

Téledétection pour évaluer la biodiversité

Samuel Alleaume, INRAE, TETIS

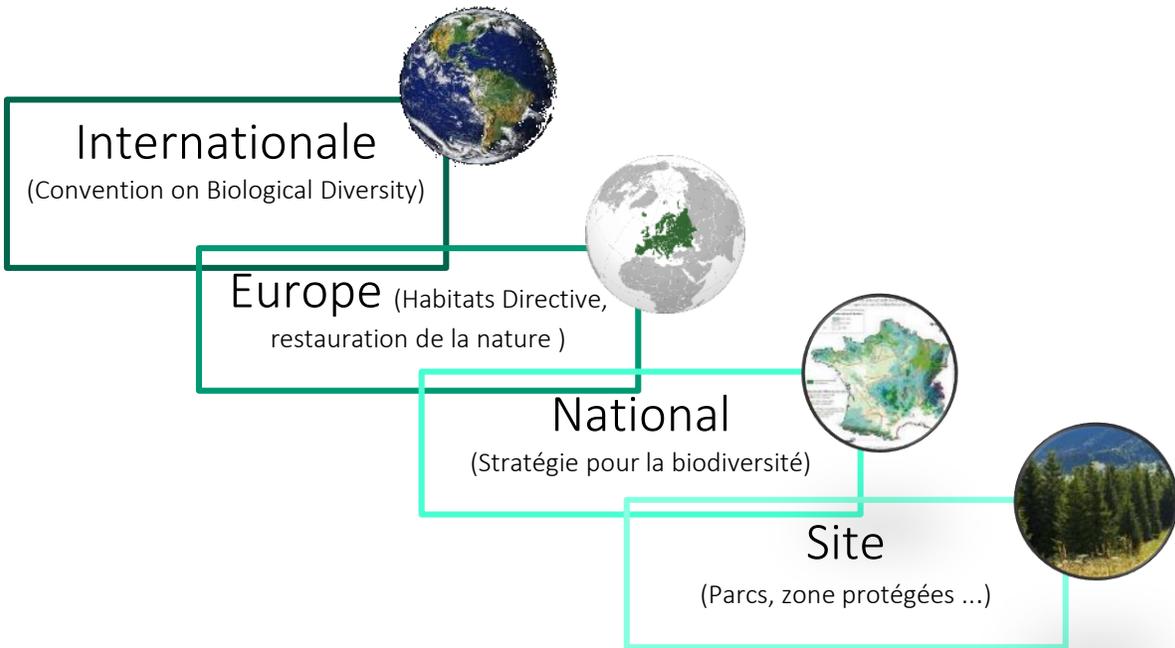


Le spatial, rampe de lancement de l'aide à la décision territoriale, 8 nov 2024

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

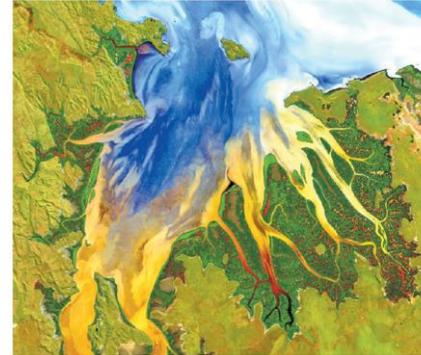
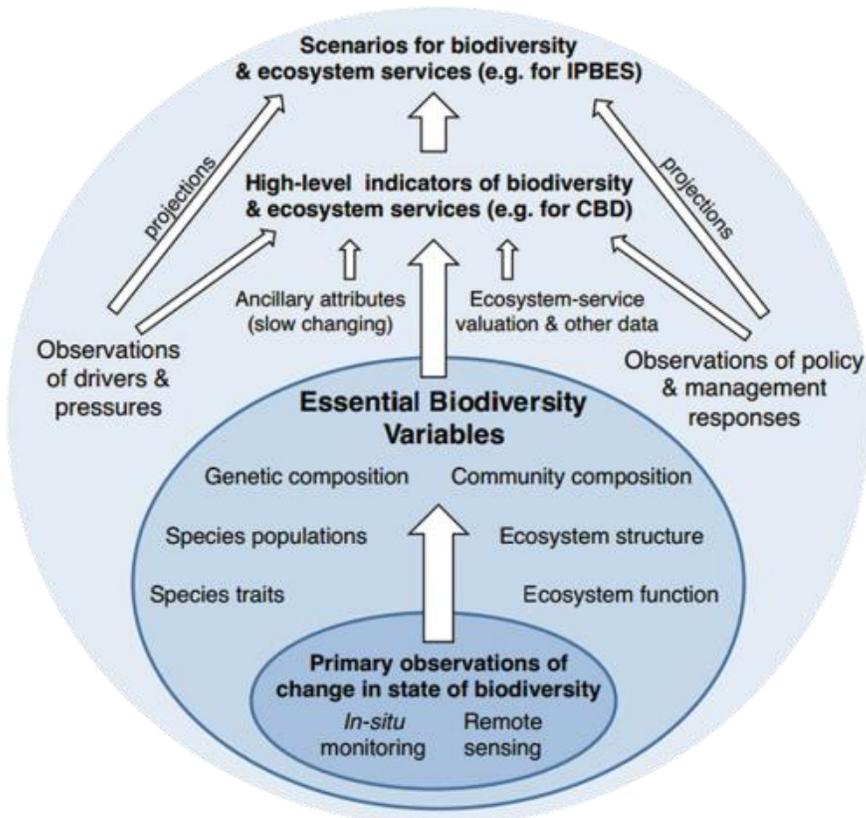


=> Besoin d'outils pour appliquer ces politiques



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

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



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)

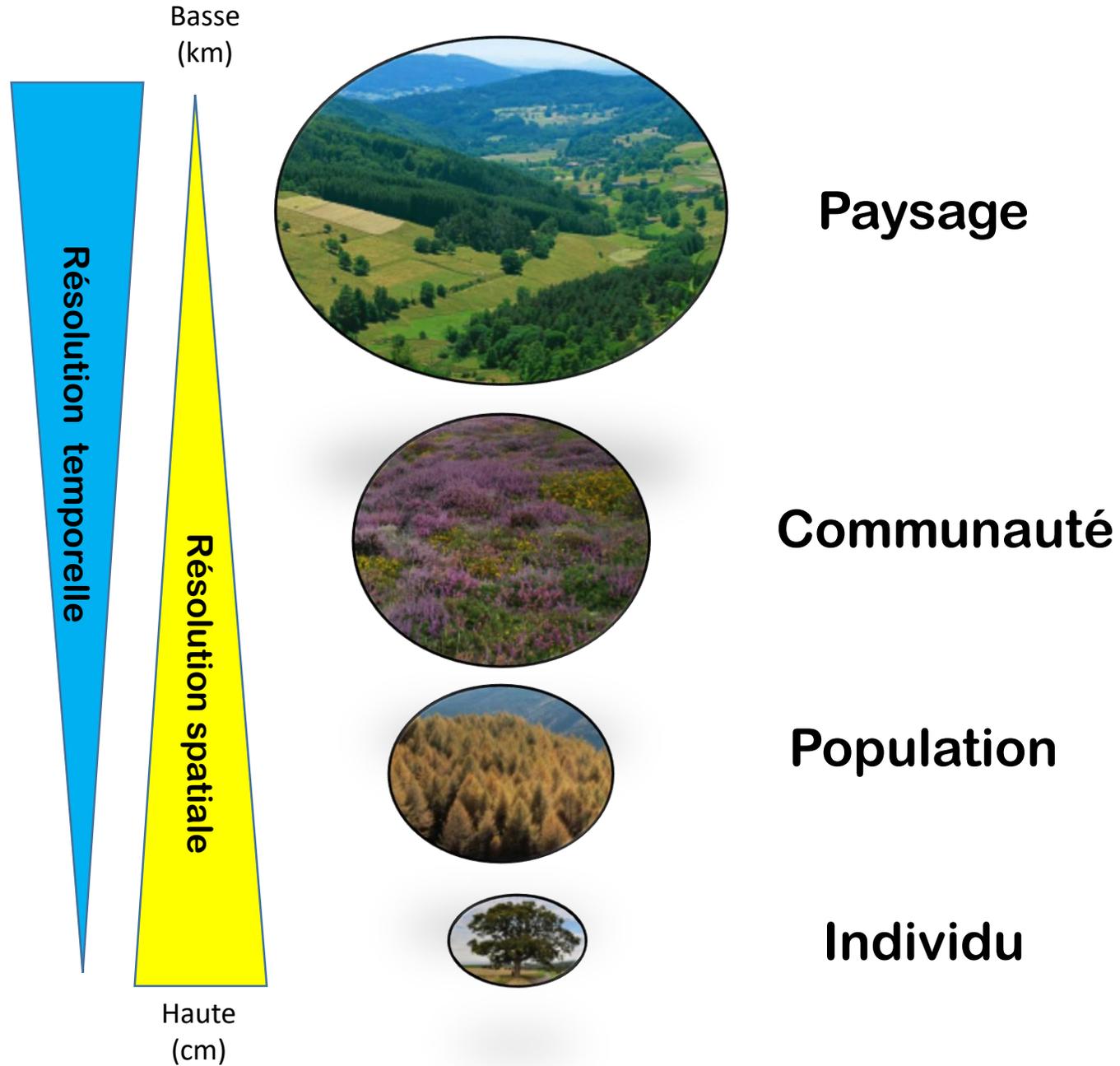
Ecosystem structure

- 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

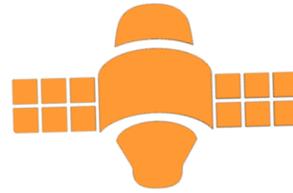


ADVANTAGES

- 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

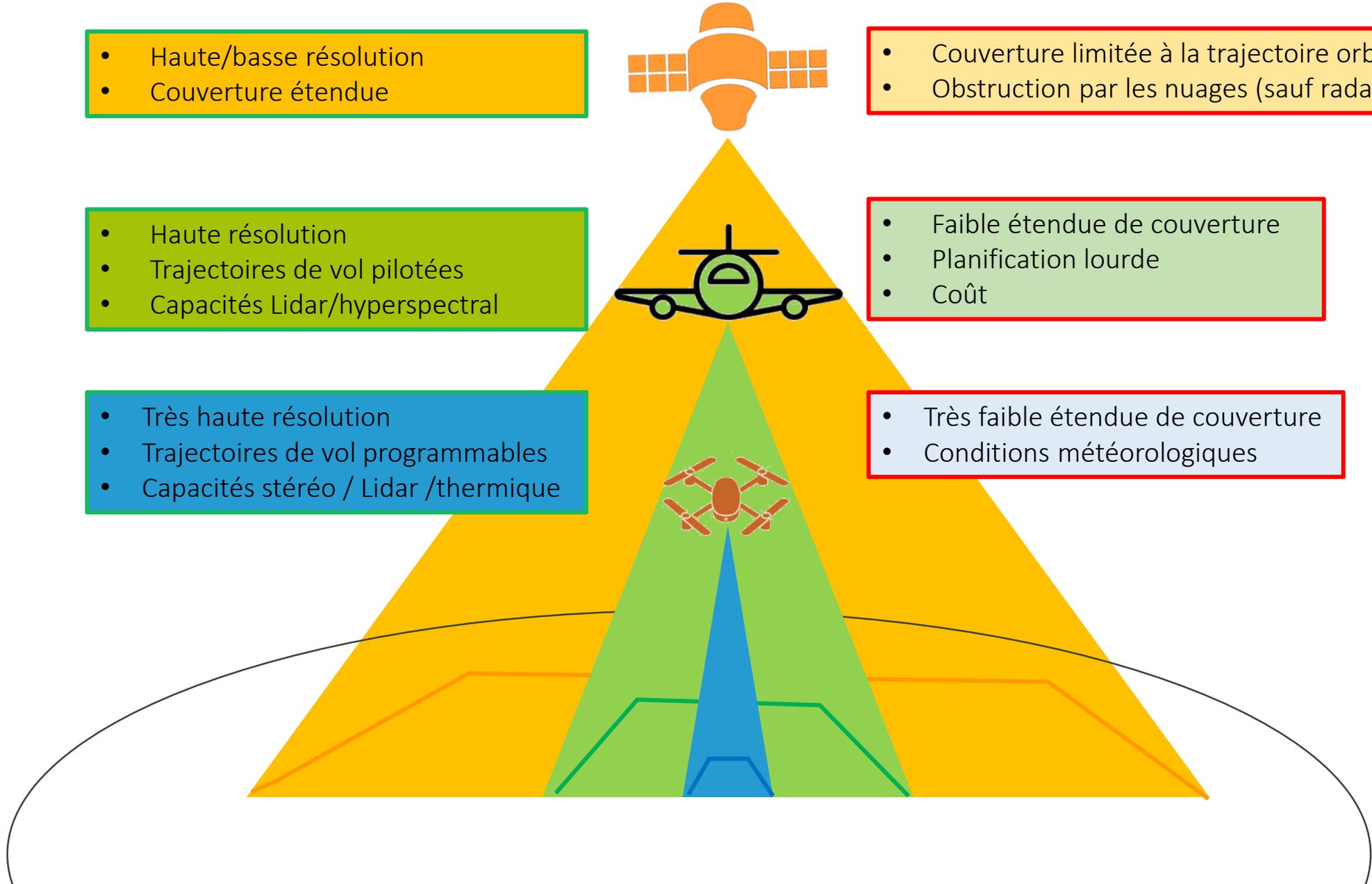


INCONVENIENTS

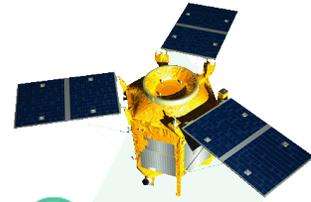
- Couverture limitée à la trajectoire orbitale
- Obstruction par les nuages (sauf radar)

- 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 ?** ⇒

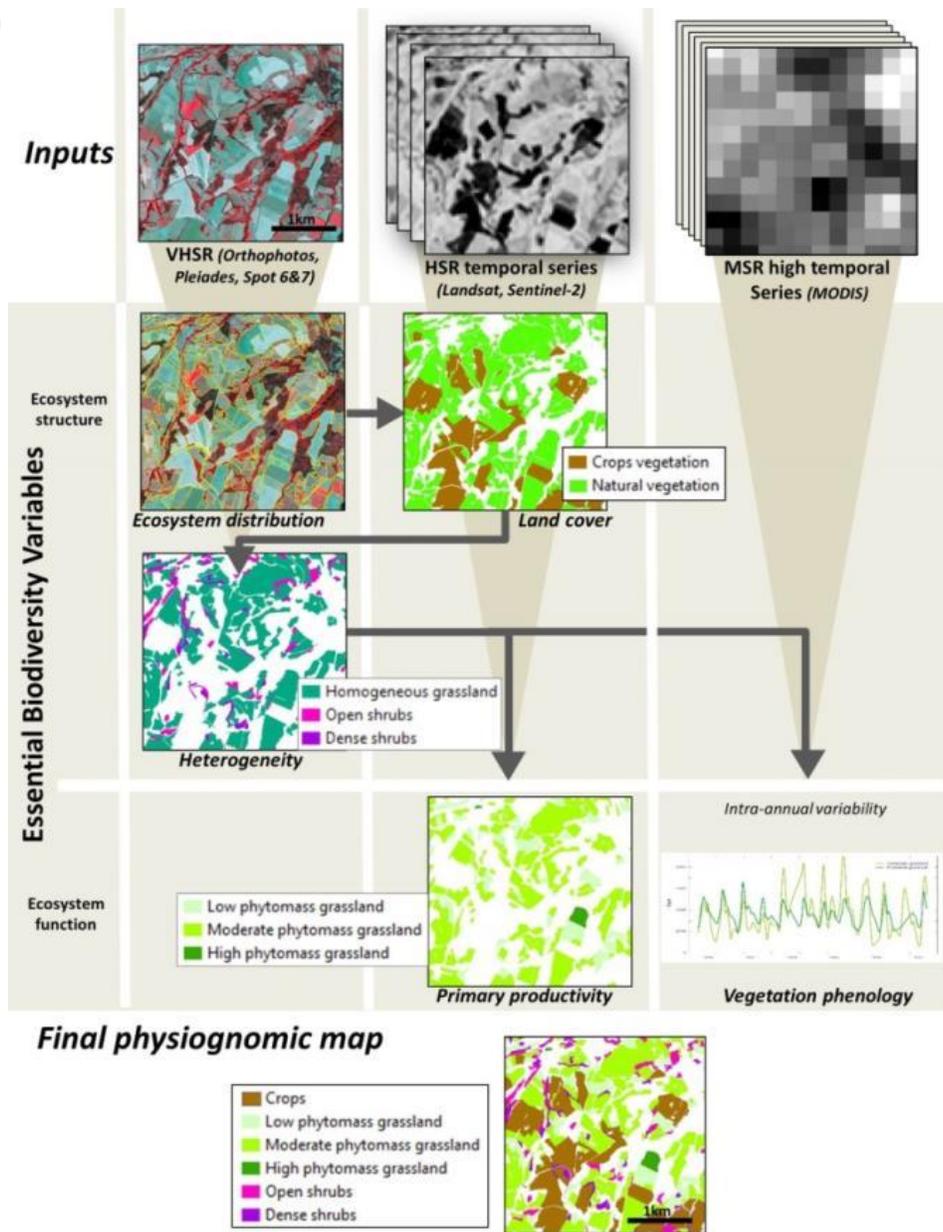
Pronostiquer => Evolution

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

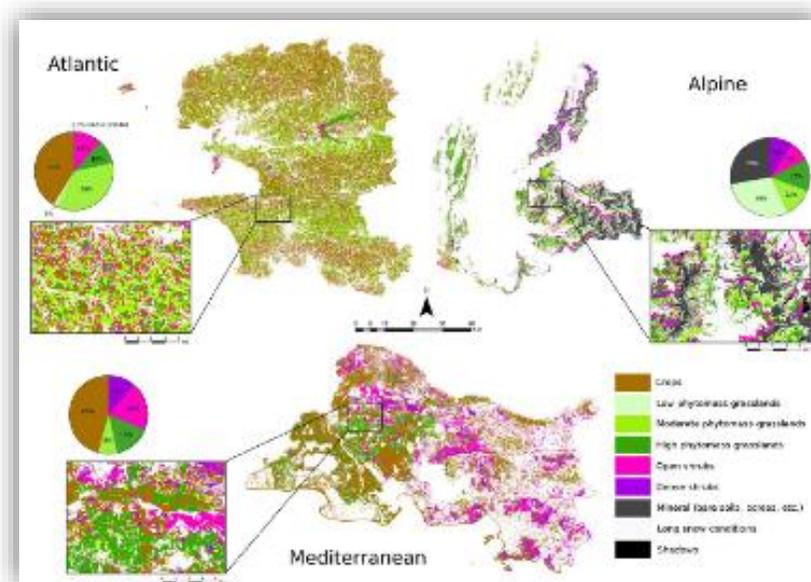
Chaînes de traitement

MORINGA

Iota²

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

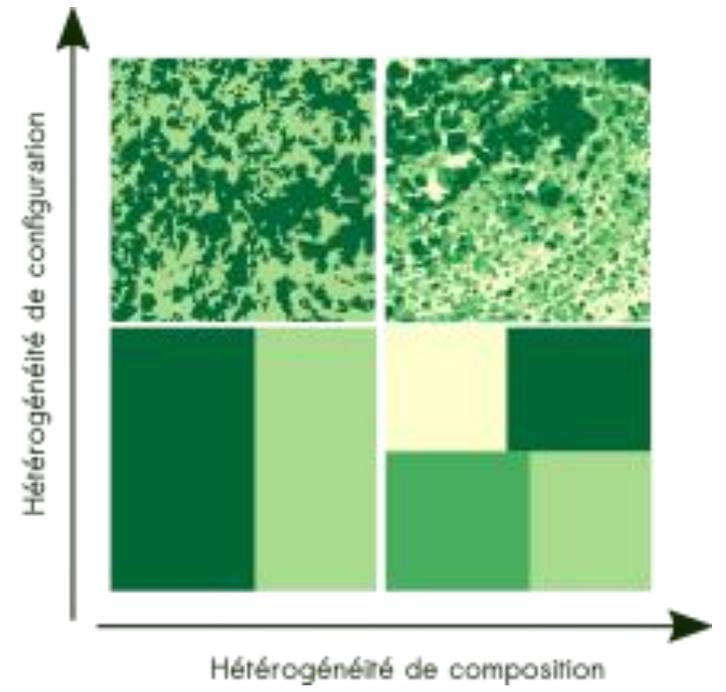
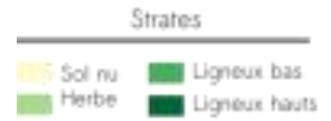
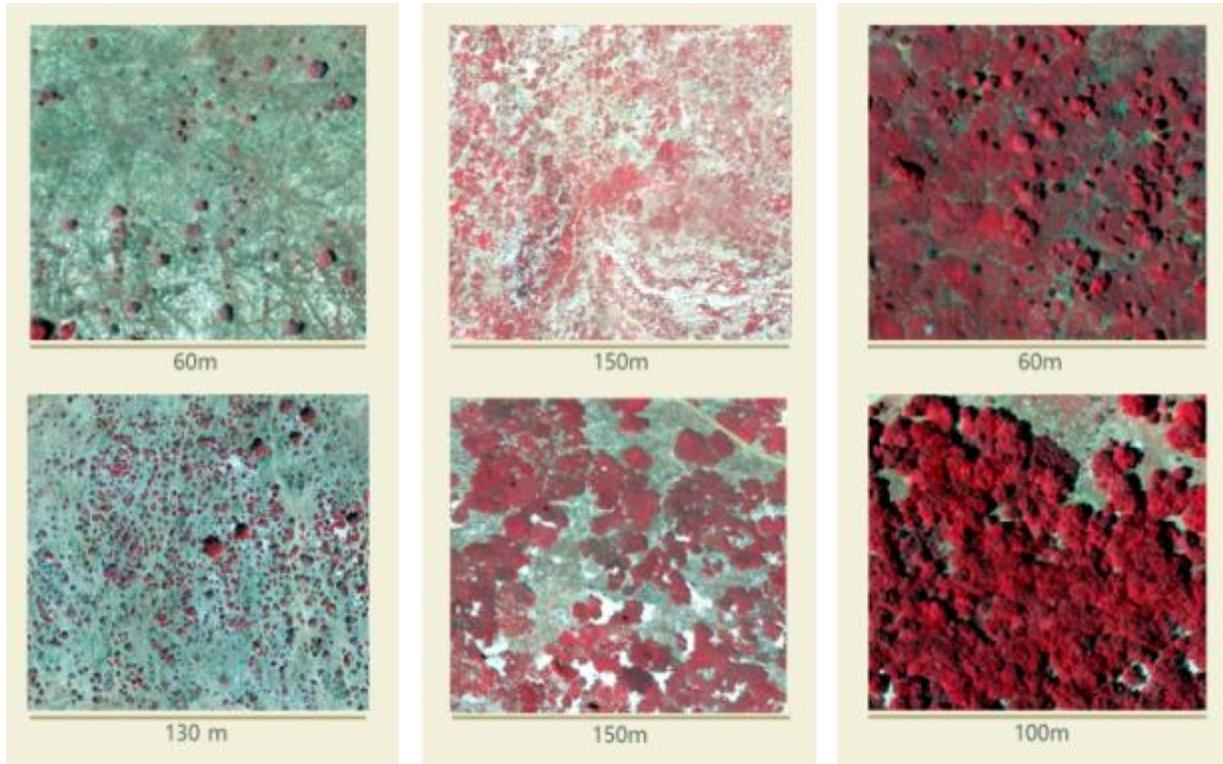
<https://gitlab.irstea.fr/raffaele.gaetano/moringa>





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

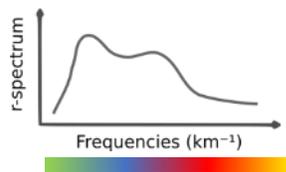


Mediterranean
forested
landscape



Accéder à l'hétérogénéité

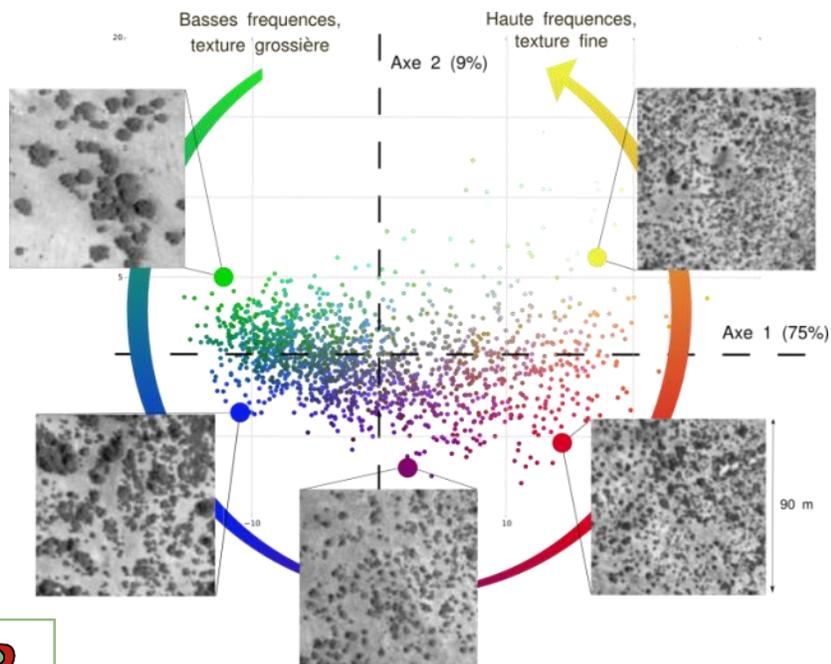
Analyse de la structure de la végétation structure par
approche FOTO (Fourier textural ordination) (Couteron 2006)



Images THRS
(Ortho, Spot6&7, Pléiade)

IN SITU

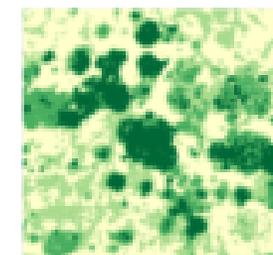
- Terrain
- Télédétection
- Drones



METRIQUES PAYSAGERES

(FragStat)

- Proportions
- Densité des patches
- Compacité
- Fragmentation

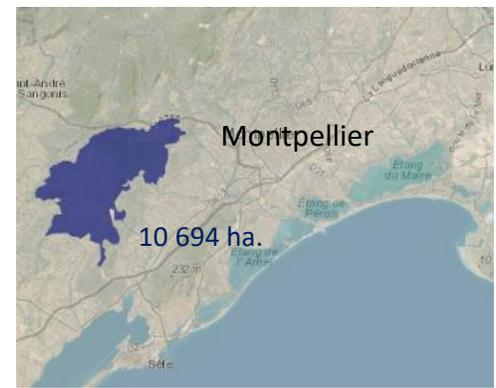


- bare soil
- herbs
- low ligneous
- high ligneous





Carte de l'hétérogénéité des végétations



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



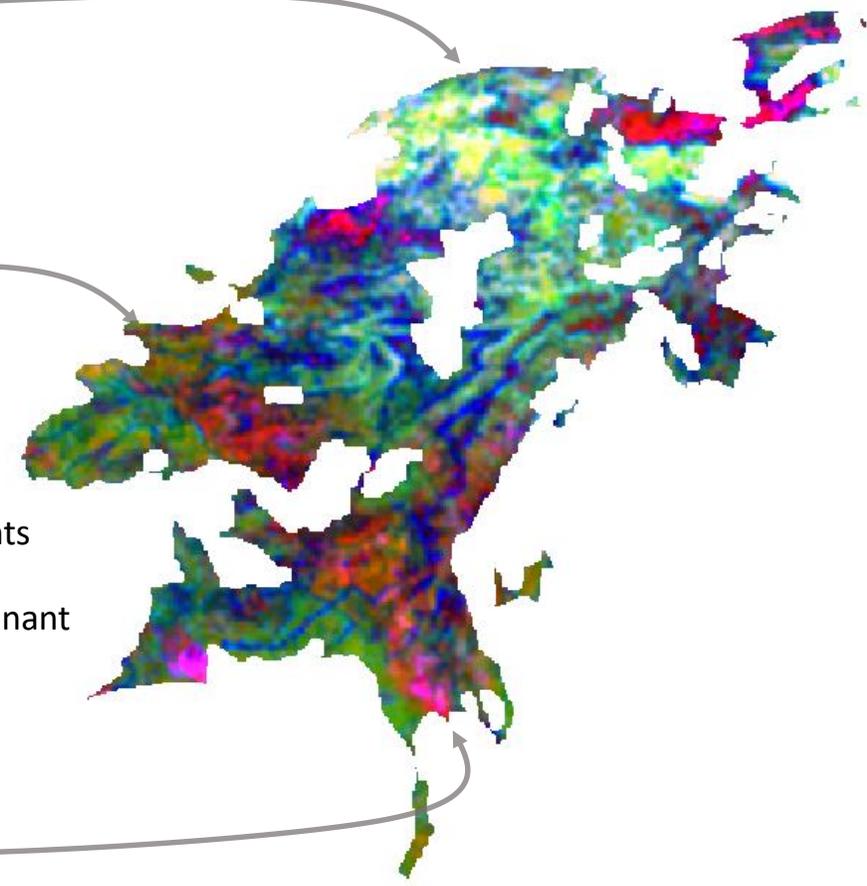
Changement d'échelle : du site test à la zone

Ligneux hauts dominants

Fragmentation

Ligneux bas dominants

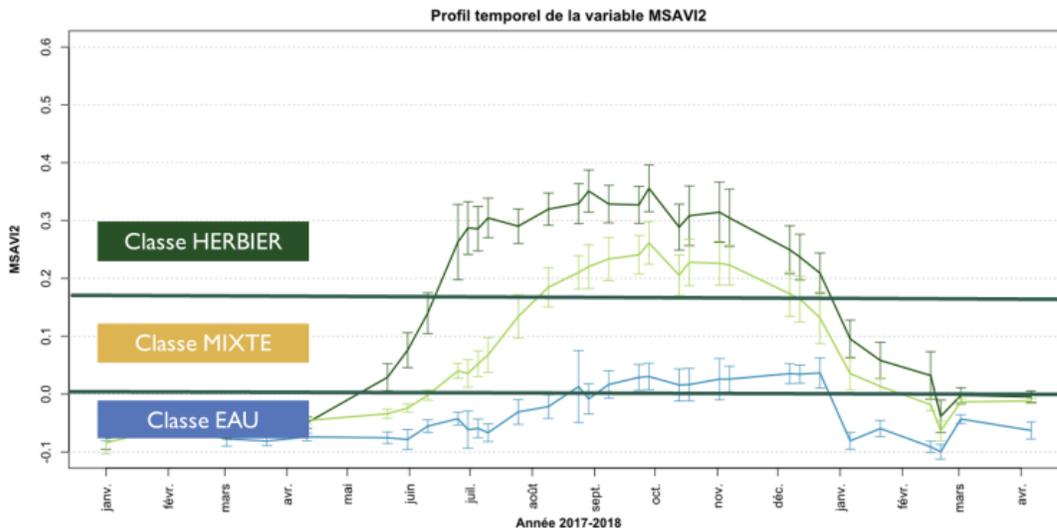
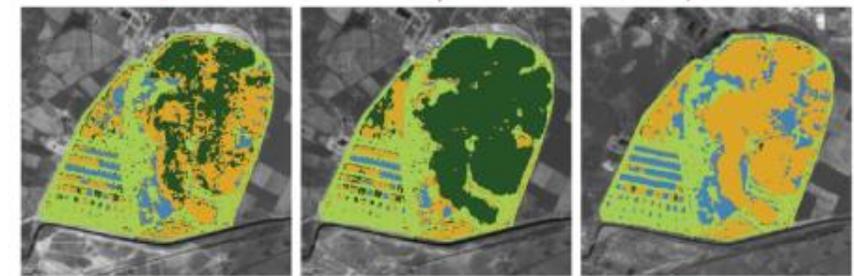
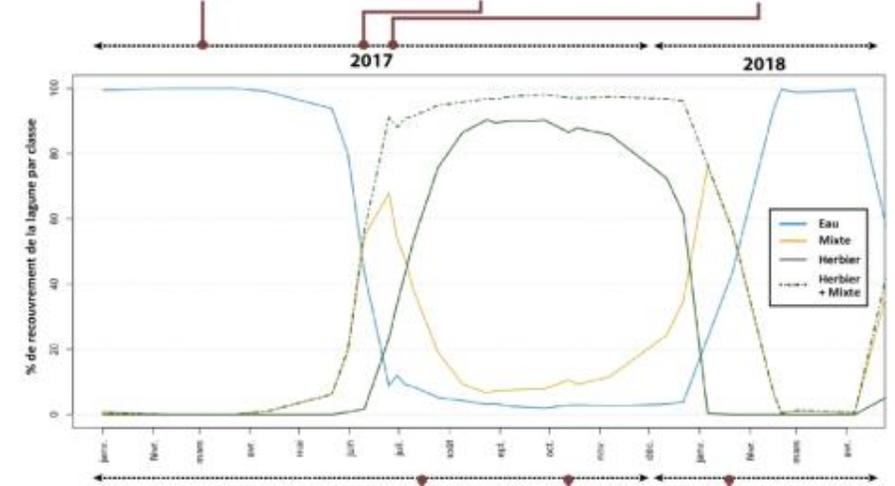
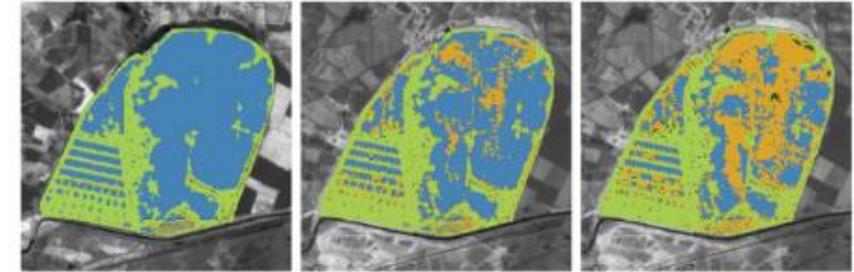
Herbacés + sol dominants





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

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



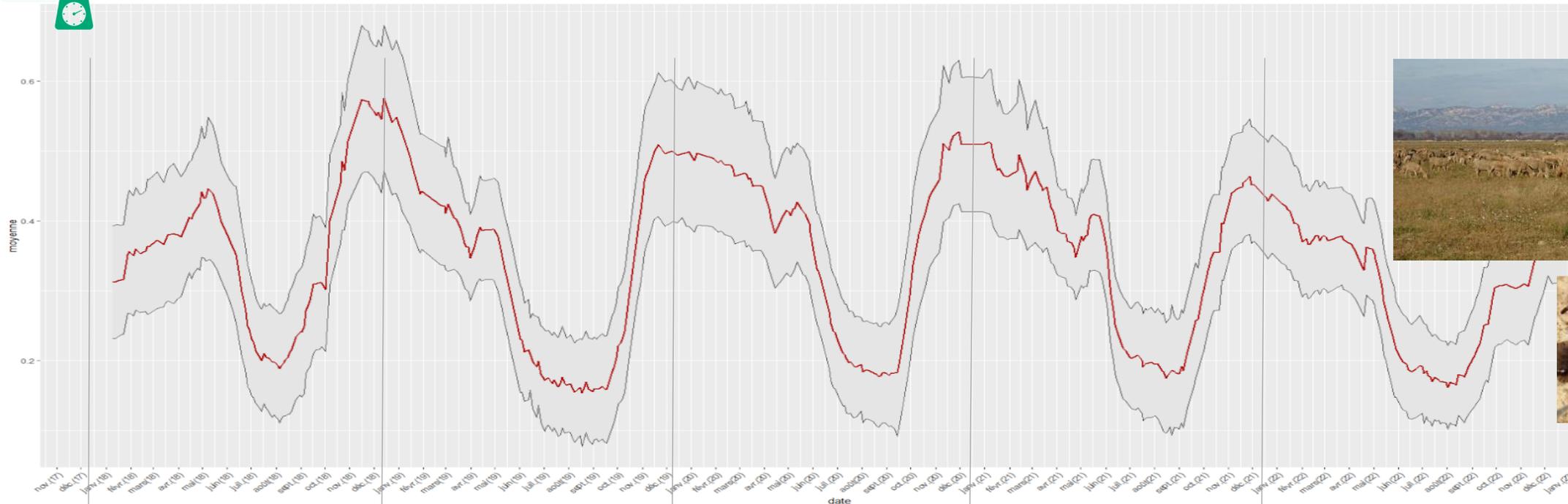
Modified Soil-Adjusted Vegetation Index 2 (NIR/R)

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.



Dynamic Habitat index (DHI)



CES variables pour la biodiversité



- 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)

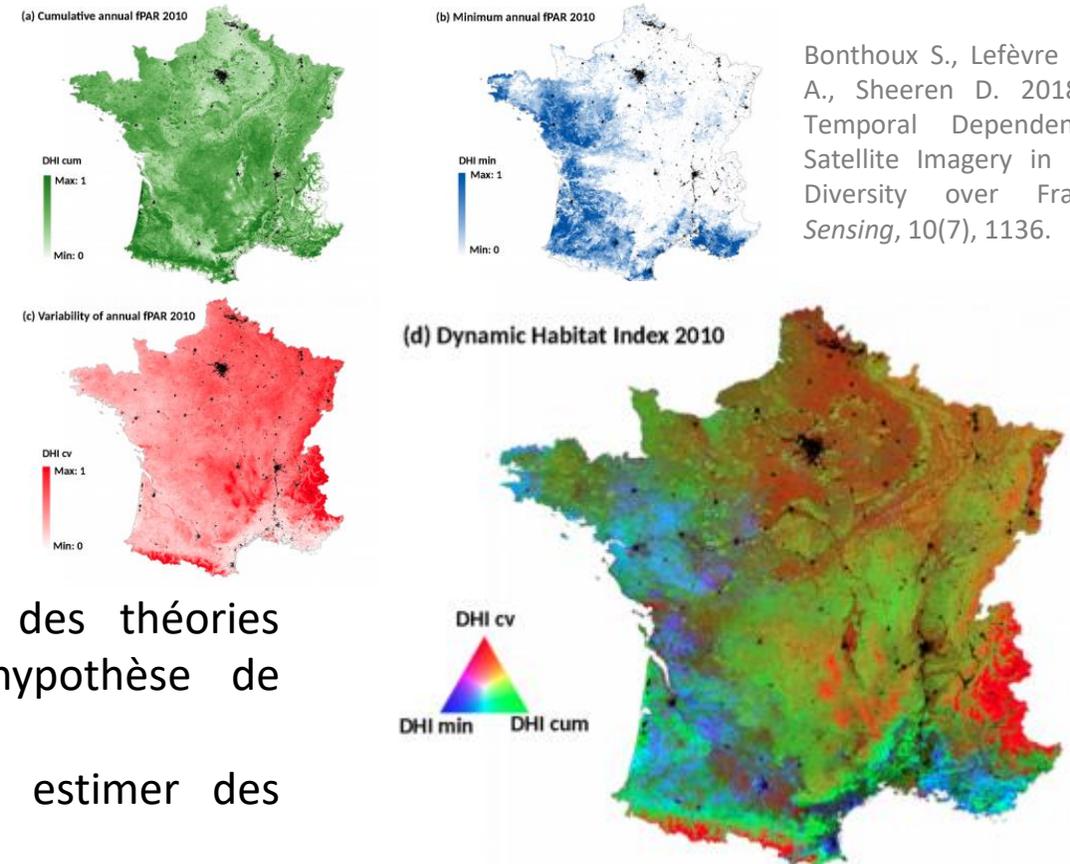
1. **DHI cum** : cumul du NDVI sur l'année (soit l'aire sous la courbe). Il informe sur le **niveau de productivité annuelle** de la végétation.

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.

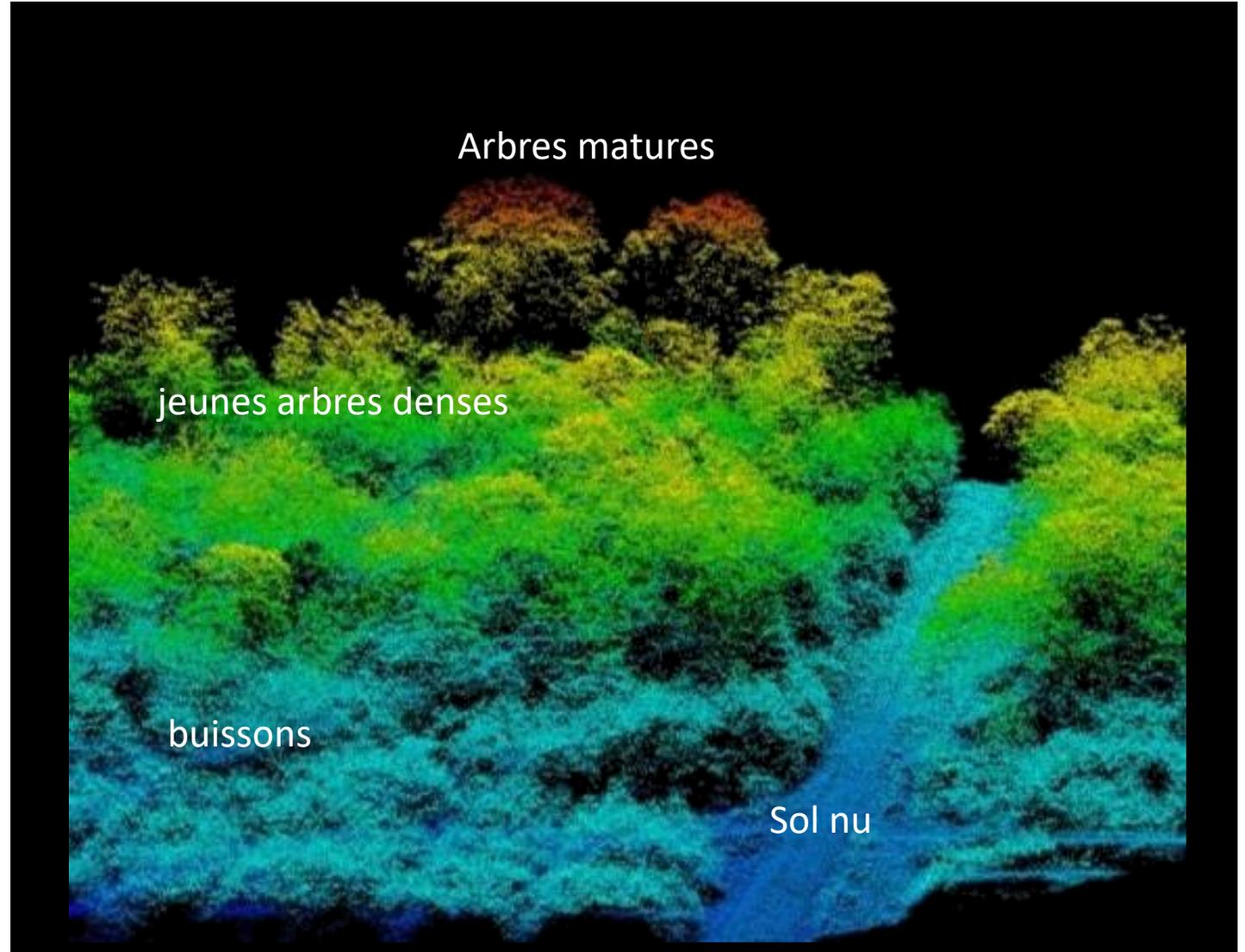
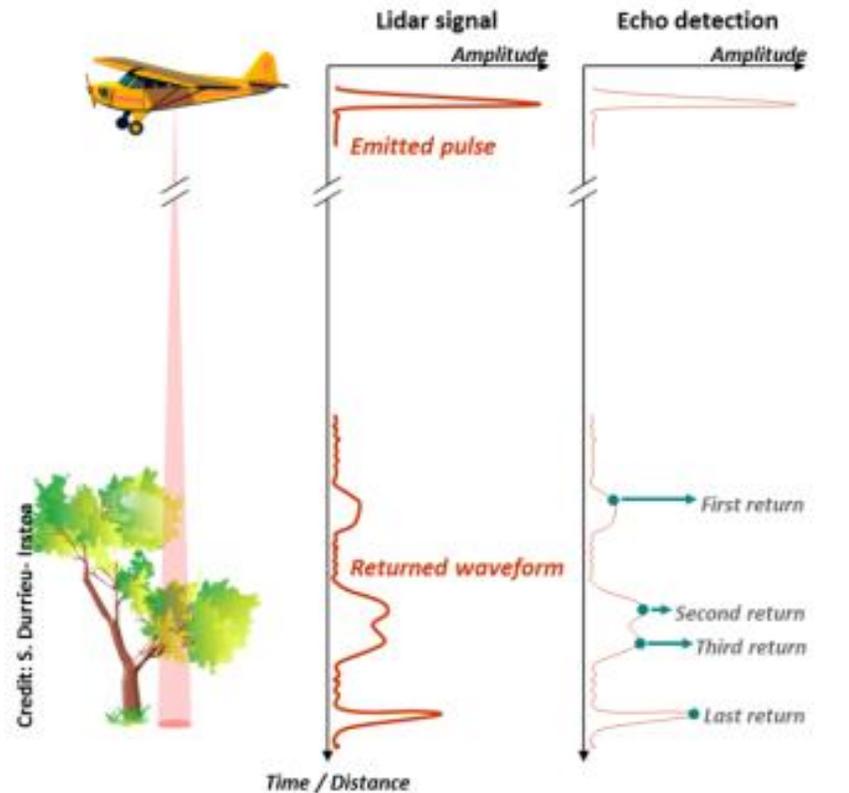
Les 3 composantes du DHI peuvent être reliées à des théories écologiques (diversité-productivité, diversité-stabilité, hypothèse de stress environnemental).

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



Décrire le structure verticale

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

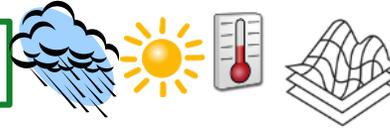




Décrire le structure verticale

Multi-scale Metrics -> biodiversity assessment

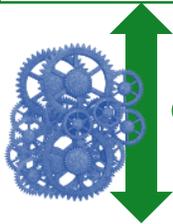
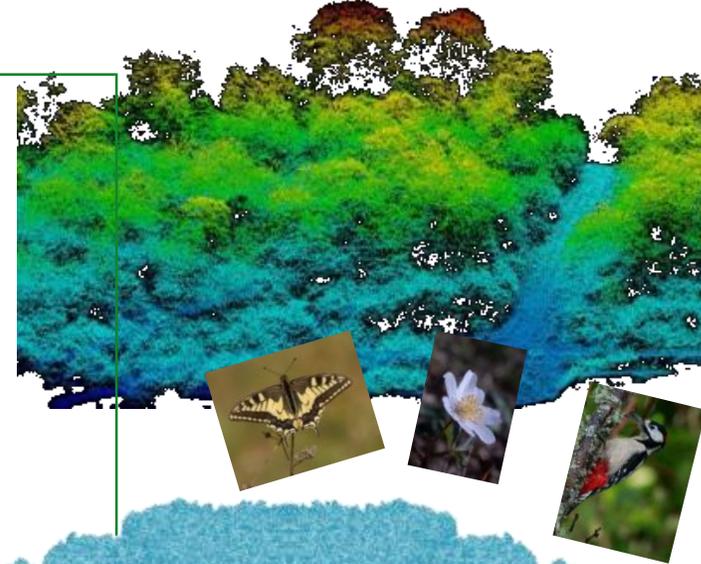
Abiotiques variables



+

Lidar metrics : Scale plot /stand

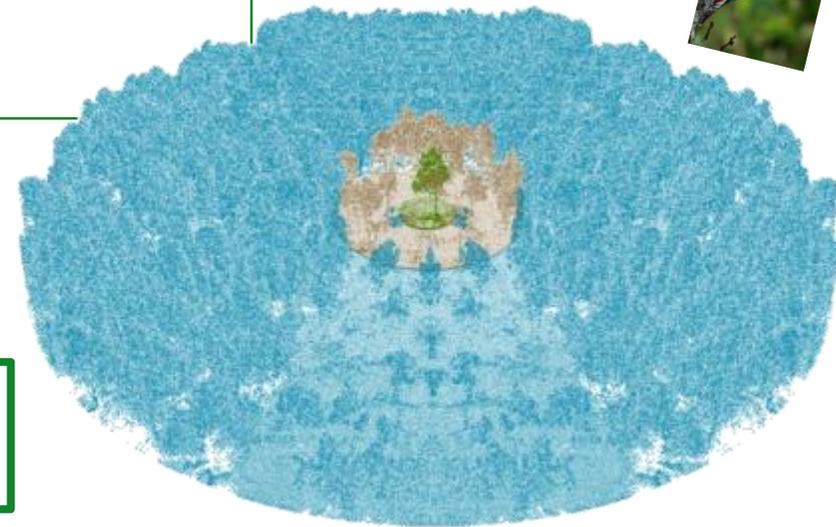
- Heights (max, avg, median, variance, Gini)
- Veg profile (coefficient of variation / vertical distribution)
- Largest gaps / Light penetration
- Canopy rate / Canopy volume



Models

Biodiversity :

- Abundance
- Specific richness



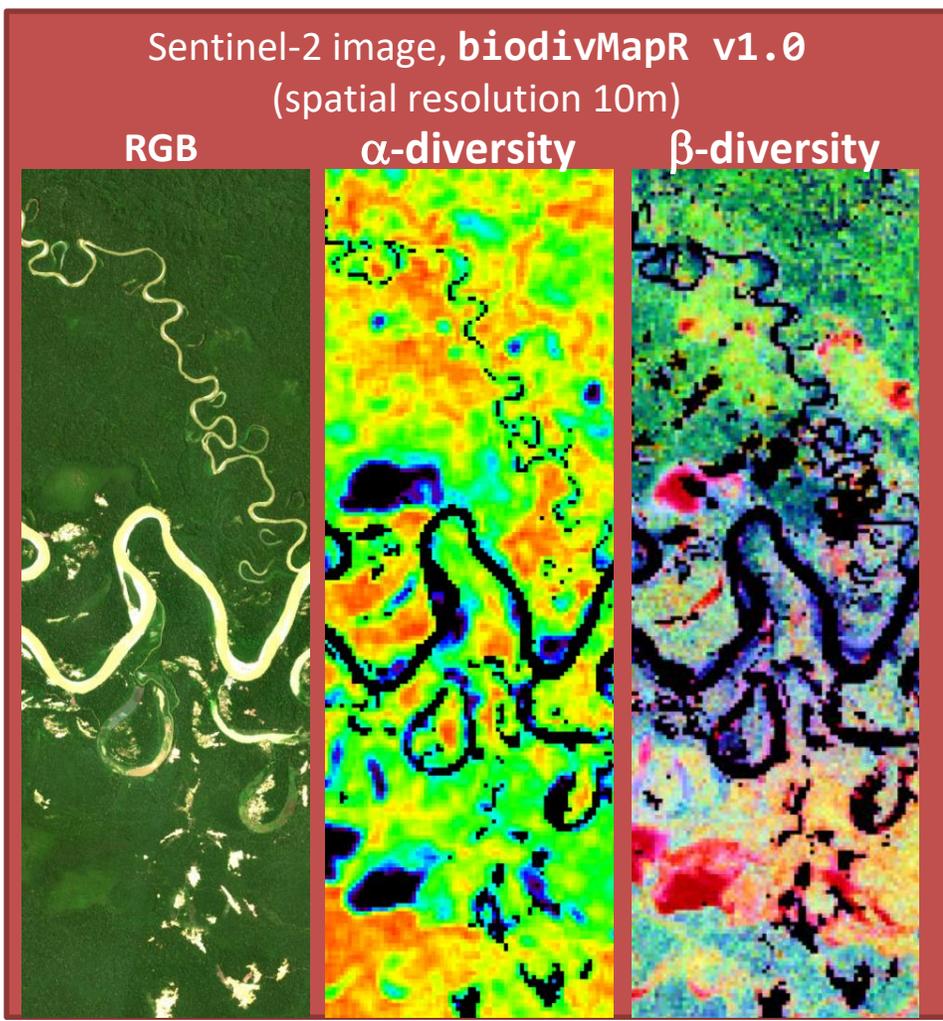
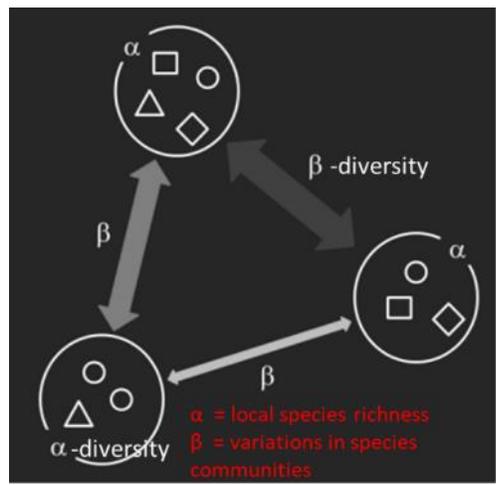
Credit: M. Bouvier





Evaluer la biodiversité ...spectrale

- Création d'espèces spectrales par
- couplage lidar & hyperspectral
 - utilisation de série temporelles S2
- α and β Biodiversité**



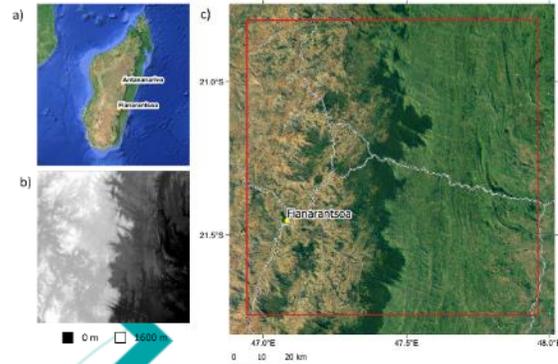
Féret, J.-B., de Boissieu, F., 2019. biodivMapR: an R package for α - and β -diversity mapping using remotely-sensed images. *Methods Ecol. Evol.* 00:1-7. doi.org/10.1111/2041-210X.13310

BioDivMapR 

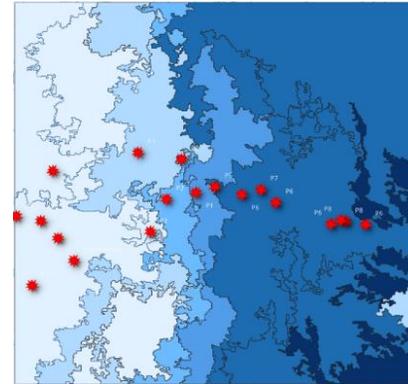
jbferet.github.io/biodivMapR/index.html

Valider des observations spatiales

.... Caractériser et archiver des unités paysagères



Projet
CES-PAYSAGES
(cnes)



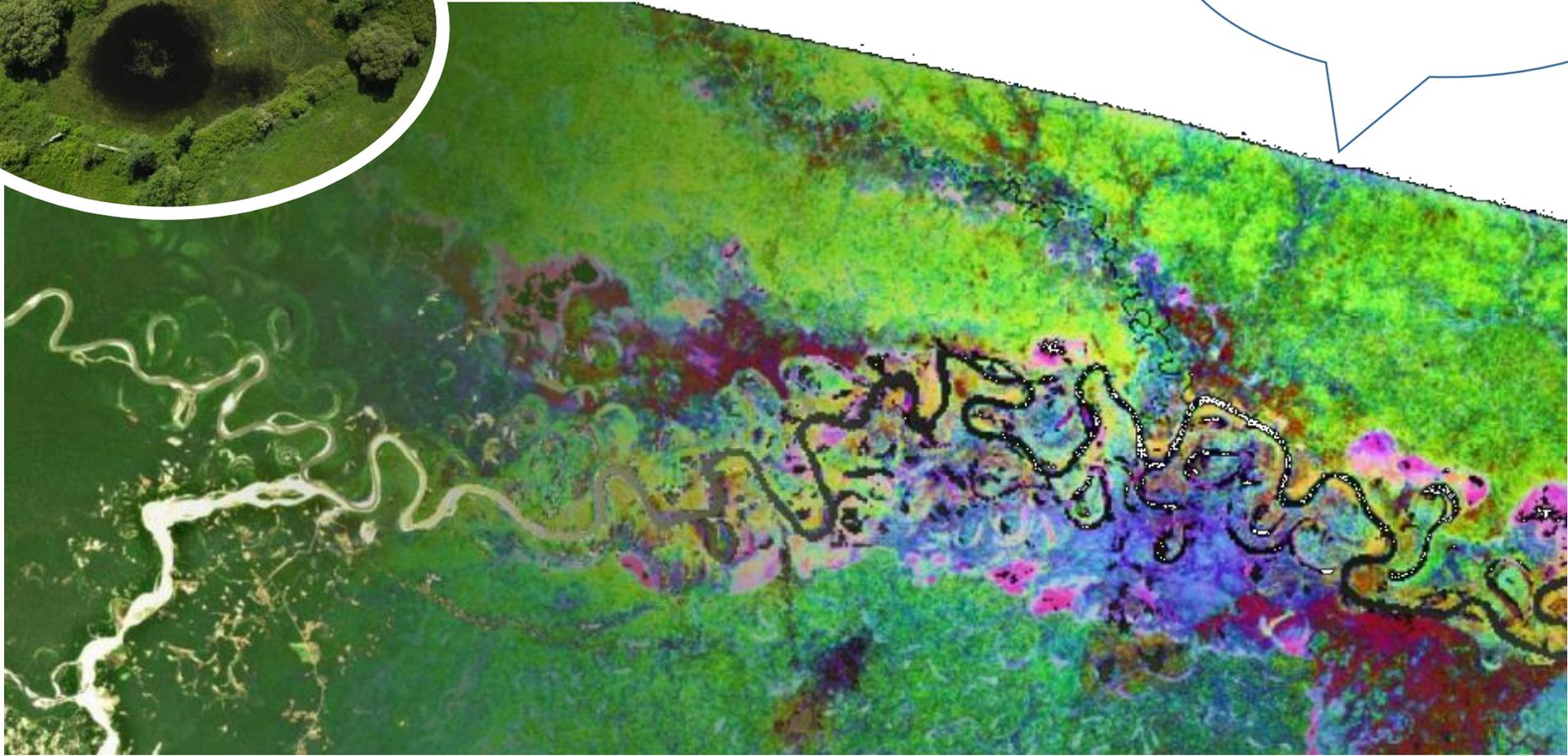
<https://dataverse.ird.fr/dataverse/ces-paysage>



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.