

# Exploration des sources d'instabilité dans la réflectance spectrale Spectroscopie aéroportée

Colin Prieur, Antony Laybros, Grégoire Vincent, Jocelyn  
Chanussot, Giovanni Frati

AMAP-Montpellier, CNRS, IMPT, IRD, CNES, ONF, GIPSA-LAB

6 juillet 2023



# Un besoin lié à l'exploitation des forêts gyanaises

Produire des cartes taxonomiques pour:

- Caractériser les patrons de diversité biologique (conservation)
- Identifier et quantifier la ressource sur pied (exploitation)
- Assurer le suivi de l'évolution de la composition floristique après exploitation (durabilité)

Dans un contexte de changement global induisant de fortes incertitudes sur le devenir des forêts

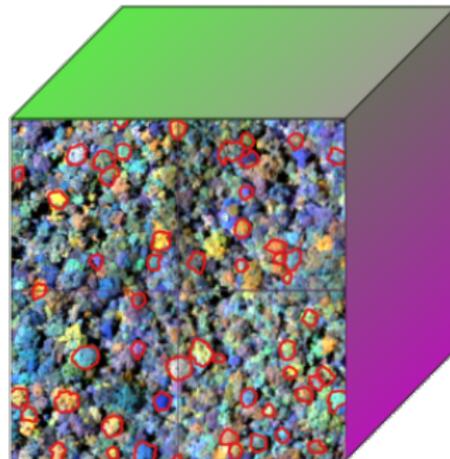


Figure 1: Détourage de houppiers sur une représentation fausse couleur d'une acquisition hyperspectrale

# Acquisition Hyperspectrale : Projet CNES 2016

**Table 1:** Caractéristiques des survols. La proportion d'ombre des nuages est basée sur la délimitation visuelle des ombres sur l'imagerie hyperspectrale.

Date	Site	Area imaged Km <sup>2</sup>	Start time (UT -3, PM)	End time (UT -3, PM)	Altitude above the sea level	Poorly illuminated pixels (%)	Cloud Shadow (%)
09/19/2016	Paracou	10	1:12	3:38	920	9.3	4.8
09/20/2016	Paracou	3	2:14	3:00	920	25.1	1.2
09/21/2016	Nouragues	24	2:39	4:38	1100	82.4	23.0
09/22/2016	Nouragues	24	2:38	4:38	1100	86.6	63.9

## Différents formats utilisés, acquisition réalisée par Hytech-Imaging

Mosaïques

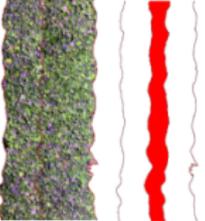
PARACOU  
19/09/2016 20/09/2016



NOURAGUES  
21/09/2016 22/09/2019  
W -> E W <- E



Lignes de vol



# Transférabilité d'un classifieur entre 2 dates

Treatments	Accuracy (%)		Kappa (%)	
	Pixel	Object	Pixel	Object
<i>Single date case</i>				
L1b	55.0	65.4	48.5	61.4
L1b, Spa.F	65.5	73.6	60.8	70.9
L1b, Spa.F, norm.	67.5	76.4	63.3	73.9
L1b, Spa.F, norm., Sha.R	69.4	76.6	65.3	74.2
L1c SHAOT	54.3	65.4	47.6	61.5
L1c, Spa.F, SHAOT	64.6	72.4	59.5	69.4
L1c, Spa.F, SHAOT, norm.	67.8	76.6	63.5	73.9
L1c, Spa.F, SHAOT, norm., Sha.R	<b>69.7</b>	<b>78.2</b>	<b>65.5</b>	<b>75.9</b>
<i>Multidate case</i>				
L1b	39.7	39.20	32.0	34.6
L1b, Spa.F	53.0	53.3	46.2	48.7
L1b, Spa.F, norm.	54.7	54.9	49.0	50.8
L1b, Spa.F, norm., Sha.R	61.2	60.3	55.0	56.6
L1c SHAOT	46.5	50.2	39.4	45.6
L1c, Spa.F, SHAOT	58.6	61.5	52.8	57.7
L1c, Spa.F, SHAOT, norm.	60.2	66.1	55.2	62.9
L1c, Spa.F, SHAOT, norm., Sha.R	<b>67.0</b>	<b>68.6</b>	<b>61.7</b>	<b>65.6</b>

- Spa.F : Spatial Filtering
- norm : Normalization
- Sha.R : Shadow Removal
- SHAOT : Shadow Based Aerosol Optical Thickness, [Schläpfer and Richter, 2017]

Figure 2: Résultat du classifieur en fonction du mode de classification/prétraitement, [Laybros et al., 2019]

# De la variabilité des acquisitions hyperspectrales

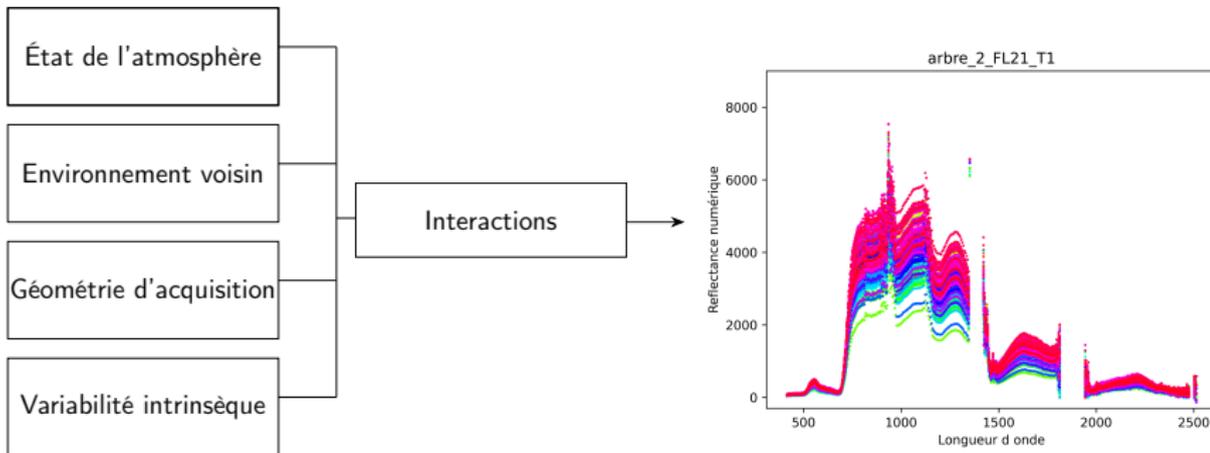


Figure 3: Schématisation des potentielles sources de variabilité d'une réflectance, [Theiler et al., 2019]

# Tentative de caractérisation, [Theiler et al., 2019]

Cause de variabilité	Intégration dans notre étude
Composants, gaz, aérosols	Acquisitions répétées
Nuages	Coefficient d'illumination, [Schläpfer et al., 2018]
Longueur d'onde absorbée	Supposément corrigés
Matériaux adjacents	Non considéré
Objets et obstacles proches	Non considéré
Ombres	Coefficient d'illumination, [Schläpfer et al., 2018]
Angle de vue du capteur	Utilisé dans notre étude
Position du soleil	Utilisé dans notre étude
Topographie	Utilisé dans notre étude, LIDAR
Structure du matériau	Supposé constant entre acquisition
Surface/forme du matériau	Utilisé dans notre étude, LIDAR
Réflectance bidirectionnelle	Dépend des angles de vue/solaire

Table 2: Résumé de notre caractérisation des acquisitions hyperspectrales

# Études de variabilité

## Influence du bruit statistique

Une analyse du rapport signal bruit via *spectral and spatial de-correlation* (SSDC) [Roger and Arnold, 1996] réalisée par date et par site d'étude.

## Corrélation des acquisitions par bandes

Une analyse de l'évolution de la corrélation des acquisitions hyperspectrale successives par bandes pour plusieurs cas de survols (entre dates et lignes de vol).

## Influence de l'erreur de recalage

Une analyse de l'évolution de la corrélation des acquisitions hyperspectrales successives par bandes pour différents niveaux d'erreur de recalage simulés.

# Cohérence du spectre

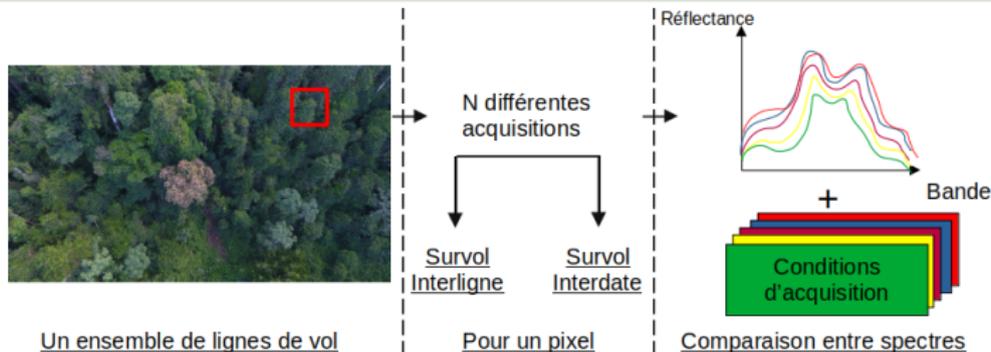


Figure 4: Redondance spectrale du dataset

## Corrélation par bande

En projetant, après recalage automatique [Scheffler et al., 2017], les lignes de vols de l'acquisition, sur une grille commune, il est possible :

- D'étudier la corrélation entre chaque *co-acquisition* par bande.
- De réaliser cette étude entre des acquisitions possédant de faibles ou grandes différences entre leurs angles d'acquisition.

# Cohérence du spectre

## Influence de l'erreur de recalage

On réalise une même étude de corrélation, par bande, entre les pixels d'une image et l'estimation de cette image décalée.

$$Pixel_{décalé}[i, j] = fraction \times Pixel[i \pm 1, j \pm 1] + (1 - fraction) \times Pixel[i, j] \quad (1)$$

## Variabilité des angles d'acquisitions

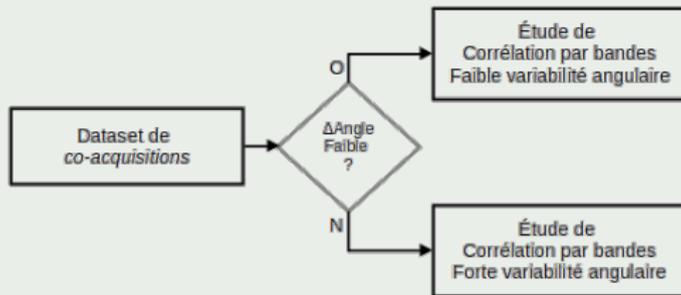


Figure 5: Contexte expérimental sur l'étude de l'influence de la variabilité angulaire

$$\Delta Angle = \sqrt{\Delta Zenith_{Solaire}^2 + \Delta Zenith_{Vue}^2 + \Delta Azimuth_{Solaire}^2 + \Delta Azimuth_{Vue}^2} \quad (2)$$

# Cohérence spectrale : Influence du recalage

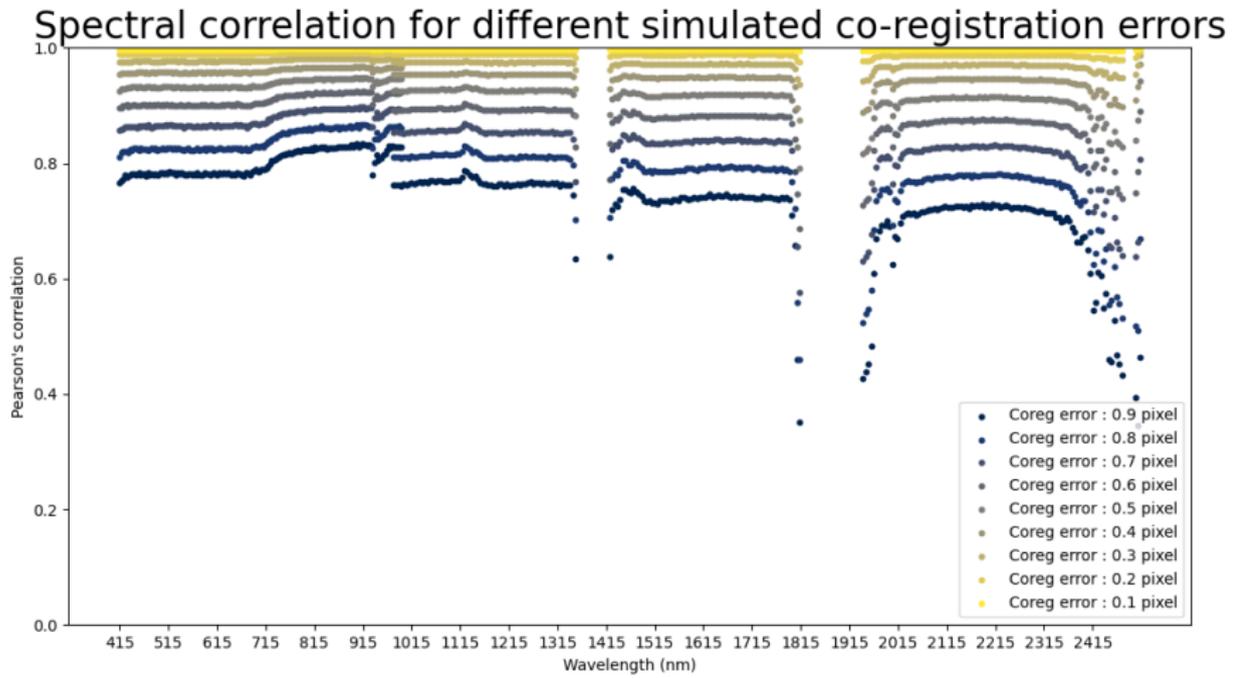


Figure 6: Corrélation par bande entre différentes simulations d'erreur de recalage infra-pixelique

# Cohérence spectrale : Influence de la variabilité angulaire

Spectral correlation across flights and dates, Nouragues :

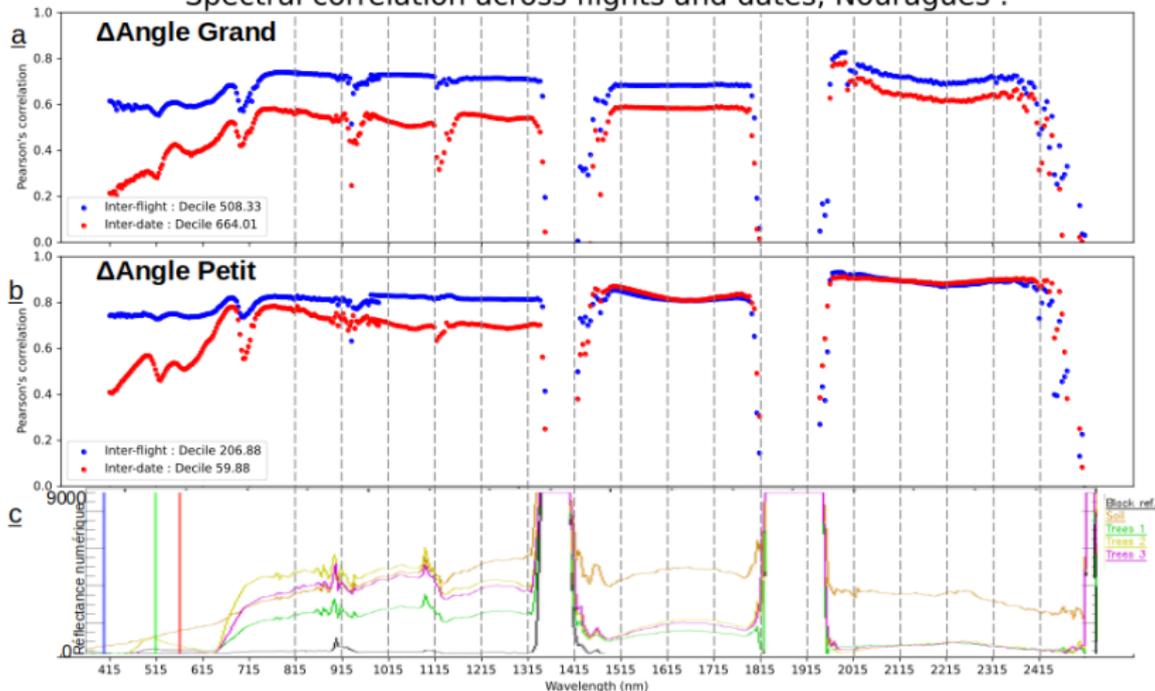


Figure 7: Corrélation par bande entre acquisitions pour une grande variabilité angulaire (a,b). Quelques spectres typiques (c), [Thomas and Lennon, 2017]

## Résumé des résultats

Mode	Unexplained Variance VNIR	Unexplained Variance SWIR	$\Delta_{Angle}$
InterFlight	54%	57%	Grand
InterDate	76%	66%	Grand
InterFlight	37%	32%	Petit
InterDate	55%	29%	Petit

**Table 3:** Pourcentage de non-explication de la variabilité de chaque domaine pour différents types de co-acquisition

- / Erreur de recallage (pixel)	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1
Unexplained Variance SWIR	51%	42%	34%	25%	18%	11%	6%	2%	1%
Unexplained Variance VNIR	38%	31%	24%	18%	13%	8%	4%	2%	0%

**Table 4:** Pourcentage de non-explication de la variabilité de chaque domaine pour différents types de co-acquisition

# Conclusion

- Des phénomènes complexes à caractériser
  - De la sur-caractérisation nécessaire pour aborder toutes les potentielles variabilités
  - De par la faible variabilité de certaines acquisitions
- Il est pour autant possible d'identifier plusieurs modalités de variabilité spectrale :
  - L'erreur de recalage
  - L'influence des angles d'acquisition
  - L'influence de la correction atmosphérique

# Bibliographie I



Laybros, A., Schläpfer, D., Féret, J.-B., Descroix, L., Bedeau, C., Lefevre, M.-J., and Vincent, G. (2019).

Across date species detection using airborne imaging spectroscopy. Remote Sensing, 11(7):789.



Roger, R. and Arnold, J. (1996).

Reliably estimating the noise in aviris hyperspectral images. International Journal of Remote Sensing, 17(10):1951–1962.



Scheffler, D., Hollstein, A., Diedrich, H., Segl, K., and Hostert, P. (2017).

Arosics: An automated and robust open-source image co-registration software for multi-sensor satellite data.

Remote sensing, 9(7):676.

## Bibliographie II



Schläpfer, D. and Richter, R. (2017).

Atmospheric correction of imaging spectroscopy data using shadow-based quantification of aerosol scattering effects.

EARSel eProceedings, 16(1):21–28.



Schläpfer, D., Hueni, A., and Richter, R. (2018).

Cast shadow detection to quantify the aerosol optical thickness for atmospheric correction of high spatial resolution optical imagery.

Remote Sensing, 10(2).



Theiler, J., Ziemann, A., Matteoli, S., and Diani, M. (2019).

Spectral variability of remotely sensed target materials: Causes, models, and strategies for mitigation and robust exploitation.

IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine, 7(2):8–30.

# Bibliographie III



Thomas, N. and Lennon, M. (2017).

Campagne aéroportée hyperspectral - lidar sur forêt dense en Guyane  
: Rapport de synthèse.

Livrable L3, Hytech-Imaging.

# Étude du rapport signal bruit : SSDC, [Roger and Arnold, 1996]

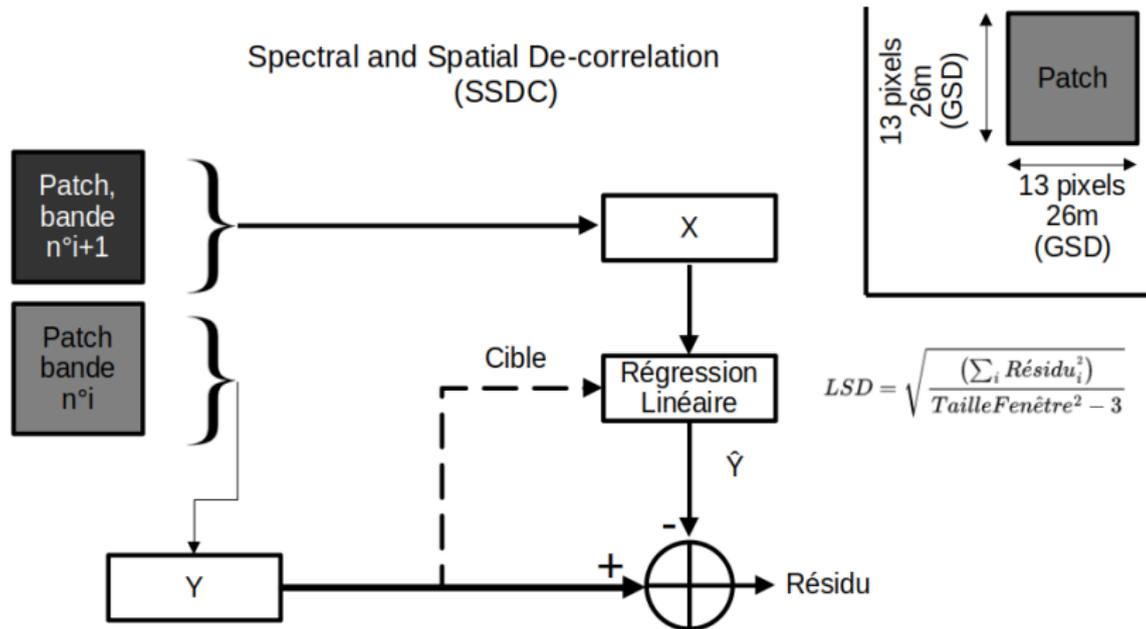


Figure 8: Schéma d'implémentation du SSDC

# Étude du rapport signal bruit : Résultats

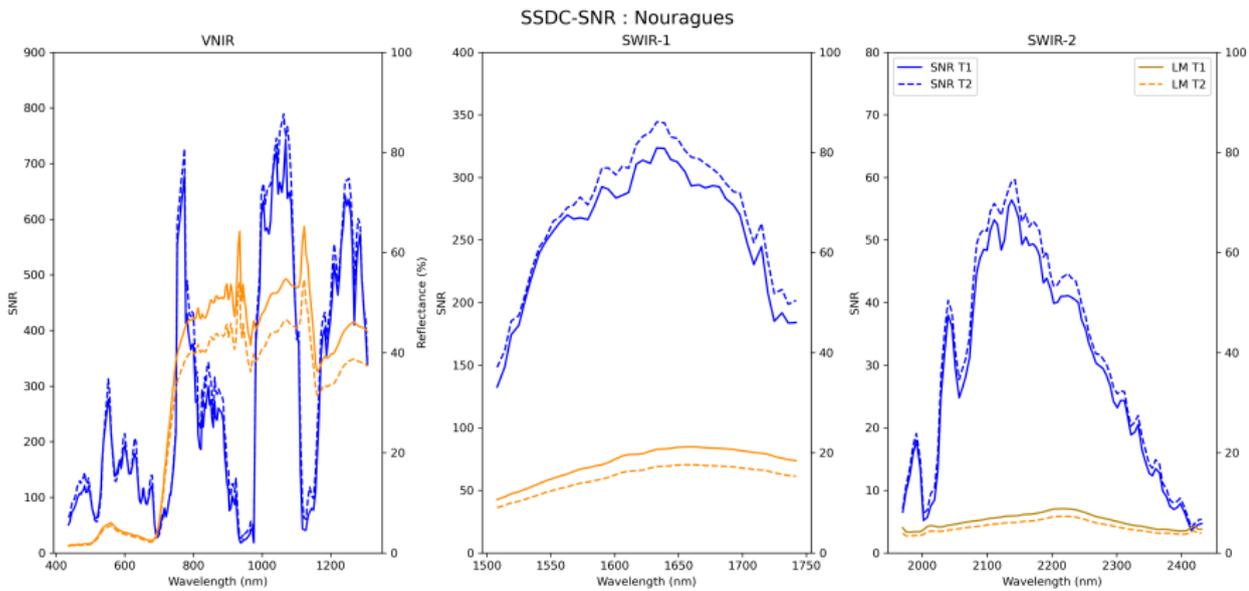


Figure 9: SNR par bande pour les acquisitions du site des Nouragues via SSDC [Roger and Arnold, 1996]