Drones et moyens légers aéroportés d'observation : recherche, développement, applications : l'état de l'art

Montpellier, Agropolis International,
24-26 juin 2014

Journée technique 24 et 25 juin

- **Présentation générale des acquisitions par drone - exemple Irstea Montpellier**
- **Approche économique, coût d'acquisition vs sous-traitance**
- **Prétraitement des données, des images brutes à une mosaïque orthorectifiée**

- **Démonstrations de drones sur le terrain**
  - **L'avion jaune**
  - **AirInnov**

- **Exemples d'application (partenariat recherche/industrie)**
- **Table ronde : Propositions pour renforcer la capacité des chercheurs dans la mobilisation de ces outils.**

Présentation générale des acquisitions par drone
Exemple Irstea Montpellier

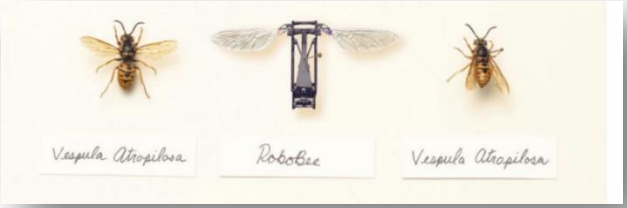
christophe.guizard@irstea.fr
sylvain.labbe@isrtea.fr

Plan

- Drones
- Evolution et règlementation
- Pour l'observation
- Quels Capteurs?
- Pour quoi faire?
- Exemples IRSTEA
- Les besoins/tendances
- Conclusion

Les Drones

Toutes tailles
De toute nature
A tous les prix



Evolution des drones

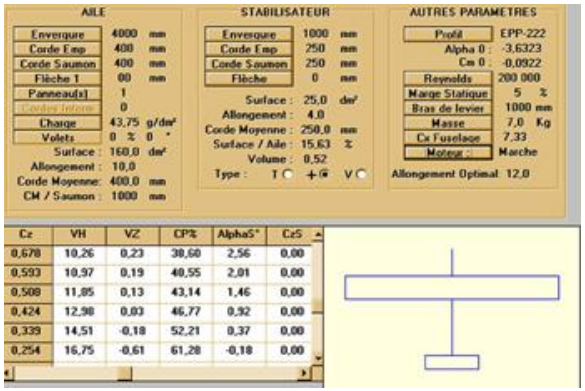
- Choix d'architecture (vitesse, stabilité, finesse, endurance).

3 axes

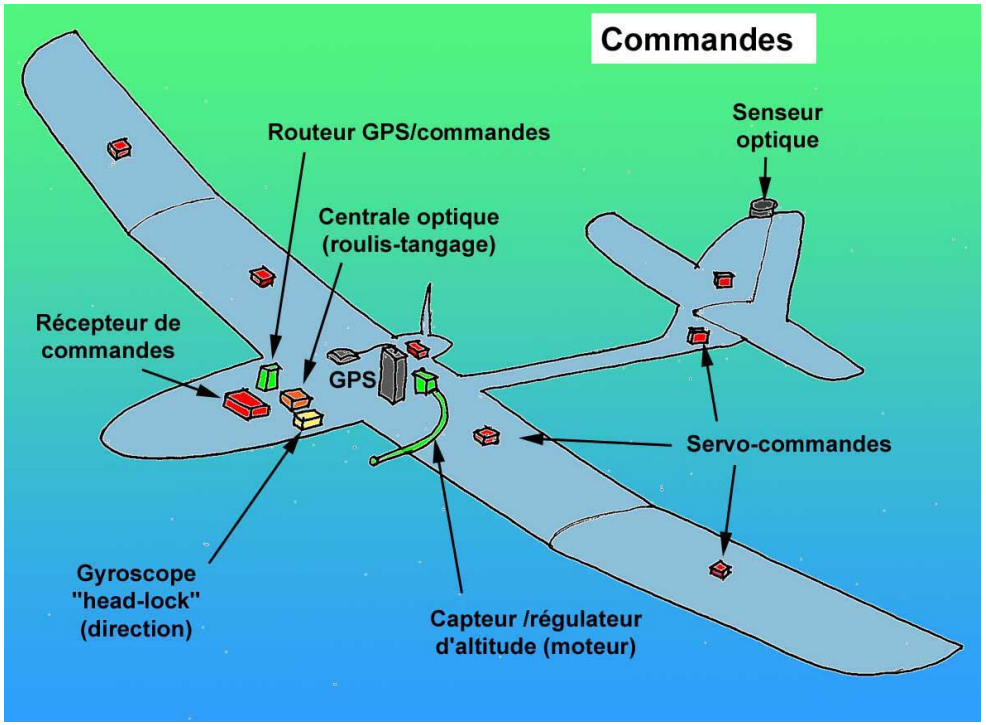
Voilure tournante - multirotor

- Choix de propulsion (électrique, thermique).

- Calcul des performances



Programmation



Waypoints Preprogrammés

GPS+IMU (Inertial Motion Unit)

Règlementation: catégories et scenarii

Catégorie d'aéronefs : C : aéronefs captifs, D : Moins de 2 kg, E : Entre 2 et 25 kg, F : Plus de 25 kg et moins de 150 kg; G Plus de 150 kg : traité par l'AESA

- **S-1** : opération en vue directe du télépilote se déroulant hors zone peuplée, à une distance horizontale maximale de 100 mètres du télépilote (hauteur < 150m);
- **S-2** : opération se déroulant hors vue directe, hors zone peuplée, dans un volume de dimension horizontale maximale de rayon d'un kilomètre et de hauteur inférieure à 50 m /sol et obstacles artificiels, sans aucune personne au sol dans cette zone d'évolution. ;
- **S-3** : opération se déroulant en agglomération ou à proximité de personnes ou d'animaux, en vue directe et à une distance horizontale maximale de 100m du télépilote
- **S-4** : activité particulière (relevés, photographies, observations et surveillances aériennes) hors vue directe, hors zone peuplée et ne répondant pas aux critères du scénario S-2

MAP (Manuel d'activité particulière) + **télépilote formé**

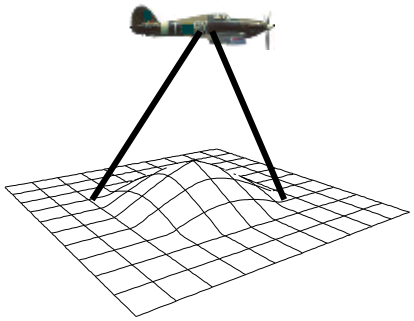
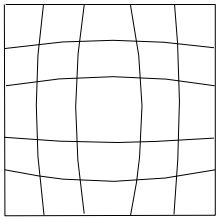
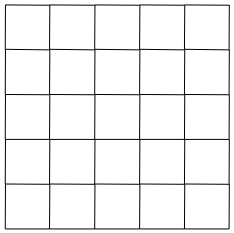
Source : DGAC – arrêté du 11 avril 2012

Objectifs

1- Photographie : peu de contraintes sur la donnée.

2- Télédétection / géomatique : contraintes forte (radiométrie, géométrie).

Photogrammétrie aérienne : cartes et de documents multispectraux superposables à une carte (échelle, précision, erreurs).

TERRAIN PHOTOGRAPHIE ORTHOIMAGE

Quels capteurs ?

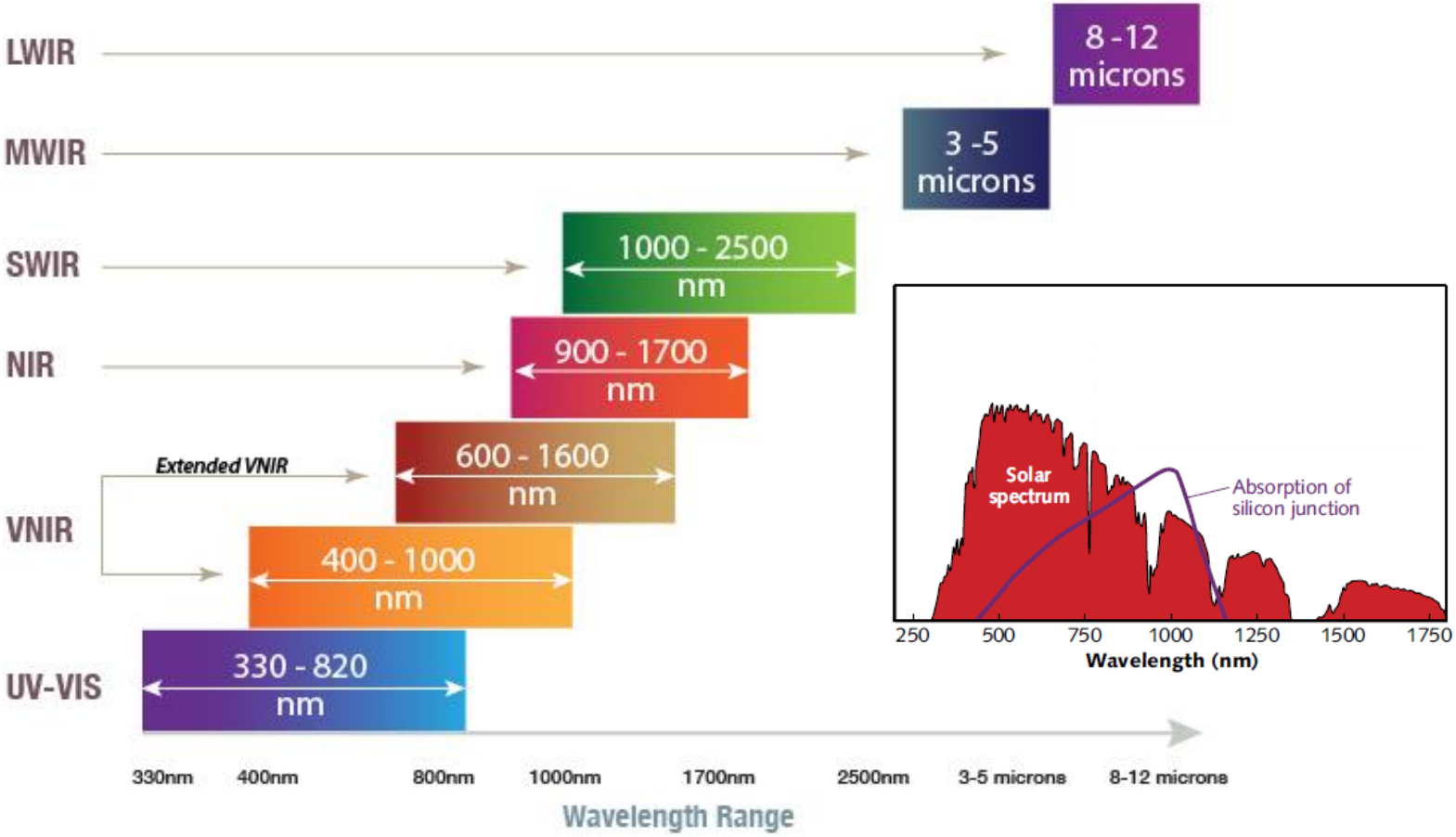
- Capteurs embarqués « non électroniques » :
  - biochimique, filtres particules…

- Capteurs embarqués « électroniques »:
  - Électrochimiques
    - Détection des gaz :
      - O2, CO, H2S, NH3, CO2, SO2,PH3, HCN, NO2, Cl2
  - Caméras (spectre électromagnétique)
    - Visible, NIR, IR, UV, Multispectral, Hyperspectral
    - Radar
    - Lidar
    - Spectroscopique (V*ertical Cavity Surface Emitting Lasers)*
      - H2O CO2 et CH4 (méthane)

AirRobot AR100
matthias.bartholmai@bam.de
http://www.bam.de

mzondlo@princeton.edu

Bandes électromagnétiques

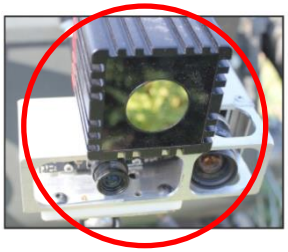


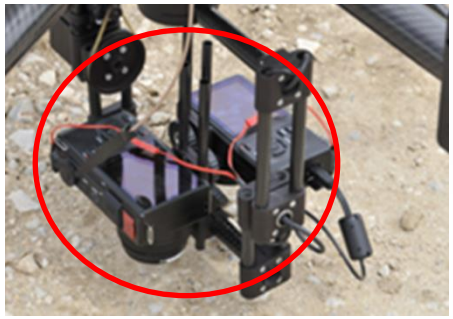
Quelles longueurs d'ondes pour quel usage

- Rayons X :
  - corps étrangers, densité, discrimination de produits...
- UV :
  - moisissure...
- Visible :
  - Dimension, forme, couleur, texture de surface, défauts…
- NIR :
  - Eau, matières grasses, protéines, caféine, T°c...
- MIR et IR :
  - composés volatiles, sucre, T°c …
- µondes :
  - Eau, matières grasses, sel, texture de surface…

Les capteurs imageurs

- Camera thermique
- Caméra proche-infrarouge
- Camera UV
- Camera couleur (RGB)
- Camera hyperspectrale



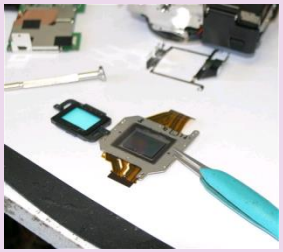


Appareil photo standard

Non modifié

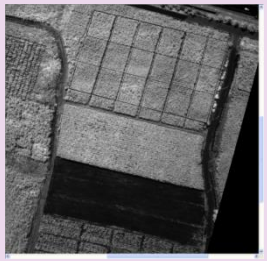
Appareil photo Proche Infrarouge

Modification



Filtre IR démonté.

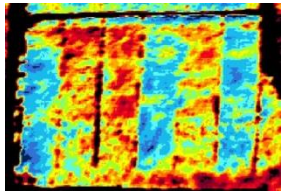
Filtre IR



Appareil photo « red-edge »

Filtre red-edge

Capteur Thermique



R	V	R	V	R	V	R
V	B	V	B	V	B	V
R	V	R	V	R	V	R
V	B	V	B	V	B	V
R	V	R	V	R	V	R

Capteur mono CCD
Filtre de Bayer

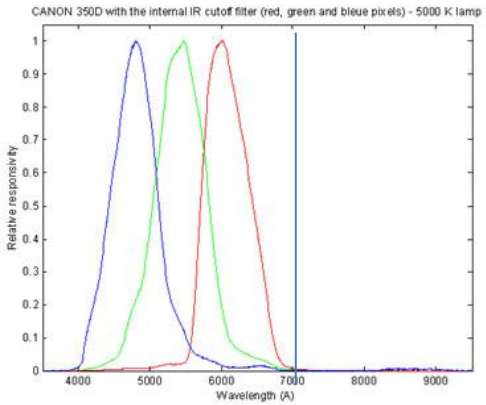
R	R	R	R
R	R	R	R
R	R	R	R

V	V	V	V
V	V	V	V
V	V	V	V

B	B	B	B
B	B	B	B
B	B	B	B

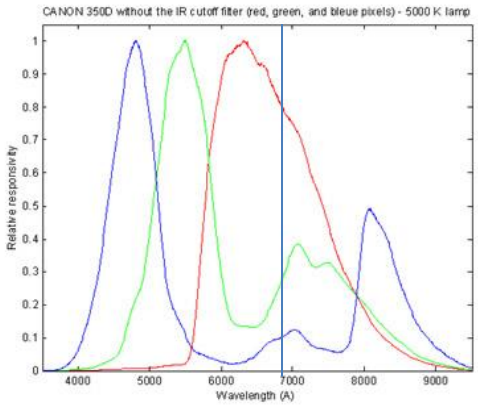
Capteur tri CCD

Visible NIR



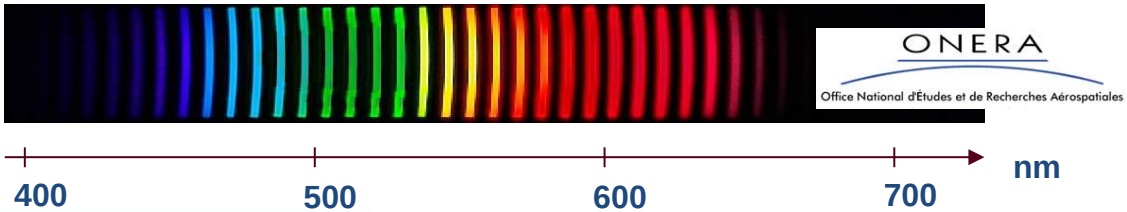
Canon EOS avec filtre NIR

Visible NIR



Canon EOS sans filtre NIR

Calibration radiométrique
de chaque appareil nécessaire



Exemple de montage – Capteur FOVEON

- Capteur Foveon

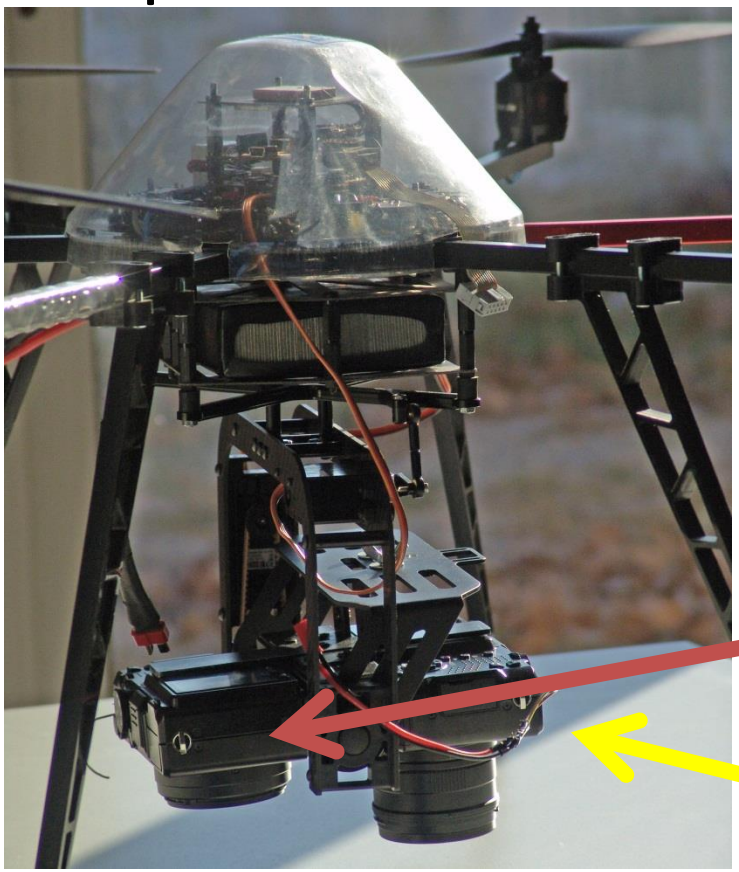
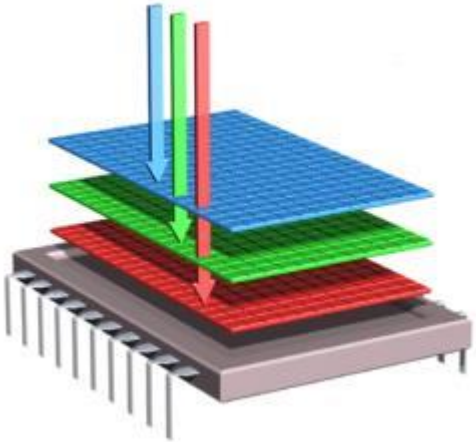


IMAGE RADIOMETRY
Two Foveon DP1X
Simultaneously triggered



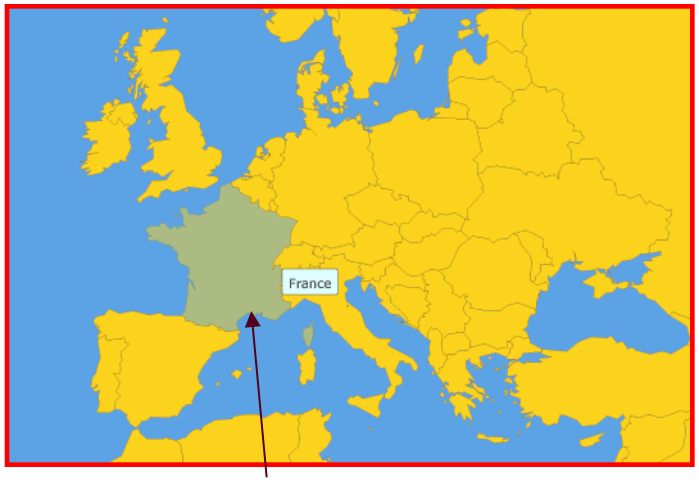
Visible (R, G, B)

Modified camera (NIR sensitive) +740nm low pass filter

Pour quoi faire?

- Surveillance/observations géolocalisées pour :
  - Compter (nb de fruits par ex.)
  - Mesurer (surface infectée, surface des plantations, emprise (évolution), estimation des dégâts, la présence de gaz…)
  - Diagnostiquer (Maladie, vigueur des cultures, parasites…)
  - Caractérisation intra-parcellaire (Vigueur; Phénotypage, Type végétation)
- Pour répondre aux attentes
  - des agriculteurs : optimisation de la conduite des cultures, répondre aux exigences règlementaires…
  - Des industriels : voir ce qui est difficile d'accès (cheminée, pylônes…)
  - des assureurs, des politiques : évaluation des dégâts…

QUELQUES EXEMPLES IRSTEA



Montpellier

Maison de la télédétection

Ecosystèmes

Risques

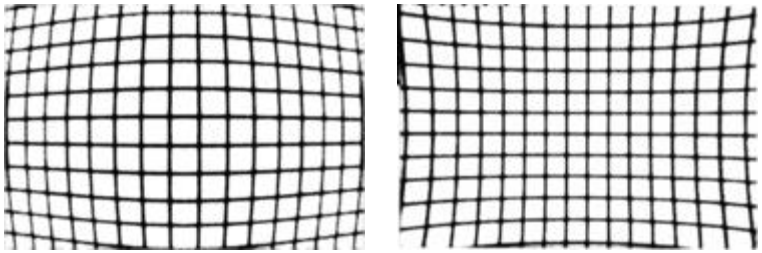
Agronomie

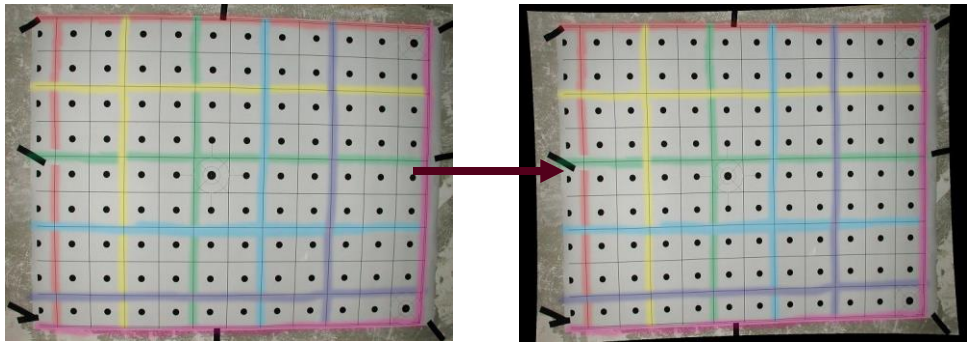
Capteurs optiques

Camera thermique

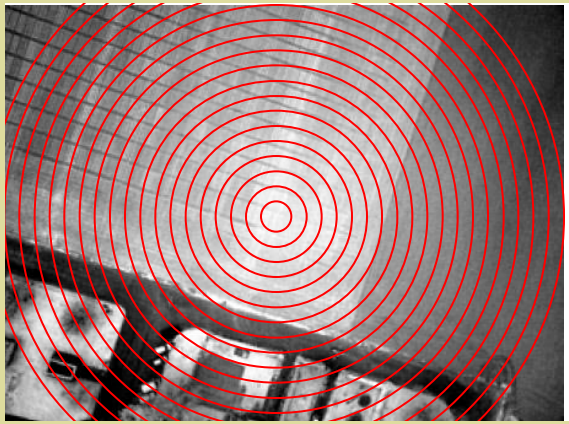
Calibration géométrique

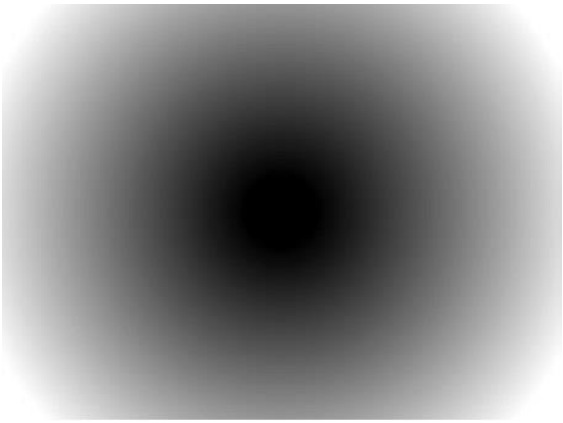
Pré-traitement des données

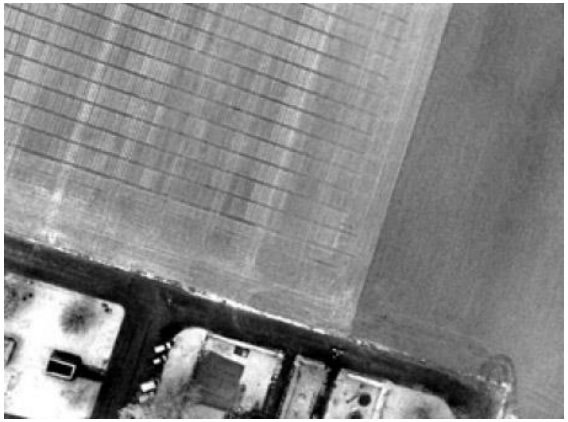




Correction du vignetage



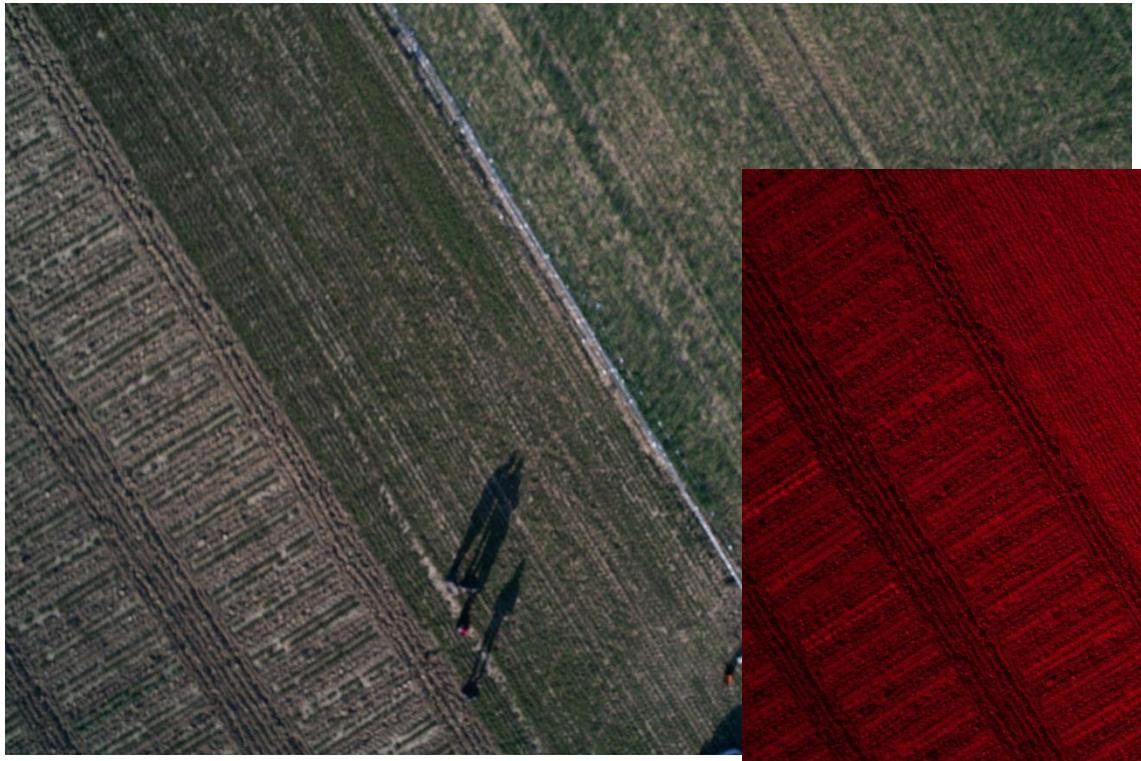


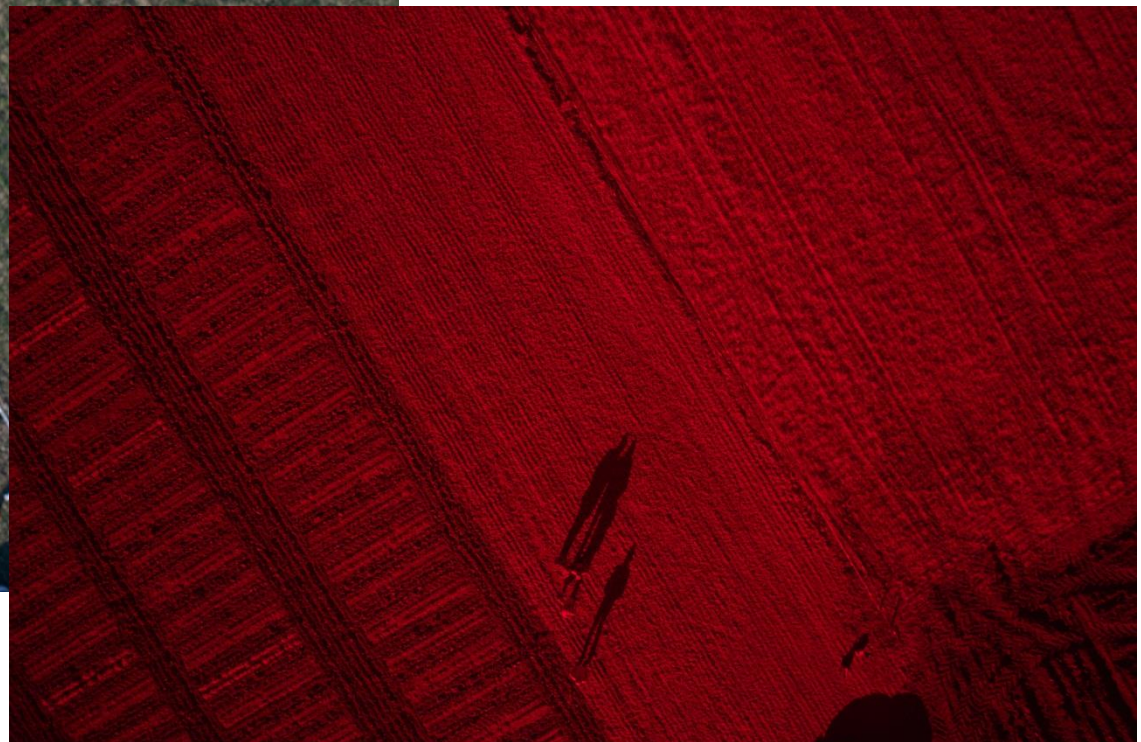


Superposition des canaux

- Visible

PIR

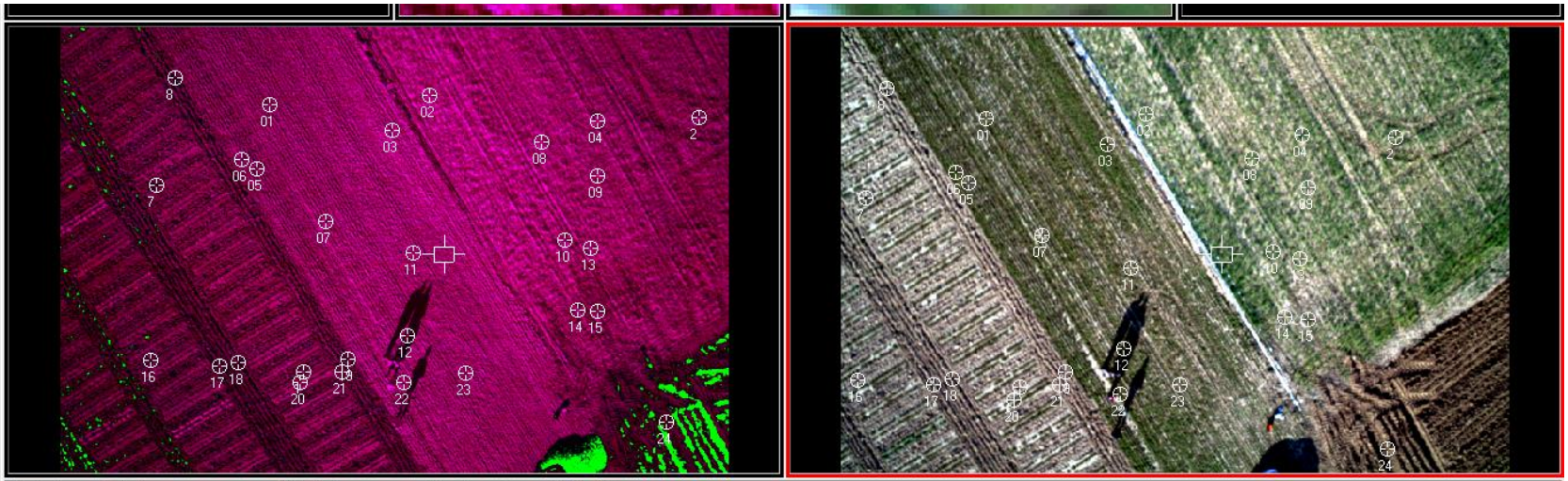




Superposition des canaux

Recherche de points homologues

Ou recherche de fréquences identiques

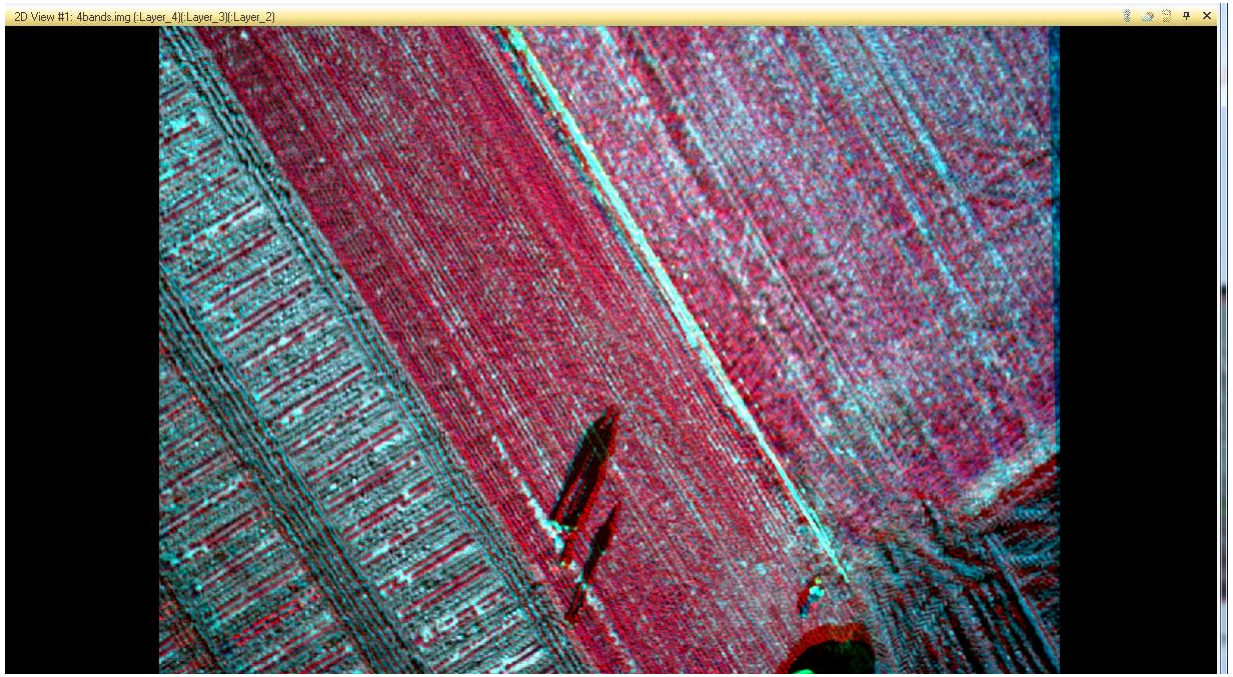


3.00 Total Points: 28 Selected: 0

Point #	Pt. Orig	Point ID	>	Color	X Input	Y Input	Color	X Ref.	Y Ref.	Z Ref.	X Residual	Y Residual	Error	Contribution	Match
7	APM	03			1309.530	408.651		5.840	7.205	0.000	-17.713300	-1.118508	17.748579	0.020168	0.670000
8	APM	04			2121.371	368.128		10.122	7.409	0.000	16.527989	-4.983157	17.262858	0.019079	0.670000
9	APM	05			777.564	560.585		2.803	6.362	0.000	4.054294	0.199214	4.059185	0.001055	0.710000
10	APM	06			717.458	523.669		2.530	6.592	0.000	-7.183398	4.369364	8.407886	0.004526	0.710000
11	APM	07			1048.411	766.978		4.424	5.205	0.000	-15.572896	-0.292262	15.575638	0.015532	0.600000
12	APM	08			1901.132	452.556		9.034	6.911	0.000	-4.790050	-9.626708	10.752585	0.007402	0.600000
13	APM	09			2119.839	586.611		10.261	6.261	0.000	-6.569768	8.347049	10.622386	0.007224	0.720000
14	APM	10			1992.939	841.898		9.473	4.858	0.000	13.908973	12.872820	18.951755	0.022995	0.720000

Superposition des canaux

Image 4 canaux



Mesures terrain

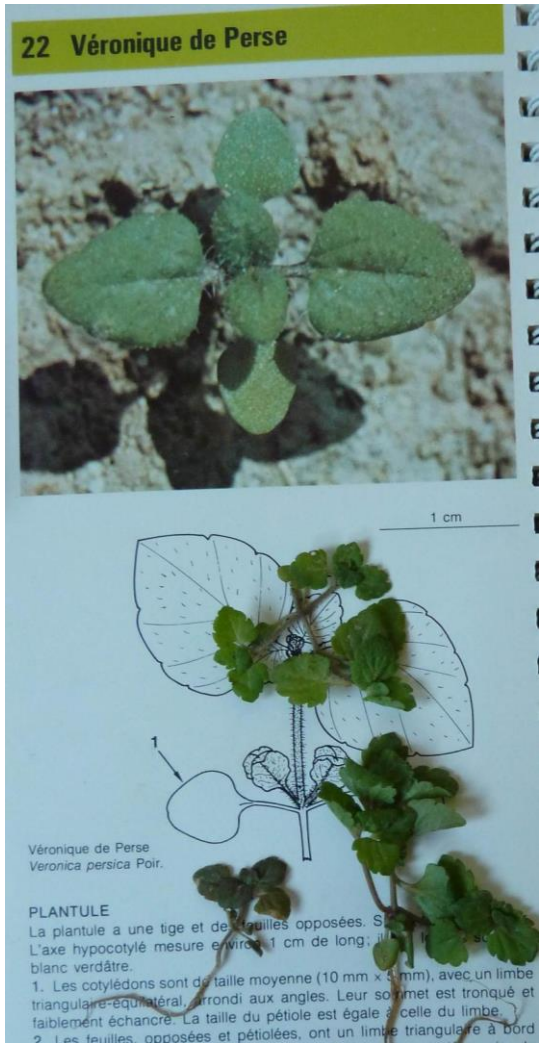
Projet RHEA: détection des mauvaises herbes

2 appareils couplés :
1 RGB
1 modifié IR
Obtenir une image NDVI)

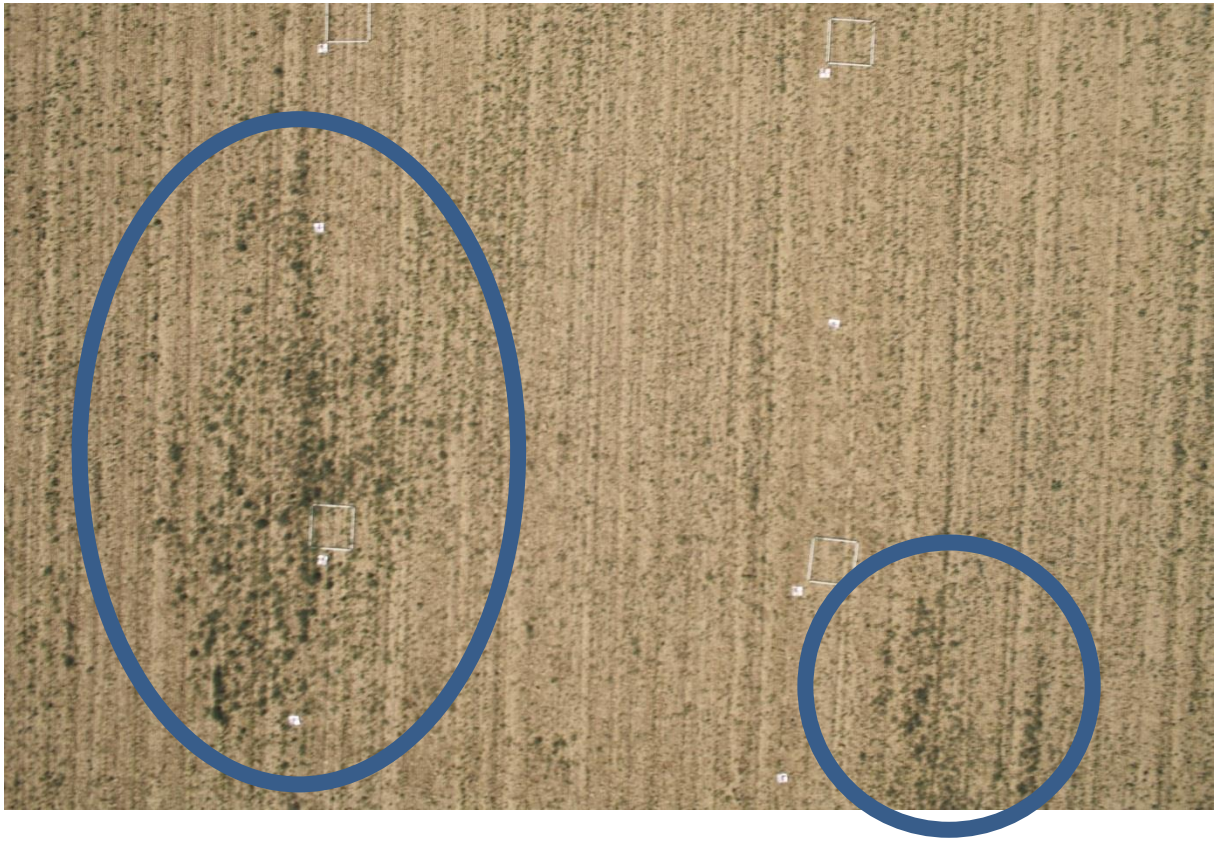
Cibles de géoréférencement

Projet européen PCRD NMP-CP-IP 245986-2 RHEA

Détection des mauvaises herbes

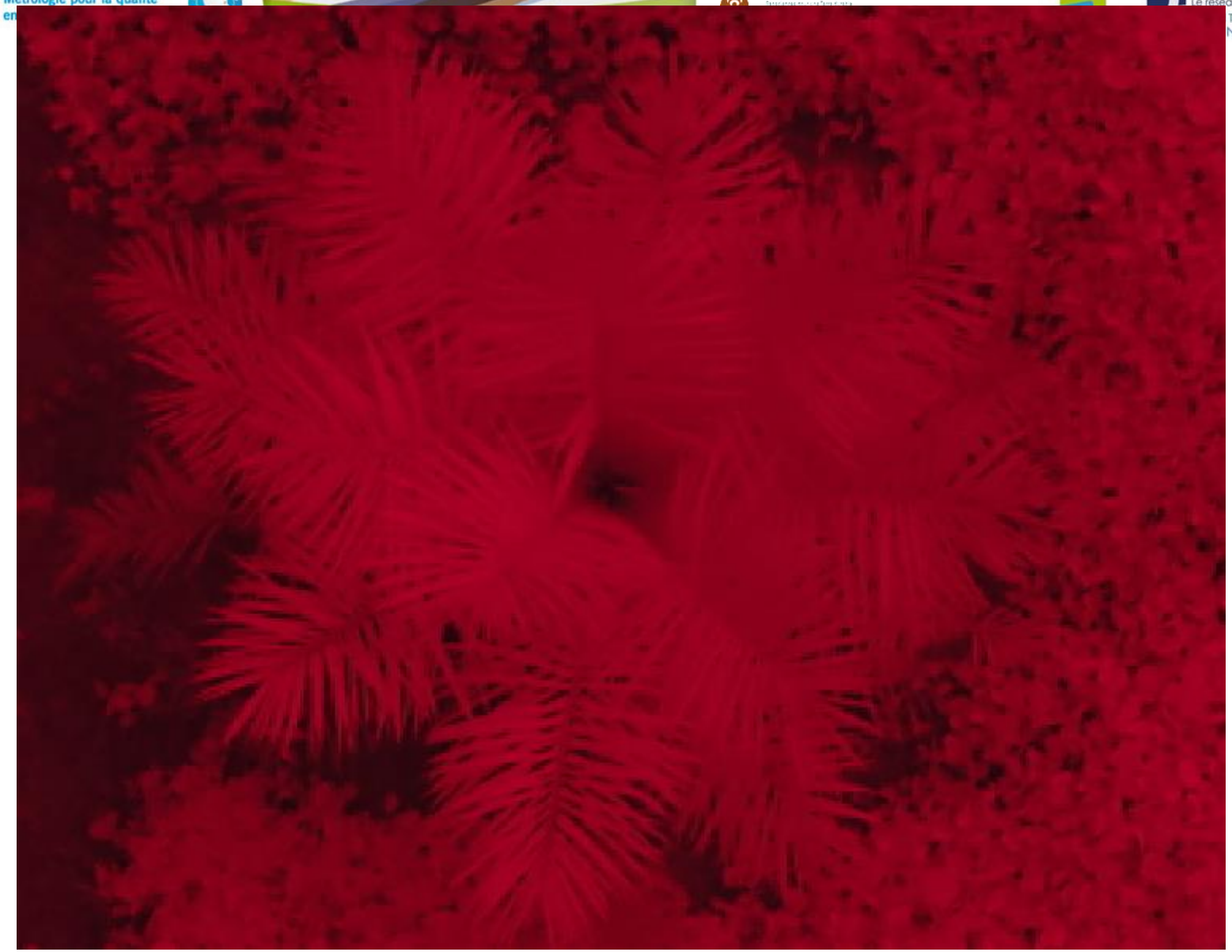


Projet RHEA : Traitement de données



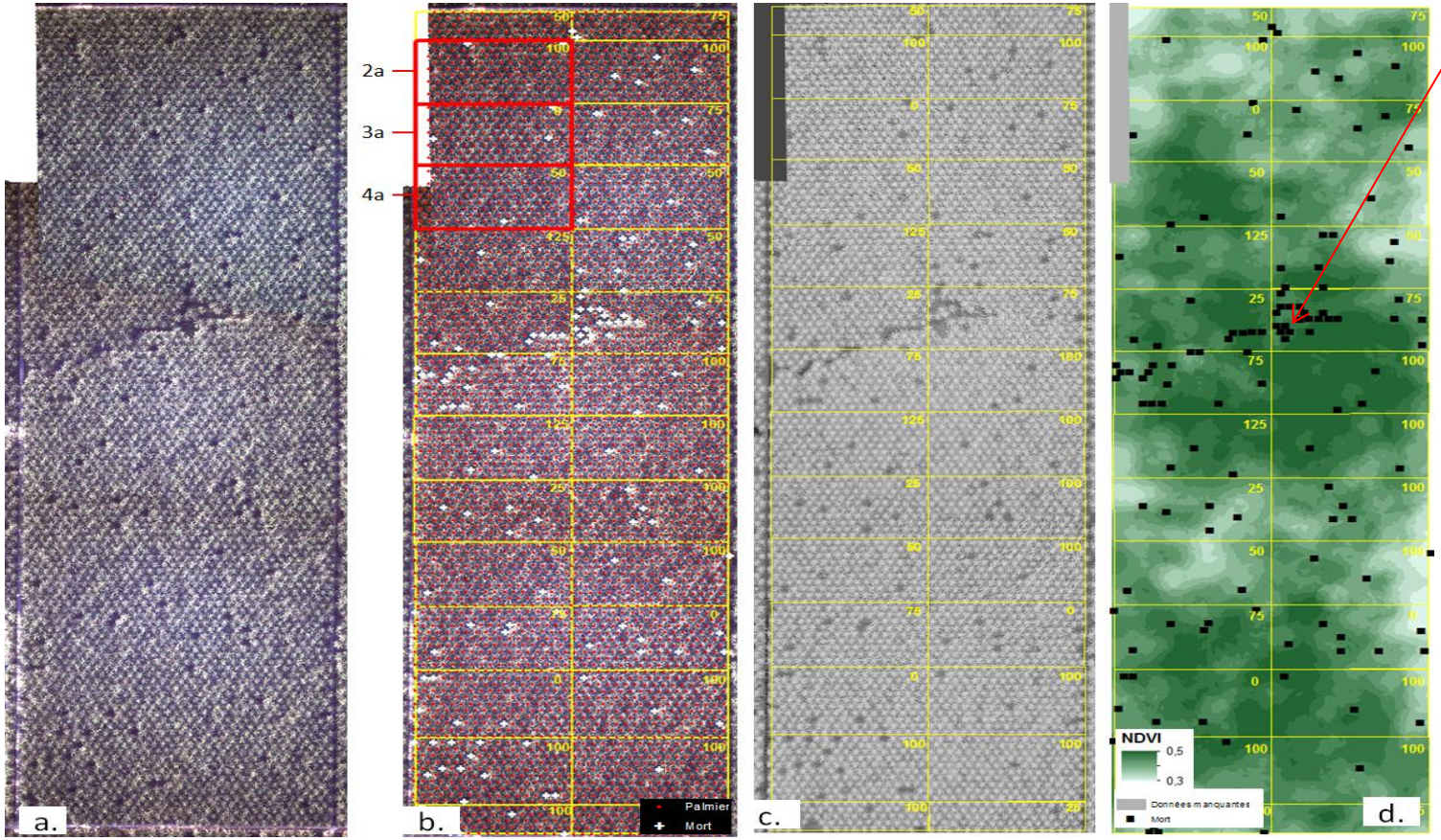
Drone Visible

Drone infrarouge



Détection des manquants dans une palmeraie

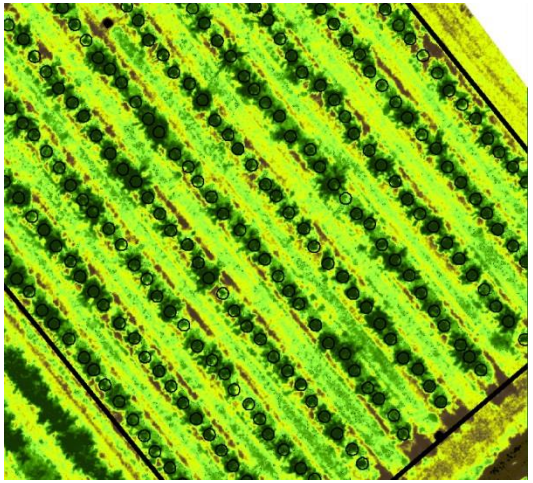
(Visible) NDVI Interpolation NDVI Manquants

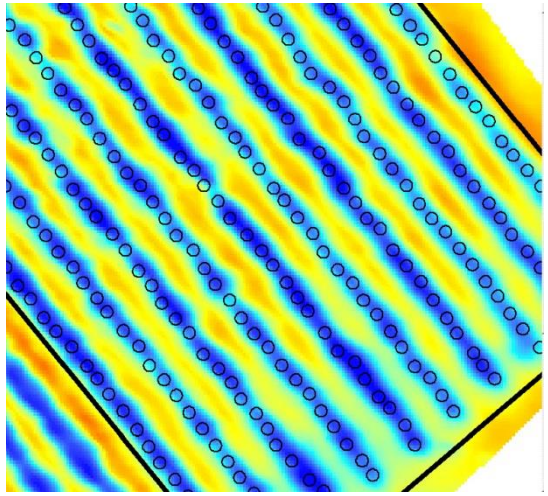


Stress hydrique – couverts complexes

Pommiers

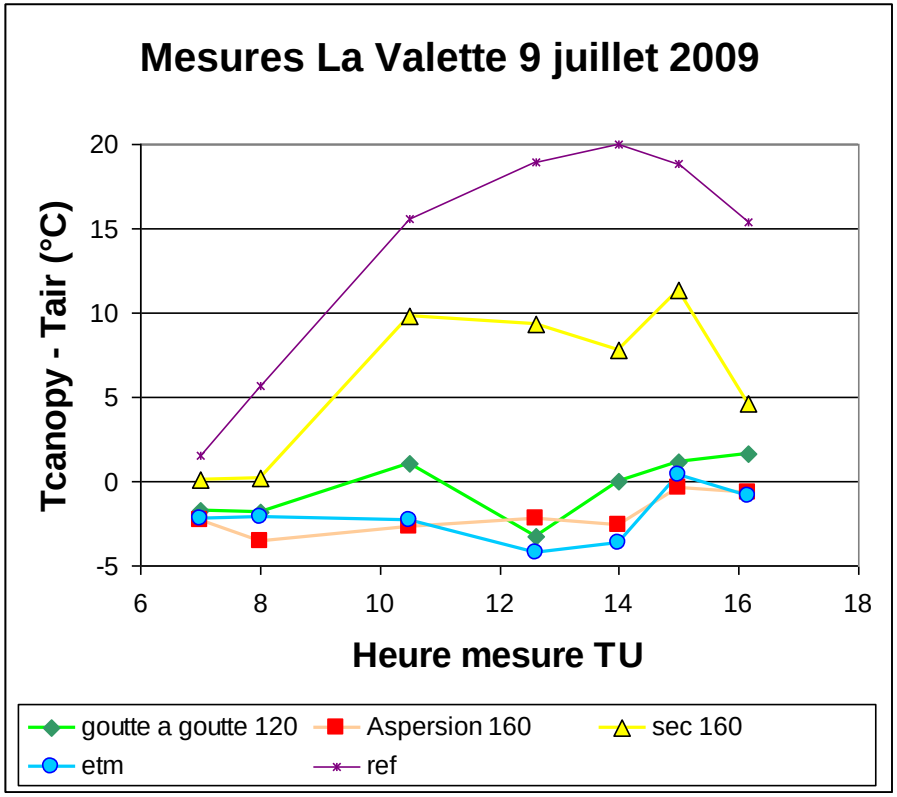
Expérimentions sur le site INRA Mauguio

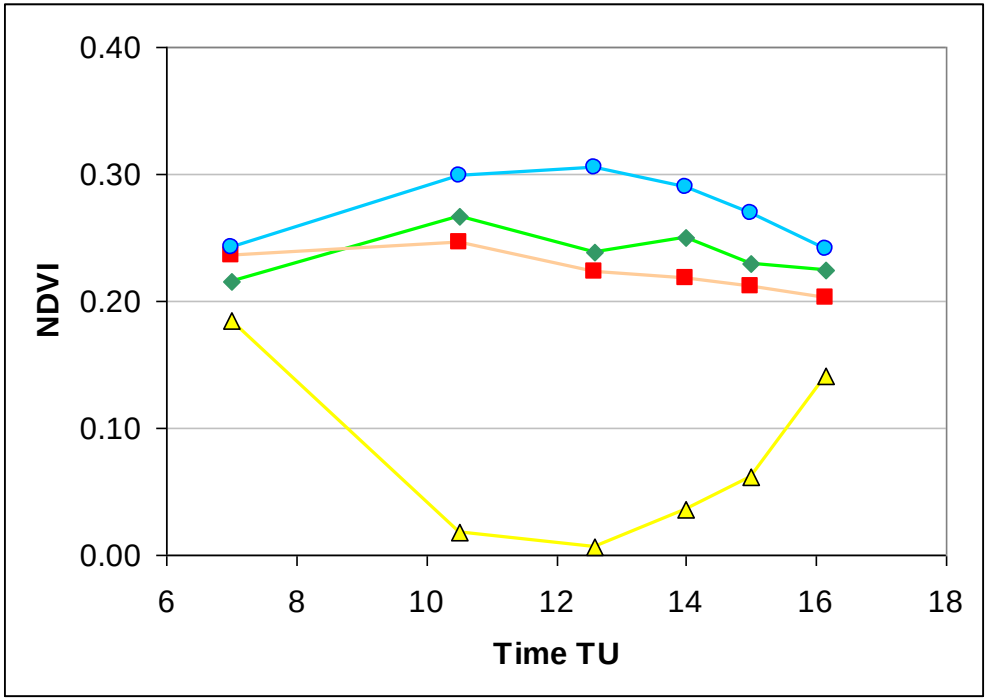




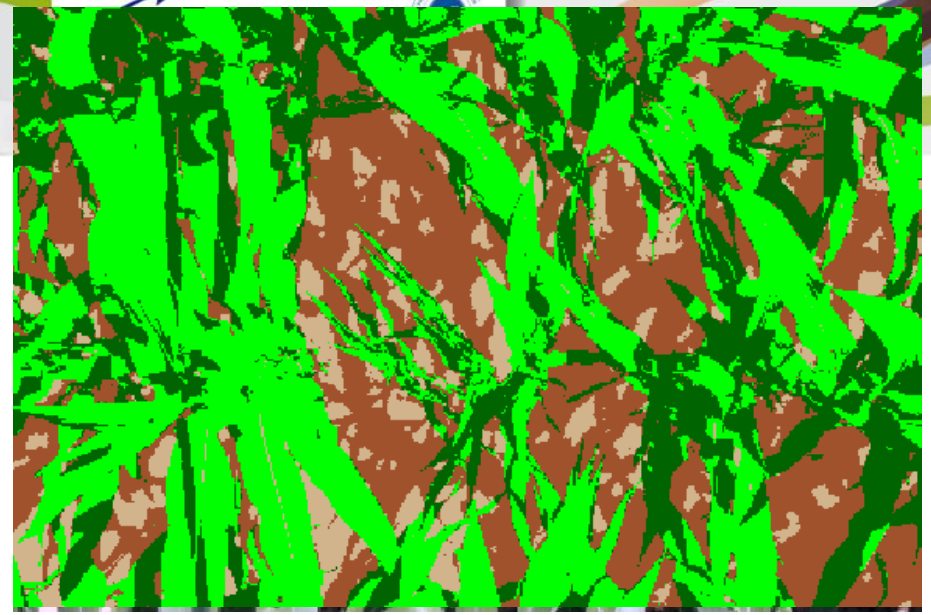
Evolution du couvert

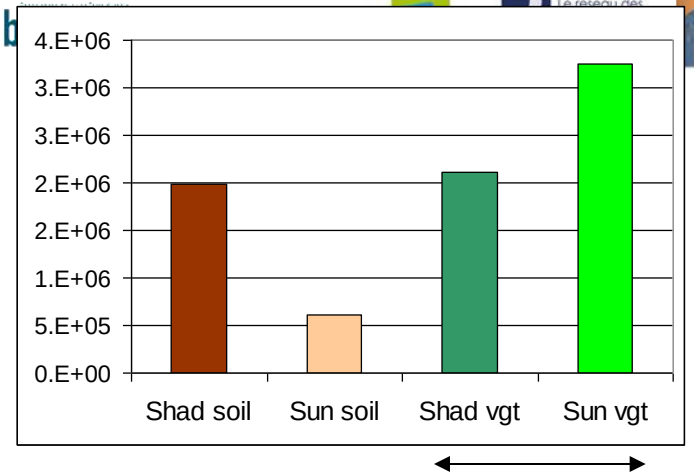
Mesures sur la journée



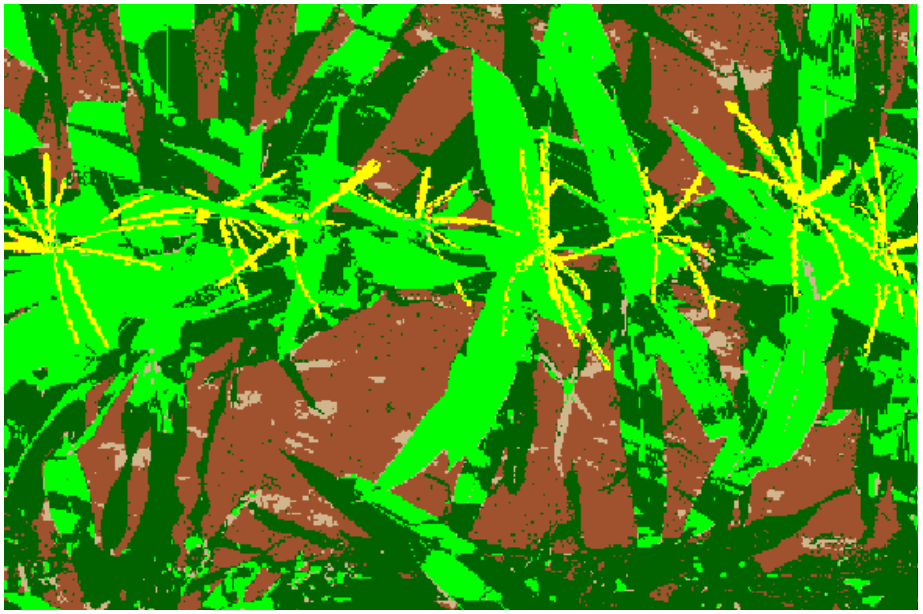


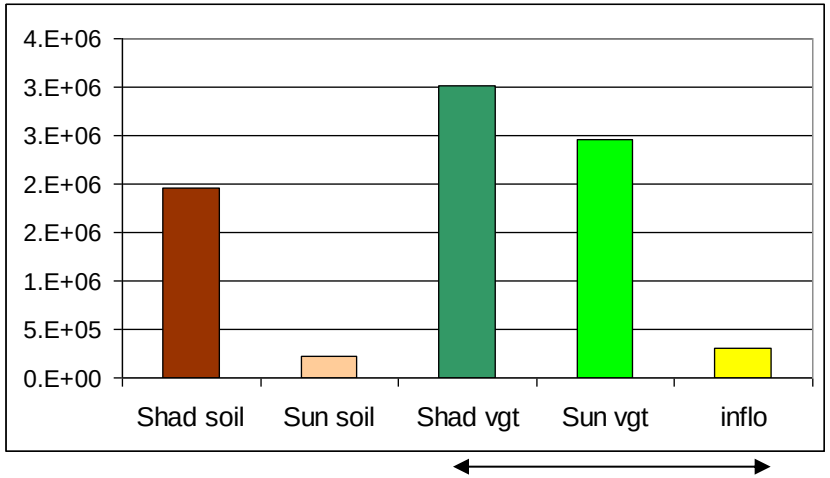
- Impact de l'heure de mesure dur le NDVI





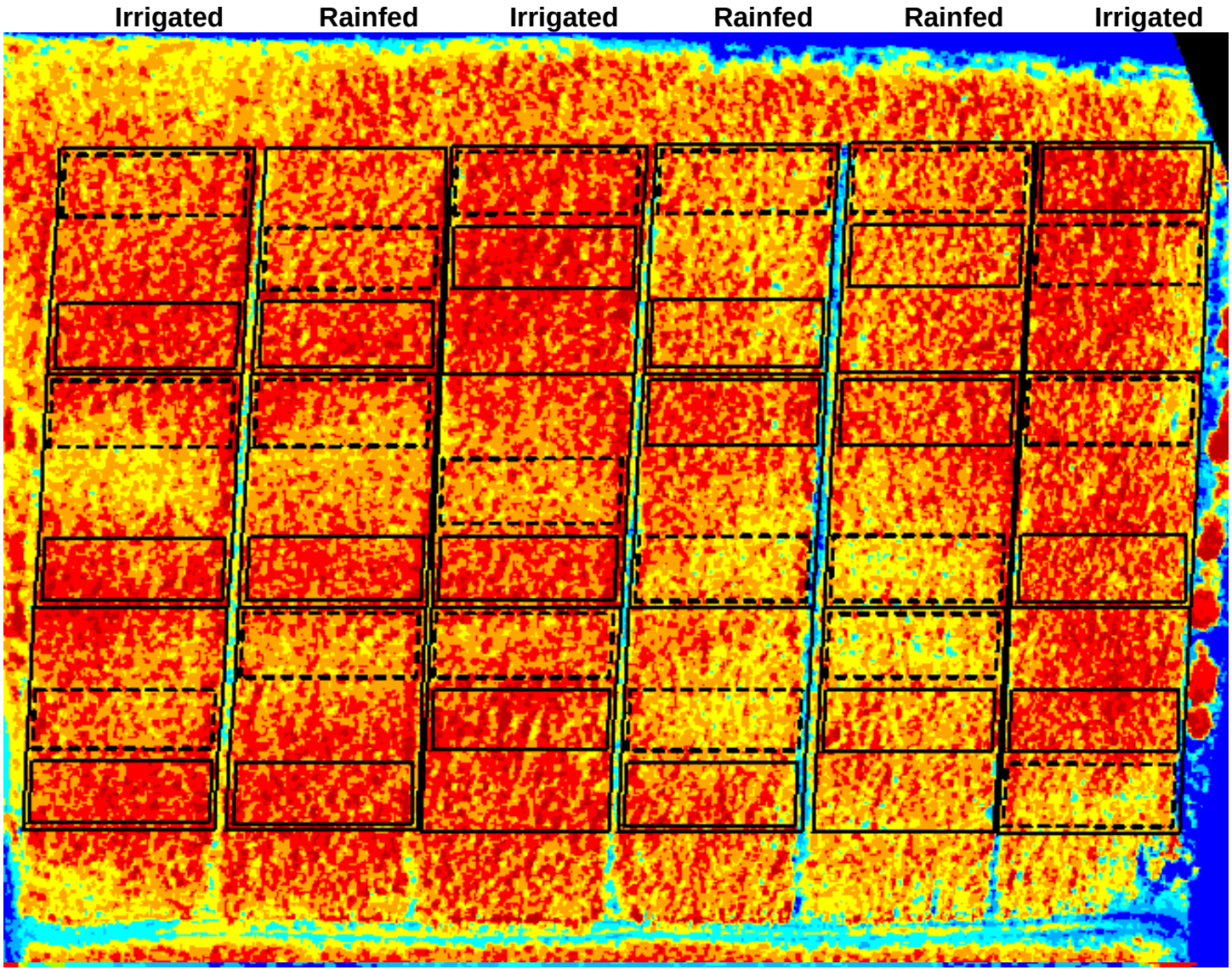
Vegetation cover





Vegetation cover

(3 variétés * 3 types de fertilisation N * 2 irrigation)



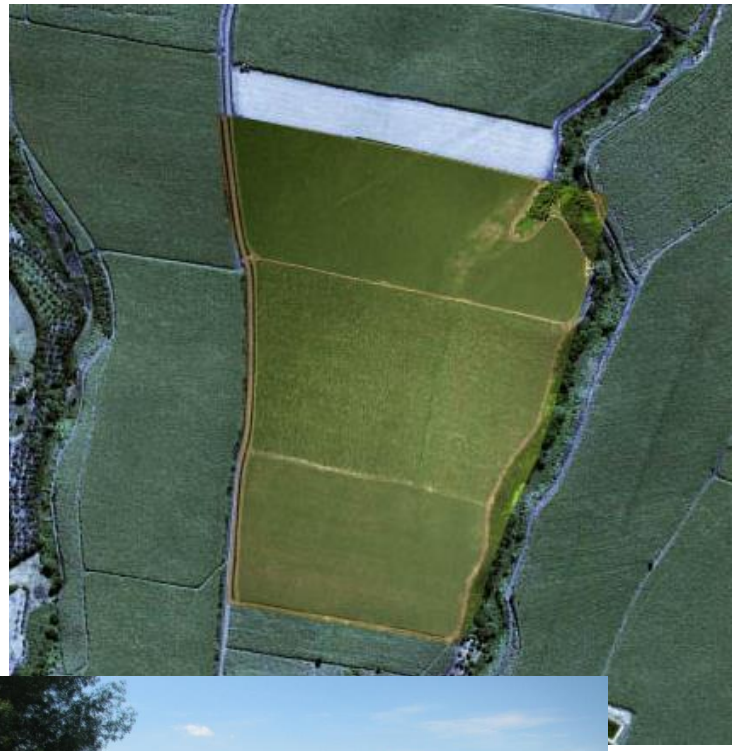
NDVI

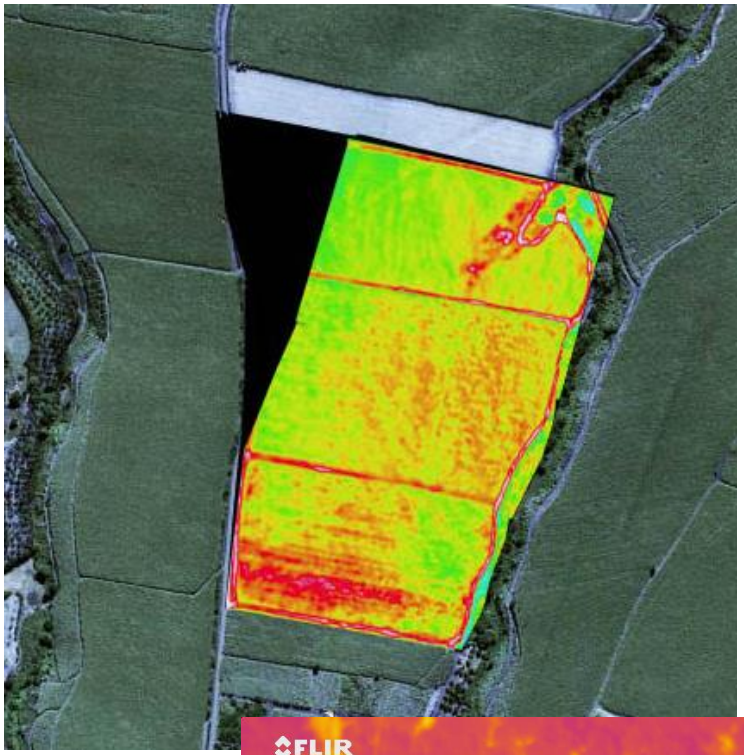
0N

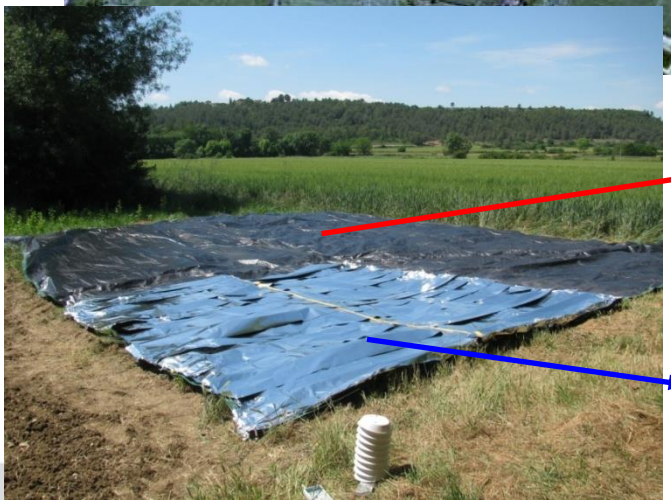
130N

19/04/06 – 11h25

Apport de l'infrarouge thermique







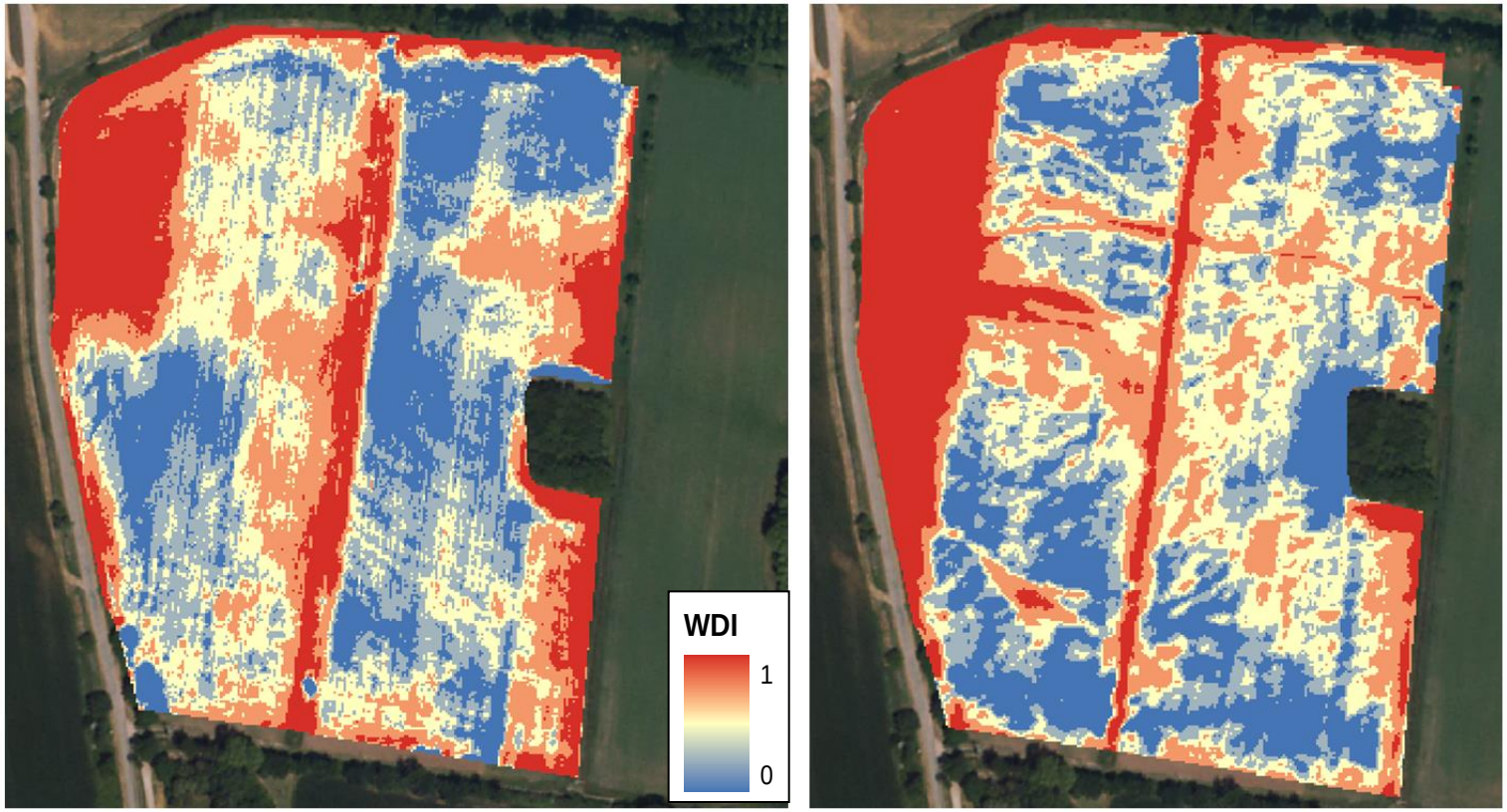
Hot target

Cold target

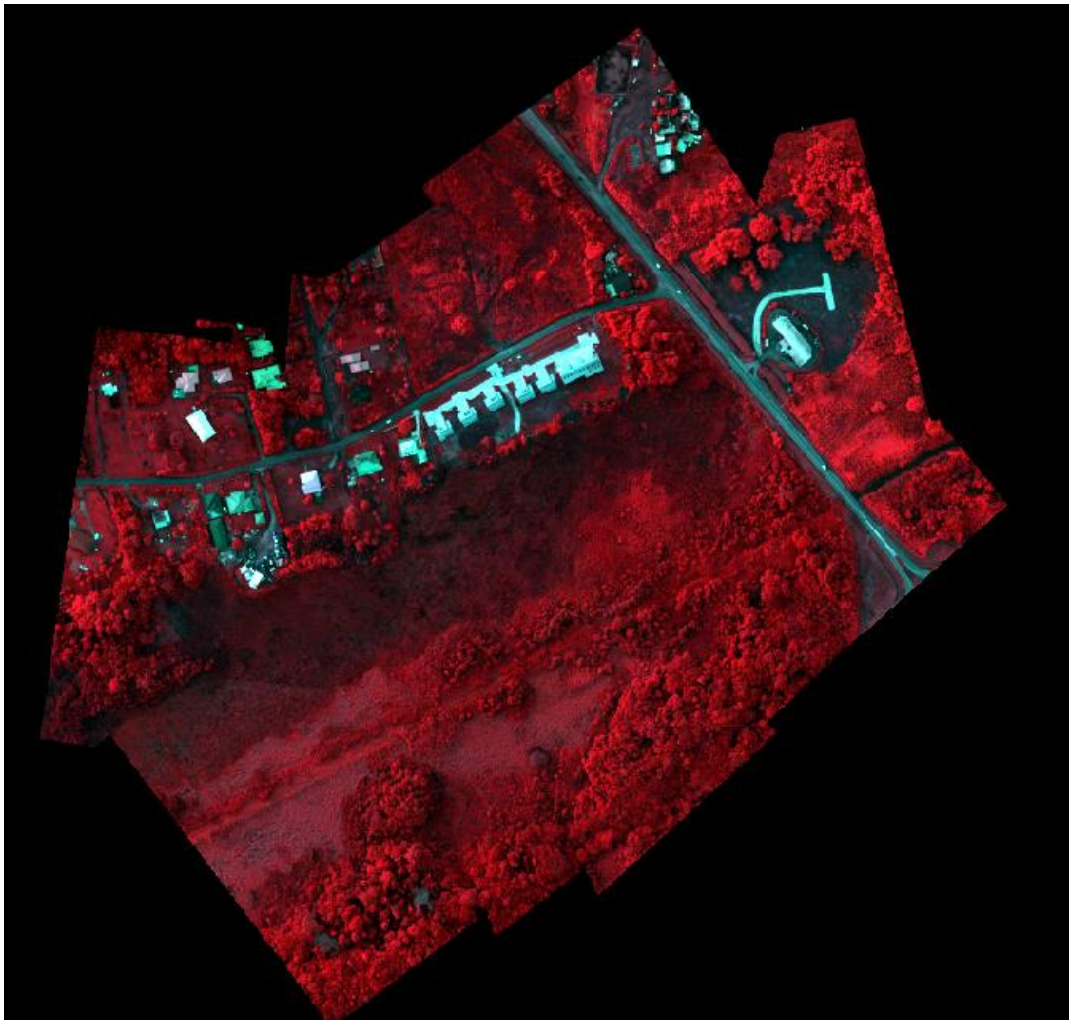
Projet Telerieg : stress hydrique

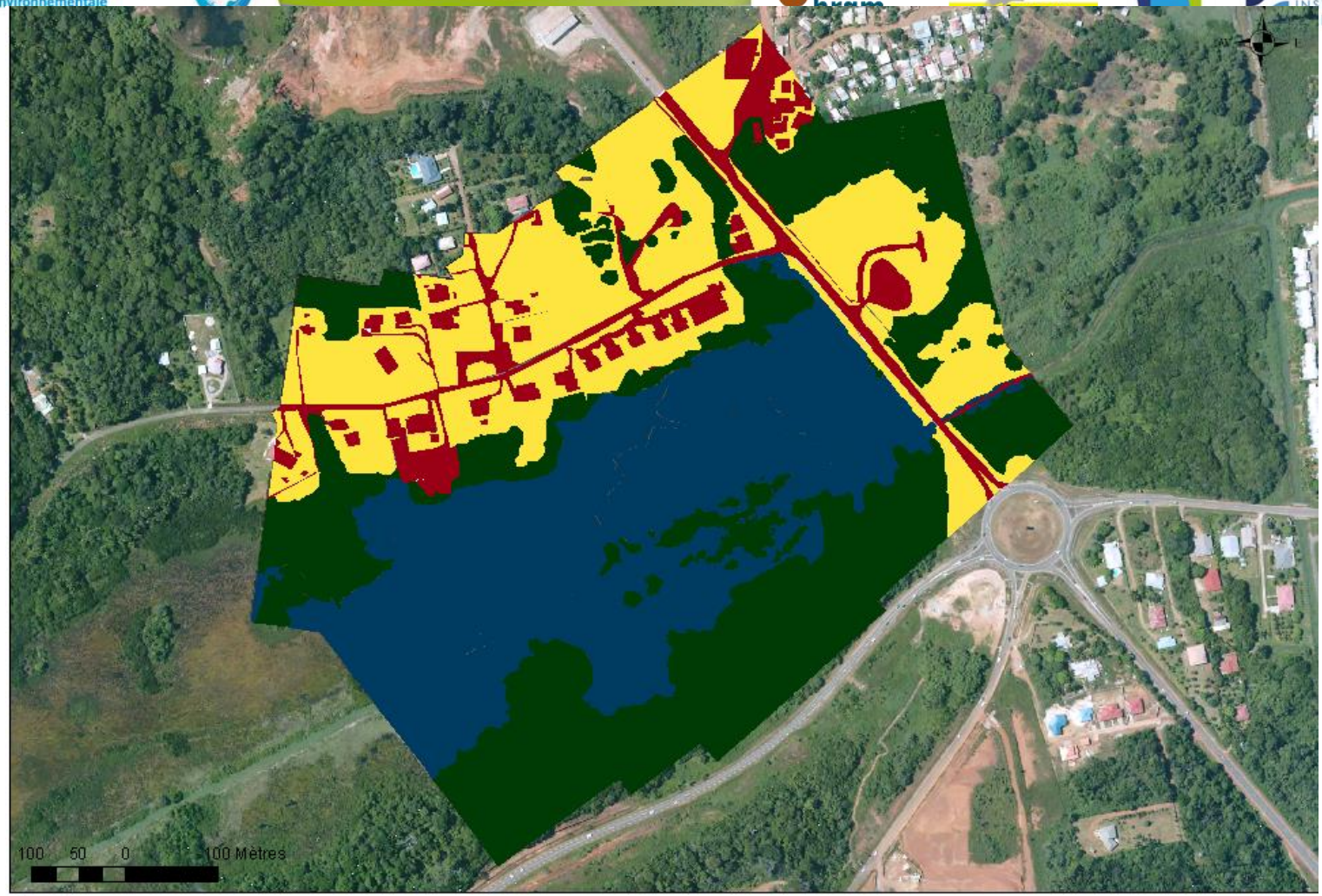
April

May



Zone humide - Guyane





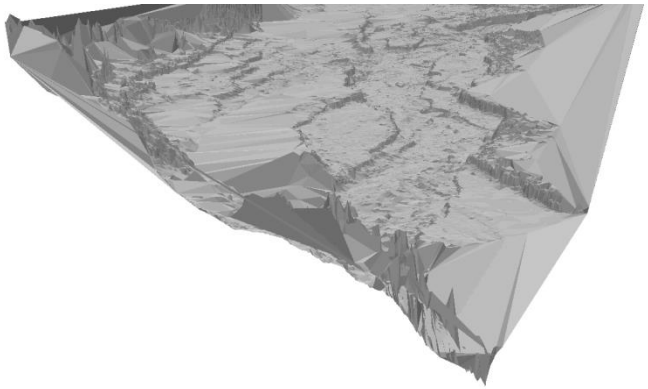
Foret
Marais tropical herbacé
Paysage artificiel
Terrain agricole et artificiel

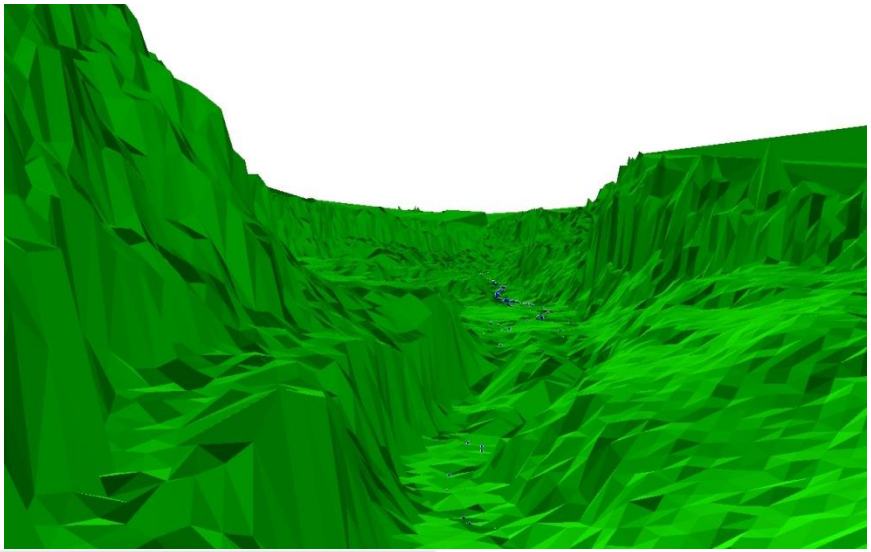
Cartographie des zones humides en 2010

Couples de photos aériennes

Modèle Numérique de Terrain

Mission 2011
3 MNT (Résolution: 25cm, 50cm et 1m)



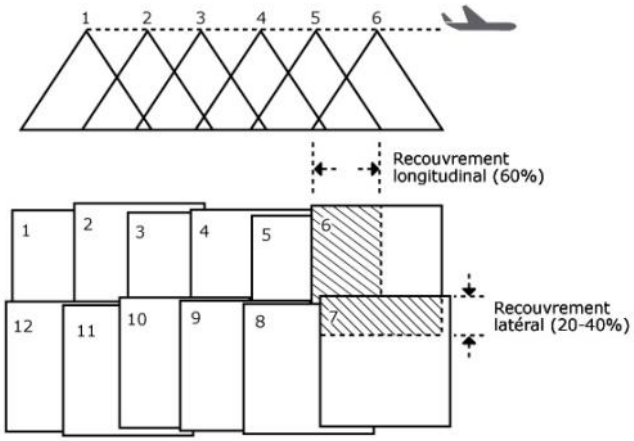


MNT utilisé comme topographie dans le modèle.

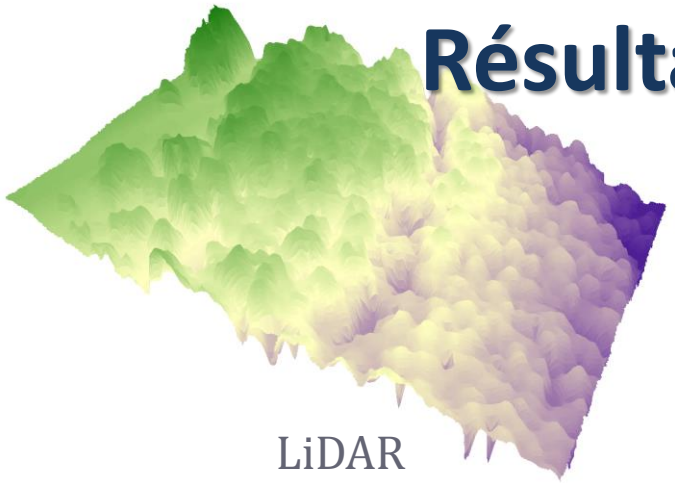
couvert forestier

- LiDAR
  - Nuage de points 3D
  - Acquisition du MNT
  - Coût élevé

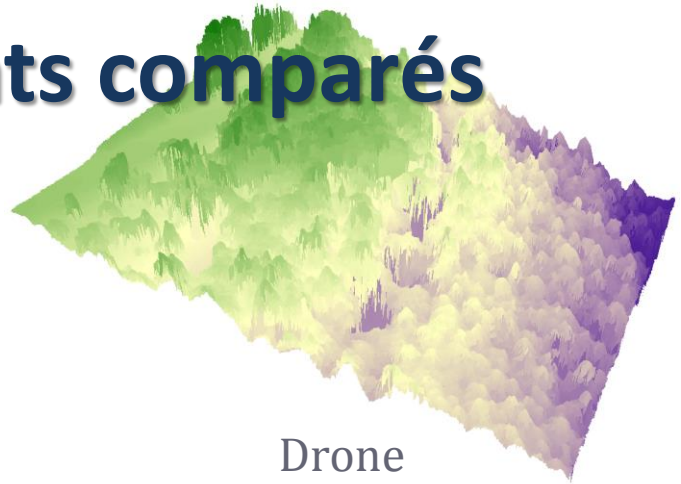
- Photogrammétrie
  - Pixels 2D
  - Répétitivité annuelle
  - Coût moyen



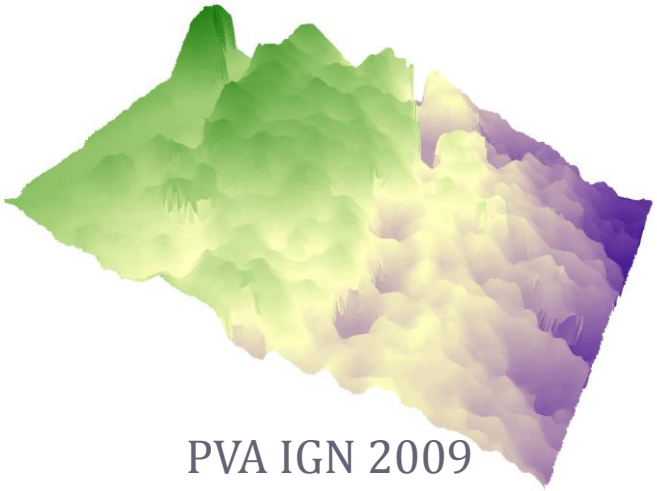
Résultats comparés



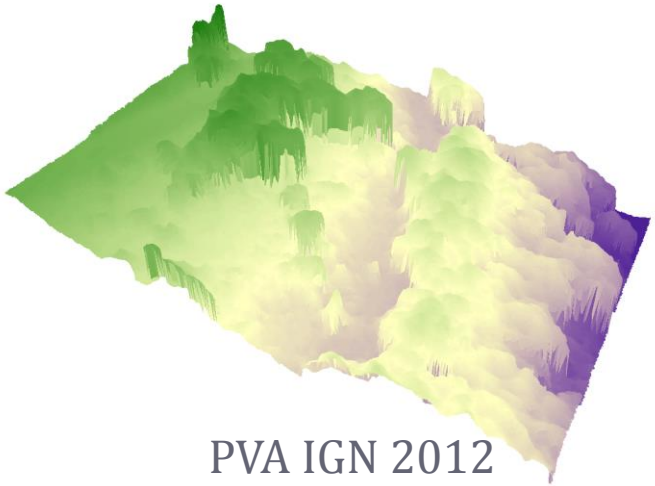
LiDAR
(R=1,0 m)



Drone
(R=0,02 m)



PVA IGN 2009
(R=0,30 m)



PVA IGN 2012
(R=0,25 m)

Les besoins/tendances

- Besoins :
  - Capteurs légers, haute résolution, multispectral sur bandes spectrales étroites (grande sensibilité, temps d'exposition courts)
  - Dépasser le proche infrarouge, hyperspectral
  - Intelligence embarquée
  - Capteurs multiples :
    - plusieurs capteurs embarqués ou drones en formation
  - Autonomie (faible poids, compacité, intégration)
  - Positionnement centimétrique + orientation précise(0,1°)

Conclusion

- Des capteurs très dépendants des capteurs grand public (appareils photos, smartphones…)
- Des algorithmes de traitement d'images à développer (caractérisation, modélisation…)
- Un gros potentiel applicatif et très diversifié

➢ des verrous pour la recherche…