

Comparaison de deux méthodes de correction atmosphérique à différentes résolutions pour des applications de classification d'images hyperspectrales

G. Roussel, C. Weber
X. Briottet, X. Ceamanos

SFPT-GH 11, 12 et 13
mai 2016

Milieu urbain

- Représente plus de la moitié de la population humaine
- Nombreuses applications de télédétection : étude des îlots de chaleur, suivi de l'état de la chaussée, analyse de l'imperméabilité des sols, etc...
- Milieu complexe : hétérogénéité de formes et de tailles, rugosité importante (ombres, occultations, façades verticales), grande variété de matériaux
- Imagerie hyperspectrale : voie prometteuse pour la caractérisation de cette diversité



- Projet HYEP :
 - Construction d'une base de données morpho-spectrale des objets urbains
 - Développement d'outils de traitement d'image lié à diverses applications (végétation, surfaces humides, toitures)
 - Diffusion des connaissances (communauté scientifique, acteurs sur le terrain)

Objectifs

- Analyse de deux méthodes de correction atmosphérique permettant de travailler sur des données en réflectance
 - COCHISE^[1] : basé sur une hypothèse sol plat, adapté à l'imagerie hyperspectrale mais ne tient pas compte des ombres.
 - Méthode empirique^[2] : basé sur une approximation grossière des termes radiatifs, rapide et prends les ombres en compte mais adapté à des application de classification uniquement
- Simulation de données satellitaires HYPXIM à des résolutions moindres (4 mètres et 8 mètres)
- Comparaison, à diverses résolution, des résultats obtenus avec les deux méthodes de correction atmosphérique, dans le cadre d'applications de classification

[1] Miesch et al., « Direct and inverse radiative transfer solutions for visible and near-infrared hyperspectral imagery », *Geo.and Remote Sensing*, 2005.

[2] Chen et al., « Efficient empirical reflectance retrieval in urban environment », *IEEE Journ. of sel. top. in applied earth obs. and remote sensing*, 2012..

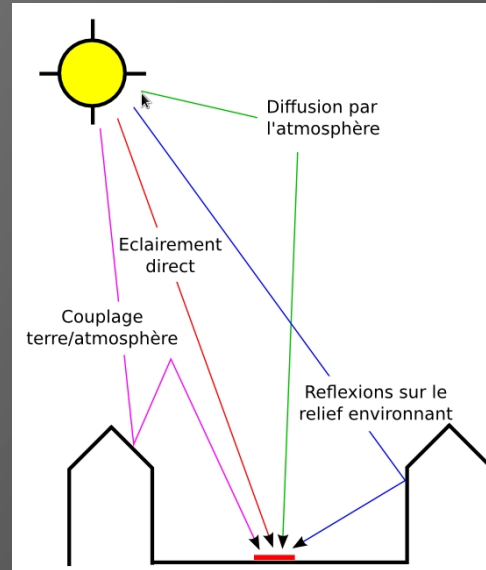
Plan

- ④ 1. Introduction à la correction atmosphérique
- ④ 2. Méthode COCHISE
- ④ 3. Méthode empirique
- ④ 4. Classification ombre/soleil
- ④ 5. Présentation des données et simulation HYPXIM
- ④ 6. Résultats

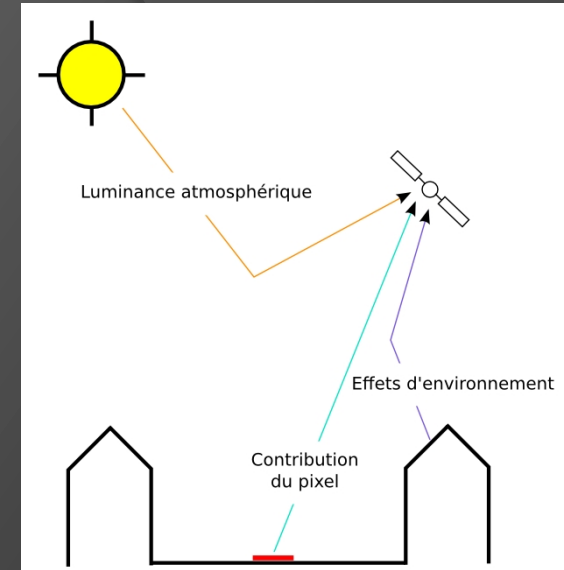
Introduction à la correction atmosphérique

- La luminance mesurée au niveau d'un capteur aéroporté est impactée par plusieurs facteurs :

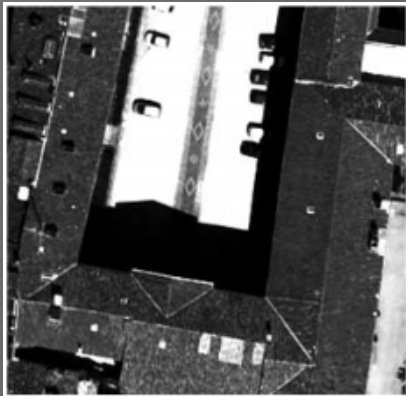
- Mécanismes d'absorption et de diffusion dus au passage dans l'atmosphère (gaz, aérosols)
- Effets de réflexion et d'ombrage dus à la composition du relief environnant (notables en milieu urbain)
- Propriétés intrinsèques des surfaces



Trajet soleil / sol



Trajet sol / capteur



Luminance



Réflectance

- Objectif : Calcul d'une mesure de réflectance, représentatives des seules propriétés intrinsèques des surfaces

$$\rho = \frac{L_{tot} - L_{env} - L_{atm}}{\frac{1}{\pi} \times E_{tot} \times \tau_{up}}$$

$$L_{tot} = L_{dir} + L_{env} + L_{atm}$$

$$E_{tot} = E_{dir} + E_{diff} + E_{coup} + E_{refl}$$

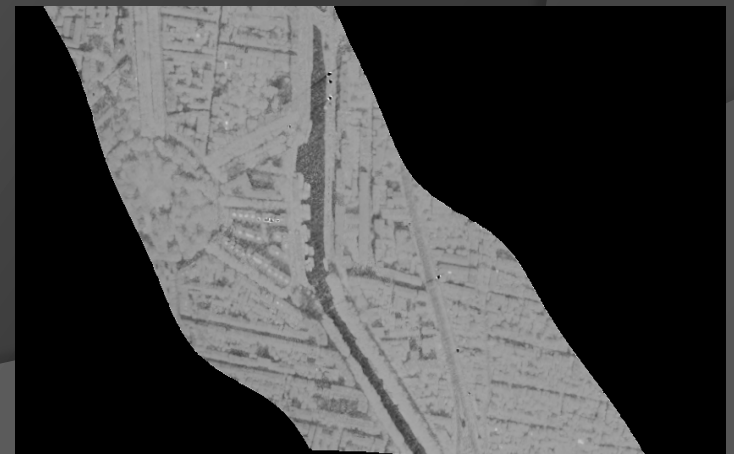
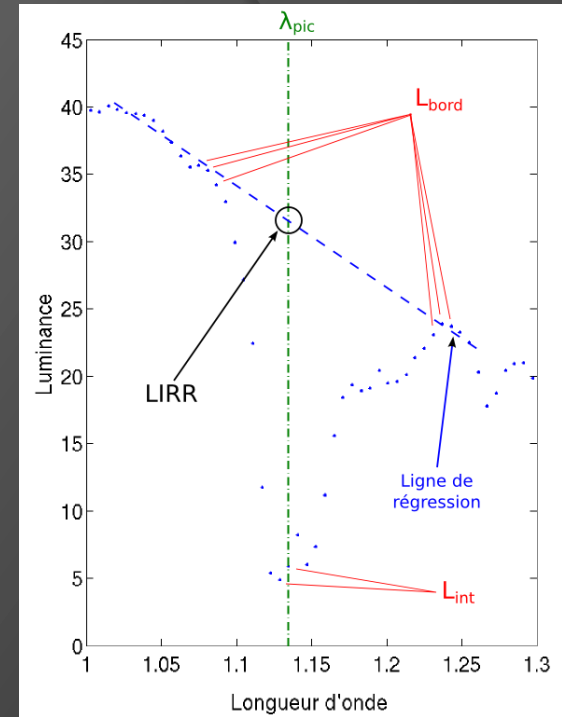
Méthode COCHISE

- Hypothèse : sol plat et hétérogène
- Estimation du contenu en vapeur d'eau à l'aide d'un rapport de régression linéaire (LIRR)
- Calcul itératif de la réflectance :

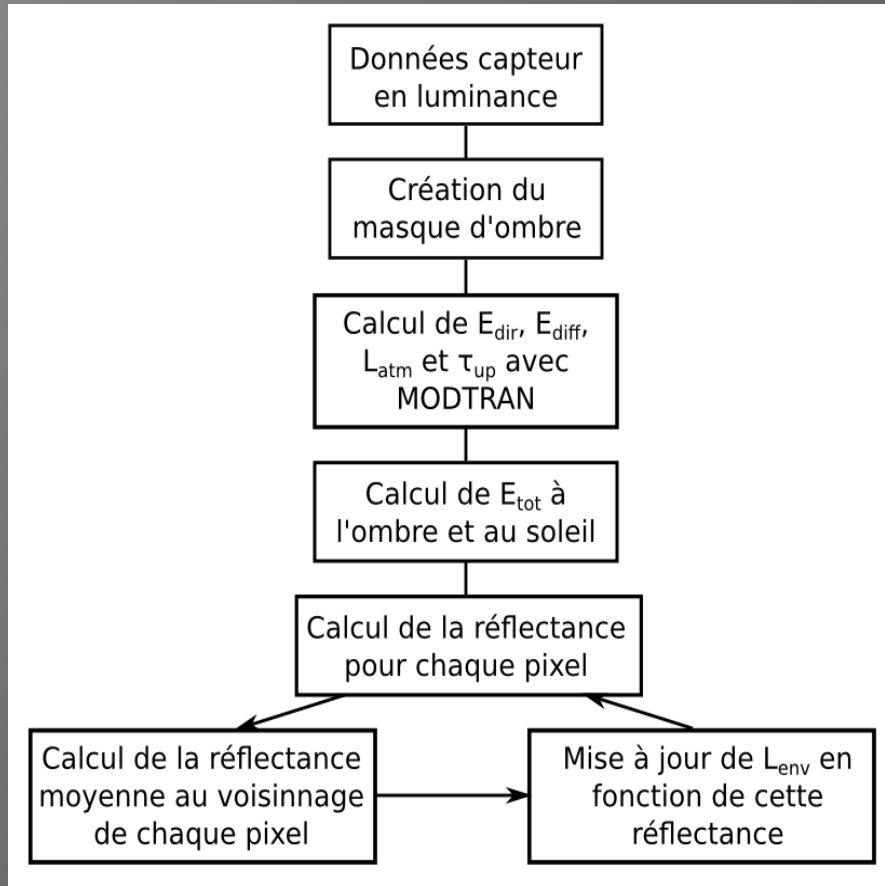
$$\rho_1 = \frac{\pi(L_{tot} - L_{atm})}{\tau_{up}(E_{dir} + E_{diff}) - \pi S(L_{tot} - L_{atm})}$$

$$\rho_{n+1} = \frac{L_{tot} - L_{atm} - \tau_{diff} \times E_{diff/env}}{\frac{1}{\pi} \times \frac{E_{dir} + E_{diff}}{1 - \rho_c^{(n)} S} \times \tau_{dir}}$$

- L_{atm} , τ_{dir} , τ_{diff} , E_{dir} , E_{diff} et S sont estimés avec MODTRAN



Méthode empirique : aperçu général



- Estimation approximative des termes radiatifs, prise en compte des ombres
- MODTRAN : code de transfert radiatif
- Calcul de l'éclairement total à l'ombre et au soleil :

$$\rho = \frac{L_{tot} - L_{env} - L_{atm}}{\frac{1}{\pi} \times E_{tot} \times \tau_{up}}$$

$$\rho = \frac{L_{tot} - L_{env} - L_{atm}}{\frac{1}{\pi} \times (E_{dir} + E_{diff}) \times \tau_{up}}$$

Zones ensoleillées

$$\rho = \frac{L_{tot} - L_{env} - L_{atm}}{\frac{1}{\pi} \times (\alpha_{sky} \times E_{diff} + E_{refl}) \times \tau_{up}}$$

Zones ombragées

- Estimation itérative de la luminance d'environnement :

$$L_{env}^{(n)} = \frac{E_{tot} \times \tau_{diff} \times \rho_v}{1 - \rho_v \times S}$$

Méthode empirique : détection des ombres

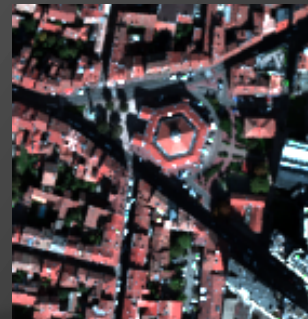
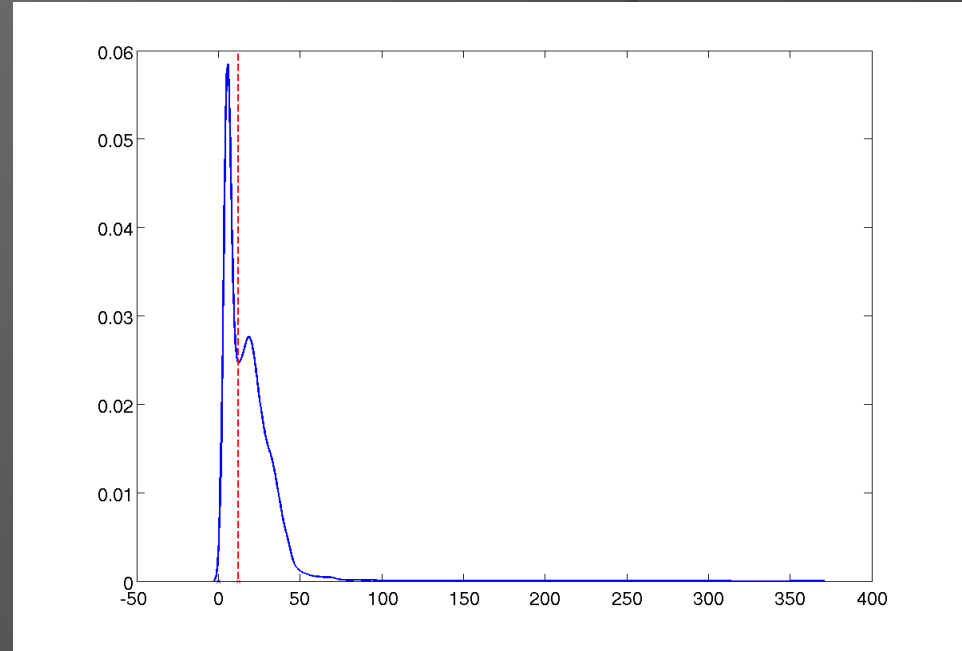
● Méthode de Nagao[4]

- Utilisation d'une combinaison linéaire de bande (R,G,B,NIR)

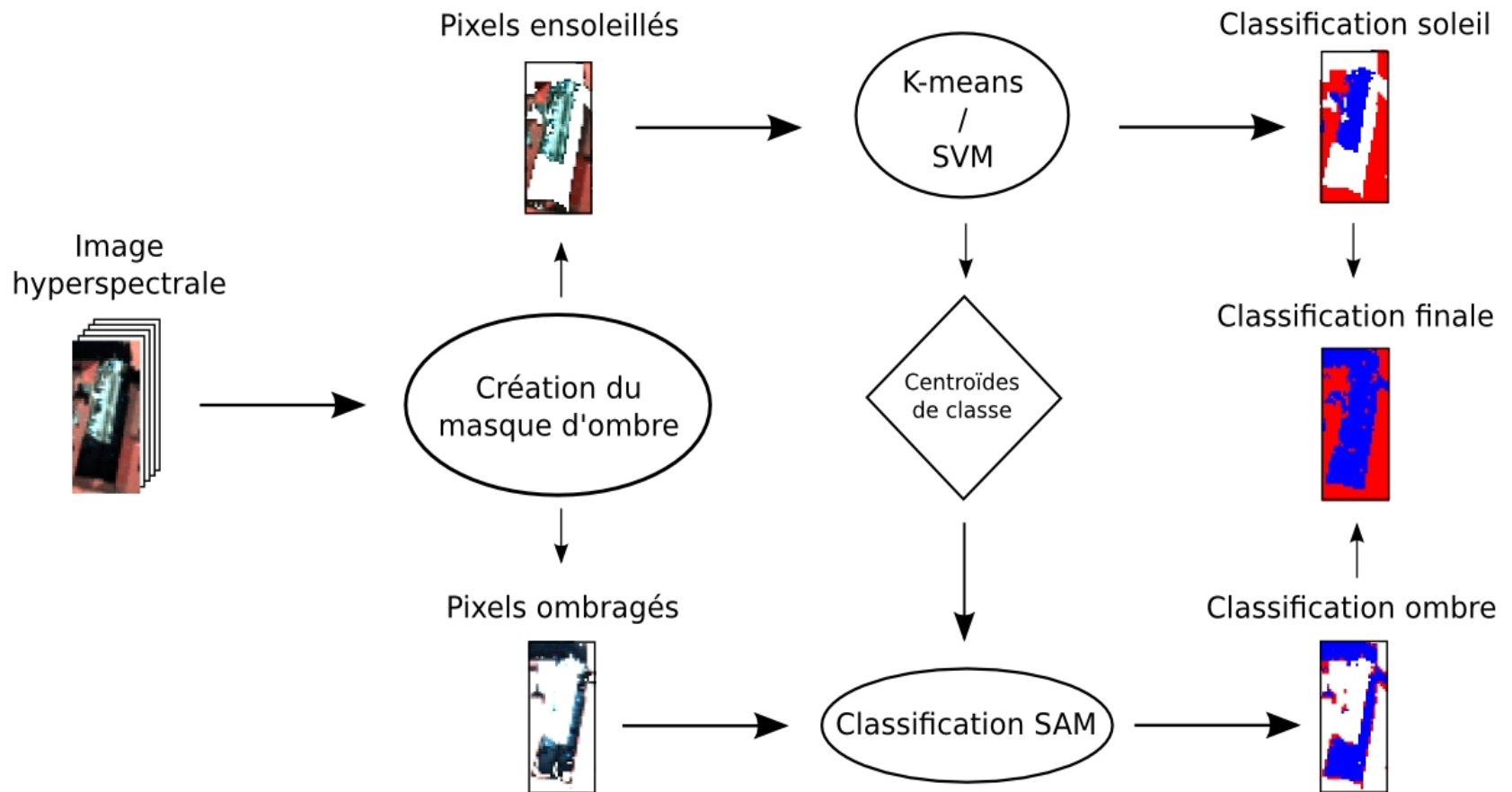
$$L_{comb} = \frac{1}{6} \{ 2L_{\lambda_R} + L_{\lambda_G} + L_{\lambda_B} + 2L_{\lambda_{NIR}} \}$$

- Création de l'histogramme
- Recherche de la vallée entre les deux modes
- Seuillage

- ## ● Second seuillage nécessaire si des surfaces aqueuses sont présentes dans l'image



Classification ombre/soleil



Présentation des données

- Image obtenue lors de la campagne UMBRA réalisée en octobre 2012
- Deux capteurs Hyperspectral :
 - VNIR-1600
 - Intervalle couvert : 400-1000 nm
 - Résolution spectrale : 3,7 nm
 - Résolution spatiale : 84 cm
 - Nombre de bandes : 160
 - SWIR-320m-e
 - Intervalle couvert : 1000-2500 nm
 - Résolution spectrale : 6 nm
 - Résolution spatiale : 170 cm
 - Nombre de bandes : 256
 - Altitude des capteurs : 2392 m
- Les bandes correspondant aux extrémités du spectre ainsi qu'aux bandes d'absorption de la vapeur d'eau ont été ignorées



Simulation de données HYPXIM-P

- HYPXIM-P : instrument hyperspectral satellitaire
 - Intervalle couvert : 400-2500 nm
 - Résolution spectrale : 10 nm
 - Résolution spatiale : 8 m

Rapports signal à bruit

Domaine	Spectre (nm)	SNR
VIS	400-700	> 250:1
NIR	700-1100	> 200:1
SWIR	1100-2500	> 100:1

- Agglomération spectrale : intégration avec un noyau gaussien de FWHM = 5 nm

- Agglomération spatiale
 - Prise en compte de la FTM de l'instrument
 - Convolution par une gaussienne d'écart-type :

$$\sigma = 2p\sqrt{-\ln(FTM)}$$

- Filtre de taille :

$$x = \frac{\sigma}{p'\pi} \sqrt{\ln(SNR)}$$

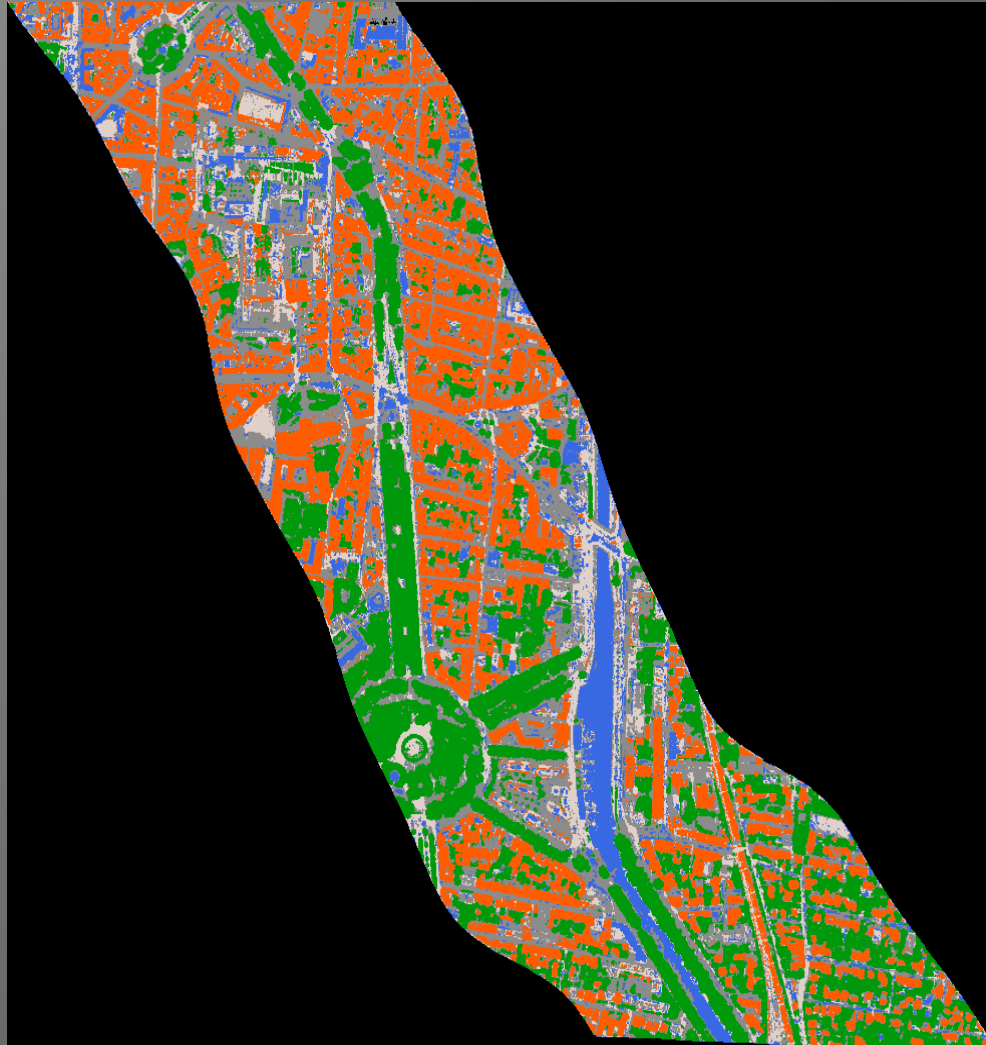
- Passage en haut de l'atmosphère

$$L_{TOA} = L \times \tau_k + C$$

- Bruitage

$$\sigma = a + b\sqrt{L_{TOA}}$$

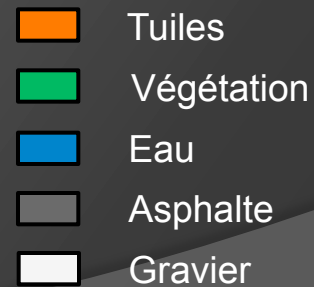
Résultats de classification



Résolution originale



Résolution divisée par 2



Résolution divisée par 4

Comparaison des méthodes

Résolution Méthode	2 mètres		
	4 mètres		
Méthode empirique	8 mètres		
Méthode COCHISE	AA = 86.58%	AA = 75%	AA = 72.42%
	OA = 96.62%	OA = 87.15%	OA = 78.33%
	AA = 85.79%	AA = 86.93%	AA = 87.14%
	OA = 94.72%	OA = 94.44%	OA = 94.87%

AA : Average Accuracy

OA : Overall Accuracy

Conclusion et perspectives

- Deux méthodes de correction atmosphérique ont été comparées dans le cadre d'une application de classification non supervisée
- Simulation de données hyperspectrales satellitaires à deux résolutions différentes
- Méthode COCHISE très stable et étonnamment efficace en milieu urbain
- Efficacité de la méthode empirique décroissante avec la résolution
- Perspectives
 - Traitement particulier des pixels situés à la frontière entre zones ombragées et ensoleillées
 - Adaptation du code ICARE à l'imagerie hyperspectrale afin de le comparer à ces deux méthodes

Merci de votre attention !