

# Survol des drones à INRAE



S. Alleaume, F. de Boissieu, N. Guiffant

Webinaire du réseau Télédétection INRAE – 06 février 2024

➤ Plan de la présentation

1. Préambule

2. Applications

3. Réseau

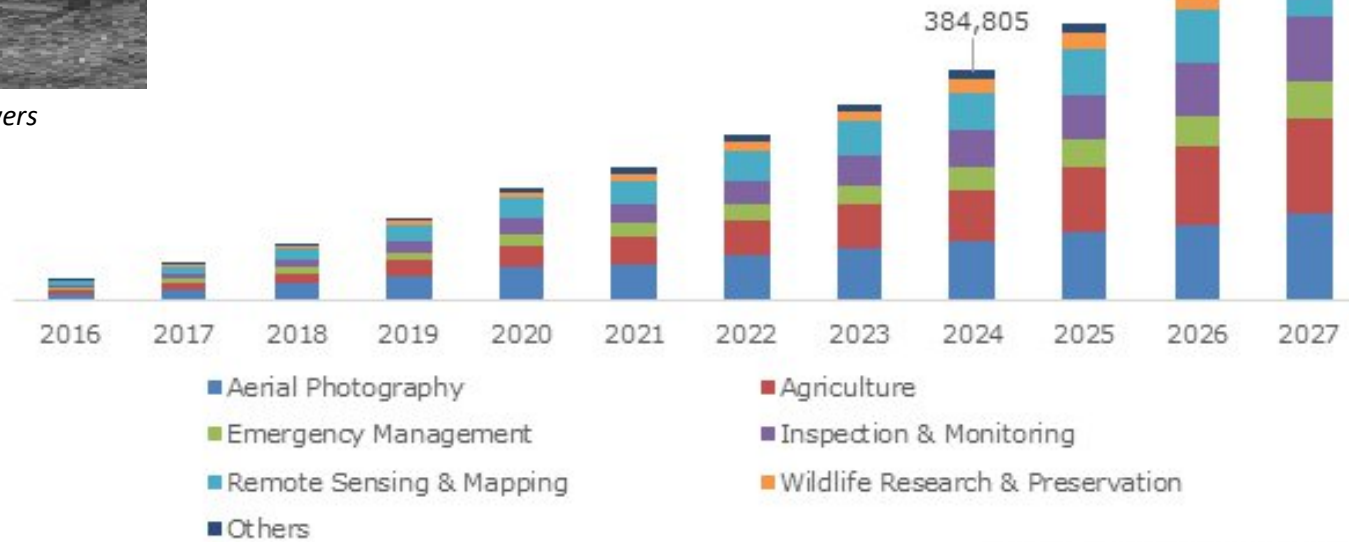


# ➤ Prépambule

## ➤ Historique



Prototype de drone-torpille vers 1918 (Kettering Bug)



Global commercial drone market size, by application, 2016-2027 (Units)  
Source: [www.gminsights.com](http://www.gminsights.com)

- Forces armées, sécurité civile
- Entreprises (construction, transport, ...)
- Recherche scientifique 😊



# > Caractéristiques

## Capteurs

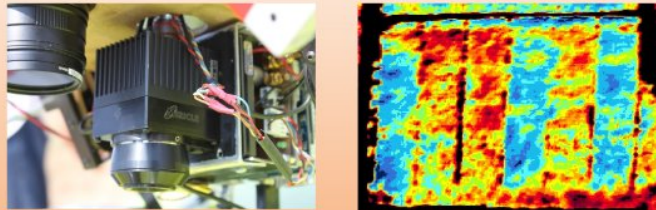
### Multispectral

Capteur multispectral  
[Parrot SEQUOIA](#)



### Camera Infrarouge thermique

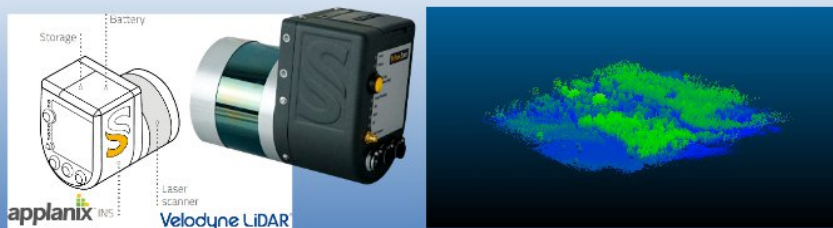
[Thermoteknix Miricle 307k](#)



### Lidar

[YellowScan Surveyor](#)

Poids: 1.6kg  
Précision: 5cm



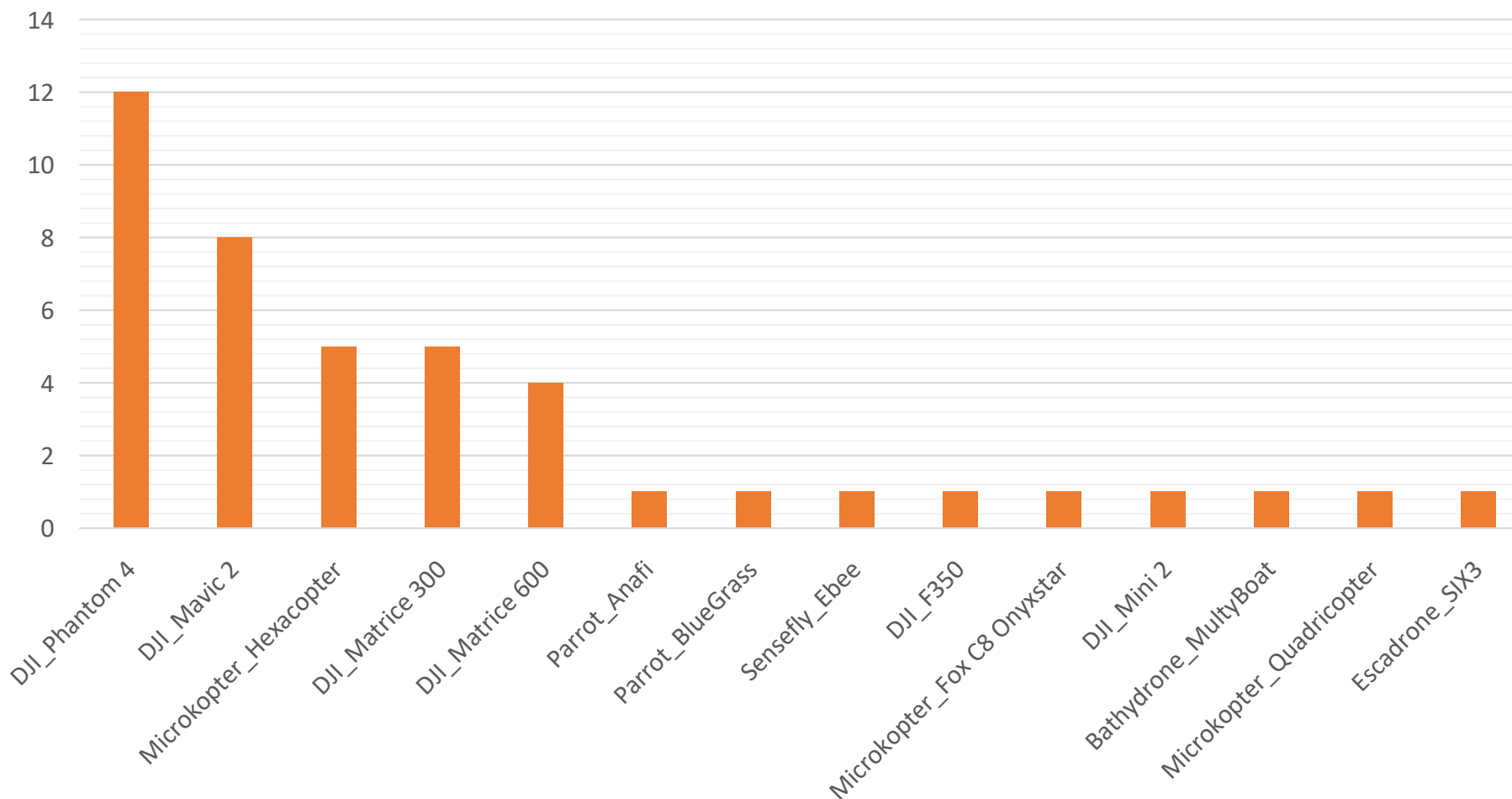
## Vecteurs



-> Enregistrements photos et vidéos

# > Drones

Résultats d'un sondage en ligne en 2022 (projet ENTRAIDD) (27 réponses / 17 Unités)



- 43 drones  
- 14 modèles différents

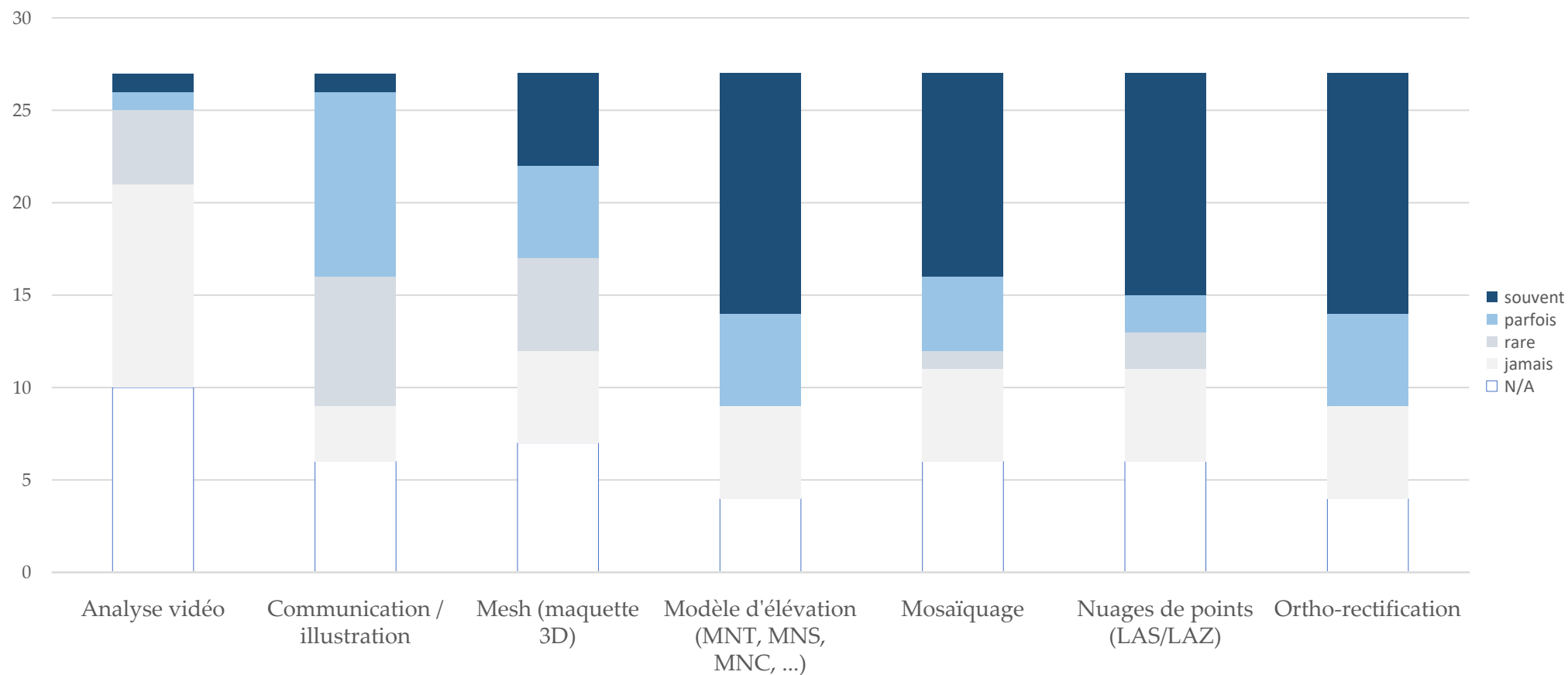
# ➤ Capteurs

Résultats d'un sondage en ligne en 2022 (projet ENTRAIDD) (27 réponses / 17 Unités)



	Capteur RGB	Capteur multispectral	Capteur thermique	Capteur lidar	Capteur video
U2E Unité Expérimentale d'Epoisses	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
MELGUEIL DIASCOPE	X	X	X		X
UEFP Unité Expérimentale Forêt Pierroton	X		X		
GCA Unité Expérimentale d'AgroEcologie et de Phénotypage des Cultures	X	X			
GCIE Unité Expérimentale Grandes Cultures Innovation Environnement - Picardie	X	X			
Citrus Unité Expérimentale Citrus	X	X			X
ECOFOG Ecologie des Forêts de Guyane	X	X		X	X
EMMAH Environnement Méditerranéen et Modélisation des Agro-Hydrosystèmes	X	X	X		
DYNAFOR Dynamiques et écologie des paysages agriforestiers	X	X	X		X
BIOGECO Biodiversité, Gènes et Communautés	X	X			X
AGAP Institut Amélioration Génétique et Adaptation des Plantes méditerranéennes et Tropicales	X	X	X		
RECOVER Risques, Ecosystèmes, Vulnérabilité, Environnement, Résilience	X	X	X	X	
TETIS Territoires, Environnement, Télédétection et Informations Spatiales	X	X		X	X
P3F Unité de Recherche Pluridisciplinaire Prairies et Plantes Fourragères	X	X			
CEFS Comportement et Ecologie de la Faune Sauvage			X		X
ETNA Erosion torrentielle, neige et avalanches	X		X		X
LESSEM Laboratoire des écosystèmes et sociétés en montagne	X	X		X	X
	<b>15</b>	<b>13</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>9</b>

# Traitements les plus effectués





# ➤ Applications



Télédétection



In situ

## 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

- Vision très fine
- Expertise
- Connaissances locales



## 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

- Visio ponctuelle
- Coût temps et argent

# Intérêt des drones pour la télédétection

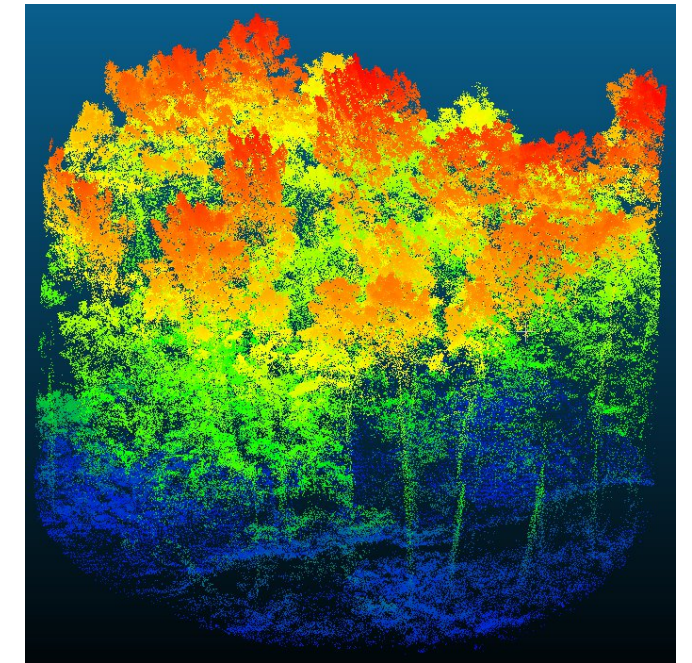
## Créer des données à références spatiales / temporelles

- Complémentaire à la télédétection satellitaire
  - ✓ validation
  - ✓ calibration
  - ✓ Interprétation des observations
- Accéder à l'inaccessible :
  - ✓ Résolution spatiale :  $\sim 1\text{cm}$  (optique)  $\sim 250\text{pts/m}^2$  (lidar)
  - ✓ Résolution temporelle: programmable
  - ✓ 3D

### Optique



### Lidar

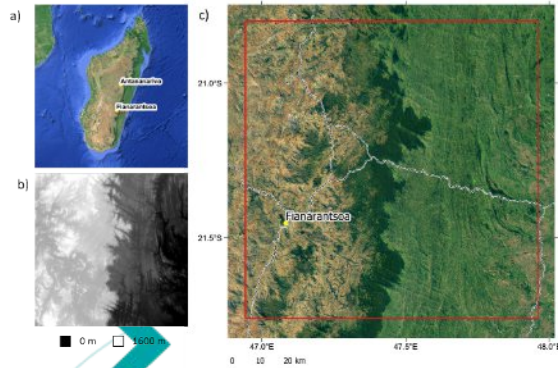




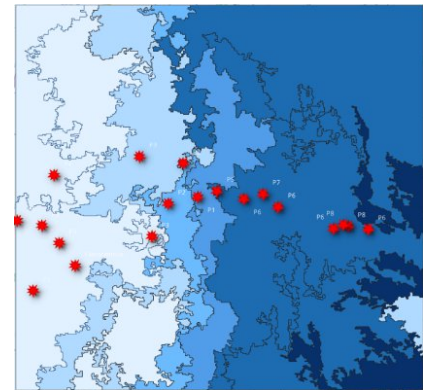
# Valider des observations spatiales

... Caractériser et archiver des unités paysagères

12



Projet  
CES-PAYSAGES  
(cnes)



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





# Créer des maquettes 3D

Discussion acteur du territoire, sur l'aménagement d'un territoire (méthodes de concertation territoriale)

Problématique pesticides  
Projet SPIRIT



Maquette tridimensionnelle interactive  
(Ru des Effervettes, Seine-et-Marne)

Gouffre

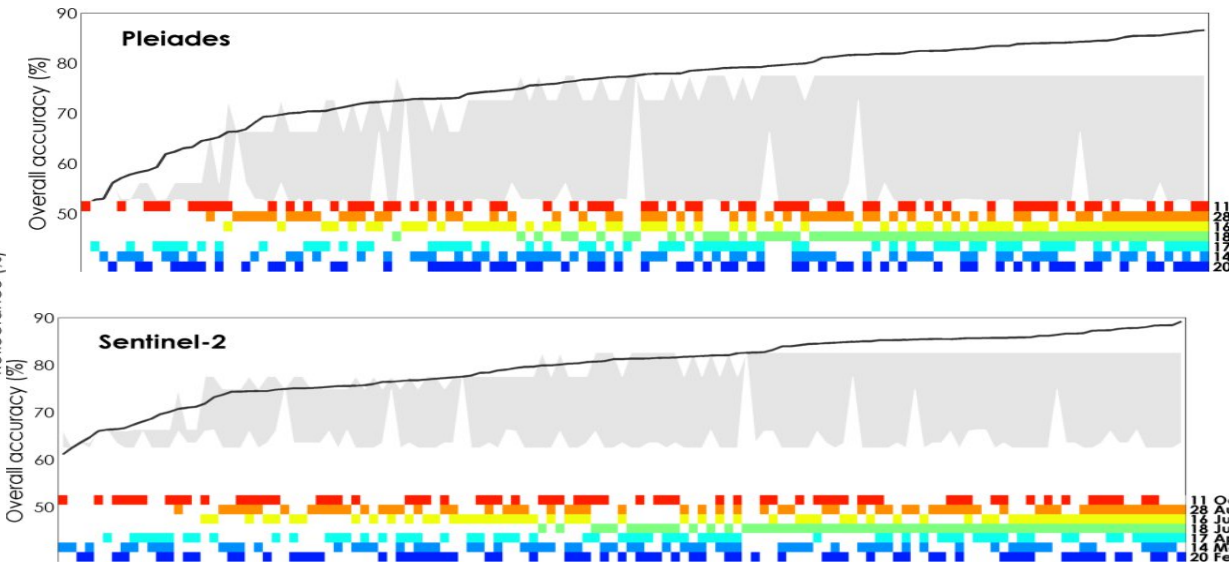
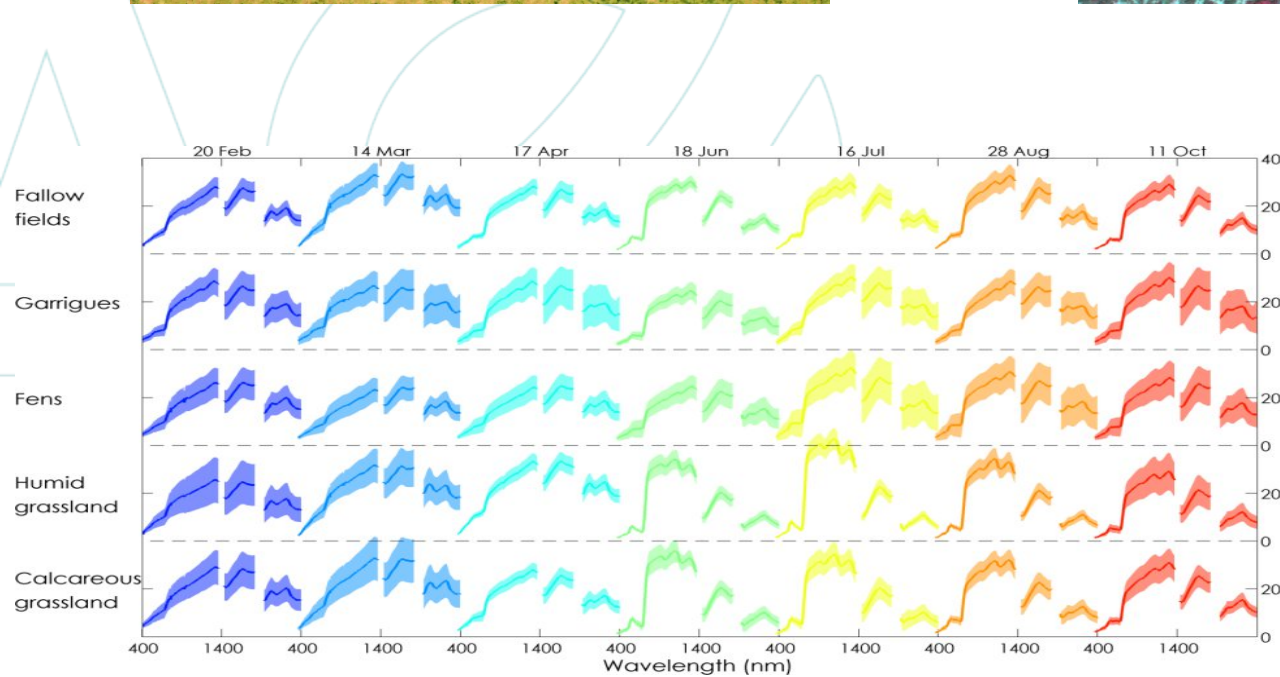
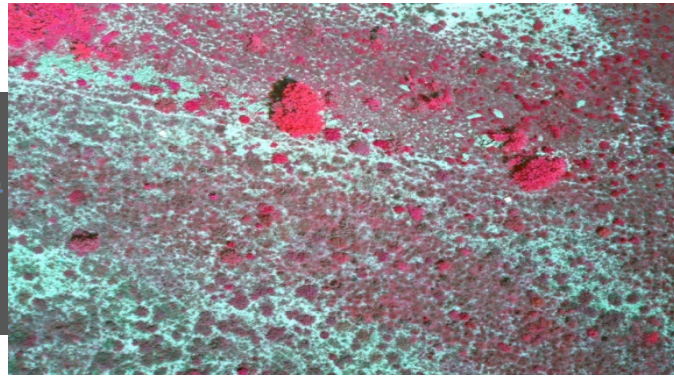
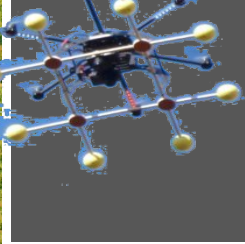
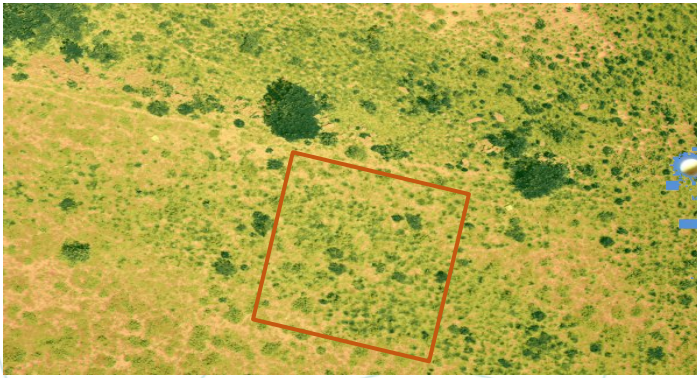




# Mettre en place un échantillonnage

... Suivi de la phénologie des habitats naturels

**Objectif :** suivi spectroradiométrique de milieux naturels pour identifier les périodes clés durant lesquelles la séparabilité spectrale entre ces milieux est optimale. Simulation capteurs spatiaux.

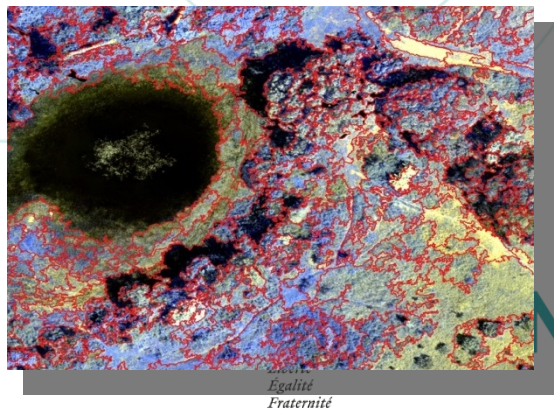
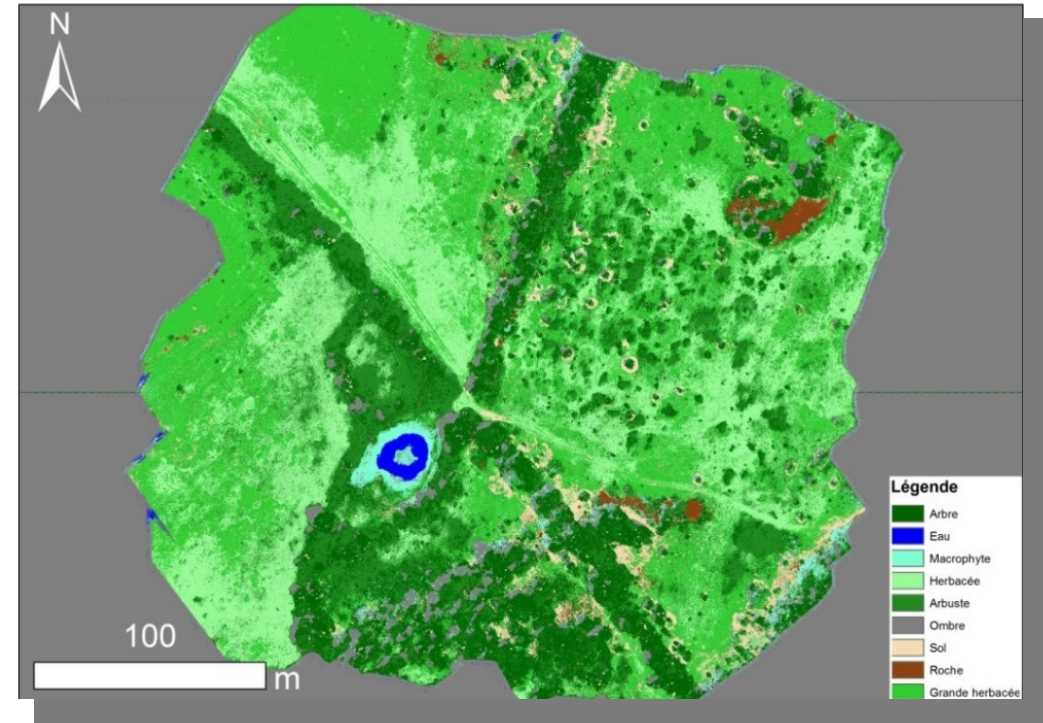


Féret et al. 2015 "Detecting the phenology and discriminating Mediterranean natural habitats with multispectral sensors - an analysis based on multi-seasonal field spectra" JSTARS



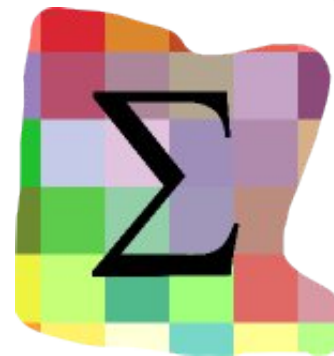
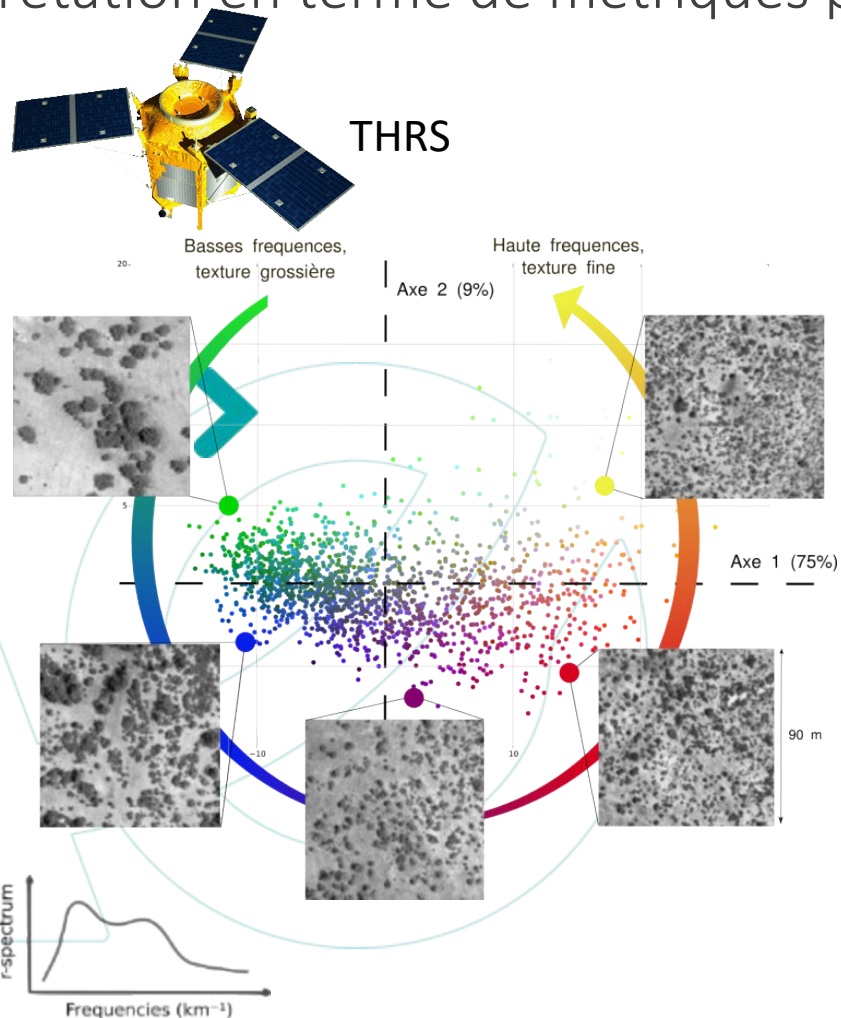
# Classifier finement des occupations du sol

... Cartographie et suivi de sites naturels par classification d'images multispectrales



# Accéder à l'hétérogénéité

Interprétation en terme de métriques paysagères

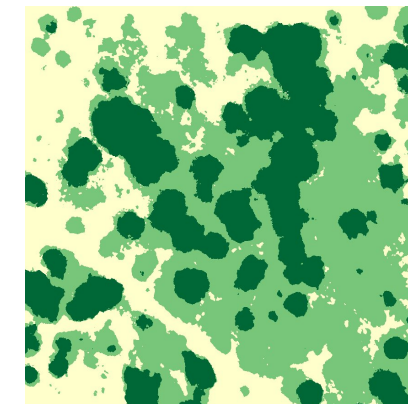


?



- Taux de recouvrement
- Densité
- Compacité

➤ Besoin d'une base de données de référence



- Sol nu
- Herbes
- Ligneux bas
- Ligneux hauts

Lang, M., Alleaume, S., Luque, S., Baghdadi, N., Féret, J.B, 2018. Monitoring and Characterizing Heterogeneous Mediterranean Landscapes with Continuous Textural Indices Based on VHSR Imagery. Remote sensing.

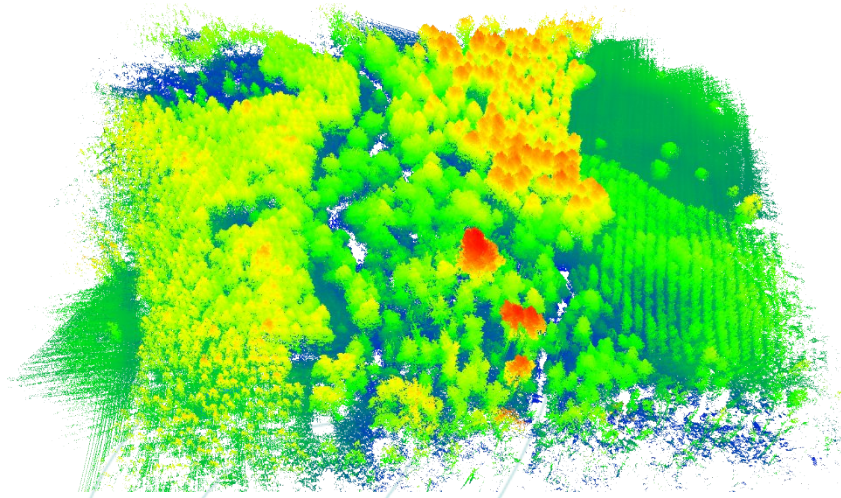


# Mesurer la structure verticale par Lidar pour construire des métriques .... forestières



## Yellowscan, Surveyor

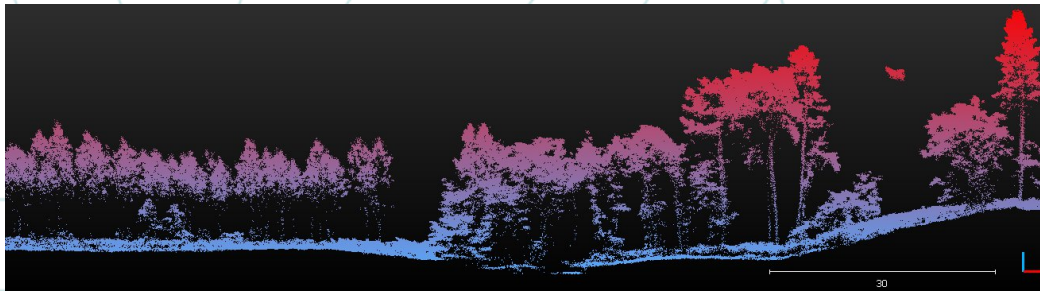
Centrale GNSS-inertielle : Applanix APX-15 UAV  
Lidar : Velodyne VLP16 (Puck)  
Longueur d'onde: 905 nm  
300 000 pulses par seconde (300 kHz)  
2 échos par pulse  
Angle de vue : 360°  
Précision : 4cm



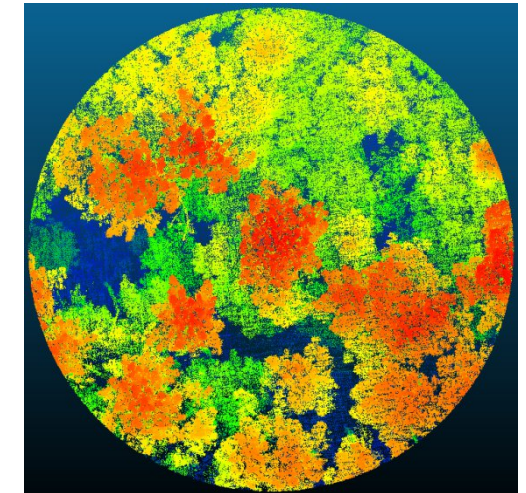
Biodiversité



Incendies



Biomasse

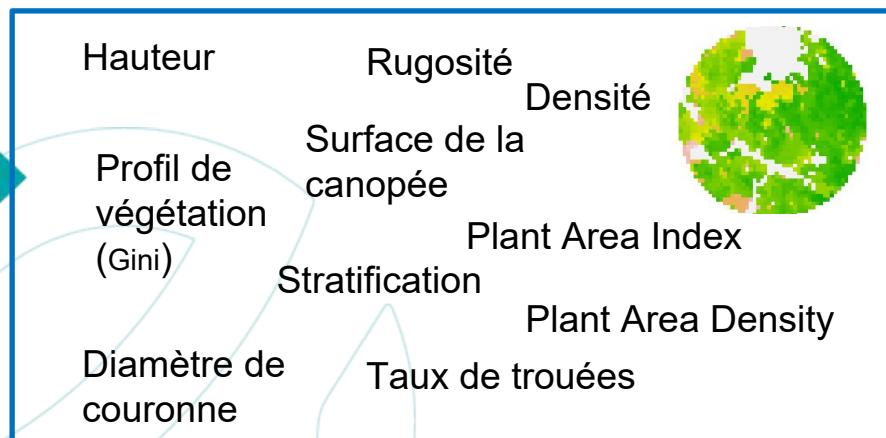


# Créer des modèles statistiques

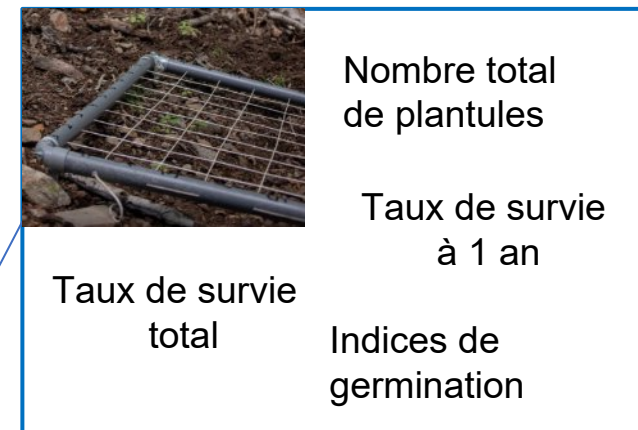
...Etude de la régénération de la forêt de la Massane



## Métriques Lidar

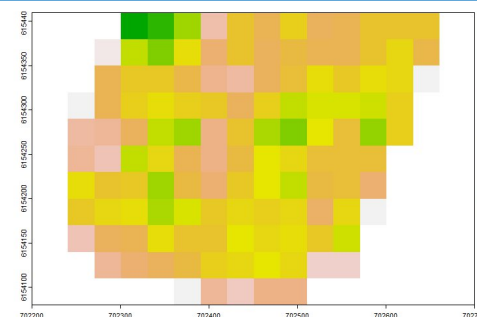


## Données de terrain régénération



Modélisation

Carte globale

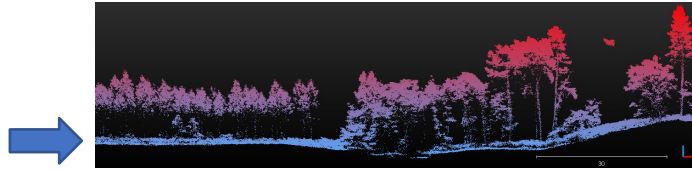


Ex : Percentile 95% sur les hauteurs, 30m résolution, partie sud de la Massane

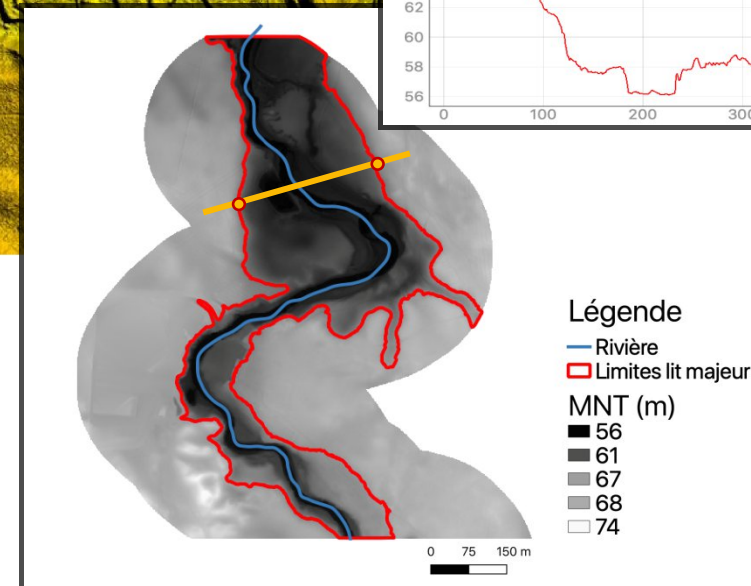
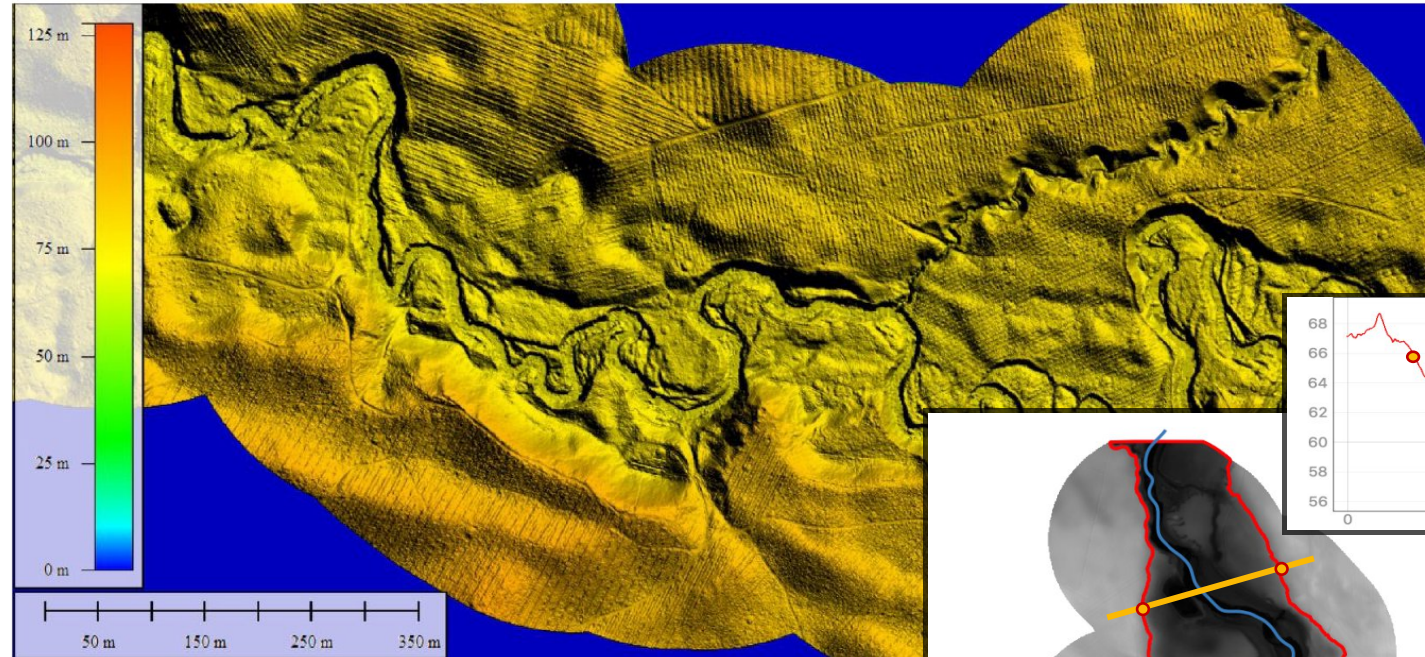


# Mesurer la structure verticale par Lidar

## pour construire des métriques ... hydromorphologiques



- Pente
- Exposition
- Lit majeur
- Lit mineur
- Sinuosité



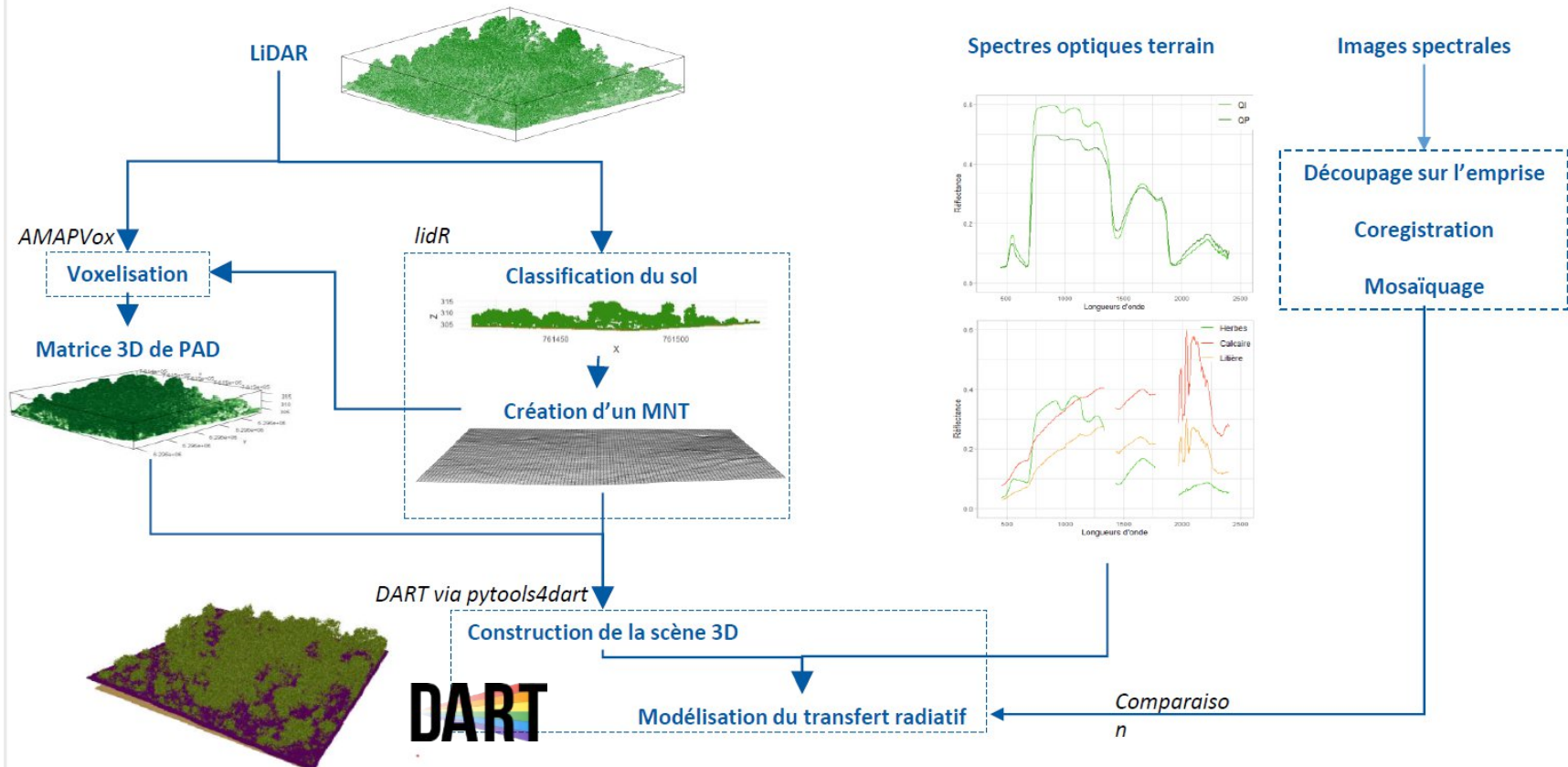
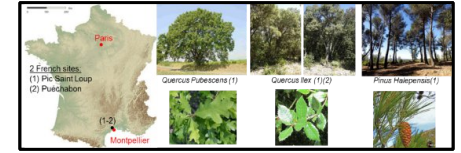
C. CAESEMAECKER, 2020. Caractérisation de l'hydromorphologie de la ripisylve du Ciron à l'aide de données LiDAR. (Master 2)



# Intégrer dans des modèles physiques

... Etats de secheresse de la forêt méditerranéenne

Complémentarité entre de l'imagerie multi-temporelle Sentinel-2 et des imageurs hyperspectraux pour un meilleur suivi des traits fonctionnels de forêts méditerranéennes



Projet  
SentHyMed  
(cnes)

Debue M., Vincent G., Alleaume S., de Boissieu F., Briottet X., Féret J.-B., Gastellu-Etchegorry J.-P., Limousin J.-M., Longepierre D. and Adeline K. Adequacy of Mediterranean forest simulations from DART radiative transfer model and UAV laser scanning data to multi- and hyperspectral images, SPIE, 3-6th September 2023, Amsterdam, Netherlands.

# Evaluer les systèmes de culture biodiversifiés

Comment piloter les cultures de services en viticulture :  
**compromis entre services** (et dysservices) écosystémiques ?

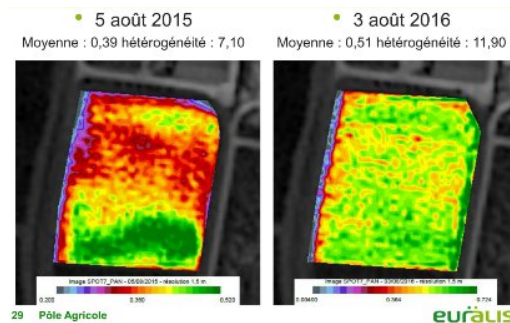


Phantom 4 MS



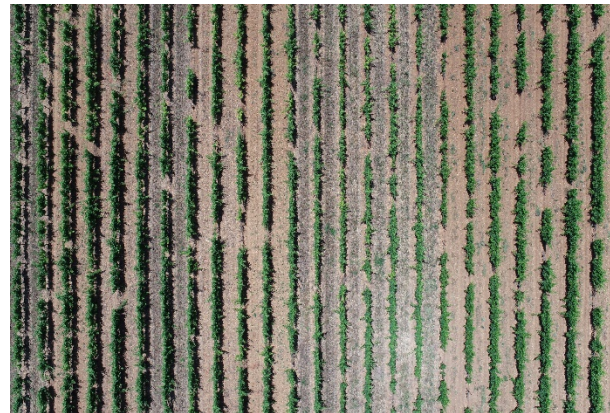
## Vigne :

- Rendement & qualité (NDVI, LAI)
- Stress azoté (NDVI)
- Stress hydrique



## Cultures de services (accompagnatrices) :

- Taux de couverture
- Dynamique de croissance : couverture, LAI, biomasse
- Restitutions : biomasse & teneurs en minéraux



# Phénotyper les végétations

Etude de la réponse des plantes cultivées aux stress hydriques, thermiques et liés à l'alimentation minérale

## ➤ Mesures directes

**NDVI** : indice de végétation par différence normalisée

## ➤ Modélisation

- Inversion modèle de transfert radiatif PROSAIL.

**Cab** : pourcentage de chlorophylle au niveau des feuilles de vos cultures par micro-parcelle

**ALA** : inclinaison moyenne de l'angle des feuilles de vos cultures par micro-parcelle

**LAI** : surface foliaire maximale projetée par unité de surface au sol

- Machine learning

**FCOVER** : La Fraction de la couverture végétale

**FIPAR** : FiPAR représente la capacité de la canopée à intercepter la lumière

## UE DiaScope

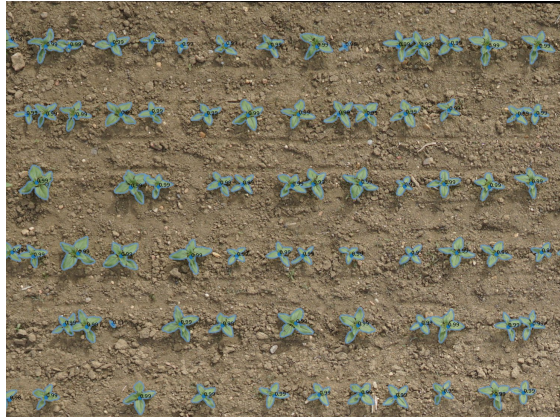




# Phénotyper les végétations

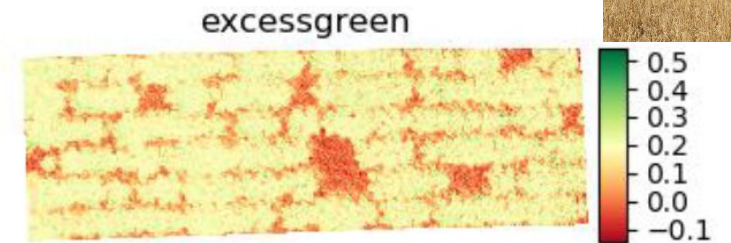
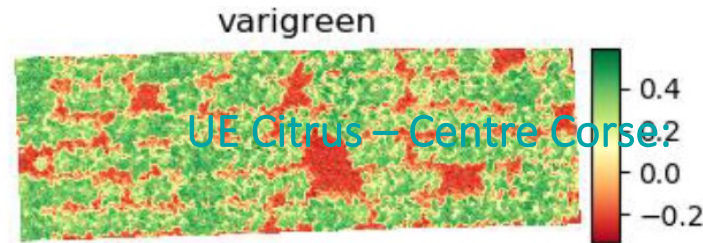
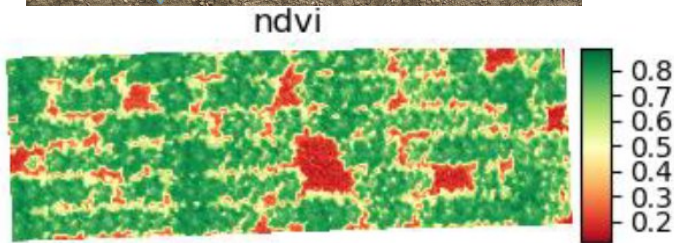
➤ UE APC

Agroécologie et Phénotypage au Champ



## Phénotypage (caractérisation à la $\mu$ -parcelle)

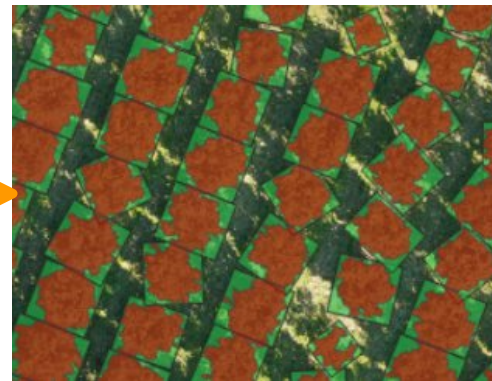
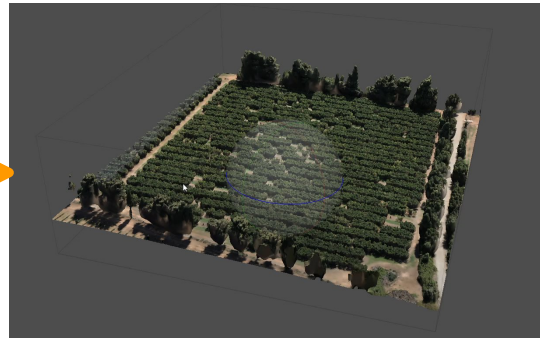
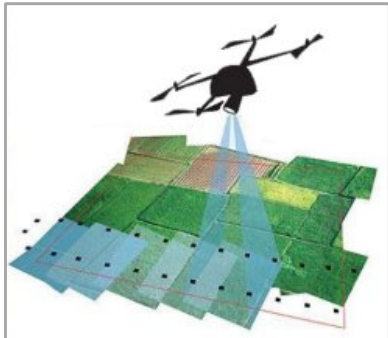
- Comptage, F-cover, Homogénéité, Hauteur, indices de végétation, LAI ...etc pour les grandes cultures
- Utilisation du Deep Learning (comptage, F-cover tournesol)



## ➤ E Citrus – Corse:

SIG algo

Photogrammetrie



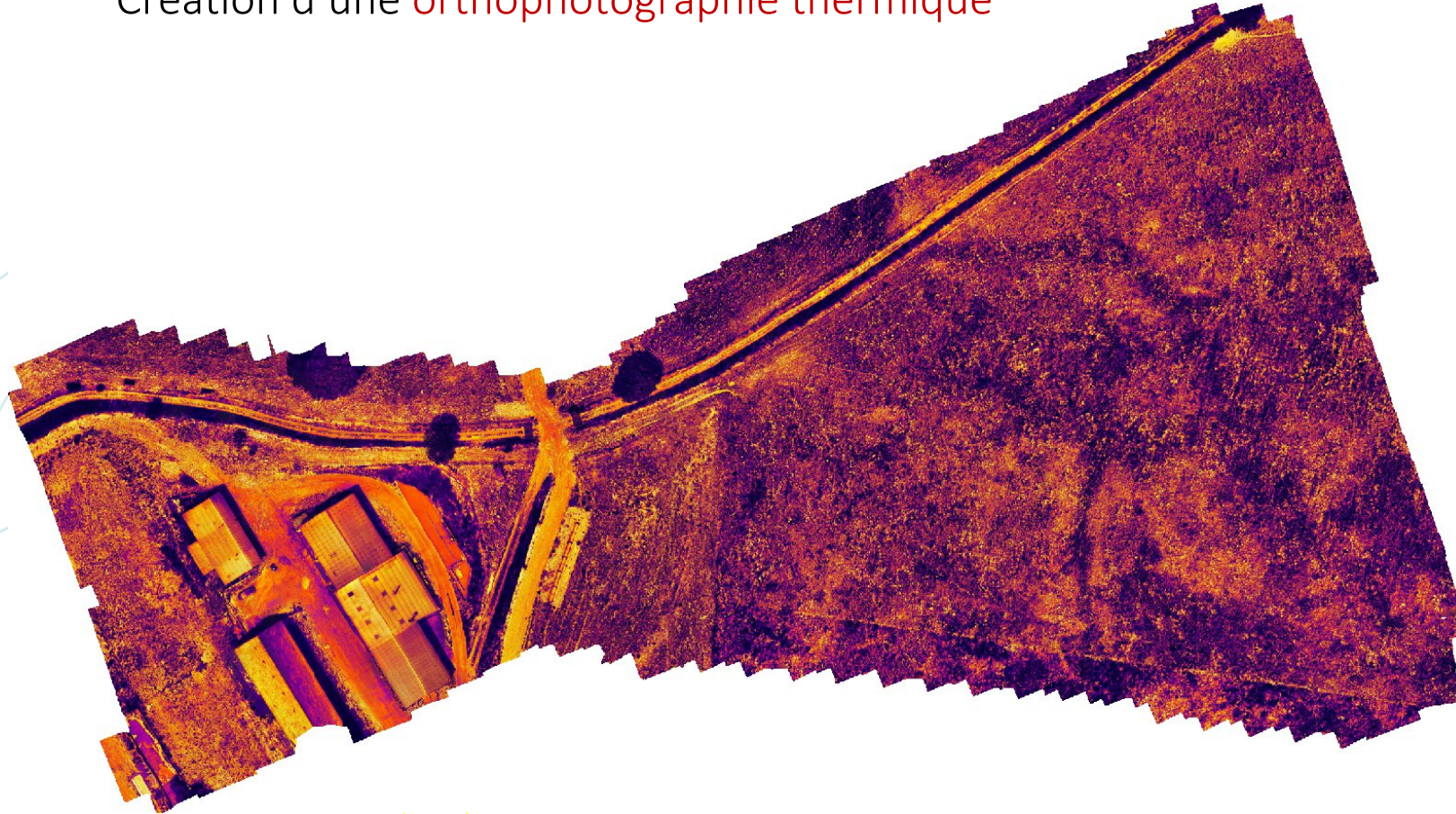
Données : volume, surface, IVs etc.

id_placett	parcelle	x	y	id_arbre	width	height	angle	volume	surface	_max	hauteur	
1	C6e_I_15	C6e	I	15	310143	1,714	39,588	39,588	4,080	2,190	2,635253...	2,630
2	C6e_G_11	C6e	G	11	310107	2,519	73,687	73,687	4,350	2,630	2,556903...	2,550
3	C6e_A_13	C6e	A	13	310013	1,903	83,050	83,050	4,660	2,990	2,502964...	2,500
4	C6e_I_1	C6e	I	1	310129	2,446	110,781	110,781	9,130	4,410	2,868595...	2,860
5	C6e_F_14	C6e	F	14	310094	2,993	110,900	110,900	10,200	4,570	2,941082...	2,940
6	C6e_L_16	C6e	L	16	310192	2,694	104,111	104,111	10,400	5,650	2,793834...	2,790
7	C6e_I_14	C6e	I	14	310150	2,124	124,712	124,712	10,000	5,720	2,666876...	2,660



# Accéder à des données thermiques

Création d'une **orthophotographie thermique**



INRAE

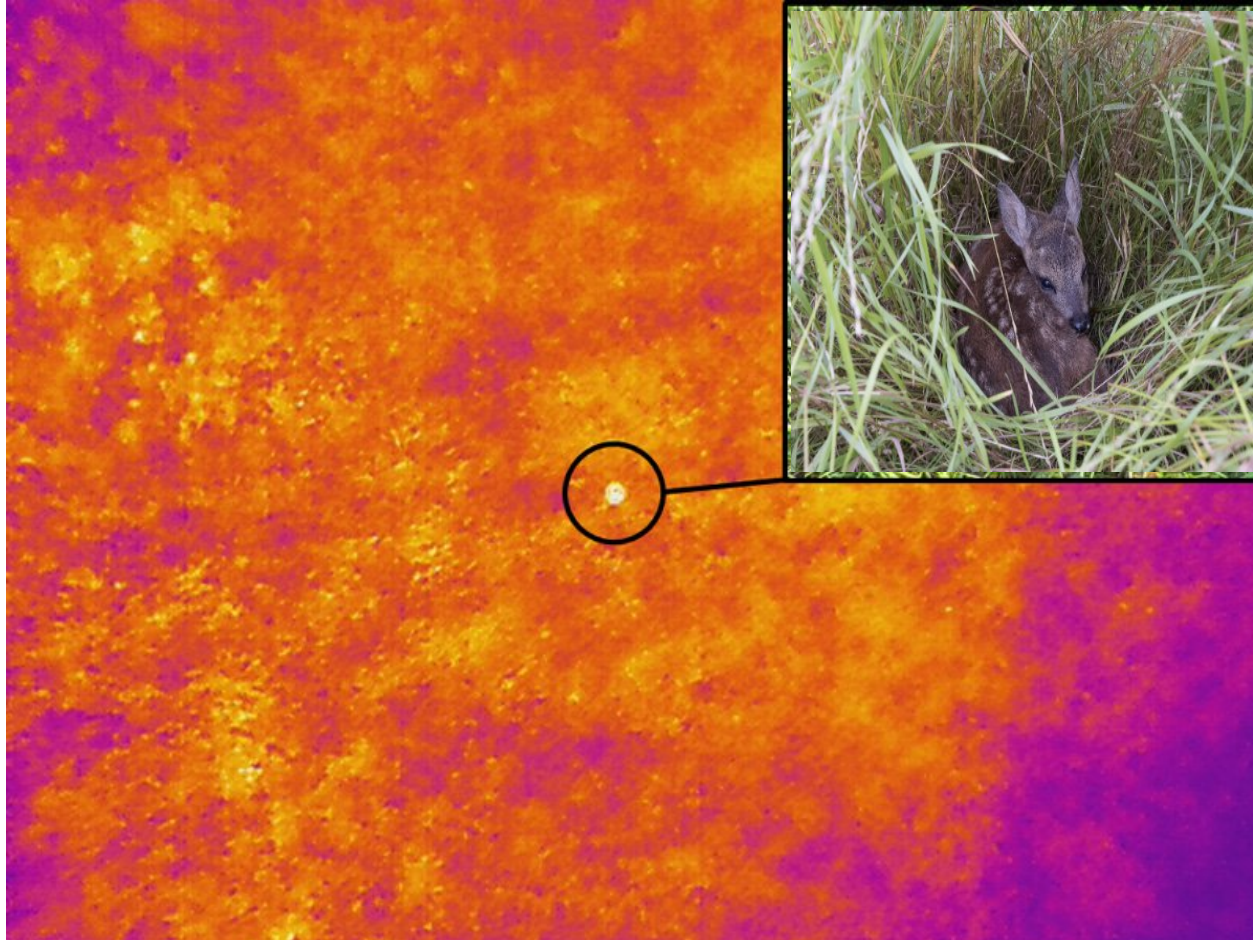
> Unité de Recherche Technologies et systèmes d'information pour les agrosystèmes





# Suivre les espèces animales

Recherche de faons et de chevreuils  
à l'aide du capteur Infra Rouge



Comportement et Ecologie  
de la faune sauvage



# ➤ Réseau

## ➤ Réseau drone

- Public ciblé : télépilotes de drone et utilisateurs de données
- Mailing-list : [tele-pilote@inrae.fr](mailto:tele-pilote@inrae.fr) (~100 participants)
  - Inscription : Franck Tison et Rémy Marandel
- **Projet ENTRAIDD (2022-...) SAPI INRAE —> mutualisation**
  - 8 unités porteuses + CATI GEDEOP
  - Recensement (2022, 2024) : matériel, pratiques, modes de financement
  - Connaissances : webinaires, séminaires, wiki/git, formations
  - Acquisitions : planification des vols, MANEX institutionnel à l'étude
  - Traitements : plateforme en ligne (à l'étude) —> standardisation
  - Données FAIR : référencement/dépôt sur dataverse





Séminaire ENTRAIDD - Sète, nov. 2022 - 17 unités représentées  
[https://forgemia.inra.fr/reseau\\_drone/reseau\\_drone](https://forgemia.inra.fr/reseau_drone/reseau_drone)