

Session thématique : Sciences et technologies de l'information et de la communication au service du végétal spécialisé



**Les Rencontres du
Végétal**

8^e édition

**12-13 JANVIER 2015
AGROCAMPUS OUEST
ANGERS, FRANCE**

**RECHERCHE
EXPÉRIMENTATION
INNOVATION**
.....

Fruits
Légumes
Ornement
Plantes aromatiques
et médicinales
Semences
Cidriculture
Viticulture
Paysage



Thème : Intérêt des techniques d'imagerie pour les acteurs du végétal : phénotypage, contrôle qualité, étude de l'environnement

La vision par ordinateur un ACCÉLÉRATEUR pour l'INNOVATION végétale

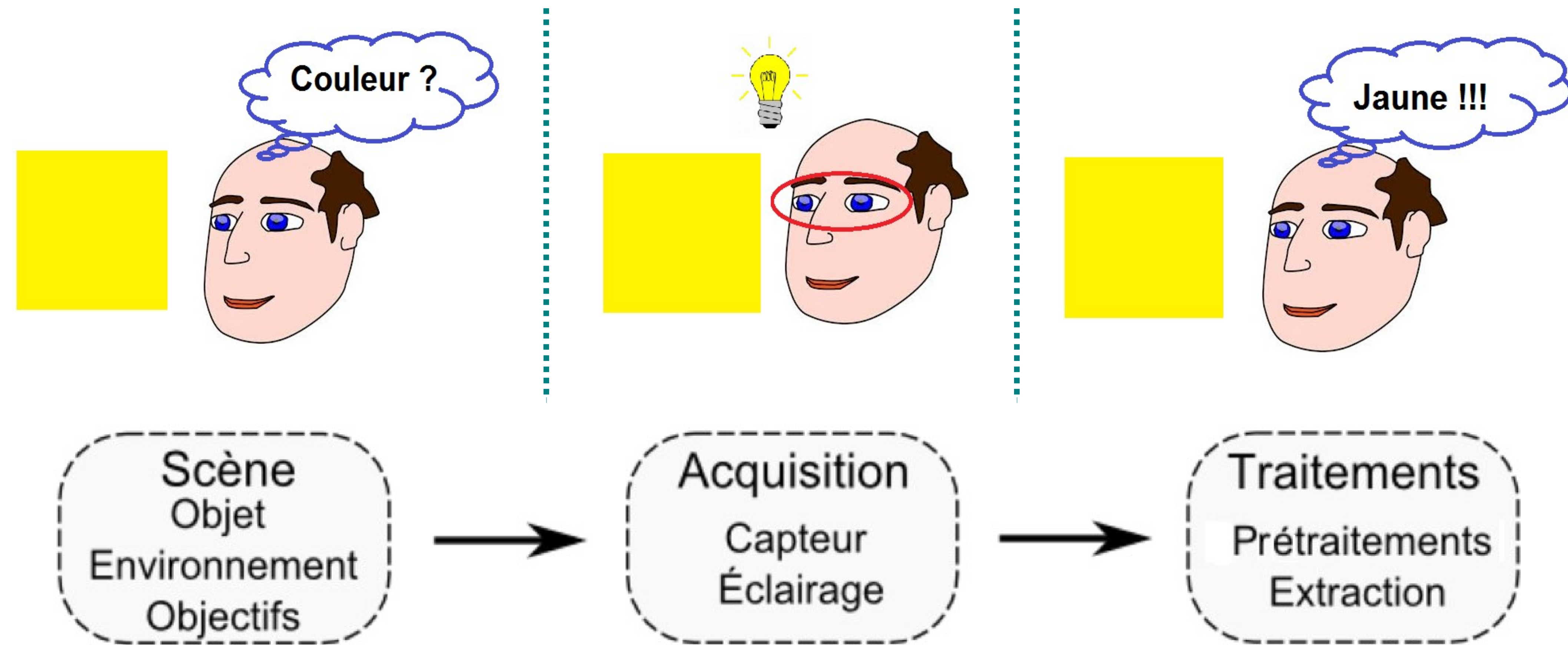
Yann CHÉNÉ

**Master en physique de l'imagerie
Doctorat en traitement des images**

**Bureau de recherche et de développement
en vision par ordinateur pour l'agriculture**

La vision par ordinateur

Une science inspirée par le système visuel humain



Acquérir des images d'une scène avec une caméra
puis traiter ces images pour extraire des informations sur la scène

La vision par ordinateur pour le végétal

Le végétal :

Variabilité inter-espèces

Variabilité intra-espèce

Variabilité temporelle



L'échelle d'observation :

Stade de croissance

Organe

Débit



L'environnement :

Intérieur ou extérieur

Modulable ou non



Les informations à extraire :

Architecture

Physiologie

...

Hauteur = 40 cm

Largeur = 30 cm

Nombre de fleurs = 5

Couleur des fleurs = Rouge

Maladie = Aucune



La problématique végétale fixe le cahier des charges

La vision par ordinateur pour le végétal

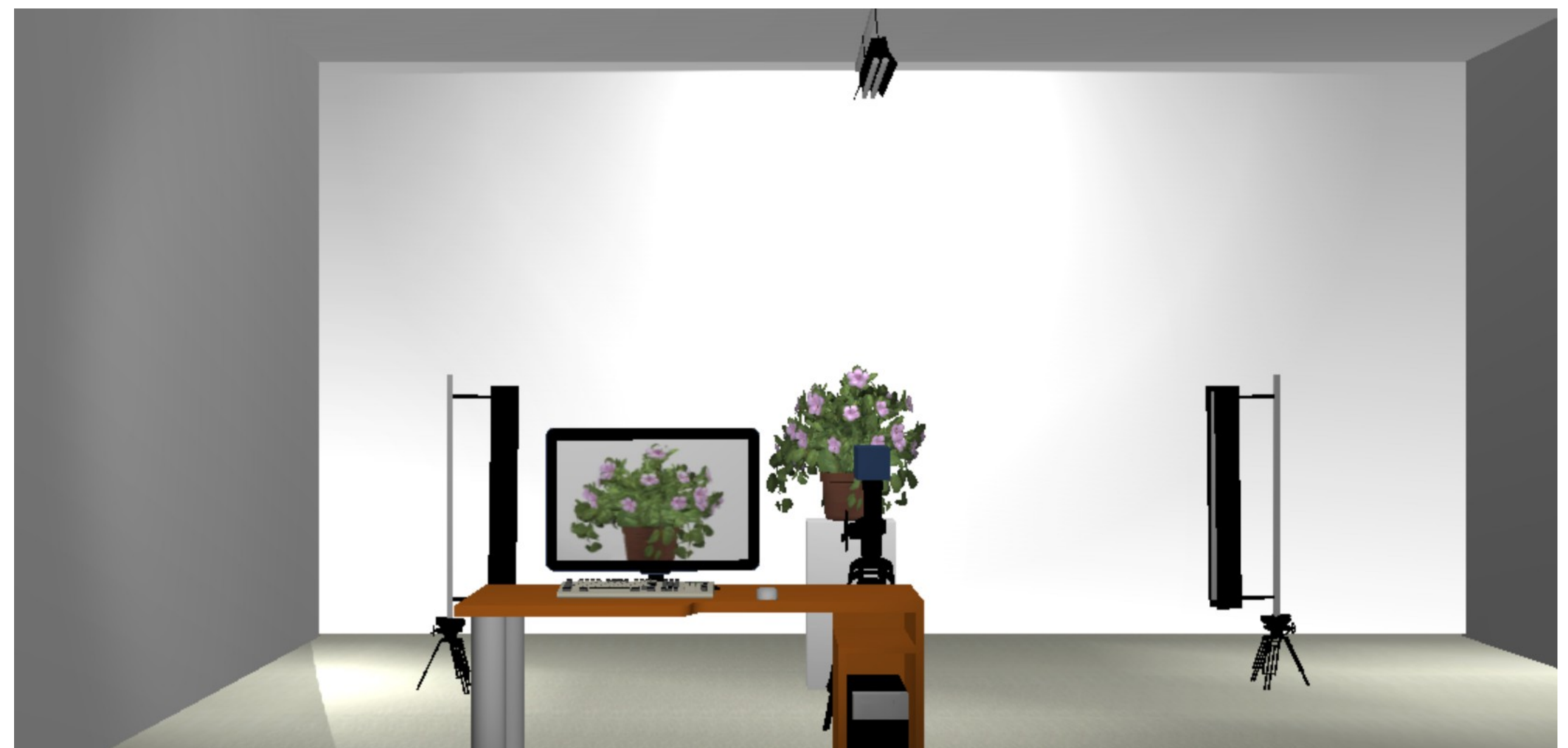
Développement d'un système spécifique
pour répondre à la problématique végétale

Illustration par un exemple virtuel :

Plante seule et en pot



Environnement contrôlé = Cabine d'imagerie

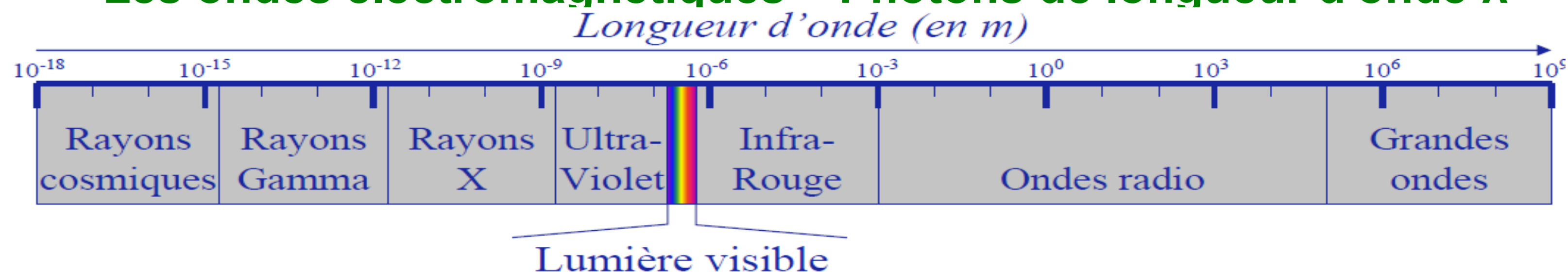


Objectif du système de vision par ordinateur :
Compter le nombre de fleurs de la plante



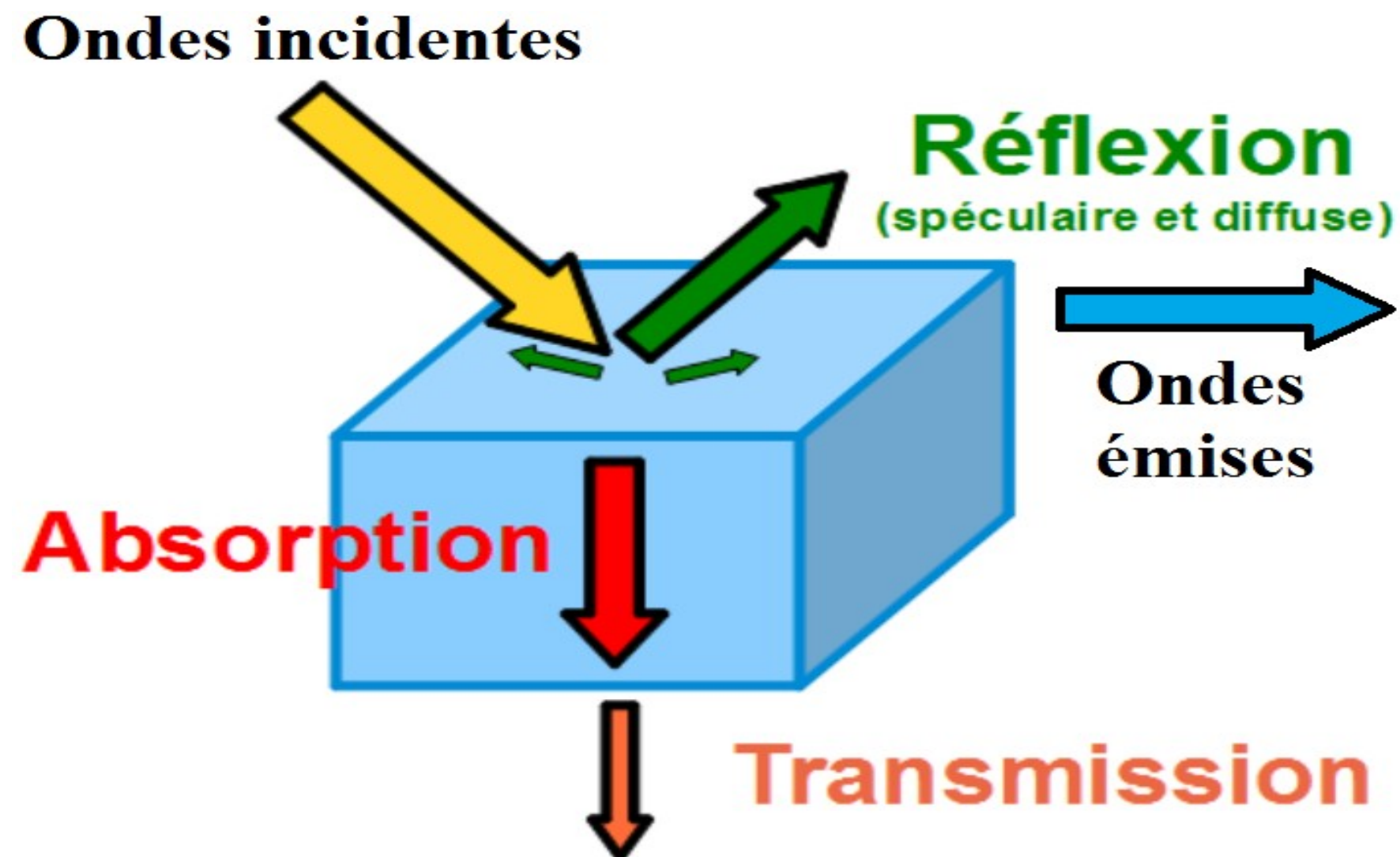
La caméra pour remplacer les yeux

Les ondes électromagnétiques = Photons de longueur d'onde λ

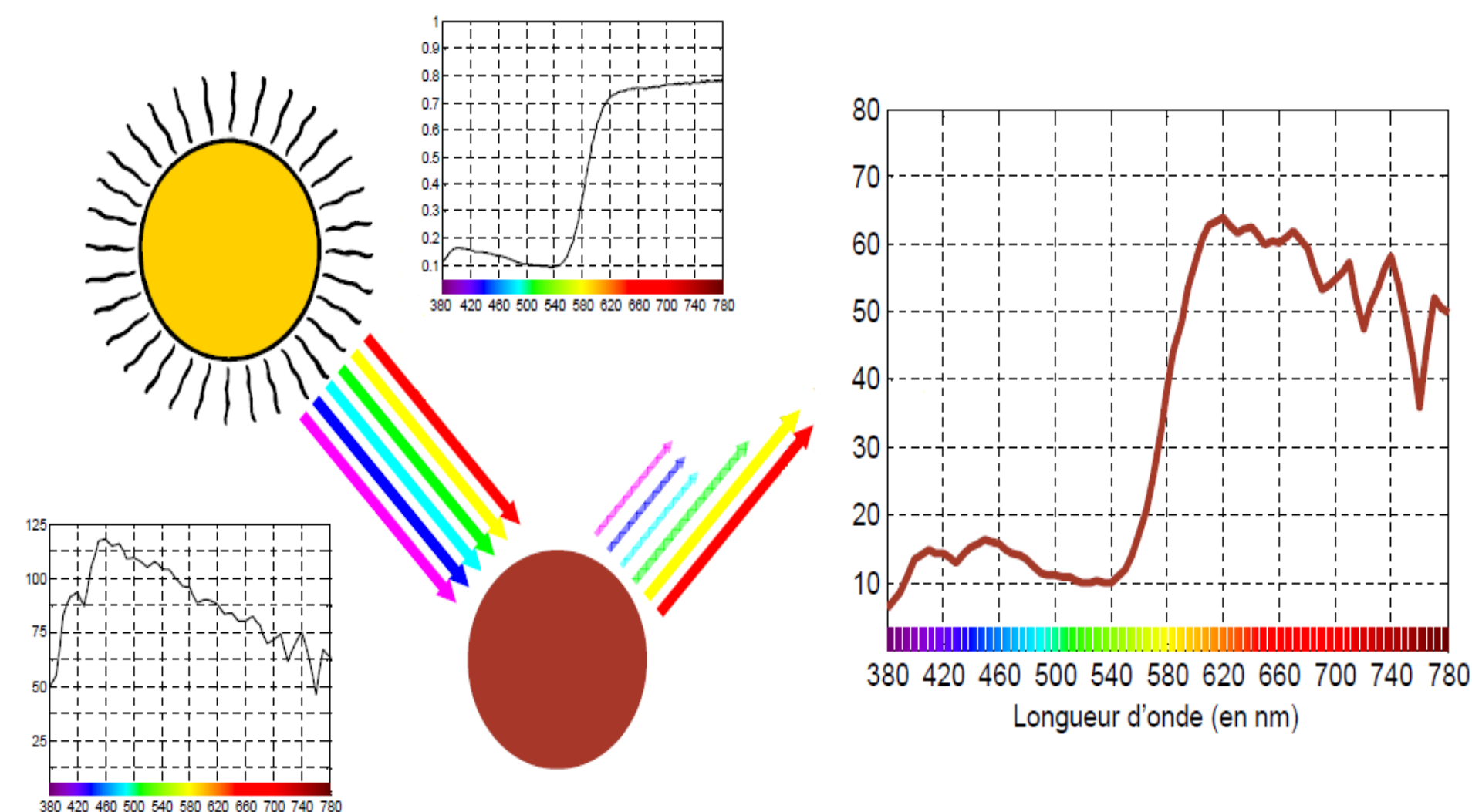


Extrait de Van den Brouck

Interaction entre un objet et des ondes :



Exemple de la vision des couleurs :

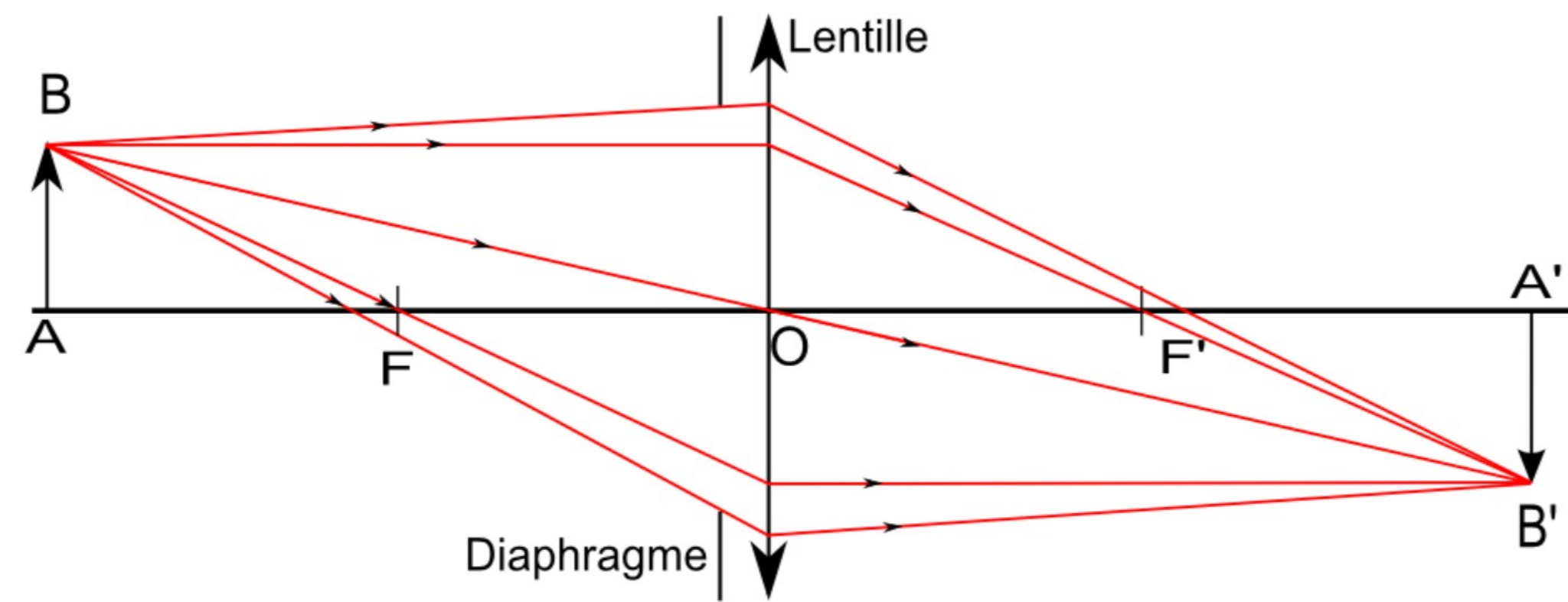
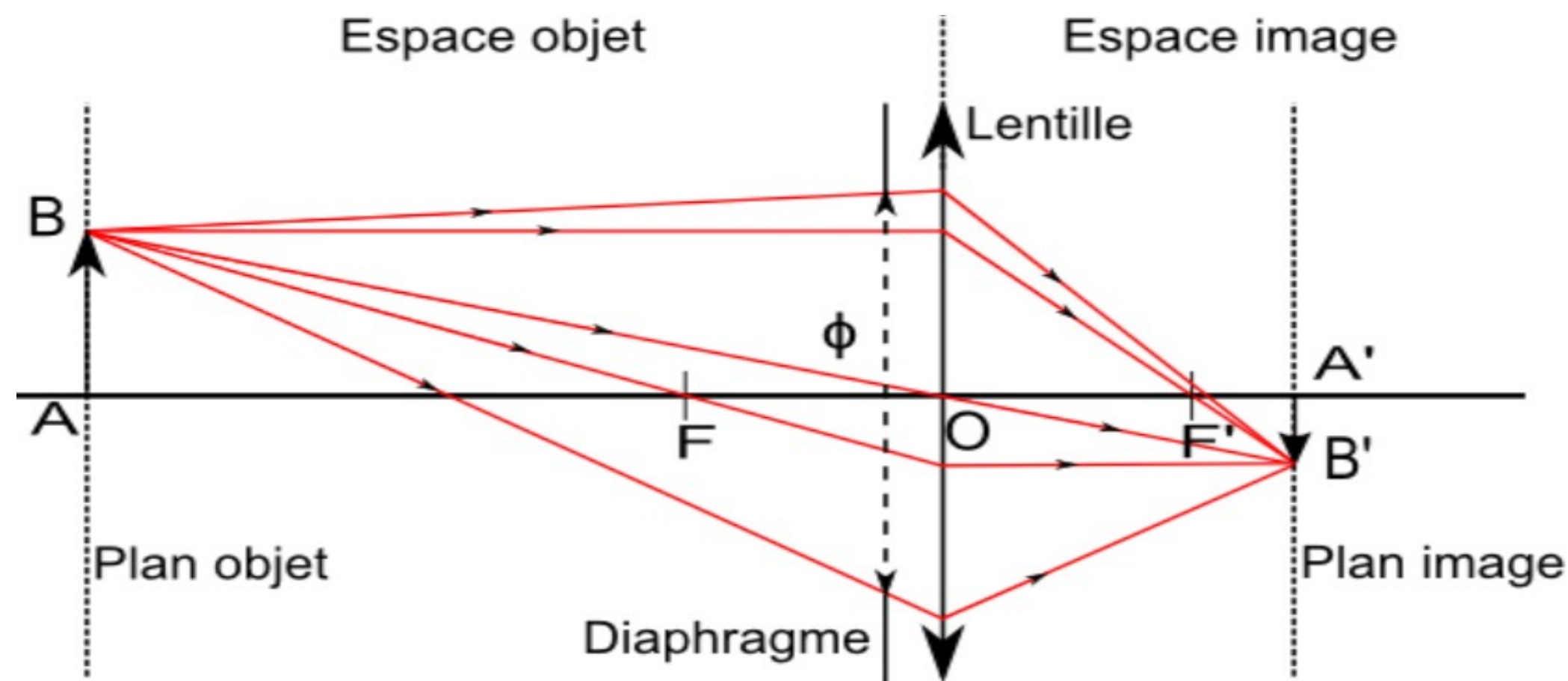


Extrait de Van den Brouck



La caméra pour remplacer les yeux

Un objectif pour capter les ondes électromagnétiques



De multiples paramètres ajustables :

Spectre de transmission

Distance focale

Nombre d'ouverture

Qualité



La caméra pour remplacer les yeux

Un détecteur pour compter le nombre de photons

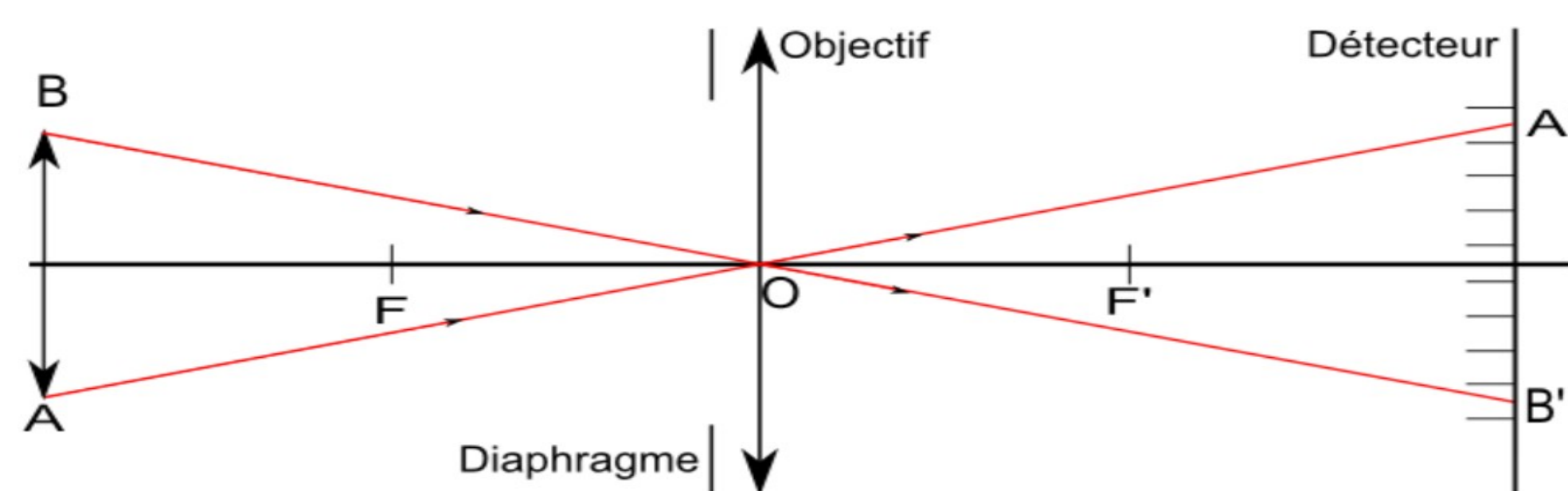
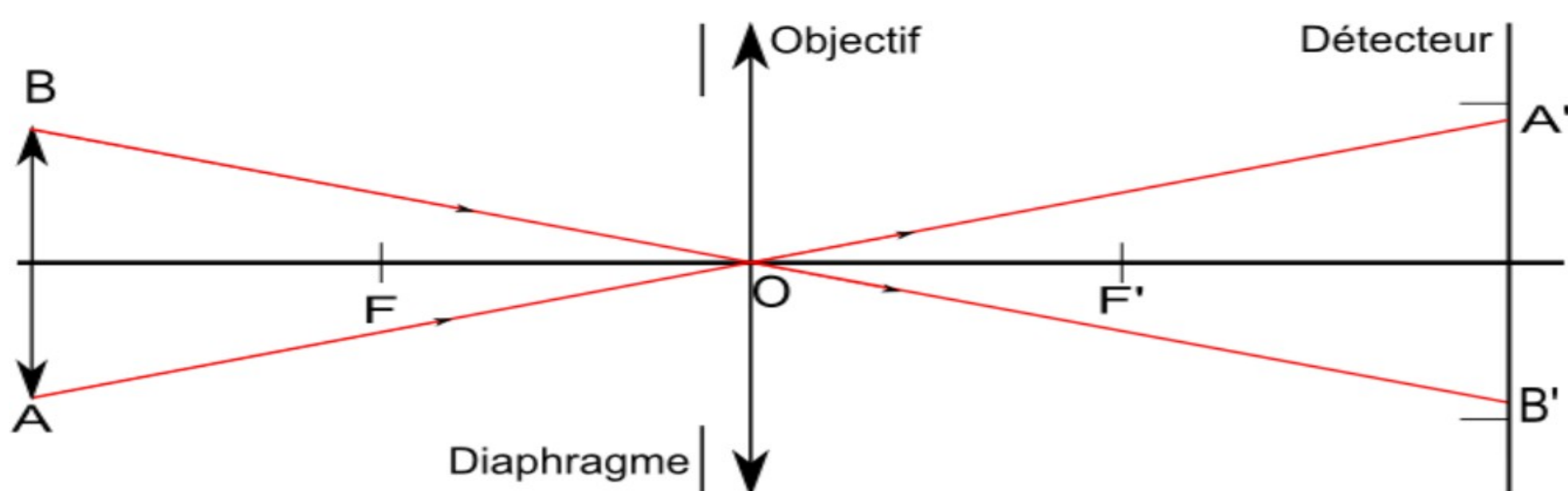
Des cellules qui comptent sur un temps d'intégration



De multiples paramètres ajustables :

Spectre de sensibilité
Taille des pixels

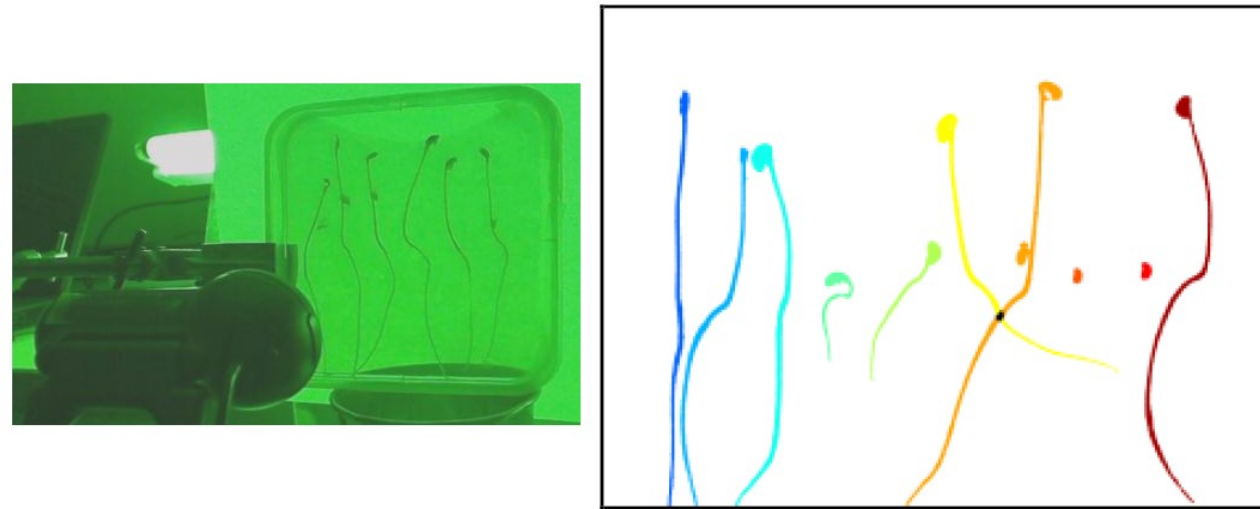
Temps d'intégration
Nombre de pixels



De nombreuses caméras existantes répondant à de nombreuses problématiques

Couleur :

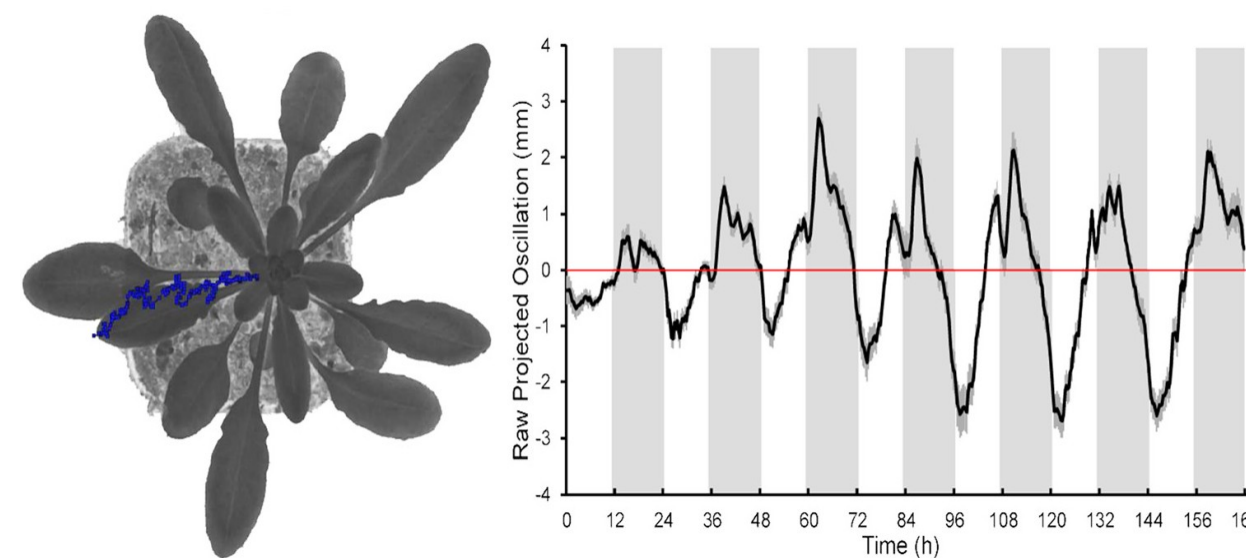
Qualité visuelle, forme, densité des organes, ...



Extrait de Benoît 2014

Proche infrarouge :

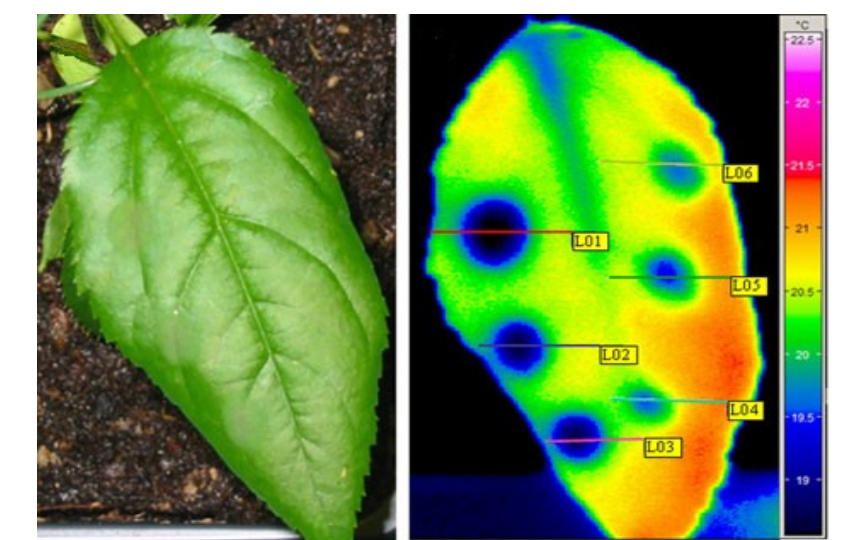
Teneur en eau et en cellulose, analyse nuit, ...



Extrait de Bours 2012

Infrarouge lointain :

Température, stomates, sénescence, maladies, ...



Extrait de Oerke 2008

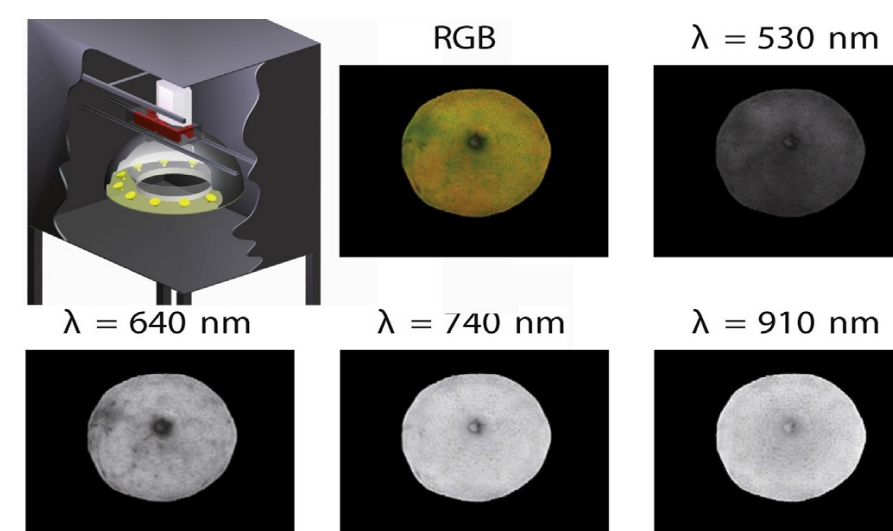
Fluorescence :

Photosynthèse, CO₂, pigments, nutriments, ...



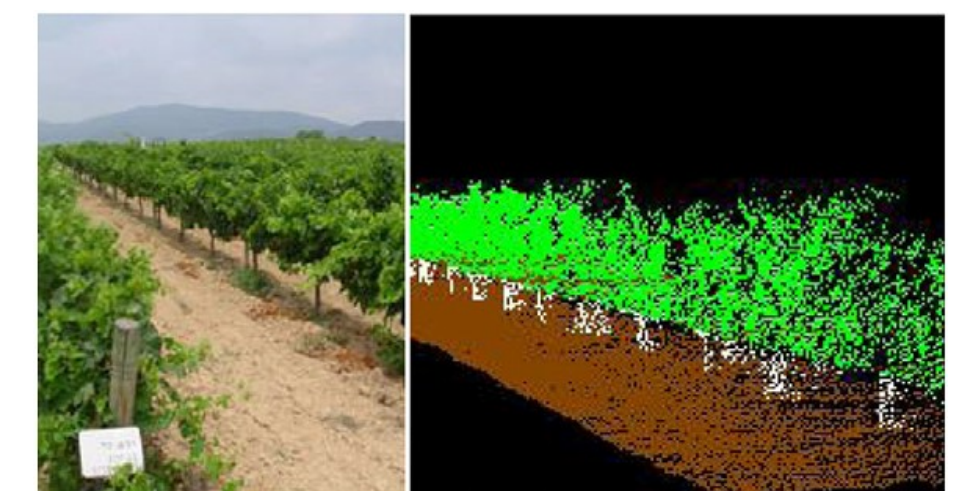
Extrait de Ben Gozlen 2010

Multi/Hyperspectrale :
Précédents+ nouveaux,
bandes adéquates, ...



Extrait de Gomez Sanchis 2014

Profondeur (3D) :
Dimensions, forme,
position, densité ...



Extrait de Rossel 2012

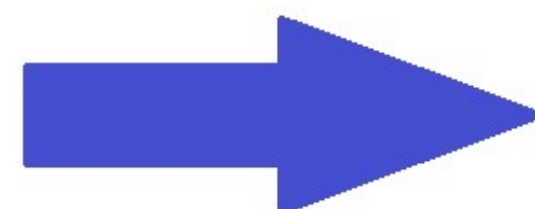


Choix de la caméra

Fleurs visibles par nos yeux = Caméra couleur

Optimisation de la scène

Fleurs roses et blanches = Adapter le fond



Des choix astucieux de l'éclairage et des paramètres de la caméra permettent aussi de faciliter les traitements



L'ordinateur pour remplacer le cerveau

Extraire les informations des images

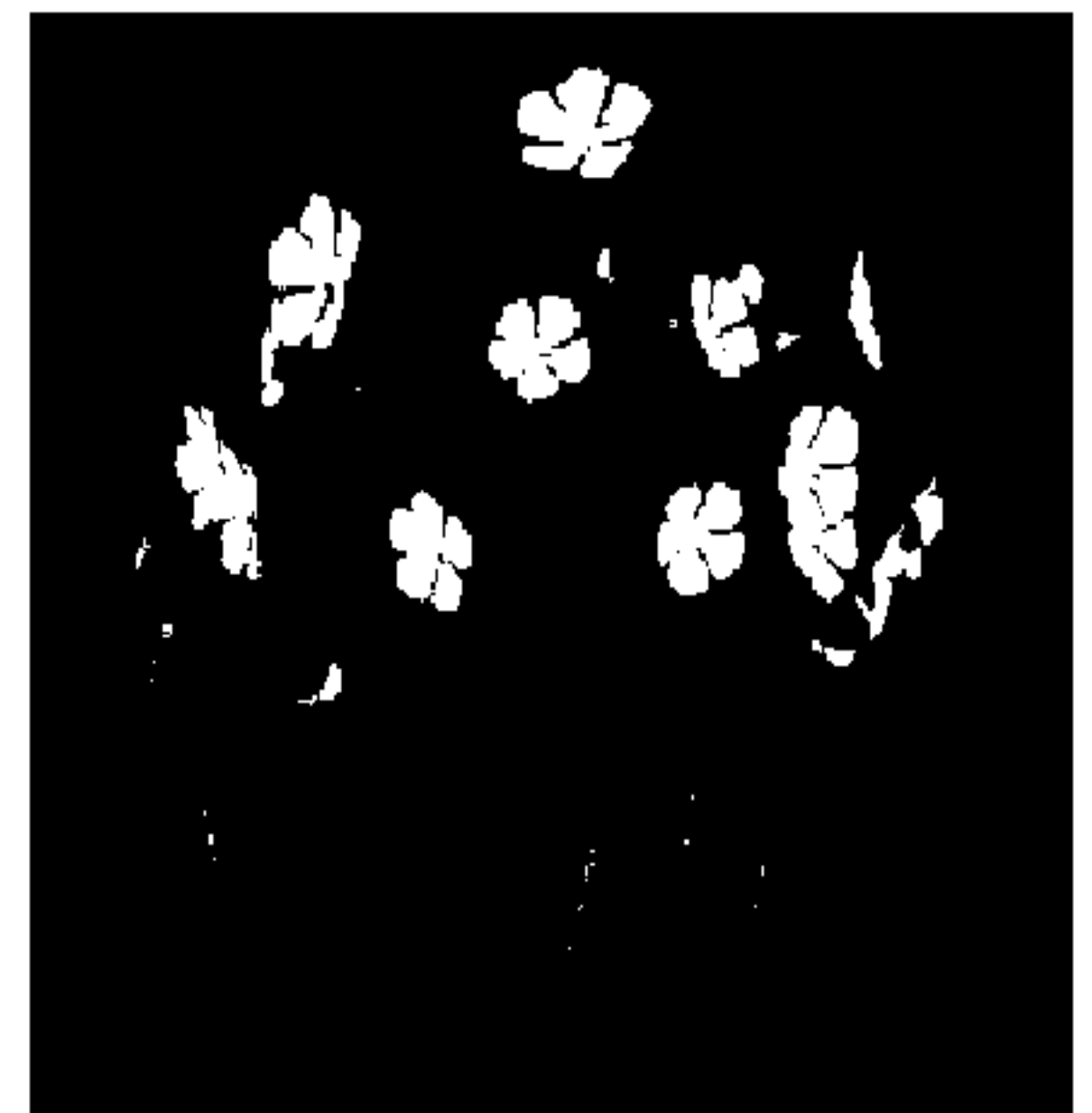
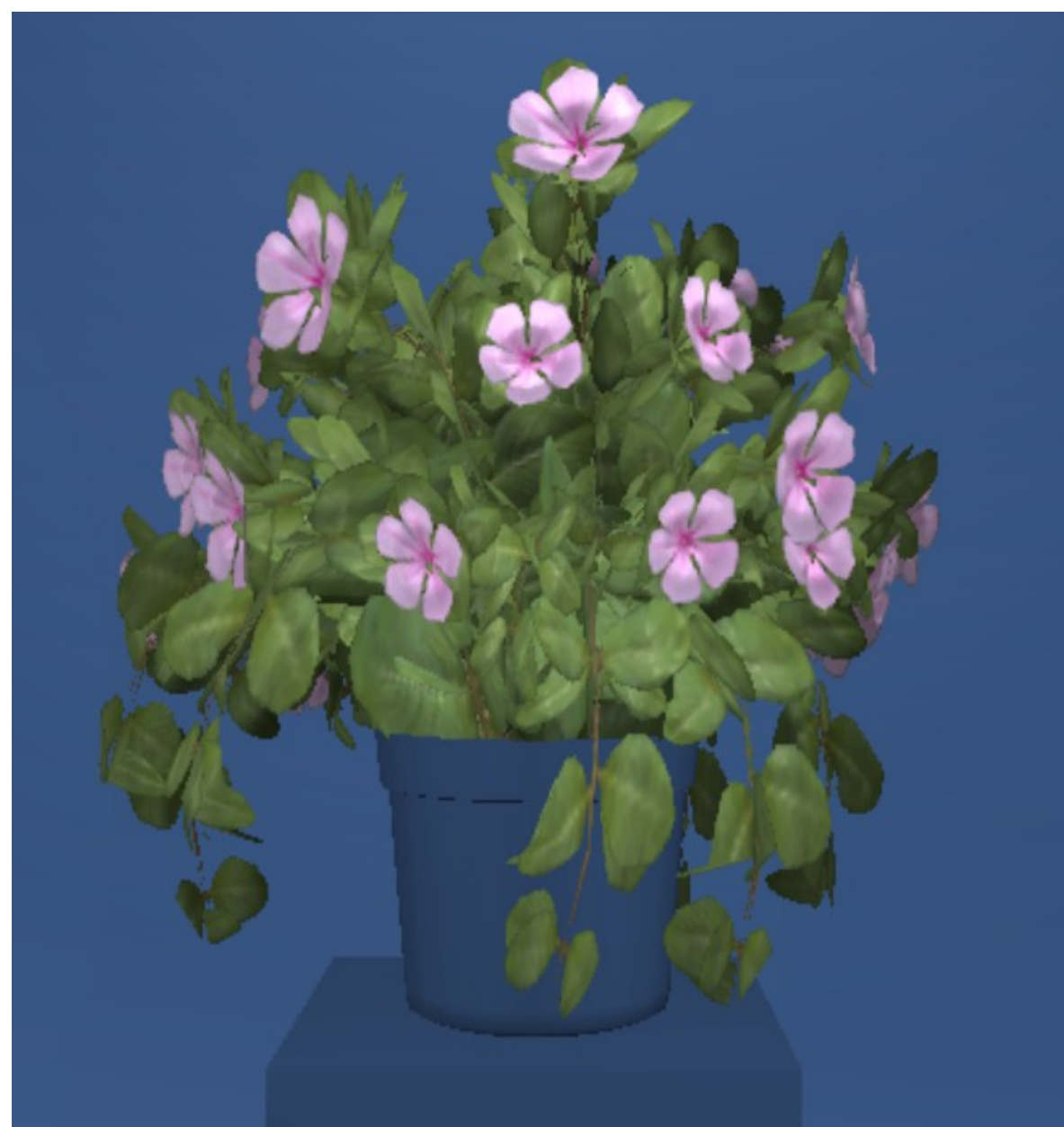
Objectif : Compter le nombre de fleurs

Plante = Volume 3D = Rotation de la plante

Image de départ :

Traitements bas-niveau :
Conversion (RVB \rightarrow HSV)

Traitements moyen-niveau :
Segmentation



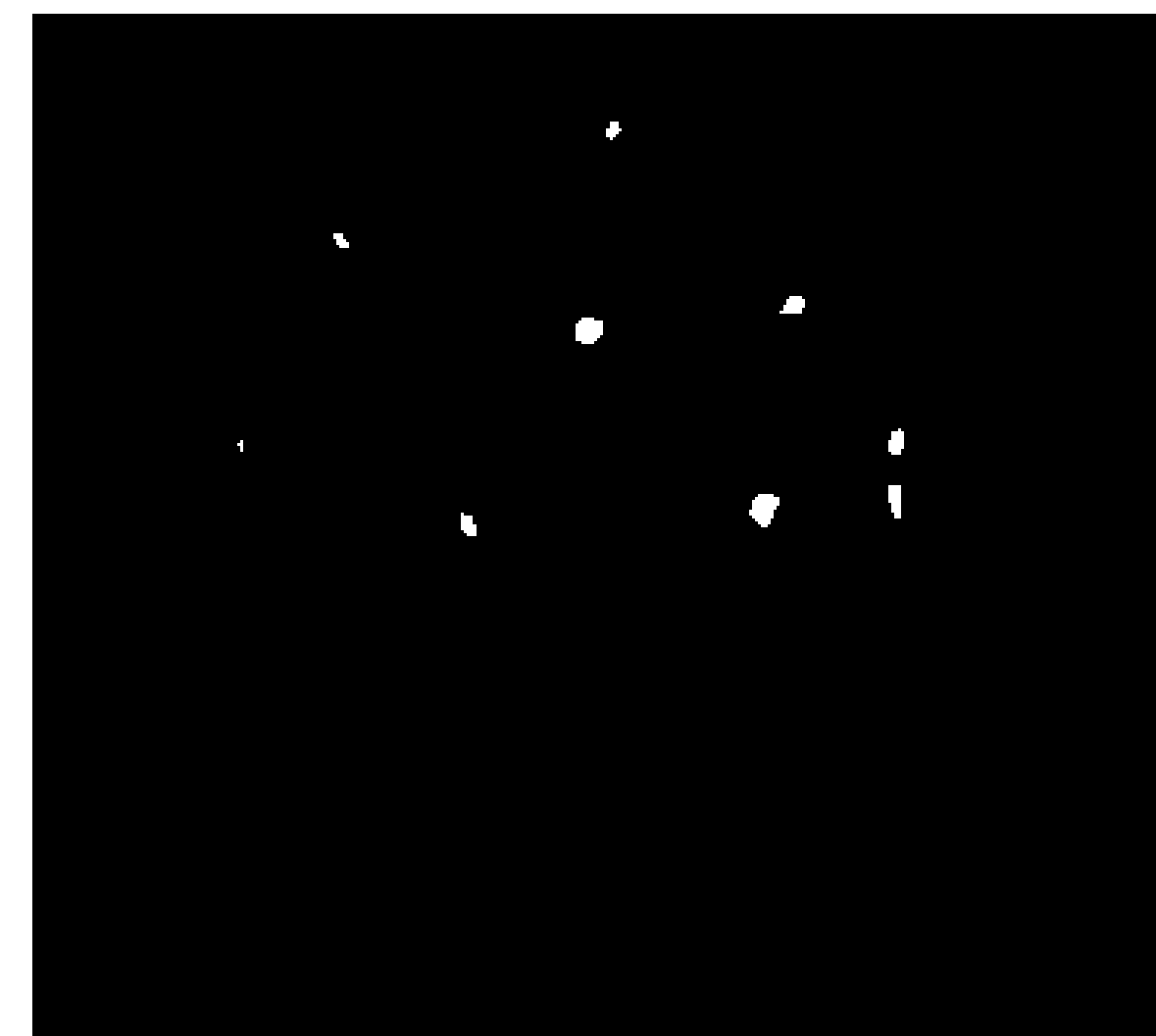
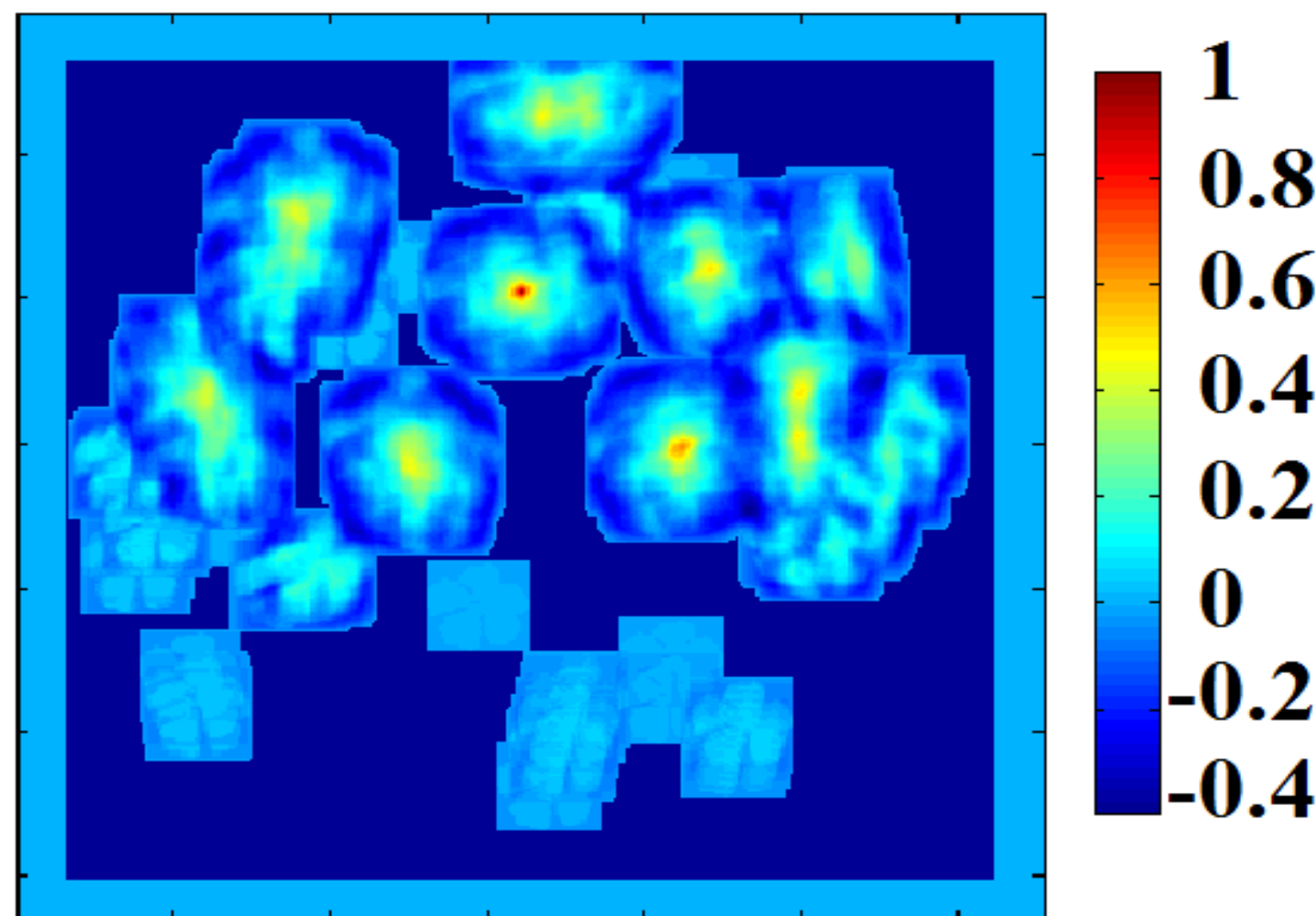


L'ordinateur pour remplacer le cerveau

Extraire les informations des images

Objectif : Compter le nombre de fleurs

Traitements haut-niveau : Corrélation pour détecter les fleurs entières

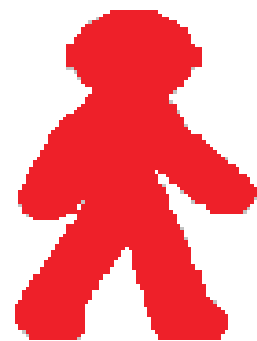


Nombre de fleurs = Suivi des fleurs individuelles

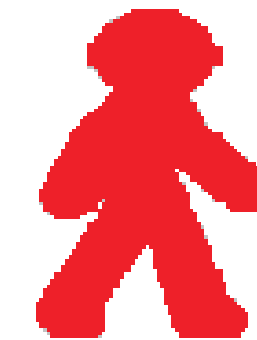
Mise en œuvre globale du système de vision par ordinateur

Informatique + Électronique + Mécanique + Humain

Acquérir des images :

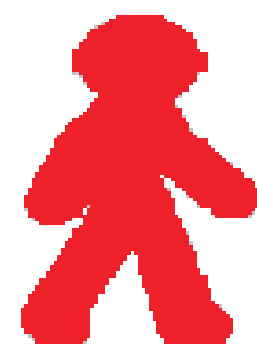
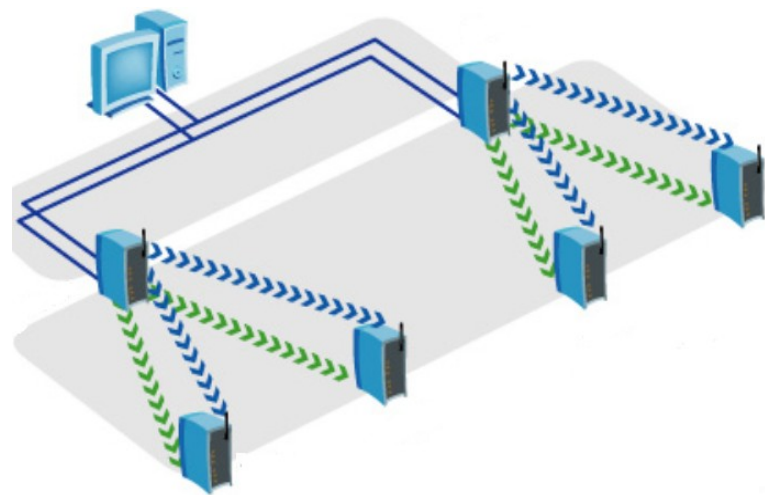


Étudier plusieurs végétaux :

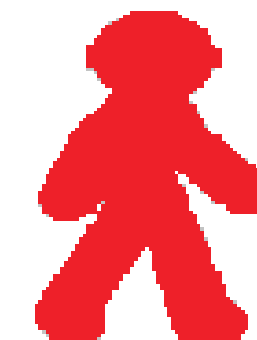


Extrait de IRSTEA

Communiquer les informations :



Exploiter les informations :



L'humain n'est pas forcément exclu de la boucle

Utiliser la vision par ordinateur pour le végétal spécialisé

Remplacer les informations visuelles : Remplacer d'autres systèmes :

Échelle d'observation variable
Pas de subjectivité inter-notateurs
Pas de subjectivité intra-notateur

Mesures non-destructives
Données spatialisées
Systèmes automatisables

Gains potentiels multiples :

Débit

Informations

Qualité

Temps homme

**ACCÉLÉRATION de la mise en place
de vos INNOVATIONS végétales**

Merci de votre attention



yann.chene.tni@gmail.com
06 25 51 38 06

**Bureau de recherche et de développement
vision par ordinateur pour l'agriculture**

Conseil

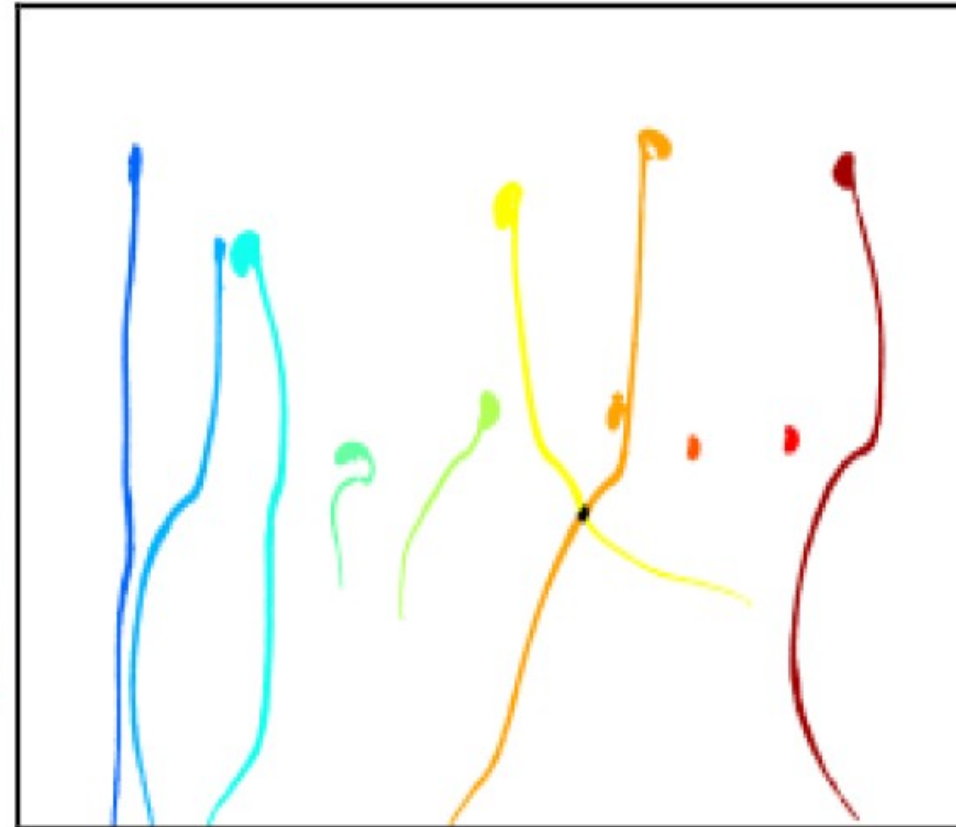
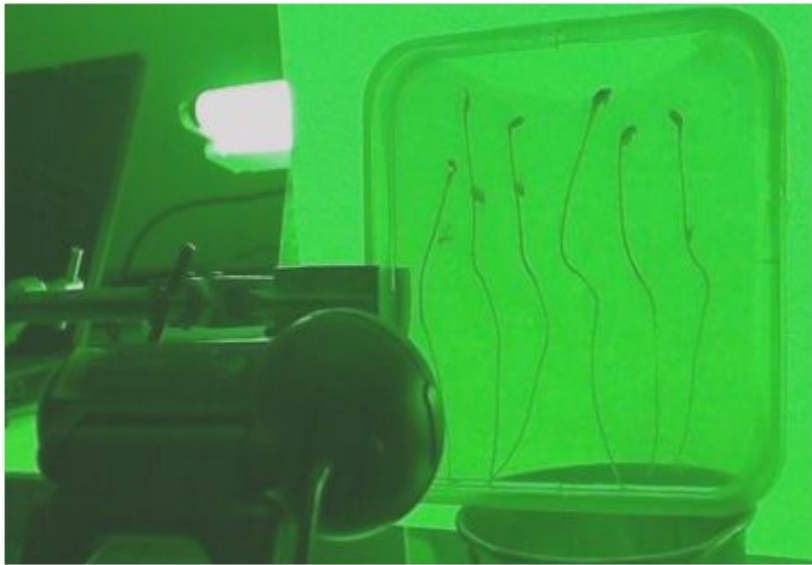
Étude de faisabilité

Développement

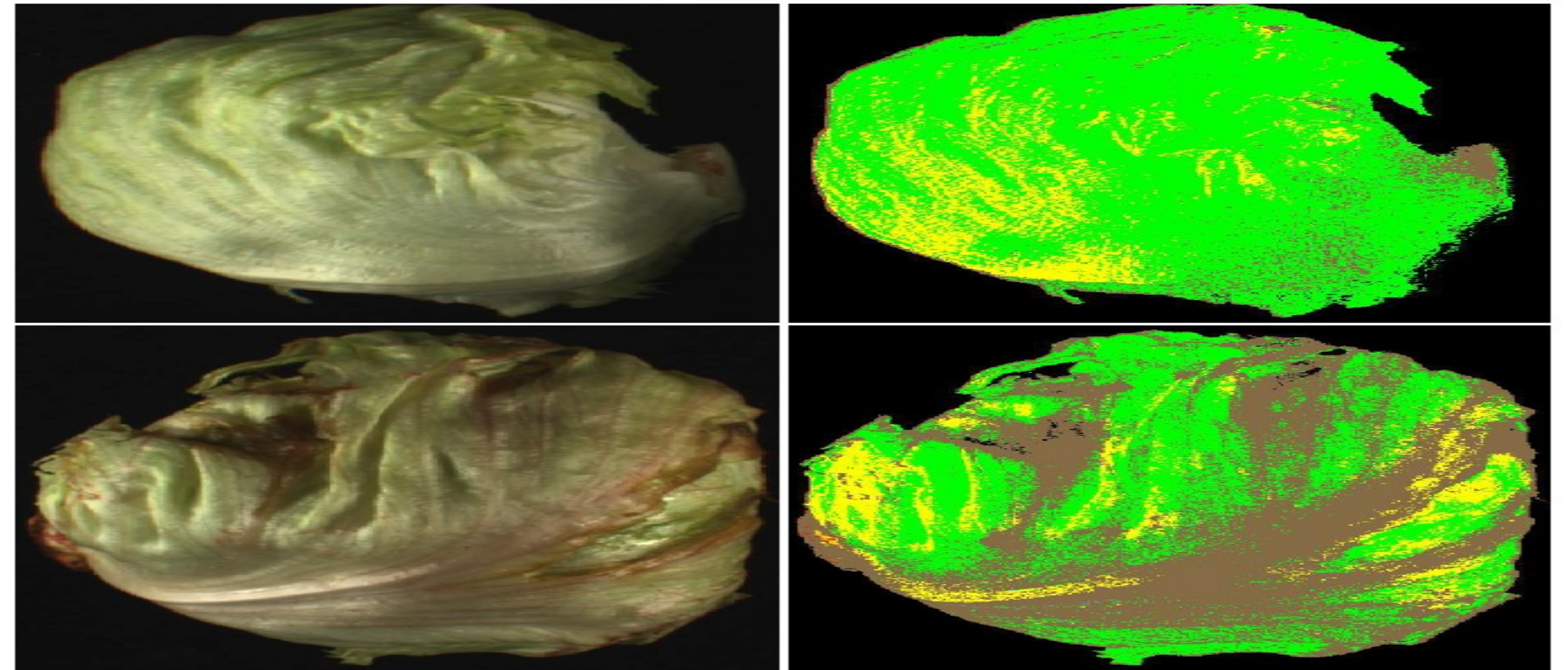
Formation

De nombreuses caméras existantes

Les caméras couleur



Extrait de Benoît 2014



Extrait de Pace 2014



Extrait de Santagostini 2014

Variation de la réflexion/transmission
dans 3 bandes visibles (RVB) :

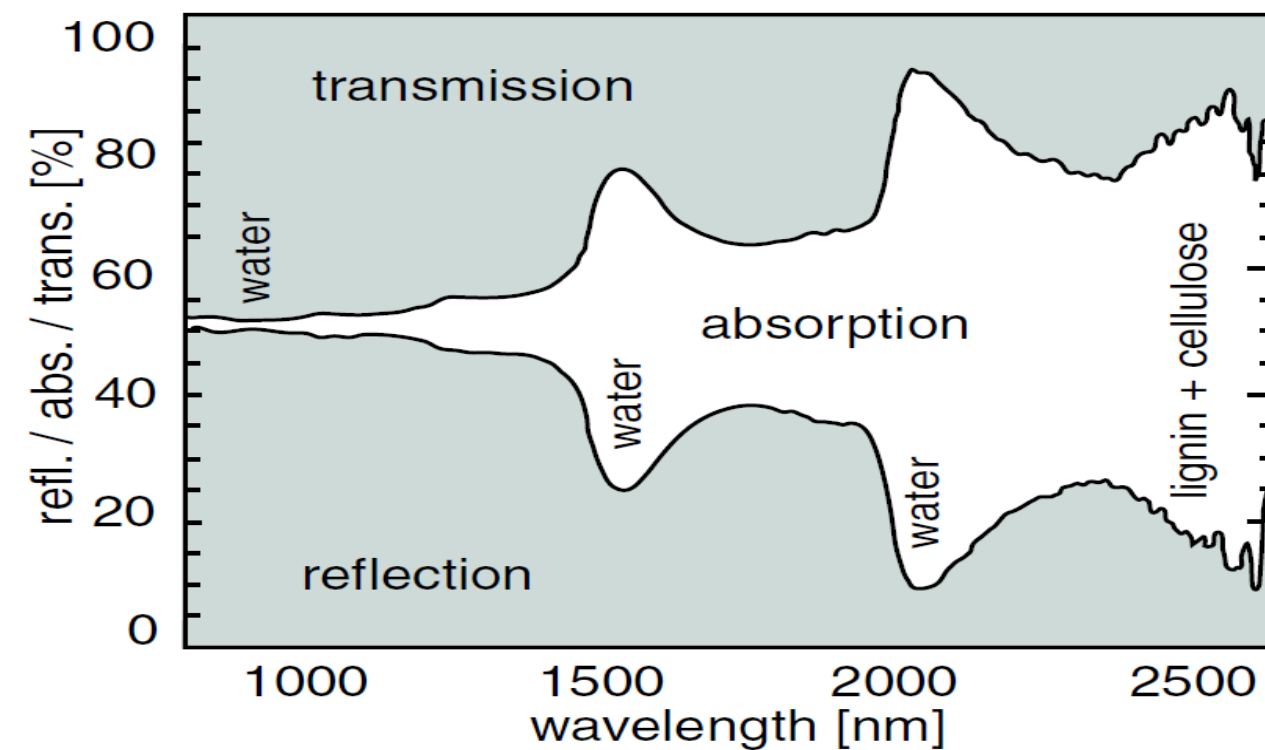
Qualité visuelle
Sénescence
Maladies
Teneur en nutriments

Forme
Biomasse
Densité des organes
...

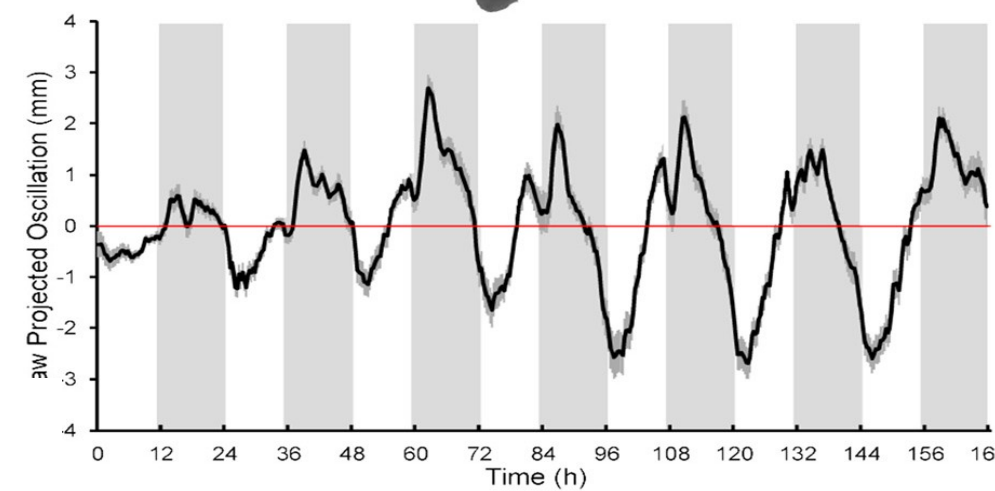
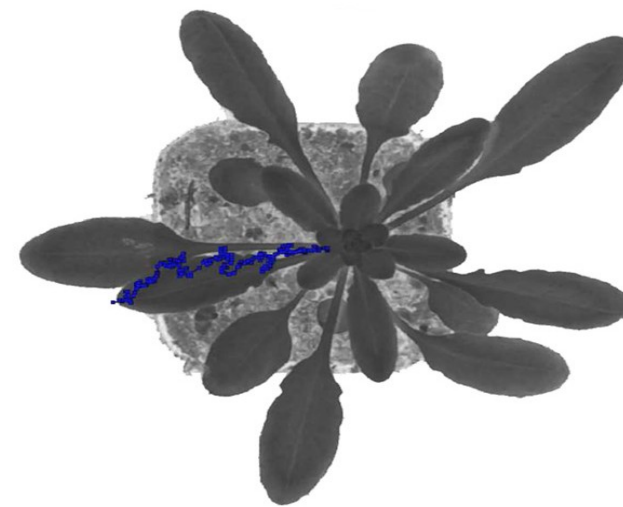
...

De nombreuses caméras existantes

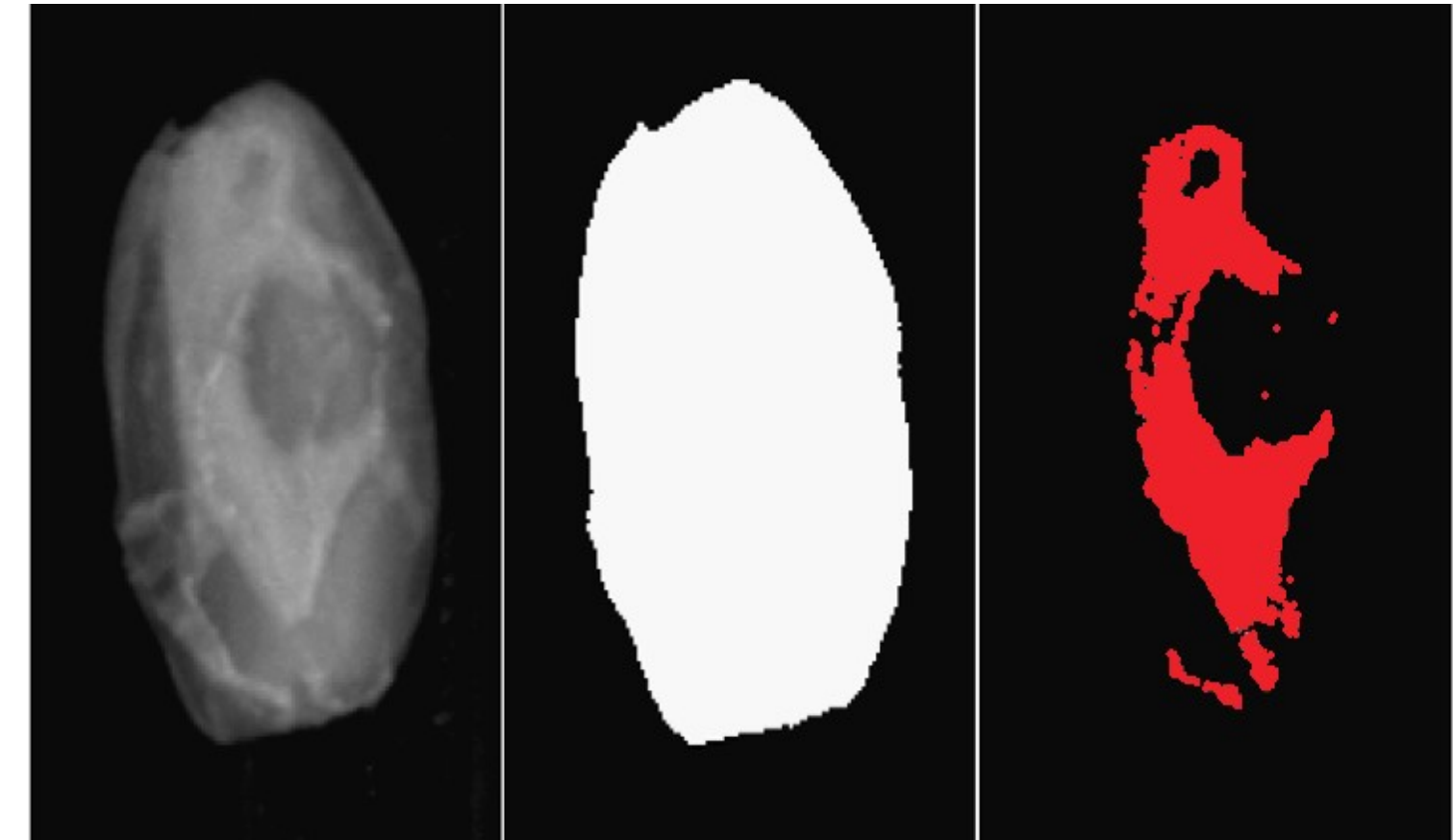
Les caméras proche infrarouge (NIR, SWIR)



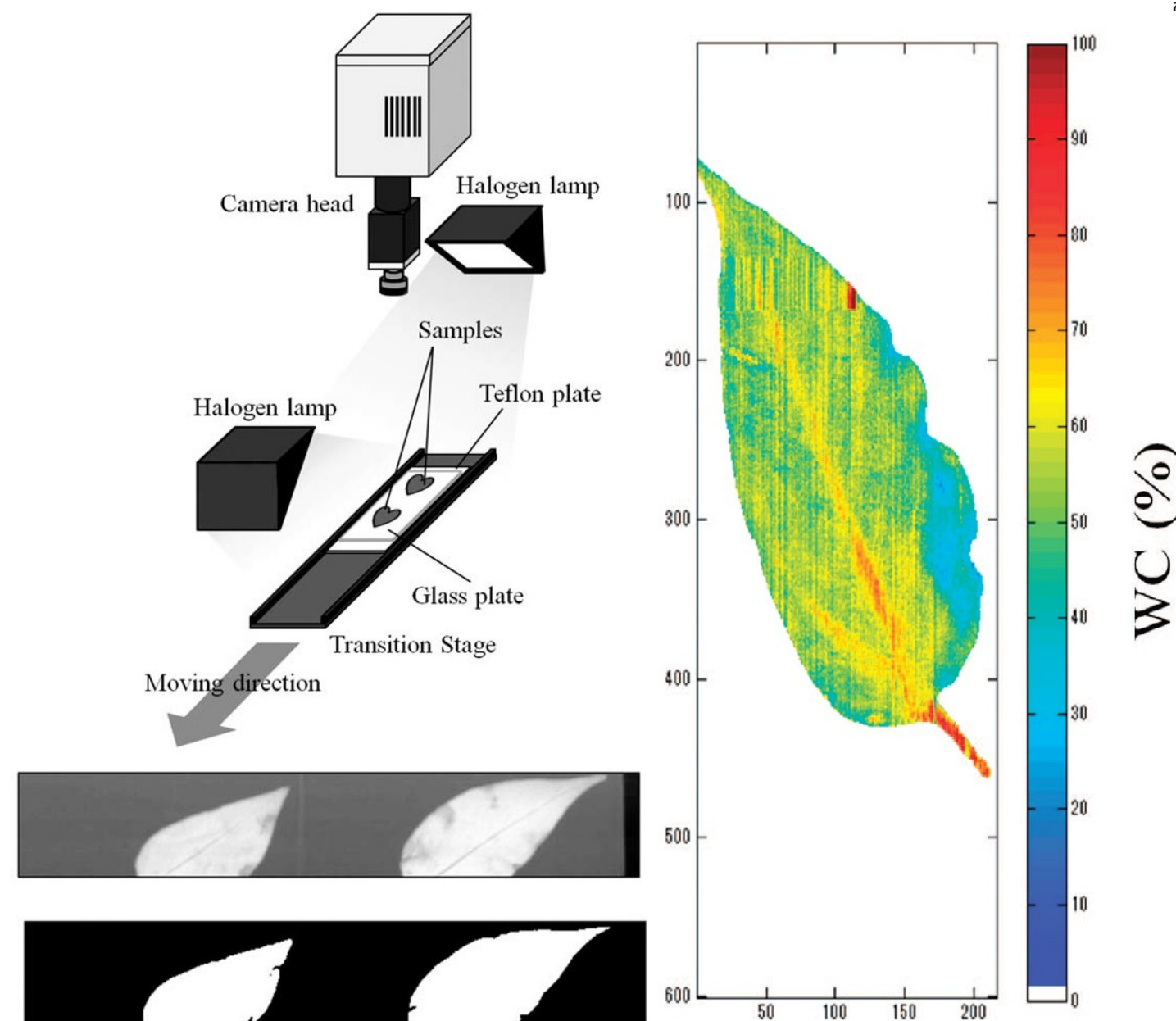
Extrait de Fiorani 2011



Extrait de Bours 2012



Extrait de Lee 2008



Extrait de Higa 2014

**Variation de la réflexion/transmission
en proche infrarouge :**

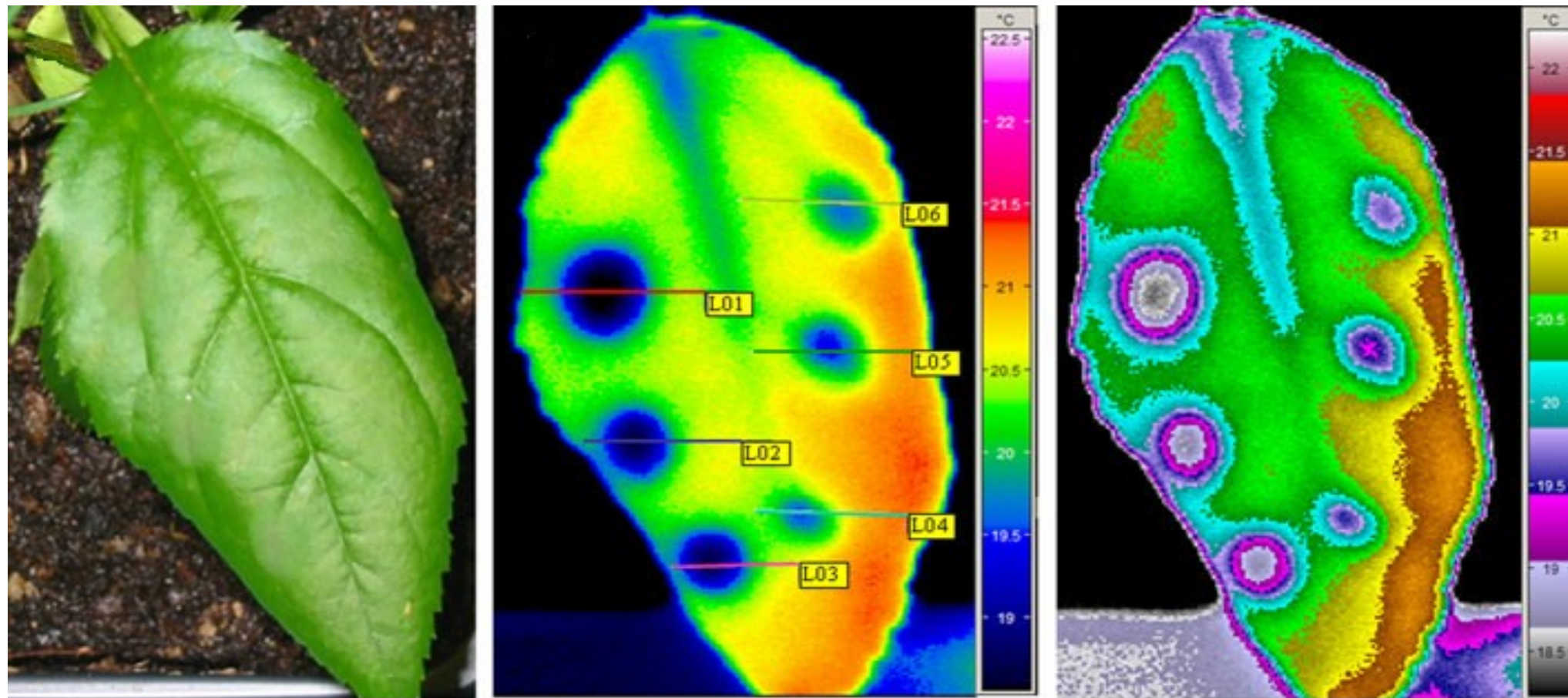
**Teneur en eau
Teneur en cellulose
Statut photosynthétique**

...

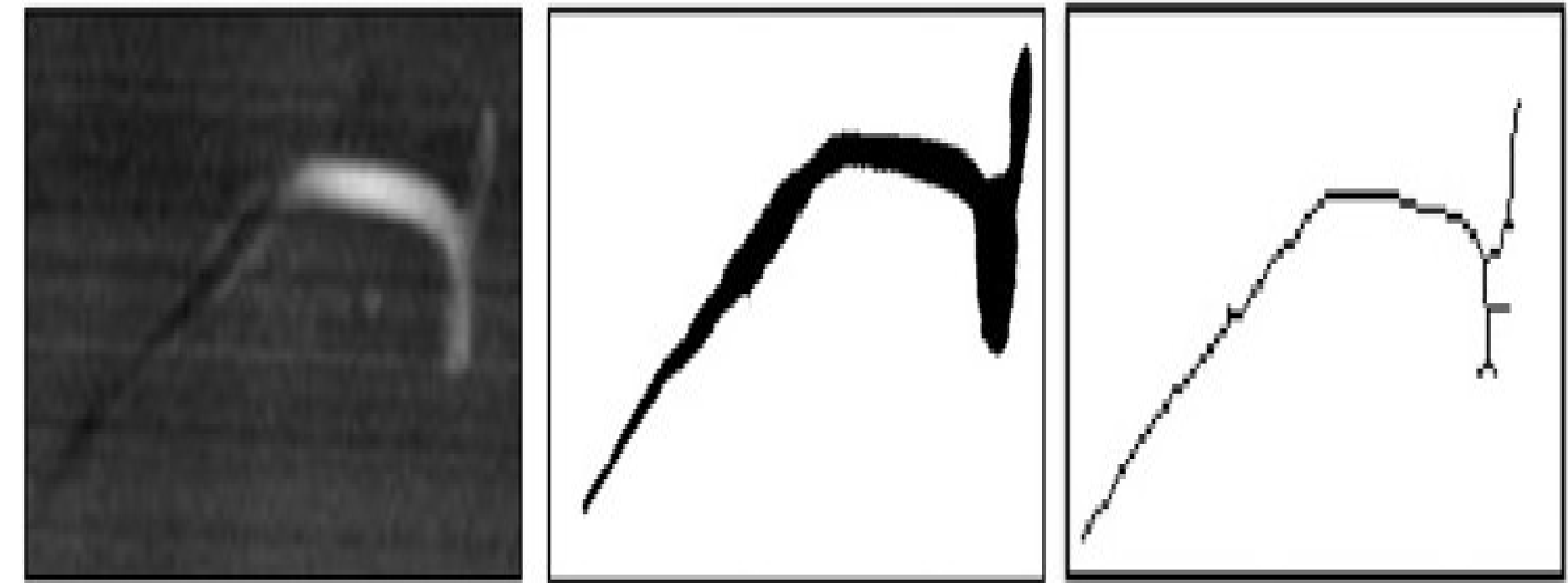
**Détection de défauts
Détection de maladies
...**

De nombreuses caméras existantes

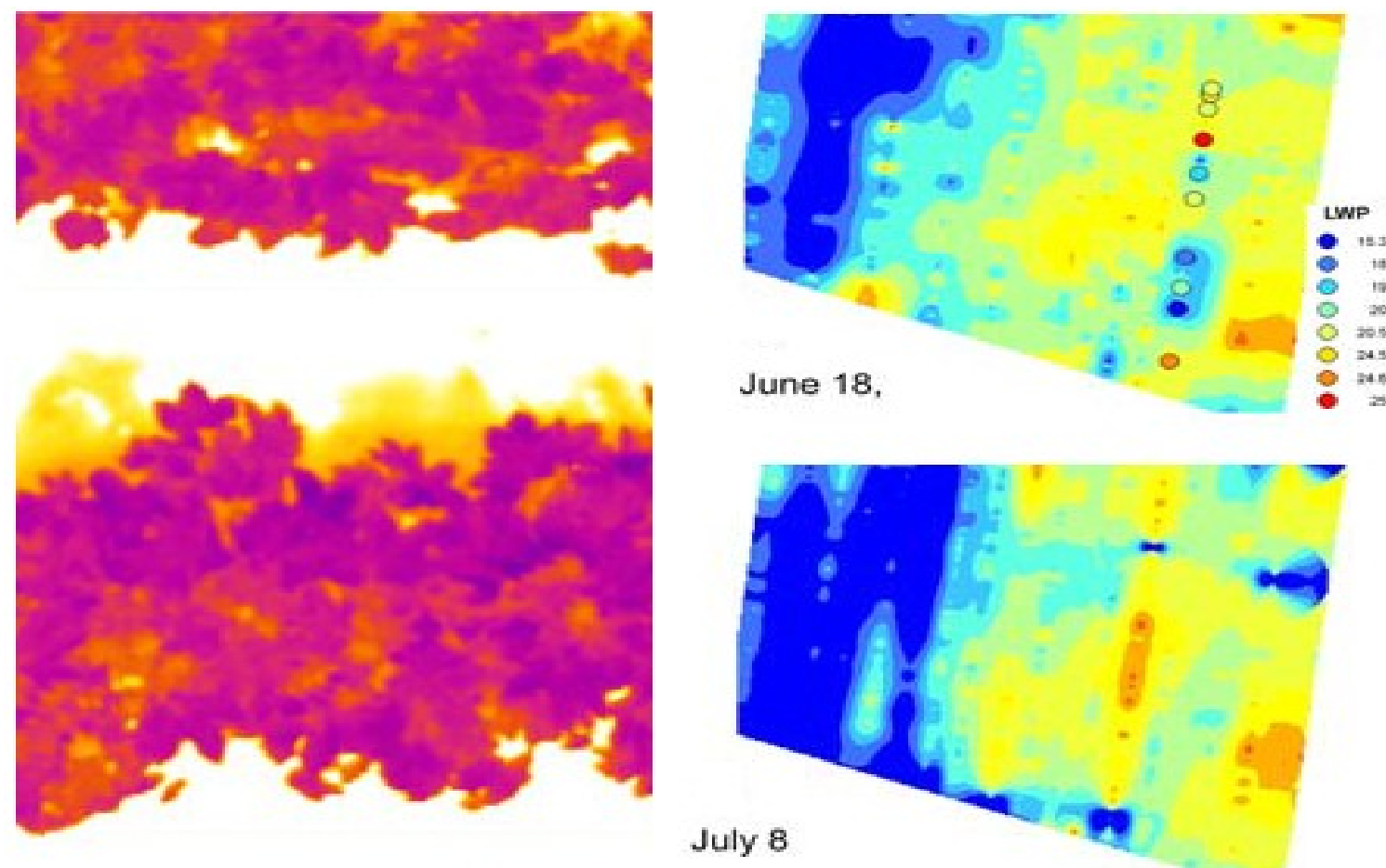
Les caméras infrarouge lointain (MWIR, LWIR)



Extrait de Oerke 2008



Extrait de Belin 2011



Extrait de Meron 2010

Variation des températures apparentes :

Température
Comportement stomatal
Capacité de chaleur

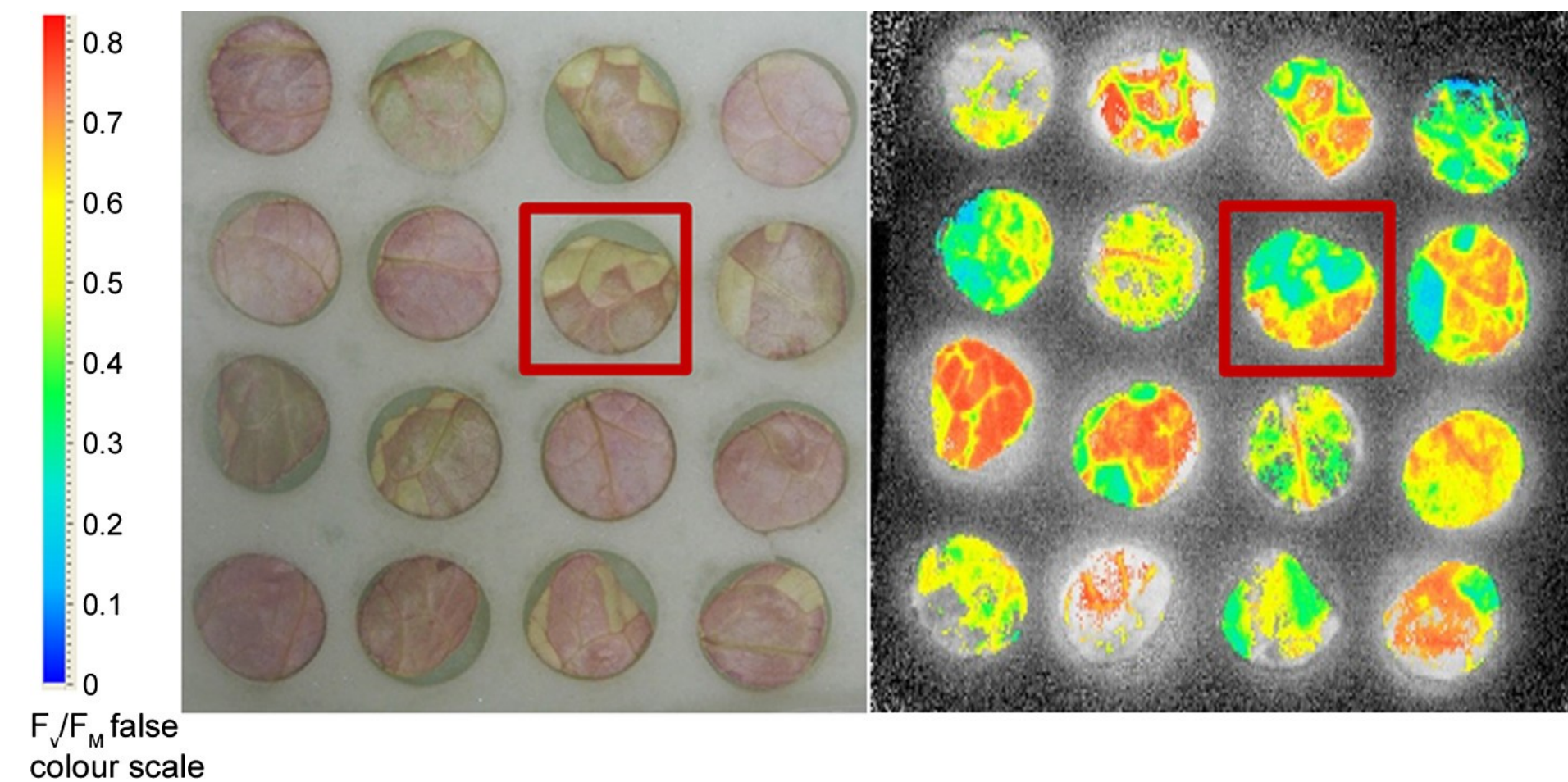
...

Sénescence
Détection de maladies
Épaisseur

...

De nombreuses caméras existantes

Les caméras de fluorescence (PAM, PEA, ...)

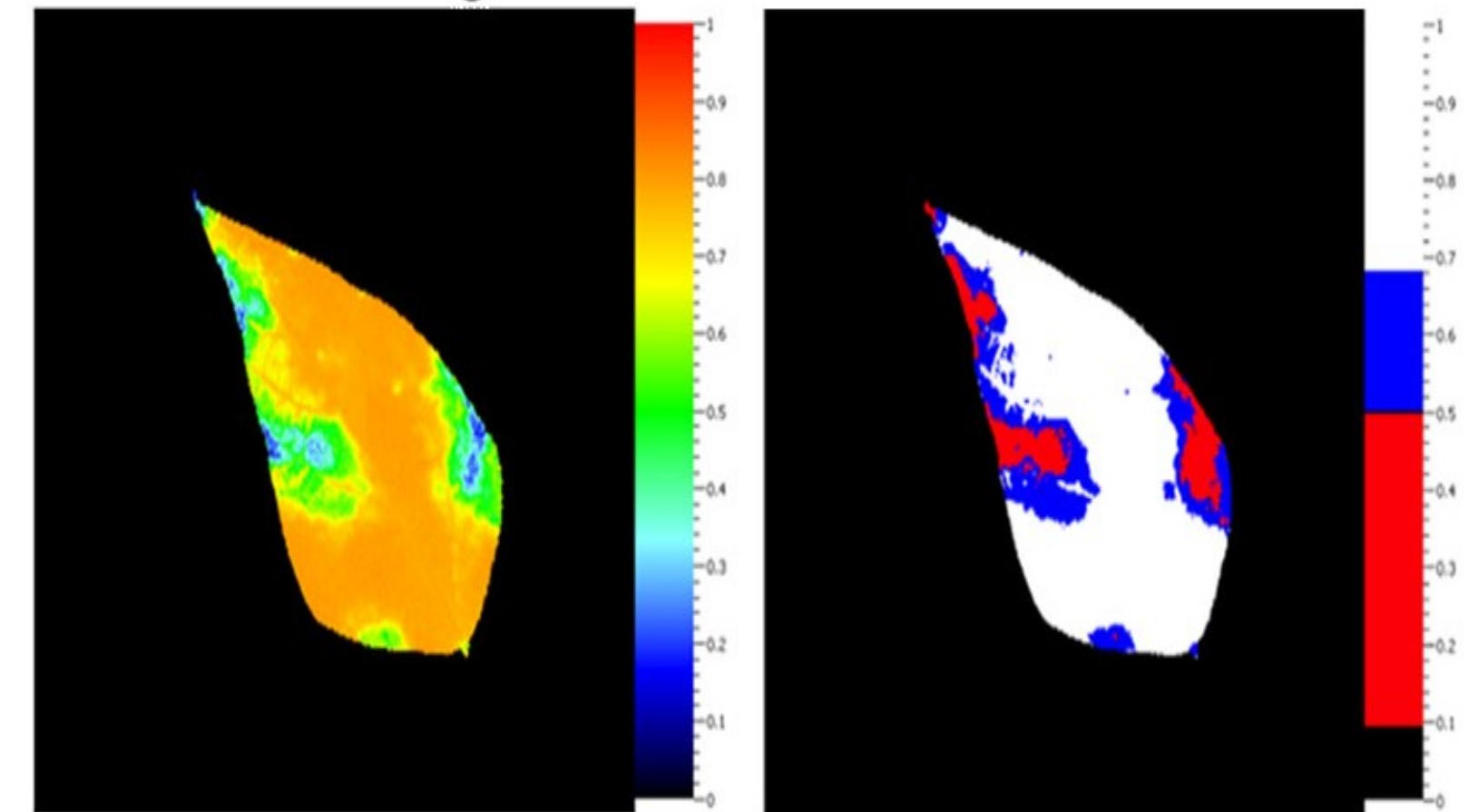


Extrait de Meron 2010

color image



F_v/F_m image



Extrait de Rousseau 2014



Extrait de Ben Gozlen 2010

Variation de l'émission de fluorescence :

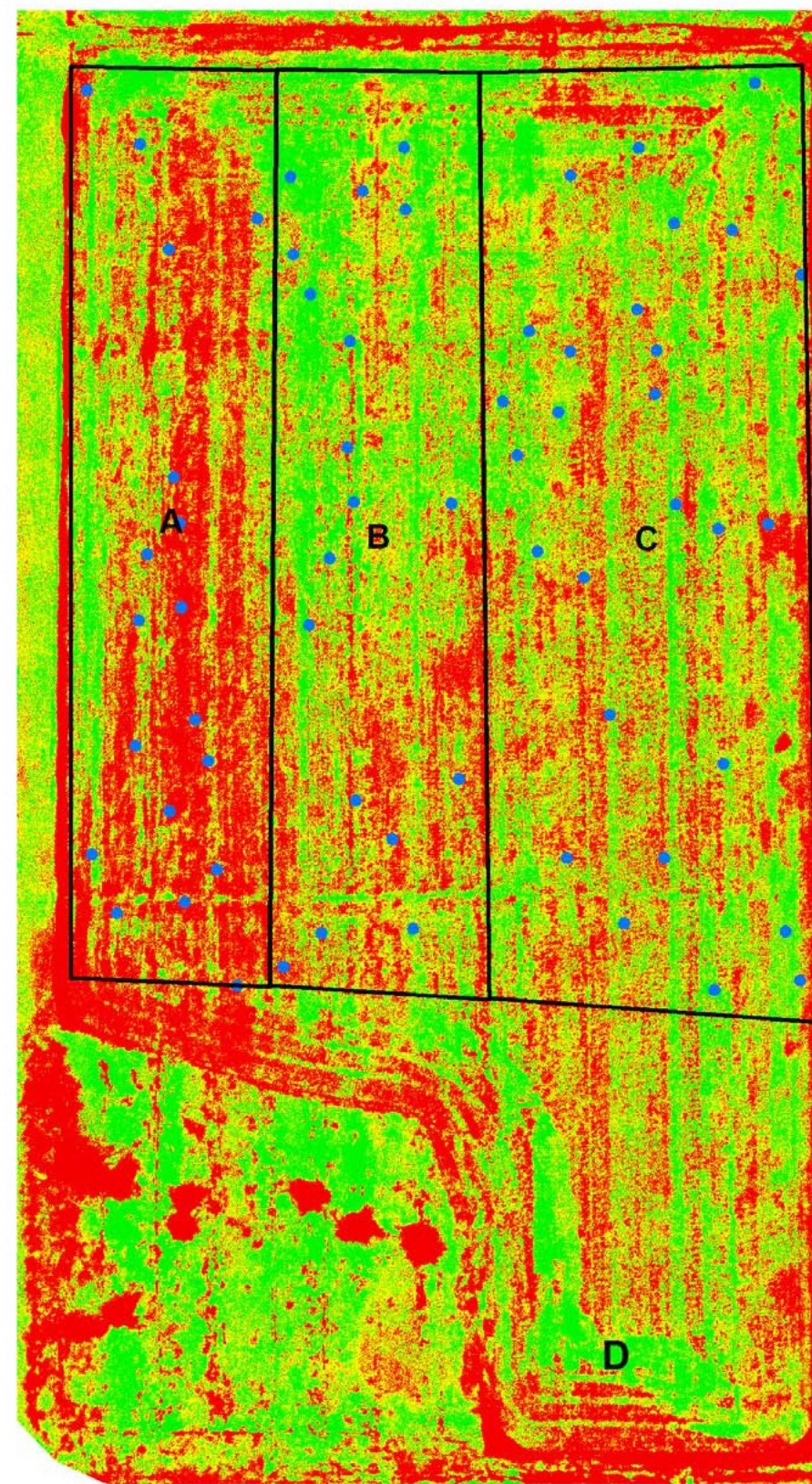
Statut photosynthétique
Assimilation en CO₂
Teneur en pigments

...

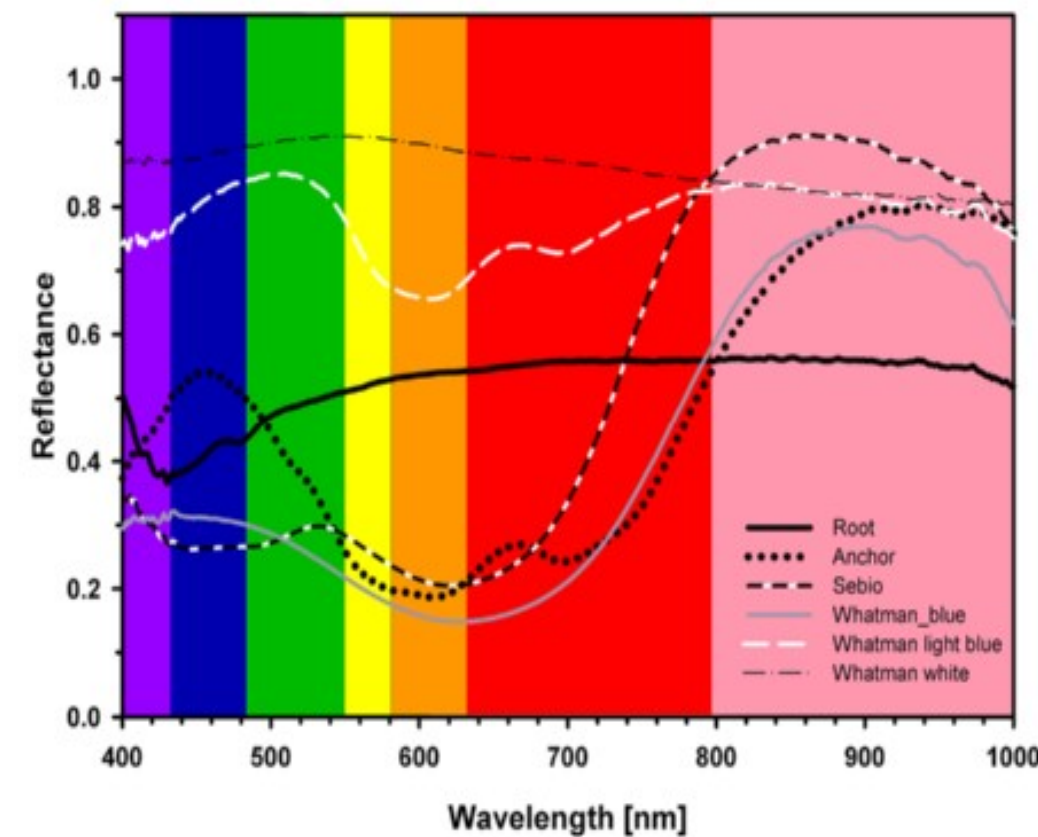
Teneur en nutriments
Détection de maladies
...

De nombreuses caméras existantes

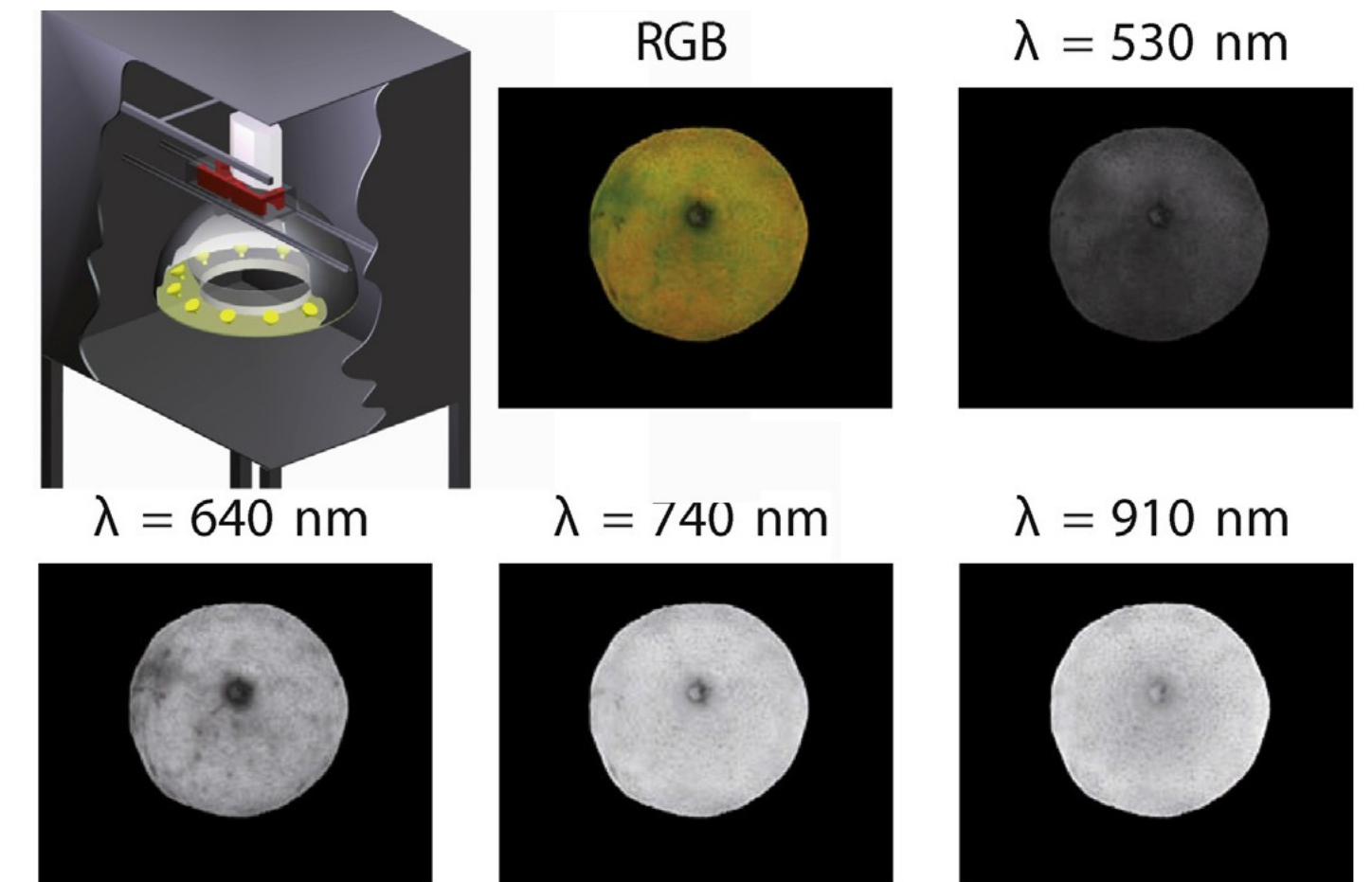
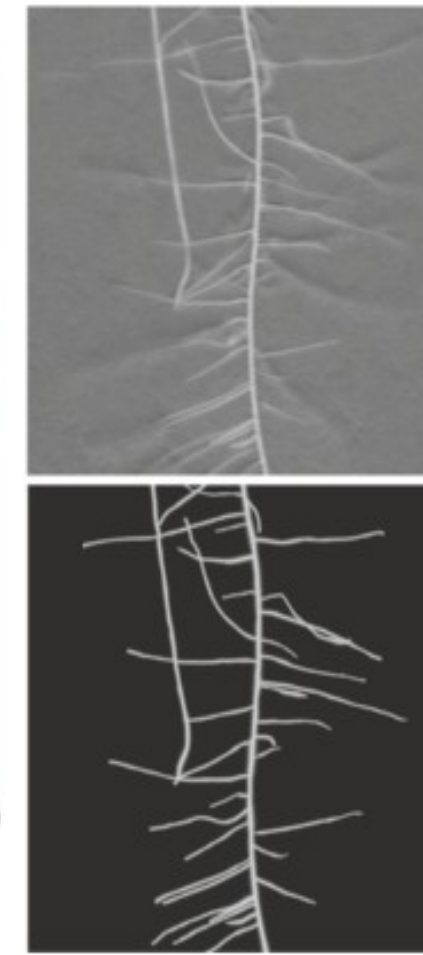
Les caméras multi/hyperspectrale



Extrait de Zhang 2014



Extrait de Le Marié 2014



Extrait de Gomez Sanchis 2014

Variation de la réflexion/transmission pour différentes bandes spectrales :

Obtenir simultanément différentes propriétés des caméras précédentes

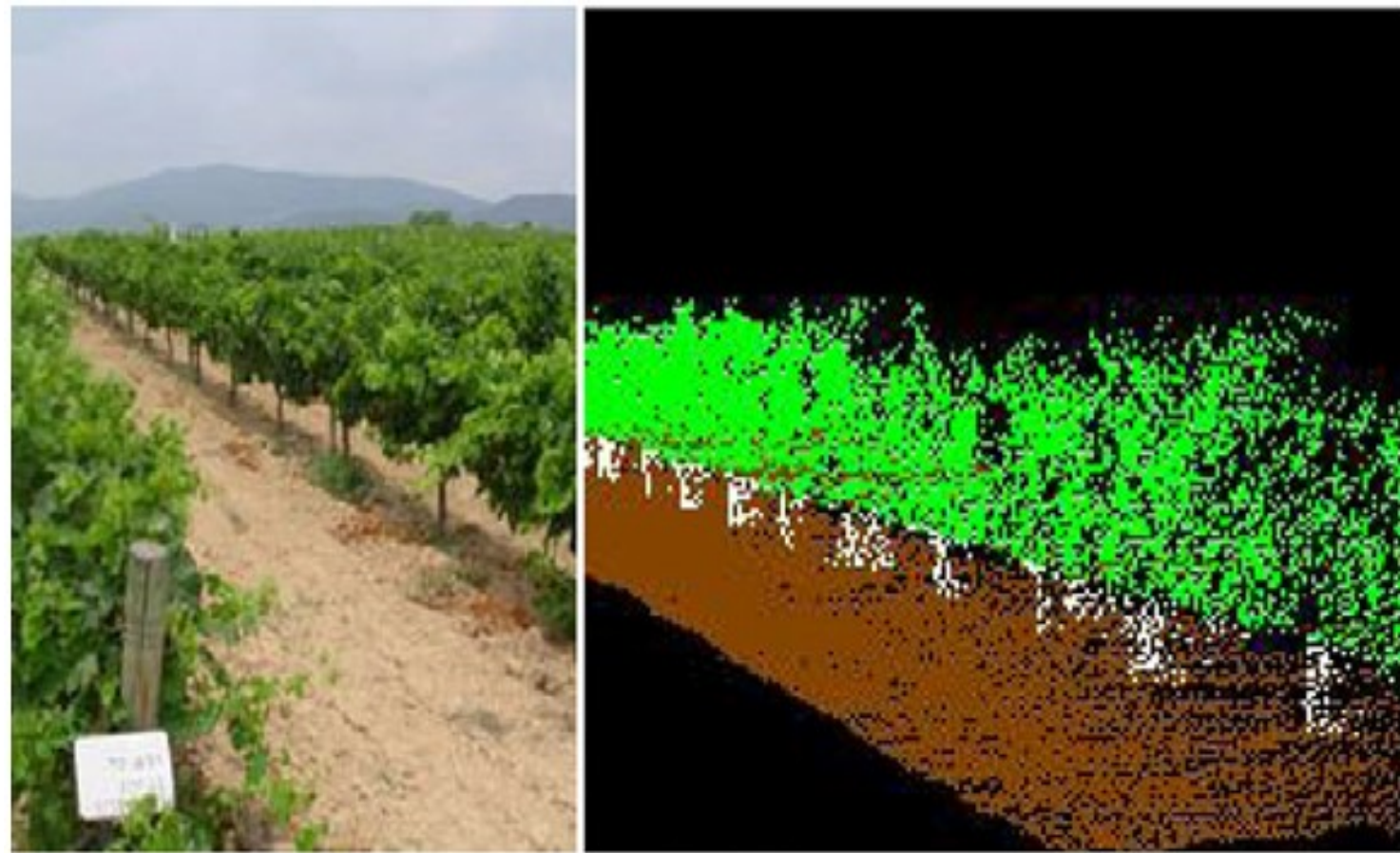
...

**Ratio entre bandes spectrales (nutriments, teneur en eau, ...)
Détecter des bandes spectrales adéquates**

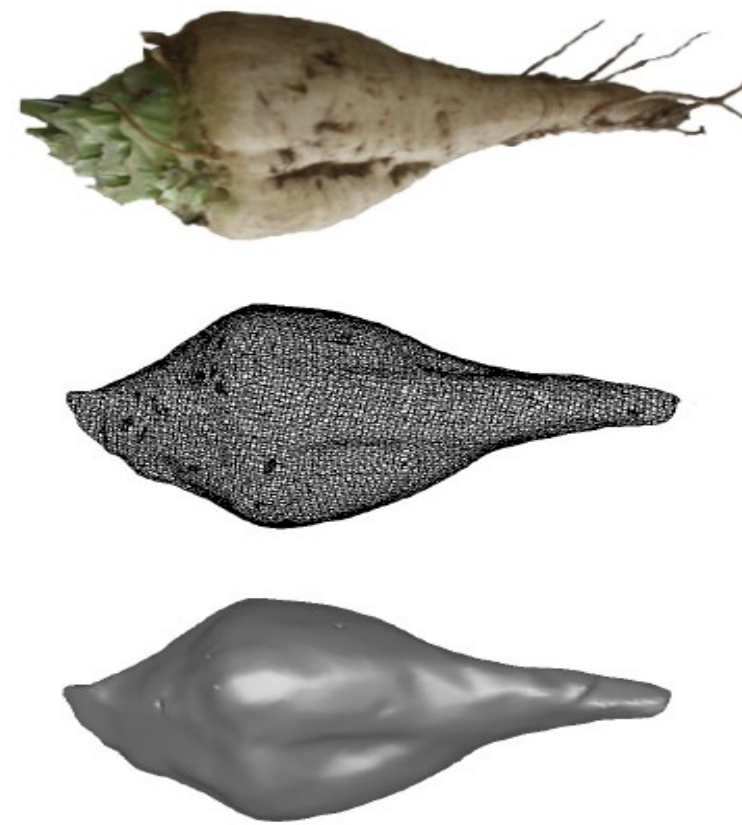
...

De nombreuses caméras existantes

Les caméras de profondeur (3D)



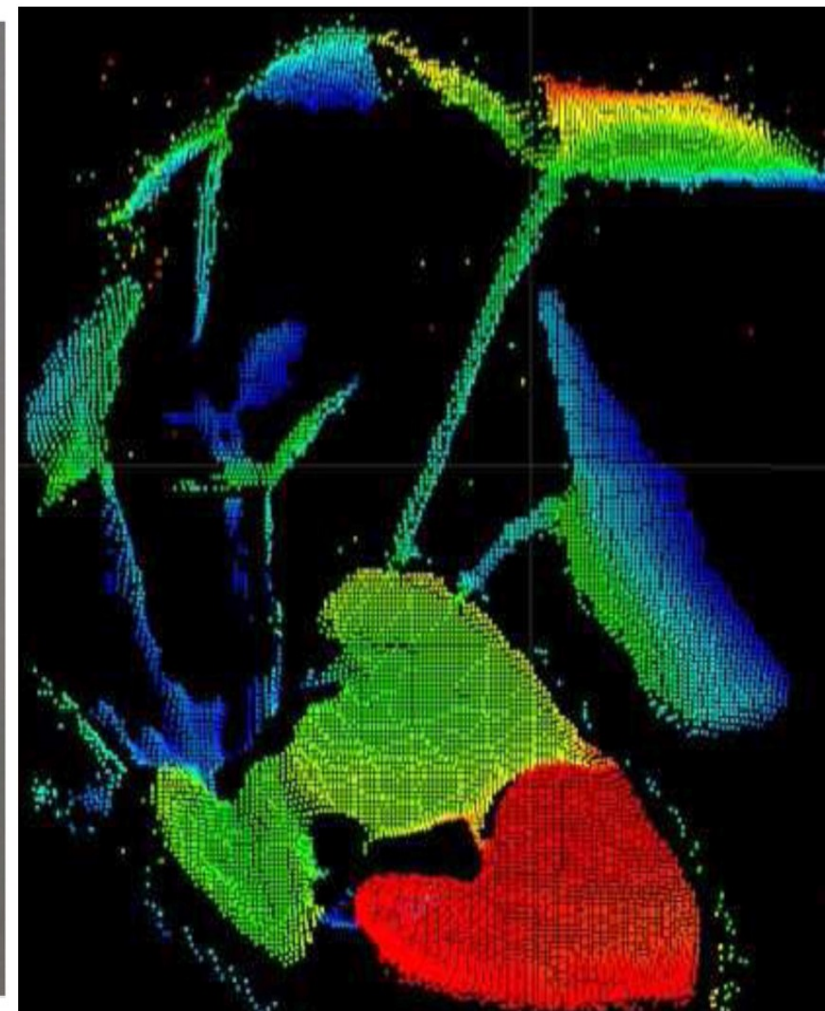
Extrait de Rossel 2012



Extrait de Wirth 2012



Extrait de Jay 2014



Extrait de Alenya 2014

**Variation en fonction de
la position dans l'espace :**

Hauteur globale ou organe
Largeur globale ou organe
Volume global ou organe
...

Forme
Densité
Position
...