

Hyperspectral imagery for Environmental urban Planning

HYEP

Projet ANR 14-CE22-0016-01

HAL Id : hal-01888126, version 1

SFPT

Groupe Hyperspectral
Toulouse - Juillet 2019

Hyperspectral imagery for Environmental urban Planning - **HYEP**

- **Contexte**
 - Imagerie
 - Urbain
- **Présentation du projet**
 - Partenaires
 - Données et sites d'étude
 - Contexte et Objectifs
- **Méthodologie et Résultats**
- **Perspectives**

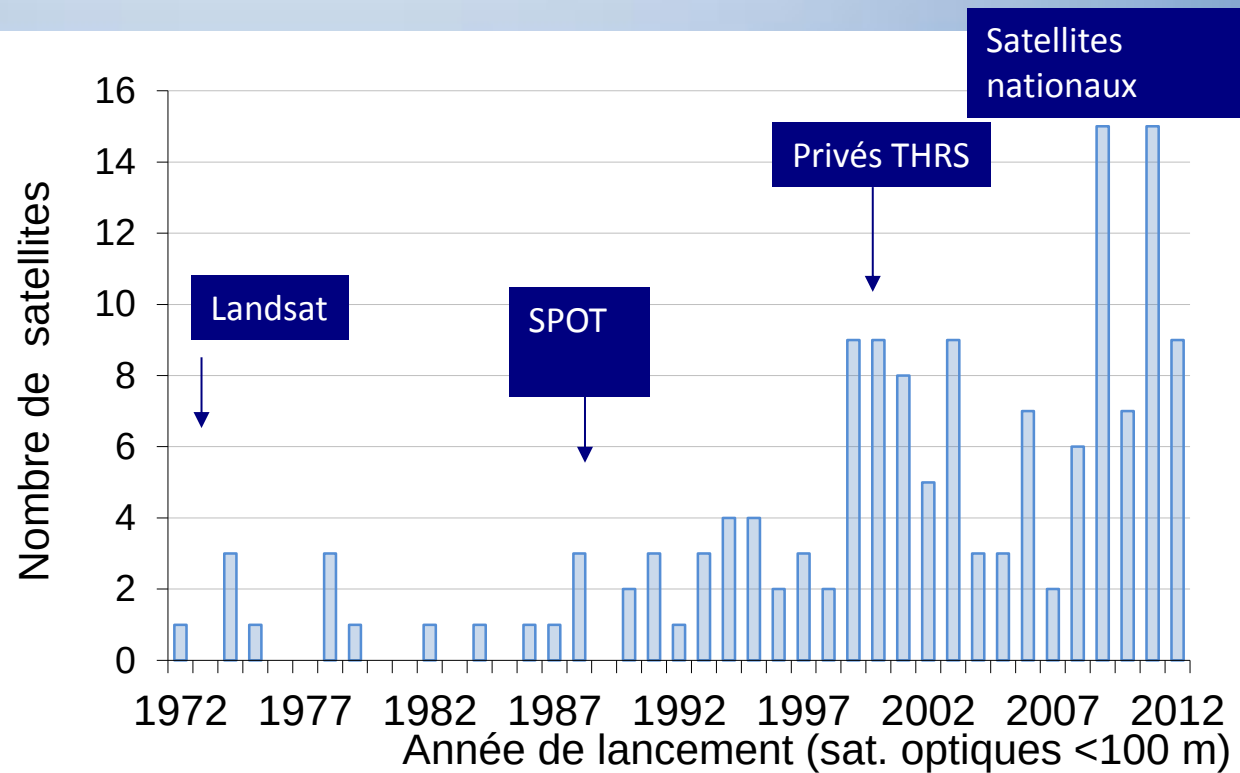
Financement : 505k€ Projet ANR 14-CE22-0016-01

Défis : DS06 Mobilité et systèmes urbains durables, DS08 Sociétés innovantes, intégrantes et adaptatives

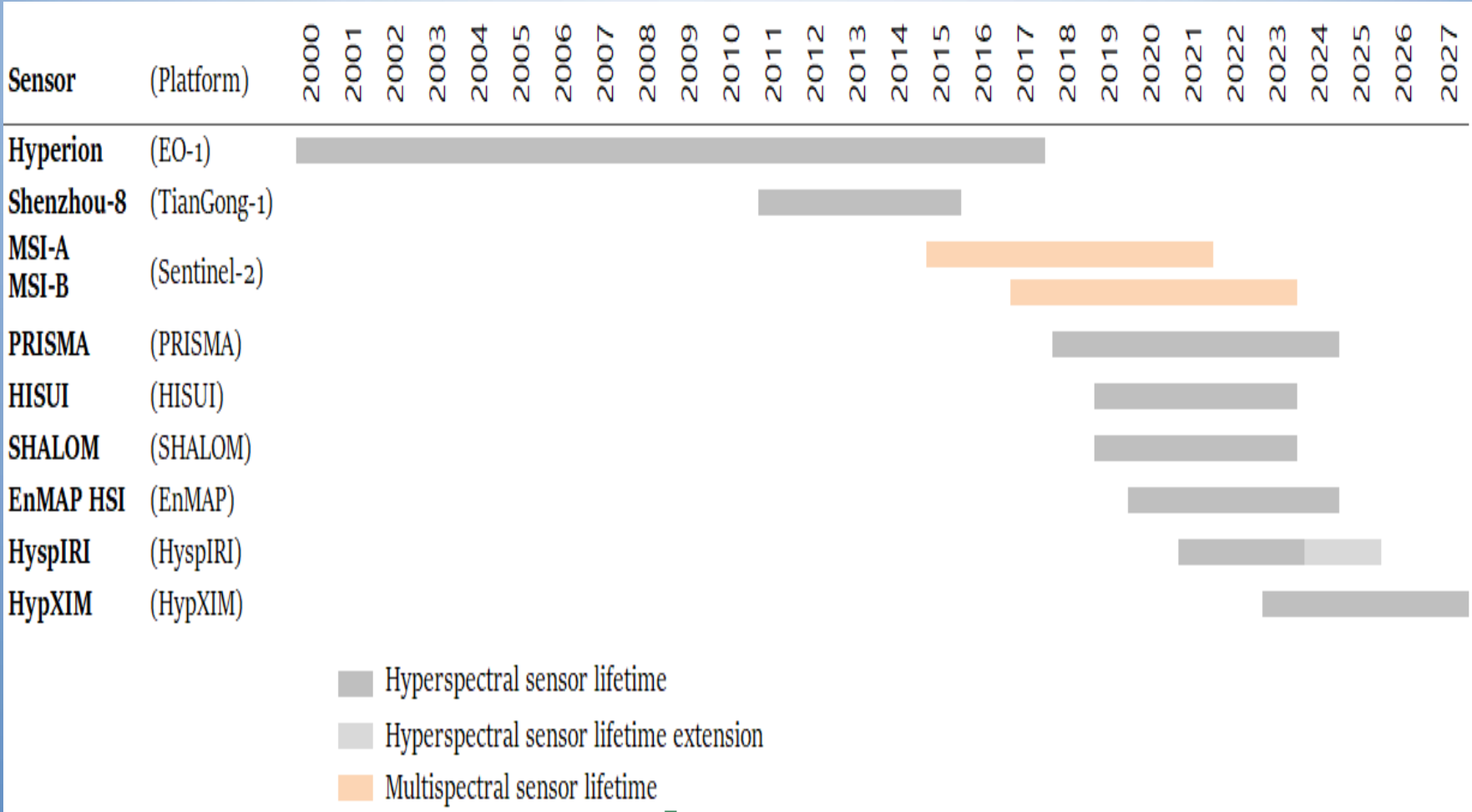
CONTEXTE	PROJET	FAITS MARQUANTS	RESULTATS	PROSPECTIVES
----------	--------	-----------------	-----------	--------------

- ✓ 1 pays en 1972 (USA, NASA, Landsat), 35 pays en 2015
- ✓ 60 satellites civils (>50kg) en orbite en 2012 (100 instruments), 160 en 2015 (300 instruments)
- ✓ Plus de 2000 satellites en 2025 (nano satellites, pseudo satellites)
- ✓ Résolutions spatiales de 300m à 30 cm
- ✓ Fréquences d'observations : quotidiennes, hebdomadaires ...
- ✓ Volumes de données exponentiels (BigData)
- ✓ **20 Po à l'ESA = 4 millions DVD; Sentinels 4 To/j**

Quelques chiffres en observation de Terre



CONTEXTE	PROJET	FAITS MARQUANTS	RESULTATS	PROSPECTIVES
----------	--------	-----------------	-----------	--------------



HysIS (*Hyperspectral Imaging System*) mini-[satellite d'observation de la Terre indien](#) VNIR (0.4 to 0.95 nm) and SWIR (0.9 to 2.5 nm) ; 30m résolution ; lancement 29 novembre 2018.

PRISMA (*PRecursore IperSpettrale della Missione Applicativa*) une caméra couleur et un capteur hyper-spectral 239 bandes étroites entre 400 nm et 2500 nm ; 30 m résolution ; lancement 21-22 / 03/ 19

CONTEXTE	PROJET	FAITS MARQUANTS	RESULTATS	PROSPECTIVES
----------	--------	-----------------	-----------	--------------

Augmentation de la population et des densités urbaines ;

En 2018, 55 % de la population mondiale vit en milieu urbain (2050 = 68%)



<https://www.chambre237.com/labsurde-densite-urbaine-de-hong-kong/>



Cathy Chatel et François MORICONI-EBBRARD, « Les 32 plus grandes agglomérations du monde : comment l'urbanisation repousse-t-elle ses limites ? »

HYEP - SFPT 2019, Confins [En ligne], 37 | 2018, URL :

<http://journals.openedition.org/confins/15522> ; DOI : 10.4000/confins.15522

CONTEXTE	PROJET	FAITS MARQUANTS	RESULTATS	PROSPECTIVES
----------	--------	-----------------	-----------	--------------

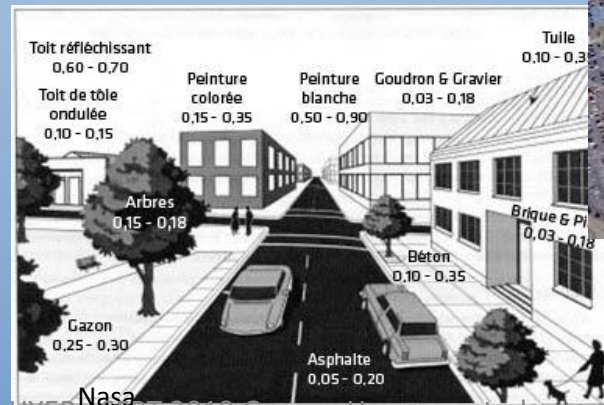
Paradoxe

« Creuset » de solutions versus « facteur » de dégradation

Habitat, Education, PIB, Services
Culture, Innovation, Modes de vie



Artificialisation des sols – ressource
alimentaire;
Pression foncière – variation des prix ;
Pollution et GES; Effets microclimatiques;
Gestion des ressources ;
Impacts environnementaux ;
Inégalités sociales, économiques et
spatiales



CONTEXTE	PROJET	FAITS MARQUANTS	RESULTATS	PROSPECTIVES
----------	--------	-----------------	-----------	--------------

PARTENAIRES

- UMR TETIS/ LIVE - TETIS:
C Weber, R Aguejdad, A Serradj, G Skupinski
- ONERA:
X Briottet, S Fabre, V Achard
- UMR LETG
T Houet
- IGN Lastig:
C Mallet, A Le Bris, N Chehata
- UMR ESPACE:
S Gadai, W Ouerghemmi
- UMR GIPSA :
J Chanussot ; M Dalla Mura
- UMR IRAP :
Y Deville, M. S. Karoui, F Benhalouche

- **Doctorants, postdoctorants, master**
Barlatier R., Khelfa Mériem, Ouerghemmi W., Raguet H., Hervieu A., Brabant C., Laribi A., J Aval et G Roussel,

4 thèses , 5 mémoires de master, 3 postdoctorants

Collectivités

- Toulouse et Montpellier (France)
Kaunas (Lituanie)

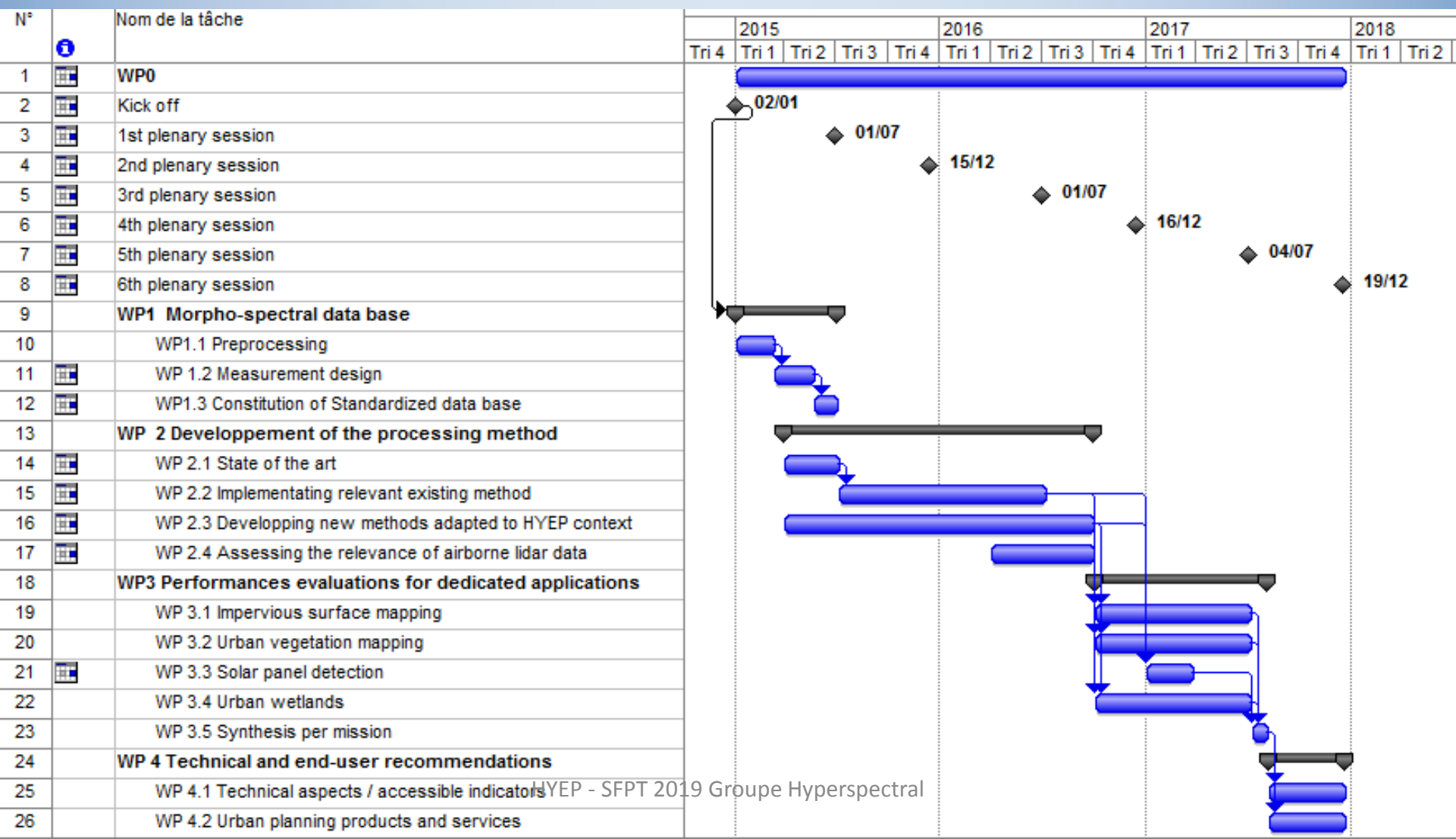
CONTEXTE	PROJET	FAITS MARQUANTS	RESULTATS	PROSPECTIVES
----------	--------	-----------------	-----------	--------------

OBJECTIFS

- 1) **Méthodologiques** : en définissant un ensemble de méthodes efficaces pour traiter les images hyperspectrales : réduction de dimension, classification, fusion, démélange ; spécification pour la mission HYPXIM-Biodiversity
- 2) **Thématiques** : fournir des informations utiles aux collectivités : sur l'imperméabilisation des sols, la végétation, les panneaux solaires et les matériaux ;
- 3) **Opérationnels** : élaborer avec les acteurs de collectivités territoriales des documents utilisables en planification et évaluation environnementale. ➔ Co-élaboration de produits et d'indicateurs (données // besoins)

CONTEXTE	PROJET	FAITS MARQUANTS	RESULTATS	PROSPECTIVES
----------	--------	-----------------	-----------	--------------

DIAGRAMME DE GANT



CONTEXTE	PROJET	FAITS MARQUANTS	RESULTATS	PROSPECTIVES
----------	--------	-----------------	-----------	--------------

DONNÉES ET SITES D'ÉTUDE

Port	Spectral range (μm)	Number of bands	Full Width at Half Maximum (nm)	GSD (m)
VNIR	0.4-1.0	160	3.6	0.8
SWIR	1.0-2.5	256	6.0	1.6

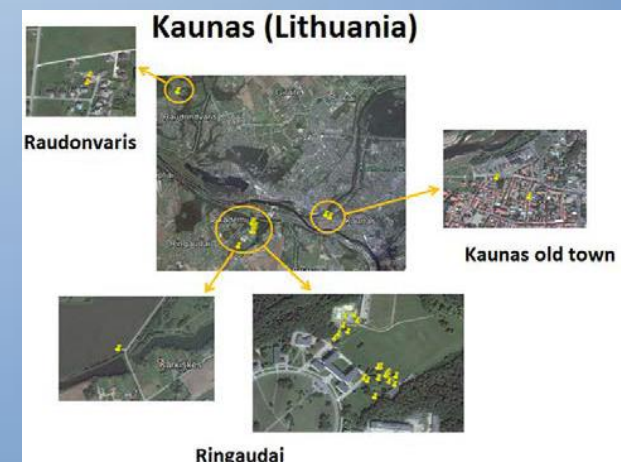
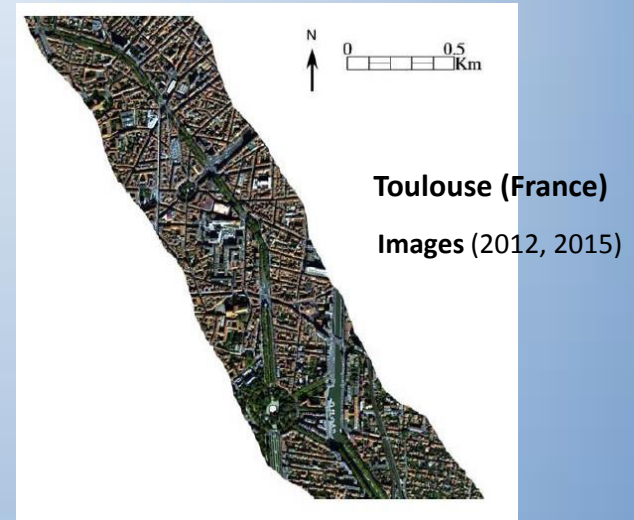
Tableau 1 : Toulouse, spécificités du capteur HySpex (<http://www.hyspex.no/>).

Port	Spectral range	Number of bands	Full Width at Half Maximum (nm)	GSD (m)
VNIR	0.5-0.9	16		0.7
VNIR	0.5-0.9	64		0.5

Tableau 2 : Kaunas, spécificités du capteur Ricola LTD Finlande.

Name	Number of bands used for classification purposes	Spectral range	GSD (m)
PLEIADES_1.6m	4	VNIR	1.6
SENTINEL2_1.6m	9	VNIR-SWIR	1.6
Hyper_1.6m	245	VNIR-SWIR	1.6
Hyper_8m	245	VNIR-SWIR	8
Hyspex_2m	408	VNIR-SWIR	2
Hypxim_4m	108	VNIR-SWIR	4
Hypxim_8m	245	VNIR-SWIR	8
SENTINEL2_10m	13	VNIR-SWIR	10

Tableau 3 : Description des images simulées. À partir des données sur Toulouse



CONTEXTE	PROJET	FAITS MARQUANTS	RESULTATS	PROSPECTIVES
----------	--------	--------------------	-----------	--------------

Résultats

- *Trois méthodes de correction atmosphériques* développées et comparées en fonction de la résolution spatiale ; COCHISE, CHEN et ICARE
 - *Adaptation de méthodes de fusion* (pan ou multi sharpening) et de démixage ;
 - *Transfert* : Mise en place à Kaunas (Lituanie) du développement complet de l'approche ;
 - *Algorithmes* : Dépôt sur la plateforme ouverte : <http://openremotesensing.net/> et des outils de fusion PANhyperspectrale ;
 - *Ecole thématique CNRS 28 Août - 1 Septembre 2017-* (25 participants) ;
 - *Conférences nationales et internationales* :
ISPRS GeospatialWeek 2015, JURSE 2017, IGARSS 2017-2018, WHISPERS 2016-2018, GeoHyper (2015), aux ateliers TEMU, AFIGEO, dans des sessions de GDRs (Madics et ISIS) ou dans le cadre de la mission Hypxim
- ➔ *Organisation de sessions spéciales*
SFPT hyperspectral (2016) et 2 à l'international en 2018 IGARSS, WHISPERS.

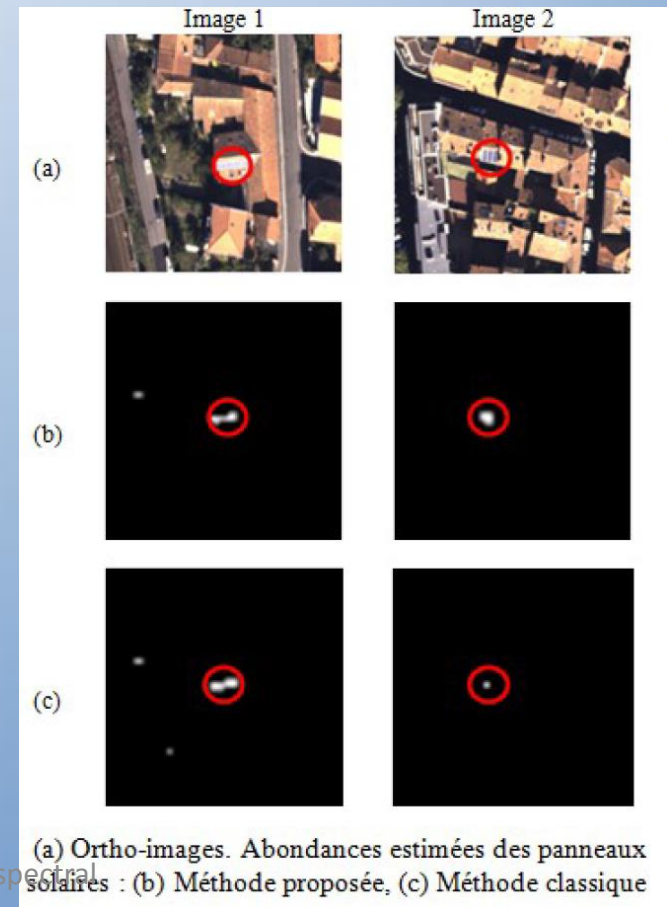
Productions scientifiques :

13 publications et 38 communications avec actes, 4 chapitres de livre, 1 numéro spécial dans la revue « Remote Sensing - Hyperspectral Imagery for Urban Environment »

- Un résultat particulièrement intéressant porte sur l'extraction et l'identification des panneaux solaires.

Validation : Digitalisation

	Digit.	Multi-Part-NMF	Multi-NMF
Sub-image 1	15	15.27	21.26
Sub-image 2	12	13.06	1.10



CONTEXTE	PROJET	FAITS MARQUANTS	RESULTATS	PROSPECTIVES
----------	--------	-----------------	-----------	--------------

WP2 - DEVELOPPEMENTS METHODOLOGIQUES

WP2.1: Etat de l'art

Sur les méthodes de classification de l'occupation du sol et la détection de changement

WP2.2: Implementation de méthodes existantes

Orienté pixel et orienté objet

WP2.3: Méthodes adaptées à un contexte Hyperspectral.

data fusion (panchromatique $\leftrightarrow$ hyperspectral), spectral unmixing et classification

WP2.4: Evaluation de l'intérêt de la 3D Lidar (pour vegetation)

Unmixing methods : lineare-quadratique/bilineare; Fatima Zohra Benhalouche, Yannick Deville, Moussa Sofiane Karoui, Abdelaziz Ouamri IRAP, (France)

Extraction of optimal spectral bands using hierarchical band merging out of Hyperspectral data. IGN (France) Arnaud Le Bris, Nesrine Chehata, Xavier Briottet and Nicolas Paparoditis.

Fusing Hyperspectral and panchromatic images; Laetitia Loncan ONERA (France)

Spectral Unmixing — A Review and New Trends; Mauro Dalla Mura GIPSA-Lab (France)

CONTEXTE	PROJET	FAITS MARQUANTS	RESULTATS	PROSPECTIVES
----------	--------	-----------------	-----------	--------------

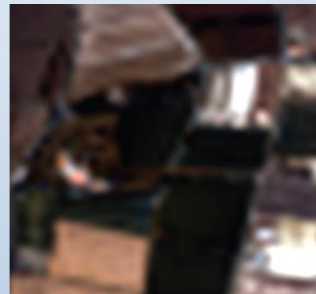
ETAT DE L'ART ET TESTS



PAN



Reference



HS upscaled

PANsharpening
Pan + Hypxim

Laetitia LONCAN et al.,
I3E TGRS; 2016



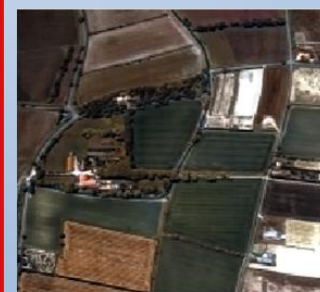
SFIM



MTF-GLP-HPM



GSA

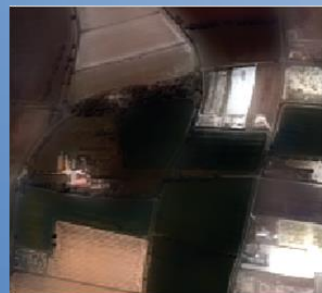


PCA

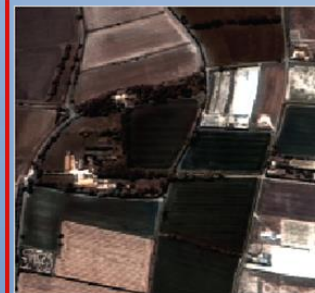
HAL Id : **hal-01403205**,
version 1

DOI

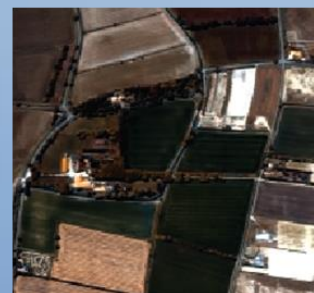
: [10.1109/MGRS.2015.2440094](https://doi.org/10.1109/MGRS.2015.2440094)



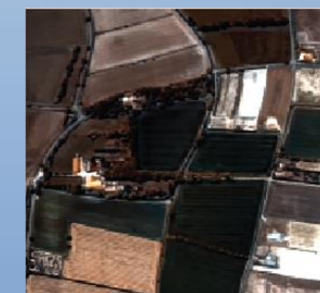
GFPCA



CNMF

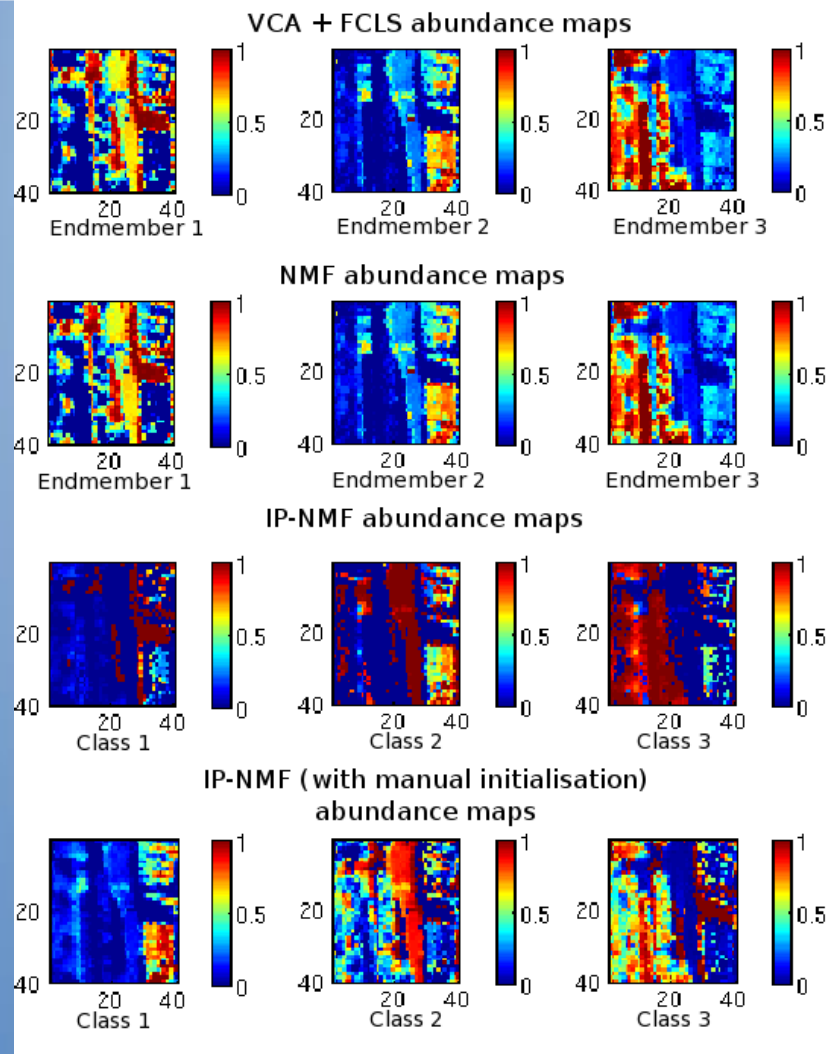


Bayesian sparse



HySure

CONTEXTE	PROJET	FAITS MARQUANTS	RESULTATS	PROSPECTIVES
----------	--------	-----------------	-----------	--------------



Abundance maps obtained for $M = 3$ with 4 methods: VCA + FCLS (1st line), standard NMF (2nd line), IP-NMF initialized with VCA (3rd line) and IP-NMF initialized with manually selected spectra (4th line).

Inertia-Constrained Pixel-by-Pixel Nonnegative Matrix Factorization: a Hyperspectral Unmixing Method Dealing with Intra-class Variability

Charlotte Revel, Yannick Deville, Véronique Achard and Xavier Briottet, arXiv:1702.07630v1 [stat.ME] 24 Feb 2017

La variabilité intra classe a été abordée .
Cette étude a conduit à la mise au point d'un nouveau modèle de démixage .

Deux méthodes ont été introduites pour étudier cette variabilité intra classe

- Tests sur des données semi-synthétiques montrent que UP-NMF a de moindres performances par rapport à IP-NMF.
- IP-NMF a l'avantage d'être automatique, seul le nombre de classes doit être défini.

IP-NMF permet de trouver des classes non identifiées avec les autres classifieurs. Ce qui le rend plus robuste par rapport à des images réelles.

CONTEXTE	PROJET	FAITS MARQUANTS	RESULTATS	PROSPECTIVES
----------	--------	-----------------	-----------	--------------

Comparaison

➤ Sols imperméables

- *classification supervision et tests (A Le Bris, IGN France)*

- **Influence des caractéristiques spectraes ? (2m)**

➔ *Données hyperspectrale 400-1000nm donnent de meilleurs resultats que des données Pléiades simulées.*

➔ *Résultats avec Hypspx 400-2500 nm.*



Classification obtenue pour la configuration Pléiades



Classification obtenue pour la configuration Hypspx limitée au domaine VNIR 400-1000 nm



Classification obtenue pour la configuration Hypspx VNIR+SWIR 400-2500 nm

CONTEXTE	PROJET	FAITS MARQUANTS	RESULTATS	PROSPECTIVES
----------	--------	-----------------	-----------	--------------

WP3 APPLICATIONS

- Sols imperméables et matériaux

Les méthodes actuelles ne semblent pas être adaptées → Pansharpening
Supervised classification and Spectral DB (Le Bris et al, IGN; Ouerghemmi et al. IGN, France) HYPXIM 8M/PLÉIADES 2m

- Végétation urbaine

Caractérisation des “observables” vegetation ; familles, forms, santé, biodiversité

- Toits et panneaux solaires

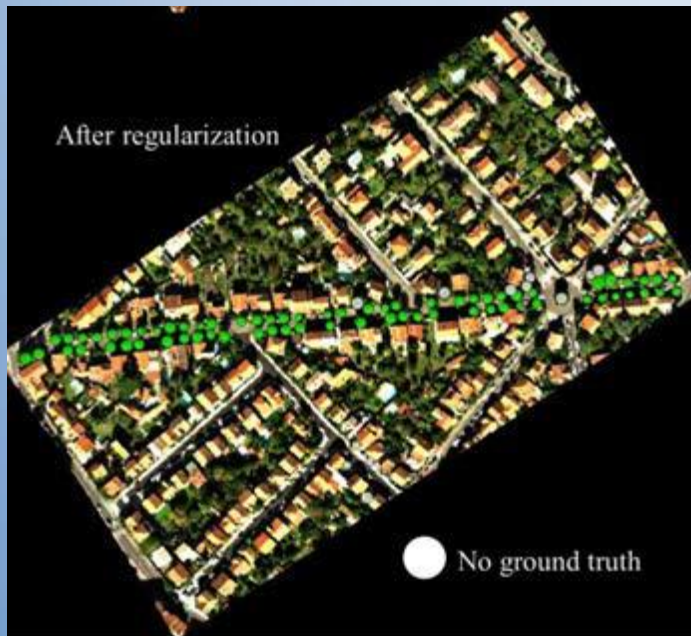
Un inventaire exhaustif semble nécessaire pour les matériaux (sol, vegetation, toit- vertical?) ;

Base de données spectrales

Aster [Baldrige et al., 2009], *SLUM Spectral Library of impervious Urban Materials* [Kotthaus et al., 2014], *MEMOIRES* (Moyen d’Echange et de valorisation de Mesures de propriétés thermiques, Optiques et InfraRouges d’Echantillons et de Scènes)[Martin et Rosier, 2012], *Santa Barbara* [Herold et al., 2004a ; Herold et al., 2004b], *Tel-Aviv Ben Dor* [Ben-Dor et al., 2001], *DESIREX* [Sobrino, 2008], *KLUM* 2019 / Rebecca Ilehag. Andreas Schenk. Yilin Huang and Stefan Hinz)

CONTEXTE	PROJET	FAITS MARQUANTS	RESULTATS	PROSPECTIVES
----------	--------	-----------------	-----------	--------------

VÉGÉTATION



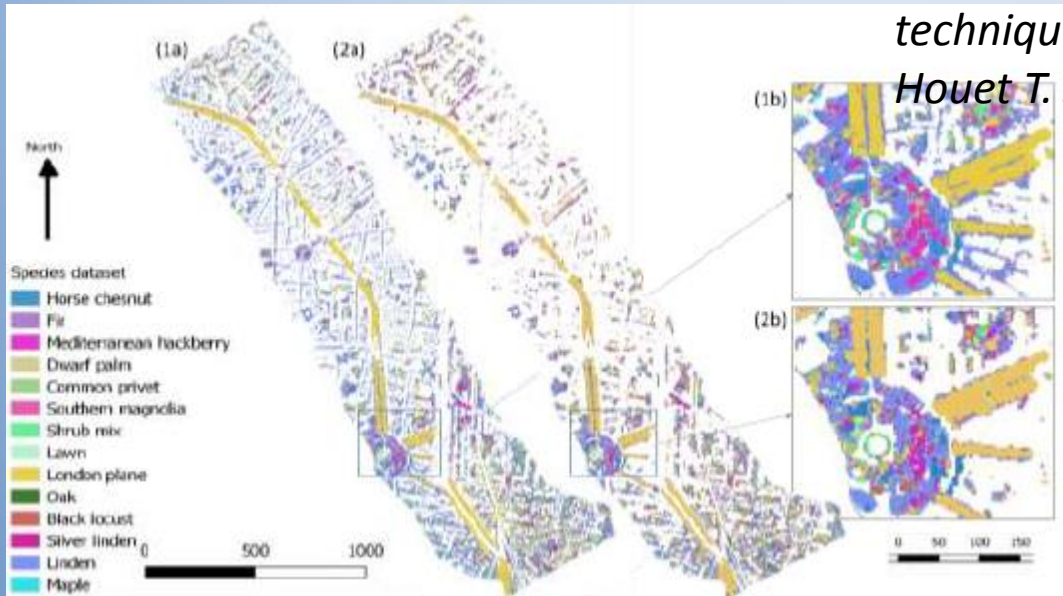
Classification de l'espèce d'arbre d'alignement : Platanus x hispanica (100% des arbres sont détectés) - ONERA. J AVAL (Thèse 2018)

Le domaine spectral $[0.4 ; 0.9 \mu\text{m}]$ est **essentiel pour discriminer les espèces** mais l'extension du domaine jusqu'à $2.5 \mu\text{m}$ améliore les performances de discrimination.

- Plus la résolution spectrale est riche, plus les performances de classification sont bonnes.
- Les meilleures performances sont obtenues avec une **résolution spatiale de 2 m**.
- La **fusion de données** hyperspectrales avec des mesures **Lidar 3D** ou un **SIG** permet de mieux détecter la végétation haute et de prendre en compte le contexte (exemple les arbres d'alignement le long de route)
- La **fusion de données hyperspectrales avec une image à plus haute résolution spatiale** avec un nombre réduit de bandes spectrales améliore la classification. (2 stratégies)

CONTEXTE	PROJET	FAITS MARQUANTS	RESULTATS	PROSPECTIVES
----------	--------	-----------------	-----------	--------------

Végétation



Résultat d'une classification avec SVM après réduction par MNF

- (a) HySpex 2m resolution images ;
- (b) HYPXIM 4 m resolution, (1) image entière et (2) zoom sur le "Grand-Rond" forte diversité arborée

Improving the classification of urban tree diversity from Very High Spatial Resolution hyperspectral images: comparison of multiples techniques Brtabant C., Alvarez Vanhard E et Houet T. JURSE 2019

- 1) Les méthodes de reduction MNF sont essentielles,
- (2) Les méthodes d'apprentissage contibuent significativement à l'amélioration de la classification des espèces
- (3) Le type de classifieurs – SVM et RF donnent des résultats similaires.
- (4) Des données *in situ* sont absolument nécessaires mais requiert une attention particulière (diversité et nombre d'individus)

CONTEXTE	PROJET	FAITS MARQUANTS	RESULTATS	PROSPECTIVES
Végétation : BD et représentativité des espèces (échelles spatiales (feuille, canopée image); Approches Pixel/OO. Indices de végétation Panneaux Solaires: à valider; développements innovants Le projet HYEP a pu montrer que les performances de classification étaient comparables entre Pléiades 2m et HYPXIM 8 m pour une classification des sols. En revanche, une richesse spectrale fine est requise pour une meilleure discrimination des surfaces imperméables ou des espèces végétales. HYPXIM - Biodiversity Spectral 0.4-2.5 µm. 10nm Spatial 2m pour toutes les applications, mais pour la végétation 4 or 8m suffit			- Stabilisation des méthodes par la constitution de plus grands ensembles de référence (entraînement et validation) BD spectrales équilibrées et plus larges et pluri-temporelle; Pb des librairies spectrales. - Innovations méthodologiques : IA et transfert learning (données partielles), simulation physique (observables synthétiques) <i>Pre-Processing: correction atmosphérique</i> <i>Détection: Unmixing intéressant pour la détection d'objet</i> <i>Fusion : Pas vraiment utile mais Pansharpening intéressant.</i> <i>SIG et DEM : amélioration des résultats</i> <i>Classification:</i> <i>Pixel: SVM et RF équivalent performances (mieux avec MNF ou indices)</i> <i>OO: résultats prometteurs</i> - Collecte d'informations plus diversifiée in situ, remontées participatives, co-élaboration d'indicateurs au plus près des besoins	

Y. Deville, "Matrix Factorization for Bilinear Blind Source Separation: Methods, Separability and Conditioning," in Proc. EUSIPCO 2015, Nice, France, 2015.

2. F. Z. Benhalouche, Y. Deville, M. S. Karoui, and A. Ouamri, "Bilinear matrix factorization using a gradient method for hyperspectral endmember spectra extraction," in Proc. IEEE IGARSS 2016, Beijing, China, 2016.

3. F. Z. Benhalouche, Y. Deville, M. S. Karoui, and A. Ouamri, "Hyperspectral endmember spectra extraction based on constrained linear-quadratic matrix factorization using a projected gradient method," in Proc. IEEE MLSP 2016, Vietri sul Mare, Italy, 2016.

M. S. Karoui, Y. Deville, F. Z. Benhalouche, and I. Boukerch, "Hypersharpener for Linear-Quadratic Nonnegative Matrix Factorization," *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 55(2), pp. 1025-1035, 2017.

F. Z. Benhalouche, M. S. Karoui, Y. Deville, and A. Ouamri, "Hyperspectral pansharpening based on Linear-Quadratic Nonnegative Matrix Factorization," in Proc. IEEE IGARSS 2015, Milan, Italy, 2015.

2. F. Z. Benhalouche, M. S. Karoui, Y. Deville, and A. Ouamri, "Hyperspectral pansharpening of multispectral data fusion based on linear-quadratic nonnegative matrix factorization," *Journal of Geoscience and Remote Sensing*, 11(2), pp. 025008-1-18, 2017.

3. F. Z. Benhalouche, M. S. Karoui, Y. Deville, I. Boukerch, "Multi-sharpener for multi-sharpener hyperspectral remote sensing data by Multiplicative Joint-Criterion Linear-Quadratic Nonnegative Matrix Factorization," in Proc. IEEE ECMSM, pp. 1-6, San Sebastian, Spain, 2017

G. Roussel, C. Weber, X. Briottet and X. Ceamanos, "Comparison of two atmospheric correction methods for the classification of spaceborne urban hyperspectral data based on the spatial resolution, INTERNATIONAL JOURNAL OF REMOTE SENSING, 2018, VOL. 39, NO. 5, <https://doi.org/10.1080/01431161.2017.1410247>

G. Roussel, C. Weber, X. Ceamanos and X. Briottet, "A SHADOW/SHADOW APPROACH FOR THE CLASSIFICATION OF HYPERSPECTRAL DATA, IGARSS, 2018, pp. 1-5, Beijing, China, 2018

L. Loncan, L. B. Almeida, J. M. F. Nascimento, X. Briottet, J. Chanussot, N. Dobigeon, S. Fabre, W. Liao, G. Licciardi, M. Simoes, J-Y. Tourneret, M. Angel Veganzones, Q. Wei and N. Yokoya, "Hyperspectral pansharpening: a review," *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 12(9), pp. 1553-1557, 2015

(Volume: 3, Issue: 3, Sept. 2015), DOI: [10.1109/MGRS.2015.2440094](https://doi.org/10.1109/MGRS.2015.2440094)

L. LONCAN, J. CHANUSSOT, X. BRIOTTET, HYPERSPECTRAL PANSHARPENING BASED ON UNMIXING TECHNIQUES, Whispers, Japan, 2015

L. Loncan, J. Chanussot, S. Fabre and X. Briottet, Hyperspectral Pansharpening based on unmixing techniques, WHISPERS 2015, Japan

L. Loncan, Luis B. Almeida, José Bioucas Dias, Xavier Briottet, Jocelyn Chanussot, Nicolas Dobigeon, Sophie Fabre, Wenzhi Liao, Giorgio Antonino Licciardi, Miguel Simoes, Jean Yves Tourneret, Miguel Angel Veganzones, Gemine Vivone, Qi Wei, Naoto Yokoya, IGARSS 2015, 'COMPARISON OF NINE HYPERSPECTRAL PANSHARPENING METHODS', Milan

MERCI DE VOTRE ATTENTION

