

Travaux de l'UMT CAPTE

Autour des images issues du Drône & de la Phénomobile



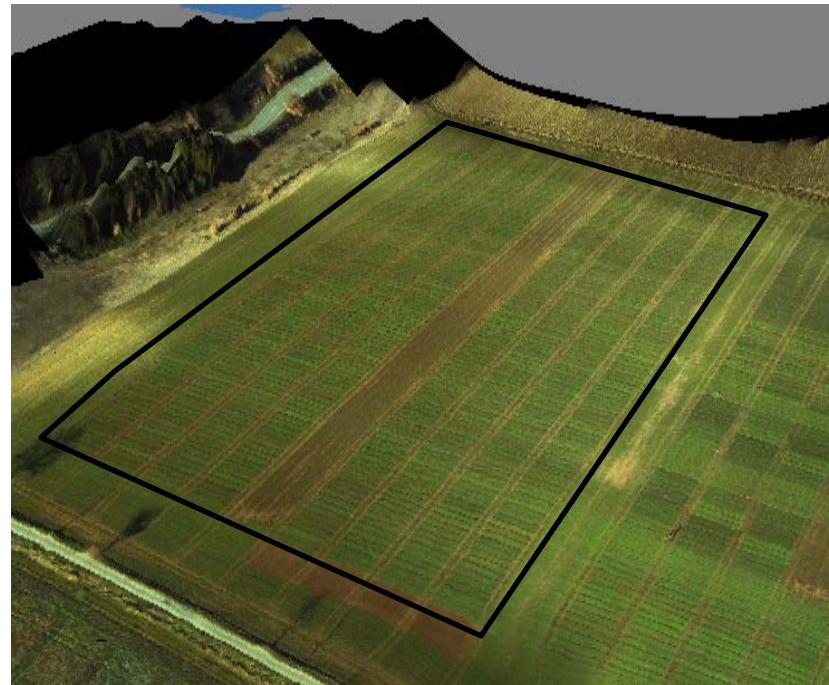
Contexte

Phénotypage haut-débit au champ:

- des μ parcelles à caractériser au cours du cycle végétatif
➡ Suivi non destructif = télédétection
- Un grand nombre de parcelles ➡ Haut-débit

Des espèces variées:

- Blé, betterave, maïs, tournesol, colza, Pomme de terre



Variables d'état visées

Structure

- Comptage plantes / organes
- Fraction verte
- Surface foliaire verte
- Fraction de rayonnement intercepté
- Port foliaire enroulement
- Hauteur/volume des plantes/rangs
- Hétérogénéité / enherbement
- Indices de végétation

Propriétés des feuilles

- Contenu en chlorophylle
- Symptômes parasites (nécroses...)
- Glaucescence

Stress

- Température de surface
- PRI

Calendrier

- **Livraison Caméra multispectrale Septembre 2014**
- **Tests caméra RGB Octobre 2014 (comptage blé + betterave)**
- **Campagne multispectrale Gréoux / Blé**
- **Campagne thermique juillet-aout 2015**
- **Extraction / projection / Agisoft : Mai 2015**
- **Chaine de pré-traitement: Septembre 2015**
- **Premières sorties de variables biophysiques: Novembre 2015**

.... **Encore du boulot**

2 vecteurs, munis de capteurs.....



LIDAR
Spectromètre
Flash



Caméra RGB haute résolution

Sony 5100 ou 5000

400 g

6000 x 4000 pixels; 21.9° X

14.6°

Fréquence: 1 Hz

Synchronisation / GPS ?

Caméra multispectrale

Développement par MEAS-IT

480g (+ batterie)

6 bandes spectrales

Fréquence: 1-2 Hz

Autonomie: 20 min

Récupération signal GPS/IMU

1280 x 960 pixels, 35° X 28°



Caméra IRT

FLIR Tau2 – TEAX

120 g

640 X 480 pixels ; 32° X 26°

Fréquence 12 Hz

FFC (Flat Field Calibration)

Synchronisation / GPS ?

Exemples d'application

- **Drône + caméra RGB :**
comptage des plantes (traitement images)
- **Drône + caméra multispectrale :**
calcul du LAI (inversion de modèle)
- **Drône/Phénomobile:**
Green fraction (traitement images – SVM)

Comptage des plantes (2)

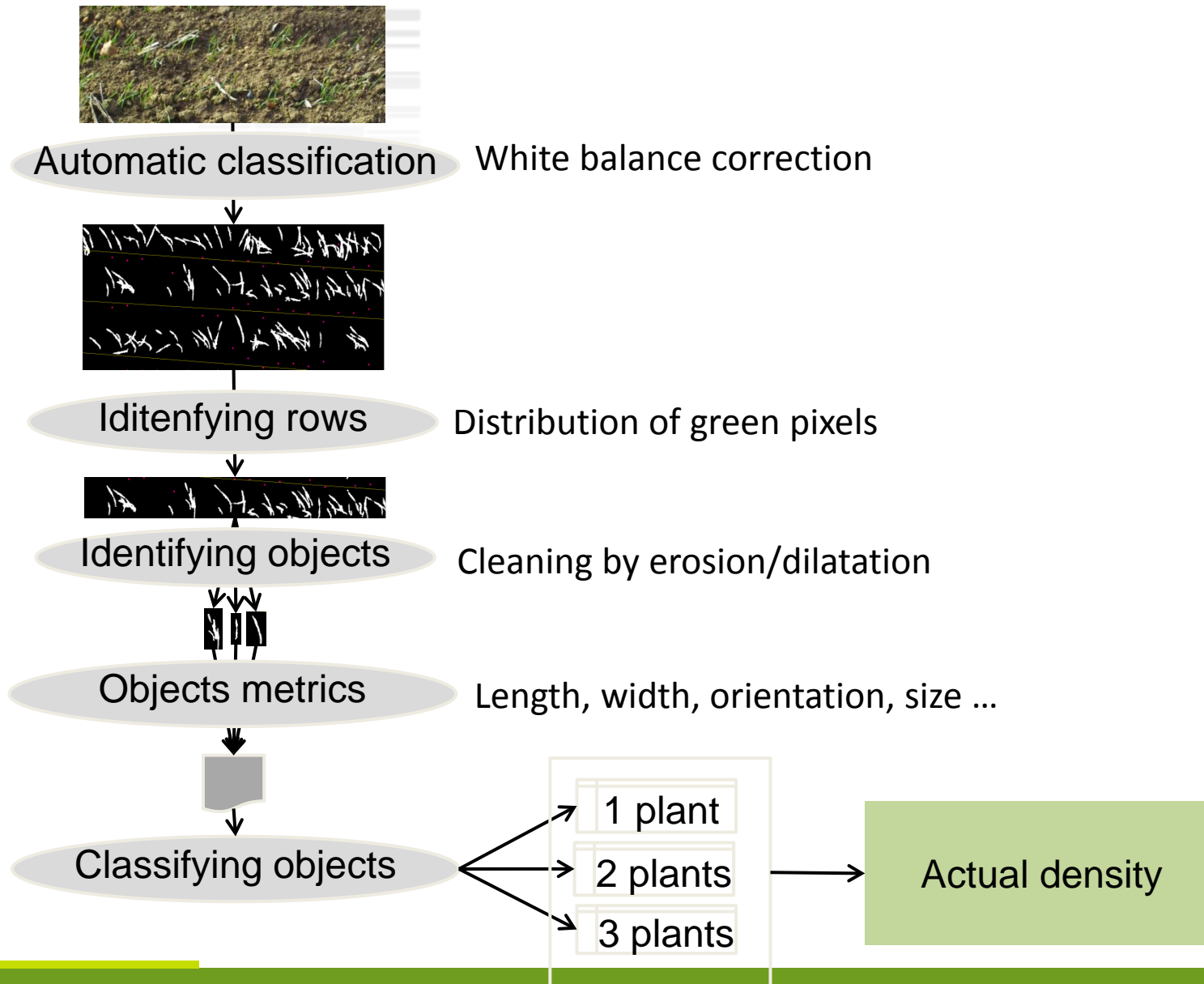


- Sony Nex 7 (24 Mpixels)
- Objectif 60 mm
- priorité à la vitesse ISO automatique
- 3 m d'altitude
- 0.2 mm de résolution

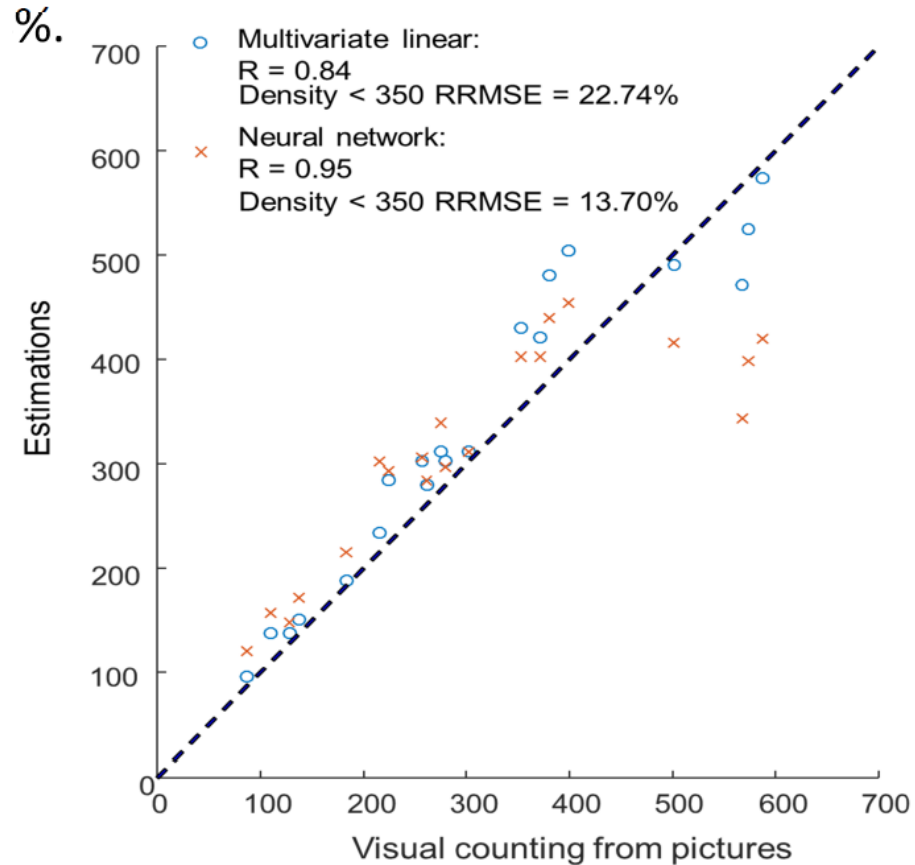
Images de qualité équivalente à ce que l'on obtient à partir du sol



Comptage des plantes (1)



Comptage des plantes (3)



Apprentissage sur 5 images * 5 densités (1 variété):

- Fortes densités mal estimées
- Réseau de neurones + performants

Bonnes performances mais:

- Confusion avec adventices: compter seulement les plantes assez développées

Autres caractéristiques estimées (4)

Image

Characteristics	Units	Definition
Image number	-	Identifier of the image
UL coordinates E-W	cm	Coordinate of the UL corner along E-W direction (absolute reference)
UL coordinates N-S	cm	Coordinate of the UL corner across N-S direction (absolute reference)
Image orientation	°	Azimuth of the row relative to the geographic north
Image length	pixels	Length of the image in pixels
Image width	pixels	Width of the image in pixels
Scaling	cm/pixel	Scaling factor used
Number of rows	-	Number of rows in the image

Rang

Characteristics	Units	Definition
Row number	-	Row number (the first one is the closest to the UL corner)
Position of row center	cm	Distance of the row center to the UL image pixel
Length of the row	cm	Length of the row
Half row spacing left	cm	Half the distance between the center of row and that on the left side
Half row spacing right	cm	Half the distance between the center of row and that on the right side
Row width	cm	Width of the plants across the row (see 3.2.6)
Number of plants	-	Number of plants in the row
Theoretical plant spacing	cm	Distance between consecutive seeds (see 3.3.1)
Average area of plants	cm ²	Average area of plants
Green fraction of crop	%	Green fraction of the plants over the row extent
Weed fraction	%	Fraction occupied by green weeds over the row extent

Plante

Characteristics	Units	Definition
Position number	-	Theoretical position associated to the plant
Number of objects	-	Number of objects belonging to the plant
Area	cm ²	Vertically projected area corresponding to the green pixels
Centroid along	cm	Position of the centroid along the row direction (local reference)
Centroid across	cm	Position of the centroid across the row direction (local reference)
Diameter along	cm	Diameter along the row direction
Diameter across	cm	Diameter across the row direction

Exemples d'application

- **Drône + caméra RGB :**
comptage des plantes (traitement images)
- **Drône/Phénomobile:**
Green fraction (traitement images – SVM)
- **Drône + caméra multispectrale :**
calcul du LAI (inversion de modèle)

Estimation de la fraction de vert par image RGB

Pré-requis:

Algo robuste:

Espèce

Conditions d'éclairage

Altitude de vol

Type de sol

Comparaison de deux méthodes:

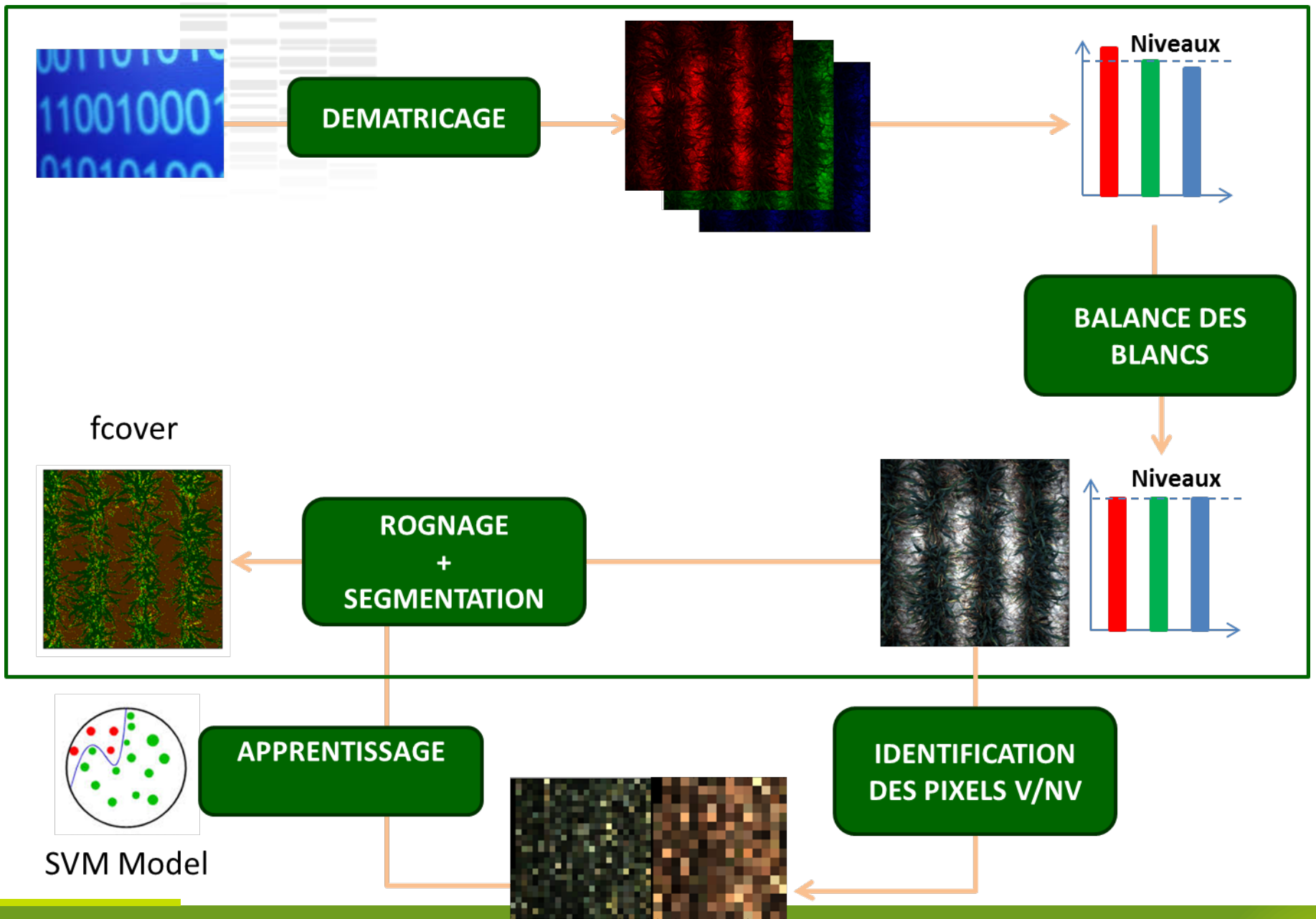
ExcessGreen Index: $2G^* - R^* - B^*$ ($G^* = G / (R + G + B)$)

Classification supervisée : support Vector Machine (SVM)

Types de données:

Phénomobile (cond contrôlées: balance des blancs)

Drône (balance des blancs automatiques par caméra)



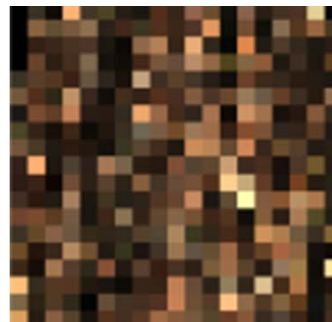
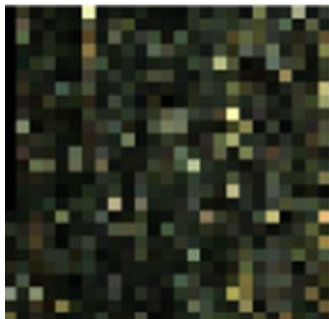
Construction de la base d'apprentissage

Deux types d'images:

Drône = betterave

Phénomobile = blé

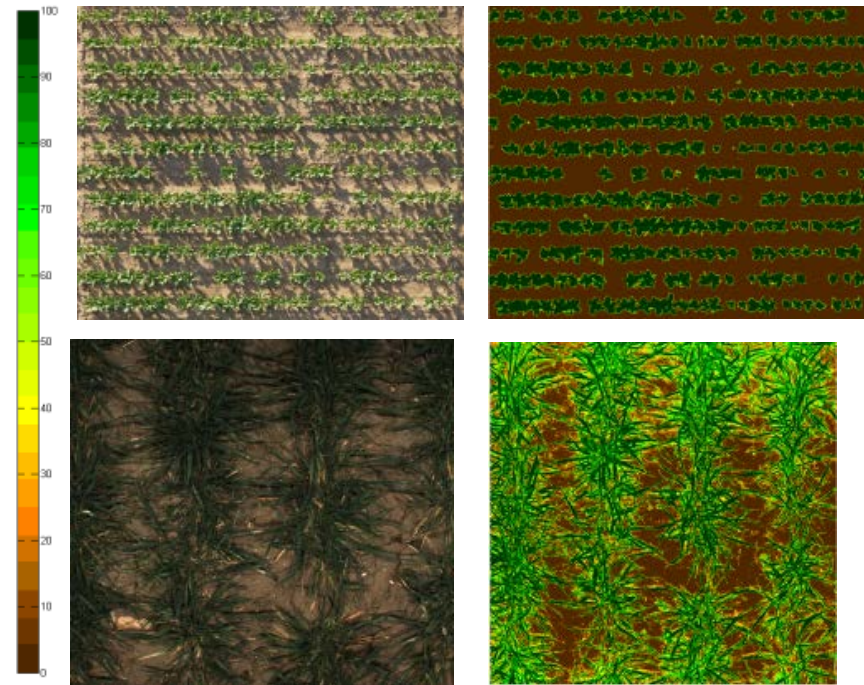
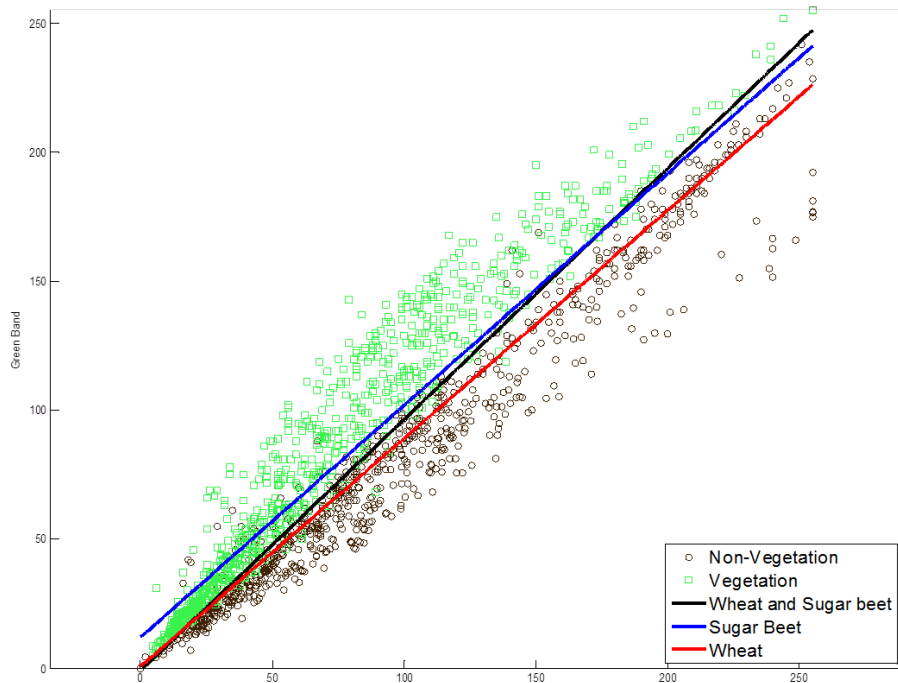
Sélection de 10 pixels au hasard sur 50 images (triées) en blé et en betterave:
Classification par 3 utilisateurs différents



		Samuel			
		Green	Senesc	Ground	Unclassified
Marie	Green	609	46	3	13
	Senesc	8	237	2	2
	Ground	43	141	120	105
	Unclassified	46	48	4	13

Sensibilité SVM / base d'apprentissage

Principe: trouvé l'hyperplan qui sépare au mieux les deux classes (vert/non vert)

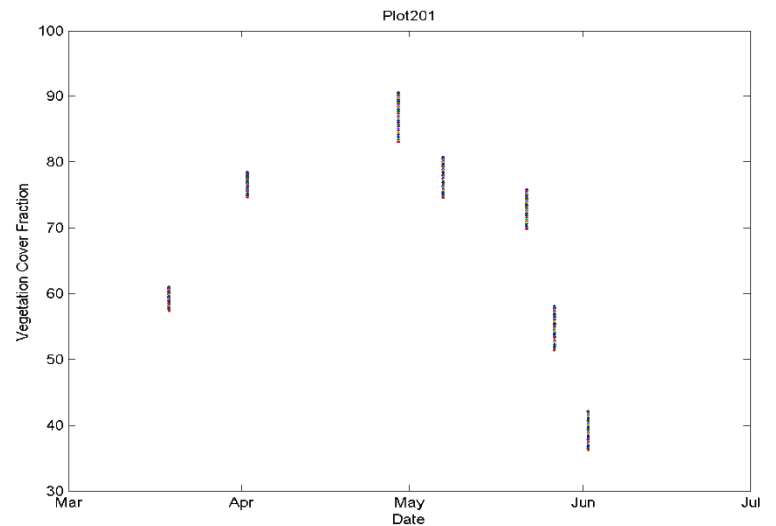
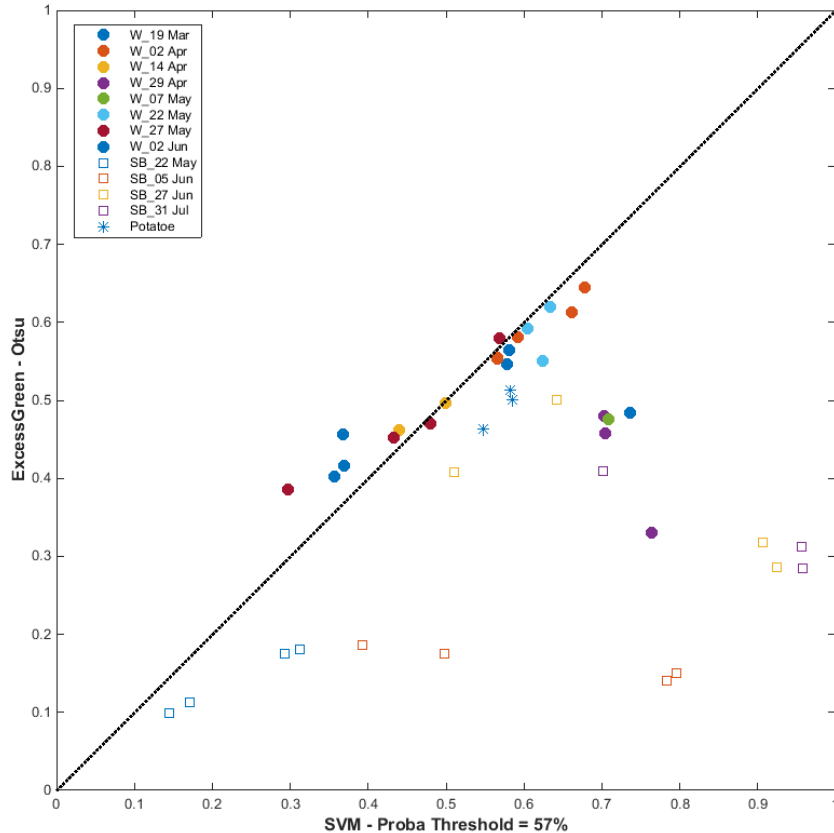


Comparaison SVM/ExcessGreen

ExcessGreen

Fonctionne bien en condition contrôlée

Ne peut pas être utilisé pour les vols de drone



Exemples d'application

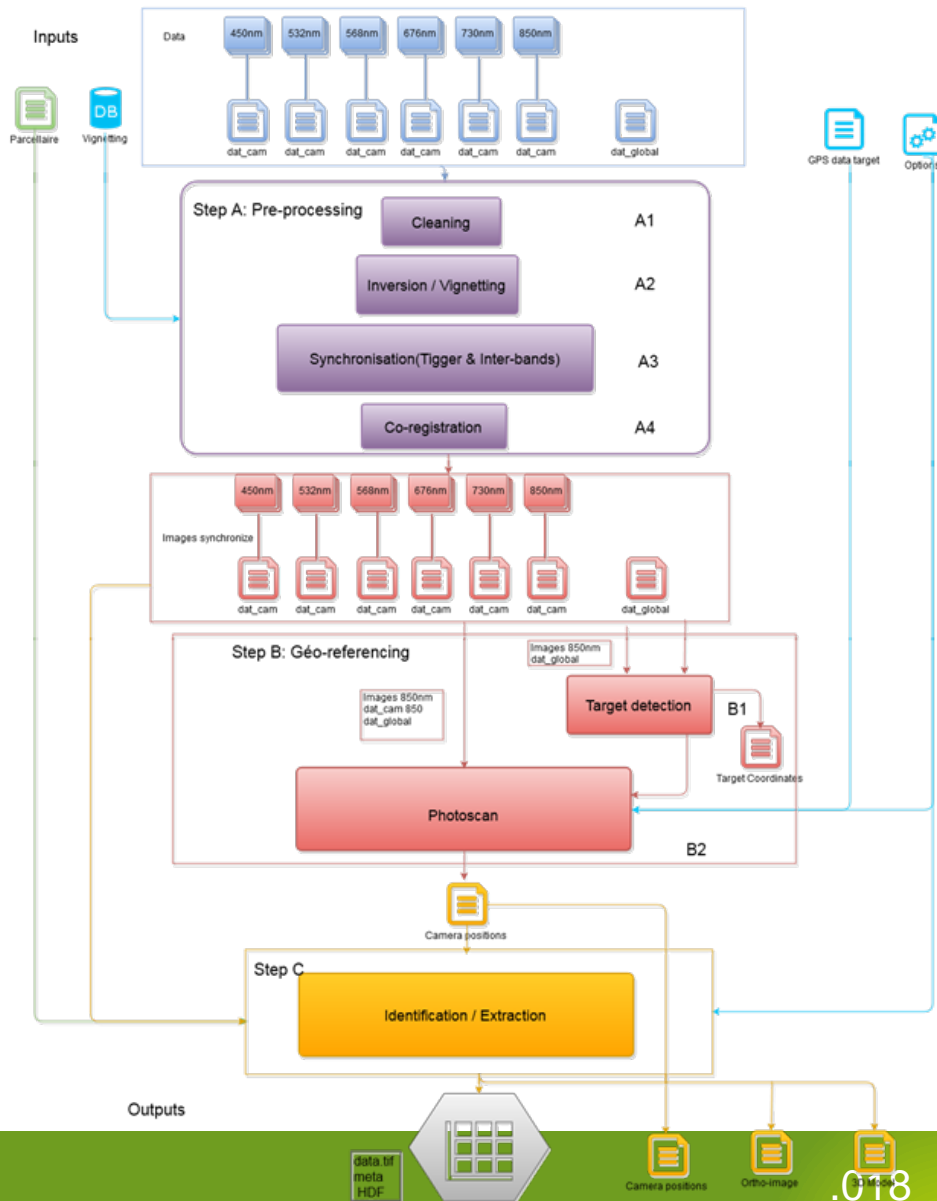
- **Drône + caméra RGB :**
comptage des plantes (traitement images)
- **Drône/Phénomobile:**
Green fraction (traitement images – SVM)
- **Drône + caméra multispectrale :**
calcul du LAI (inversion de modèle)

Chaîne de traitement des données drone

Nettoyage des données

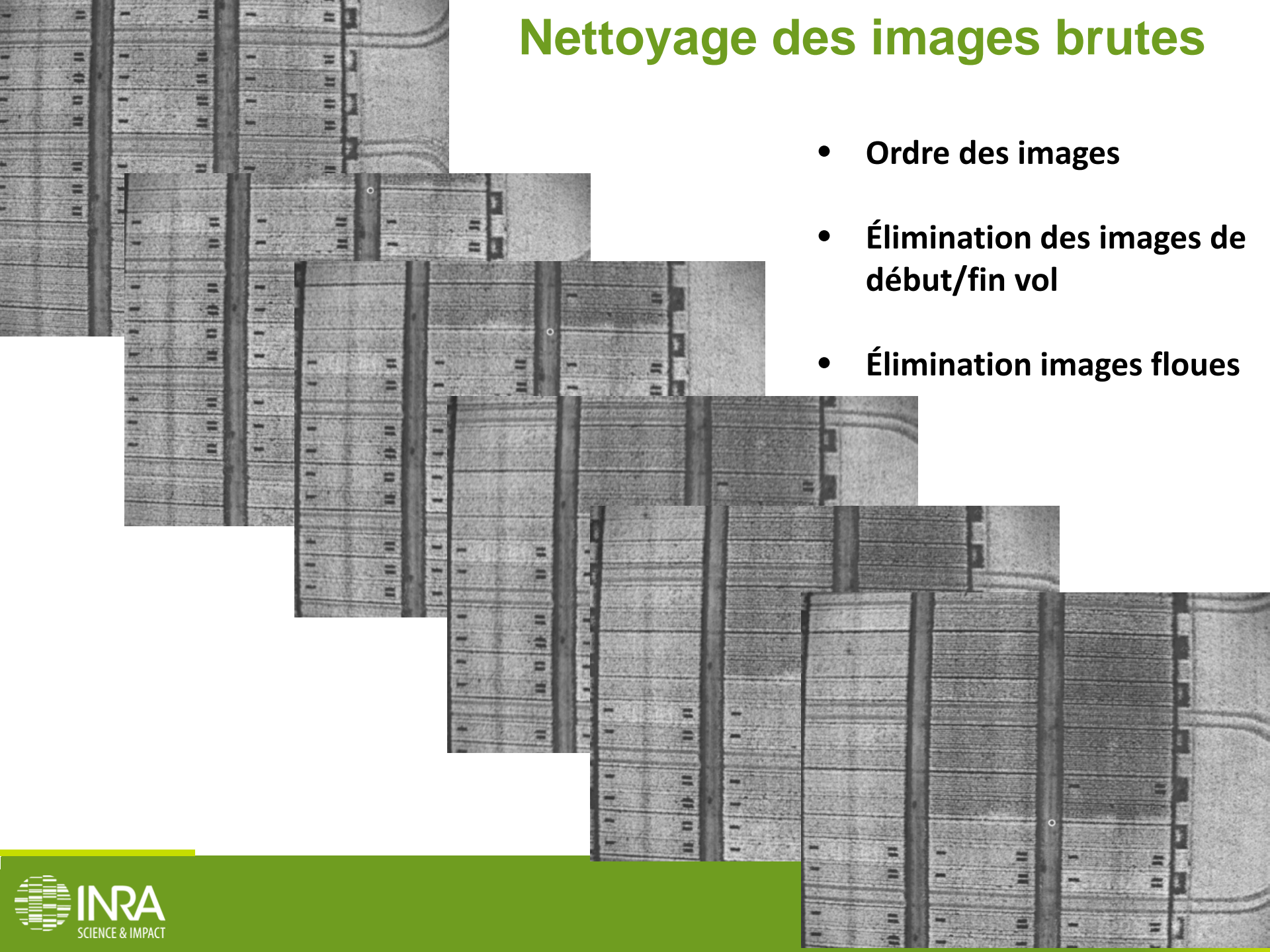
Géo-référencement

Extraction



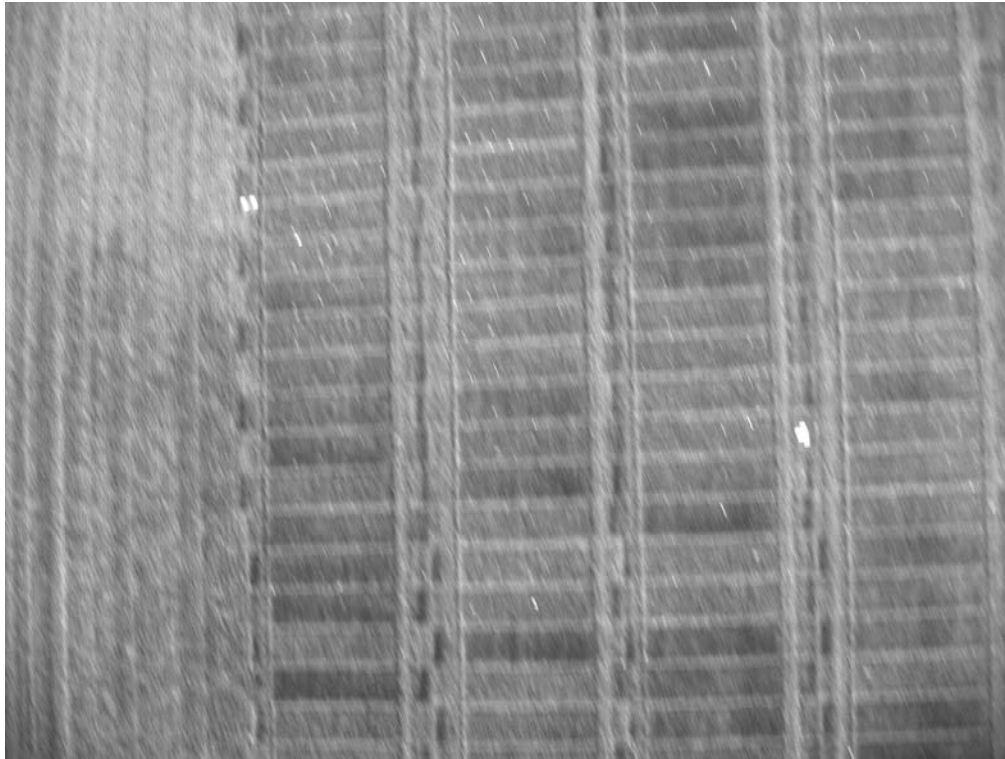
Nettoyage des images brutes

- **Ordre des images**
- **Élimination des images de début/fin vol**
- **Élimination images floues**



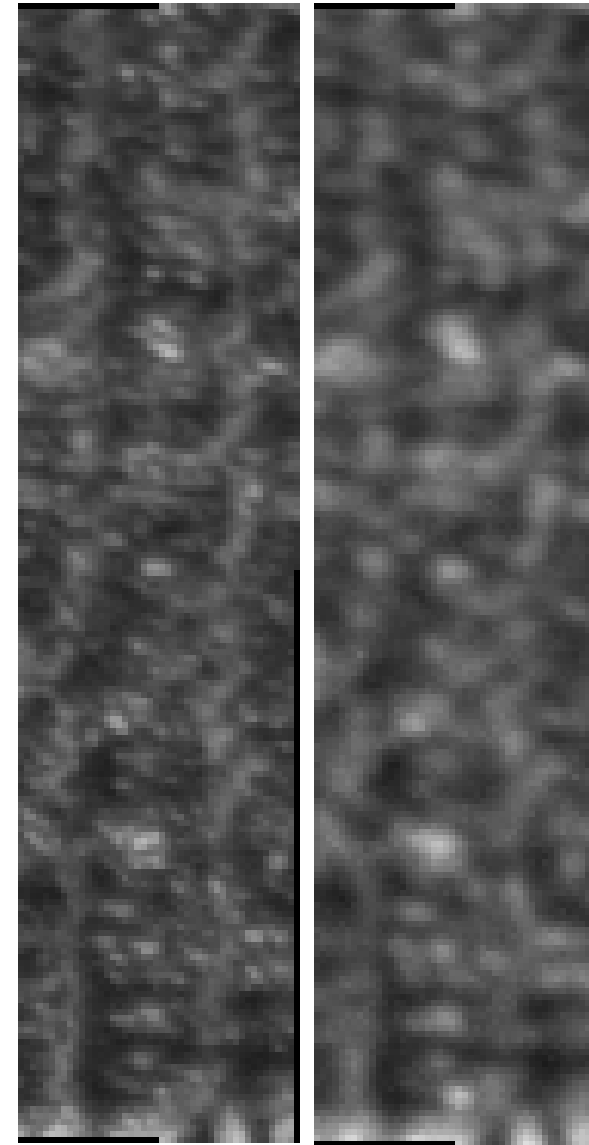
Élimination des images floues (1)

Deux sources de flou:



Bougé

Optique



450 nm

532 nm

Élimination des images floues (2)

Recensement des descripteurs existant (29)

Gradient based operators

Laplacien based operators

Wavelet-based operators

Statistics based operators (Histogram ...)

Discrete Cosine Transform (DCT) based operators

Others (Central moments, Image contrast, Brenner function entropy,)

Sélection

Dataset: 127 images nettes, 127 floues

Critères:

Bonnes performances sur le dataset

Temps de calcul

Pas de corrélation avec la saturation des images



**17 descripteurs retenus au final:
Apprentissage KNN pour la détection**



Correction du Vignettage

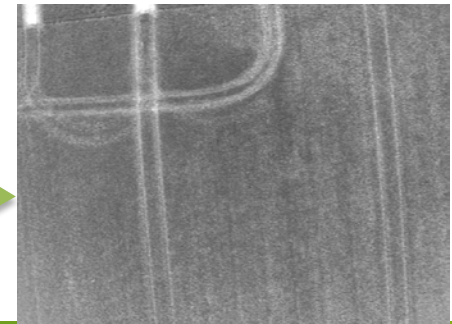
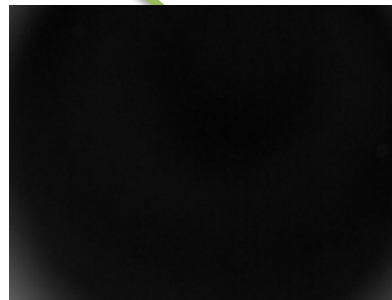
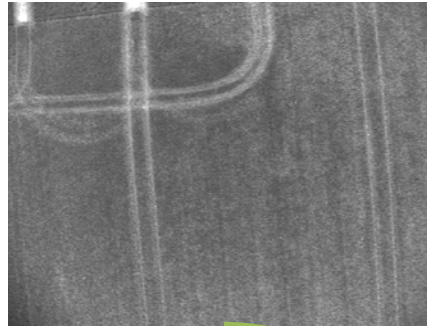
Création d'un masque:

Moquette grise = surface lambertienne

Caméra autour d'un axe pour éviter les effets directionnels

Moyenne de 450 images non saturées

Filtrage médian et gaussien pour éliminer le bruit résiduel

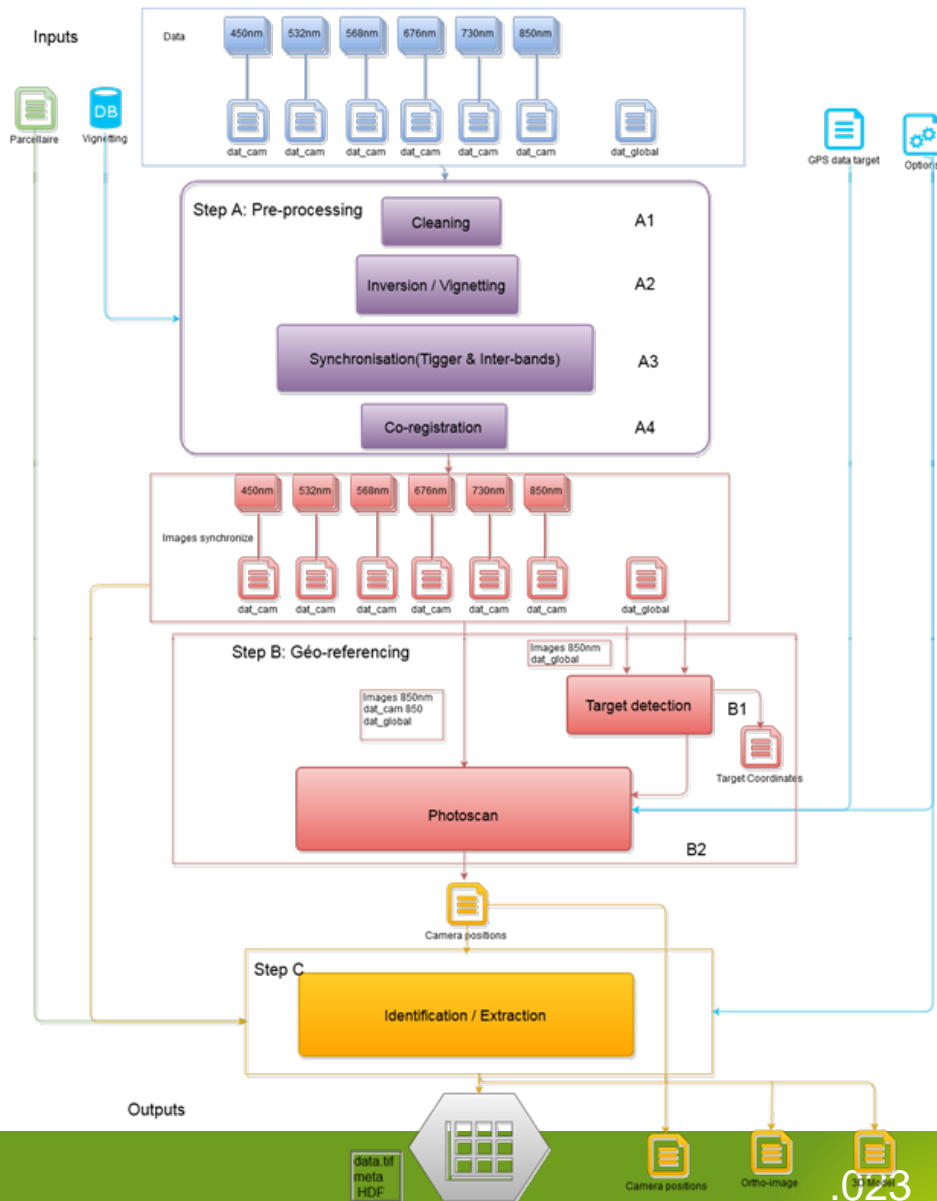


Chaîne de traitement des données drone

Nettoyage des données

Géo-référencement

Extraction



Géoréférencement

Co-registation inter-bandes

Objectif : gain de temps...

Appariement automatique de deux images consécutives

Algo GODJI (Rabatel & Labbé, 2015)

Utilisation de AGISOFT/Photoscan sur bande 532nm

Basé sur la photogrammétrie (stéréoscopie): pixel vu sous des angles différents → reconstruction 3D

Repérage automatique de points d'amer sur deux images consécutives

Coordonnées GPS précises de la caméra => orthophoto

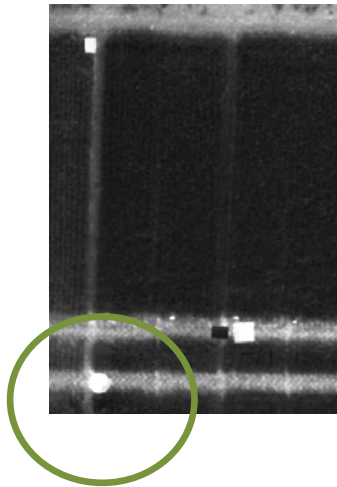
Coregistration inter-bandes (1)

Fausse Couleur:

R = PIR

V = R

B = V



Détection automatique de cibles

Cibles rondes et blanches

=> même réponse spectrale (saturation) dans toutes les bandes

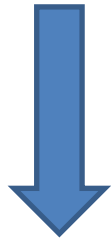
=> même forme et taille dans toutes les bandes

Coregistration inter-bandes (2)

Algo SIFT

Classiquement utilisé

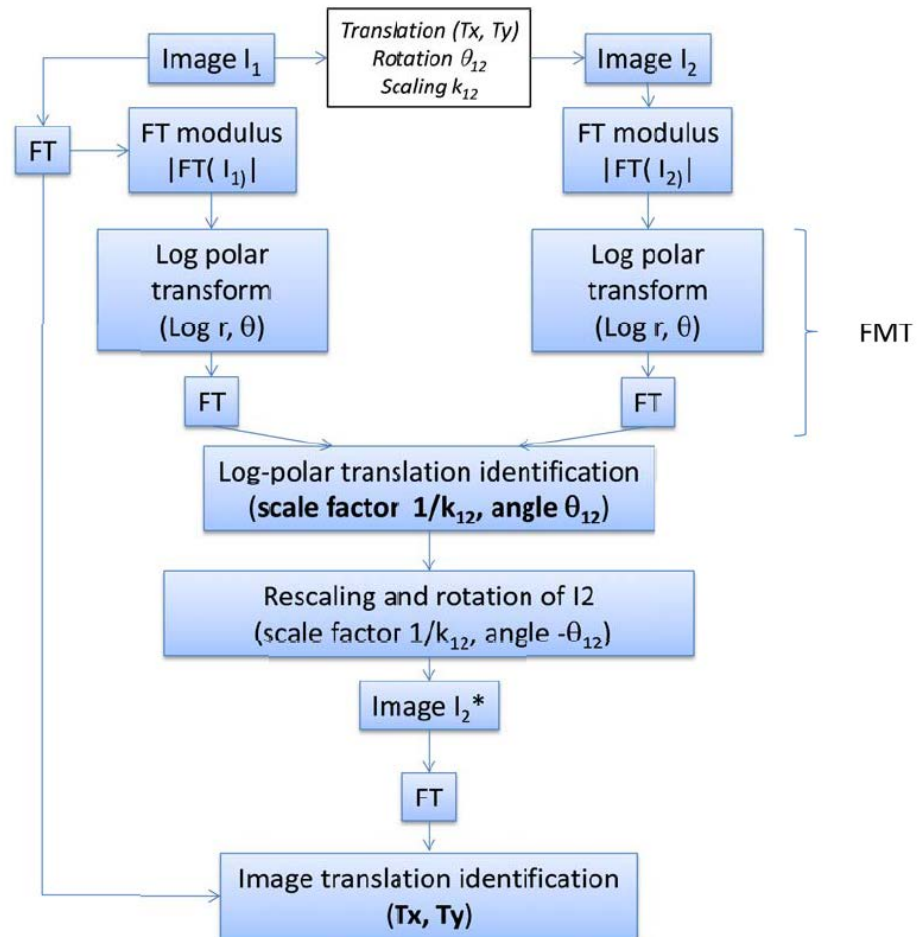
Points d'amer repérés par les directions des gradients: or ces gradients sont inversés dans le VIS/NIR pour la végétation



Transformation de Fourier-Melin

Rotation/Scale

Translation



Géoréférencement (532nm)

The screenshot displays the Agisoft PhotoScan interface. The main window shows a 3D perspective view of a point cloud model of a field, with a blue ground plane and a grid of photos overlaid. The model is georeferenced, with several markers (point 1 to point 7, calisse 1 to calisse 4) visible. The interface includes a Reference table, a Markers table, and a Photos grid.

Cameras	Longitude	Latitude	Altitude
Cam850...	1.475870	47.930866	201.100000
Cam850...	1.475872	47.930862	202.300000
Cam850...	1.475873	47.930862	202.300000
Cam850...	1.475873	47.930862	204.500000
Cam850...	1.475873	47.930862	204.500000
Cam850...	1.475873	47.930862	204.500000
Cam850...	1.475873	47.930862	204.500000
Cam850...	1.475858	47.930855	204.500000
Cam850...	1.475858	47.930855	204.500000
Cam850...	1.475858	47.930855	204.500000
Cam850...	1.475833	47.930828	205.900000
Cam850...	1.475818	47.930805	205.900000
Cam850...	1.475812	47.930798	205.900000
Cam850...	1.475788	47.930775	206.000000
Cam850...	1.475760	47.930748	206.100000
Cam850...	1.475740	47.930725	206.100000

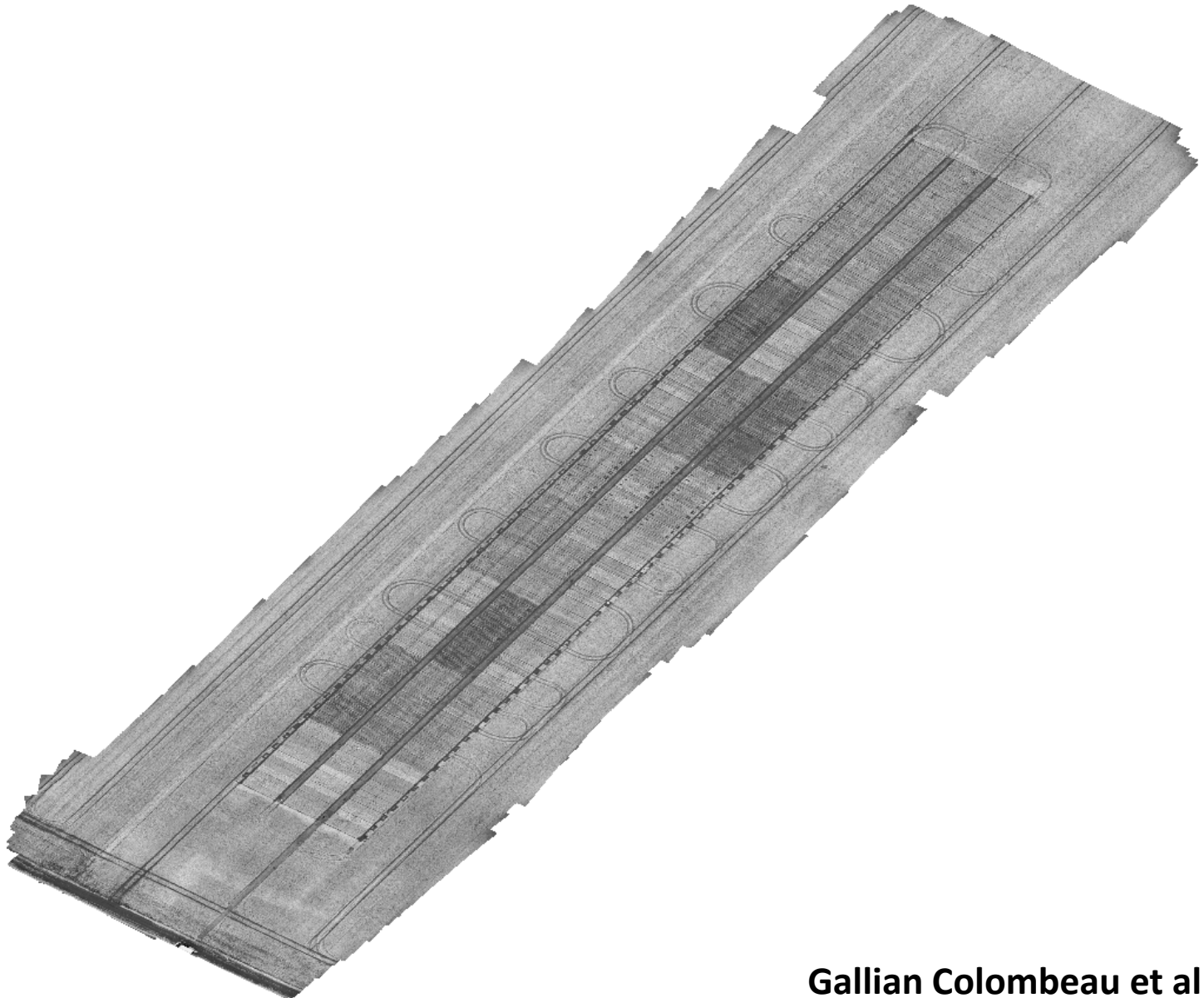
Markers	Longitude	Latitude	Altitude	Err
calisse 1...	1.474725	47.929837	130.736000	0.0
calisse 2	1.476836	47.931857	131.289000	0.0
calisse 3	1.476471	47.932029	131.615000	0.0
calisse 4	1.474360	47.930010	131.159000	0.0
carre_gris	1.474738	47.929840	130.462000	0.0
moq_grise	1.474633	47.929917	130.660000	0.1
moq_noire	1.474616	47.929903	130.618000	0.0
point 1	1.475511	47.930578	131.055000	0.0
point 2	1.475779	47.931010	131.463000	0.0
point 3	1.476230	47.931262	131.722000	0.0
point 4	1.476586	47.931973	131.236000	0.0
point 5	1.475753	47.931361	131.628000	0.0
point 6	1.475011	47.930651	131.439000	0.0
point 7	1.474479	47.929956	130.841000	0.0

Total Error: 0.04

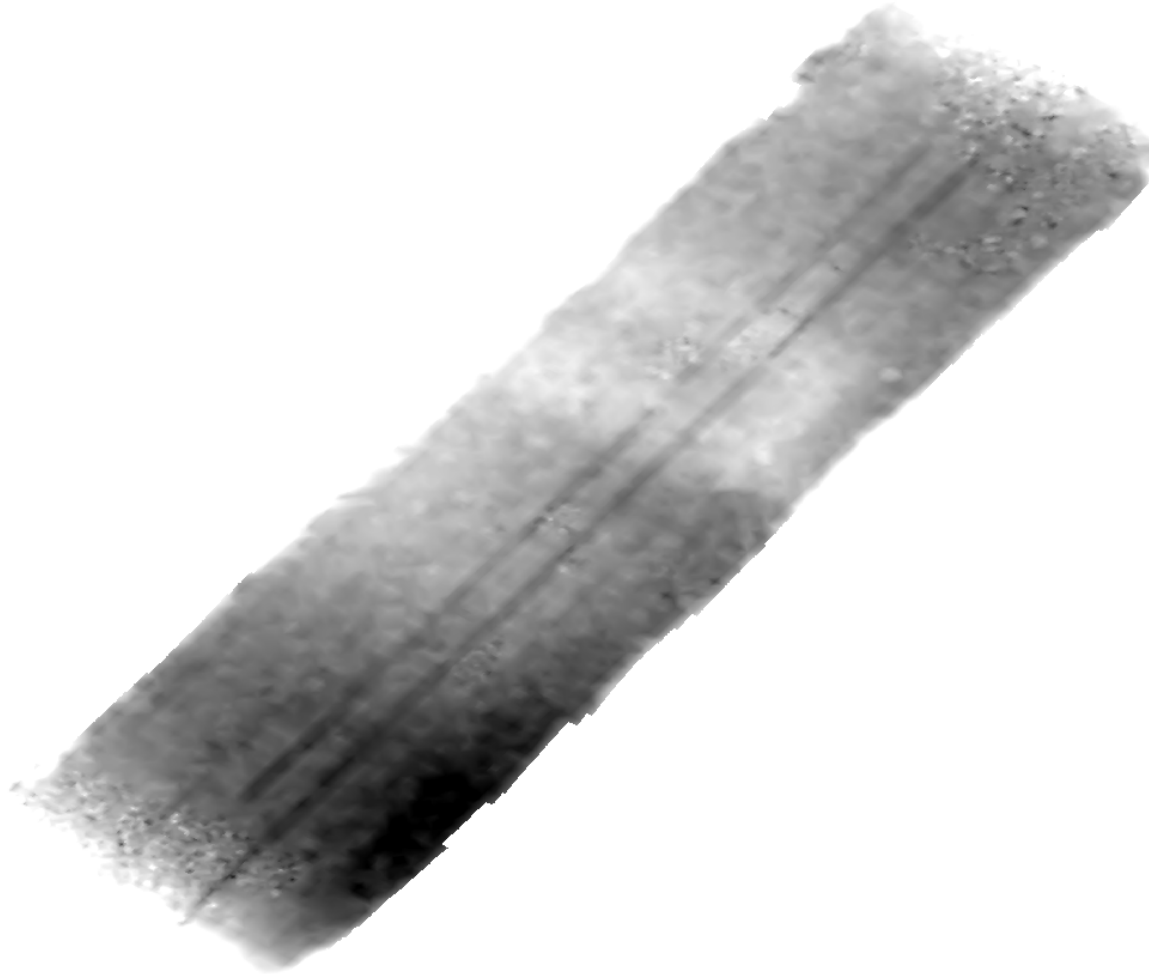
Scale Bars	Distance (m)	Error (m)
Total Error		

Photos grid showing 24 individual photo thumbnails.

Image du parcellaire entier à 532nm



DEM (Digital elevation model) obtenu

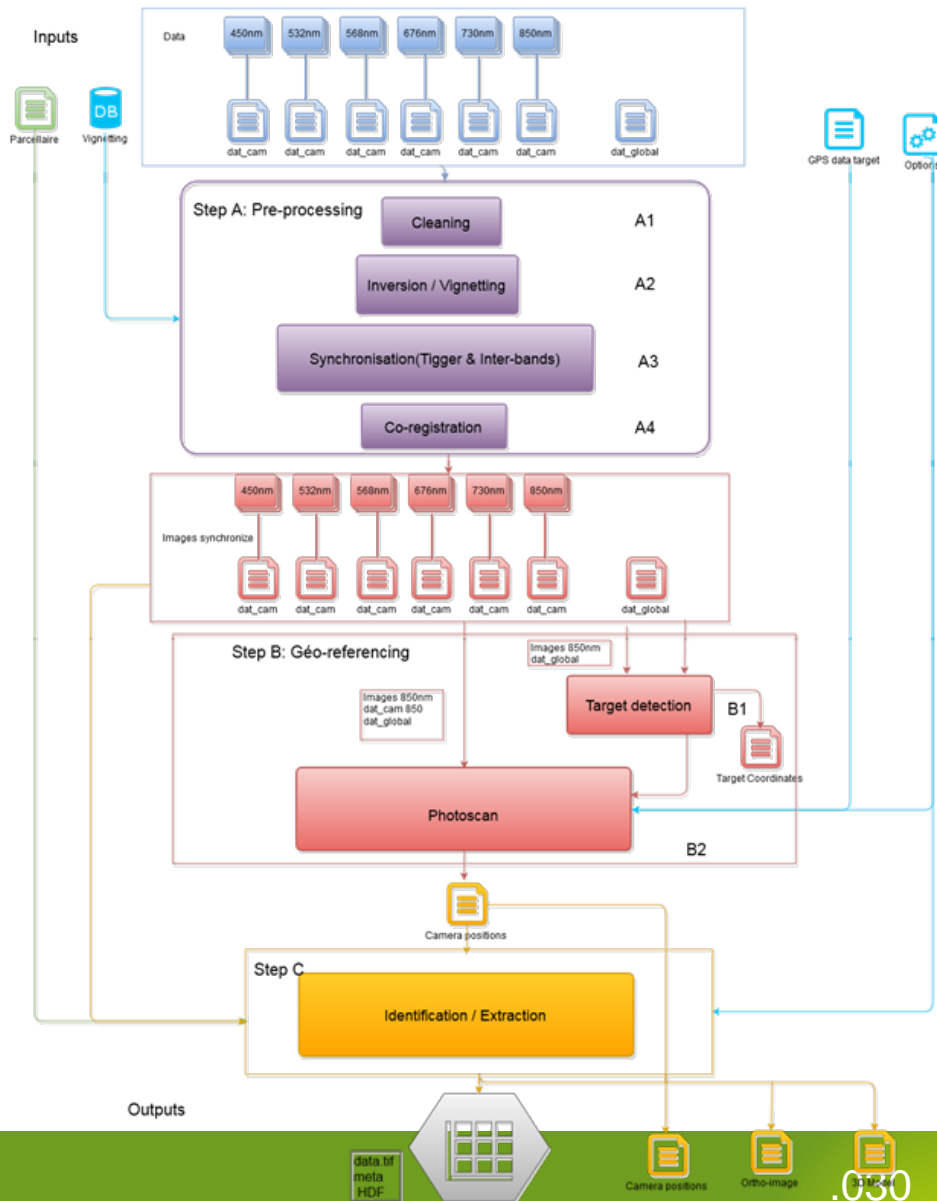


Chaîne de traitement des données drone

Nettoyage des données

Géo-référencement

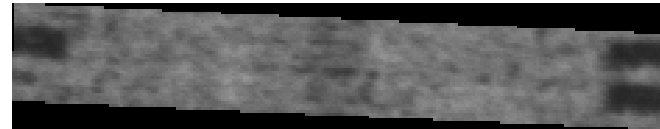
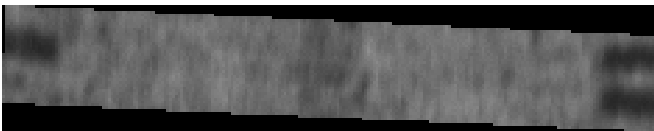
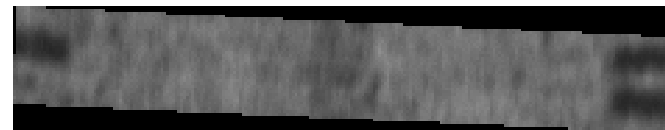
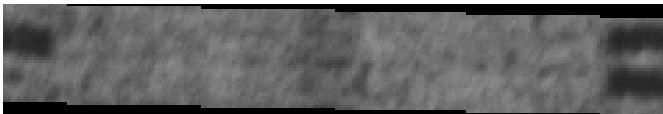
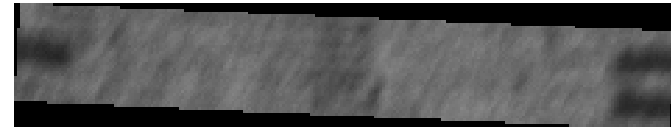
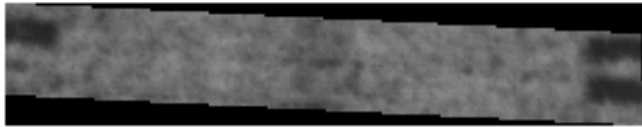
Extraction



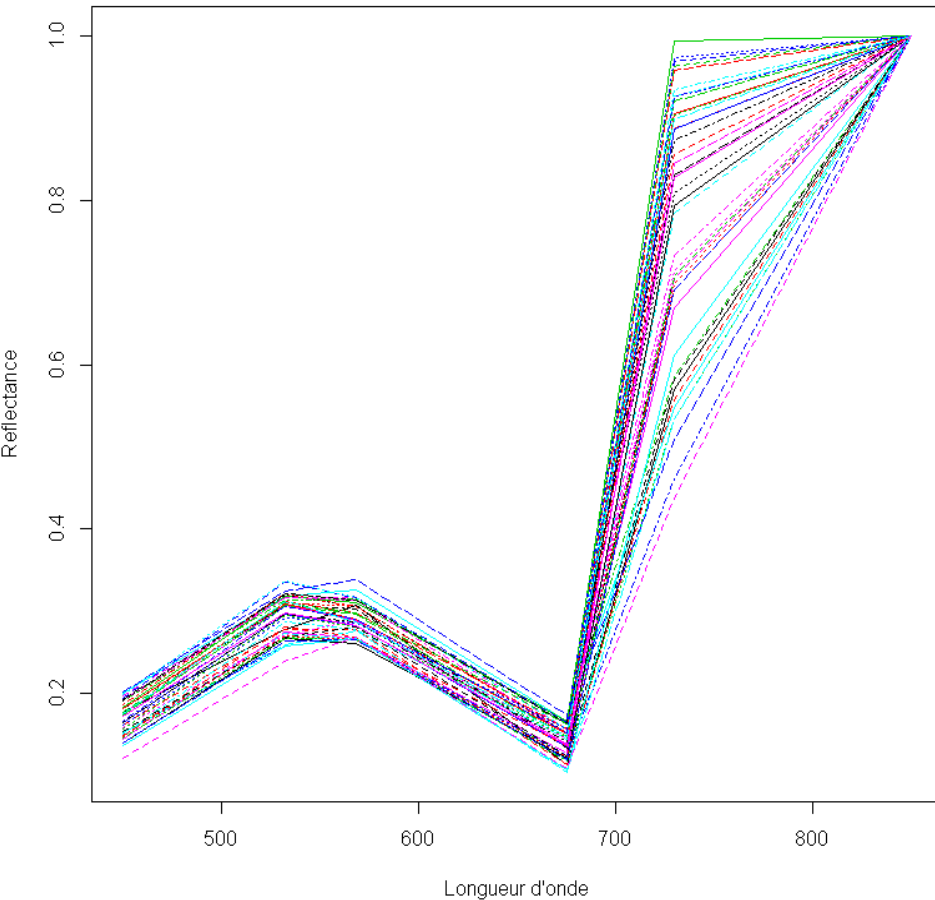
Superposition avec le parcellaire



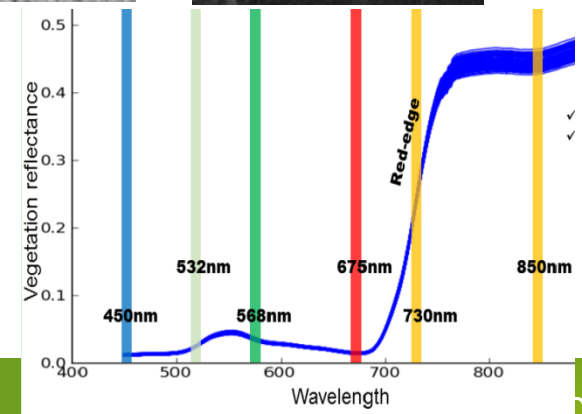
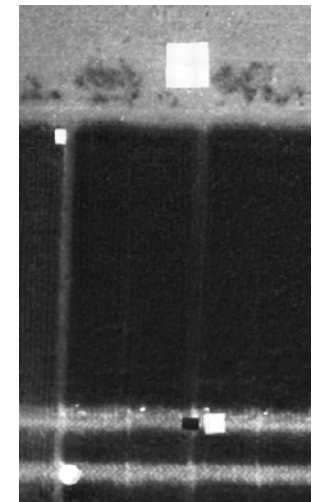
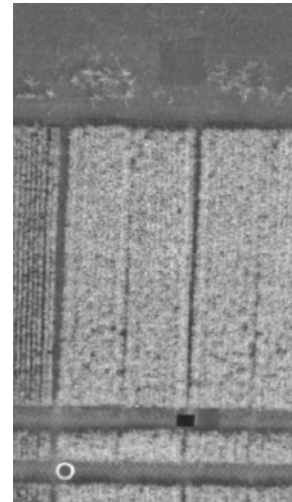
Extraction des données brutes (parcelle 1055)



Calcul de la réflectance de chaque parcelle



Utilisation d'une moquette de référence
Pour inter-calibration des bandes
Référence = bande 850nm



Estimation des caractéristiques des couverts (1)

Inter-calibration des bandes:

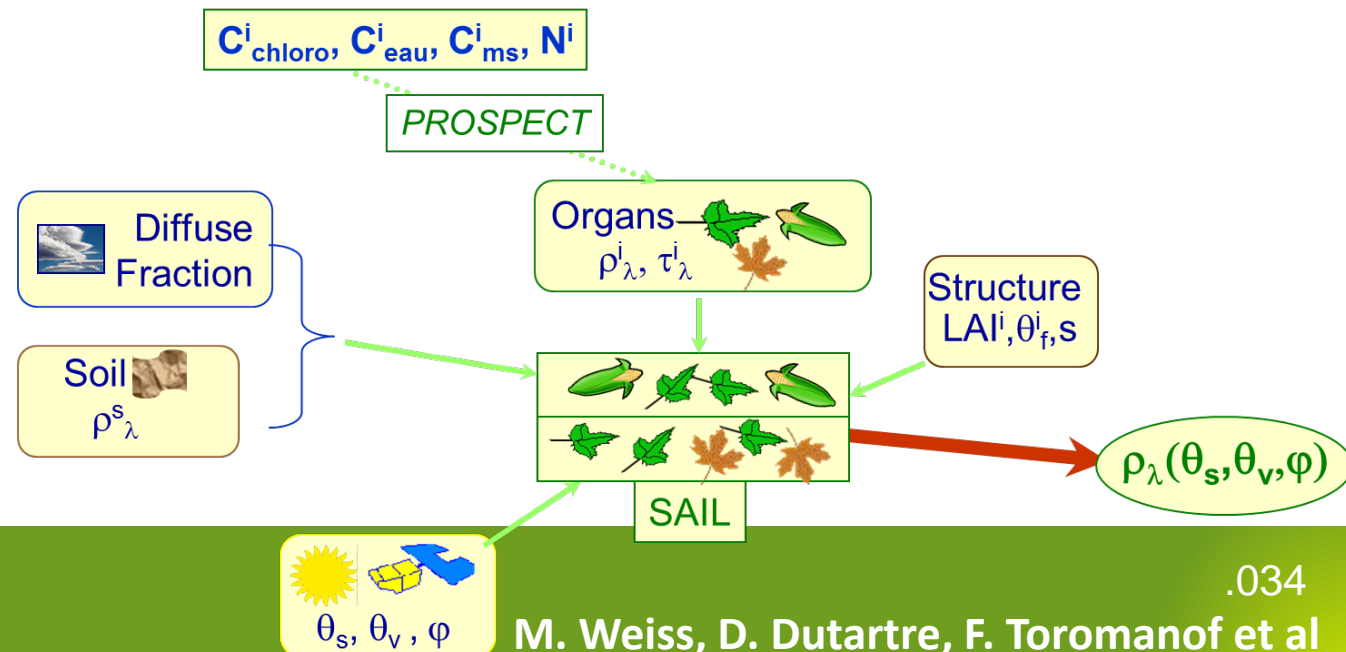
Utilisation d'une moquette de référence

Référence = bande 850nm

Utilisation de look-up-tables:

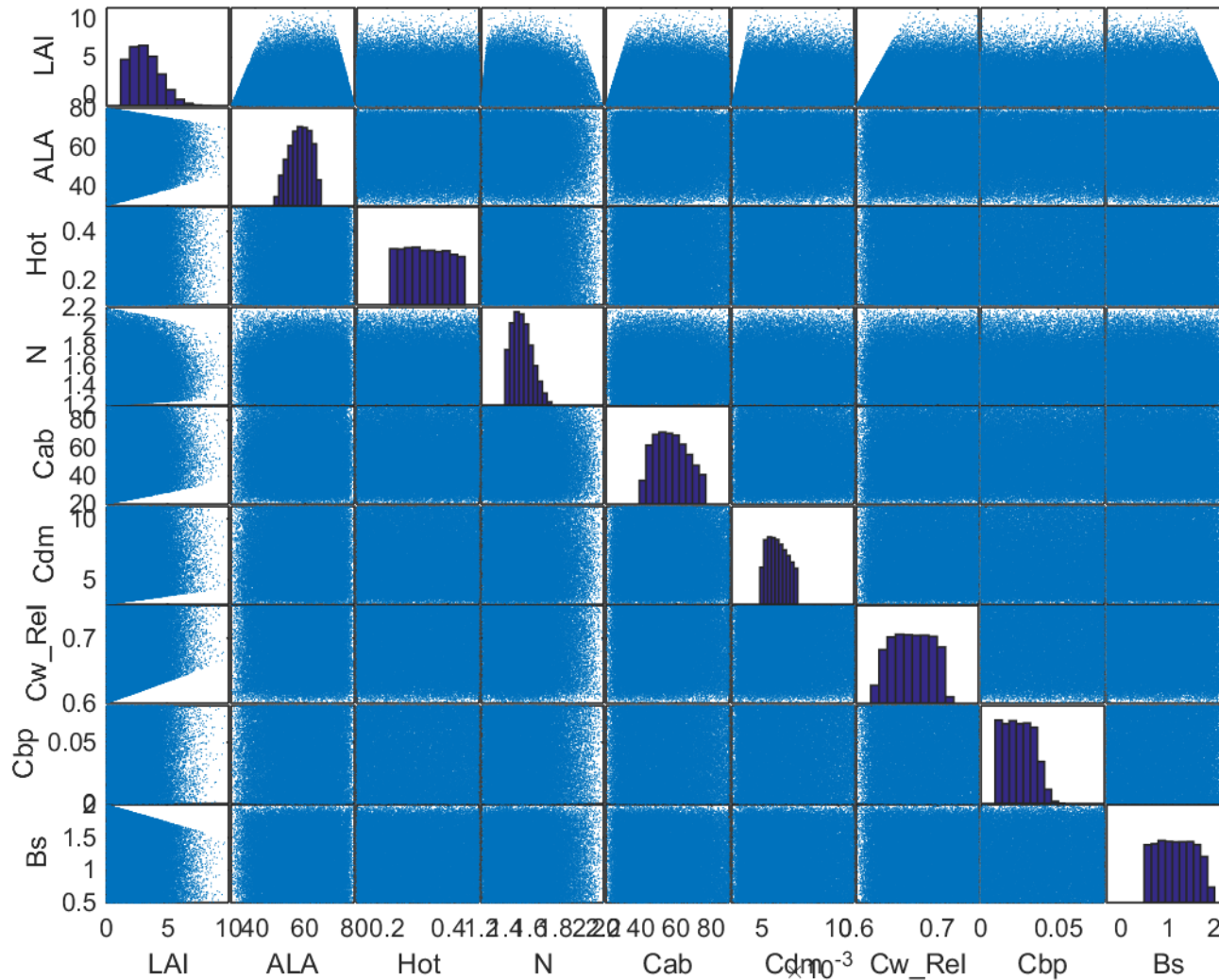
Modèle de transfert radiatif simple (milieu turbide)= SAIL

Plan d'expérience numérique pour tirage des variables d'entrée
55000 simulations



Estimation des caractéristiques des couverts (2)

LUT input Distribution (55296 cases)



Contraintes sur les Variables en fonction du LAI

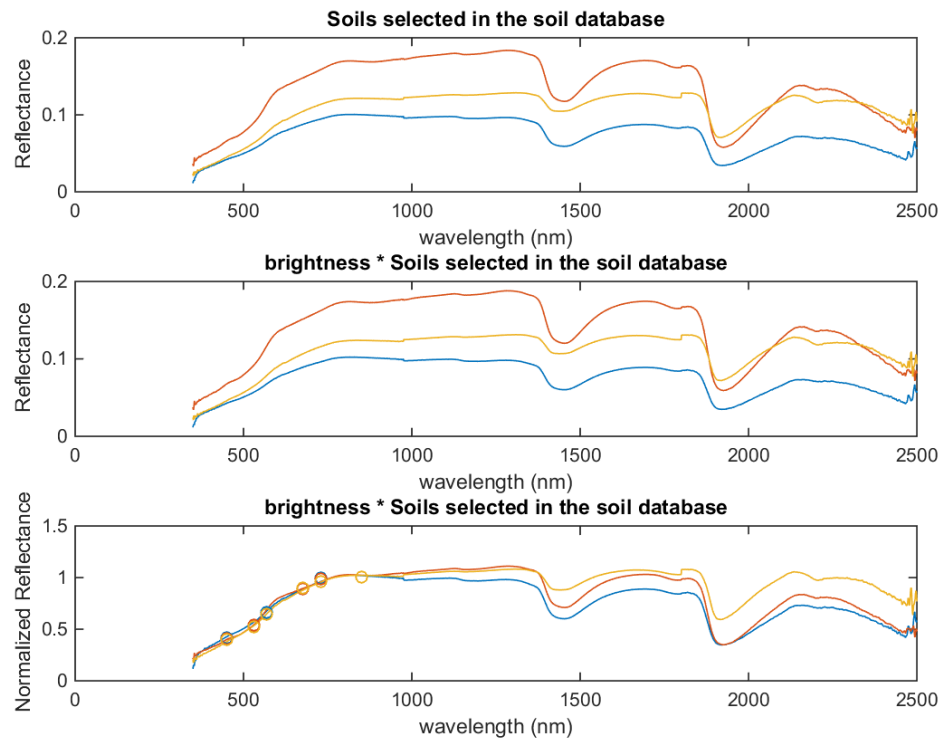
Estimation des caractéristiques des couverts (3)

Détermination de la réflectance du sol:

Date de début de campagne

Identification de sols similaires dans une BDD de spectres de sol

Facteur de brillance



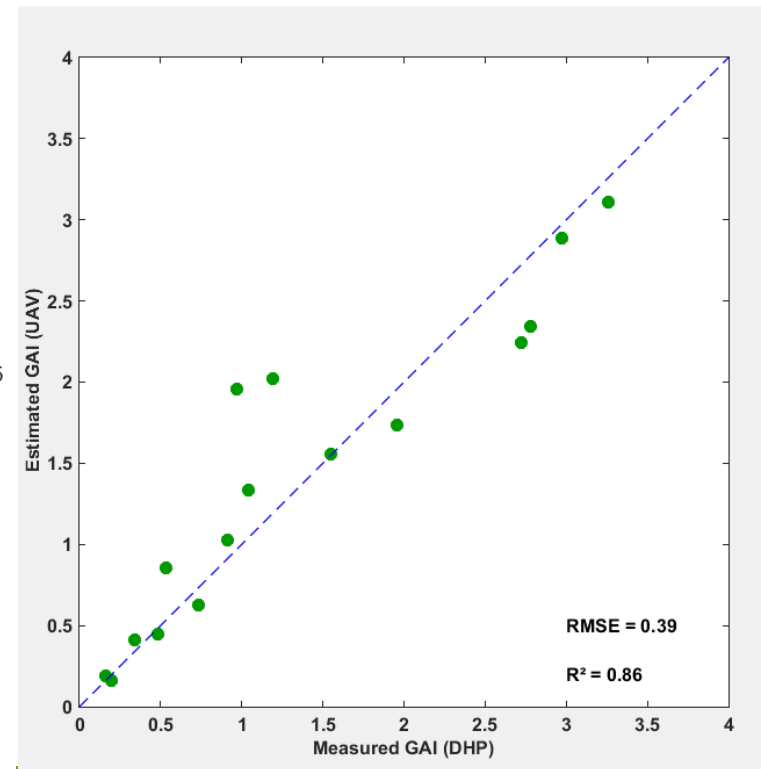
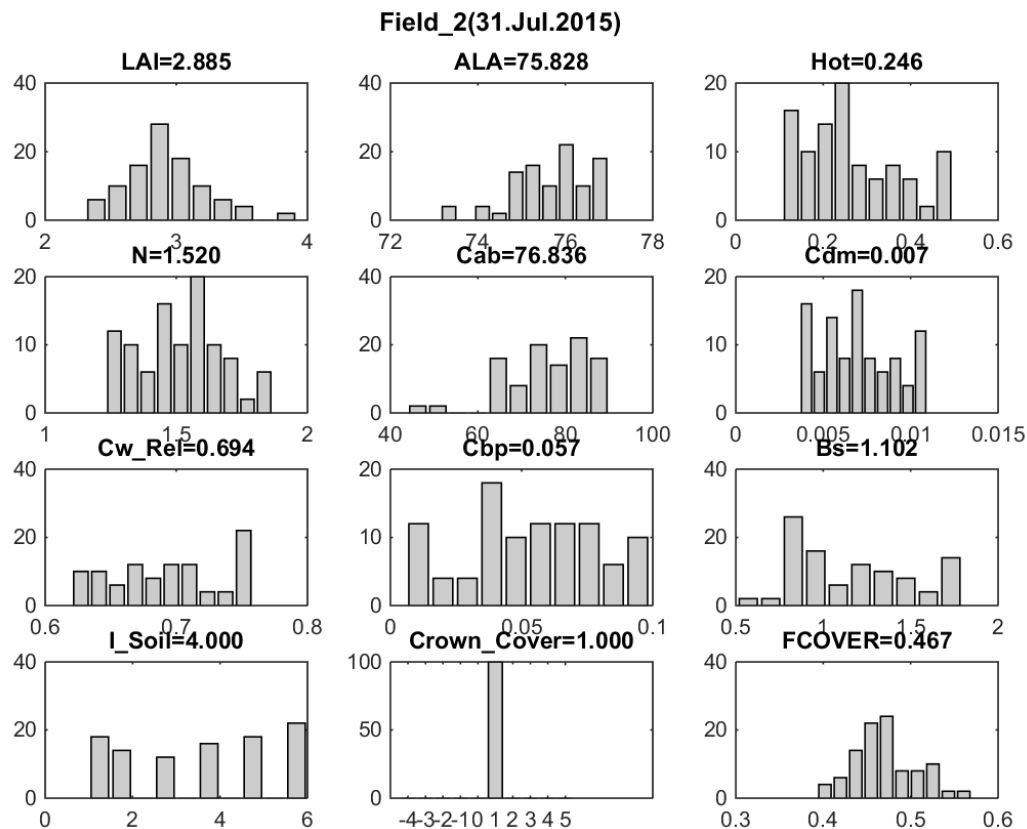
Recherche de solutions dans la LUT

Fonction de coût simple:

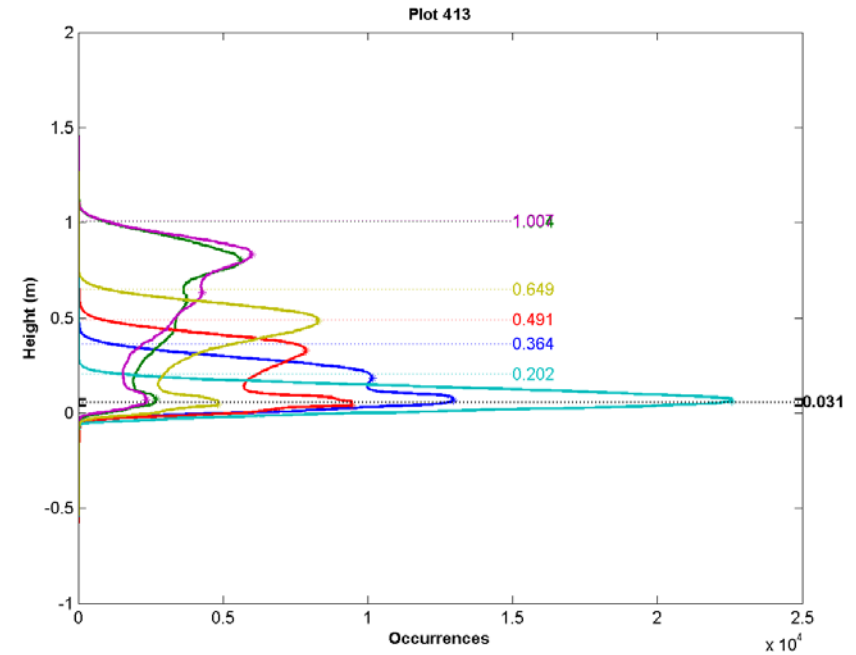
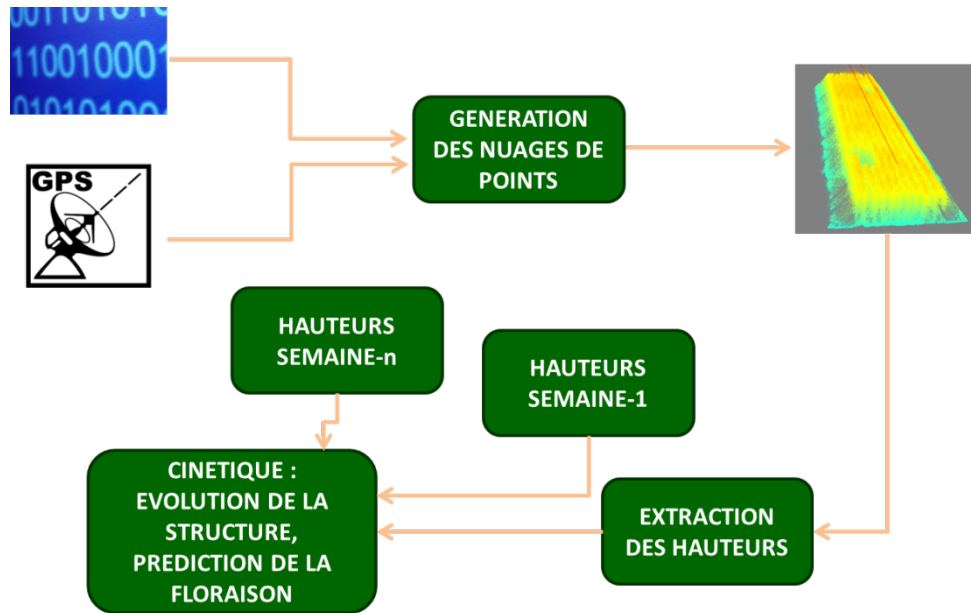
RMSE calculé sur l'ensemble des bandes spectrales

Distribution des 50 « meilleures » solutions

Application sur betterave



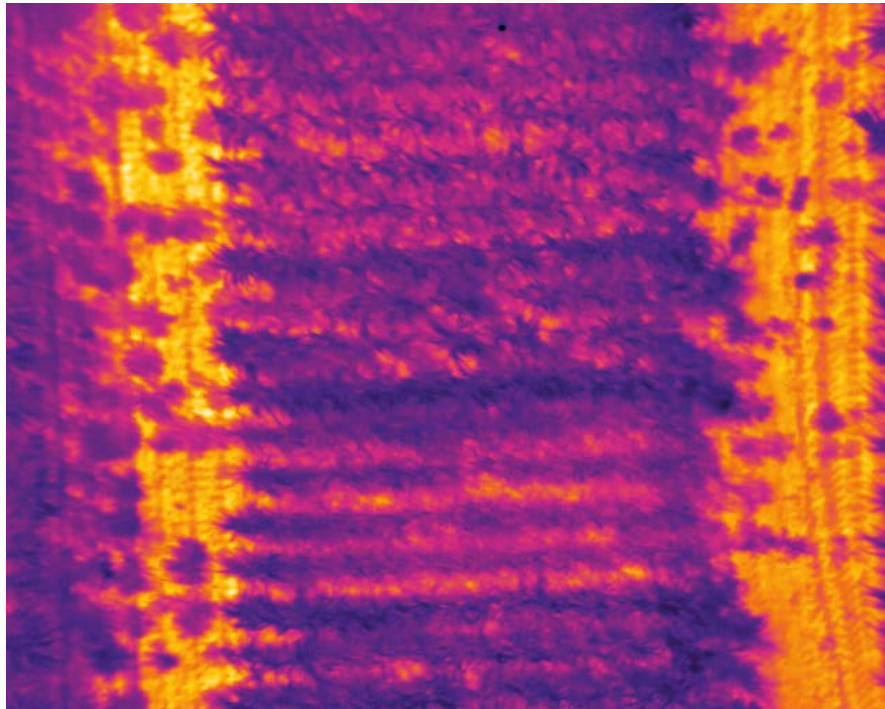
Un petit mot sur le LIDAR



Un petit mot sur le Thermique

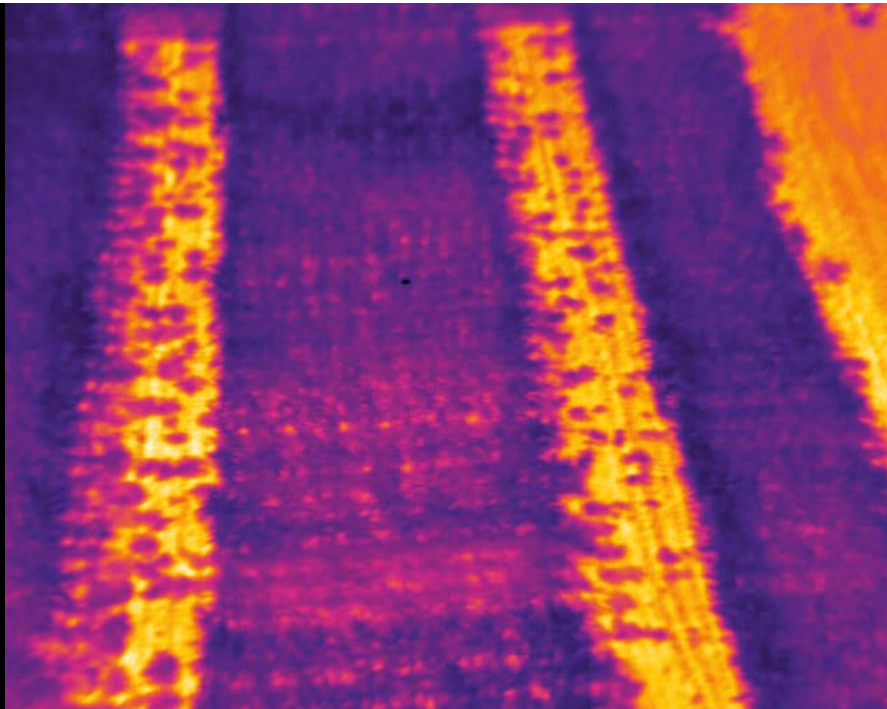
Nadir

45° perpendiculaire rangs



57.93

29.41



54.49

29.25

- Importance du sol
- Différences entre cultivars liées à la fraction verte?
- Fluctuations de température durant le vol

Conclusions

Extraction des réflectances des parcelles opérationnelle

- Premiers résultats d'inversion très encourageants
- A améliorer (modèle pour la LUT, contraintes)
- Validation sur les autres campagnes
- Reste à superposer à RGB&IRT
- IRT & LIDAR encore peu explorés
- Comparaison phéno-mobile/drône

L'équipe CAPTE



Fred Baret
Marie Weiss
Simon Madec
Shouyang Liu
Kamran Irfan
Gallian
Colombeau



B. De Solan
S.Thomas
F. Toromanoff



Dan Dutartre



A.Comar
M. Hemmerlé
JP. Bauchet

+ Nombreuses équipes sur le terrain

Arvalis-institut du végétal, ITB, INRA, Terres Innovia.....