

# L'imagerie aérienne par drone en expérimentation agronomique : Un nouvel outil pour le phénotypage haut débit. Application au tournesol



**Ph. Burger, A. Gavaland\*, R. Marandel\*, M. Dejax et  
M. Laribia**



\*UE 802: Grandes Cultures Auzeville

# Vers le phénotypage à haut débit

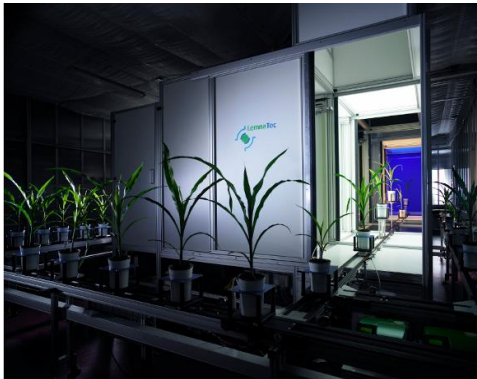


Le projet PHENOME (coord. F. Tardieu & J. Legouis)

- ❖ Fournir à la communauté végétale française (recherche académique et privée, sélectionneurs, instituts techniques) une infrastructure de phénotypage haut-débit (1000x plantes-parcelles)
- ❖ Développer les méthodes et techniques associées.

**PHENOME**  
Réseau Français  
Phénomique végétale **F P P N**

2 Plateformes conditions  
contrôlées



Echelle : plante [Lemnatec.com]

Condition contrôlée  
Caractérisation très fine  
Mesure continue

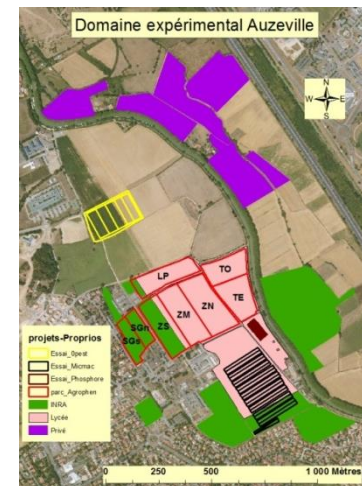
2 Plateformes champ  
conditions semi-contrôlées



Echelle : parcelle [V. Allard]

Semi-contrôlé (pluie, CO<sub>2</sub>, ...)  
Caractérisation fine  
Mesure semi-continue

3 Plateformes champ



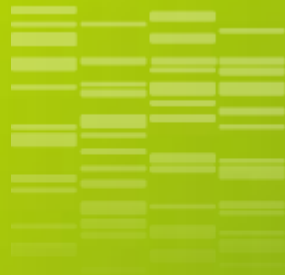
[A. Gavaland]

Echelle : parcelle  
Réseau pédo-climatique  
Caractérisation fine  
Mesure semi-continue

A  
G  
R  
O  
P  
H  
E  
N

# Plan

- ❖ Les systèmes drones de l'UE 802
  - ❖ quelques aspects législatif
  - ❖ les vecteurs
  - ❖ les capteurs
- ❖ Traitement d'images dans le domaine visible



**\_01**

# Aspects législatif

Arrêté du 11 Avril 2012

# La réglementation 1/2

Avant avril 2012

後來，她 and 老魏成了朋友。老魏漸漸知道她所說的身世和遭遇全是真的，她的名字叫凱弟，可他還是有不真實之感。在那之後，她 and 老魏又有幾次過夜，都是天一亮就走人的真正過夜。老魏很欣賞她從來不向他要求責任，就象通常中國女孩子會做的那樣。她也沒有什麼理論，从不表白自己的觀點，這反倒使老魏對她生出憐惜之心。老魏畢竟是那種時代的有點老派的男人，以為男歡女愛的事情里女的總受着損失。於是，便不再與她做那種事，只是有時候和她到和合中心的旋轉餐廳喝酒看香港的夜景，當餐廳轉到較黑暗的海灣那面，就會有一種純真的情又在他們之間冉冉升起，但情又也是虛無縹緲的情。他將她視為知己，但她不是他要尋找的那個契約性質的東西，她是土陶花瓶里的一束花，淒絕的碩大的花朵。

Arrêté du 11 avril 2012

(<http://www.developpement-durable.gouv.fr/Quelle-place-pour-les-drones-dans.html>)

## Définition d'un cadre réglementaire

- Classes de drones (poids)
- Scénarios d'utilisation (zone peuplée/ non peuplée, à vue/hors de vue, ...)
- Formation des télépilotes
- Obligations de l'exploitant

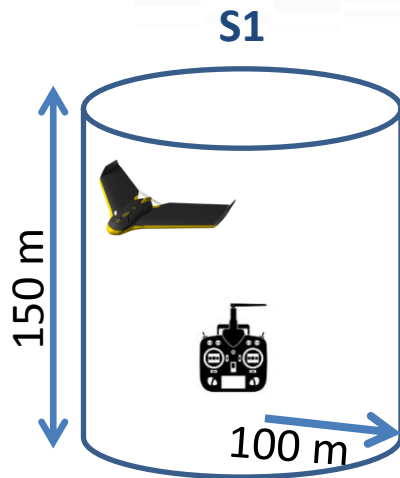


UE Auzeville a déposé un Manuel d'Activité Particulière

Avant chaque vol: demande d'autorisation

# La réglementation 2/2

Les scénarios qui nous concernent:



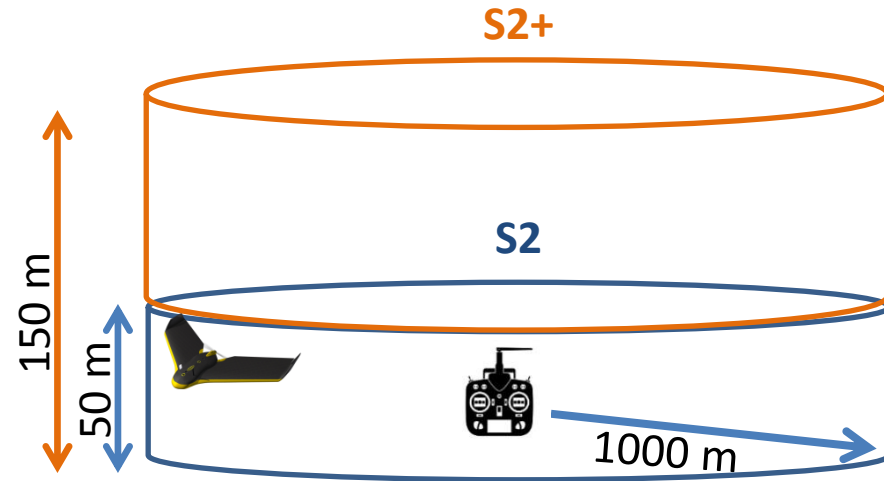
Vue directe

Hors zone peuplée

Classe C: captifs

D: < 2kg

E: < 25 kg

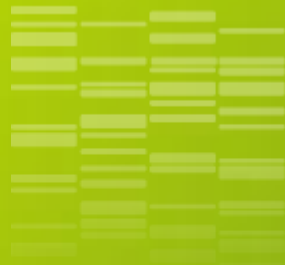


Hors vue directe

Hors zone peuplée

Classe D: < 2kg

E: < 25 kg



# \_02

## Les systèmes drones de l'UE 802

Vecteur - Autopilote - Capteurs

eBee



Vol rapide

Altitude mini: 45 m

Autonomie: 45 min

Jusqu'à 100 ha

Charge utile: 150g

Utilisation:

Caractérisation des parcelles

Phénodrone



**PHENOME**  
Réseau Français  
Phénomique végétale  
F P P N

Vol lent (stationnaire possible)

Altitude: de 3 à 150 m

Autonomie: 15 min

1-2 ha max

Charge utile: 800 g

Utilisation:

Caractérisation des  $\mu$ -parcelles





## La station sol



La « station sol » comprend :

- ❖ Une radiocommande pour le contrôle manuel (décollage/atterrissage)
- ❖ Un pc et son module de communication avec le drone pour
  - ❖ l'édition/téléchargement du plan de vol
  - ❖ suivis du tracé sur carte
- ❖ Un écran de retour vidéo qui permet de situer le drone (pas de retour des capteurs)

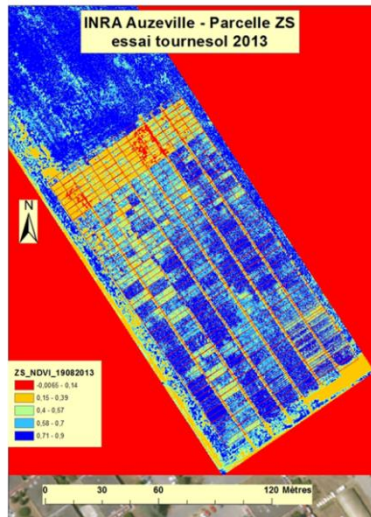
# Les capteurs



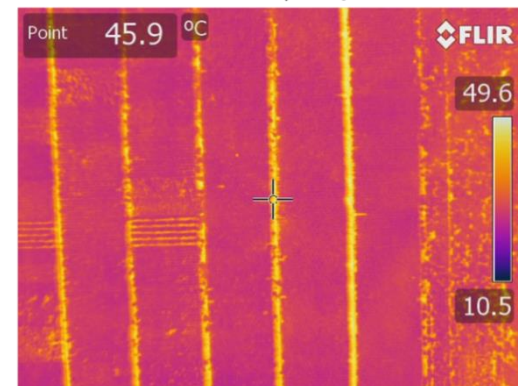
Caméra RGB – 6000 x 4000 - Cmos  
0,5 k€  
Comptage - Enherbement  
Taux de couverture  
Hauteur & volume (3D)



Caméra multispectrale 1280 x 960 - 6 bandes  
20 k€  
Indice de végétation (NDVI, ...)  
Indice foliaire - Quantité de chlorophylle  
Sénescence



Caméra infra-rouge thermique - 640 x 480  
8 k€  
Température de surface - Stress hydrique



# \_03

## Utilisation de l'imagerie dans le visible pour le phénotypage du tournesol



Ph. Burger, A. Gavaland, R. Marandel, M. Dejax et M. Laribia

# Quelles images pour quelle application?

Phase de la levée



- Comptage de plantes.
- Nécessité de la haute résolution.
- Courte période pour l'acquisition d'images.

Phase végétative



- Les plantes se touchent et forment des rangs.
- Estimation des défauts de peuplement.
- Comptage de trous.
- Taux de couverture.

Phase de la floraison



- Comptage des fleurs pour estimer la date de floraison



Obj: Rendre le traitement des images accessible à un non spécialiste

Application développée sous MatLab & compilée

Interface graphique

Input: ortho mosaïque de l'essai (géo-référencement non obligatoire)



Opérateur doit: sélectionner des points caractéristiques (4 coins de la 1<sup>ère</sup> rangée + 1 coin haut-gauche de chaque rangée)

Donner des infos (nb rangs/parcelle, nb rangées et de lignes de parcelles)

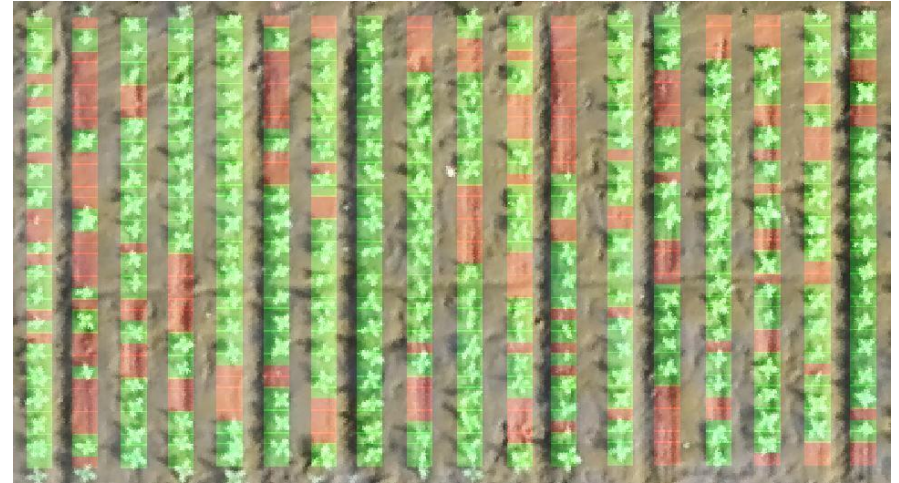
Ajuster un seuil (excess Green:  $2V - R - B$ )

# Sorties graphiques

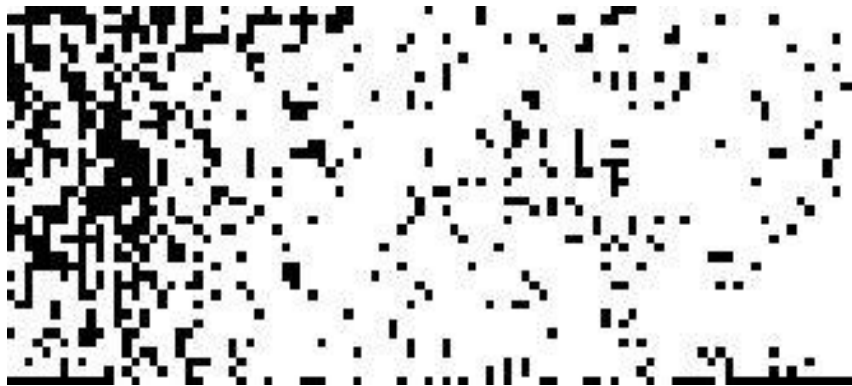
Mosaïque orientée



Information visuelle à l'échelle du rang



Vue matricielle (essai entier)



Information visuelle / microparcelle



# Estimation de la date de floraison

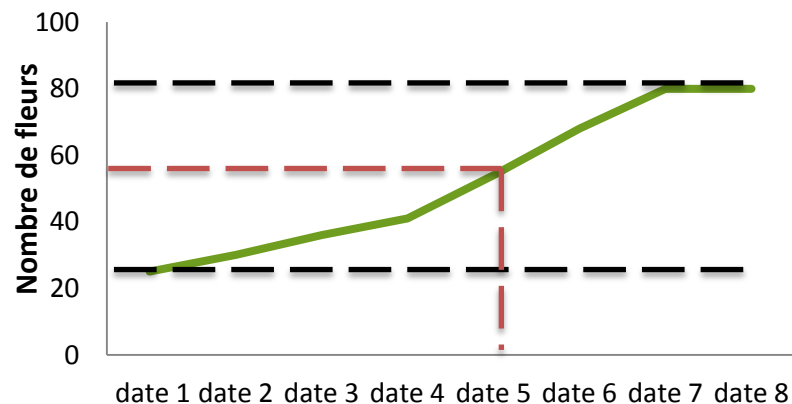
❑ **Durée de la phase levée-floraison est une caractéristique importante des variétés.**

❑ **Méthode actuelle:**

- Estimation visuelle du stade 50% des plantes en fleur par des techniciens
- Notation peu précise, fastidieuse, couteuse en temps

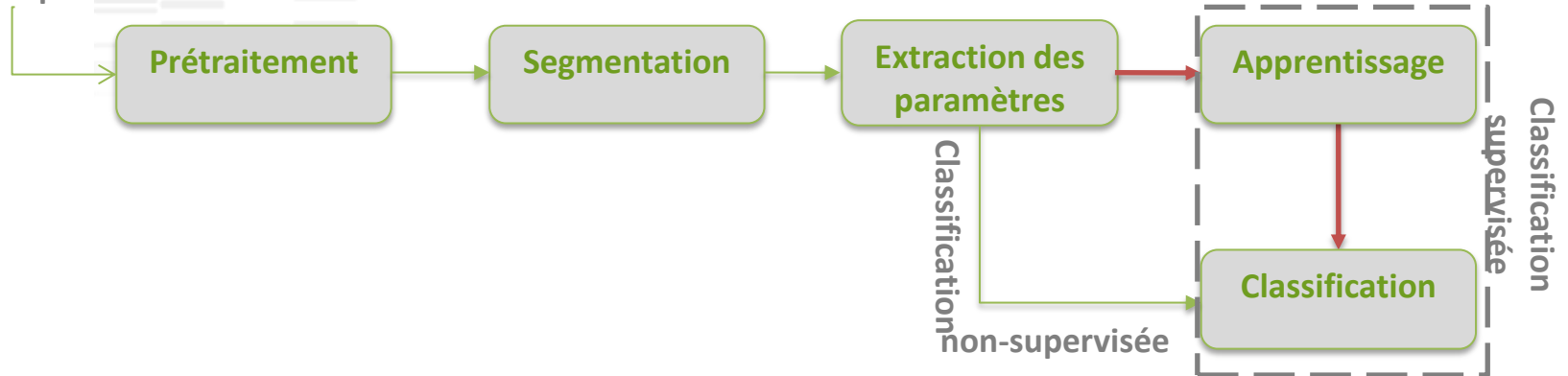
❑ **Objectif**

- Utiliser des images HR acquises par drone et développer une chaîne de traitement automatique sous Matlab : comptage des fleurs de tournesol.

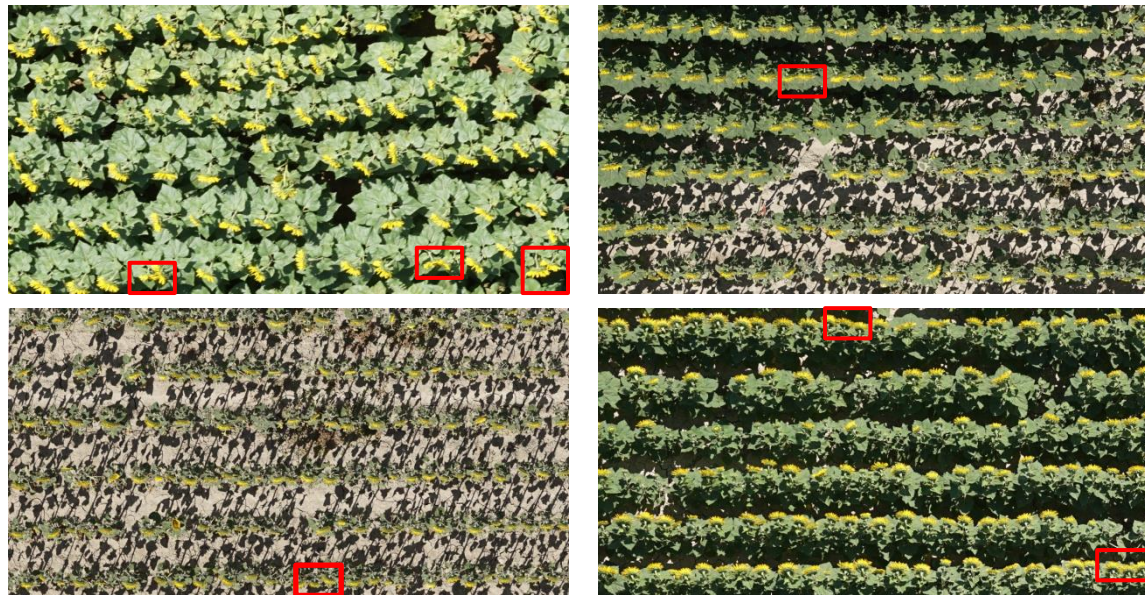


# Chaîne de traitement d'images

Images acquises



Quelques images de micro-parcelles de tournesol en floraison (images 2015, résolution spatiale 4 mm)



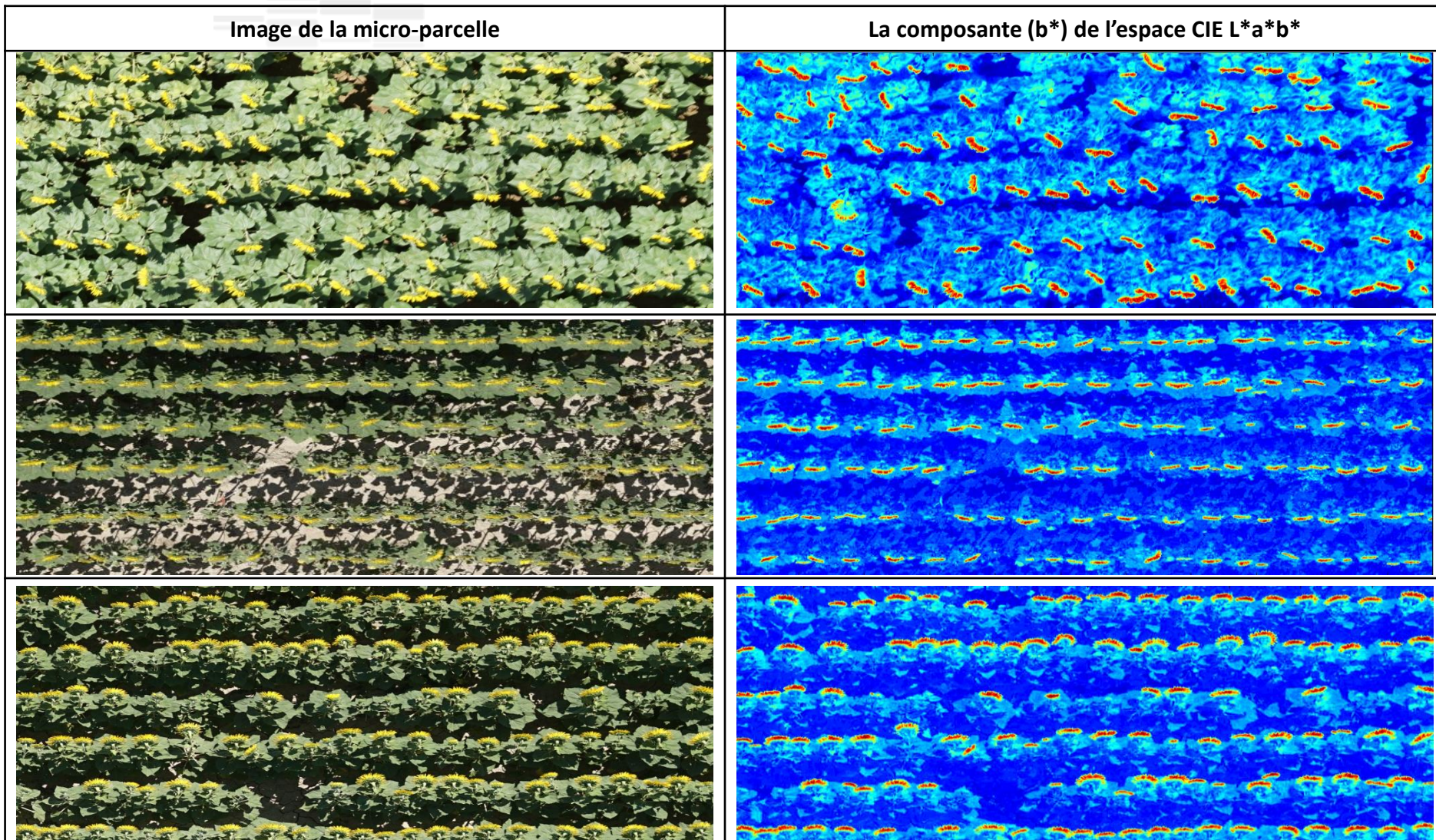
Remarques:

- Variation de luminosité.
- Changement d'orientations pour les fleurs.
- Problème des fleurs qui se touchent.



# Quel espace de couleurs permet une meilleure segmentation?


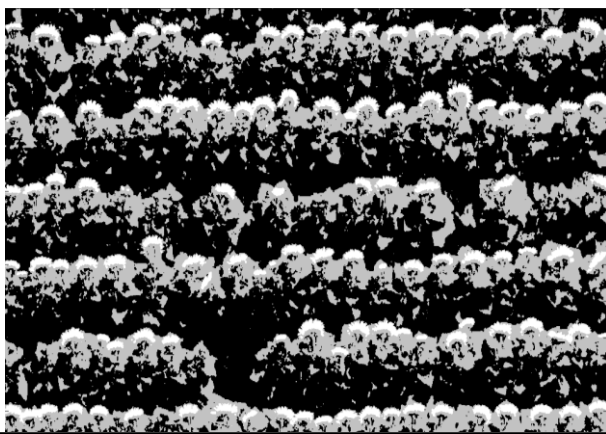
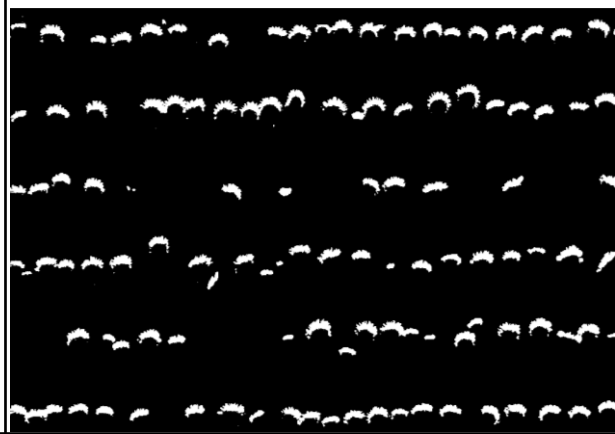

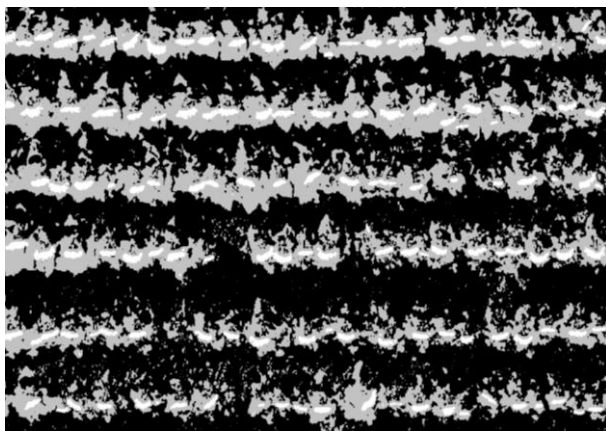
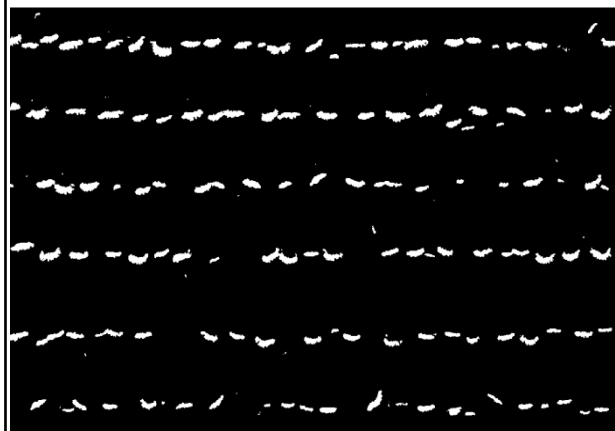
Après le test des espaces couleurs TSV, RGB, LAB et niveaux de gris, on reste avec les résultats suivants:





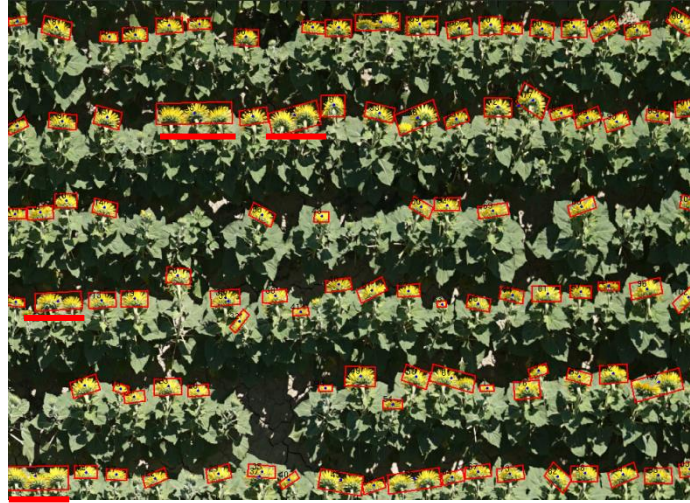
## Segmentation d'images (1/2)

La nécessité de varier le seuil d'une image à une autre automatiquement.  
Segmentation par la méthode d'Otsu pour déterminer les seuils optimaux pour la binarisation.

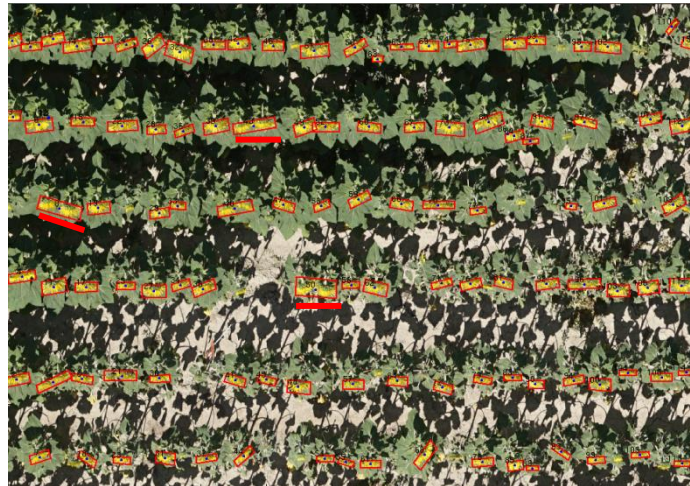
Image originale	Méthode d'Otsu avec 3 classes	Image binaire
		
		



# Détection d'objets



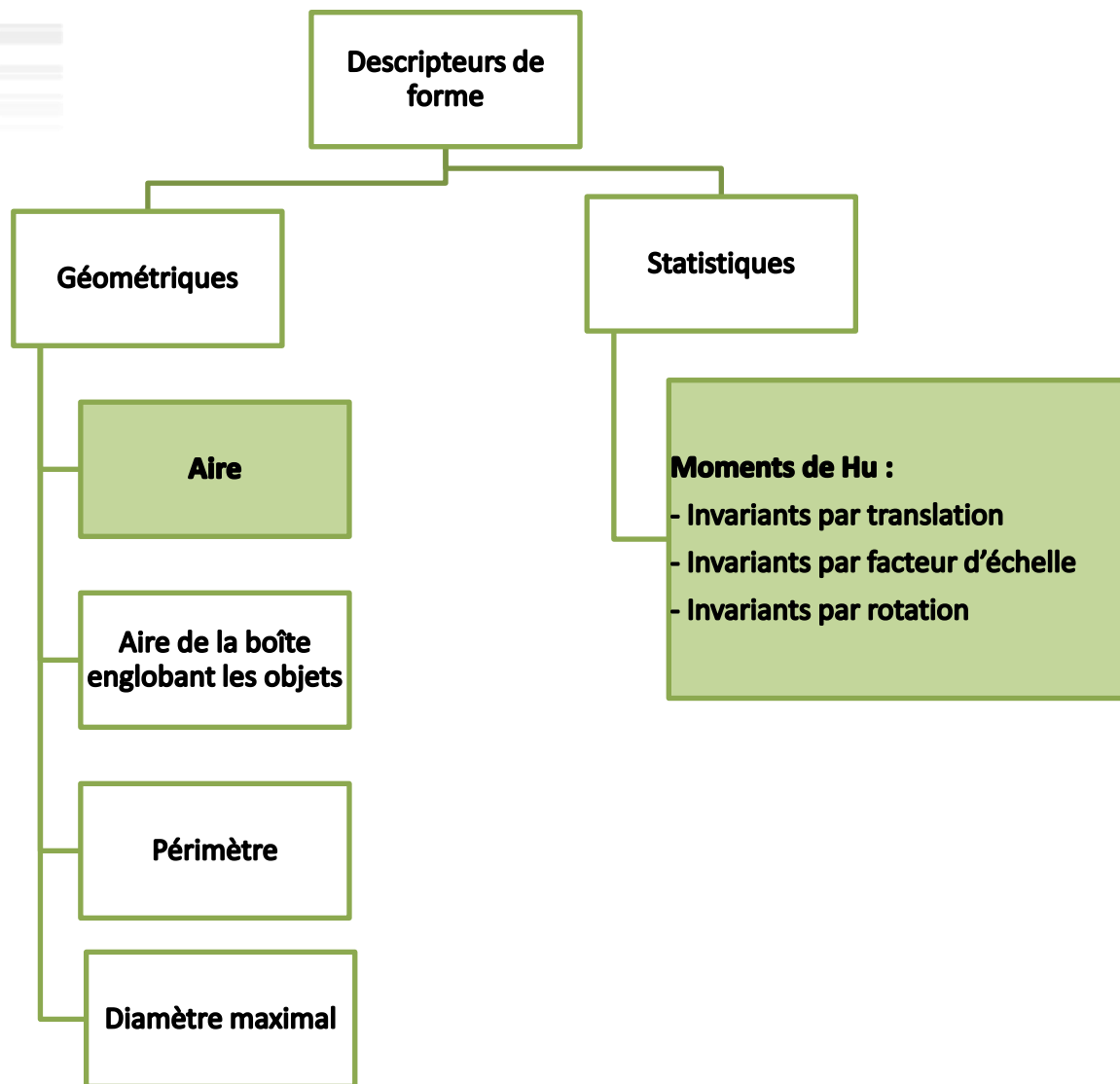
Nombre d'objets	104
Nombre de fleurs	113



Nombre d'objets	116
Nombre de fleurs	124

Problème de fleurs qui se touchent  Extraction de caractéristiques des objets

# Extraction des caractéristiques



# Classification non-supervisée

▪ **Problème** : On ignore le nombre de classes dans chaque image

▪ **Solution** pour chaque image:

- Fixer le nombre de classes à 2 : {objets à une fleur; objets à 2 fleurs}

- Classifier les données d'observations {Moments de Hu + Aire}

**Si** le nombre d'objets à 2 fleurs > 10% du nombre total d'objets

**Alors** Nombre de fleurs estimés = {objets à une fleur} = nombre total d'objets

**Sinon**

**Alors** Nombre de fleurs estimés = {objets à une fleur} + 2\*{objets à 2 fleurs}

Nombre réel	Nombre estimé	Nombre réel	Nombre estimé
103	100	87	86
116	105	92	93
107	108	94	93
129	131	96	92
145	142	86	86
114	108	122	110
124	118	112	109
117	111	127	108
130	116	130	113
118	107	159	147
		131	121

Le nombre d'images utilisées : 21

Les images des plateformes : Toulouse et Avignon

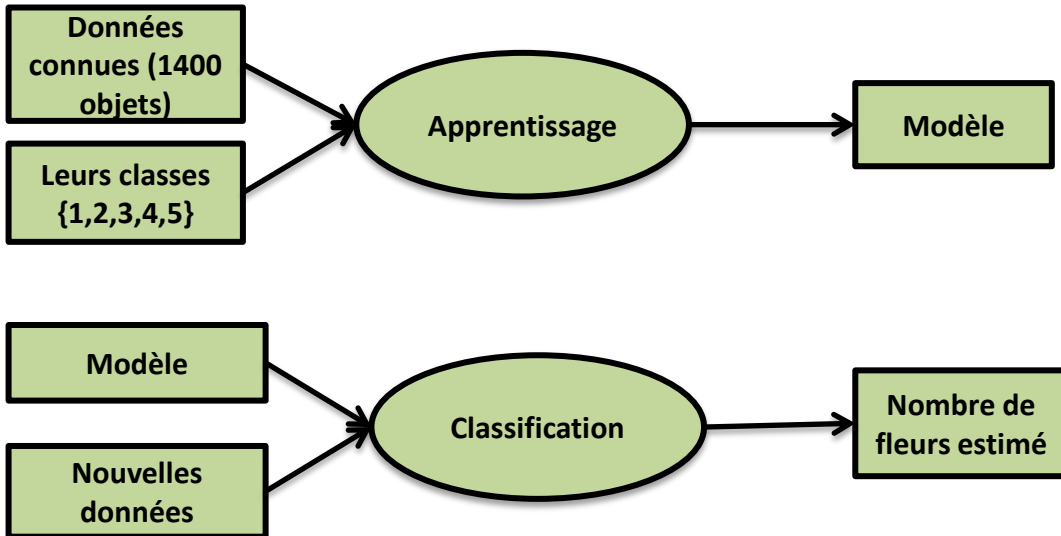
**Ecart maximal entre le nombre réel et estimé : 19**

**Erreur type ou RMSE = 8.82 >> 0**

**Est-ce qu'on peut minimiser la valeur du RMSE ?**

# Classification supervisée

- 21 images = {10 images d'apprentissage + 11 images de test}
- Le nombre maximal de classes constaté : 5 classes
- Nécessité d'une grande base d'apprentissage : 1400 objets / 5 classes



Nombre réel	Nombre estimé
103	103
116	117
107	108
129	130
145	146
<b>114</b>	<b>120</b>
124	125
117	117
130	132
118	118

Nombre réel	Nombre estimé
87	91
92	95
94	96
96	99
86	88
122	121
112	112
127	128
130	134
159	160
131	127

Erreur maximale du classifieur ou modèle : 5.56%  
 Ecart maximal entre le nombre réel et estimé : 6  
 Erreur type ou RMSE = 2.41



# Merci