

# Associations variétales : Identification variétale par mesures non destructives

Vincent Allard<sup>1</sup>, Martin Ecarnot<sup>2</sup>, Pierre Roumet<sup>2</sup>



<sup>1</sup> UMR 1095 Génétique, Ecophysiologie et Diversité des Céréales

<sup>2</sup> UMR 1334 Amélioration Génétique et Adaptation des Plantes Méditerranéennes et tropicales

# Identification variétale

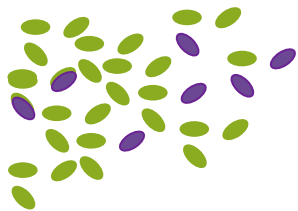
Besoin : des méthodes non destructives permettant de différencier les composantes de mélanges variétaux

## 1) En végétation



*Étudier la dynamique de surface foliaire  
absolue et relative des composantes*

## 2) Sur grains



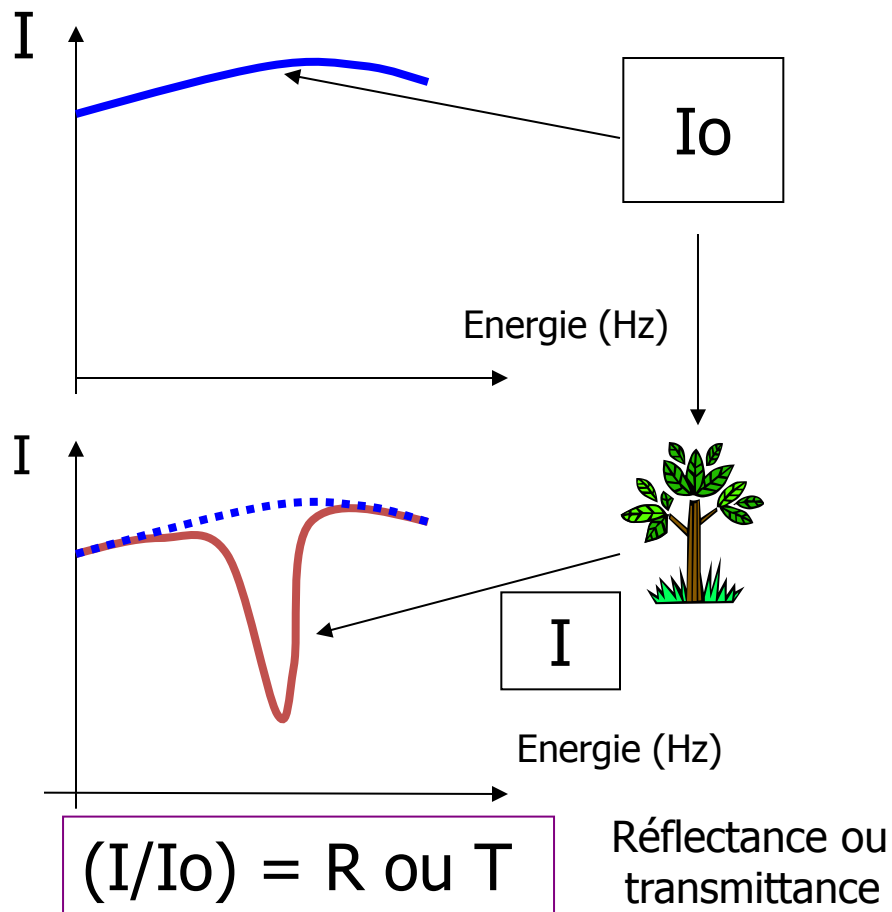
1-a) Calculer la proportion des composantes du mélange

1-b) Séparer des lots de grains des différentes composantes pour avoir accès à des variables spécifiques (PMG par composante etc ...)

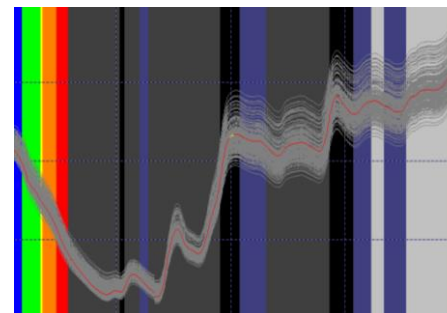
# Identification variétale

## Spectrométrie proche infrarouge

- Interaction lumière / matière



- Données spectrales & Propriétés de la matrice



Ex : lots de grains de blé dur

Variabilité spectrale :

- ✓ Propriétés biochimiques
- ✓ Physique de la matrice

Inférences ciblées : % N, H<sub>2</sub>O, PS  
....ou pas: Identifier une matrice particulière

# Identification variétale

## Spectroscopie : Identification de matrices particulières

- **Racines**

(Broyats)

- **Identification variétale (grains entiers)**

- Composante héritable dans la variabilité spectrale:

*Café & Soja ( $0.12 < H^2 < 0.98$ ) (Posada et al., 2009; Tavaud et al., 2009)*

- Céréales (mais aussi vigne, café)

An overview of the use of infrared spectroscopy and chemometrics in authenticity and traceability of cereals

D. Cozzolino \*

### Identification of Some Wheat Varieties by Near Infrared Reflectance Spectroscopy

Dominique Bertrand, Paul Robert and William Loisel<sup>a</sup>

Classification of Hard Red Wheat by Near-Infrared Diffuse Reflectance Spectroscopy

STEPHEN R. DELWICHE<sup>1</sup> and KARL H. NORRIS<sup>2</sup>

New  
Phytologist

Research

#### Methods

Quantifying species composition in root mixtures using two methods: near-infrared reflectance spectroscopy and plant wax markers

Catherine Roumet<sup>1</sup>, Catherine Picot-Cochard<sup>2</sup>, Lorna A. Dawson<sup>3</sup>, Richard Joffre<sup>1</sup>, Robert Mayes<sup>3</sup>, Alain Blanchard<sup>1</sup> and Mark J. Brewer<sup>1</sup>

Discrimination of European wheat varieties using near infrared reflectance spectroscopy

Carlos Miralbés \*

### Identification of wheat classes using wavelet features from near infrared hyperspectral images of bulk samples

R. Choudhary, S. Mahesh, J. Paliwal, D.S. Jayas\*

Classification of sound and stained wheat grains using visible and near infrared hyperspectral image analysis

M. Berman,<sup>a</sup> P.M. Connor,<sup>b</sup> L.B. Whitbourn,<sup>b</sup> D.A. Coward,<sup>b</sup> B.G. Osborne<sup>c,\*</sup> and M.D. Southan<sup>c</sup>



Questionnements : traçabilité/ classification  
Approches : Lots / grain à grain;

# Identification variétale

## Propriétés spectrales & identification des composantes d'un mélange

- **Mélanges post récolte (grains) : qualification des lots**

- ✓ Traçabilité/ contrôle

*Cultures mono génotypes : Propriétés de chaque génotype = traceurs*

*Qualification : présence / absence*

*Quantification: Proportion relative*

- **Mélanges variétaux : Contribution des composantes dans un mélange**

- ✓ Valider / invalider hypothèses: complémentarité de niche / sélection de parentèle
- ✓ Optimiser la composition d'un mélange variétal

*Cultures pluri génotypiques : Interactions  $g*g$*

*Signatures génotypiques utilisables ?*

**Difficulté croissante d'utilisation du signal spectral....**

# Identification variétale

## Résultats préliminaires sur les potentialités de la spectroscopie VIS-NIR

### Identifier des signatures génotypiques pour retrouver les composants d'un mélange

- Grains (individuels et en lots)
- Feuilles en cours de végétation

Spectromètre classique,  
Couplés à des imageurs (Cameras Videometer® / Hyspec Neo®)

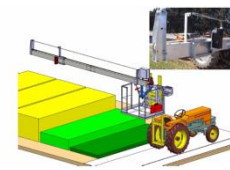


Figure 2.3: Prototype développé par le Cemagref en collaboration avec le CNRS.

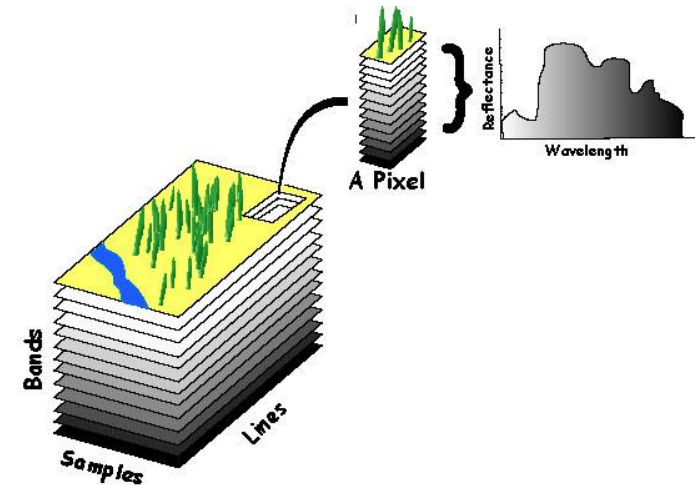
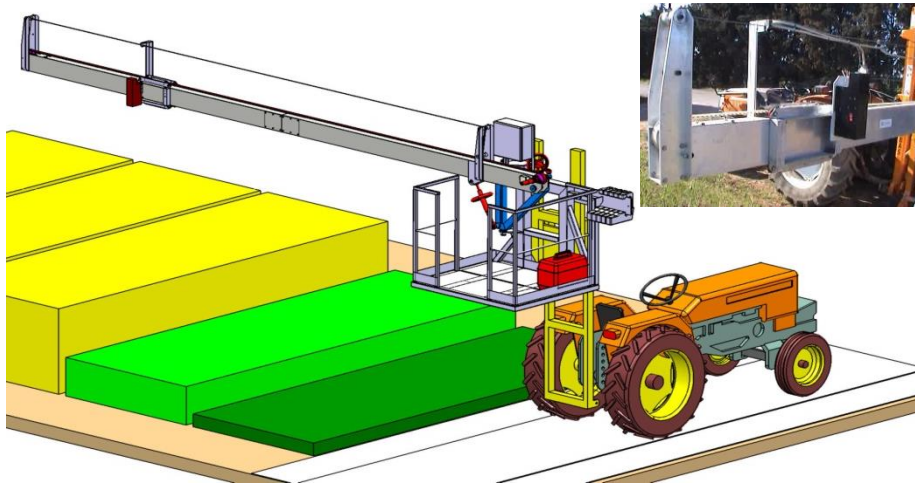
### Mélanges variétaux ; signatures génotypiques et interaction g\*g

- Lots de grains
- Acquisitions : spectromètre classique



# Différencier les composantes en végétation

## Imagerie Hyperspectrale





# Différencier les composantes en végétation

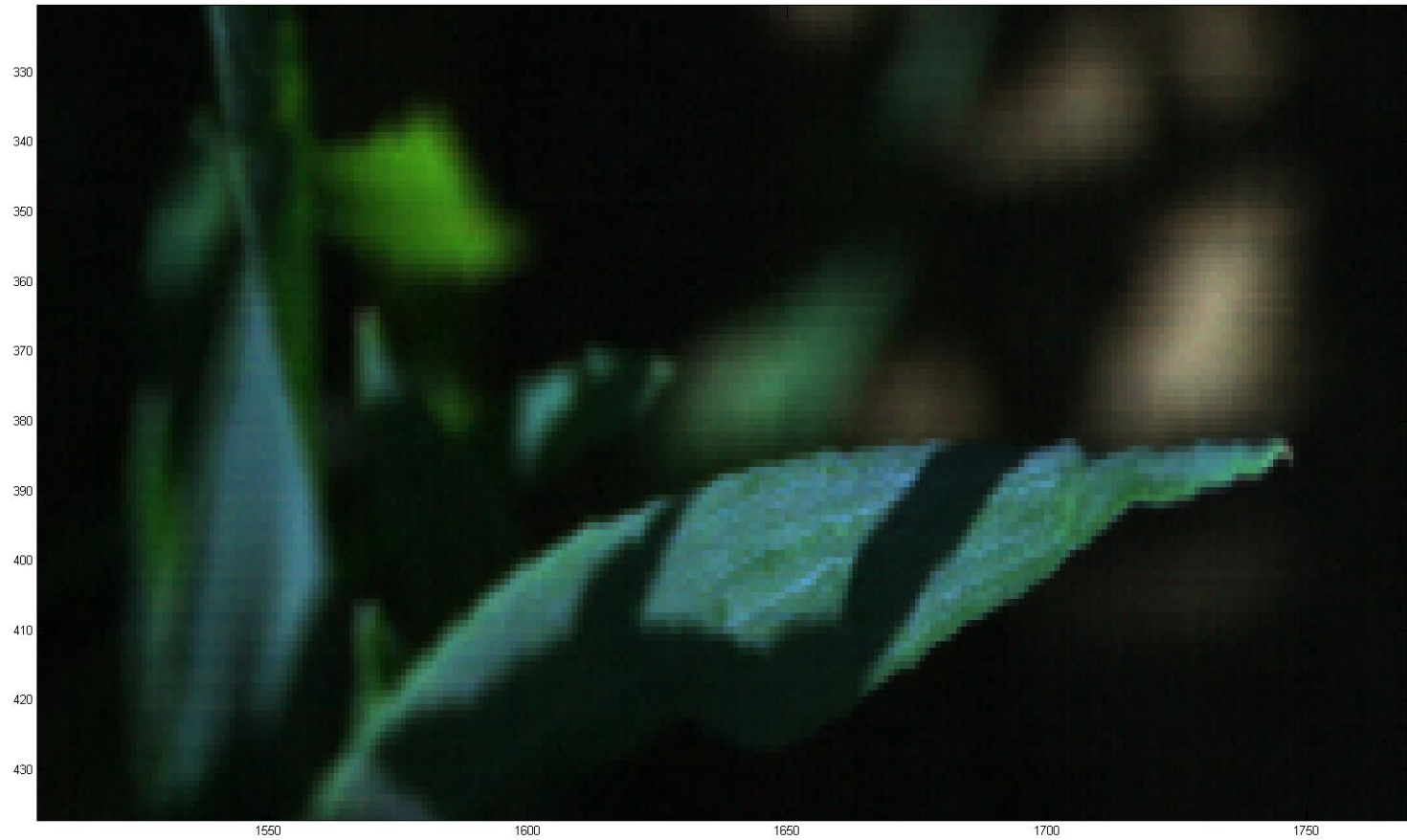
## Imagerie Hyperspectrale





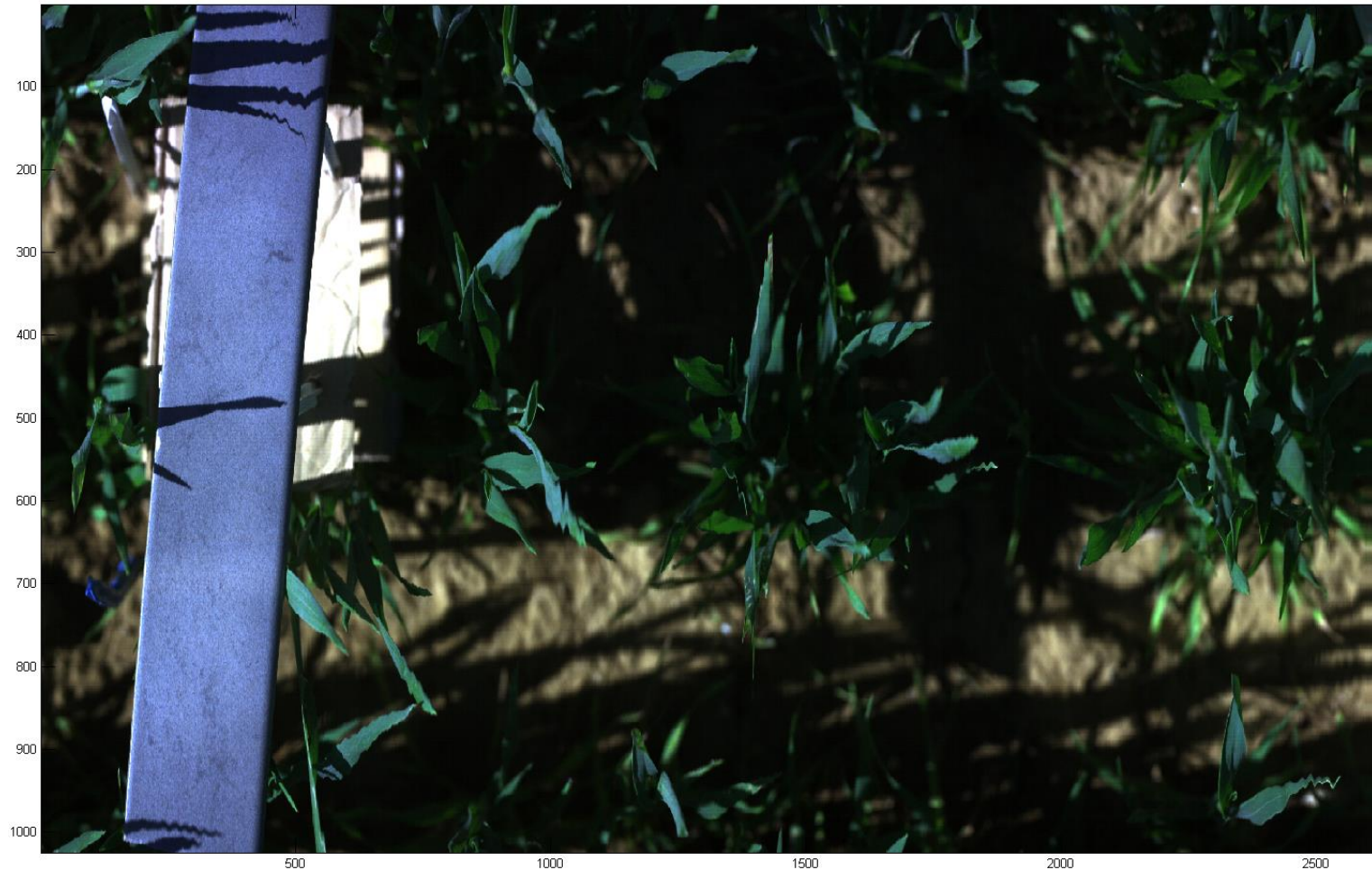
# Différencier les composantes en végétation

## Imagerie Hyperspectrale



# Différencier les composantes en végétation

## Imagerie Hyperspectrale



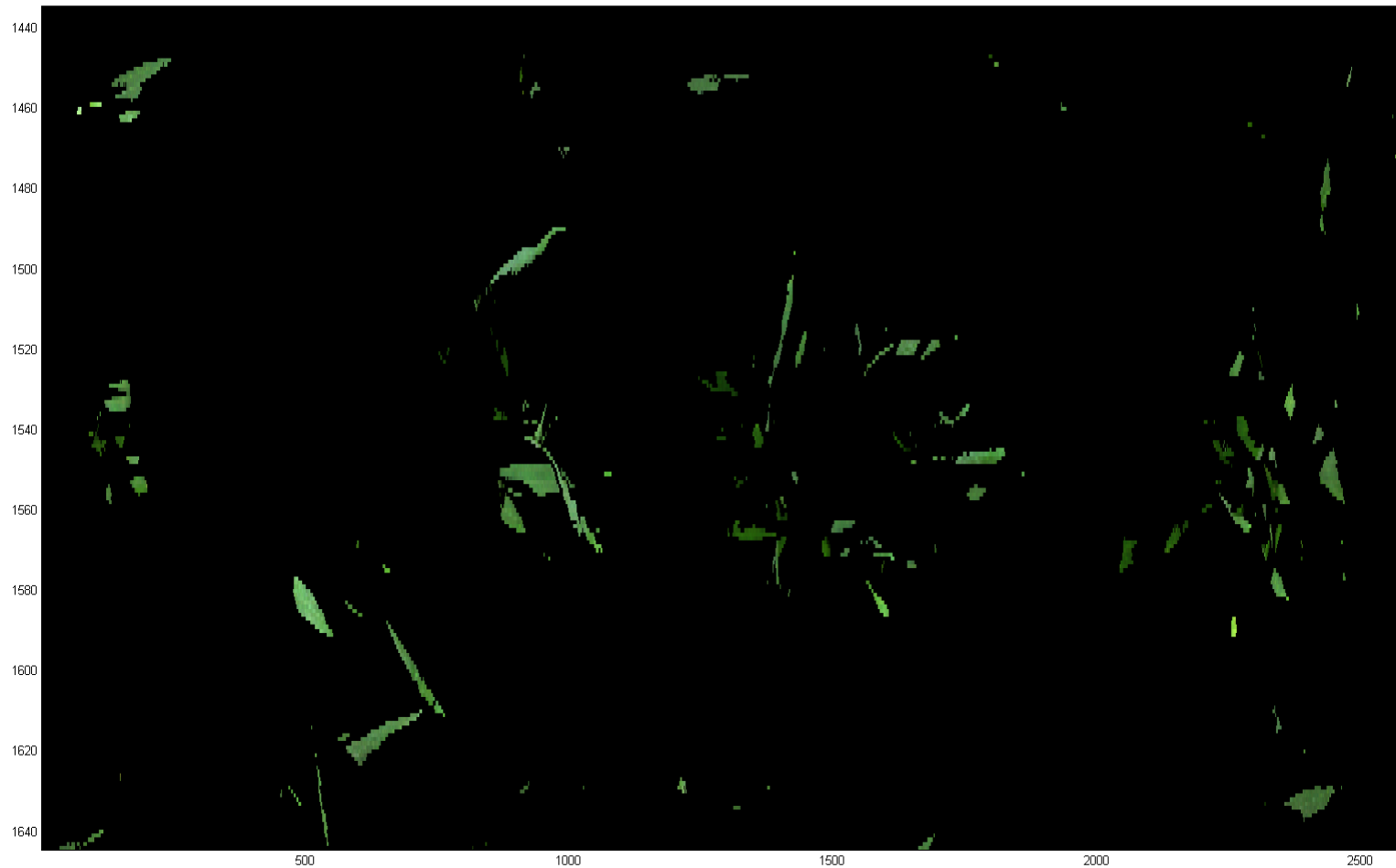
# Différencier les composantes en végétation

## Imagerie Hyperspectrale



# Différencier les composantes en végétation

## Imagerie Hyperspectrale



# Différencier les composantes en végétation

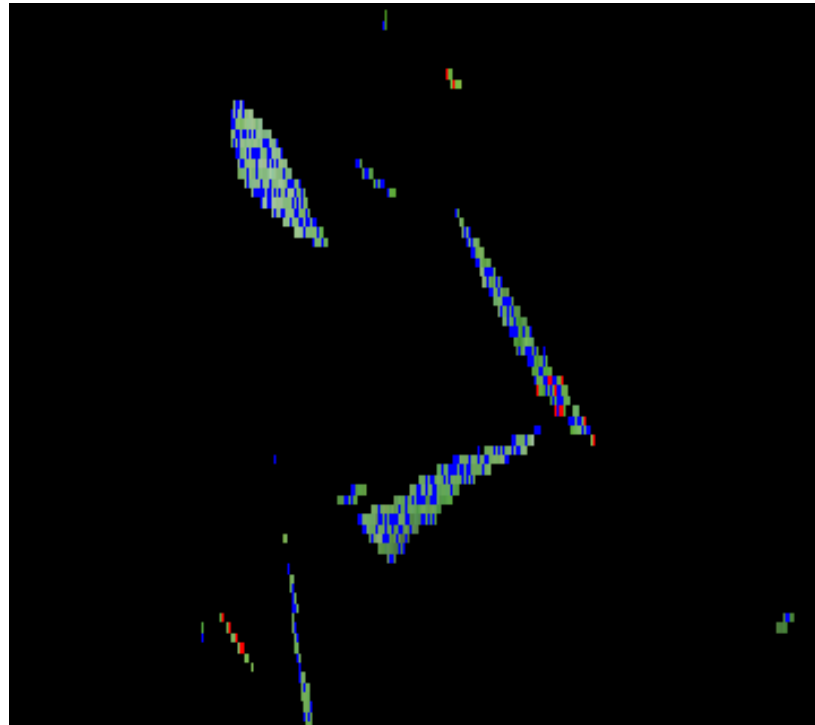
## Discrimination de 2 variétés

CapHorn et Hysun en cultures pures

### Méthode 1 :

Etalonnage : 2/3 des pixels de feuille sont tirés aléatoirement dans toute l'image

Application: 1/3 restant



# Différencier les composantes en végétation

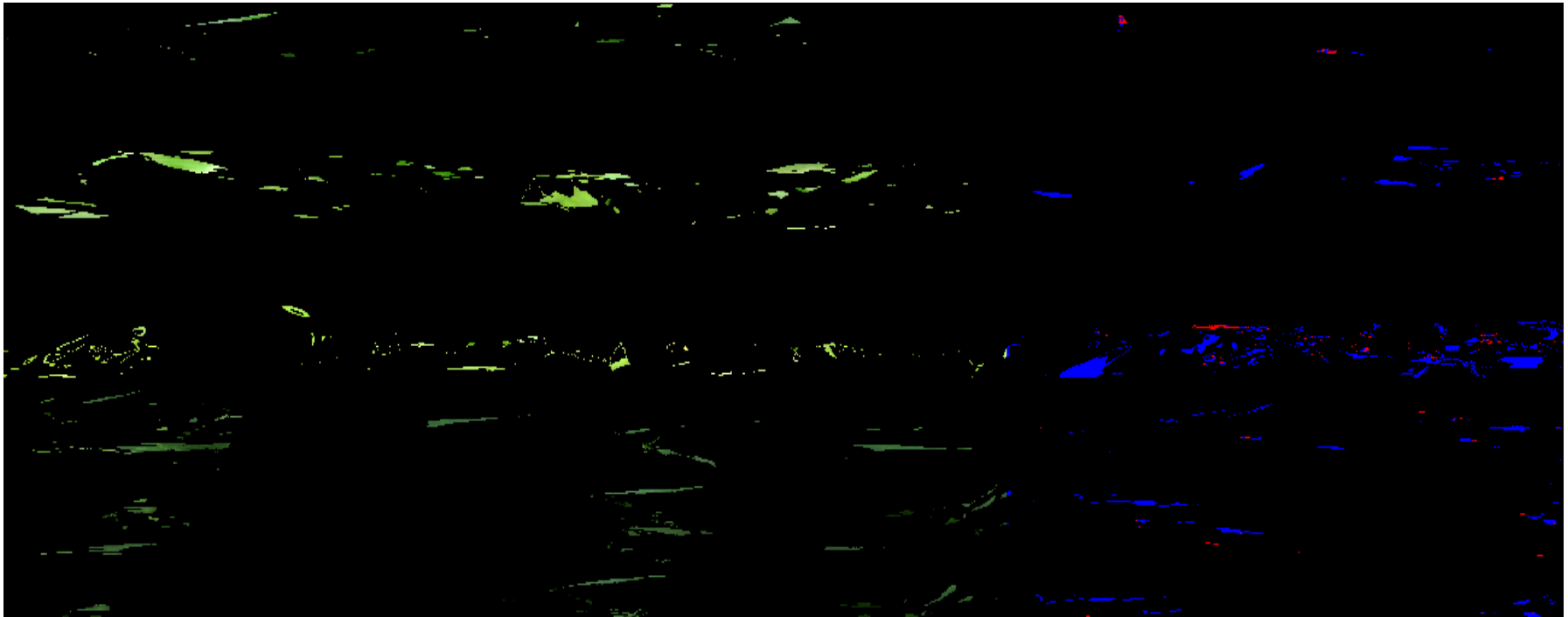
## Discrimination de 2 variétés

CapHorn et Hysun en cultures pures

**Méthode 2 :**

Etalonnage : A gauche de l'image

Application : A droite de l'image



# Différencier les composantes en végétation

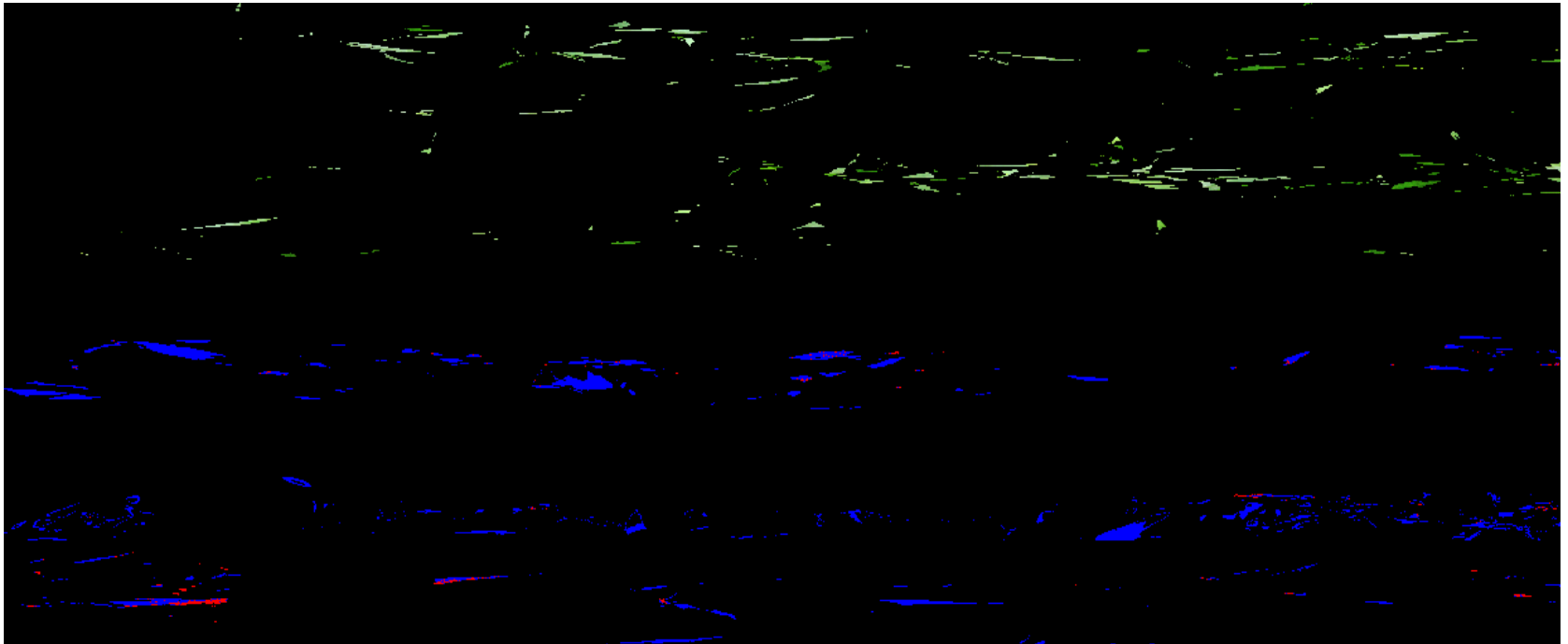
## Discrimination de 2 variétés

CapHorn et Hysun en cultures pures

### Méthode 3 :

Etalonnage : Sur une répétition

Application : Sur l'autre répétition





# Différencier les composantes en végétation

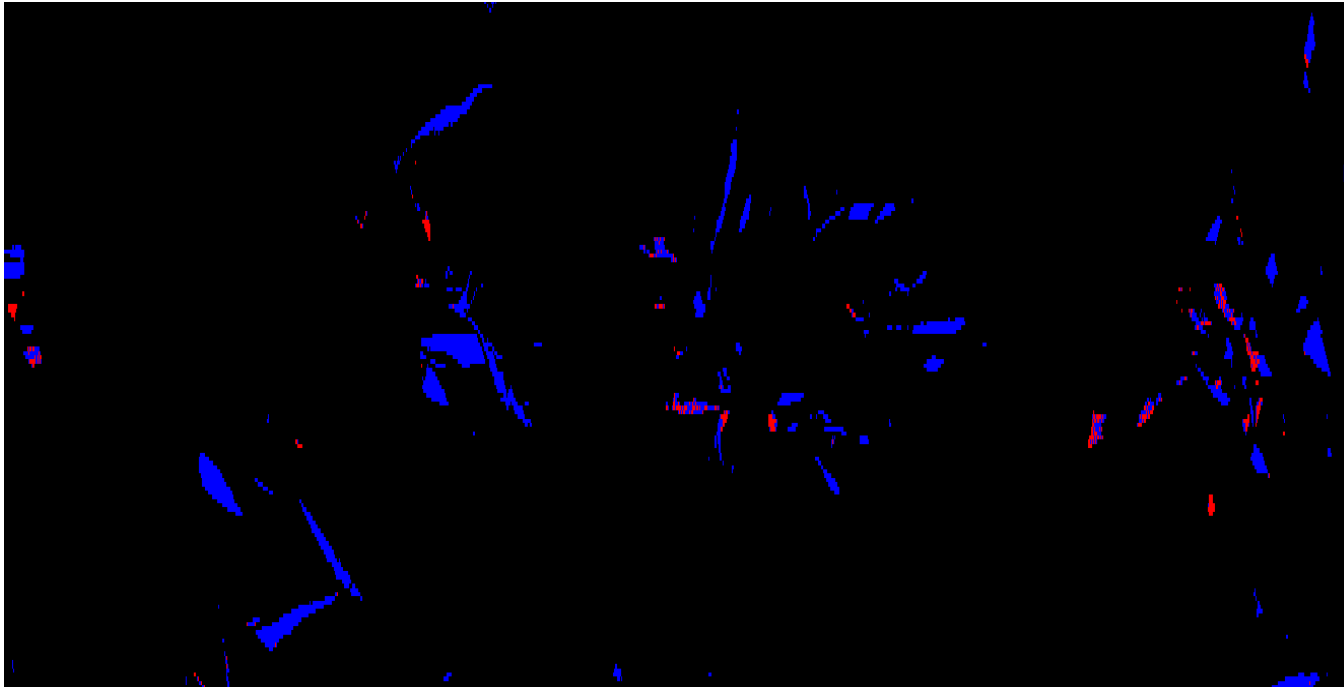
## Discrimination de 2 variétés

CapHorn et Hysun en cultures pures

**Méthode 3 :**

Etalonnage : Sur une répétition

Application : Sur l'autre répétition



# Différencier les composantes en végétation

## Discrimination de 2 variétés



CapHorn et Hysun en cultures pures

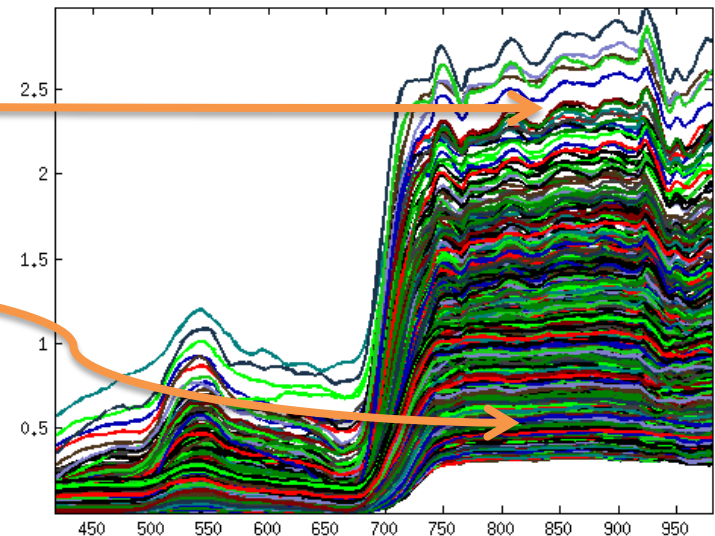
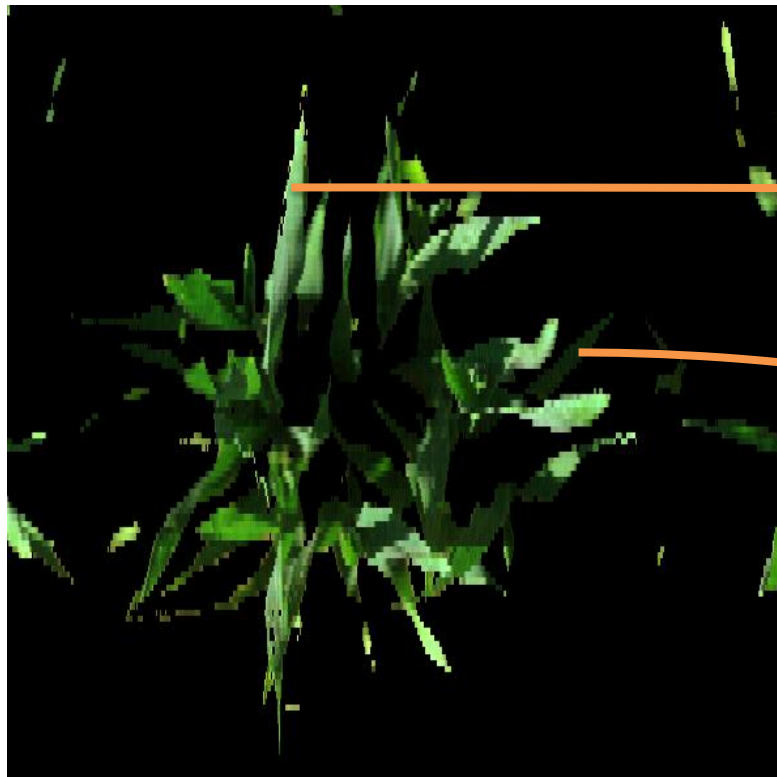
3 dates de mesure:                      10 mars (Montaison)  
   02 avril (Epi 1 cm)  
   30 avril (épiaison)

Date	Pourcentage de pixels bien classés (n composantes)		
	M1	M2	M3
10/03	<b>85.8</b> 13	<b>79.0</b> 7	<b>66.2</b> 3
02/04	<b>88.3</b> 10	<b>83.0</b> 10	<b>66.3</b> 1
30/04	<b>91.7</b> 7	<b>89.2</b> 6	<b>81.3</b> 1

# Différencier les composantes en végétation

## Limites de la méthode

Sensibilité de la méthode à l'éclairement



# Différencier les composantes en végétation

## Limites de la méthode

Sensibilité de la méthode à l'éclairement

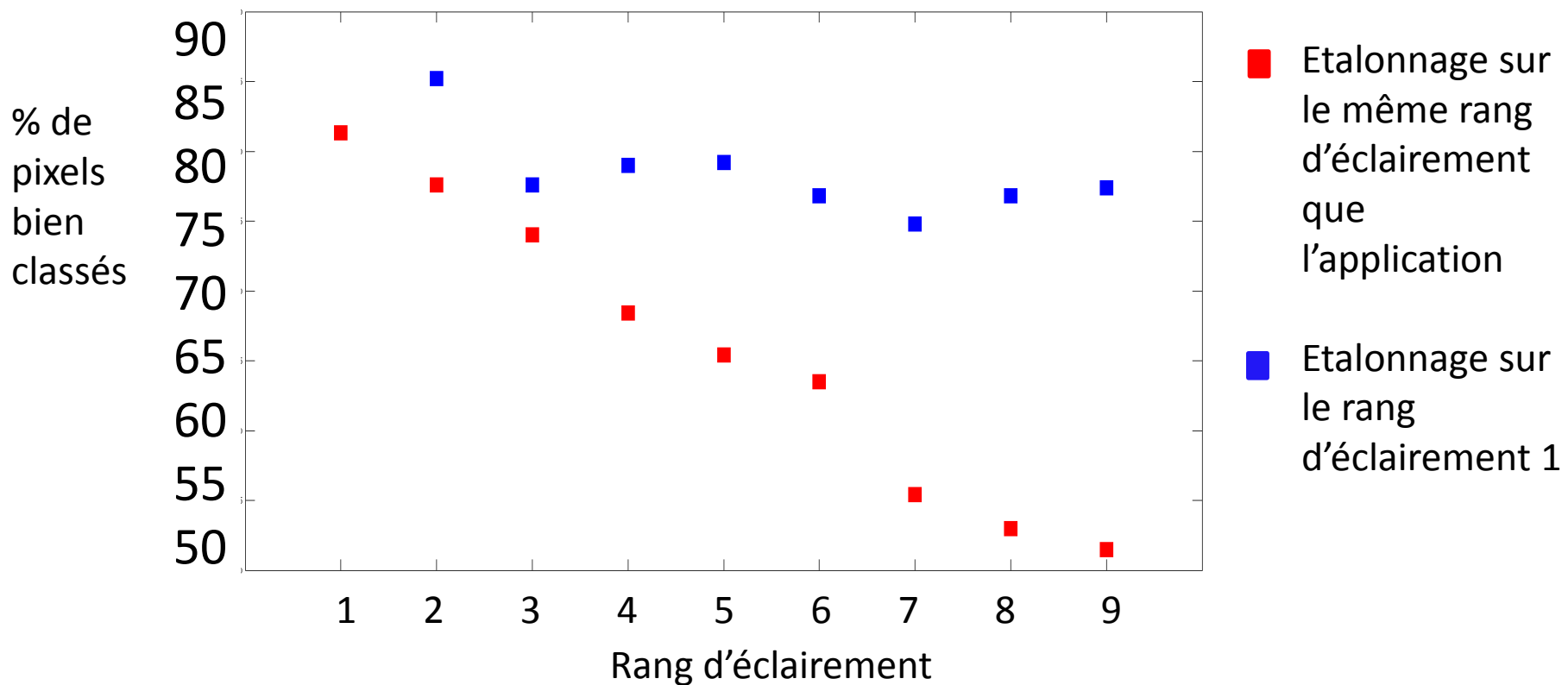
Date	Pixels les + éclairés	Pourcentage de pixels bien classés (n composantes)		
		M1	M2	M3
30/04	10000 pix	<b>91.7</b> <sub>7</sub>	<b>89.2</b> <sub>6</sub>	<b>81.3</b> <sub>1</sub>
30/04	100000 pix	<b>86.8</b> <sub>17</sub>	<b>78.1</b> <sub>4</sub>	<b>68.1</b> <sub>8</sub>

# Différencier les composantes en végétation

## Limites de la méthode

Sensibilité à l'éclairement

Application sur les rangs d'éclairement inférieurs (Méthode M3)



# Différencier les composantes en végétation

## Limites de la méthode

Portabilité de la discrimination **entre les dates**

Etalonnage sur les images du 30/04, appliqué sur les dates 10/03 et 02/04

-> Ne marche pas : pixels bien classé < 50 %

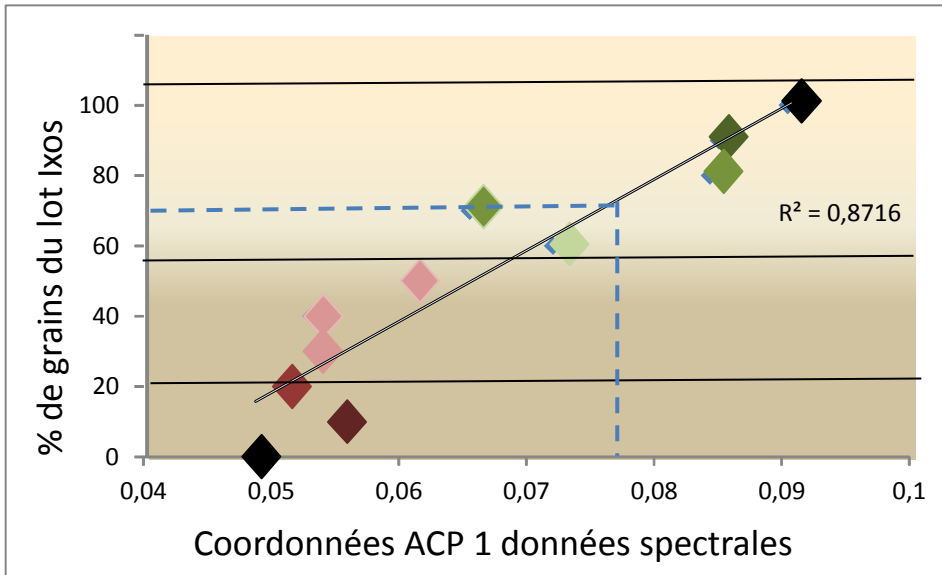
Assemblage des 3 dates :

M1	M2	M3
71.0 5	65.4 5	55.4 5

# Identification variétale

## Propriétés spectrales & identification des composantes d'un mélange

Mélange de grains post récolte : collecte spectrale par lot  
2 variétés de blé dur .



1. Courbe étalonnage correcte : Proportionnalité entre propriétés spectrales et % de Ixos
2. Identifier le % de grains de Ixos

- Quelle est la différence spectrale minimale requise entre les composantes ?
- Robustesse de la relation; spectres sur des lots cultivés dans le même site : Généralisation de cette relation à des échelles géographiques plus larges ? (Signature génotypique non environnement dépendante)



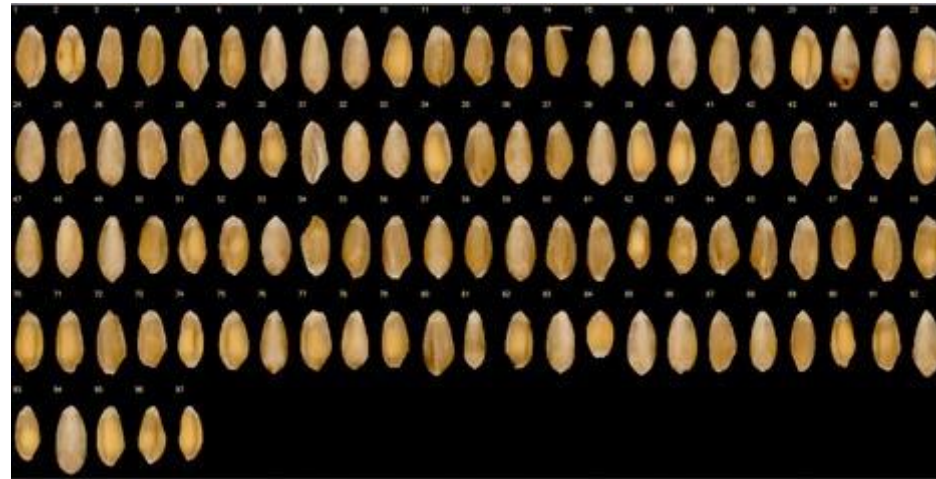
# Calculer la proportion des composantes dans un mélange de grains



*Prise d'image avec une  
caméra multispectrale  
VideometerLab3*

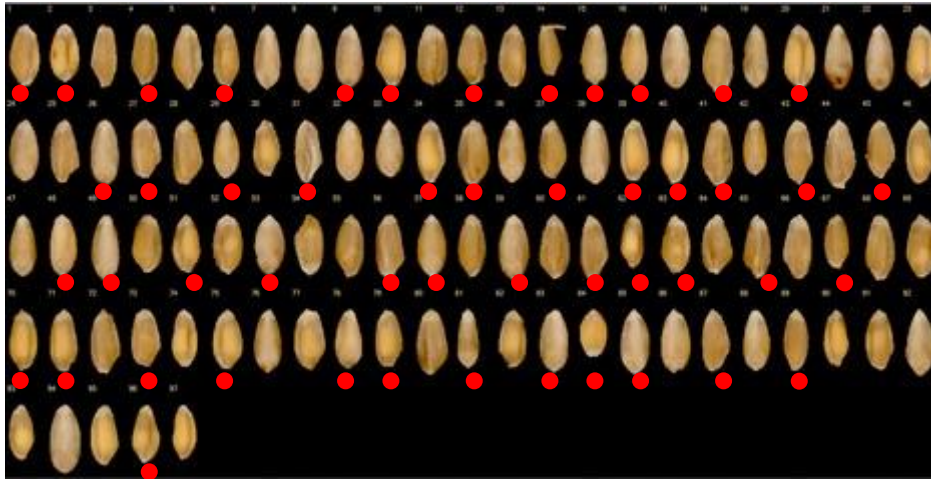


*Traitement d'image*



*Individualisation des objets « grains »*

# Calculer la proportion des composantes dans un mélange de grains



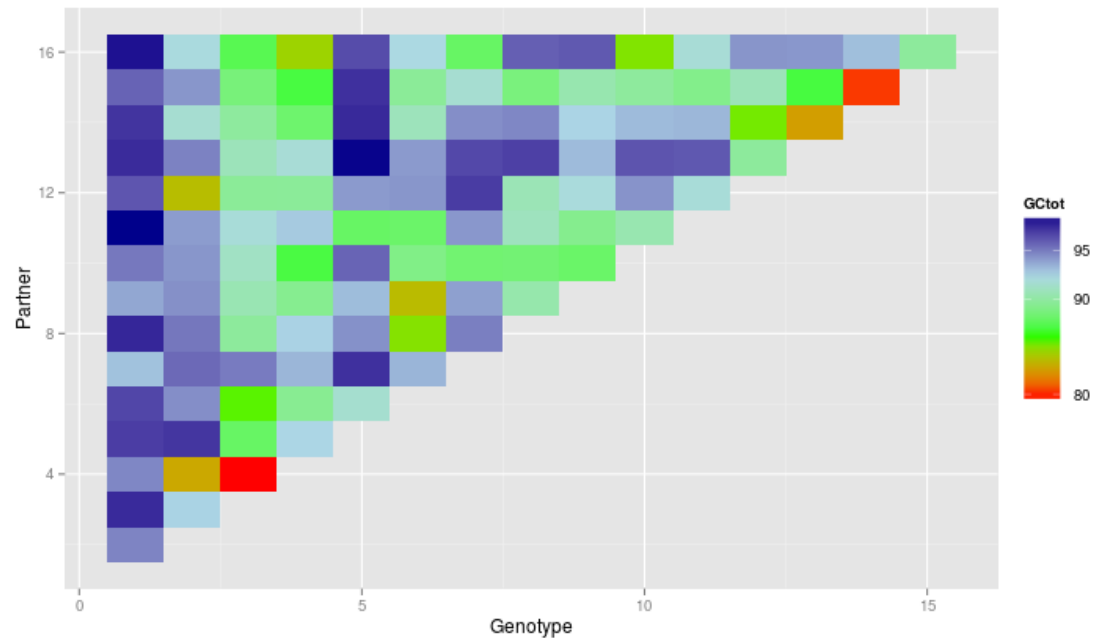
*Cette méthode permet de travailler sur des grandes collections de grains (incluant leur diversité) pour lesquelles on dispose de données morphologique de de réflectance dans les 19 bandes de la caméra*

*Pourcentage de bonne classification pour un mélange binaire avec deux méthodes de classification (PLS et SVM)*

Model	pls	svm
N+ (valid on 1/3)	83.7	91.2
N- (valid on 1/3)	91.8	93.5
Ntot (valid on 1/3)	87.04	93.6
N- (valid on N+)	82.9	85.6
N+ (valid on N-)	76.8	91.8

# Calculer la proportion des composantes dans un mélange de grains

*Appliquée sur les 16 génotypes du projet Wheatamix, cette méthode permet une discrimination de l'ensemble des mélanges binaires et permet donc une estimation de la proportion à  $\pm 4$  points*



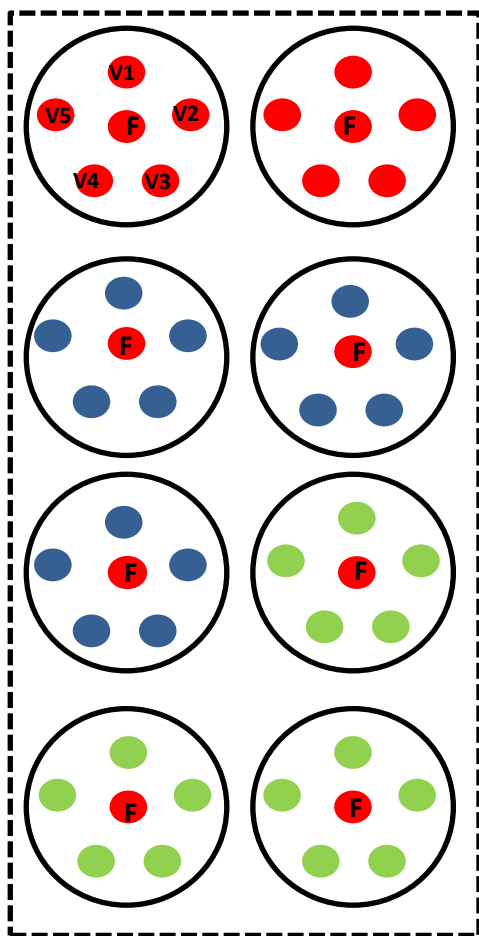
*Reste à travailler :*

- *mélanges >2 pour lesquels les méthodes de classification sont moins performante*
- *La question de la plasticité des caractéristiques optiques en mélange*

# Identification variétale

## Dispositif d'évaluation de la compétition entre génotypes

(Prog. Sechelle, H Fréville)



Arrangement des plantes en pot selon trois degrés d'apparementement génétique :

●● □ Fort :  $G_i = G_j$ ,

●● □ Moyen :  $G_i \neq G_j$ ,

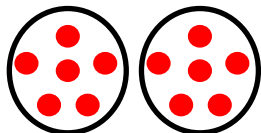
●● □ Faible :  $G_i \neq G_j$ ,

52 génotypes  
7 situations de  
mélanges

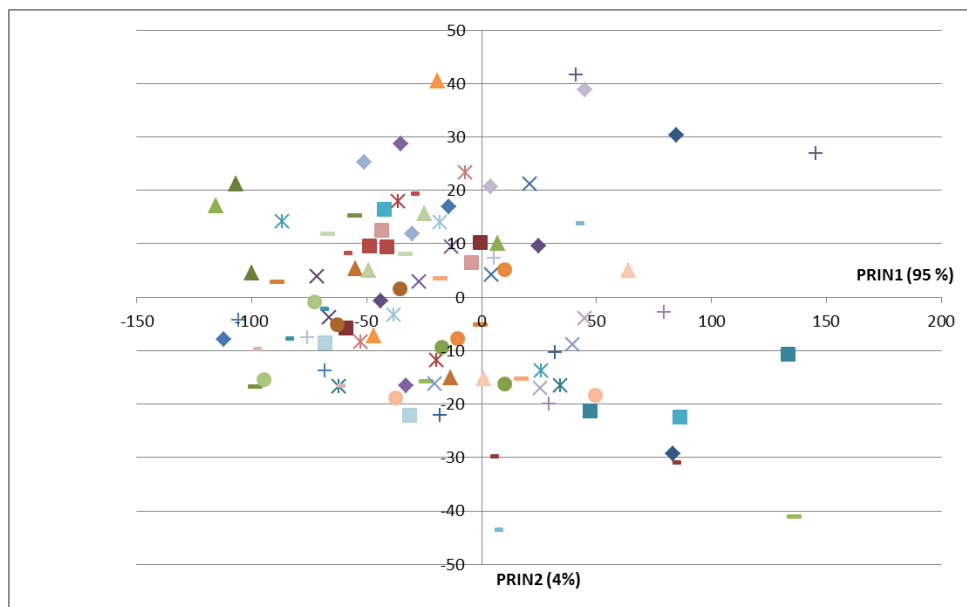


# Identification variétale

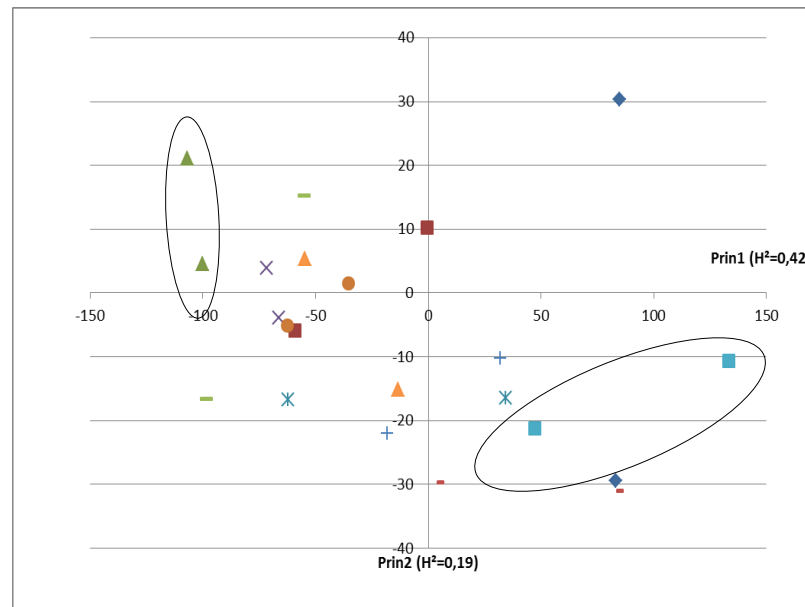
## Propriétés spectrales & identification des composantes d'un mélange



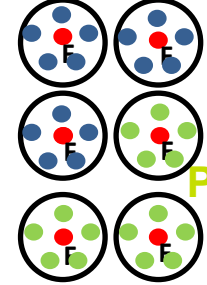
Analyse spectrale (ACP) sur les génotypes en compétition avec eux-mêmes (gigi)



Plan principal=l'essentiel  
de la variabilité spectrale (# 99 %).



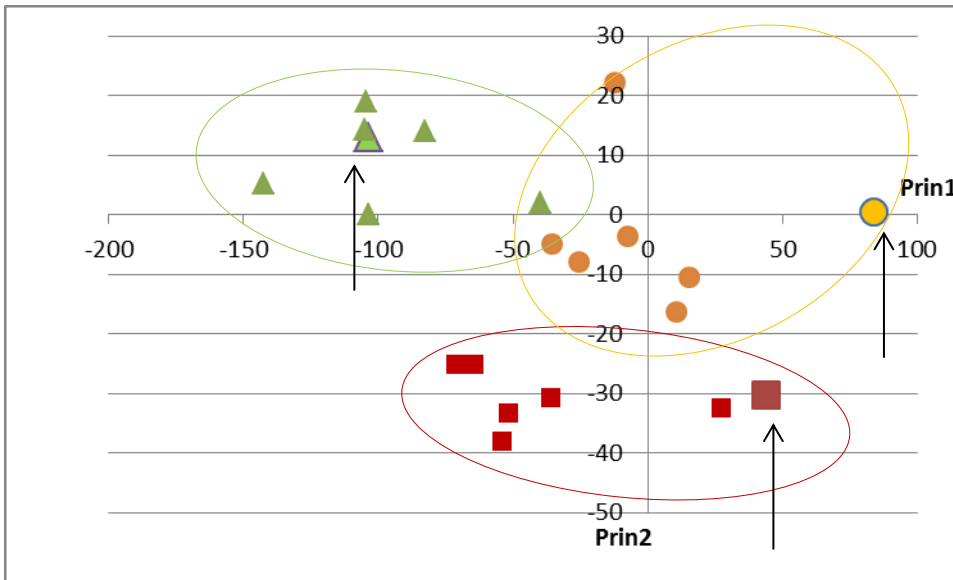
Reproductibilité :  
 $H^2 = 0,42$  (Prin1)  
 $H^2 = 0.19$  (Prin2)



# Identification variétale

## Propriétés spectrales & identification des composantes d'un mélange

Projection des mêmes individus cultivés en situation de voisinage multi-génotypiques (gigj)



Situation multi-génotypes

- Modifie les propriétés spectrales et donc les coordonnées acp:

Reproductibilité:

- ✓ Baisse axe1:  $H^2=0,18$  (0,42)
- ✓ Stable sur axe 2:  $H^2=0,22$  (0,18)

- Différences selon les « associations génotypiques »

Ex pour 3 génotypes (H1, H12 et H18) —→ focal entre monogénotype

Culture multi-génotypes : modification des propriétés spectrales  
Utilisation comme traceurs des signatures observées en culture mono génotypique?

# Conclusions sur ces 1ers résultats

## Spectrométrie proche infrarouge

- Intéressants :
  - Identification possible des composantes d'un mélange sur des matrices grains/pixels de végétation  
Taux de discrimination intéressants
- Très préliminaires
  - Mélanges binaires
  - Collecte spectrale dans un seul site ; généralisation ? Robustesse?
  - Plasticité du signal spectral dans le cas de co-culture de génotypes différents  
= limite à l'utilisation des signatures spectrales collectées en monogénotypiques
- Mais suffisamment intéressant pour donner envie de continuer ..  
= Projet Micso\_matos (AO casdar) .