



Classification de scènes de végétation par utilisation de l'imagerie hyperspectrale et l'imagerie SAR polarimétrique

Alexandre Alakian, ONERA / DTIM,
Guillaume Roussel (DOTA), Equipe ENVIRO
(DEMR, DOTA, DTIM, DCPS)



retour sur innovation

Plan

- Objectifs et méthodologie
- Segmentation non supervisée (EM itératif)
- Classification non supervisée
- Jeu de données utilisé
- Résultats préliminaires
- Conclusions et perspectives

Objectifs et méthodologie adoptée

- Objectif : classifier des scènes de végétation.
 - Hyperspectral → discrimination des différents types de végétation
 - SAR polarimétrique → informations d'ordre géométrique (hauteur et densité de végétation, rugosité du sol...)
- Une approche non supervisée est envisagée

Imagerie hyperspectrale : Variabilité intra-culture



verger



vigne

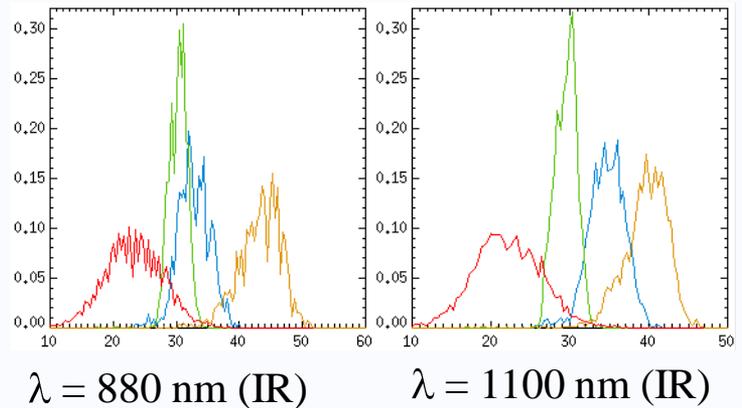
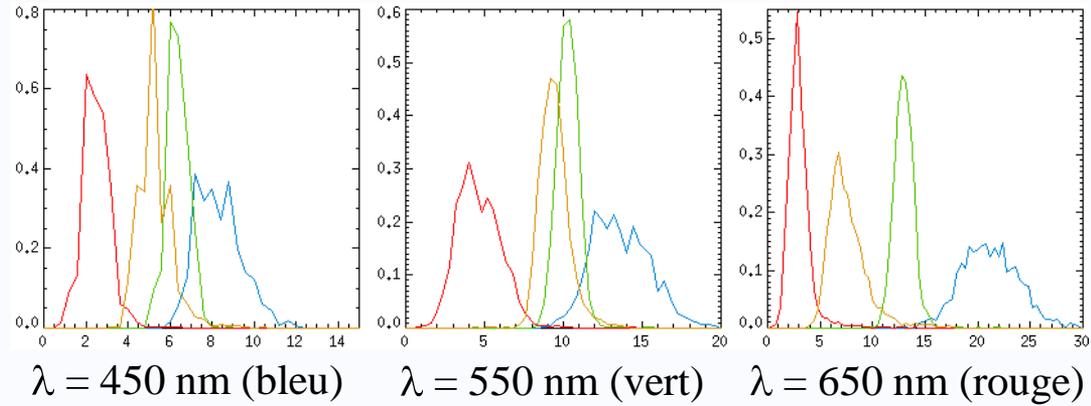


prairie

forêt



Histogrammes des radiométries de quatre régions (pour 5 bandes spectrales)



Imagerie radar : Variabilité intra-culture



verger



vigne



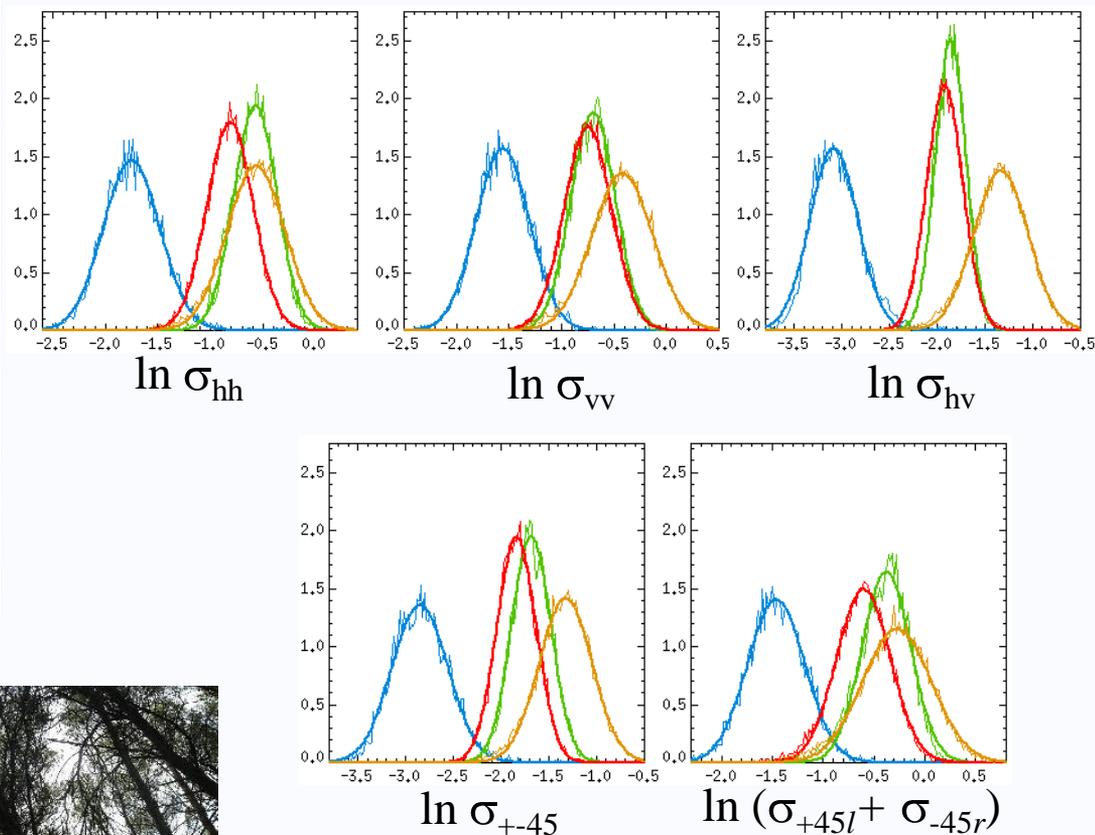
prairie

forêt



Histogrammes des radiométries de quatre régions (pour 5 coefficients de Hoekman présentant une symétrie azimutale : σ_{hh} , σ_{vv} ,

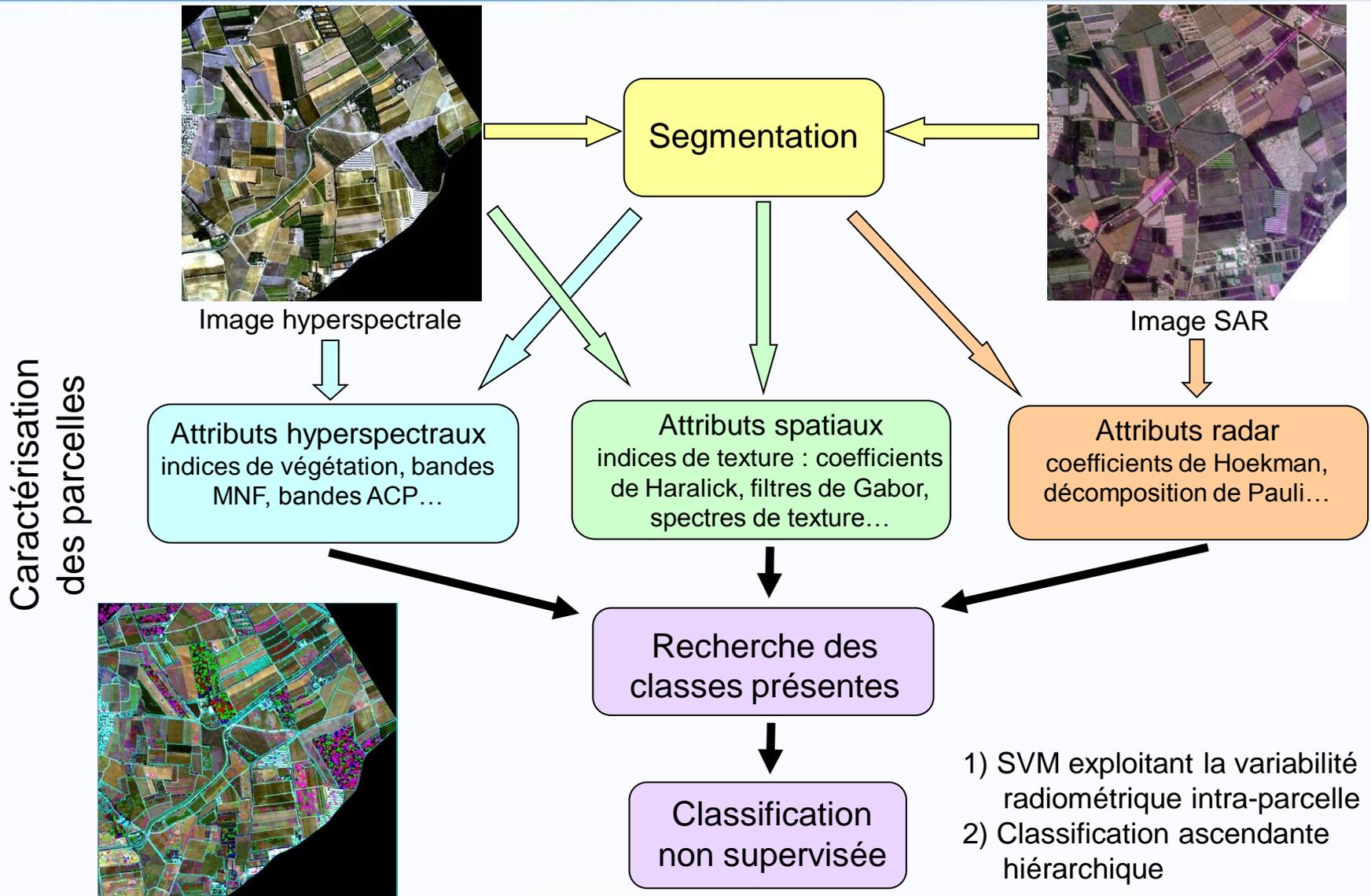
σ_{hv} , σ_{+45} , $\sigma_{+45l} + \sigma_{-45r}$)



Objectifs et méthodologie adoptée

- Objectif : classifier des scènes de végétation.
 - Hyperspectral → discrimination des différents types de végétation
 - SAR polarimétrique → informations d'ordre géométrique (hauteur et densité de végétation, rugosité du sol...)
- Une approche non supervisée est envisagée
- Méthodologie adoptée
 - Prendre en compte la variabilité spectrale (hyperspectral et SAR)
→ La variabilité spectrale est notamment prise en compte par les méthodes de classification par SVM en supervisé et par mélanges de gaussiennes (EM) en non supervisé
 - Exploiter l'information spatiale disponible dans les images :
 - Information globale (segmentation)
 - Information locale (textures)

Méthodologie adoptée



Plan

- Objectifs et méthodologie
- **Segmentation non supervisée (EM itératif)**
- Classification non supervisée
- Jeu de données utilisé
- Résultats préliminaires
- Conclusions et perspectives

Segmentation

Objectif :

Découper l'image en régions de telle sorte que **chaque région contienne une unique culture**

Problèmes récurrents

- Sous-segmentation : certaines régions contiennent plusieurs cultures
→ met en défaut l'objectif annoncé et donc à éviter absolument !!!
- Sur-segmentation : des régions dans la scène sont sur-découpées
→ problème pour caractériser de façon statistique les régions

Les résultats des méthodes actuelles dépendent fortement de leurs paramètres d'entrée et peuvent induire simultanément les deux phénomènes

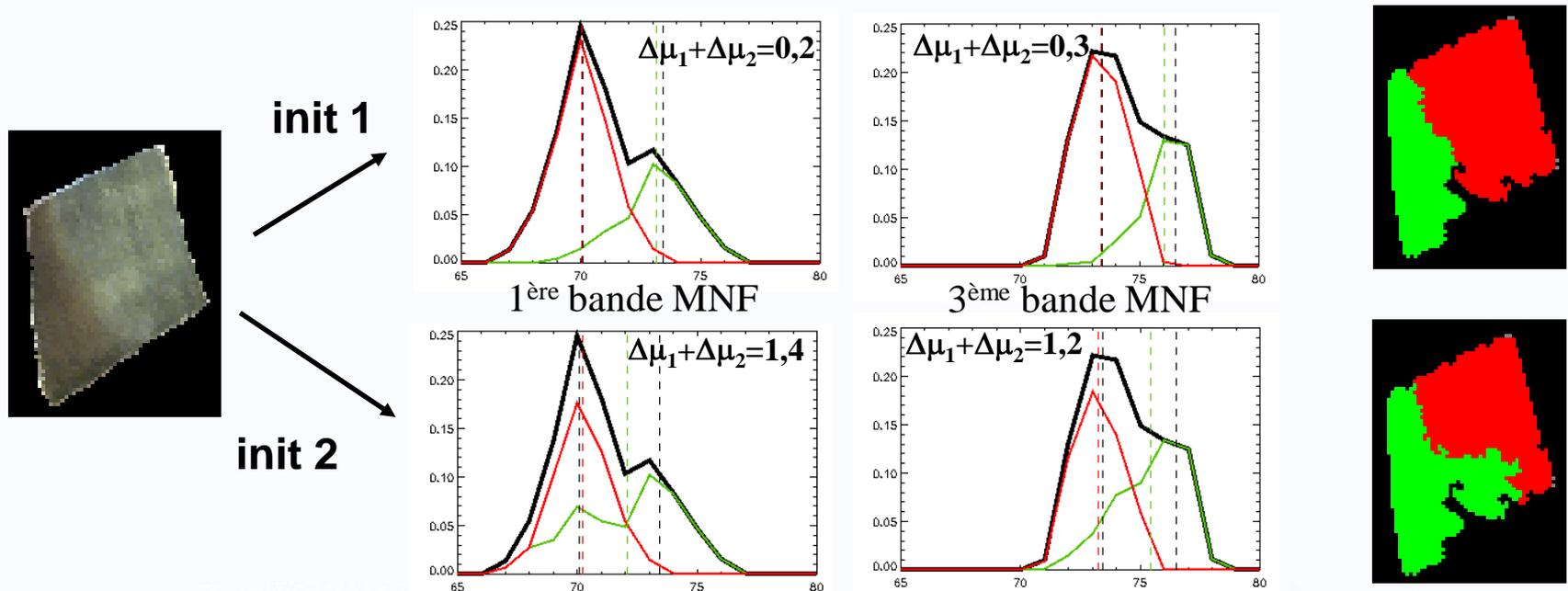
Approche envisagée

- 1) Première segmentation peu contrainte afin de minimiser la sur-segmentation : nous utilisons un filtrage de Canny-Deriche couplé avec de la morphologie mathématique
- 2) Etudier les statistiques de chaque région obtenue. Chaque région présentant des statistiques « hétérogènes » est redécoupée.

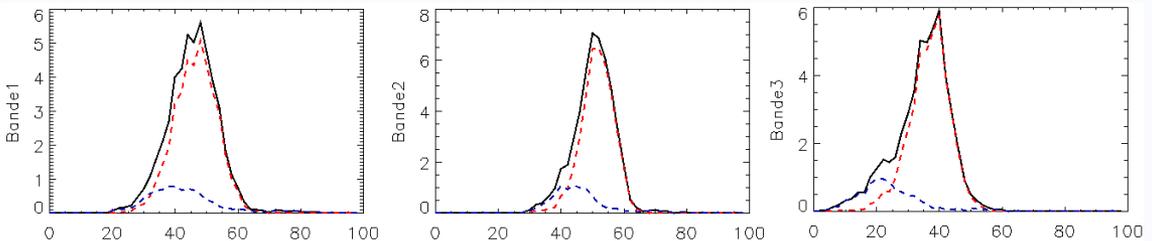
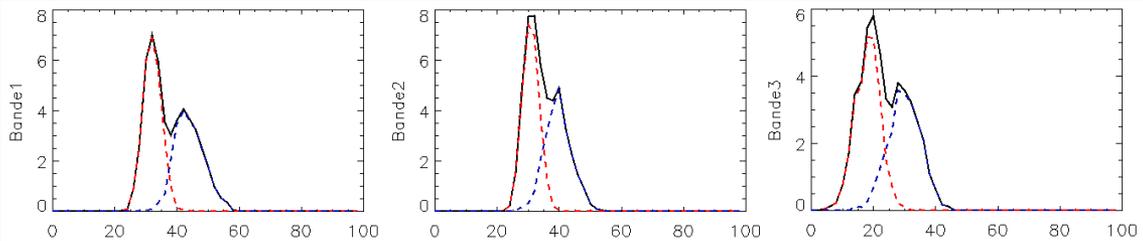
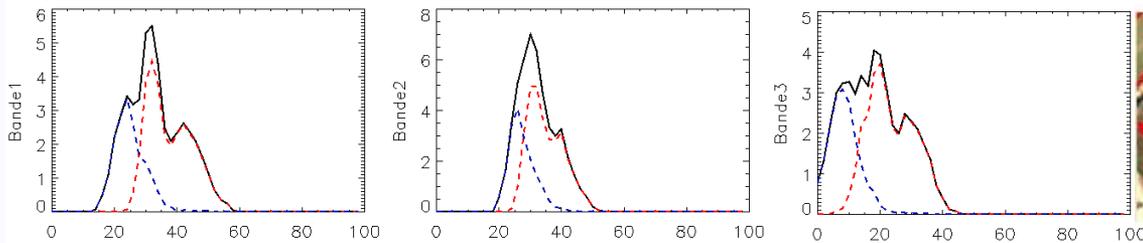
Hypothèse essentielle : Une région monoculture possède une distribution radiométrique gaussienne monomodale. Une région multi-cultures présente une distribution radiométrique gaussienne multimodale

Redécoupage des régions : utilisation d'E-M

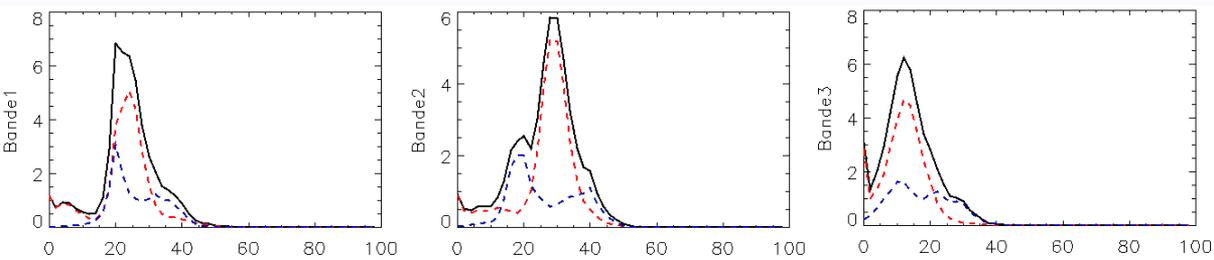
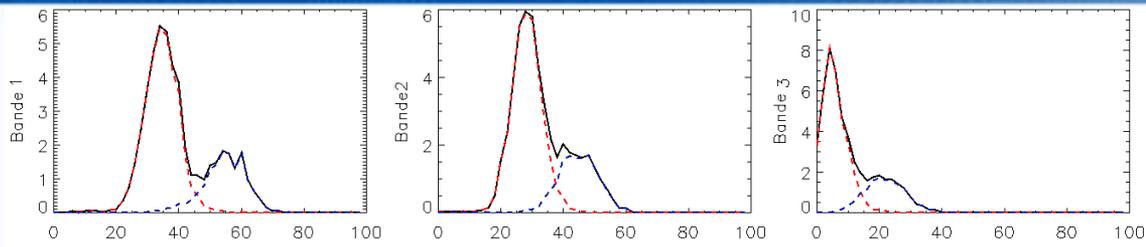
- Pour chaque parcelle, l'histogramme des valeurs des pixels est calculé pour certaines bandes spectrales. Un test est effectué pour si les histogrammes sont monomodaux.
- L'algorithme Espérance-Maximisation (E-M, Dempster et al.) permet l'estimation itérative des paramètres des lois de distribution présentes dans un jeu de données
- E-M à deux classes est lancé sur la région à redécouper avec plusieurs initialisations aléatoires.
- Les modes estimés par E-M sont comparés aux modes estimés sur les histogrammes seuls. L'affectation ayant conduit aux modes les plus proches de ceux estimés bande par bande sont retenus.



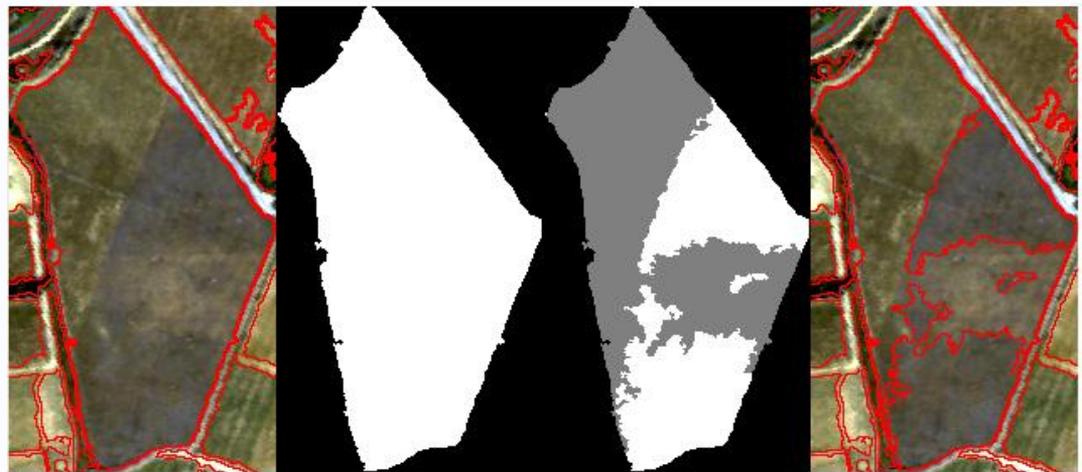
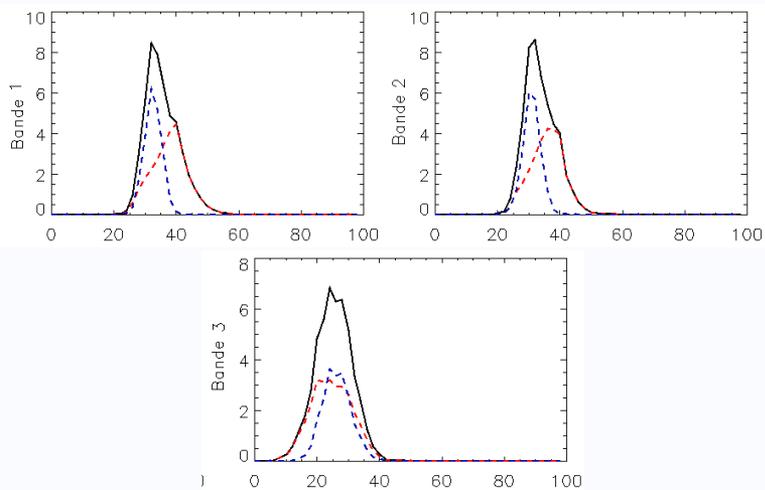
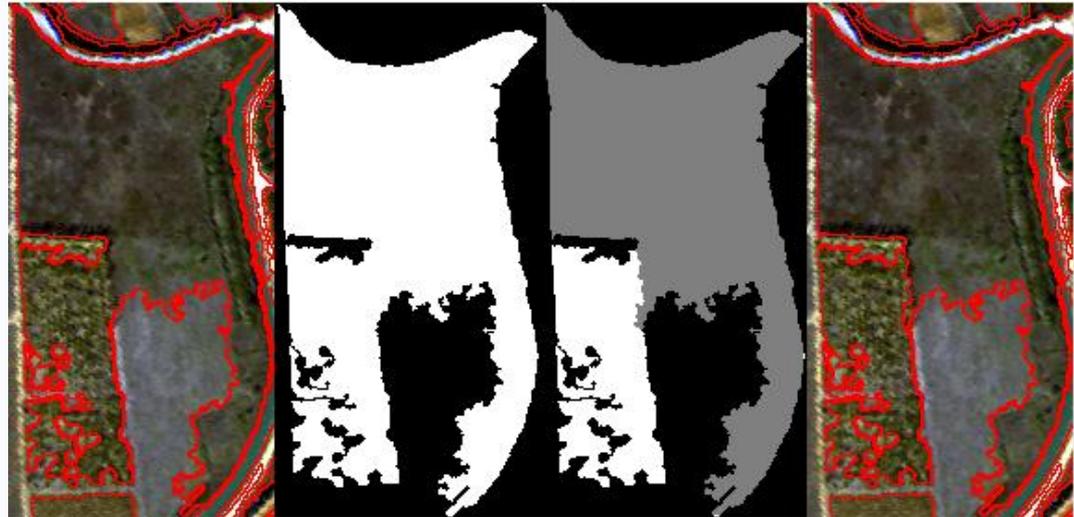
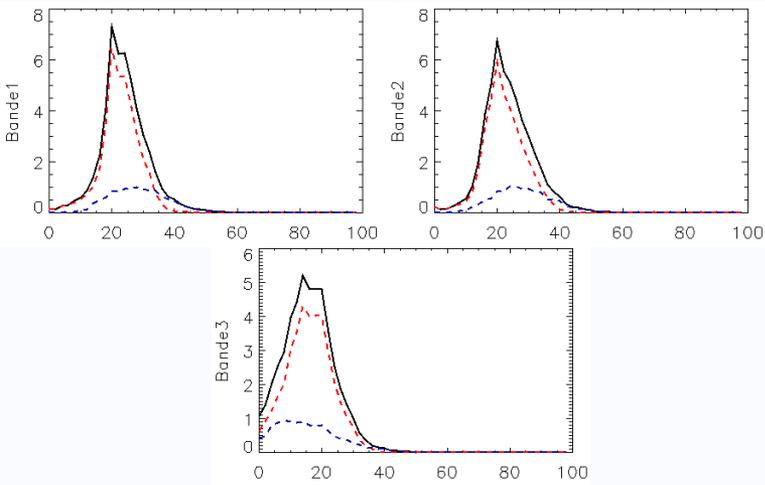
Segmentation : illustration (1/3)



Segmentation : illustration (2/3)



Segmentation : illustration (3/3)



Segmentation initiale (Canny-Deriche)



Segmentation EM – 1^{ère} passe



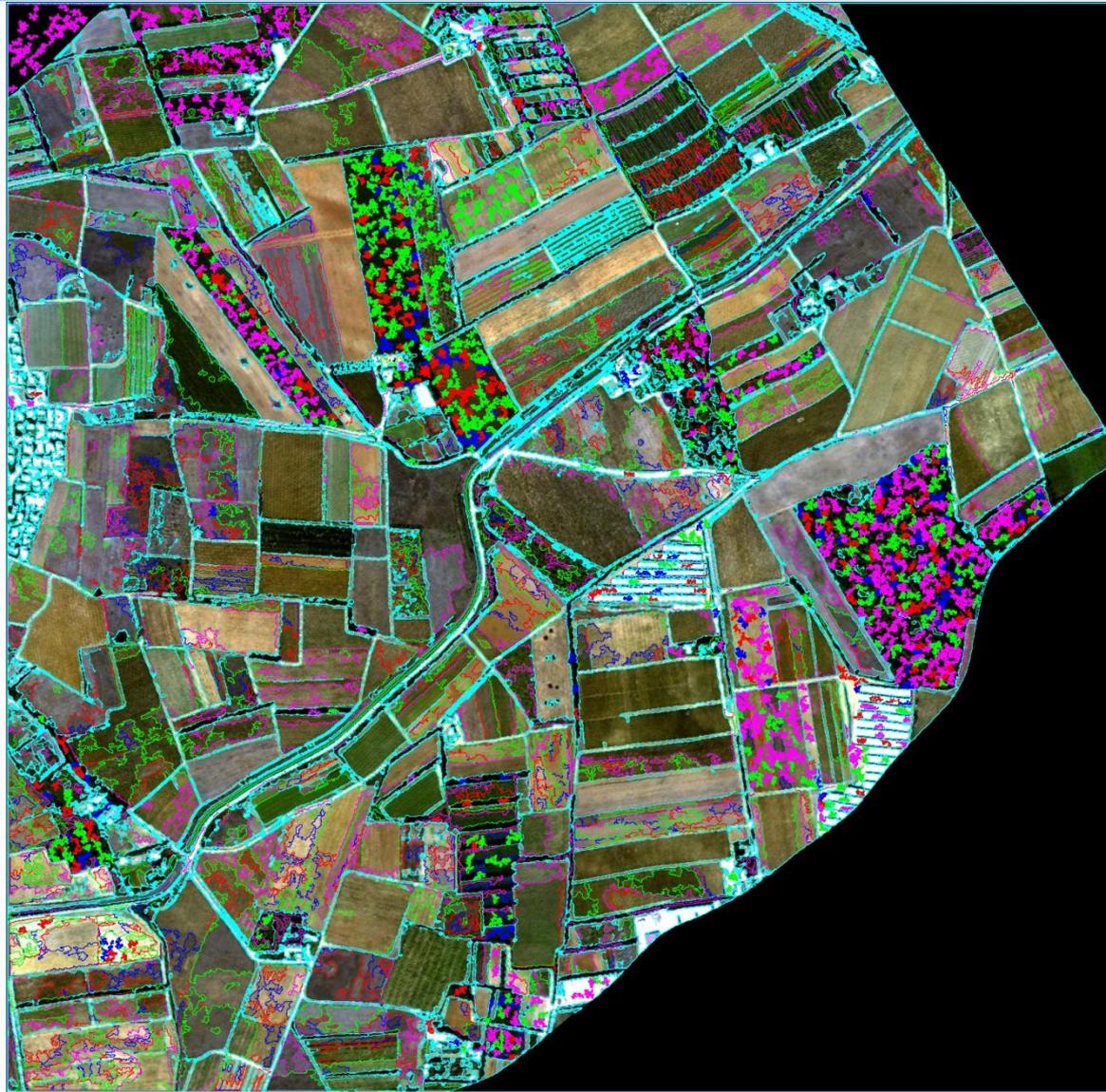
Segmentation EM – 2^{ème} passe



Segmentation EM – 3^{ème} passe



Segmentation EM – 4^{ème} passe



Segmentation EM – 3^{ème} passe - résolution / 2



Application sur l'image de Garons 2007



Segmentation initiale: 1159 régions



Application sur l'image de Garons 2007



1^{er} redécoupage avec E-M : 3335 régions



Application sur l'image de Garons 2007



2^{ème} redécoupage avec E-M : 5242 régions



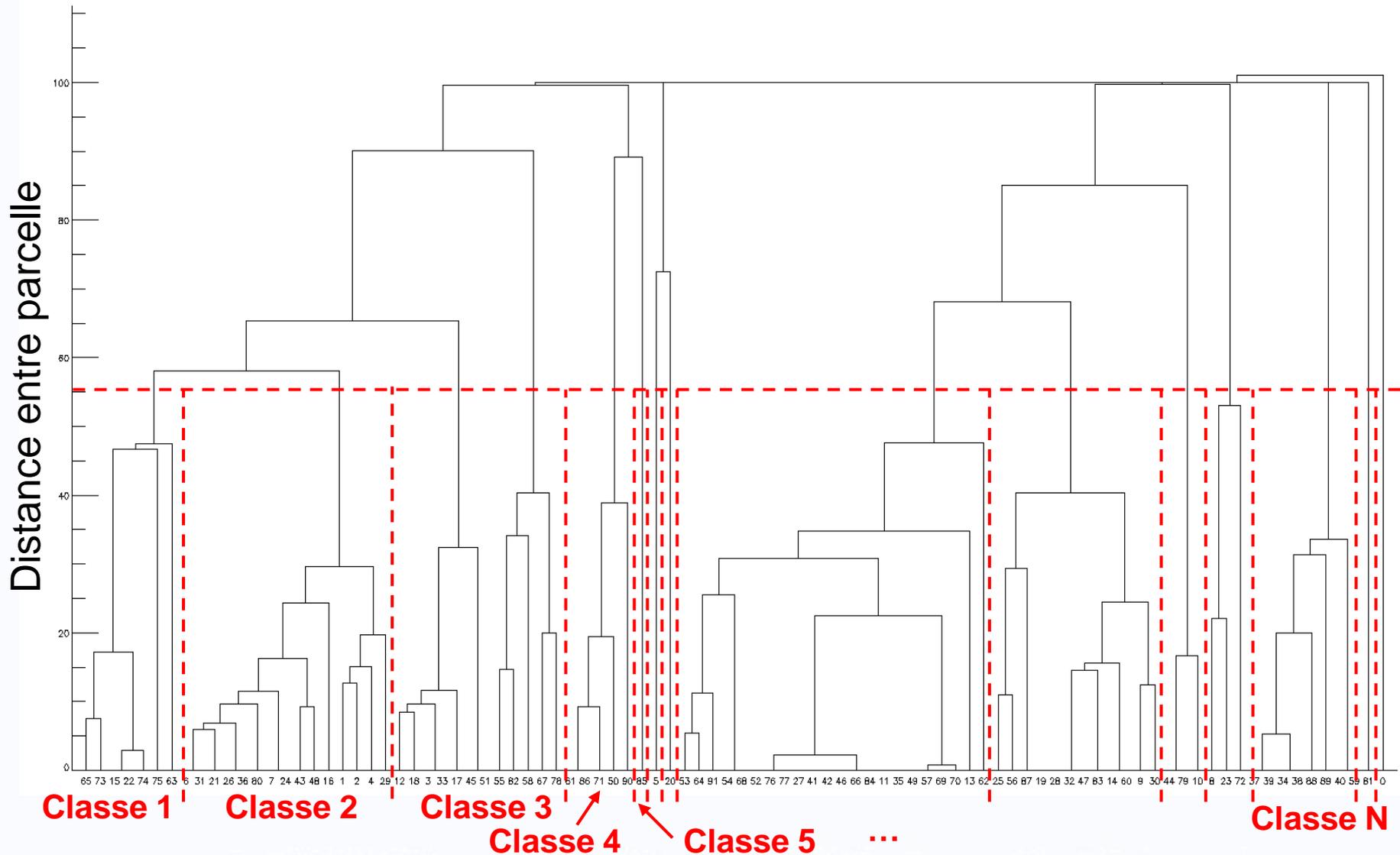
Plan

- Objectifs et méthodologie
- Segmentation non supervisée (EM itératif)
- **Classification non supervisée**
- Jeu de données utilisé
- Résultats préliminaires
- Conclusions et perspectives

Méthode de classification

- Deux voies investiguées
 - Classification ascendante hiérarchique
 - Calcul des distances entre chaque paire de parcelle
 - Détermination d'un dendrogramme décrivant les relations entre parcelles
 - Coupure du dendrogramme à certains seuils : les parcelles regroupées forment les classes d'apprentissage

Classification ascendante hiérarchique : dendrogramme



Méthode de classification

- Deux voies investiguées
 - Classification ascendante hiérarchique
 - Calcul des distances entre chaque paire de parcelle
 - Détermination d'un dendrogramme décrivant les relations entre parcelles
 - Coupure du dendrogramme à certains seuils : les parcelles regroupées forment les classes d'apprentissage
 - Machine à vecteurs de Support (SVM) non supervisée
 - Recherche des classes représentatives parmi l'ensemble des parcelles

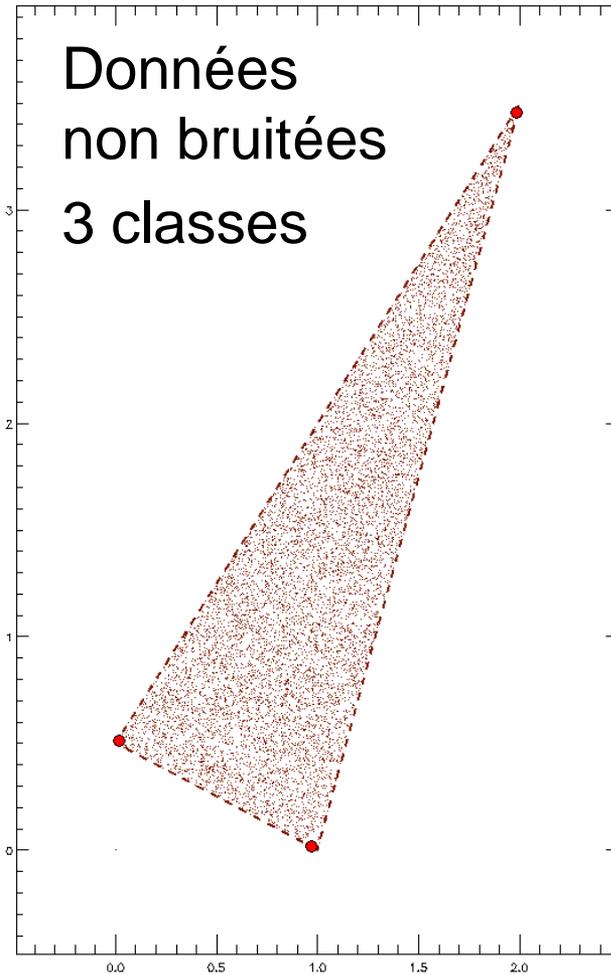
Machine à Vecteurs de Support non supervisée

Recherche des classes représentatives

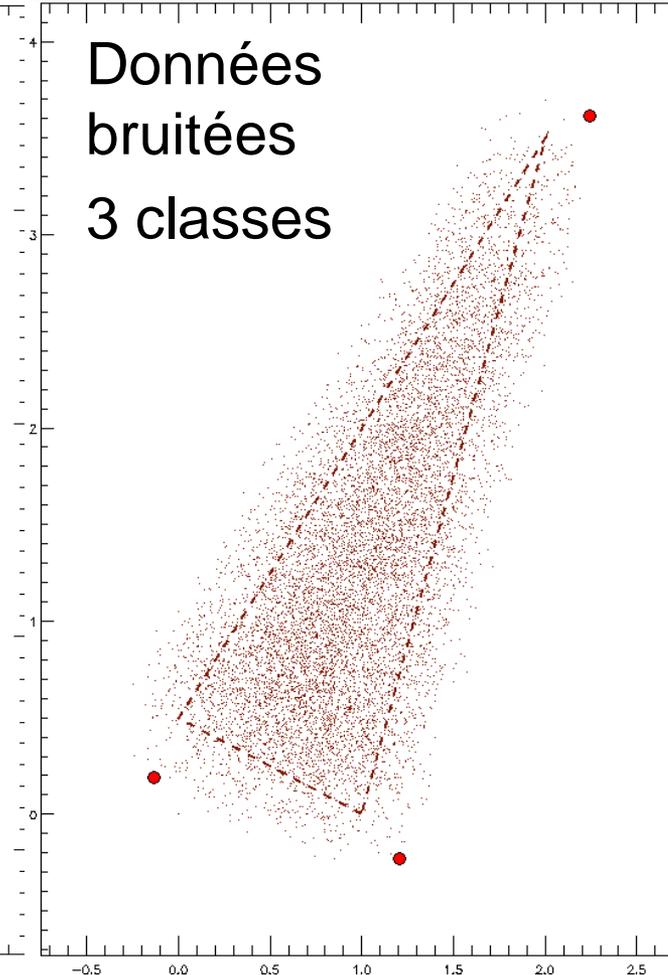
- Principe (basé sur la méthode Iterative Error Analysis)
 - Chaque parcelle est caractérisée par un vecteur d'attributs (hyperspectral + SAR + texture)
 - Recherche itérative des classes :
 - Initialisation : la première classe est la parcelle présentant la plus grande distance avec l'attribut moyen calculé sur l'ensemble des parcelles
 - (n+1)ième classe : le vecteur d'attributs de chaque parcelle est reconstruit à partir des n vecteurs d'attributs correspondant aux n classes (unmixing contraint avec somme des abondances égale à 1 et abondances positives). Le vecteur d'attributs le moins bien reconstruit devient la (n+1)ième classe.
 - L'algorithme s'arrête lorsque
 - le nombre de classes spécifié par l'utilisateur est atteint
 - L'erreur de reconstruction de tous les vecteurs est inférieure à un seuil donné

Recherche des classes représentatives : illustration

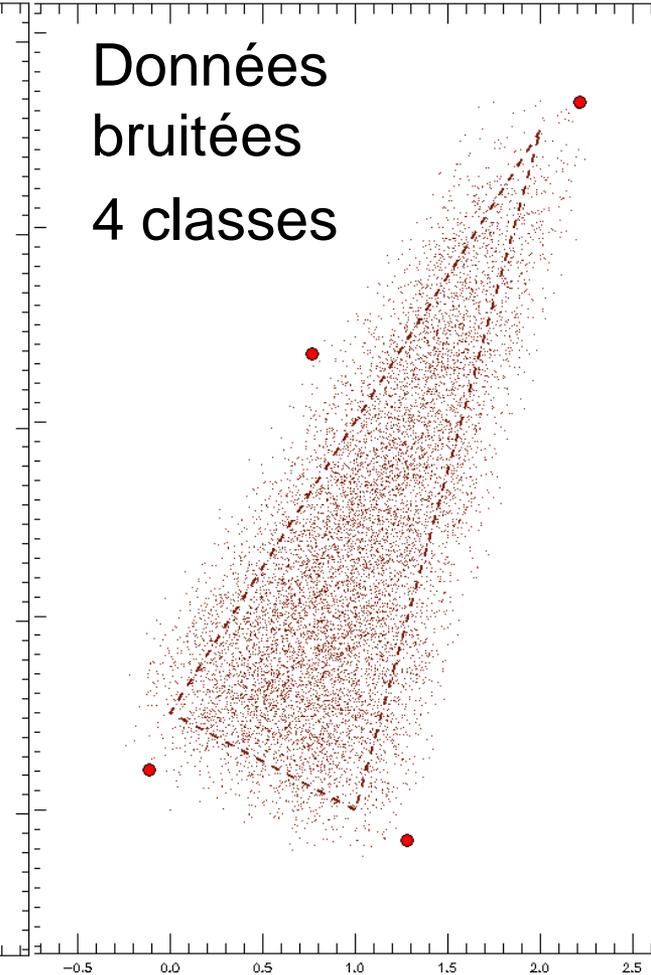
Données
non bruitées
3 classes



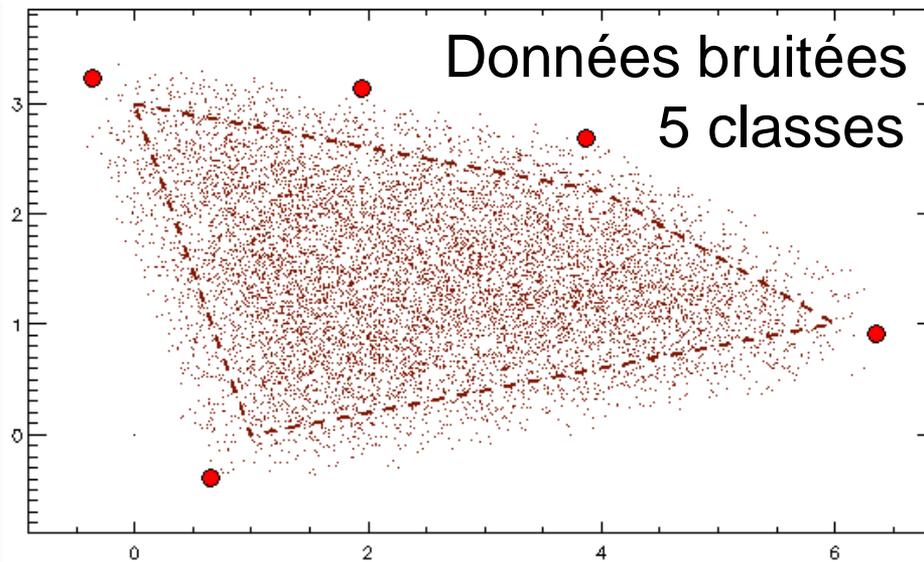
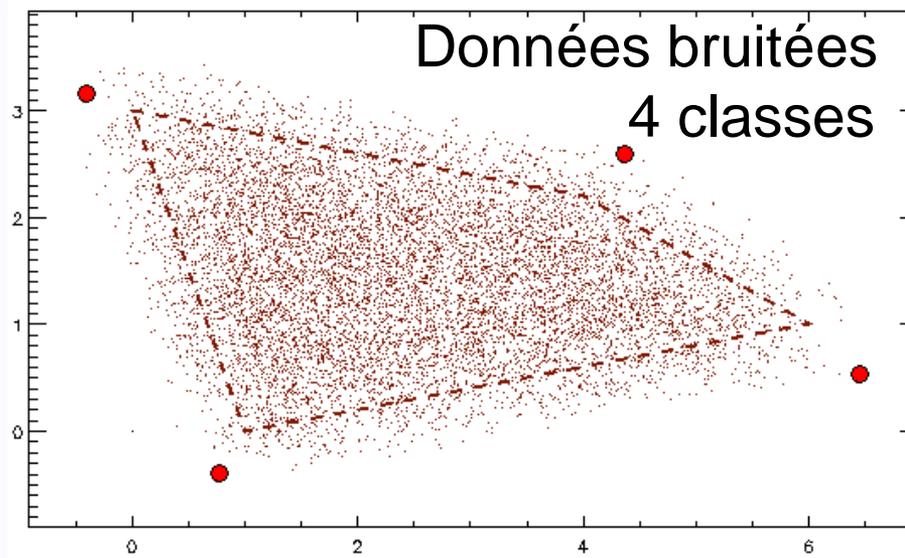
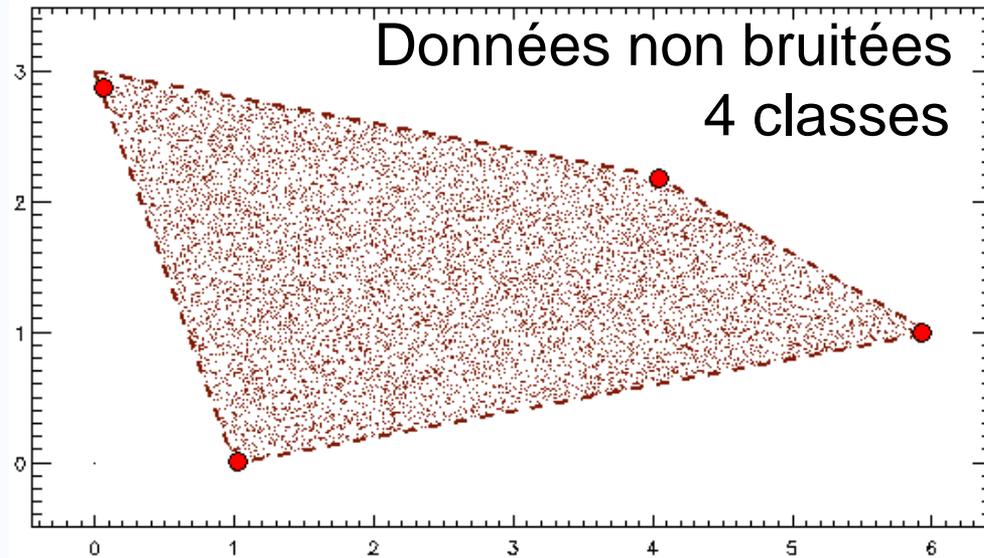
Données
bruitées
3 classes



Données
bruitées
4 classes



Recherche des classes représentatives : illustration



Méthode de classification

- Deux voies investiguées
 - Classification ascendante hiérarchique
 - Calcul des distances entre chaque paire de parcelle
 - Détermination d'un dendrogramme décrivant les relations entre parcelles
 - Coupure du dendrogramme à certains seuils : les parcelles regroupées forment les classes d'apprentissage
 - Machine à vecteurs de Support (SVM) non supervisée
 - Recherche des classes représentatives parmi l'ensemble des parcelles
 - Apprentissage de SVM sur l'ensemble des pixels contenus dans chaque parcelle identifiée comme une classe
 - Classification par SVM de l'ensemble de l'image
 - Vote majoritaire au sein de chaque parcelle pour homogénéiser la classification

Classification SVM non supervisée : illustration



Classes représentatives utilisées pour l'apprentissage



Classification SVM avec vote majoritaire sur la segmentation obtenue (ici, segmentation = parcellaire VT)

Plan

- Objectifs et méthodologie
- Segmentation non supervisée (EM itératif)
- Classification non supervisée
- **Jeu de données utilisé**
- Résultats préliminaires
- Conclusions et perspectives

Données terrain: Interface de visualisation

```
aaalakian@keros:~/ENVIRO/Campagne_2011/recueil_VT_Garons_2011/Repert  
Fichier Édition Affichage Terminal Onglets Aide  
***** PARCELLE 83 *****  
Numero de parcelle : 83  
Localisation de la mesure = "43° 45' 54.4" N "4° 27' 50.4" E"  
Type de culture : foret  
Espece : pin + chene vert  
Hauteur moyenne = 18m  
Hauteur max = 20m  
Observations complementaires : sous-bois tres variable. Clairiere petits pins.  
Foret a deux etages : chenes denses a 10m, pins a 20m
```

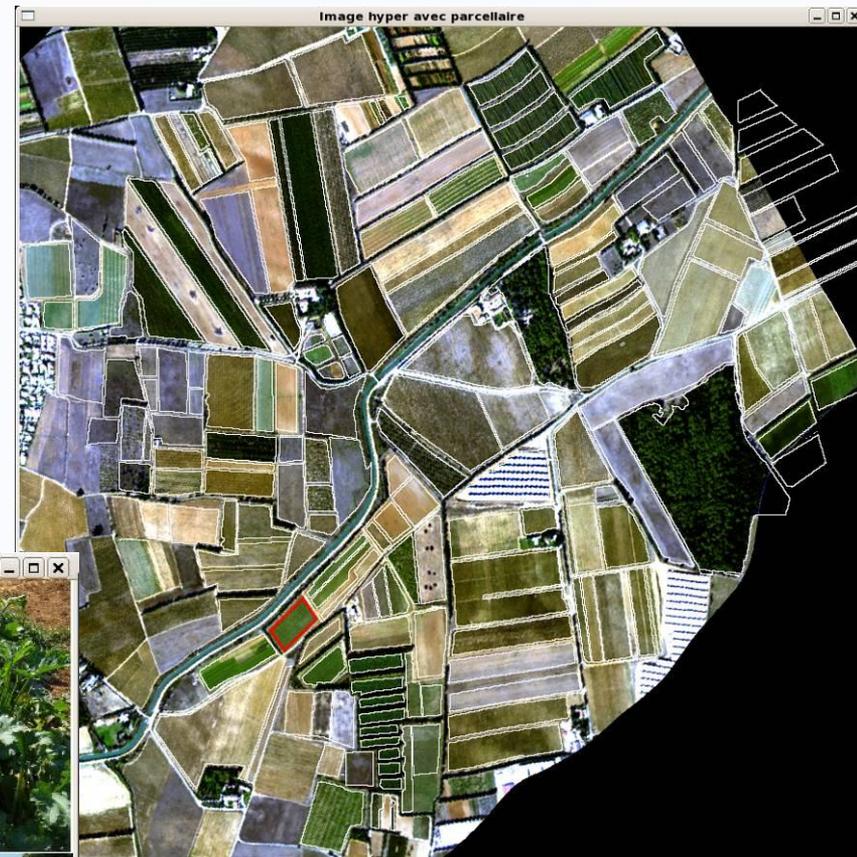
 lien vers AGRISAR

 irrn3630.pdf



Données terrain: Interface de visualisation

```
aalakian@keros:~/ENVIRO/Campagne_2011/recueil_VT_Garons_2011/Repertoire  
Fichier Édition Affichage Terminal Onglets Aide  
*****  
***** PARCELLE 149 *****  
*****  
Numero de parcelle : 149  
Orientation = 22°S  
Type de culture : maraichage  
Espece : courgettes  
Maturite : pret pour la recolte  
Densite de vegetation : continu dans le rang  
Rugosite du sol : cailloux mais lisse  
Hauteur moyenne = 0.6m  
Hauteur max = 0.7m  
Largeur de vegetation = 1.0m  
Distance inter-rangs = 1.70  
Observations complementaires : Pas de mesure terrain. Copie de la parcelle 107a
```



Données terrain: Interface de visualisation

```
aalakian@keros:~/ENVIRO/Campagne_2011/recueil_VT_Garons_2011/Reper
```

Fichier Édition Affichage Terminal Onglets Aide

```
*****  
***** PARCELLE 87 *****  
*****
```

Numero de parcelle : 87
Localisation de la mesure = "43° 45' 45.0" N "4° 27' 35.0" E
Orientation = N
Type de culture : vigne
Maturite : vers la senescence
Composition sol : 35% sol nu + 45% herbe seche + 20% pierres
Hauteur moyenne = 1.5m
Largeur de vegetation = 1.05m
Distance inter-rangs = 2.20
Distance inter-pieds = 1.0
Diametre tronc = 0.07
Observations complementaires : vigne qui se desseche

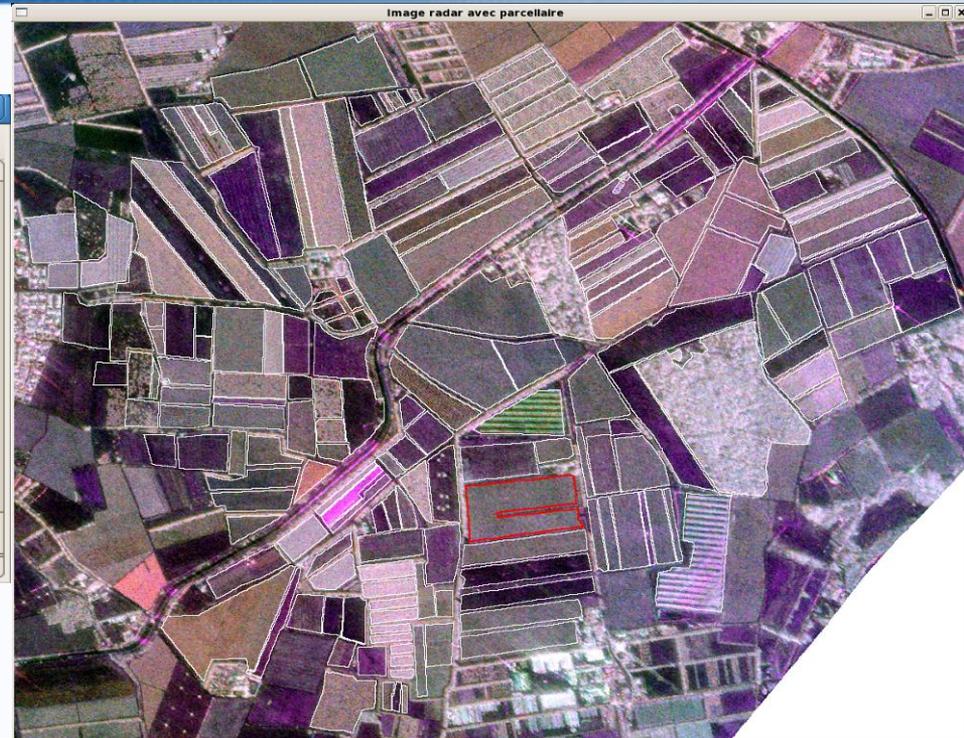


Image hyperspectrale (RVB)



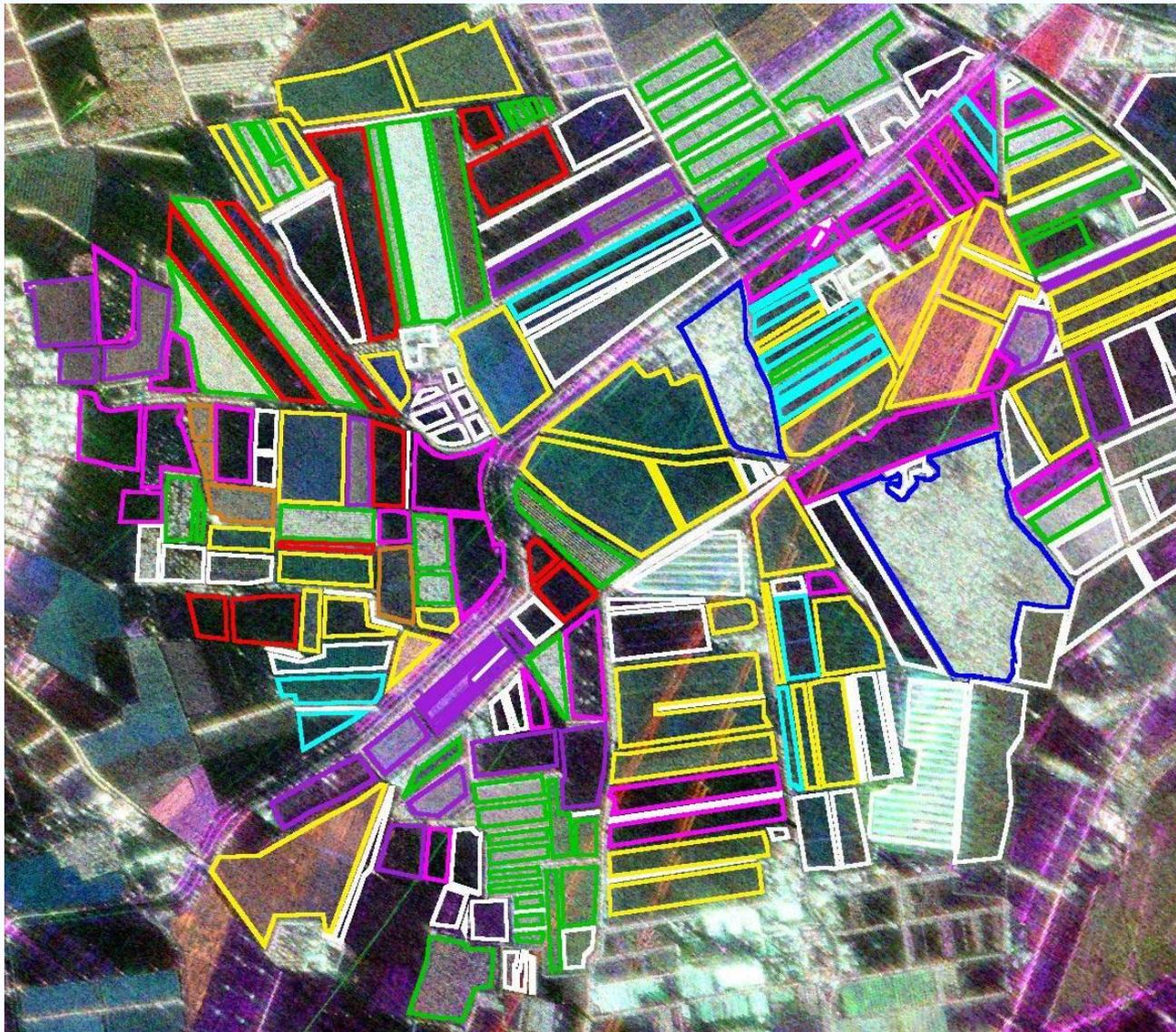
-  forêt
-  verger
-  sol nu
-  maraîchage
-  vigne jeune
-  vigne
-  vieille vigne
-  prairie
-  divers

Image SAR bande L (Hh, Hv, Vv)



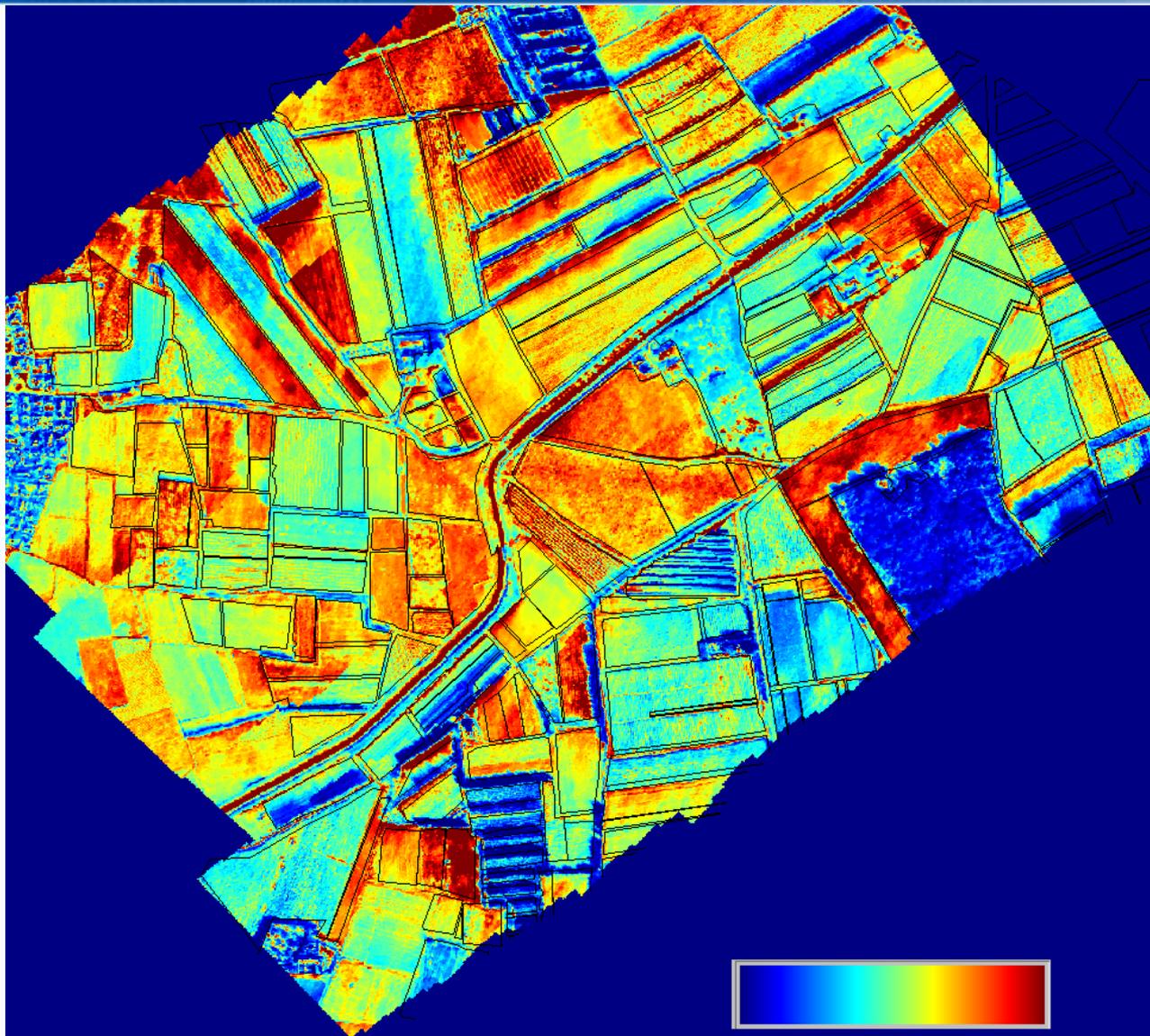
- forêt
- verger
- sol nu
- maraîchage
- vigne jeune
- vigne
- vieille vigne
- prairie
- divers

Image SAR bande P (Hh, Hv, Vv)



- forêt
- verger
- sol nu
- maraîchage
- vigne jeune
- vigne
- vieille vigne
- prairie
- divers

Image IRT



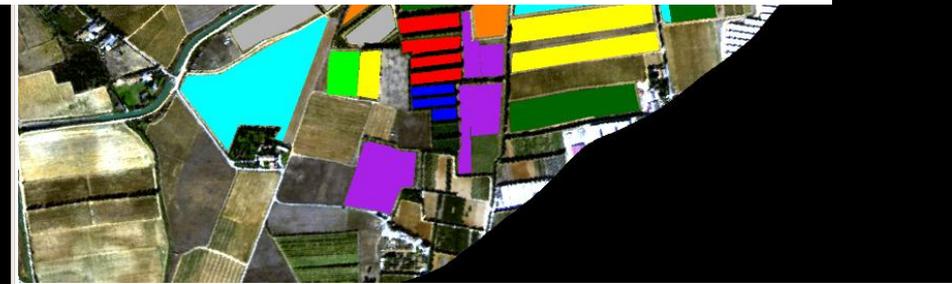
Plan

- Objectifs et méthodologie
- Segmentation non supervisée (EM itératif)
- Classification non supervisée
- Jeu de données utilisé
- **Résultats préliminaires**
- Conclusions et perspectives

Classification 12 classes – hyperspectral seul



Confusion : - vigne/verger
- sol nu maraichage (proches visuellement)



1) verger

2) sol nu

3) maraichage

4) verger

5) prairie

6) verger

7) sol nu

8) forêt

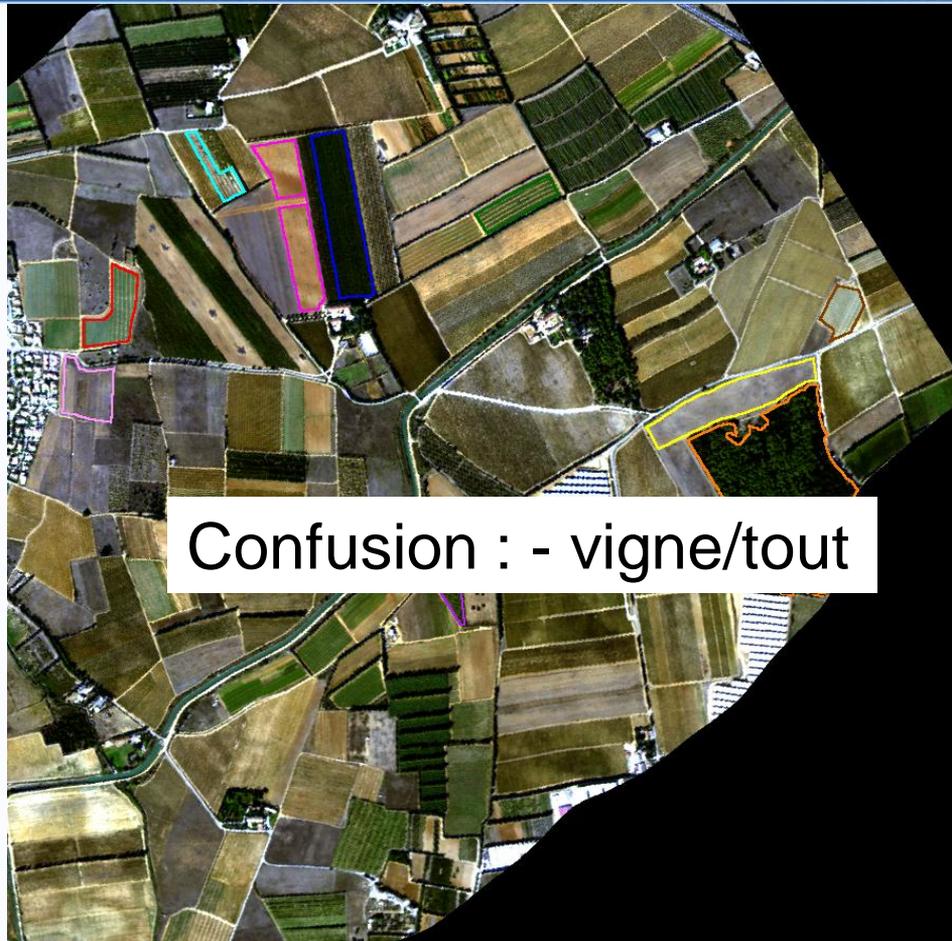
9) maraichage

10) maraichage

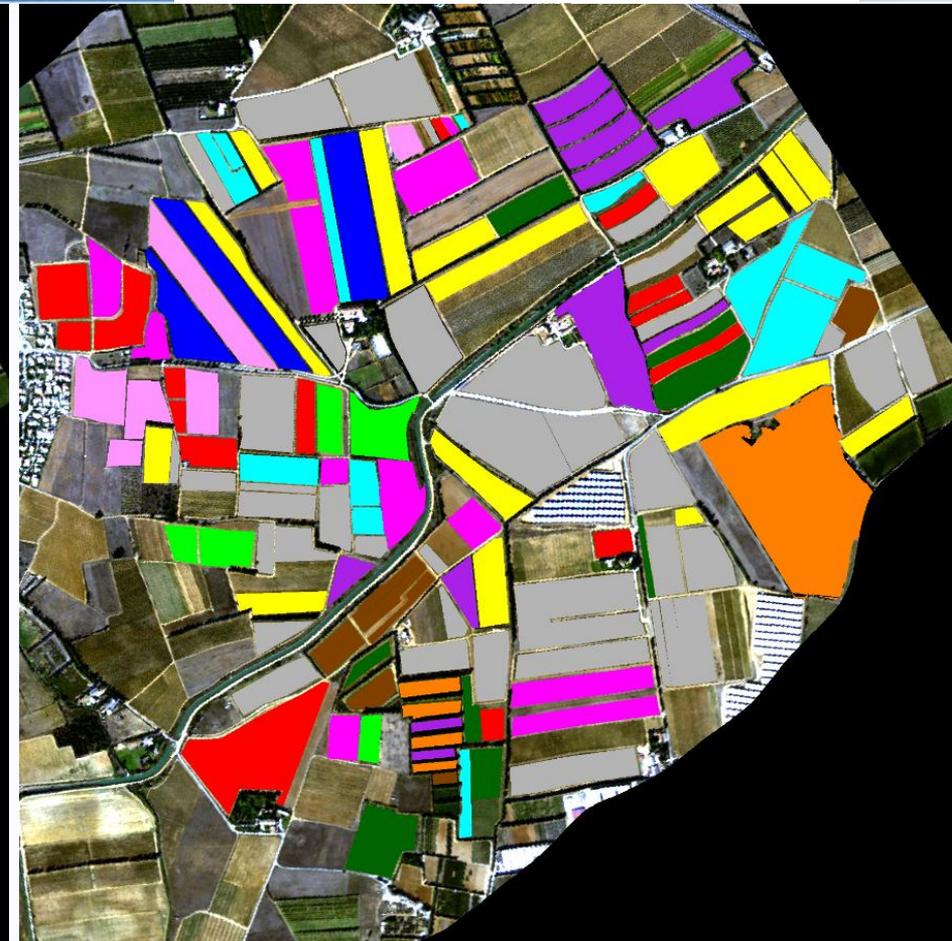
11) vigne

12) maraichage

Classification 12 classes – hyperspectral + SAR



Confusion : - vigne/tout



1) verger

2) sol nu

3) maraichage

4) verger

5) prairie

6) verger

7) forêt

8) sol nu

9) maraichage

10) vigne

11) maraichage

12) sol nu

Conclusion et perspectives

- Méthode de segmentation développée réalisant un bon compromis entre sous-segmentation et sur-segmentation. Ne requiert pas un paramétrage délicat de la part de l'utilisateur.
- Deux méthodes de classification non supervisée sont proposées
 - Classification ascendante hiérarchique
 - SVM non supervisée
- Jeu de données incluant des données terrain riches

- Perspectives
 - Inclure la texture dans la phase de segmentation → utilisation de la méthode de segmentation JSEG, Investiguer l'
 - Construire une distance inter-parcelle plus adaptée
 - Appliquer les méthodes présentées sur le jeu de données en utilisant les données terrain (hauteur de végétation, nature du sol sous végétation...)
 - Utiliser le jeu de données pour aider le paramétrage des méthodes
 - Rechercher une méthode pour estimer le nombre de classes présentes

Recherche des classes représentatives

- Principe (entre N-FINDR et IEA)
- Chaque parcelle est caractérisée par un vecteur d'attributs (hyperspectral + SAR + texture)
- Recherche itérative des classes
- Initialisation : la 1^{ère} classe est celle présentant la plus grande distance avec l'attribut moyen calculé sur l'ensemble des parcelles
- (n+1)^{ème} itération :
 - Pour chaque parcelle i , la distance entre le vecteur d'attribut de i et le vecteur d'attribut de chacune des n classes est calculée. La distance minimale parmi toutes ces distances est retenue.
 - La parcelle plus grande distance minimale avec les n classes déjà retenues est élue en tant que (n+1)^{ème} classe.

$$\text{classe}(n+1) = \arg \max_i \left(\min_{k \in \{1..n\}} \{ \text{dist}(i, \text{classe}(k)) \} \right)$$

- IMPORTANT : il est nécessaire que les classes estimées soient incluses dans l'image (pas comme Mixmod ou ICE)
- → car la SVM va utiliser les parcelles r1^{ère} classe enues pour l'apprentissage

V2 : on ne retient que les parcelles > 4000 pixels

- Difficulté majeure : quel est le bon nombre de classes

- Hyperspectral seul → ordre des classes retenues

- | | | | |
|---------------|----------------|---------------|----------------|
| 1) verger | 2) sol nu | 3) maraichage | 4) verger |
| 5) prairie | 6) verger | 7) sol nu | 8) forêt |
| 9) maraichage | 10) maraichage | 11) vigne | 12) maraichage |

- SAR → ordre des classes retenues

- | | | | |
|------------|-----------|-------------|---------------|
| 1) verger | 2) sol nu | 3) verger | 4) maraichage |
| 5) vigne | 6) vigne | 7) prairie | 8) prairie |
| 9) prairie | 10) forêt | 11) prairie | 12) vigne |

- Hyperspectral + SAR → ordre des classes retenues

- | | | | |
|---------------|-----------|----------------|------------|
| 1) verger | 2) sol nu | 3) maraichage | 4) verger |
| 5) prairie | 6) verger | 7) forêt | 8) sol nu |
| 9) maraichage | 10) vigne | 11) maraichage | 12) sol nu |