



# SFPT-GH 2023

Classification of Hyperspectral Reflectance Images with Physical and Statistical criteria

Alexandre Alakian

ONERA / DTIS



retour sur innovation

# CHRIPS : Classification of Hyperspectral Reflectance Images With Physical and Statistical criteria

- CHRIPS<sup>(a)</sup> est une méthode de classification hiérarchique non supervisée permettant d'identifier 15 classes différentes :

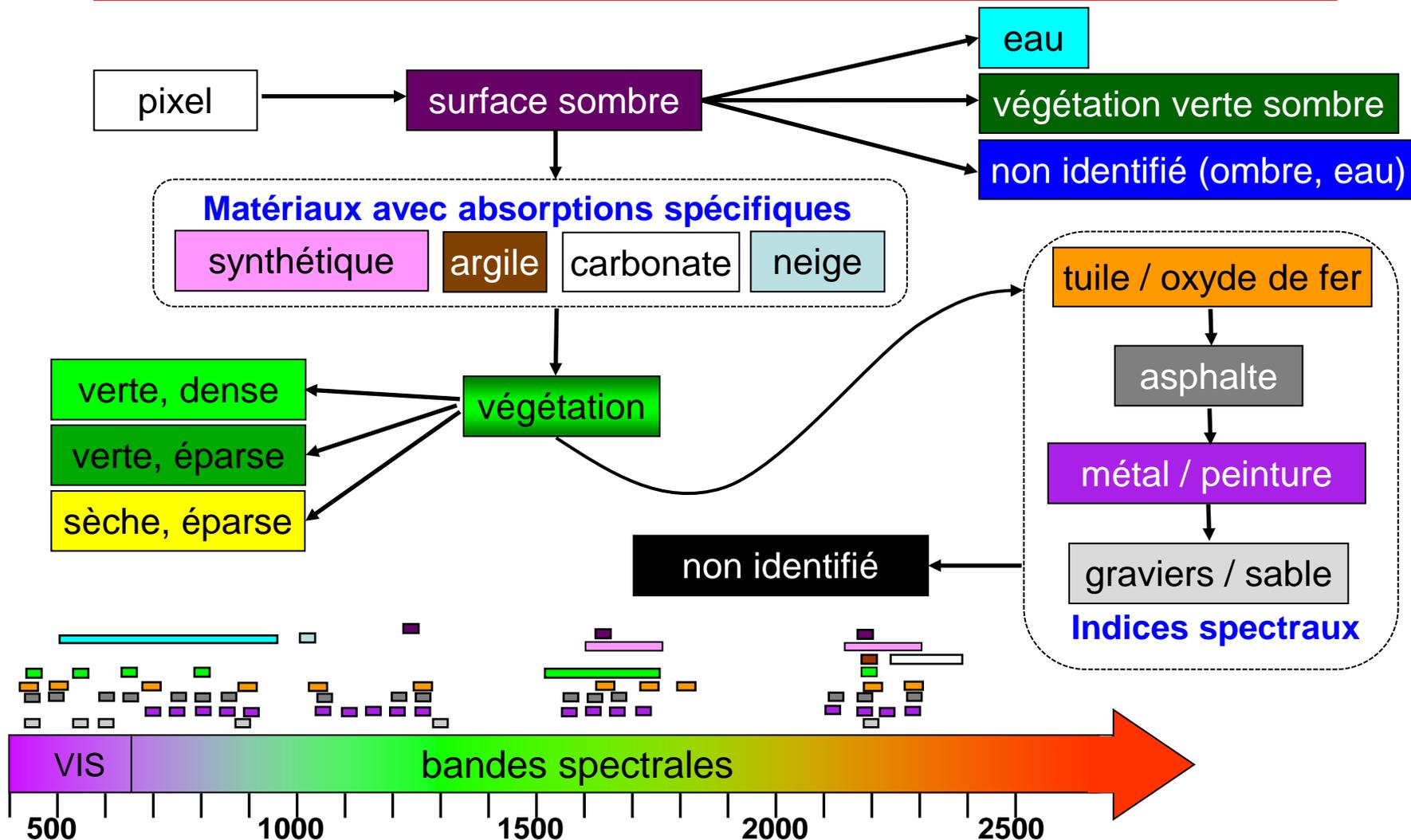
 eau	 végétation verte sombre	 tuile / oxyde de fer
 surface sombre (ombre, eau...)	 végétation verte dense	 véhicule / peinture
 synthétique	 végétation verte épars	 asphalte
 surface carbonatée	 végétation stressée	 gravier non carbonaté
 surface argileuse	 végétation épars + sol nu	
 neige (2023)	 nuage (méthode CHIWAHA, 2023)	

- Pour chaque classe, une méthode de détection dédiée exploite des propriétés spectrales spécifiques (absorptions spécifiques ou caractéristiques géométriques) ou des indices spectraux.
- CHRIPS est applicable aux images hyperspectrales en réflectance couvrant le domaine spectral [400-2500 nm] (Visible + VNIR + SWIR).

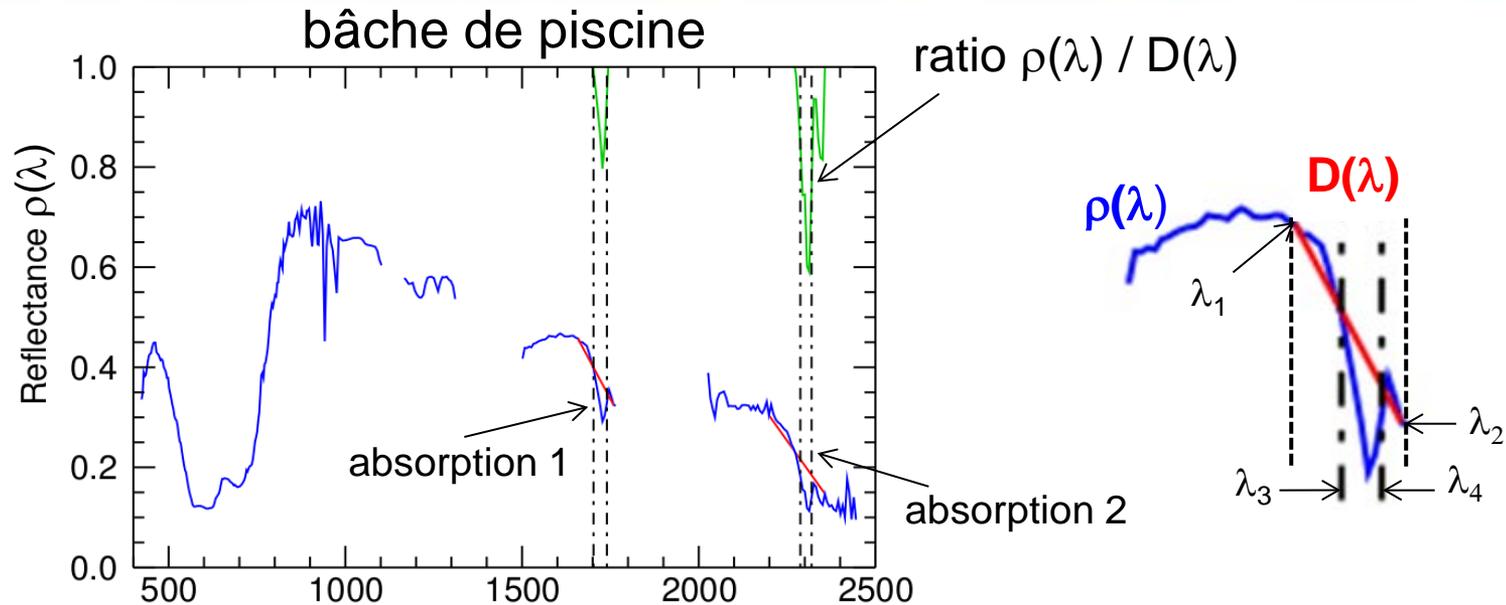
(a) Alakian, A.; Achard, V. *Classification of Hyperspectral Reflectance Images With Physical and Statistical Criteria*. Remote Sens. 2020, 12, 2335.

CHRIPS : chaque classe de matériau est caractérisée par une méthode dédiée → obtention d'un arbre de détection.

Pour chaque classe de matériaux, un nombre restreint de bandes est nécessaire. Ces bandes diffèrent d'un matériau à l'autre.



# Détection de matière synthétique aliphatique



Deux absorptions spécifiques vers 1730 nm et 2300 nm.

Méthode basée sur le continuum removal à  $\lambda$  fixés. Pour chaque absorption,

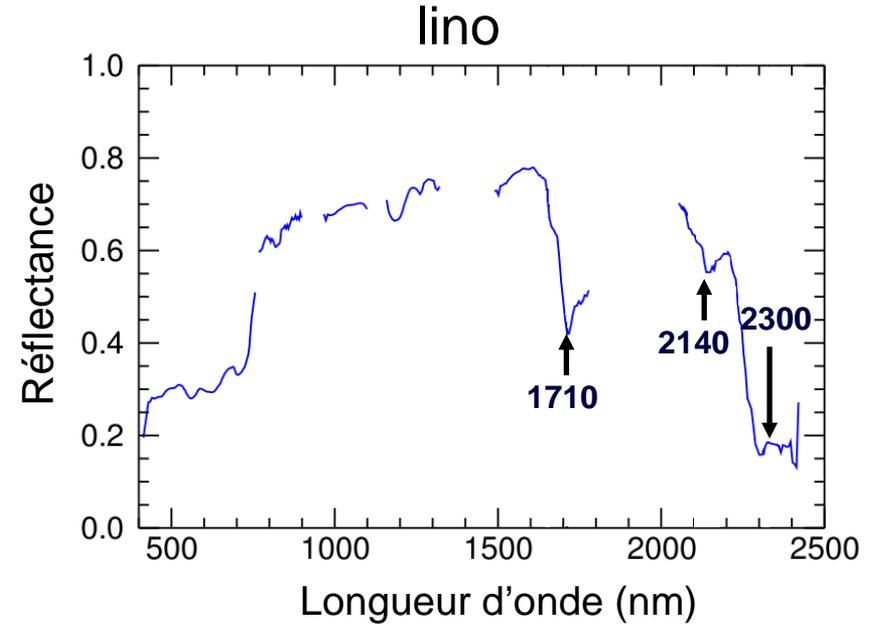
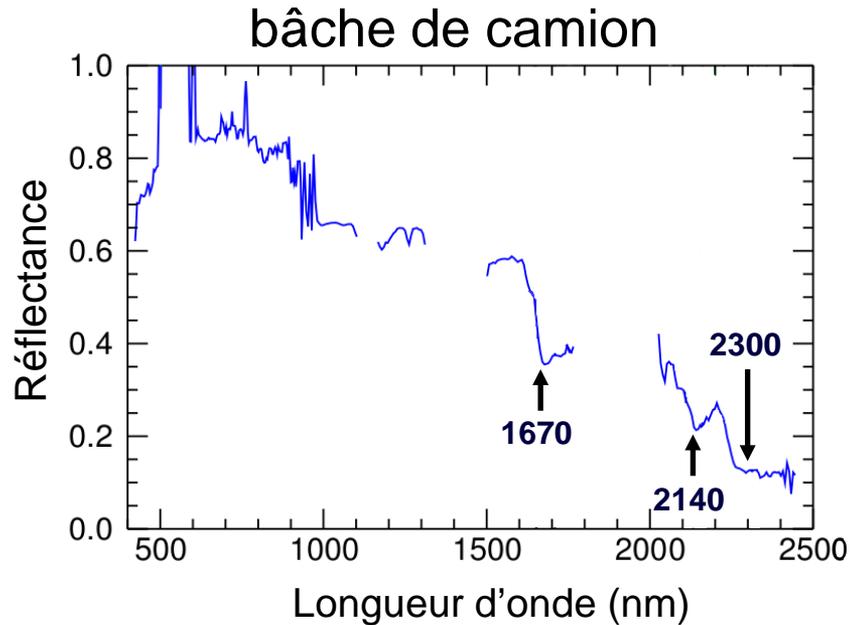
- la droite  $D(\lambda)$  est tracée entre  $\lambda_1$  (avant absorption) et  $\lambda_2$  (après absorption),
- absorption détectée ssi  $\min_{\lambda_3 \leq \lambda \leq \lambda_4} \rho(\lambda) / D(\lambda) \leq T$  avec  $[\lambda_3, \lambda_4] \subset [\lambda_1, \lambda_2]$

Chaque absorption est caractérisée par 5 paramètres :  $U = \{ \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, T \}$

Absorption 1 :  $U_1 = \{ 1660, 1760, 1700, 1740, 0.93 \}$

Absorption 2 :  $U_2 = \{ 2200, 2360, 2290, 2320, 0.92 \}$

# Détection de matière synthétique aromatique



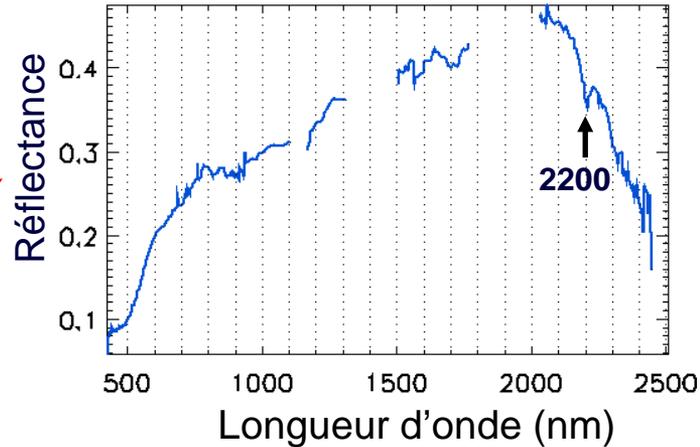
Matière synthétique aromatique : détection de trois absorptions spécifiques

- 1670 - 1710 nm
- 2140 nm
- 2300 nm

# Matériaux présentant des absorptions spécifiques

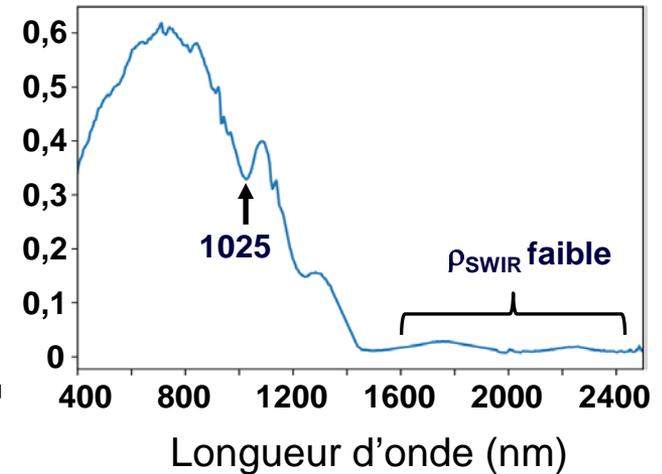
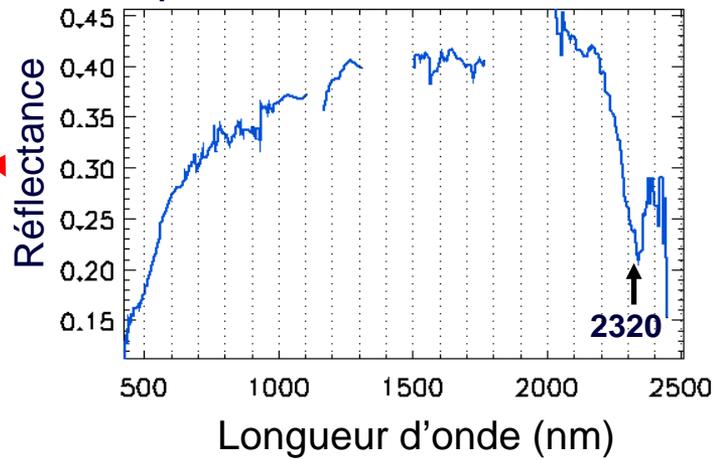


présence d'argile

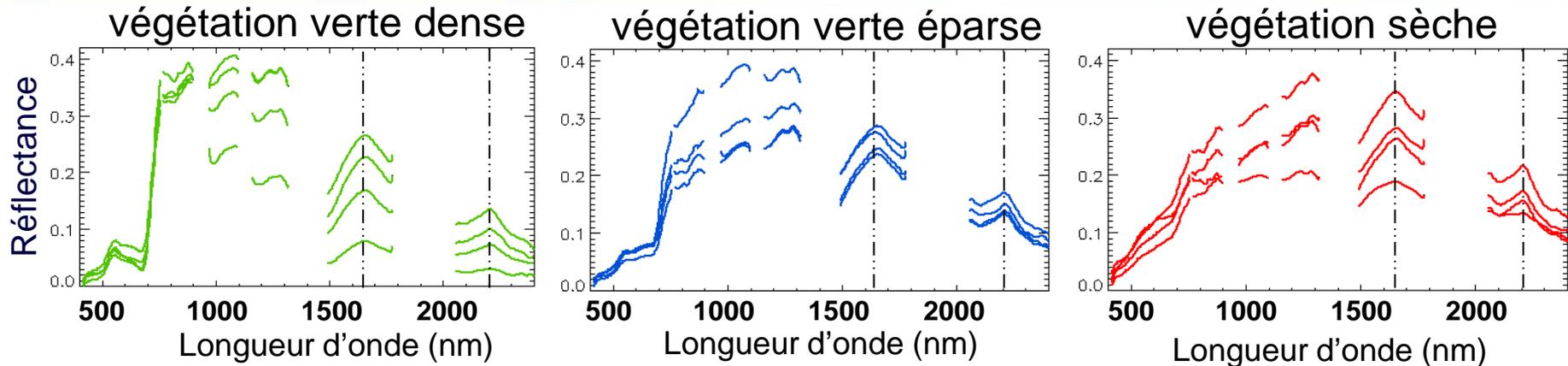


neige

présence de carbonate



# Détection de la végétation



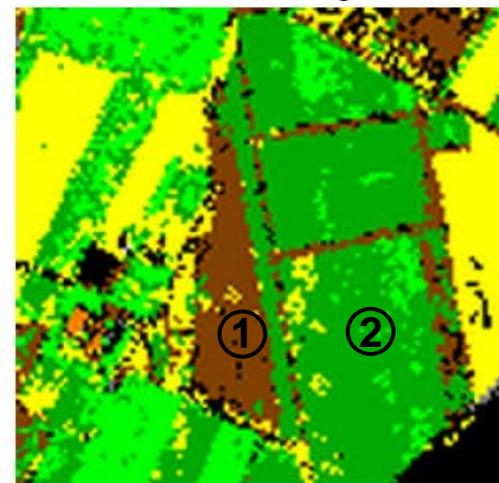
- 1<sup>ère</sup> étape : identification des pixels de végétation
  - forme parabolique autour de 1660 nm et maximum local vers 1660 nm
  - maximum local vers 2210 nm
  - $NDVI \geq 0,15$
- 2<sup>ème</sup> étape : identification du type de végétation
  - verte et dense :  $NDVI \geq 0,65$  et  $\rho_{vert} > \rho_{bleu} \& \rho_{rouge}$
  - verte et épaisse :  $NDVI \geq 0,50$  et pas verte et dense
  - stressée (ou sol nu + vég. épaisse): le reste, i.e.  $0,15 \leq NDVI < 0,50$

$$NDVI = \frac{\rho(800) - \rho(650)}{\rho(800) + \rho(650)}$$

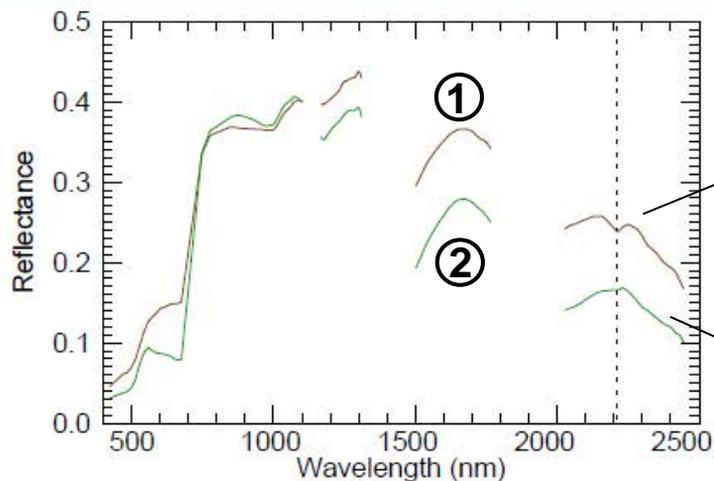
# Exemple de cas mixte : argile + végétation verte

■ végétation verte dense  
■ végétation verte éparse

■ végétation stressée  
■ surface argileuse



Garons (HyMap 4m)

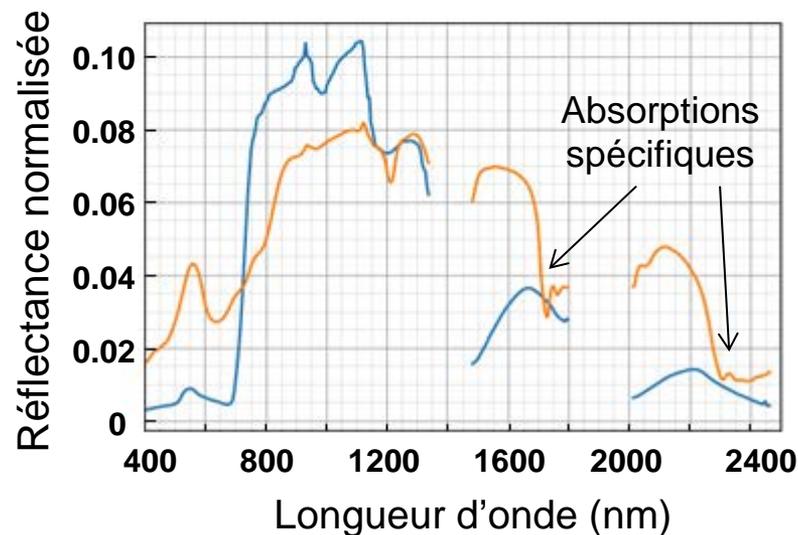
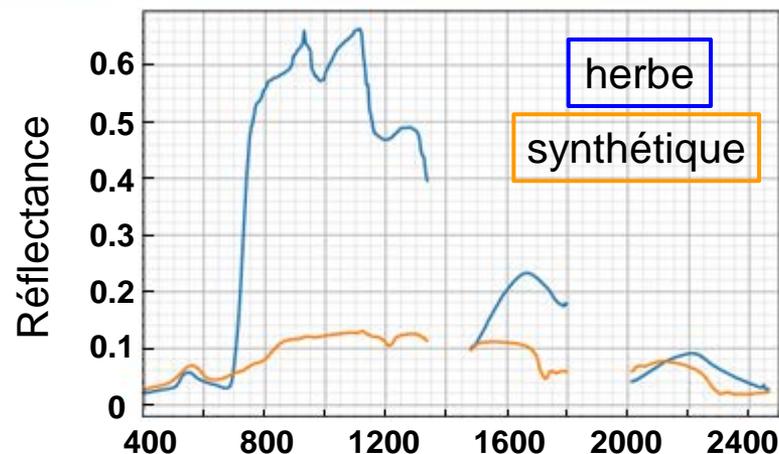


- ① L'absorption vers 2210 nm due à la présence d'argile est prépondérante sur le maximum local de la végétation  
→ classe argile retenue  
(on pourrait affecter classe mixte argile + vég.)
- ② Maximum local vers 2210 nm (végétation) : pas d'absorption argileuse observable  
→ classe de végétation verte éparse retenue

# Terrain de sport : herbe Vs synthétique



- non identifié
- tuile / oxyde de fer
- synthétique
- végétation verte dense
- asphalté



# Conception d'indices spectraux discriminants : application à la classe tuile / oxyde de fer

- Pas d'absorption spécifique
- Variabilité spectrale importante

Conception d'indices sous la forme

$$I = \frac{\rho(\lambda_1) + a_2\rho(\lambda_2) + a_3\rho(\lambda_3)}{\rho(\lambda_4) + a_5\rho(\lambda_5) + a_6\rho(\lambda_6)}$$

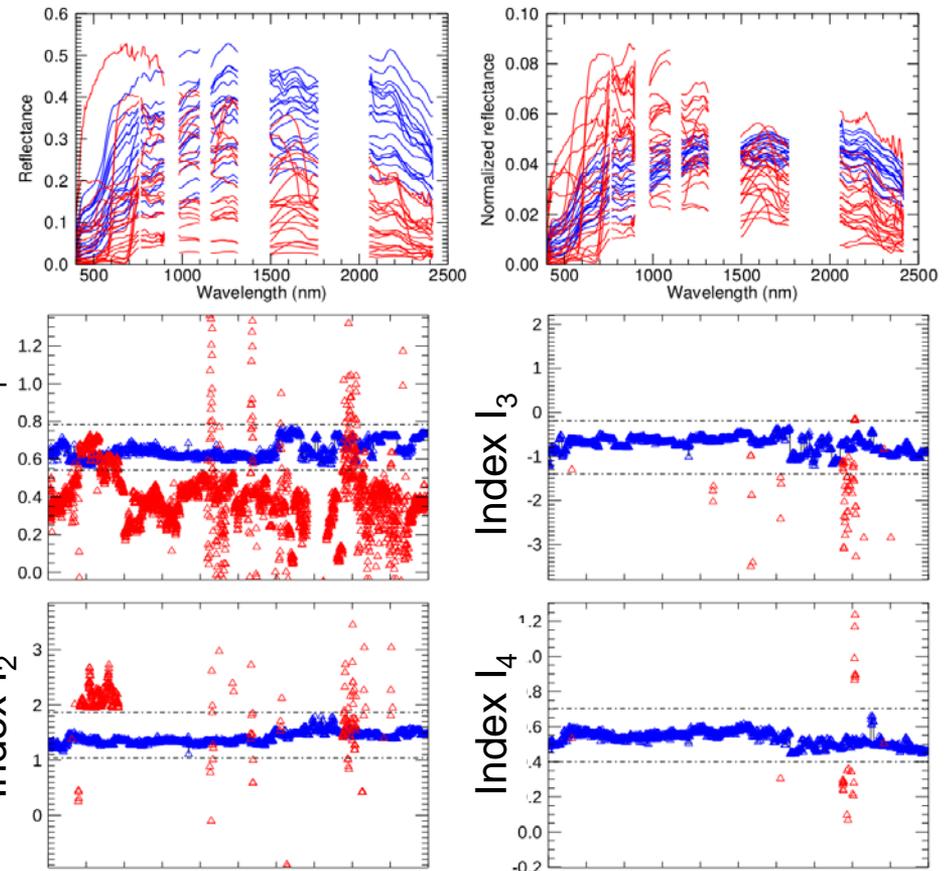
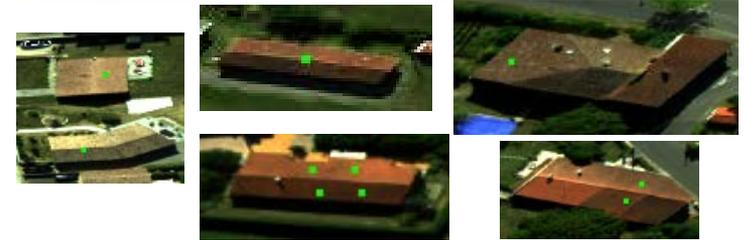
classe tuile / oxyde de fer

$$0.54 \leq \frac{\rho_{650} - 2\rho_{500} + \rho_{1550}}{\rho_{1720} - \rho_{450} + \rho_{1050}} \leq 0.78$$

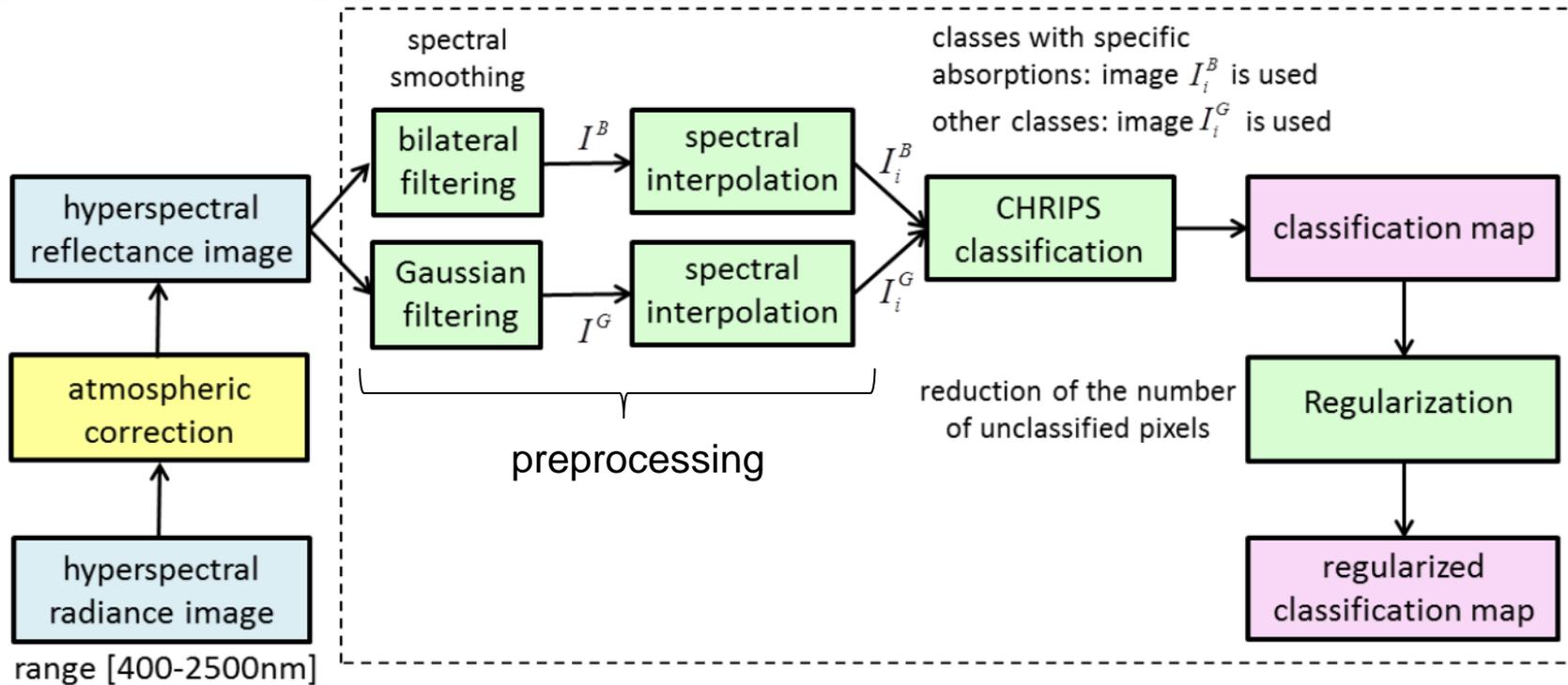
$$1.04 \leq \frac{\rho_{1550} - 0.5\rho_{1720} - 2\rho_{2300}}{\rho_{1660} - 2\rho_{2200} + 0.5\rho_{500}} \leq 1.87$$

$$-1.40 \leq \frac{\rho_{1660} - 2\rho_{1050}}{\rho_{1720} + \rho_{900} - \rho_{700}} \leq -0.19$$

$$0.40 \leq \frac{\rho_{1720} - \rho_{1610} + 0.5\rho_{900}}{\rho_{900} + 0.5\rho_{2300} - 0.5\rho_{2200}} \leq 0.70$$



# Chaîne de traitement globale



Prétraitement : atténuation du bruit (spectral)

- filtrage bilatéral : classes avec absorptions
- filtrage gaussien : autres classes

Régularisation (spatial + spectral) "prudente"

- mêmes critères que CHRIPS mais avec des seuils plus souples
- utilisation du voisinage des pixels déjà identifiés

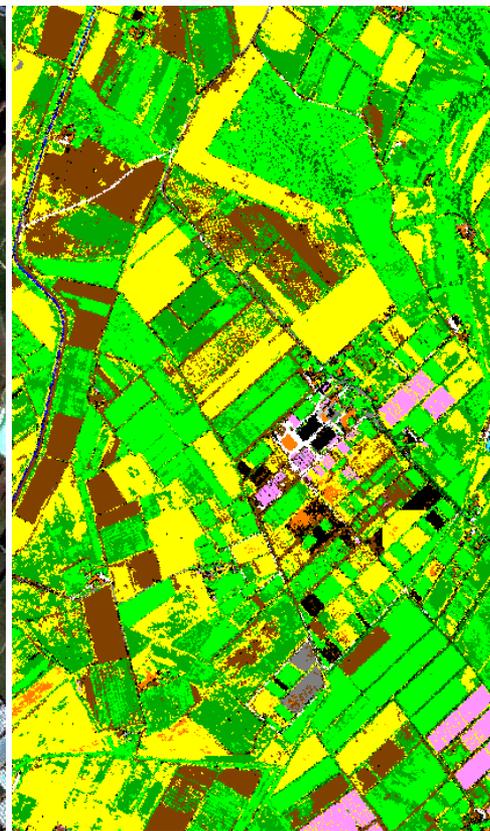
# Caractéristiques de la méthode CHRIPS

- Méthode non supervisée : seuils prédéfinis pour chaque critère.
- Ajustements possibles : les seuils peuvent être modifiés pour améliorer les résultats et atténuer les effets indésirables (correction atmosphérique imprécise par exemple...).
- Robuste en transfert : l'identification des classes est fondée sur des critères qui n'ont pas besoin d'être modifiés quand on change de capteur ou de résolution spatiale.
- Inclut une classe de rejet
- Précision / rappel satisfaisants :  $F_1$  score en général supérieur à 0,90 sur nos tests pour l'ensemble des classes.

# Interface : ajustement des seuils

CHRIPS THRESHOLDS								
Aliphatic plastic	0.93	T1+	0.92	T2+	0.03	T3-		
Aromatic plastic	0.93	T1+	0.92	T2+	0.92	T3+	0.03	T4-
Clay material	0.008	T1-						
Carbonated material	0.94	T1+	0.008	T2-	0.07	T3-	0.3	T4-
Snow / Ice	0.93	T1+	0.1	T2-				
Vegetation NDVI	0.15	T1-	0.5	T2-	0.65	T3-		
Vegetation (other)	0.98	T4-	-8.0	T5+	1.1	T6+		
Dark green vegetation	0.3	T1-	0.03	T2-				
Water	0.4	T1-	0.015	T2-	450	T3-	610	T4+
Dark surface	0.09	T1+	0.08	T2+	0.04	T3+		
House roof / tile	0.0	T(%)+		Asphalt	0.0	T(%)+		
Vehicle / metal	0.0	T(%)+		Gravel	0.0	T(%)+		
Plastic Vs Stressed veg.	0.03							
Prioritize vegetation over clay	<input checked="" type="checkbox"/>							
Prioritize roof/tile over clay	<input type="checkbox"/>							
				Prioritize asphalt over clay	<input type="checkbox"/>			
Show / Hide	REGULARIZATION THRESHOLDS							
Prioritize classes with specific absorptions	<input checked="" type="checkbox"/>							
General parameters	2	radius neighbourhood	20	iterations				
Aliphatic plastic	0.94	T1+	0.93	T2+	0.03	T3-		
Aromatic plastic	0.94	T1+	0.93	T2+	0.93	T3+	0.03	T4-
Clay material	0.006	T1-						
Carbonated material	0.96	T1+	0.006	T2-	0.05	T3-	0.1995	T4-
Snow / Ice	0.92	T1+	0.08	T2-				
Vegetation	0.1	T1-	0.9	T4-	-7.0	T5+	1.2	T6+
House roof / tile	20.0	T(%)+		Asphalt	20.0	T(%)+		
Vehicle / metal	20.0	T(%)+		Gravel	20.0	T(%)+		
Raw regularization	2.0	spectral angle						

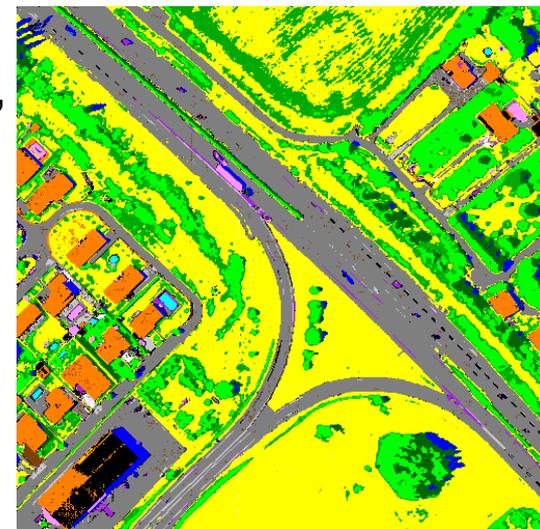
# Application : différents capteurs, différentes résolutions



Garons,  
France  
(HyMap, 4 m)

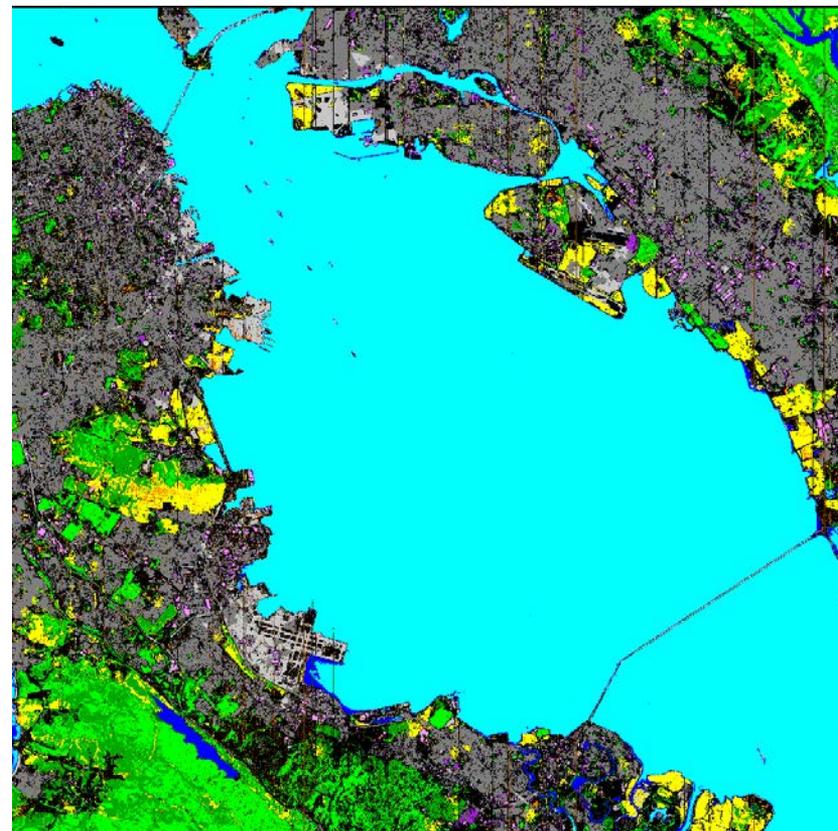
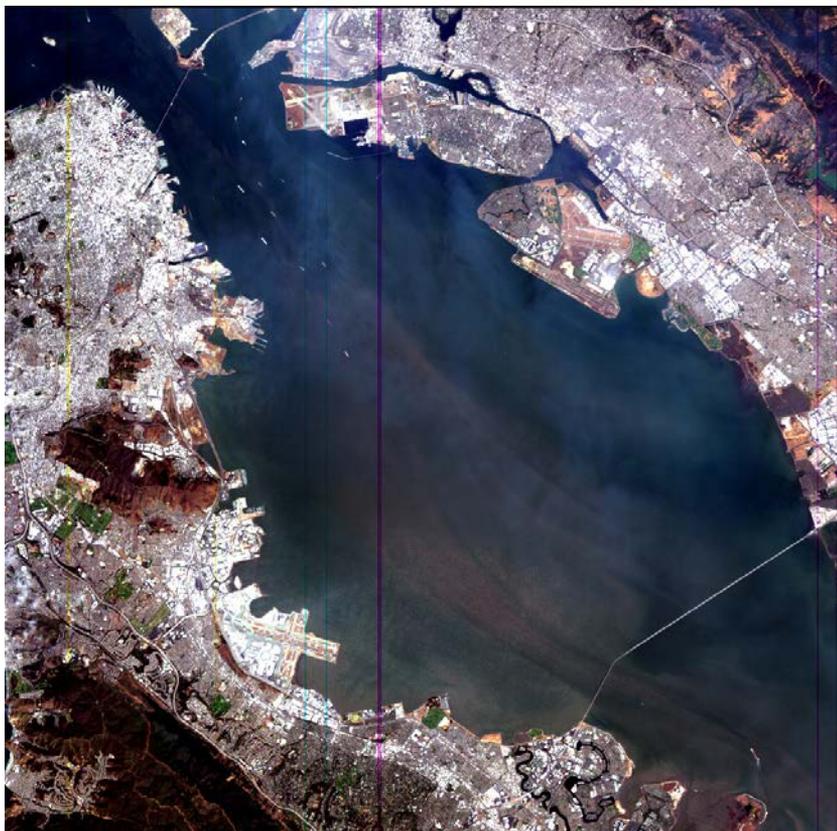


Fauga,  
France  
(AisaFENIX,  
55 cm)



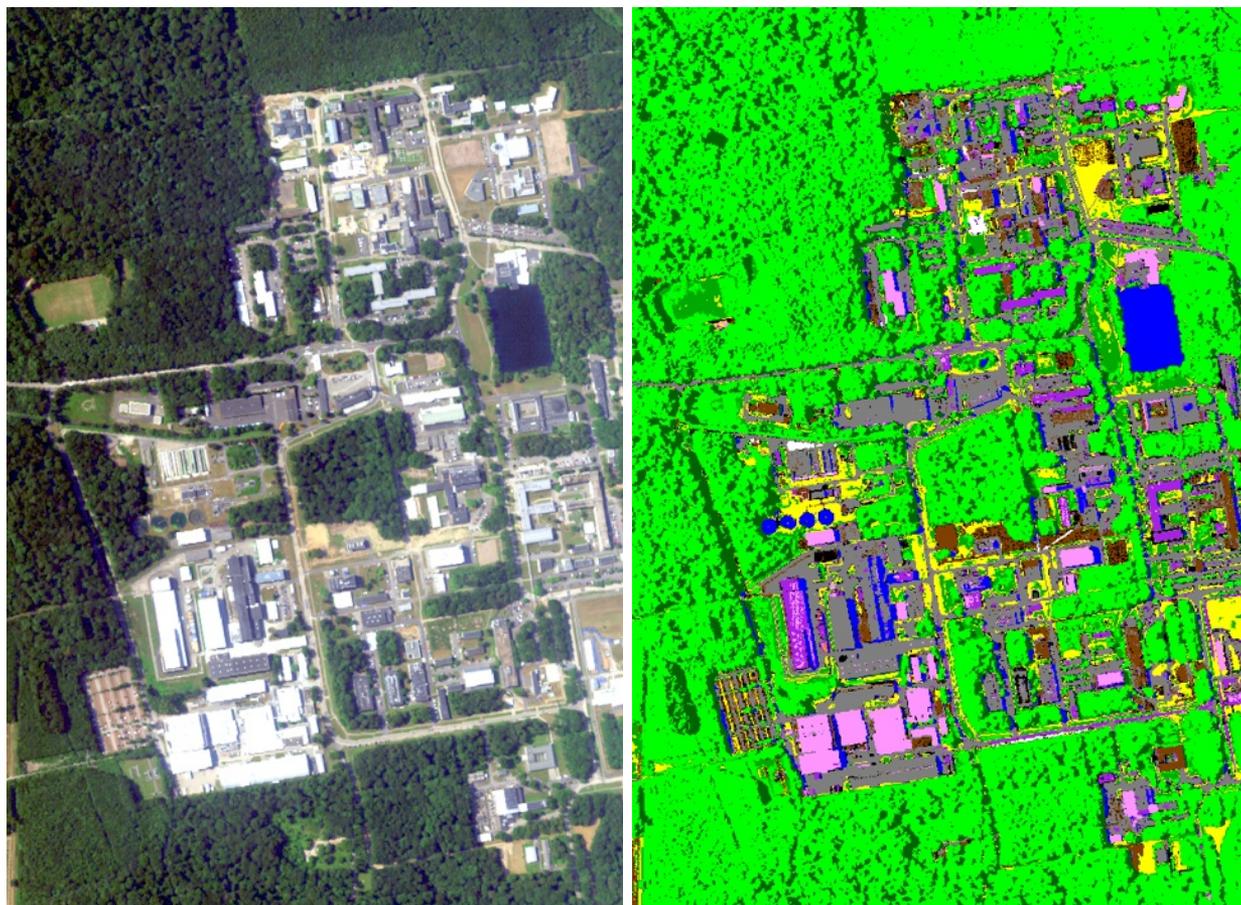
- |  |   |  |
|--|---|--|
|  non identifié            |  végétation verte sombre |  asphalté |
|  eau                      |  végétation verte dense  |  gravier  |
|  surface sombre (eau, on) |  végétation verte éparse |  |
|  synthétique              |  végétation stressée     |  |
|  surface carbonatée       |  véhicule / peinture     |  |
|  surface argileuse        |  tuile / oxyde de fer    |  |

# Application : différents capteurs, différentes résolutions



- |  |   |  |   |
|--|---|--|---|
|  non identifié           |  végétation verte sombre | <b>San Francisco, USA (PRISMA, 30 m)</b> |   |
|  eau                     |  végétation verte dense  |  |   |
|  surface sombre (eau, or |  végétation verte épars  |  |   |
|  synthétique             |  végétation stressée     |  |   |
|  surface carbonatée      |  véhicule / peinture     |  |  asphalt |
|  surface argileuse       |  tuile / oxyde de fer    |  |   |

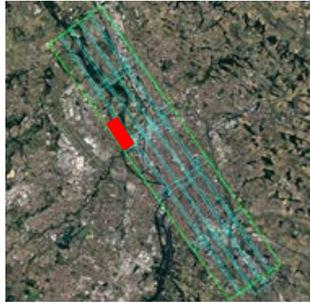
# Application : différents capteurs, différentes résolutions



- non identifié
- eau
- surface sombre (eau, or)
- synthétique
- surface carbonatée
- surface argileuse
- tuile / oxyde de fer
- végétation verte sombre
- végétation verte dense
- végétation verte épars
- végétation stressée
- véhicule / peinture
- asphalte
- gravier

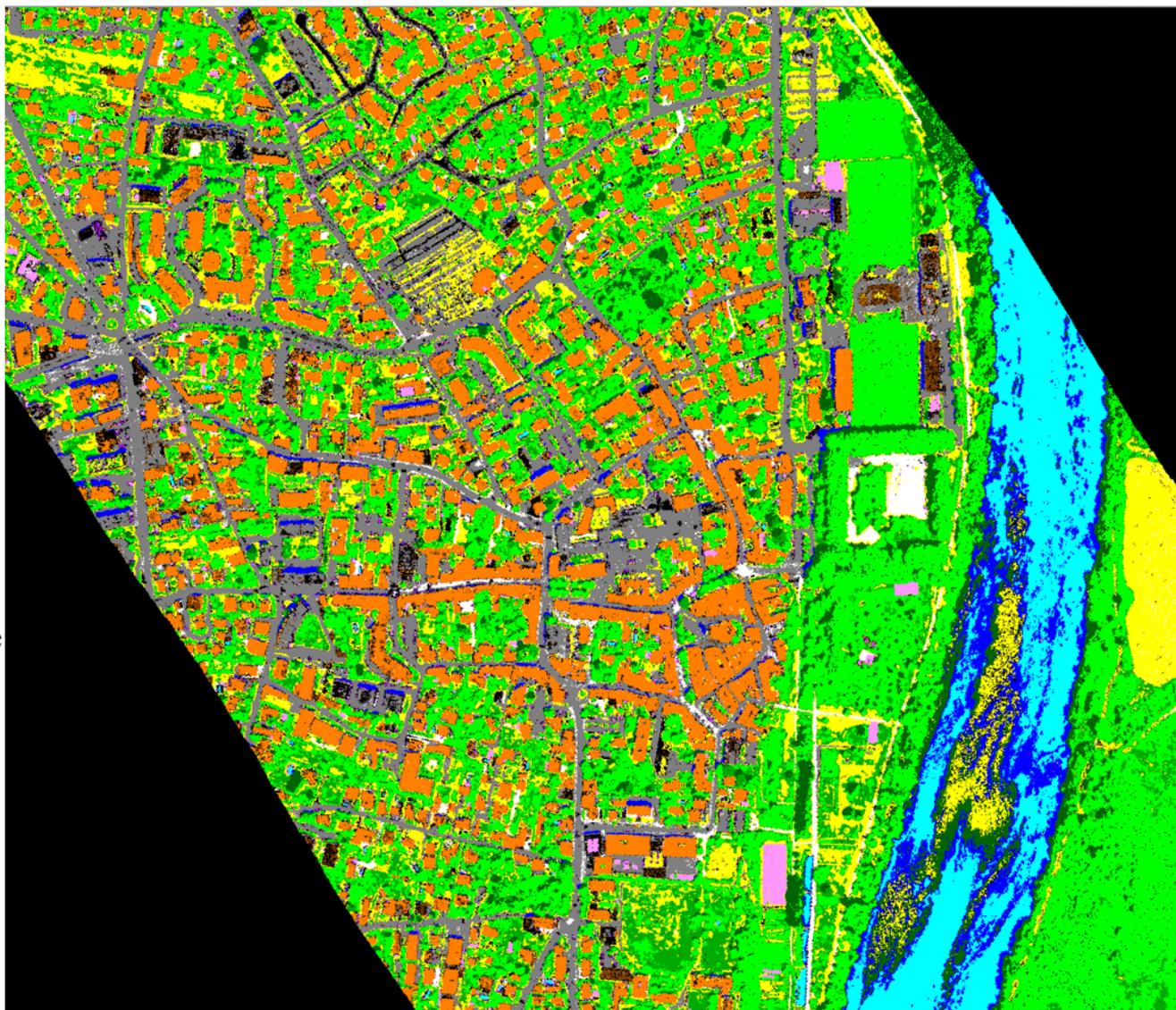
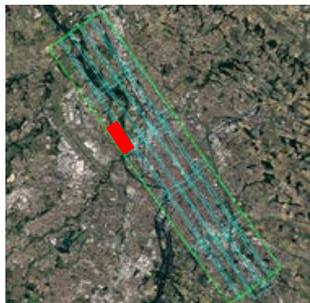
Allemagne, AVIRIS-NG

# Campagne AI4GEO-CamCatt<sup>(b)</sup> (AisaFENIX 1K, 1m) – 1b2



(b) L. Roupioz et al., Multi-source datasets acquired over Toulouse (France) in 2021 for urban microclimate studies during the CAMCATT/AI4GEO field campaign, Data in Brief, 2023. doi.org/10.1016/j.dib.2023.109109.

# Campagne AI4GEO-CamCatt (AisaFENIX 1K, 1m) – 1b2



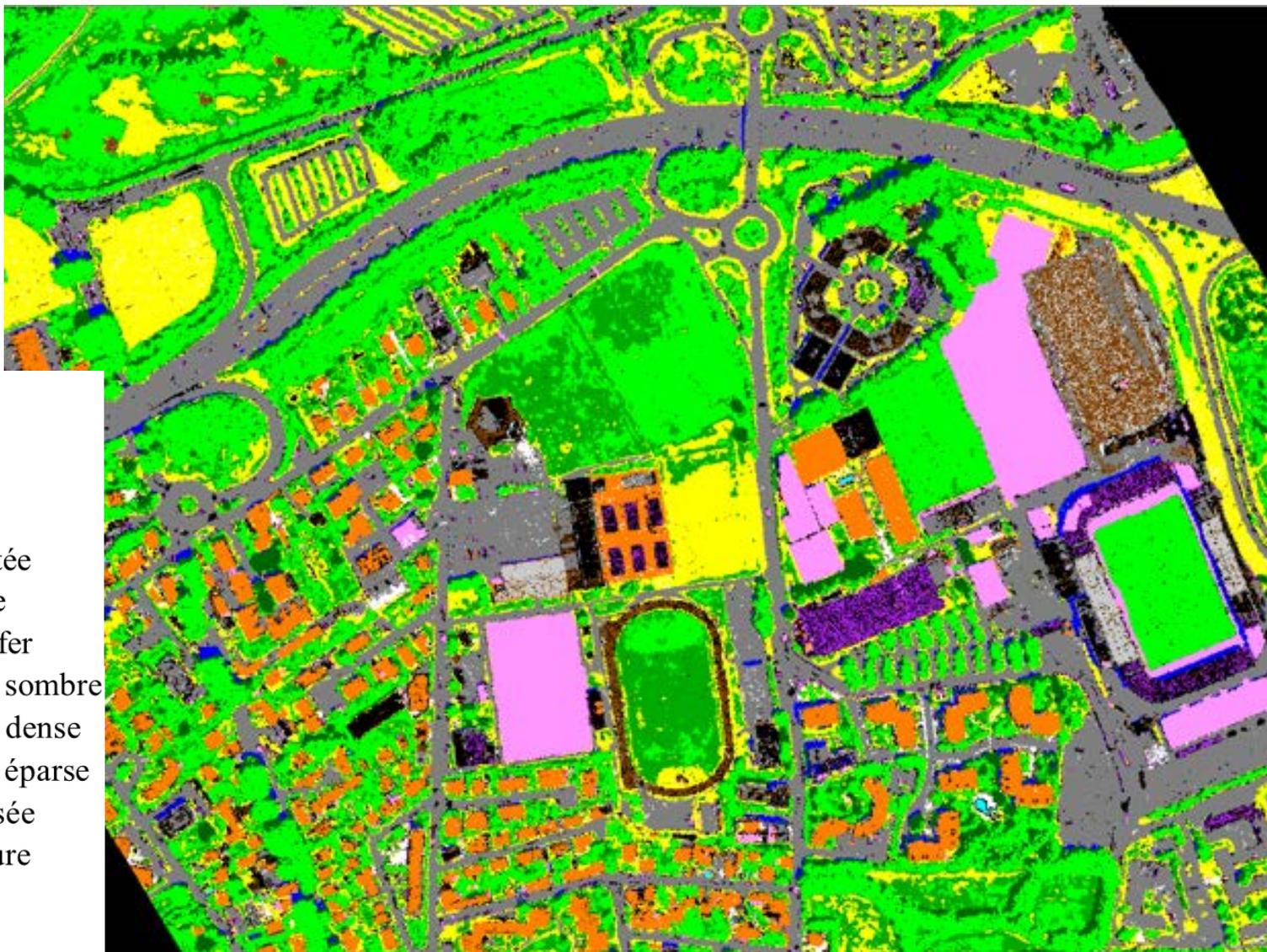
- non identifié
- eau
- surface sombre
- synthétique
- surface carbonatée
- surface argileuse
- tuile / oxyde de fer
- végétation verte sombre
- végétation verte dense
- végétation verte éparse
- végétation stressée
- véhicule / peinture
- asphalté
- gravier

# Campagne AI4GEO-CamCatt (AisaFENIX 1K, 1m) - 1c1-zoom



- non identifié
- eau
- surface sombre
- synthétique
- surface carbonatée
- surface argileuse
- tuile / oxyde de fer
- végétation verte sombre
- végétation verte dense
- végétation verte éparse
- végétation stressée
- véhicule / peinture
- asphalté
- gravier

# Campagne AI4GEO-CamCatt (AisaFENIX 1K, 1m) - 1c1-zoom



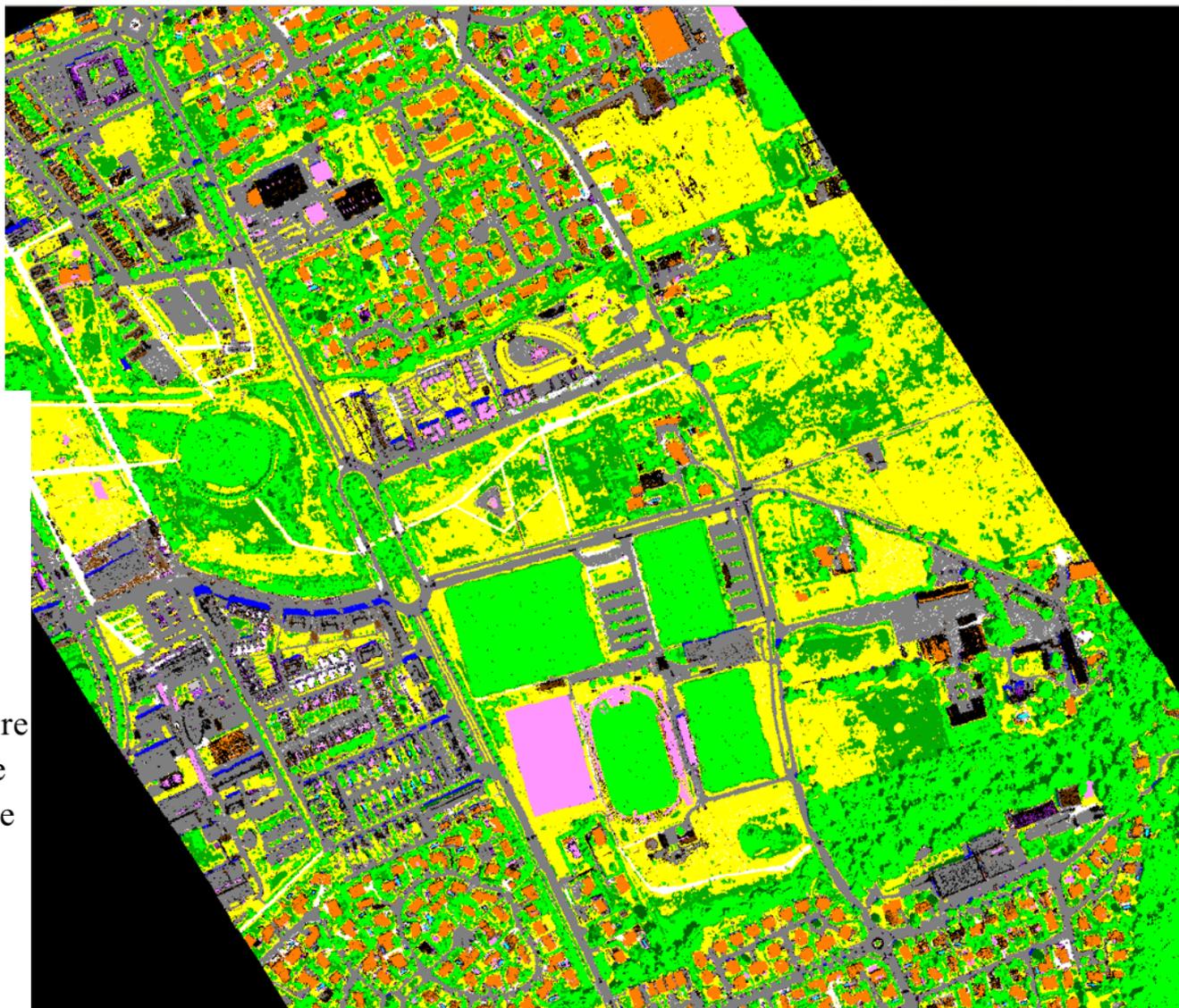
- non identifié
- eau
- surface sombre
- synthétique
- surface carbonatée
- surface argileuse
- tuile / oxyde de fer
- végétation verte sombre
- végétation verte dense
- végétation verte épars
- végétation stressée
- véhicule / peinture
- asphalt
- gravier

# Campagne AI4GEO-CamCatt (AisaFENIX 1K, 1m) – 1b1



- non identifié
- eau
- surface sombre
- synthétique
- surface carbonatée
- surface argileuse
- tuile / oxyde de fer
- végétation verte sombre
- végétation verte dense
- végétation verte épars
- végétation stressée
- véhicule / peinture
- asphalt
- gravier

# Campagne AI4GEO-CamCatt (AisaFENIX 1K, 1m) – 1b1

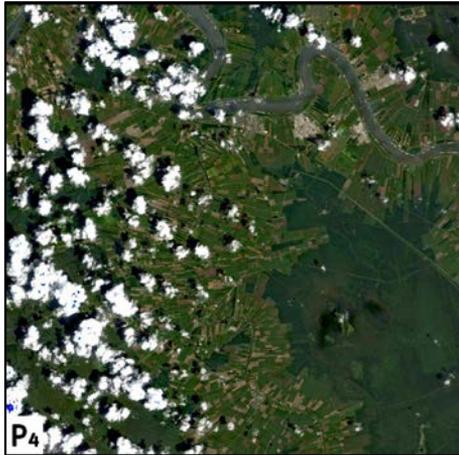


-  non identifié
-  eau
-  surface sombre
-  synthétique
-  surface carbonatée
-  surface argileuse
-  tuile / oxyde de fer
-  végétation verte sombre
-  végétation verte dense
-  végétation verte éparse
-  végétation stressée
-  véhicule / peinture
-  asphalté
-  gravier

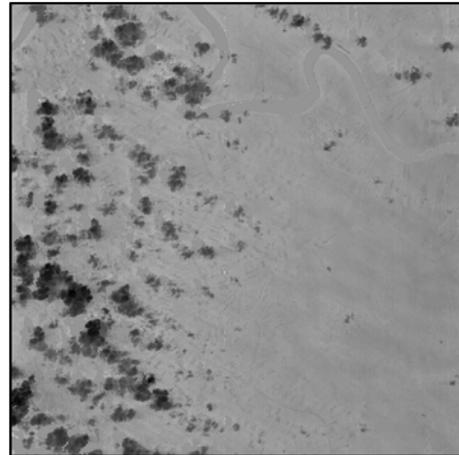
# Détection de nuages : méthode CHIWAWA (cf. poster)

Exploitation de la carte de la colonne de vapeur d'eau atmosphérique (WV)

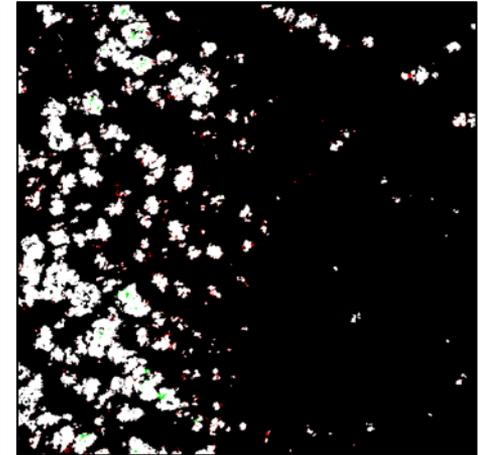
Louisiane,  
Etats-Unis  
(PRISMA)



RVB

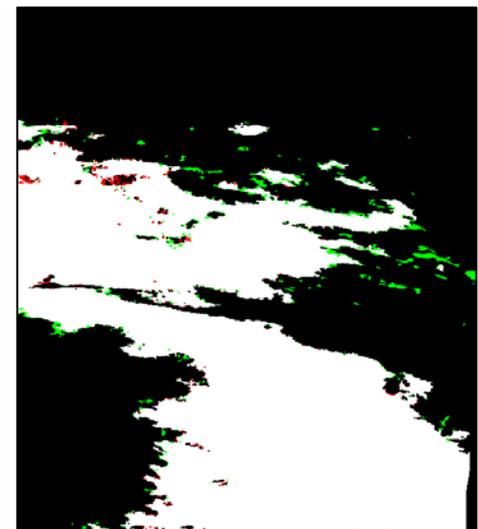
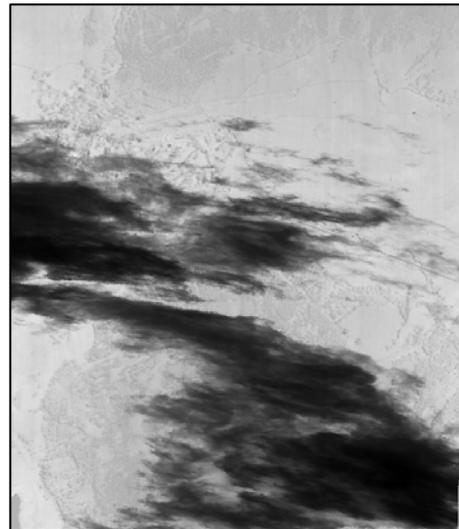


WV



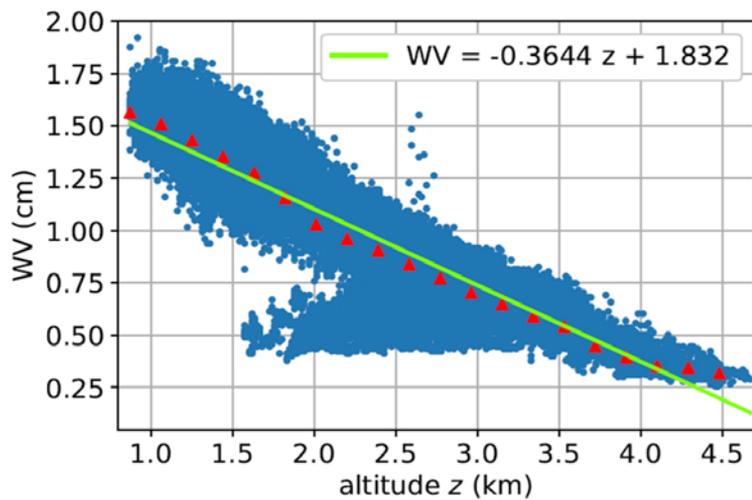
carte de détection

-  TP
-  TN
-  FP
-  FN

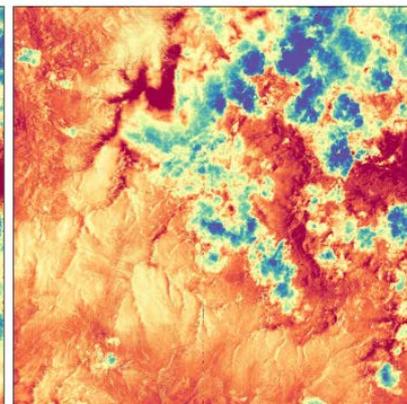
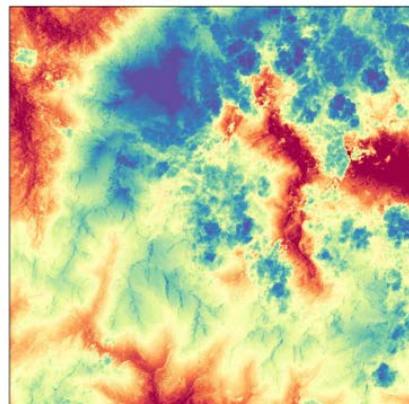


Suisse  
(AVIRIS-NG)

# Détection de nuages : correction de la dépendance en altitude de la carte de vapeur d'eau

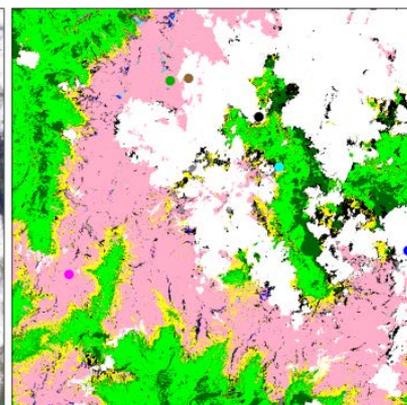
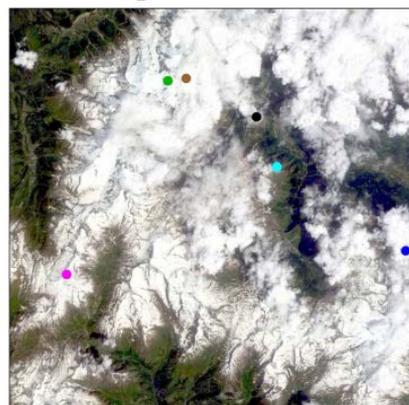
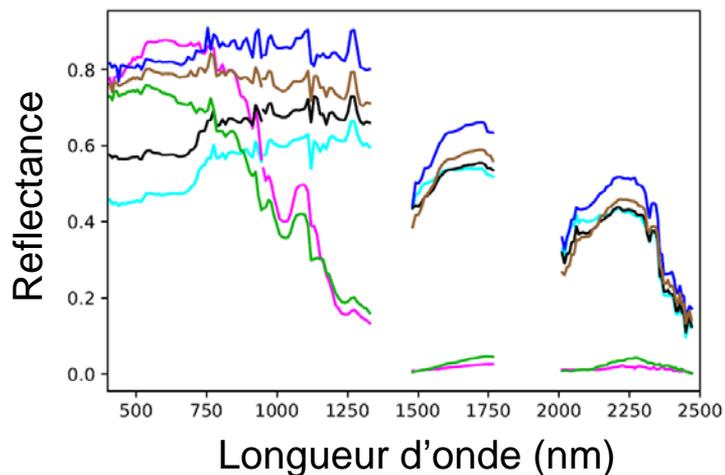


WV (cm): 0.40 1.65



WV map before correction

WV map after correction



RGB

Classification after correction

- vég. verte sombre
- vég. verte dense
- vég. éparses
- neige
- nuage

- Ajout de nouvelles classes : sol nu (non argileux), types de toiture...
- Affinement de certaines classes : types de végétation, types d'oxydes de fer, types d'argile...
- Adaptation aux données de type PRISMA / EnMAP (30 m) : ajout de classes mixtes
- Amélioration de certaines classes : meilleure distinction entre eau et surface sombre, détection des reflets du soleil sur l'eau...
- Caractérisation de phénomènes physiques : localisation d'émissions thermiques (feux), quantification de la température...

Différentes classifications sont mises sur le site (nuages non pris en compte pour l'instant) :

[https://github.com/aalakian/chrips\\_hyperspectral/blob/gh-pages/index.md](https://github.com/aalakian/chrips_hyperspectral/blob/gh-pages/index.md)

Filtrage gaussien (classes sans absorption spécifique)

$$\rho_{\lambda}^G = \frac{\sum_s F(\lambda - s, \sigma_3) \rho_s}{\sum_s F(\lambda - s, \sigma_3)} \quad \text{avec} \quad F(r, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{r^2}{2\sigma^2}}$$

Filtrage bilatéral (classes avec absorptions spécifiques)

→ nécessité de ne pas atténuer les profondeurs d'absorption

$$\rho_{\lambda}^B = \frac{\sum_s F(\rho_{\lambda} - \rho_s, \sigma_1) F(\lambda - s, \sigma_2) \rho_s}{\sum_s F(\rho_{\lambda} - \rho_s, \sigma_1) F(\lambda - s, \sigma_2)}$$