

Reconnaissance de la réflectance des matériaux dans l'ombre des arbres en milieu urbain à partir de données aéroportées hyperspectrales et LIDAR 3D

ADELIN Karine (ONERA DOTA / PhD),
BRIOTTET Xavier (ONERA DOTA),
PAPARODITIS Nicolas (IGN)



Introduction

- Contexte:

- Images aéroportées hyperspectrales et multispectrales à très haute résolution spatiale en milieu urbain



Image multispectrale en luminance acquise par le capteur aéroporté PELICAN (CNES-IGN-ONERA) à 0.2m de résolution spatiale sur Toulouse, France

Introduction

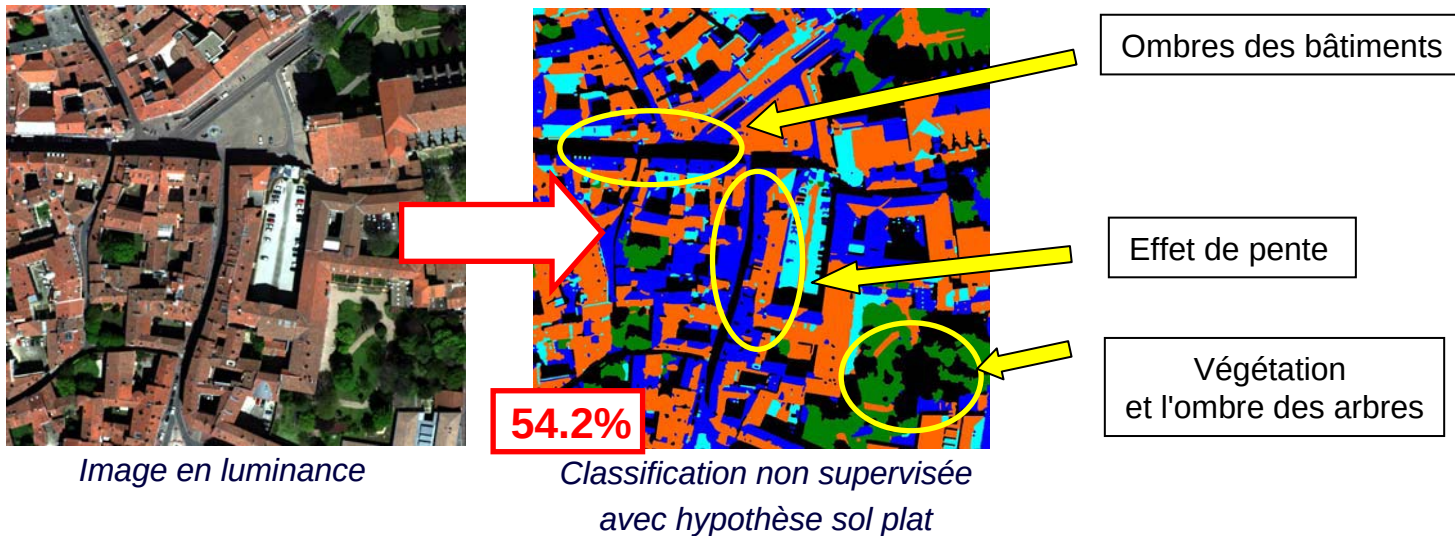
- Contexte:

- Images aéroportées hyperspectrales et multispectrales à très haute résolution spatiale en milieu urbain

- Problématique: reconnaissance des matériaux

- Classification en milieu urbain **avec hypothèse sol plat (par exemple 6S [1]):**

- Occultations (ombres, objets masquant la scène...)
- Effets de pente (sur les toits...)



■ Asphalté ■ Granit ■ Végétation ■ Gravier ■ Ombre

Introduction

- Contexte:

- Images aéroportées hyperspectrales et multispectrales à très haute résolution spatiale en milieu urbain

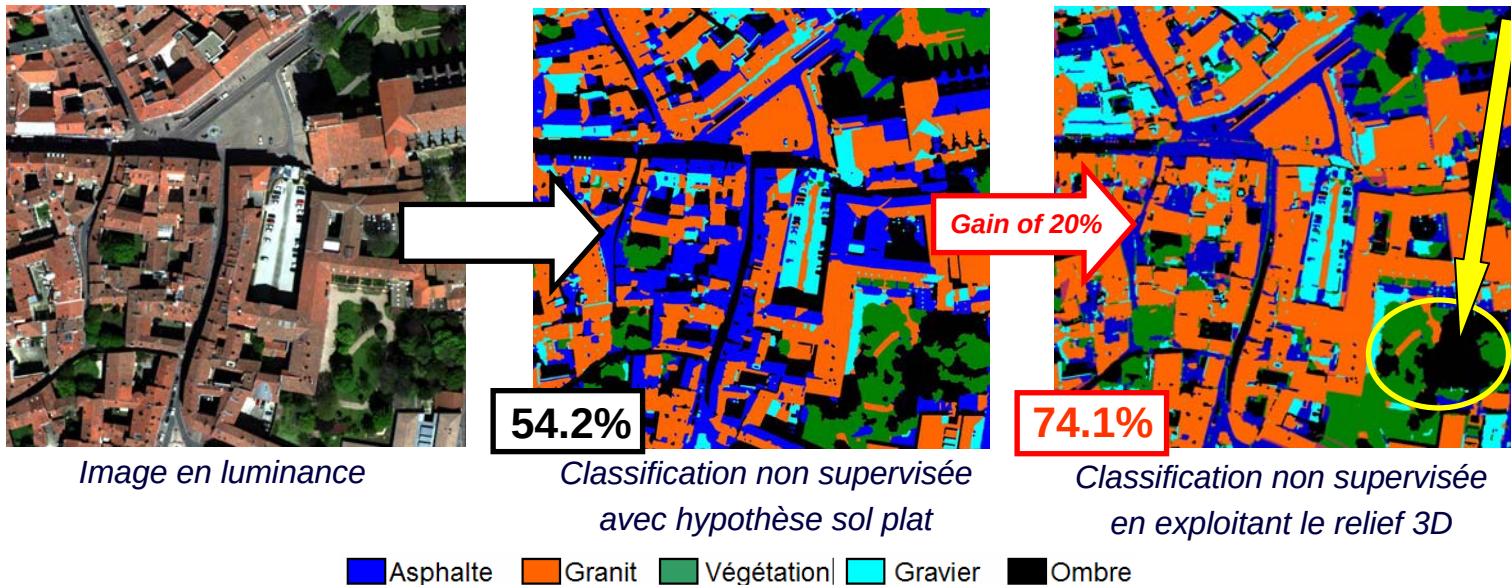
- Problématique: reconnaissance des matériaux

- Classification en milieu urbain **en prenant en compte le relief 3D (ICARE [2]):**

- **Limitations:**

- Pas de modèle 3D des arbres disponible jusqu'à présent dans les jeux de données
- ICARE considère seulement les objets opaques

**Arbres
et leurs ombres**



[2] Lachérade, S., Miesch, C., Boldo, D., Briottet, X., Valorge, C., Le Men, H., 2008. ICARE: A physically-based model to correct atmospheric and geometric effects from high spatial and spectral remote sensing images over 3D urban areas. *Met. Atm. Phys.*, 102, pp. 209-222.

Introduction

- Contexte:

- Images aéroportées hyperspectrales et multispectrales à très haute résolution spatiale en milieu urbain

- Problématique: reconnaissance des matériaux

- Classification en milieu urbain avec hypothèse sol plat: 6S
- Classification en milieu urbain en prenant en compte le relief 3D: ICARE
- Limitations d'ICARE: la présence d'arbres

- Nouveau jeu de données:

- Image hyperspectrale + données LIDAR **incluant la 3D des arbres**

- Objectifs:

- **Gain sur la classification en particulier dans l'ombre des arbres**
- **Précision sur la signature spectrale d'un matériau retrouvée par ICARE dans l'ombre des arbres et au soleil**

Description de la méthode

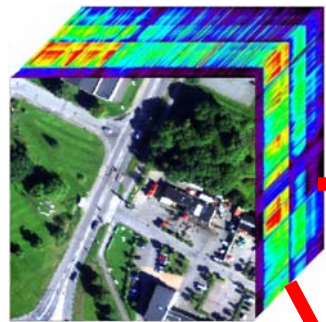
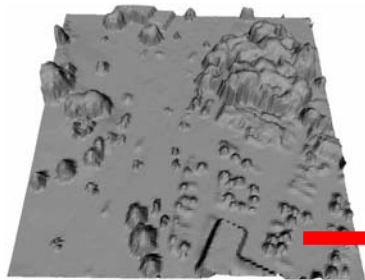


Image hyperspectrale en LUMINANCE



Modèle 3D

Correction
atmosphérique 2D:

6S

Correction
atmosphérique 3D:

ICARE

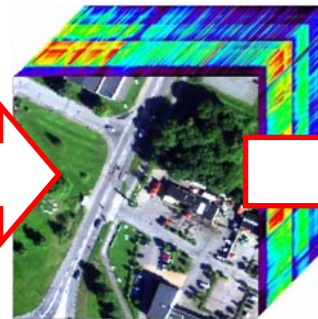
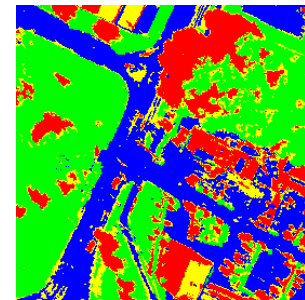
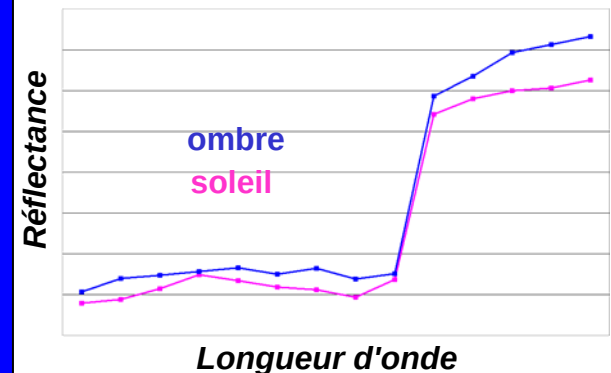


Image hyperspectrale en REFLECTANCE

Classification non supervisée (Kmeans)



Analyse spectrale au soleil et à l'ombre



Présentation du jeu de données

données

Correction
atmosphérique

applications

• Image hyperspectrale:

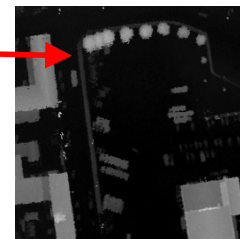
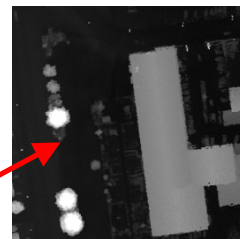
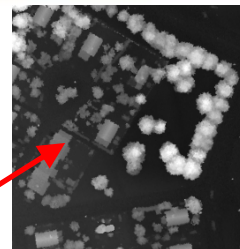
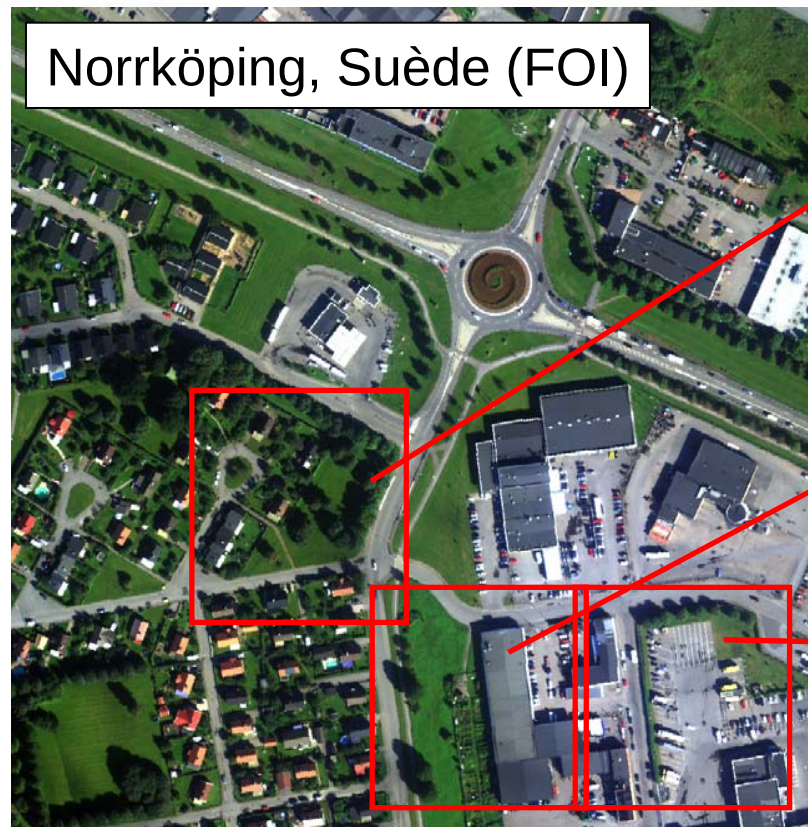
➤ Correction radiométrique empirique

- Calibration absolue avec un spectre d'herbe à 550nm provenant d'une base de données
- Calibration inter-bandes s'appuyant sur des cibles blanches présentes dans l'image
- Sélection de 14 bandes spectrales ayant une transmission atmosphérique supérieure à 90%

• Modèle 3D:

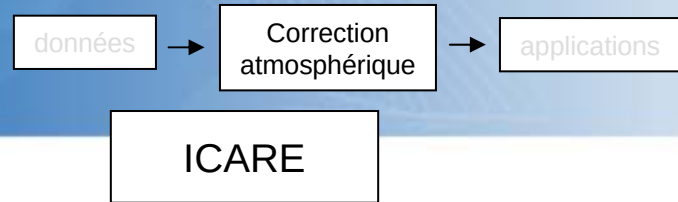
➤ Prétraitements

- Lissage du MNS



Type de données	Date et heure d'acquisition	Caractéristiques du capteur	Résolution spatiale
Image hyperspectrale	2 September 2010, 8:00-8:30 am	Capteur Push-broom Itres CASI, 24 canaux de 0.382 à 1.040 μ m, largeur de bande 28.6nm	0.5m
Modèle Numérique de Surface (MNS)		LIDAR Optech ALTM Gemini	0.25m

Correction atmosphérique



6S

➤ zones au soleil:

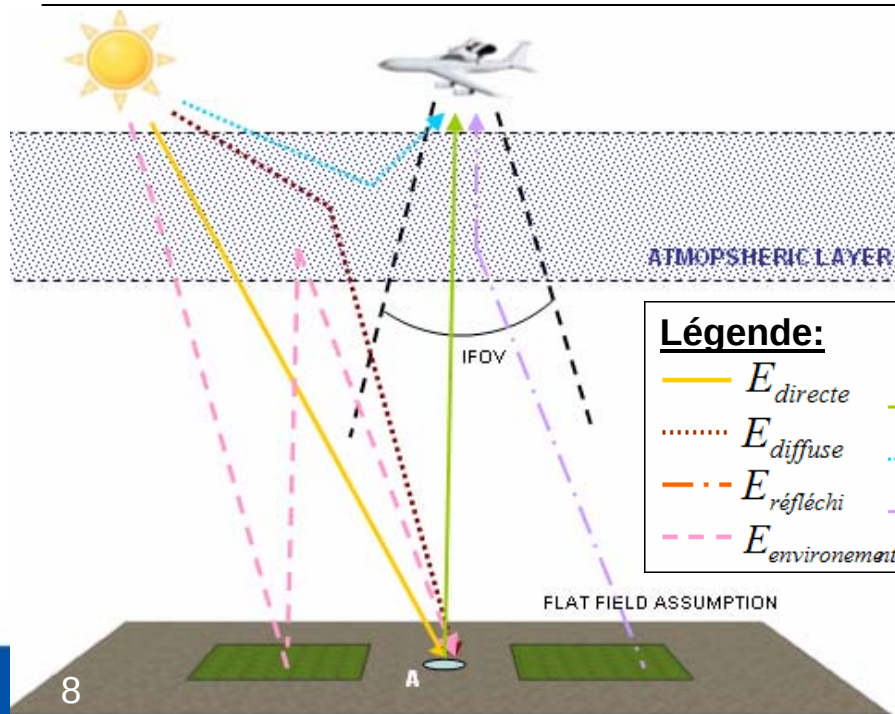
$$\rho_A^{2D} = \frac{\pi \cdot (L_{\text{sensor}} - L_{\text{env}} - L_{\text{atm}})}{T_{\text{atm}}^{\uparrow} \cdot (E_{\text{dir}}(A) + E_{\text{diff}}(A) + E_{\text{env}}(A))}$$

➤ zones au soleil:

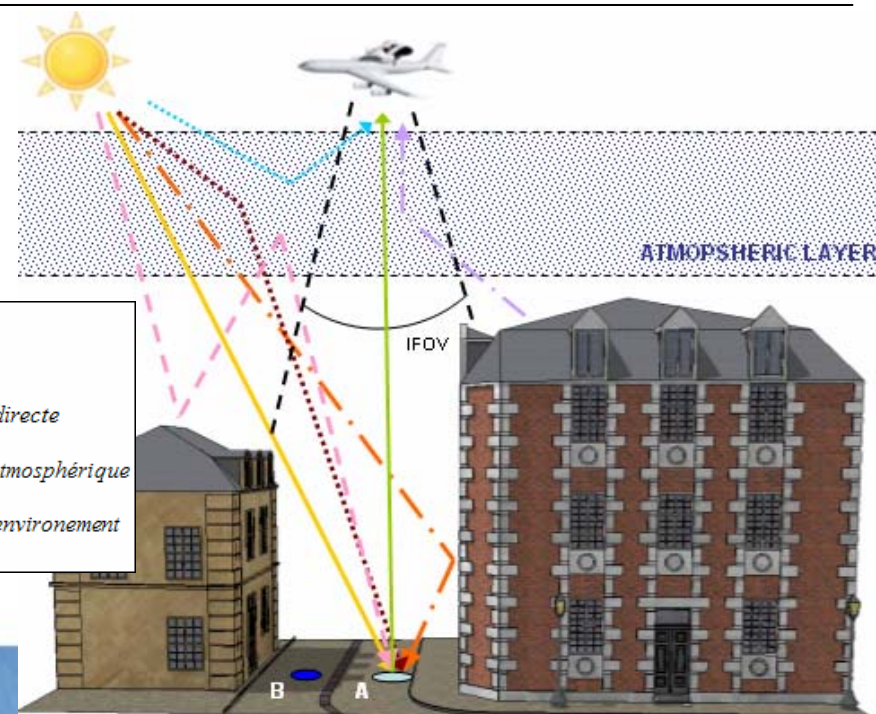
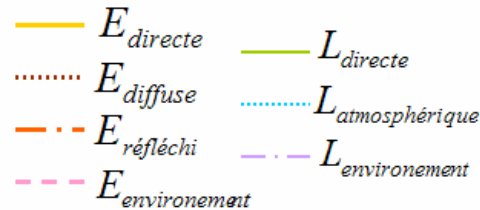
$$\rho_A^{3D} = \frac{\pi \cdot (L_{\text{sensor}} - L_{\text{env}} - L_{\text{atm}})}{T_{\text{atm}}^{\uparrow} \cdot (E_{\text{dir}}(A) + E_{\text{diff}}(A) + E_{\text{refl}}(A) + E_{\text{env}}(A))}$$

➤ zones à l'ombre:

$$\rho_B^{3D} = \frac{\pi \cdot (L_{\text{sensor}} - L_{\text{env}} - L_{\text{atm}})}{T_{\text{atm}}^{\uparrow} \cdot (\cancel{E_{\text{dir}}(B)} + E_{\text{diff}}(B) + E_{\text{refl}}(B) + E_{\text{env}}(B))}$$



Légende:



Classification en milieu urbain



➤ Taux de bonne classification:

	OMBRE	SOLEIL + OMBRE
6S	18.84%	72.28%
ICARE	74.40%	77.06%

Meilleure performance à l'ombre pour ICARE

➤ Comparaison de la classification dans l'ombre des arbres et des bâtiments

	OMBRE BATIMENTS	OMBRE ARBRES
ICARE	95.63%	70.01%

Meilleure performance dans l'ombre des bâtiments

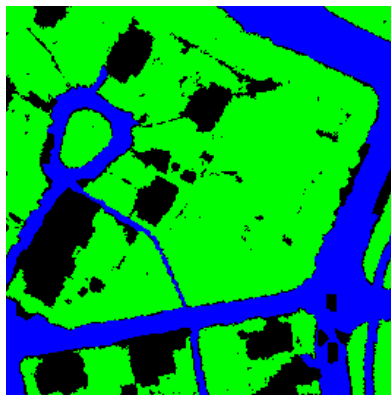


Image de référence pour la classification

- Végétation
- Route
- Masque



Image en réflectance

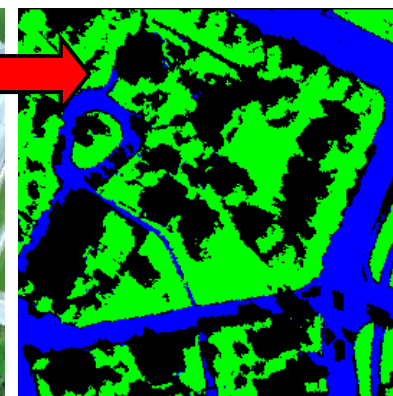


Image de classification Kmeans



Image en réflectance



Image de classification Kmeans

Classification en milieu urbain



➤ Taux de bonne classification:

	OMBRE	SOLEIL + OMBRE
6S	7.86%	78.94%
ICARE	76.71%	82.29%

Meilleure performance à l'ombre pour ICARE

➤ Comparaison de la classification dans l'ombre des arbres et des bâtiments

	OMBRE BATIMENTS	OMBRE ARBRES
ICARE	95.67%	72.21%

Meilleure performance dans l'ombre des bâtiments

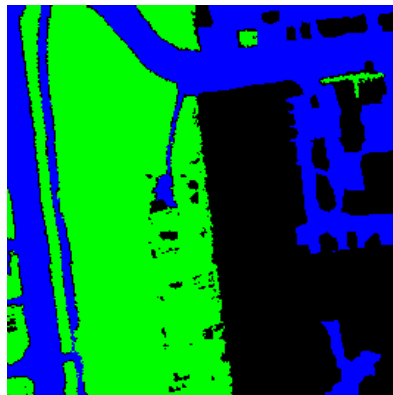


Image de référence pour la classification

- Végétation
- Route
- Masque



Image en réflectance

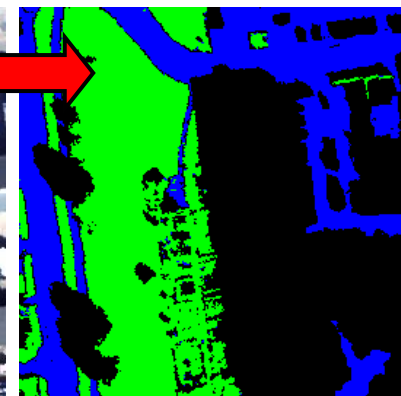


Image de classification Kmeans



Image en réflectance



Image de classification Kmeans

Classification en milieu urbain



➤ Taux de bonne classification:

	OMBRE	SOLEIL + OMBRE
6S	7.17%	81.00%
ICARE	74.06%	88.28%

Meilleure performance à l'ombre pour ICARE

➤ Comparaison de la classification dans l'ombre des arbres et des bâtiments

	OMBRE BATIMENTS	OMBRE ARBRES
ICARE	93.08%	68.54%

Meilleure performance dans l'ombre des bâtiments

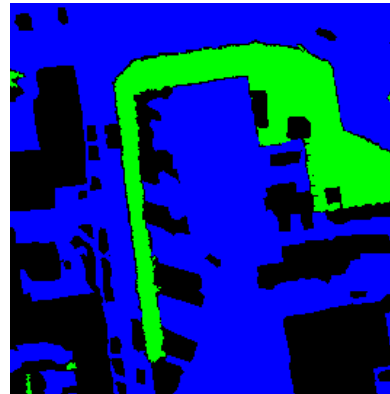


Image de référence pour la classification

- Végétation
- Route
- Masque



Image en réflectance

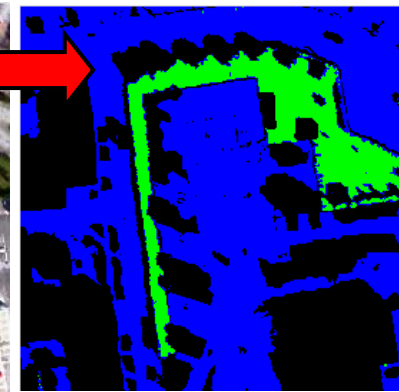


Image de classification Kmeans



Image en réflectance

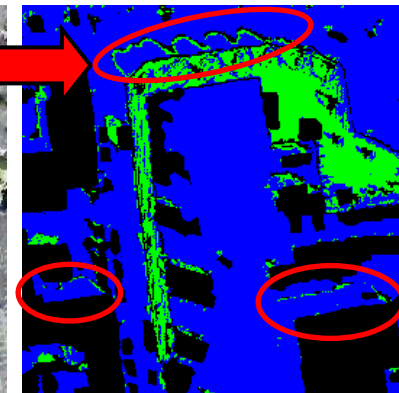


Image de classification Kmeans

- Analyse de la réflectance retrouvée par ICARE pour trois matériaux (route/herbe/piste cyclable) dans l'ombre des arbres comparativement à leurs homologues au soleil

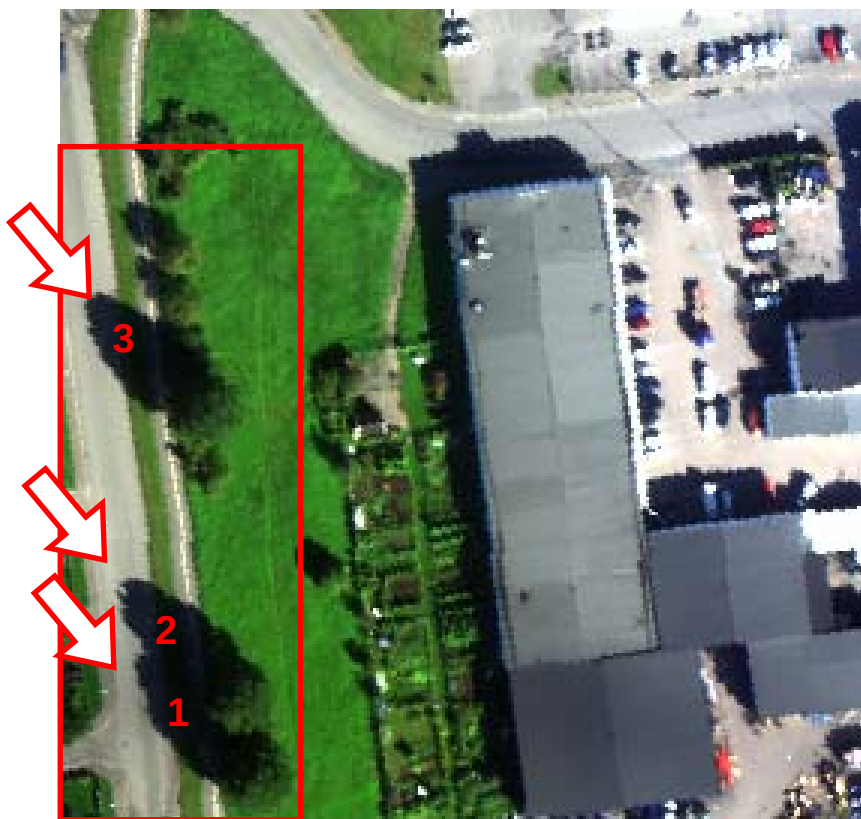


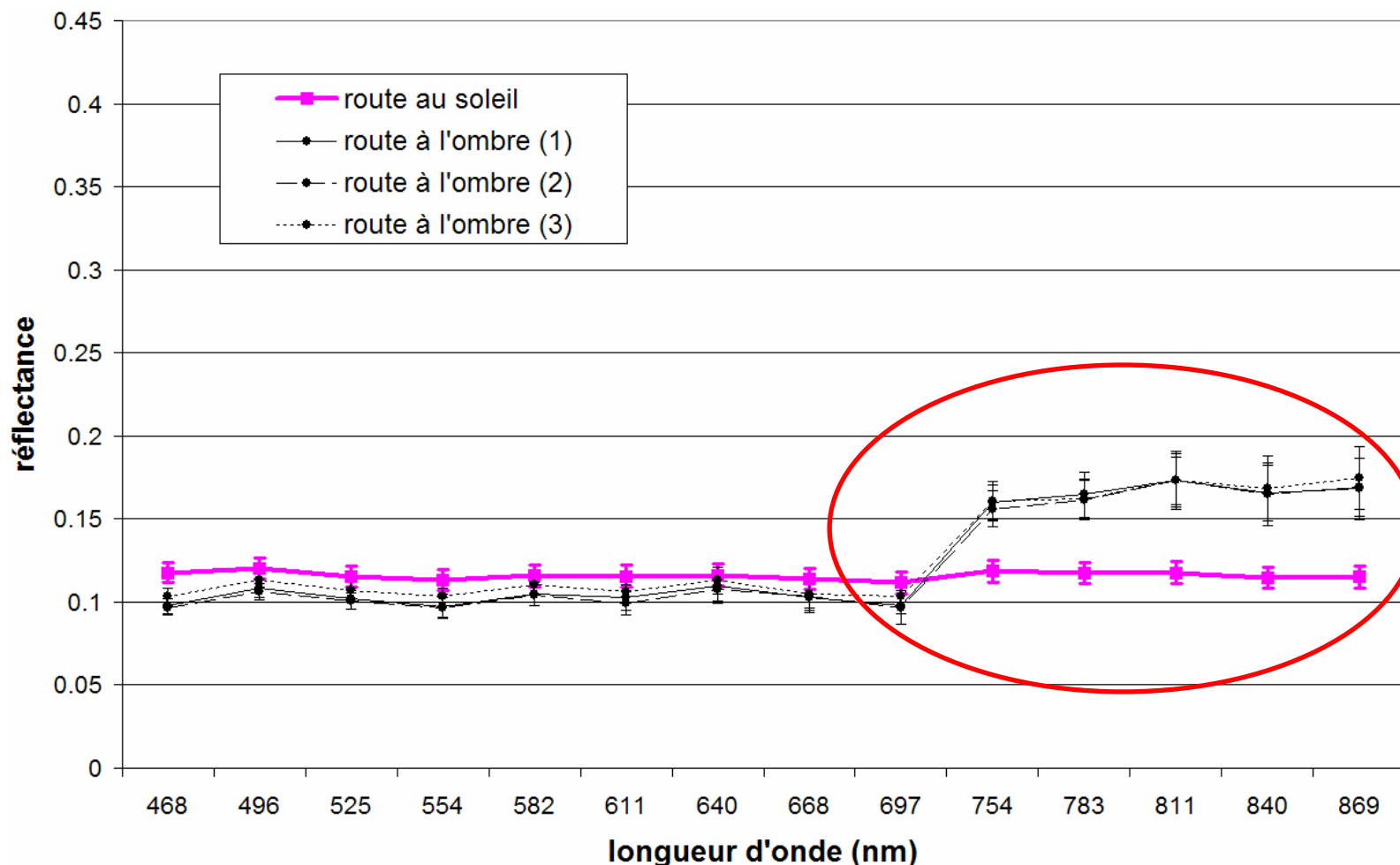
Image en luminance



Image en réflectance

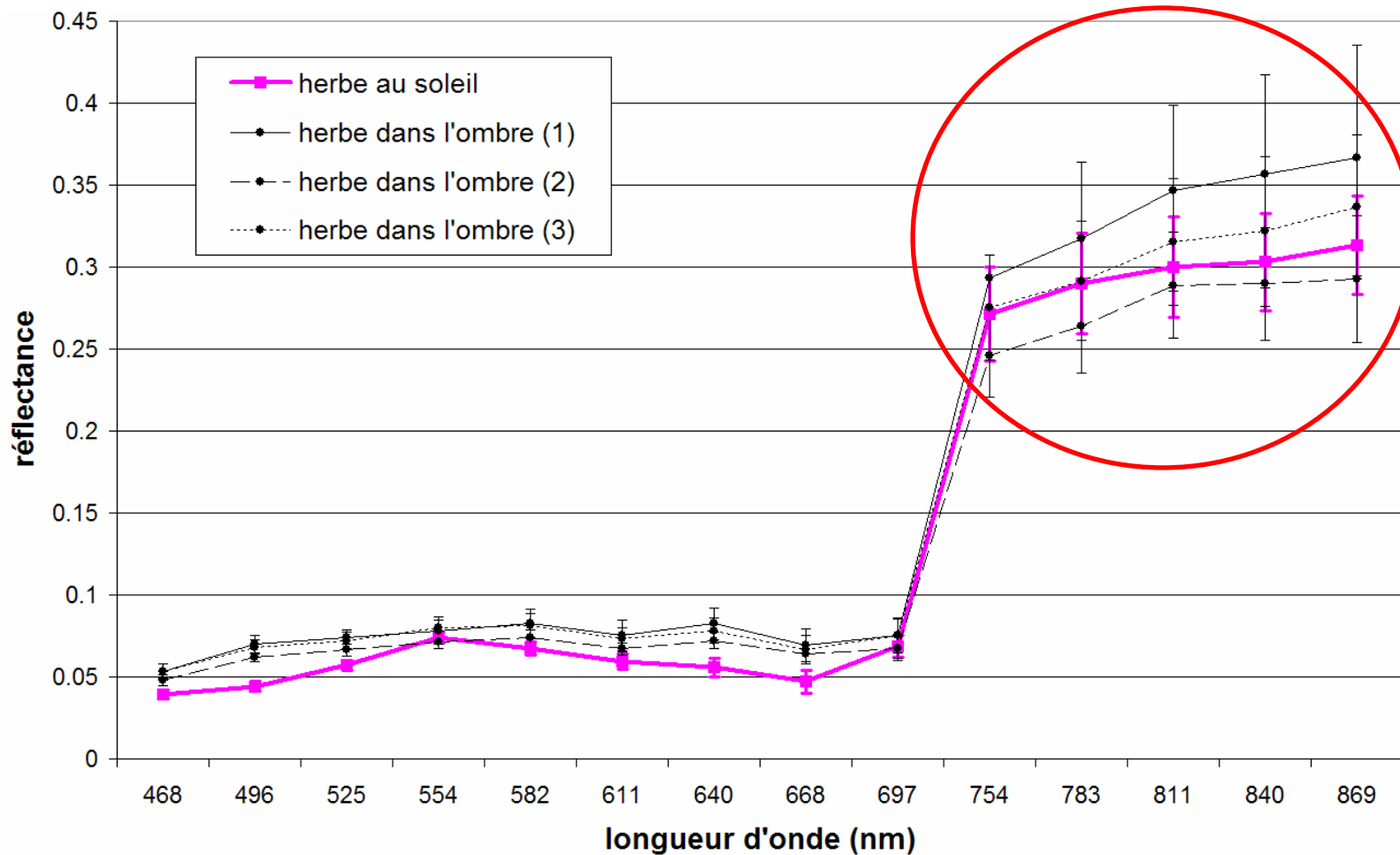
Réflectances moyennes avec leur écart-type sur des régions d'intérêts au soleil et à l'ombre:

ICARE



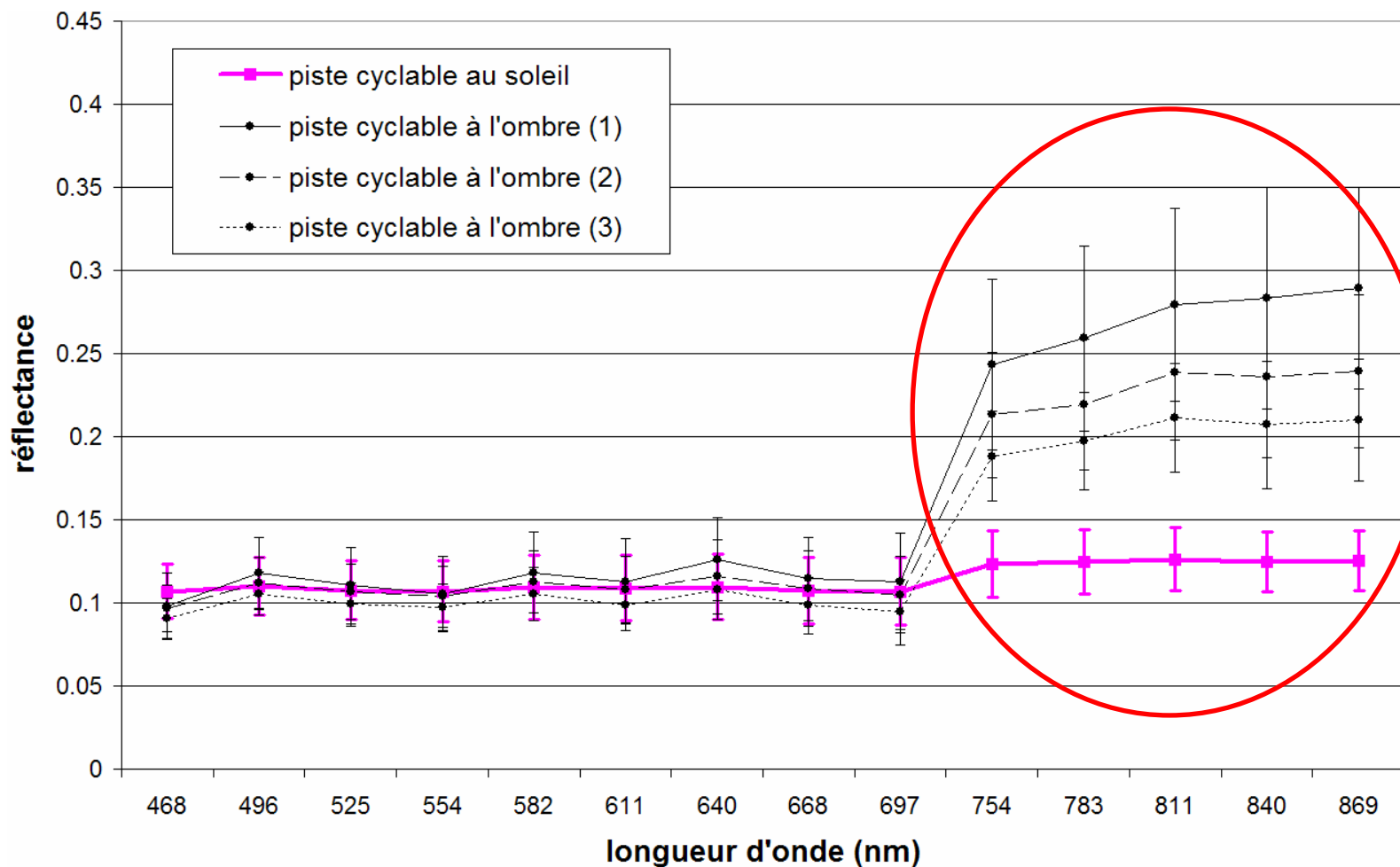
Réflectances moyennes avec leur écart-type sur des régions d'intérêts au soleil et à l'ombre:

ICARE



Réflectances moyennes avec leur écart-type sur des régions d'intérêts au soleil et à l'ombre:

ICARE





• Bilan:

- Biais dans le proche infra-rouge (réflectance en moyenne et écart-type)
- Erreurs plus importantes dans les zones les plus sombres (cf .valeurs RMSE)
- Bonne préservation de la forme de la signature spectrale du matériau excepté pour la route (cf. r^2)

	Route			Herbe			Piste cyclable		
Lieu	Ombre de l'arbre (1)	Ombre de l'arbre(2)	Ombre de l'arbre (3)	Ombre de l'arbre(1)	Ombre de l'arbre(2)	Ombre de l'arbre(3)	Ombre de l'arbre(1)	Ombre de l'arbre(2)	Ombre de l'arbre(3)
r^2	8.78%	7.61%	7.73%	99.43%	99.60%	99.64%	98.46%	98.96%	99.30%
RMSE	3.17%	3.15%	3.16%	2.92%	1.50%	1.58%	8.81%	6.28%	4.74%

- Bilan:

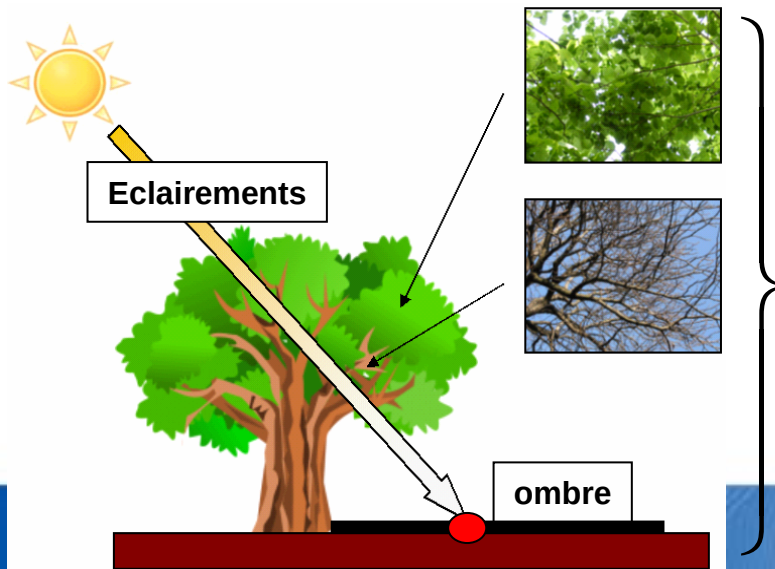
- Biais dans le proche infrarouge
- Erreurs plus importantes dans les zones les plus sombres
- Bonne préservation de la forme de la signature spectrale du matériau

- Comprendre l'impact radiométrique dans l'ombre des paramètres caractéristiques des arbres :

- Etude de sensibilité avec DART [3]

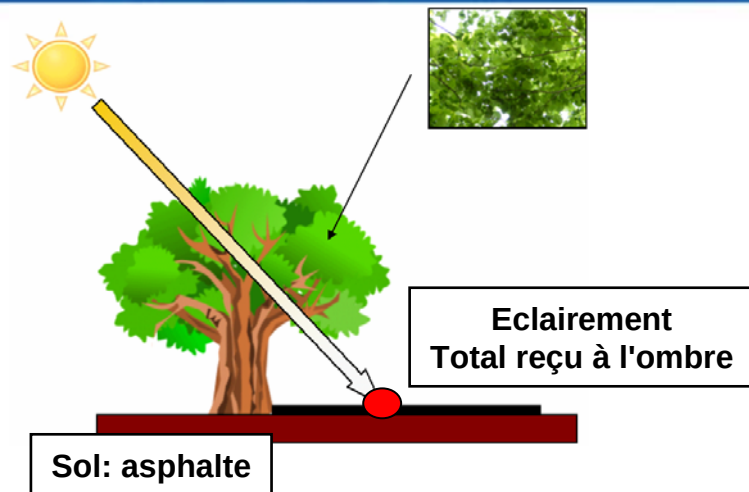
[3] Gastellu-Etchegorry, J.P., Demarez, V., Pinel, V. and Zagolski, F., 1996, Modeling radiative transfer in heterogeneous 3D vegetation canopies, *Remote Sens. Environ.*, 58: 131-156.

- Estimation de l'erreur sur l'éclairement total reçu au sol (arbre non opaque)



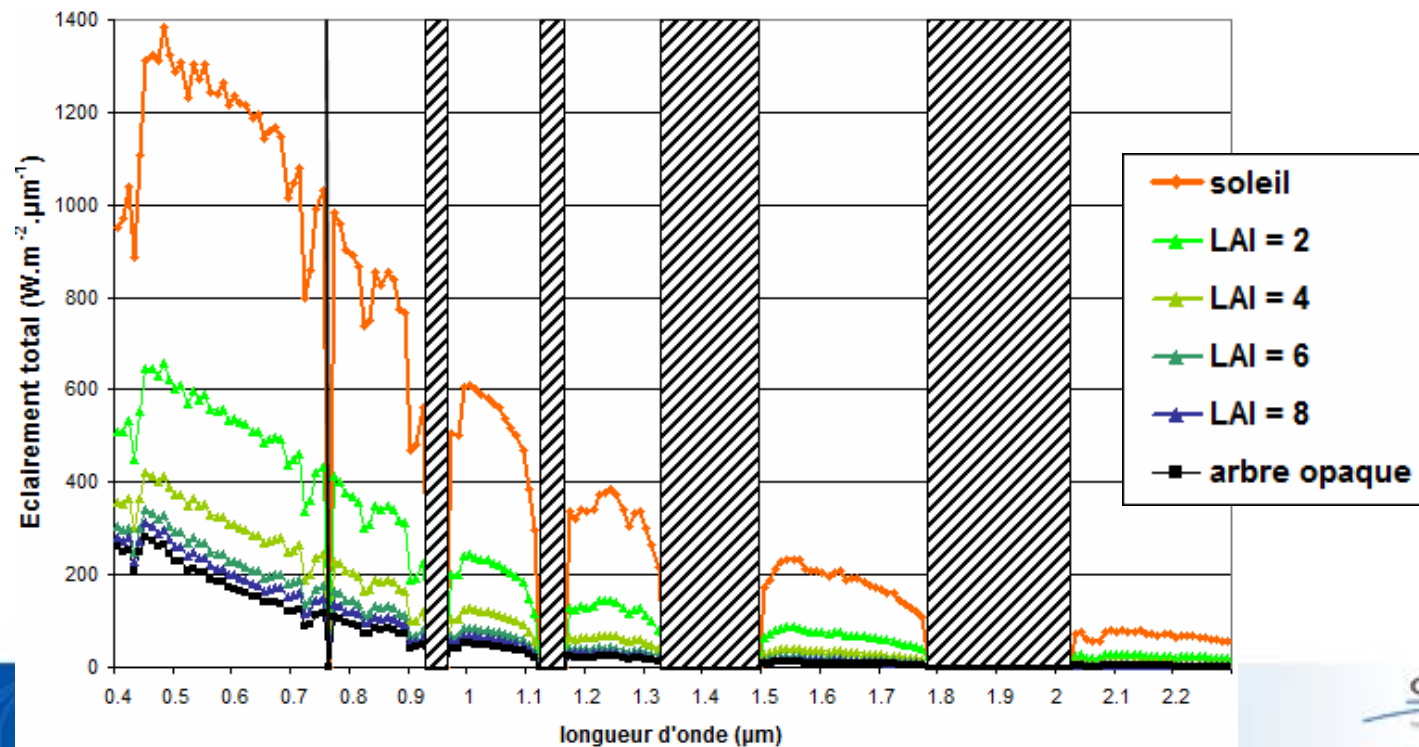
$$\rho = \frac{\pi \cdot (L_{\text{sensor}} - L_{\text{env}} - L_{\text{atm}})}{T_{\text{atm}}^{\uparrow} \cdot E_{\text{total}}} \Rightarrow \left. \frac{d\rho}{\rho} \right|_{E_{\text{total}}} = - \frac{dE_{\text{total}}}{E_{\text{total}}}$$

Premiers résultats de l'étude de sensibilité



- Paramètre: Leaf Area Index (LAI)

- Le LAI est une mesure qui évalue la densité du feuillage d'un arbre
- Moins le feuillage est dense (LAI faible), plus l'éclairement total reçu au sol est important
- Même pour un feuillage dense (LAI fort), l'éclairement total est supérieur à celui équivalent à un arbre considéré comme opaque



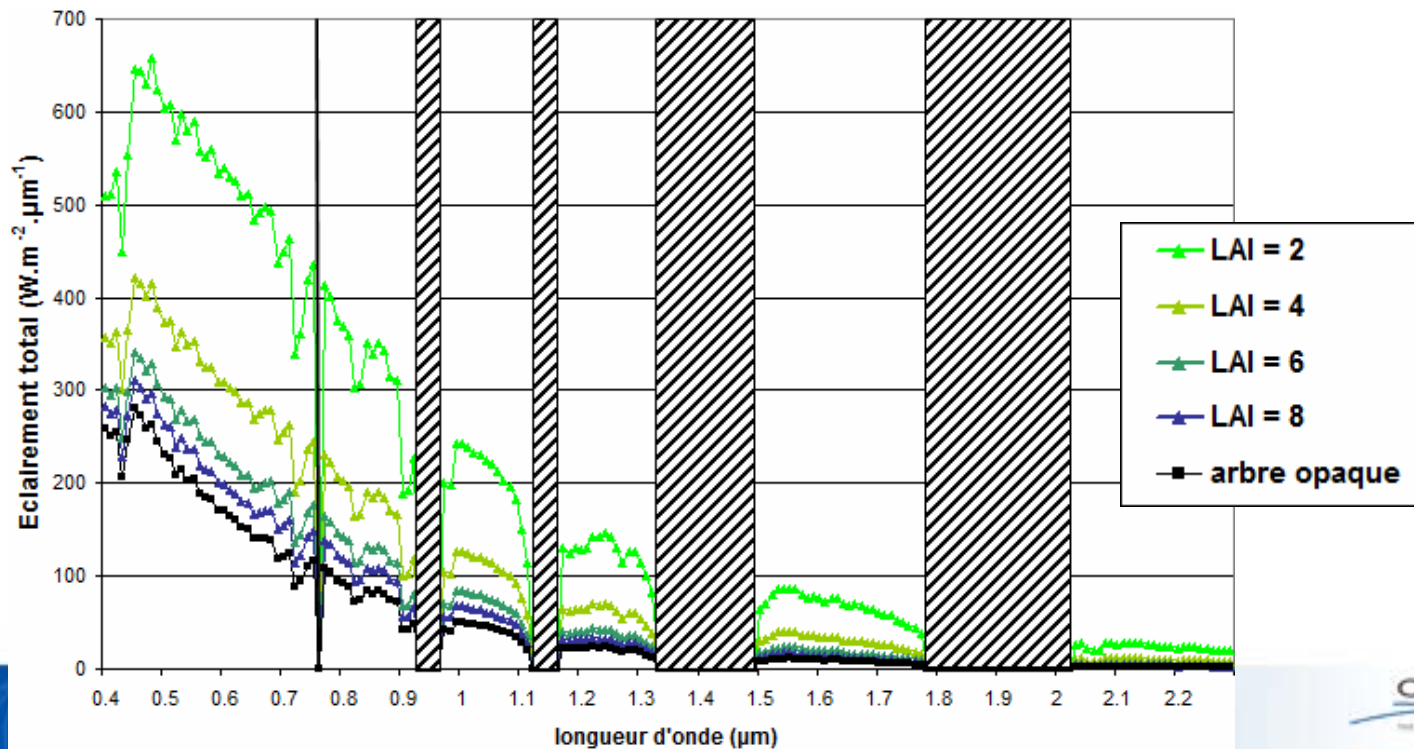
Premiers résultats de l'étude de sensibilité

- Paramètre: Leaf Area Index (LAI)

➤ L'influence du LAI d'un arbre semble prédominant dans le NIR + SWIR

$$\left. \frac{d\rho}{\rho} \right|_{E_{total}} = - \frac{dE_{total}}{E_{total}}$$

	470nm	550nm	640nm	750nm	840nm
LAI = 4	35%	42%	47%	53%	56%
LAI = 8	11%	14%	15%	22%	23%



Conclusions et perspectives

• Conclusions:

➤ **Evaluation des performances de classification avec 6S et ICARE**

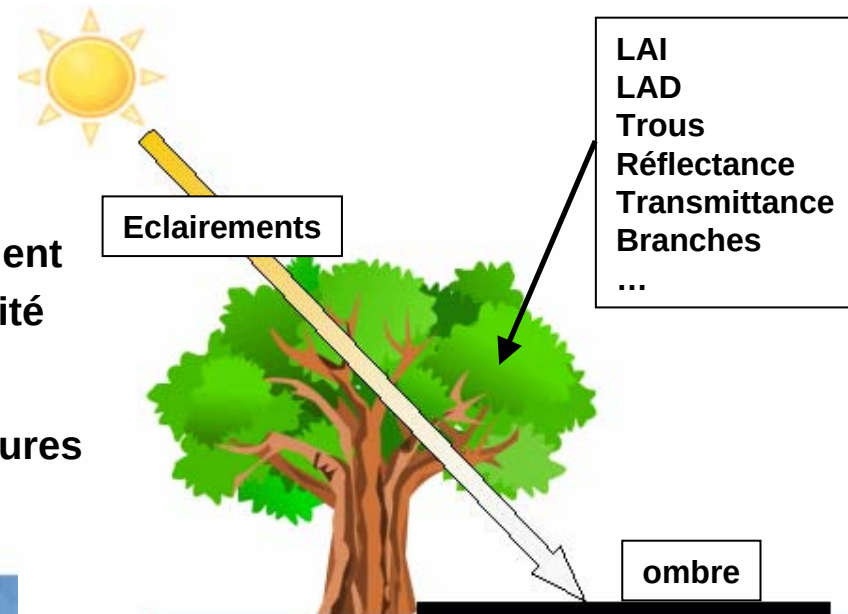
- Les corrections atmosphériques 2D et 3D ont de bonnes performances au soleil mais ICARE classe mieux dans les ombres (améliorations de 70% comparé à 6S)
- ICARE est limité quand il est confronté à des éléments 3D non opaques (différence de 23% en moyenne entre la classification dans l'ombre des bâtiments et des arbres)

➤ **Analyse spectrale en réflectance dans l'ombre des arbres avec ICARE**

- Bon taux de corrélation dans le visible entre le spectre retrouvé au soleil et à l'ombre mais un biais spectral est observé dans le proche infrarouge (RMSE = 5-9%)

• Perspectives:

- **Evaluer dans l'ombre l'impact radiométrique des caractéristiques des arbres comparativement à leur équivalent 3D opaque: étude de sensibilité avec DART**
- **Campagne aéroportée avec modèle 3D et mesures terrain**



Merci pour votre attention

Questions?



retour sur innovation