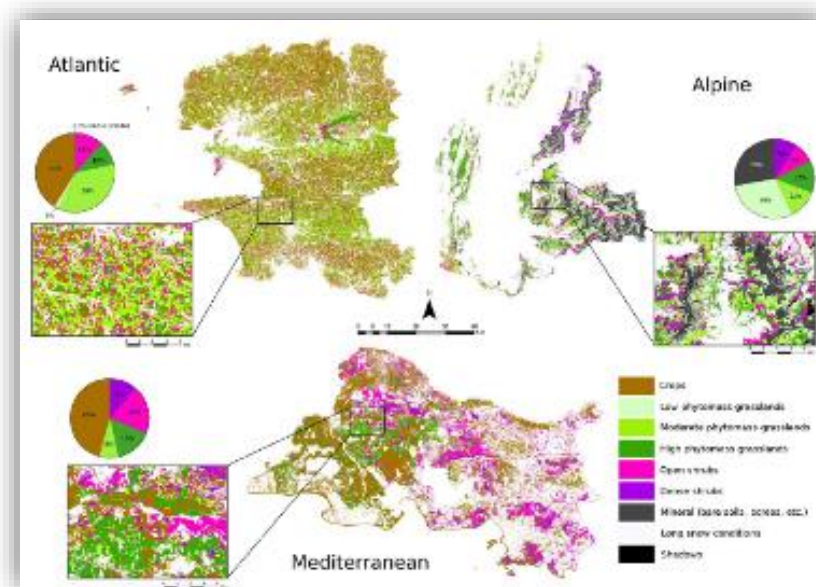
Chaînes de traitement

**MORINGA**

**Iota<sup>2</sup>**

<https://framagit.org/iota2-project/iota2>

<https://gitlab.irstea.fr/raffaele.gaetano/moringa>

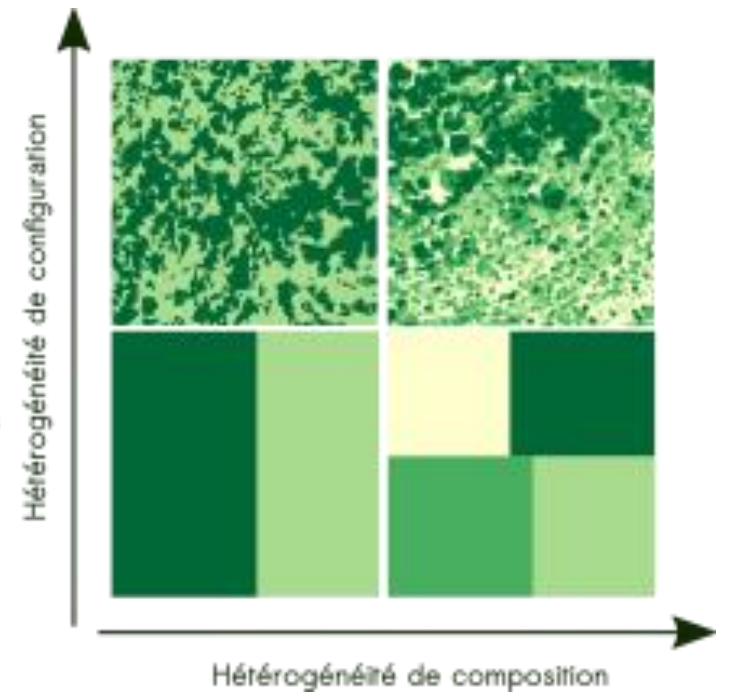
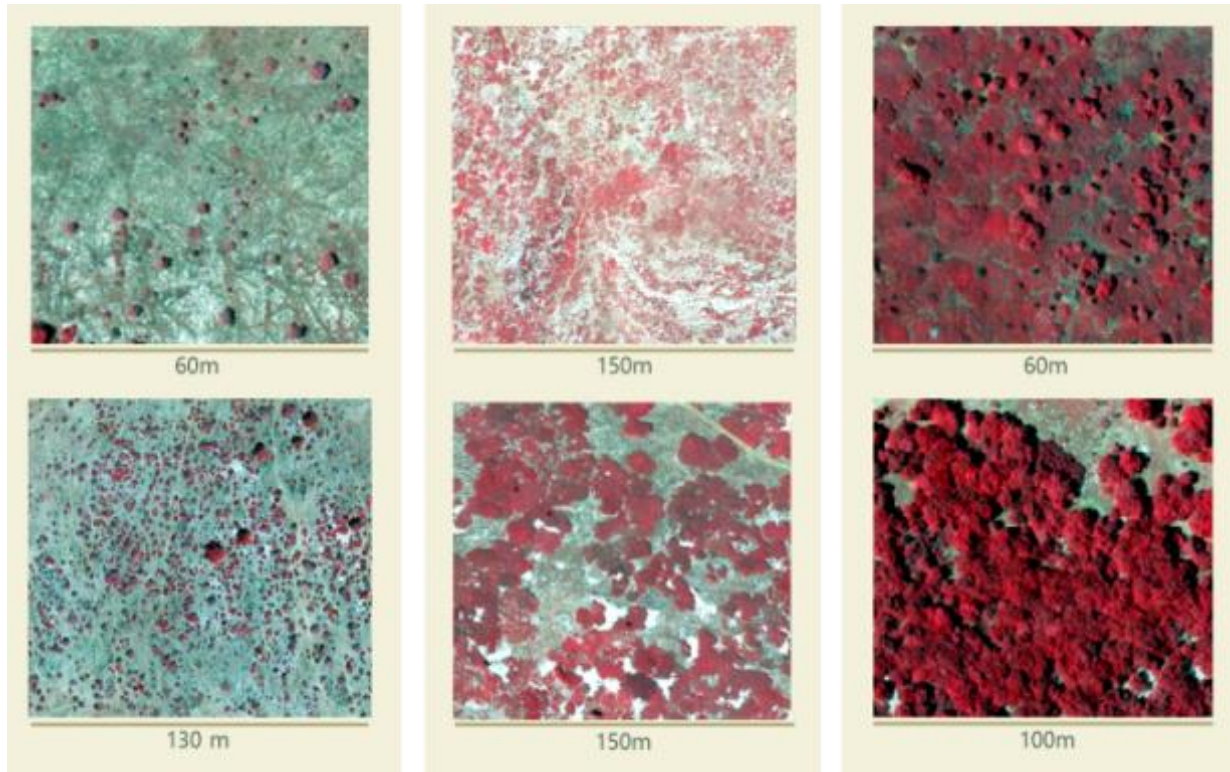






# Diagnostiquer par l'étude de l'hétérogènes spatiale

## Fermeture d'une garrigue





# Diagnostiquer par l'étude de l'hétérogènes spatiale ... pour mieux gérer



Biodiversity  
conservation



Pastoralism



Fire risk management



Cultural heritage

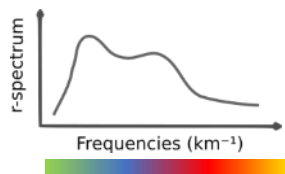


Mediterranean  
forested  
landscape



# Accéder à l'hétérogénéité

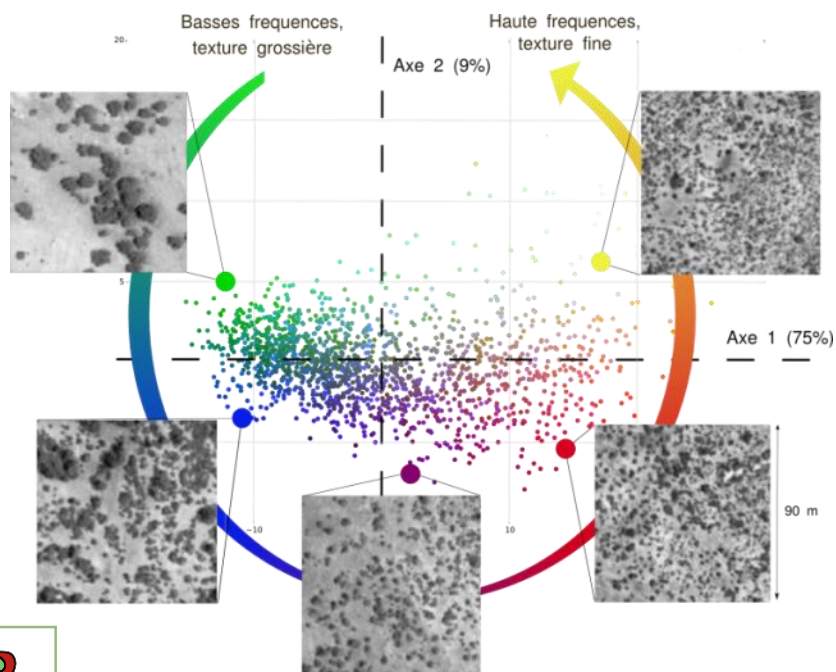
Analyse de la structure de la végétation structure par  
approche FOTO (Fourier textural ordination) (Couteron 2006)



Images THRS  
(Ortho, Spot6&7, Pléiade)

### IN SITU

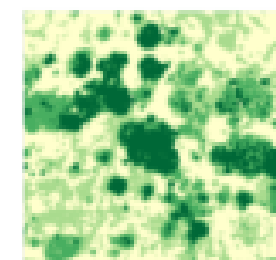
- Terrain
- Télédétection
- Drones



### METRIQUES PAYSAGERES

(FragStat)

- Proportions
- Densité des patches
- Compacité
- Fragmentation

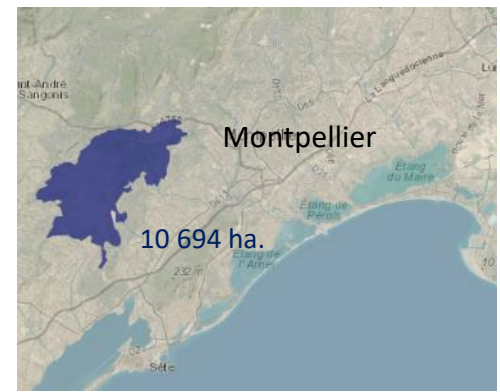


- bare soil
- herbs
- low ligneous
- high ligneous





# Carte de l'hétérogénéité des végétations



Montagne de la Moure  
et cause d'Aumelas  
(Natura 2000)



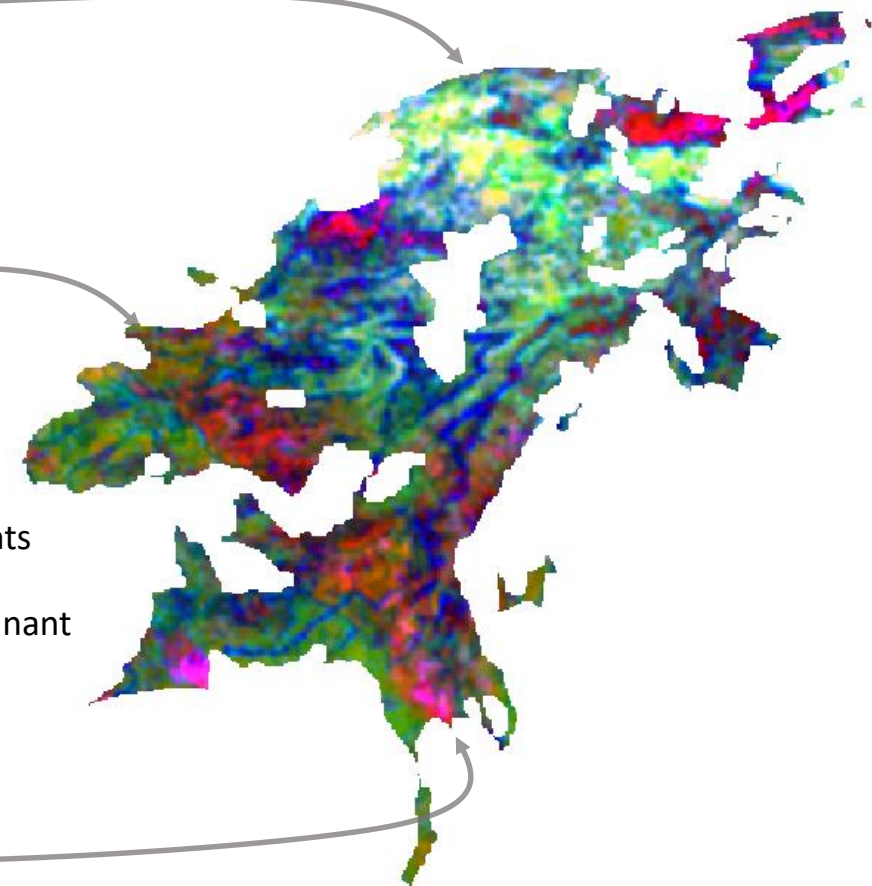
Changement d'échelle : du site test à la zone

Ligneux hauts dominants

Fragmentation

Ligneux bas dominants

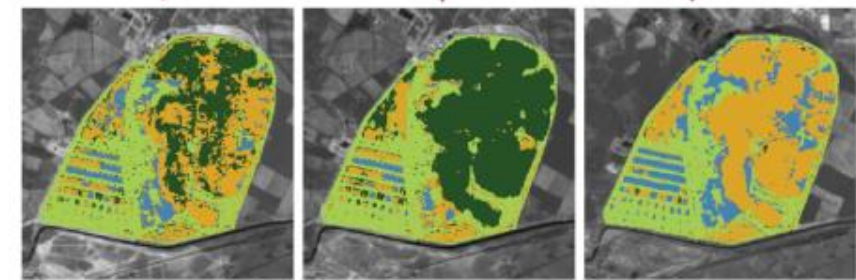
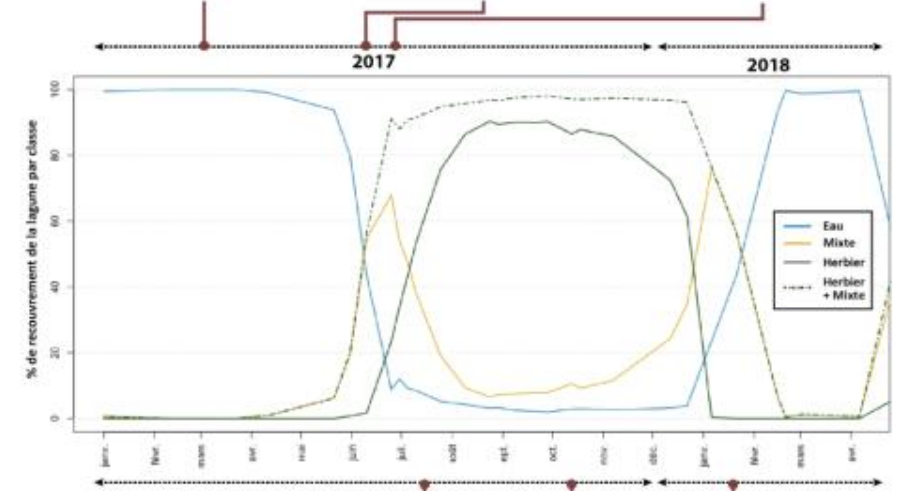
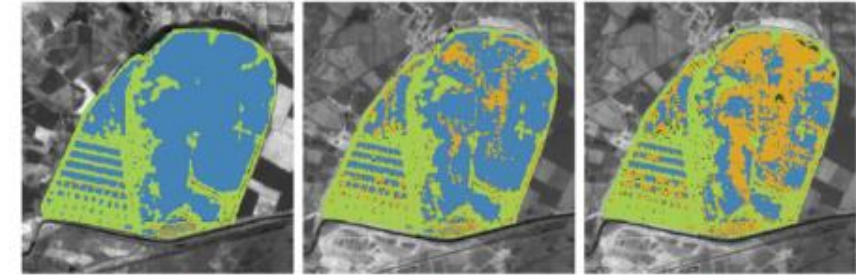
Herbacés + sol dominants



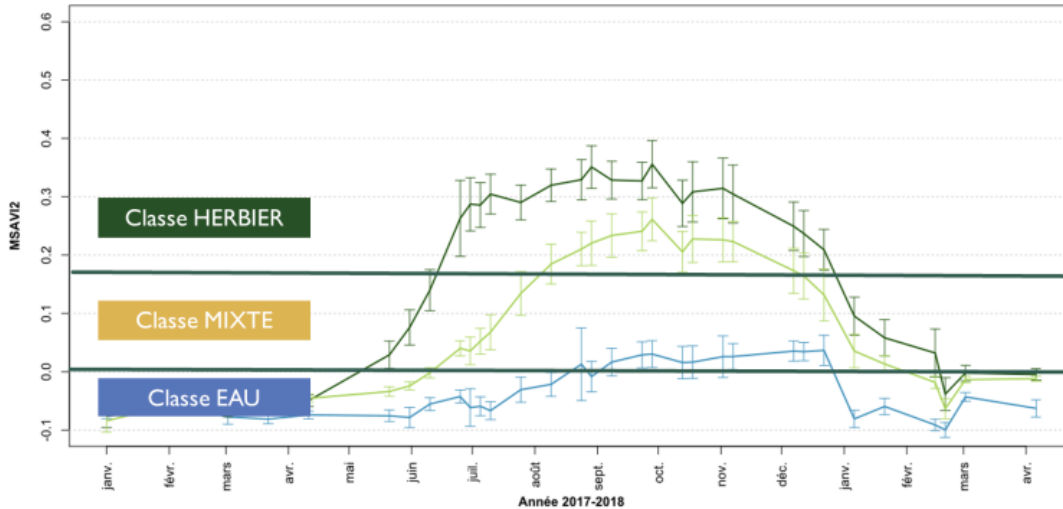


# Séries temporelles pour suivre l'évolution des écosystèmes (saisonnier)

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



Profil temporel de la variable MSAV2



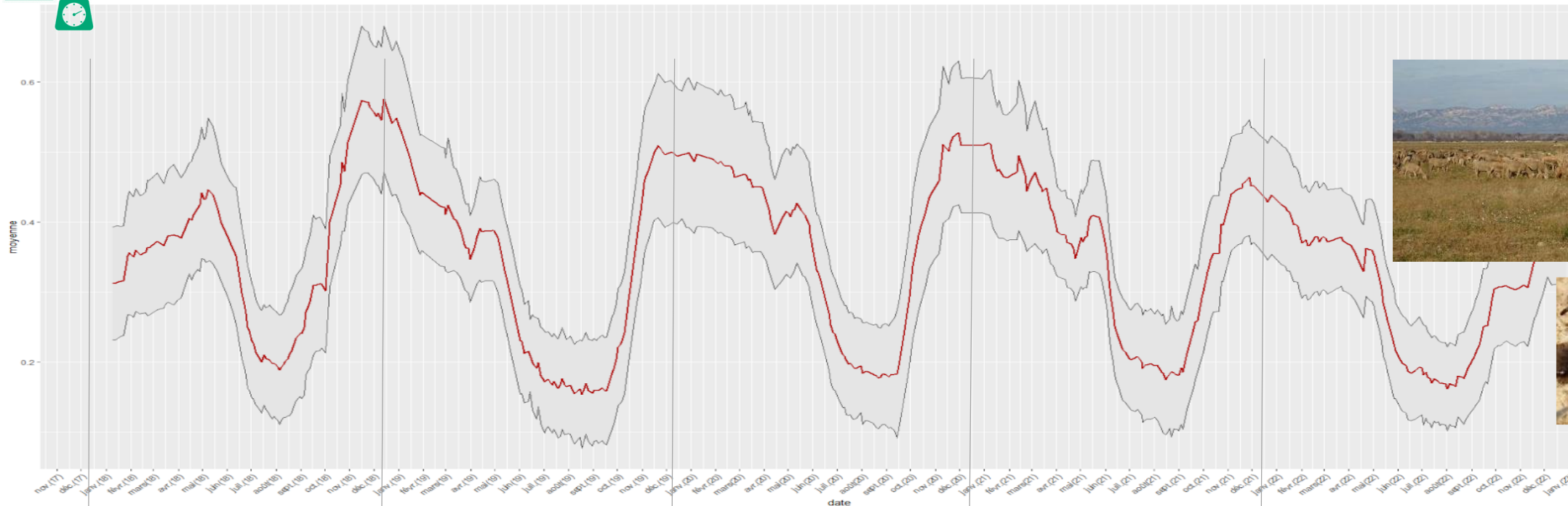
Modified Soil-Adjusted Vegetation Index 2 (NIR/R)

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 le suivi interannuel des écosystèmes



2018

2019

2020

2021

2022



Cumul de production végétale

- Très faible
- Faible
- Moyen
- Fort

P. Bernard, 2023. 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.

- Donne des indications sur la dynamique des habitats naturels, sans les classer, à travers le calcul de 3 composantes issues de la télédétection.
- Devient une référence pour prédire des patrons de diversité à large échelle à partir d'images satellites (Radeloff et al. 2019).
- Les 3 composantes peuvent être dérivées d'une série temporelle annuelle de fAPAR (variable biophysique) ou de NDVI (Coops et al., 2018)

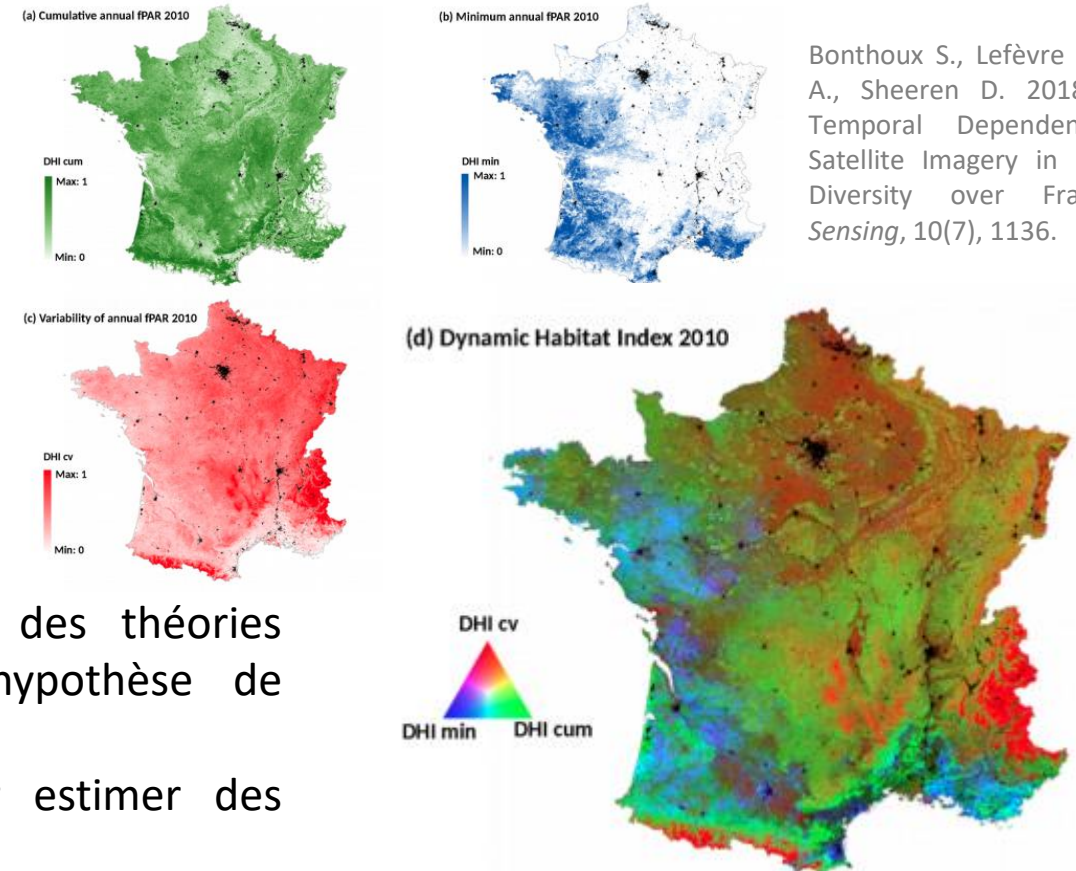
1. **DHI cum** : cumul du NDVI sur l'année (soit l'aire sous la courbe). Il informe sur le **niveau de productivité annuelle** de la végétation.

2. **DHI min** : valeur minimale du NDVI sur l'année. Il informe sur le **niveau le plus bas de productivité** de la végétation.

3. **DHI cv** : coefficient de variation des valeurs du NDVI de l'année. Cette composante reflète la **saisonnalité** de l'habitat.

Les 3 composantes du DHI peuvent être reliées à des théories écologiques (diversité-productivité, diversité-stabilité, hypothèse de stress environnemental).

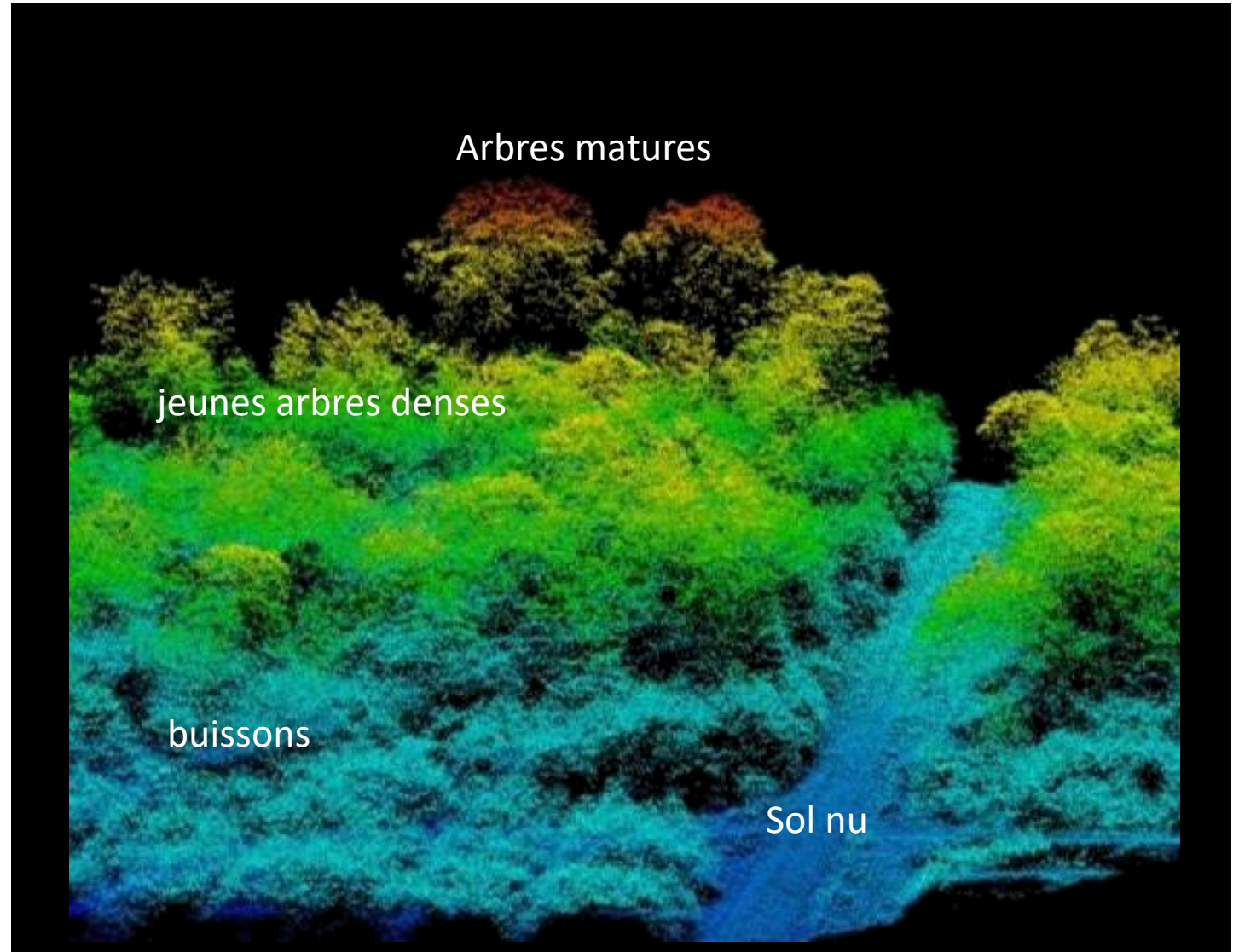
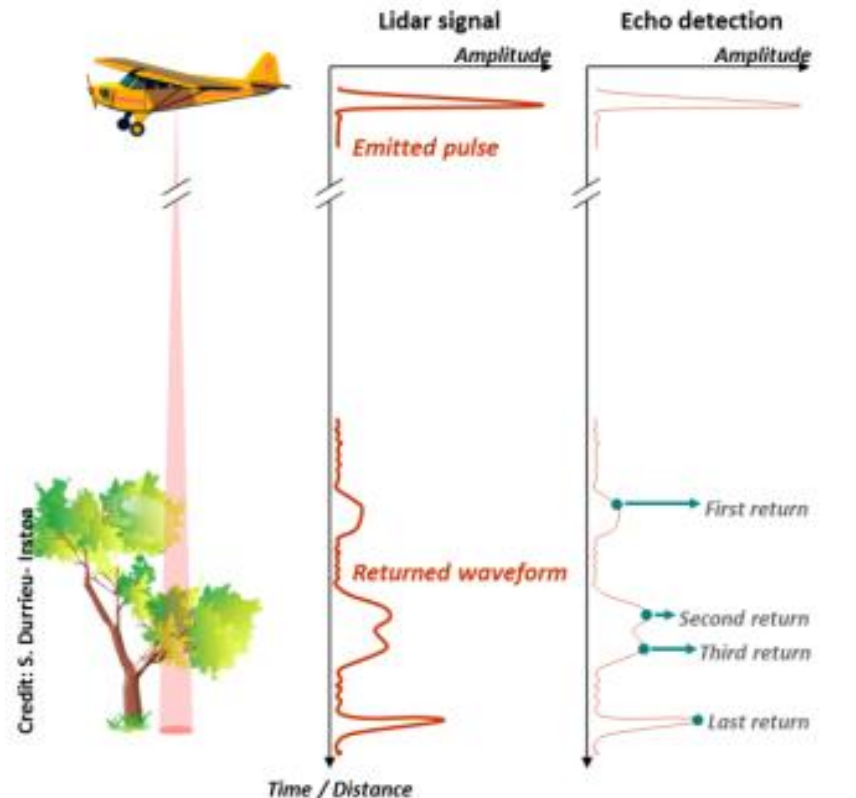
Elles peuvent ainsi être utilisées comme **proxy** pour estimer des indicateurs de biodiversité.



Bonthoux S., Lefèvre S., Herrault P.-A., Sheeren D. 2018. Spatial and Temporal Dependency of NDVI Satellite Imagery in Predicting Bird Diversity over France. *Remote Sensing*, 10(7), 1136.

# Décrire le structure verticale

Le lidar est le meilleur capteur à distance pour accéder directement à la **structure de la végétation**.



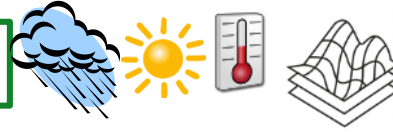




# Décrire le structure verticale

## Multi-scale Metrics -> biodiversity assessment

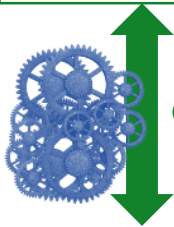
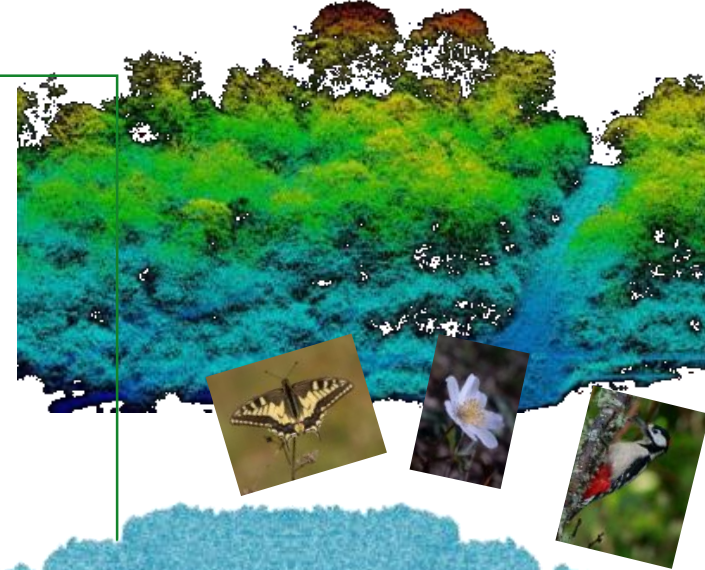
Abiotiques variables



+

### Lidar metrics : Scale plot /stand

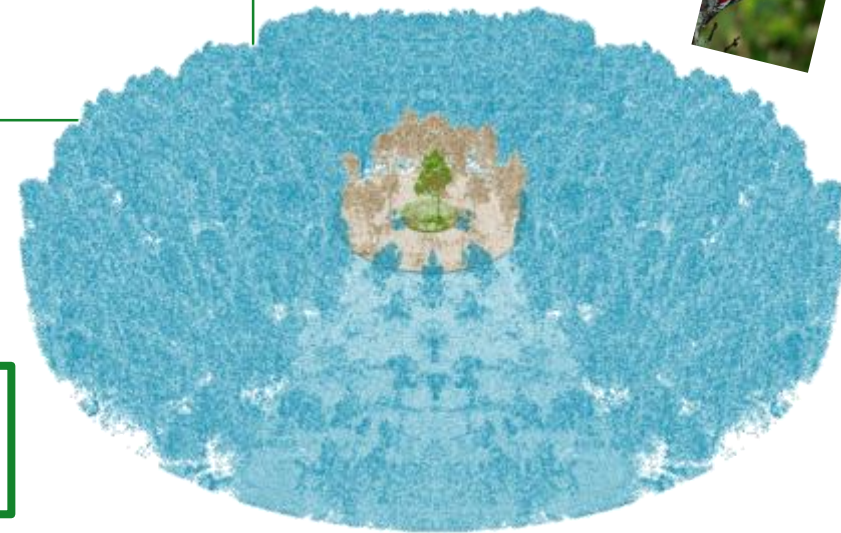
- Heights (max, avg, median, variance, Gini)
- Veg profile (coefficient of variation / vertical distribution)
- Largest gaps / Light penetration
- Canopy rate / Canopy volume



*Models*

**Biodiversity :**

- Abundance
- Specific richness



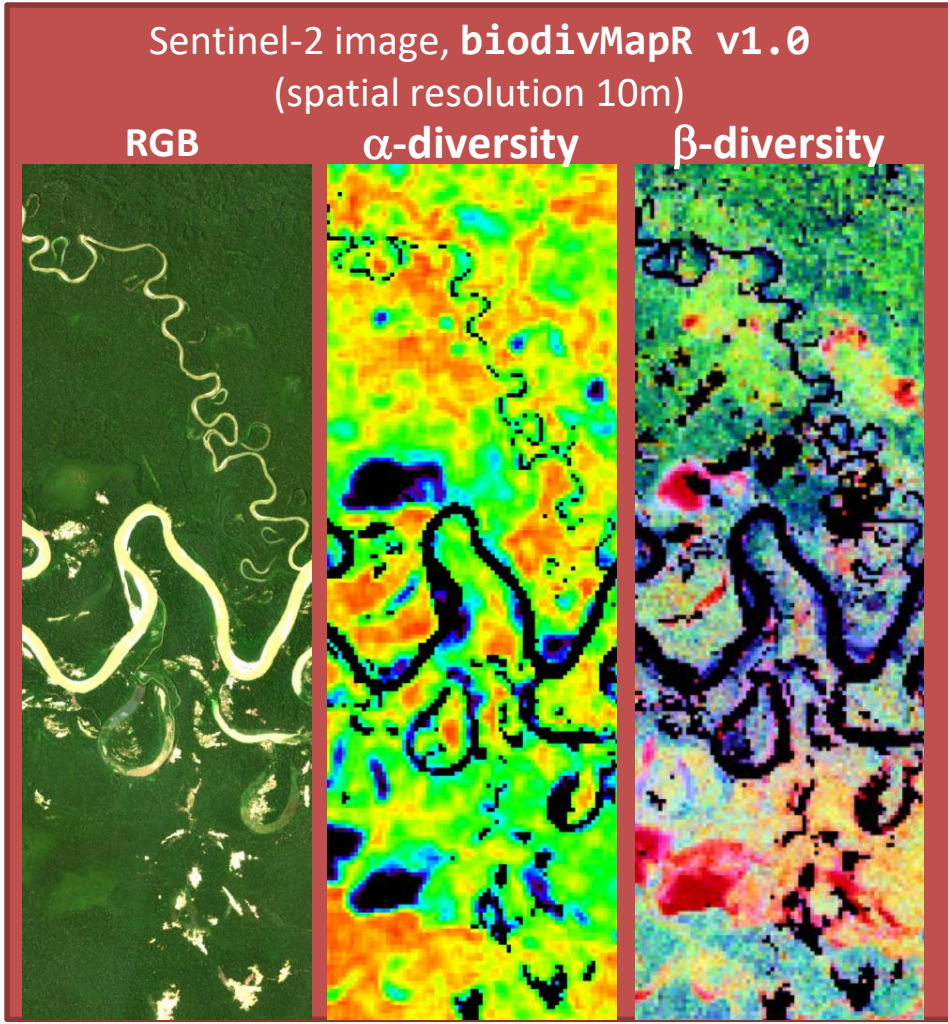
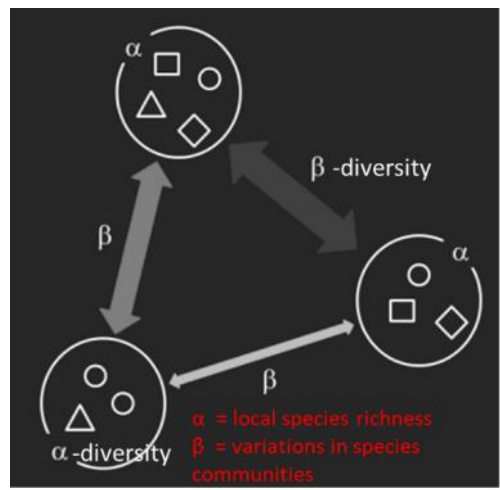
Credit: M. Bouvier





# Evaluer la biodiversité ...spectrale

- Création d'espèces spectrales par
- couplage lidar & hyperspectral
  - utilisation de série temporelles S2
- $\alpha$  and  $\beta$  Biodiversité**



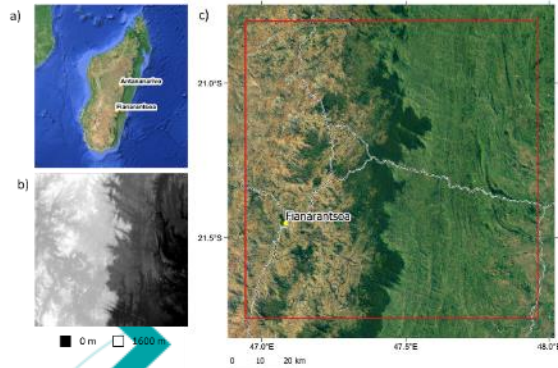
Féret, J.-B., de Boissieu, F., 2019. biodivMapR: an R package for  $\alpha$ - and  $\beta$ -diversity mapping using remotely-sensed images. *Methods Ecol. Evol.* 00:1-7. doi.org/10.1111/2041-210X.13310

BioDivMapR 

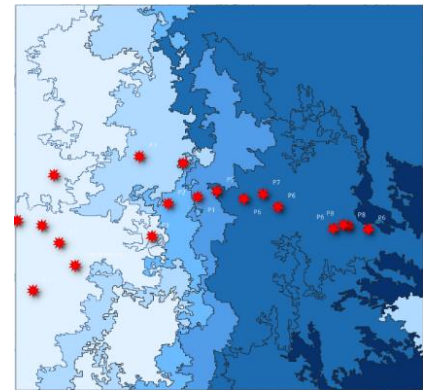
[jbferet.github.io/biodivMapR/index.html](http://jbferet.github.io/biodivMapR/index.html)

# Valider des observations spatiales

.... Caractériser et archiver des unités paysagères



Projet  
CES-PAYSAGES  
(cnes)



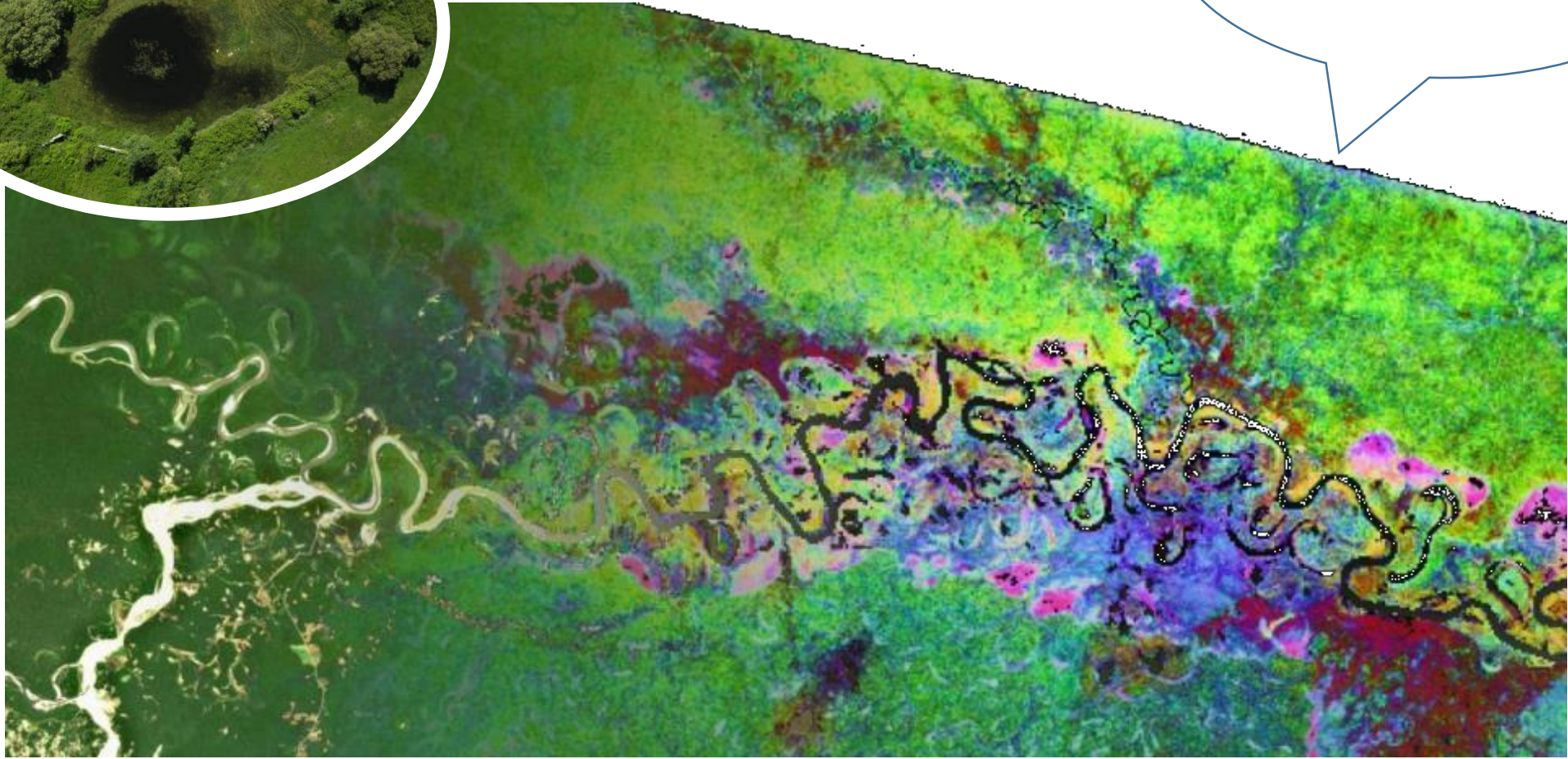
<https://dataverse.ird.fr/dataverse/ces-paysage>



# 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 !

# 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.