

**SFPT-GH-2018 : 6^{ème} colloque scientifique SFPT-groupe
Hyperspectral, 17 et 18 Mai 2018, Montpellier (France)**

Cartographie de la végétation urbaine par imagerie aéroportée hyperspectrale sur la ville de Kaunas (Lituanie)

**Sébastien Gadai, Walid Ouerghemmi, Gintautas Mozgeris,
Romain Barlatier**



Contexte et objectifs

Contexte géographique et intérêts de la zone d'étude

- **Diversité des espèces végétales** en milieux urbains.
- **Eparpillement complexe** de la végétation au sein de Kaunas.
- **Morphologies** et structures urbaines **variées** : XVe-XVIIe siècles, XIXe, Art-Nouveau, Soviétique, post-soviétique.
- Etat de la **canopée** variable (vert, sec, malade).

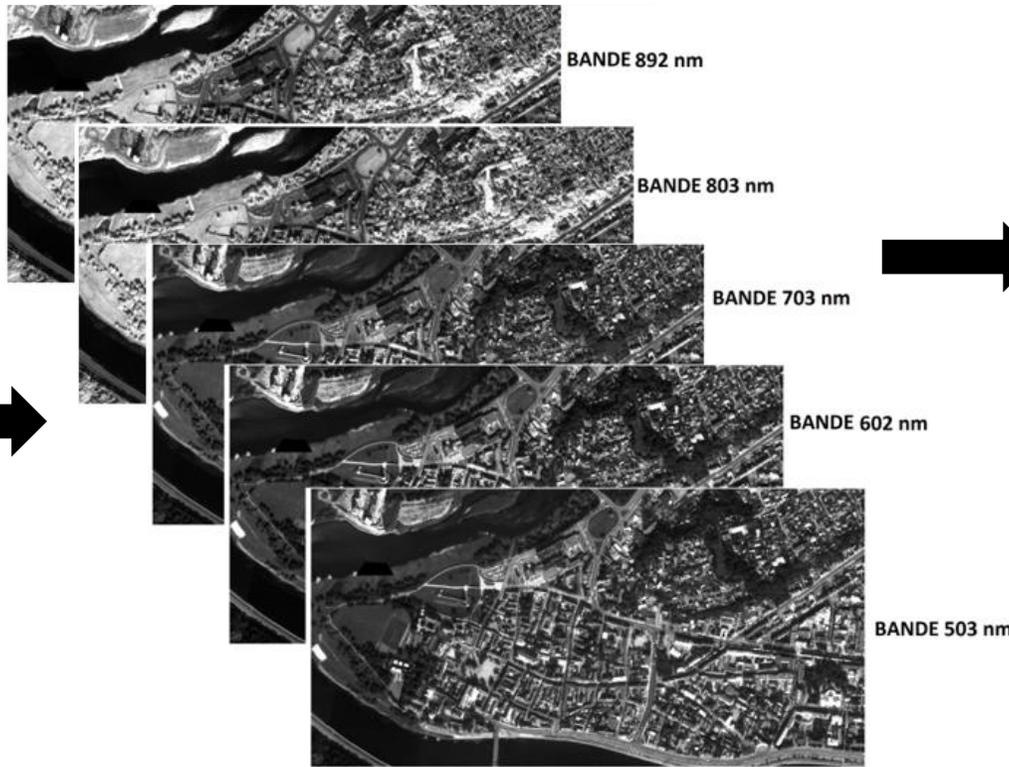
Objectifs

- Exploiter l'imagerie multi-bande multi-résolution pour la **détection de la végétation urbaine**.
- Proposer des **méthodologies aux planificateurs** et architectes urbains pour la quantification, le suivi et la détection de la végétation urbaine.

Données aéroportées multi-bandes Rikola

- Deux images acquises sur la ville de Kaunas, en Juillet 2015 et en Septembre 2016.
- 16 et 64 bandes 500nm-900nm (Vis-NIR).
- Résolution spatiale de 0,5 m et de 0,7 m.
- Surface couverte: 5km².

Kaunas centre Septembre 2016 (zone test)



Kaunas centre Septembre 2016 (zone test)



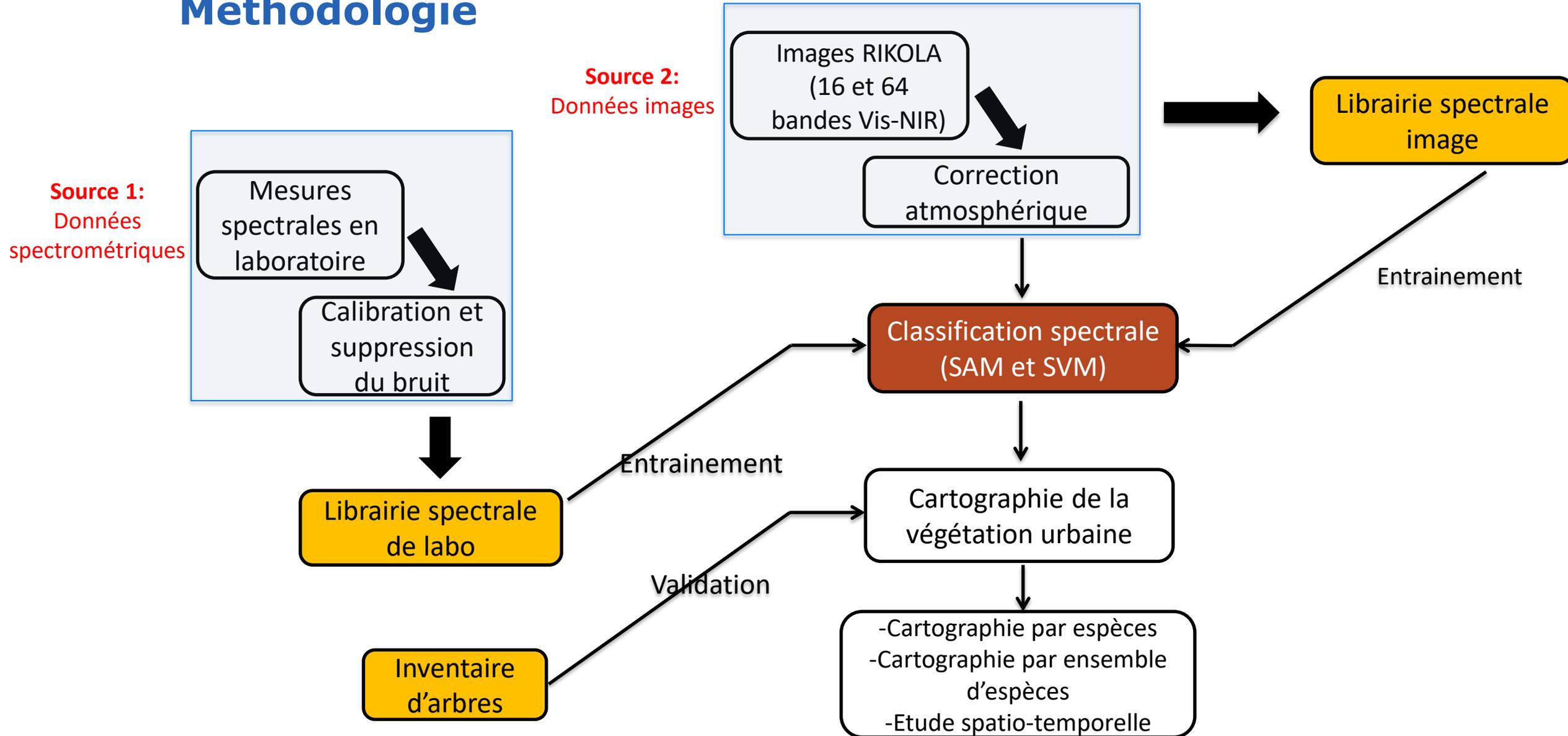
Exemple d'une composition colorée (bandes 503, 553 et 653 nm)



Situation géographique

Extrait du cube hyperspectral à 64 bandes

Méthodologie

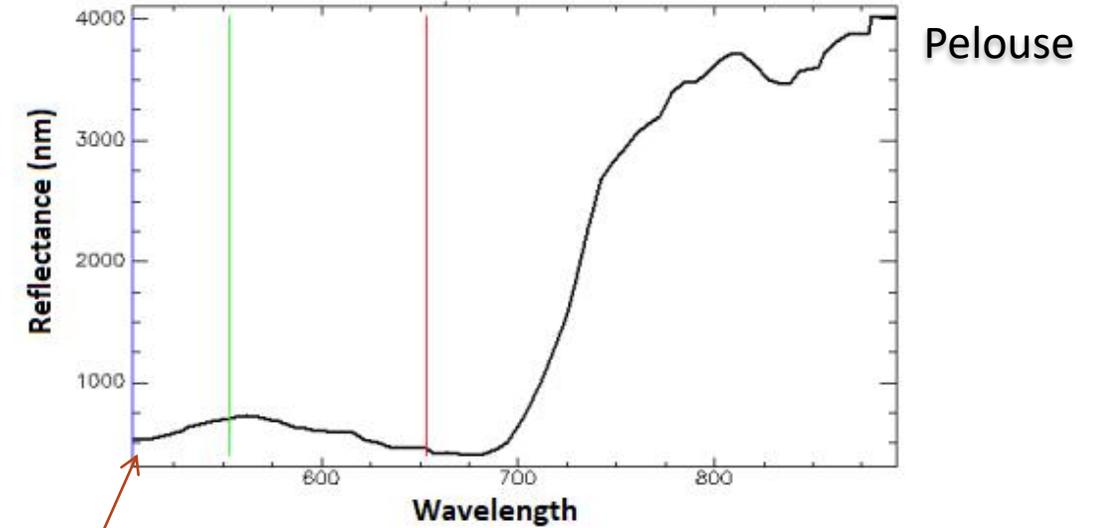
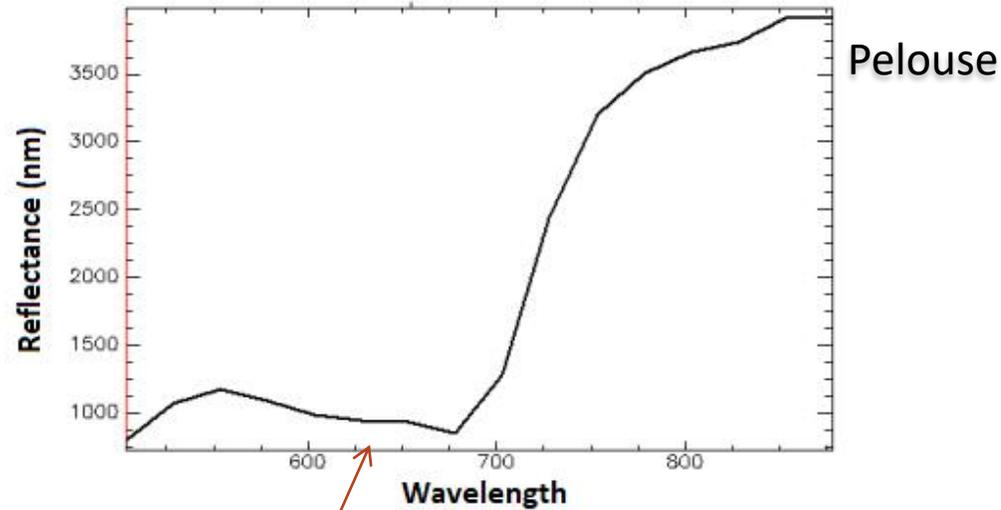


Méthodologie : création d'une librairie spectrale (1)

- **Librairie spectrale** (Vis-NIR) acquise entre Juillet 2015 et Avril 2016 de matériaux urbains dans la ville de Kaunas.
- **Toitures**: acier peint, fibre ciment, tuile, aluminium, bitume.
- **Routes/pavés** : asphalte (ancien et nouveau), pavés (nouveau et ancien), sol nu.
- **Végétation**: végétation rase/gazon, et une quinzaine d'espèces d'arbres (caducs, conifères).
- Pour le moment une **cinquantaine** d'objets mesurés.



Méthodologie : création d'une librairie spectrale (2)



Kaunas Centre 16 bandes, composition colorée (bandes 503, 553 et 653 nm) - **Juillet 2015** -

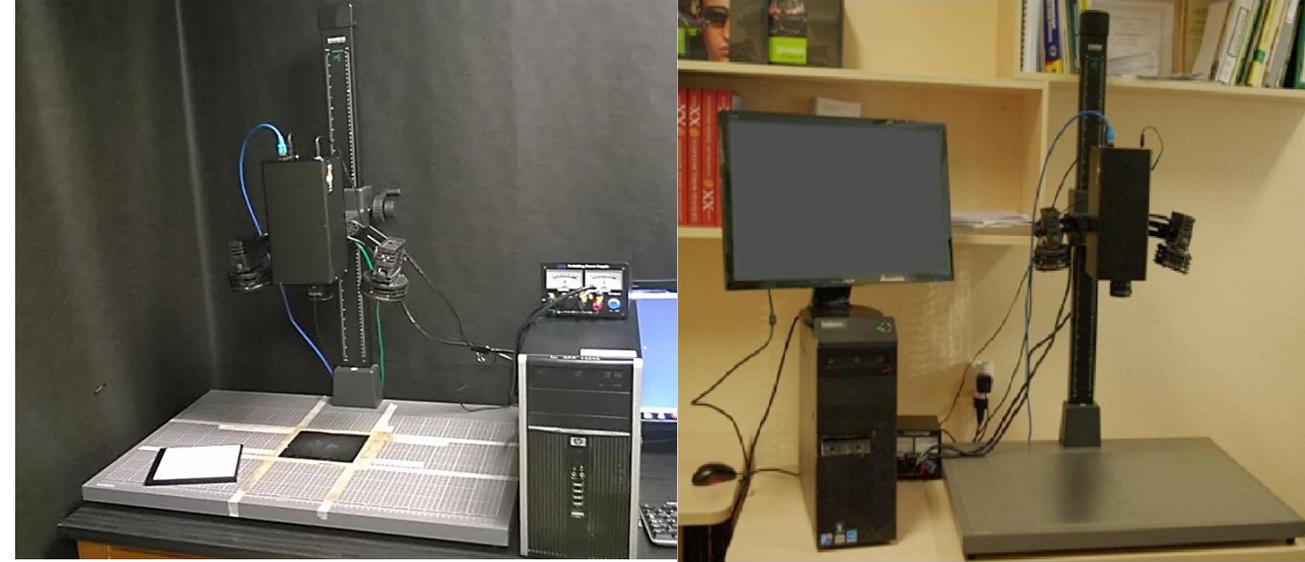


Kaunas Centre 64 bandes, composition colorée (bandes 503, 553 et 653 nm) - **Septembre 2016** -

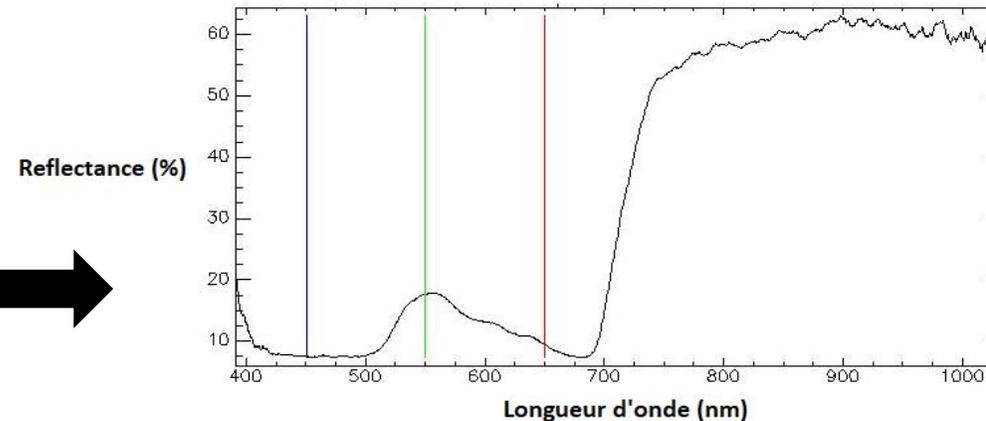
Méthodologie : création d'une librairie spectrale (3)

Caractéristique imageur:

- Brand: Themis Vision VNIR400H (Themis Vision systems LLC).
- Spectral Range: Vis-NIR, 400nm to 1000 nm.
- Spectral resolution: 0,6nm
- Sensor type: CCD.
- Bands number: 955.
- Light: 2 halogen lamps of 100W
- Image Scan: line by line
- Measurements conditions: black room

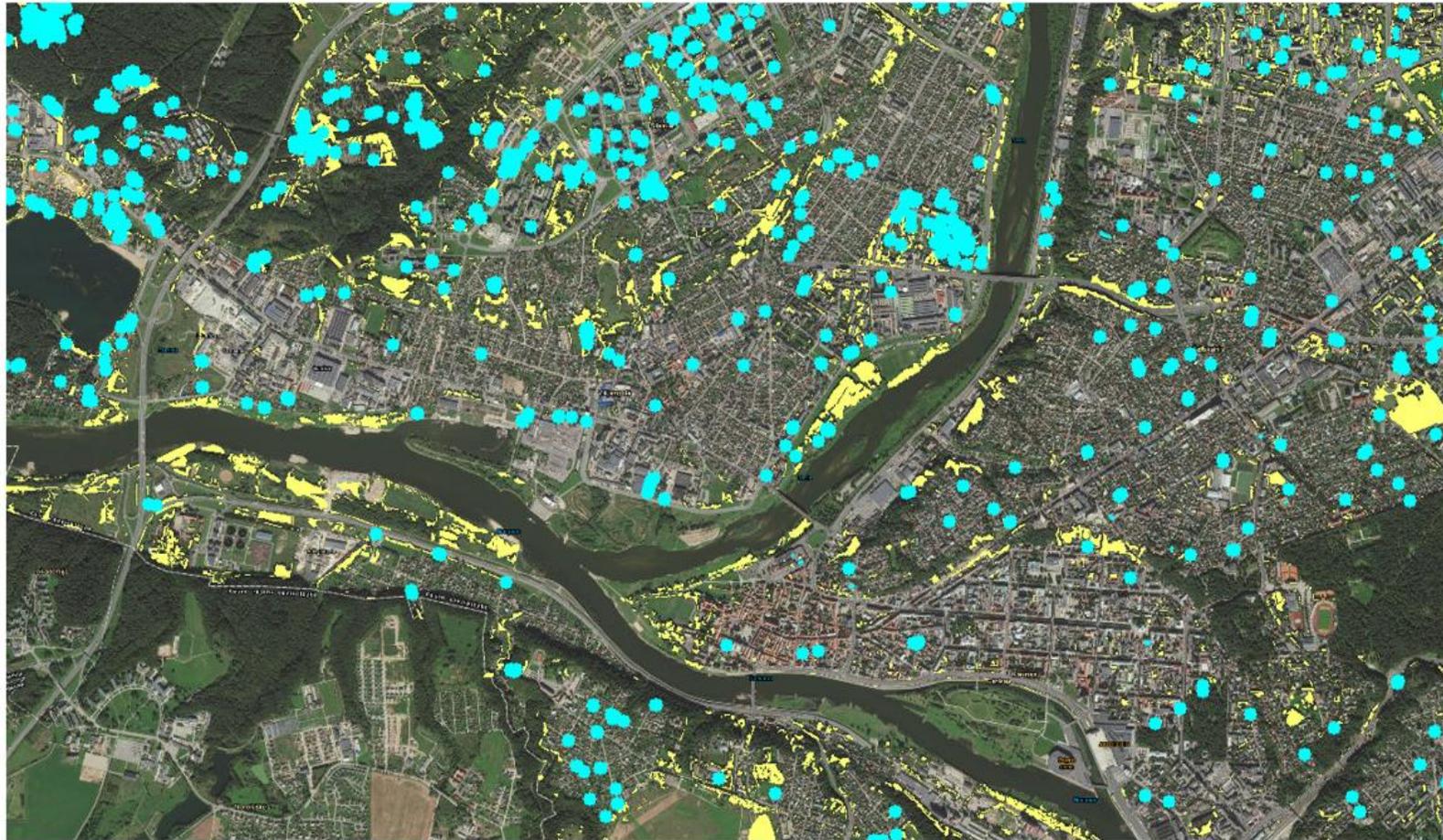


Échantillon de feuilles de chêne
préparé pour la mesure



Spectre de chêne
Mesuré par
l'imageur

Base de donnée de validation terrain

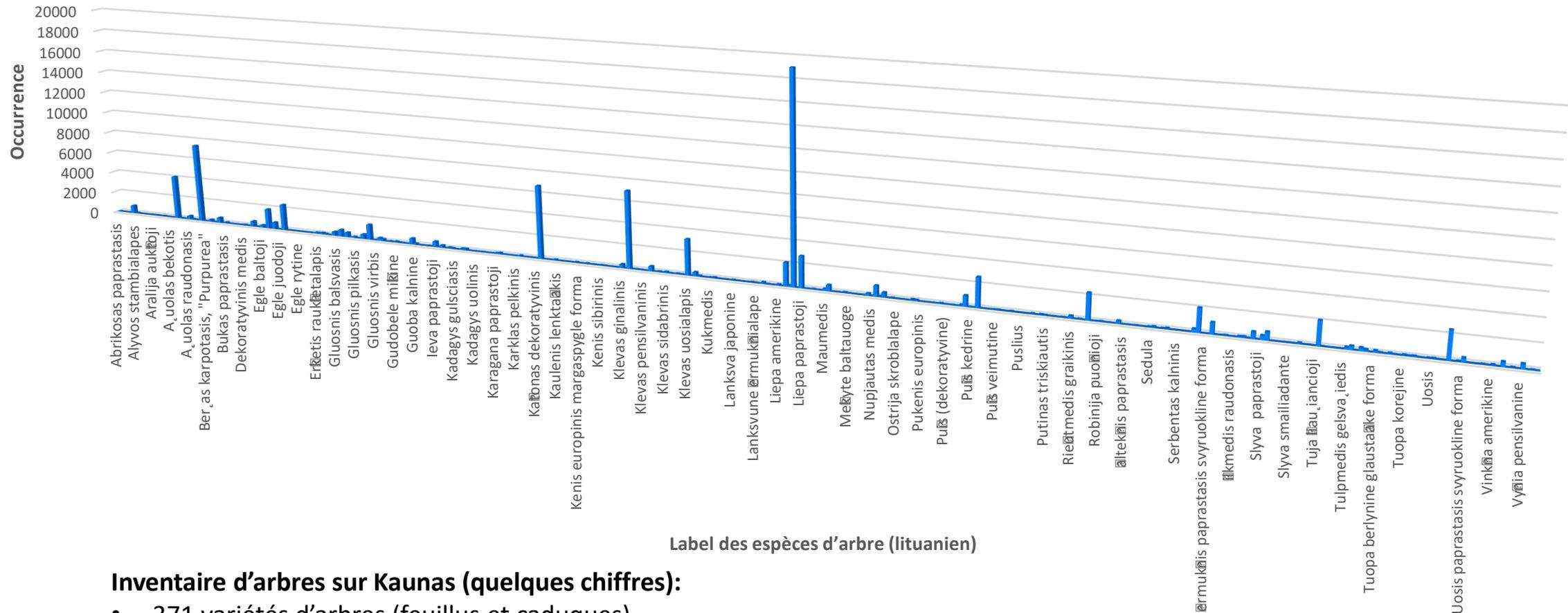


- Arbres individuels
(exemple: chêne)
- Groupements d'arbres

Inventaire des arbres sur la ville de Kaunas :

- Arbres individuels (371 espèces)
- Groupements hétérogènes (contenant 2 à 10 espèces)
- Groupements homogènes (contenant 1 seule espèce)

Base de donnée de validation terrain

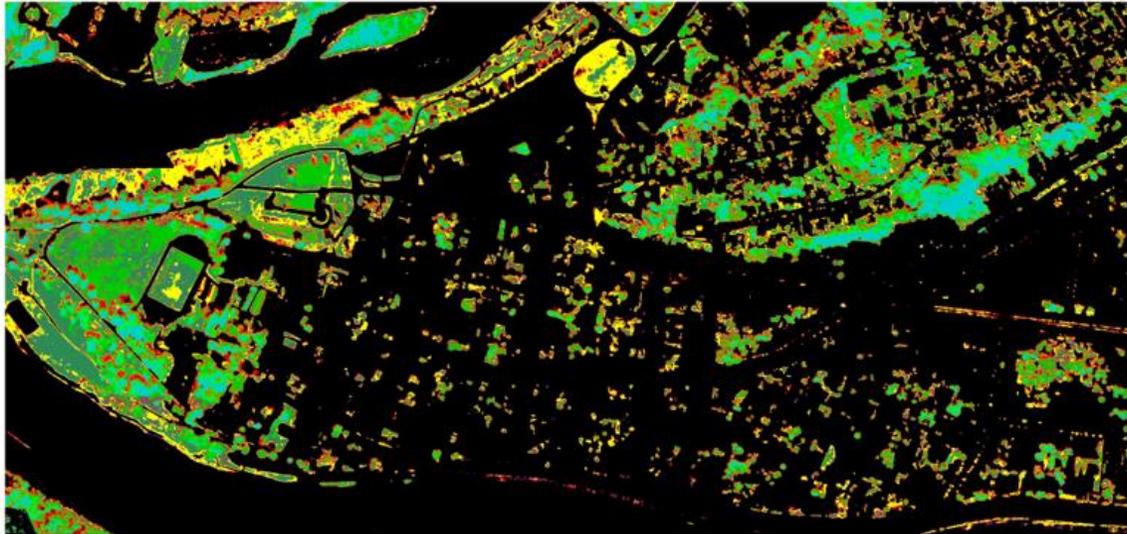


Inventaire d'arbres sur Kaunas (quelques chiffres):

- 371 variétés d'arbres (feuillus et caduques)
- 64 variétés dominantes (occurrence > 100)
- 17 variétés très dominantes (occurrence > 1000) (ex. Tilleul, sorbier, pin, érable, etc.)
- La variété la plus dominante: Tilleul à petites feuilles
- ~90% d'arbres feuillus, ~10% de conifères

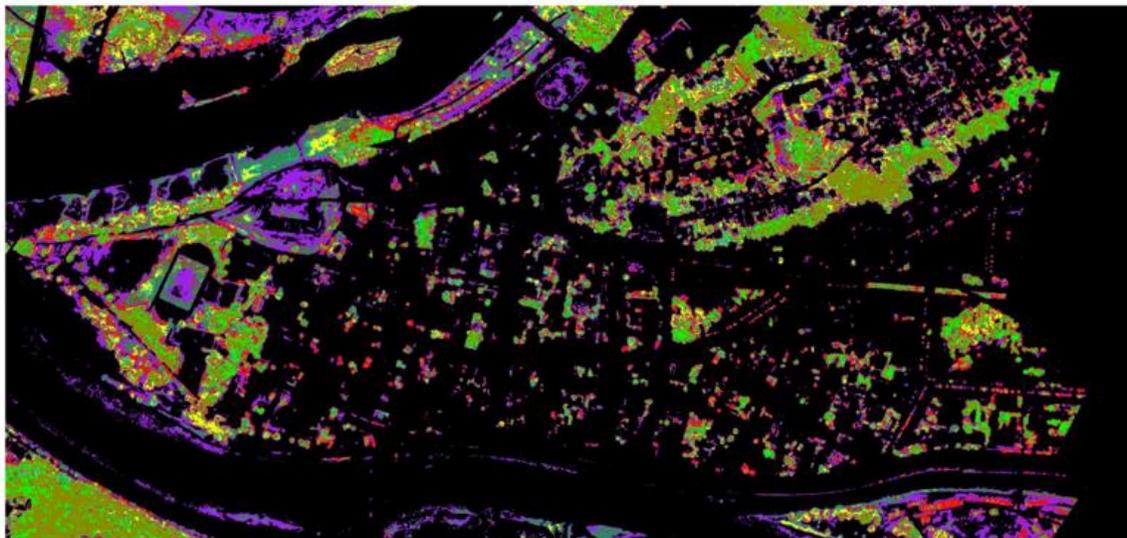
Classification SAM –bibliothèque image- (détection par espèce)

64 bandes



- Unclassified
- Marronnier d'inde
- Hêtre commun
- Tilleul
- Erable
- Sorbier des oiseleurs
- chêne
- Epicéa commun
- Genévrier rampant
- Pin sylvestre
- Thuya
- Gazon/végétation rase

16 bandes



Espèce	SAM (16 bandes)	SAM (64 bandes)
H. Chestnut (châtaigne)	6.6	8.7
E. Beech (hêtre commun)	7.9	33.1
Linden (tilleul)	10.5	11.6
Maple (érable)	12.0	11.0
M.Ash (sorbier)	30.0	15.7
Oak (chêne)	11.5	10.2
N. Spruce (sapin)	15.0	16.6
Juniperus horizontalis	0.3	0.0
S. Pine (pin)	27.7	30.1
Arborvitae (thuya)	50.0	0.7
Grass (gazon)	59.4	36.0
O.A. (%)	16.2	21.1

Classification SAM - (détection par espèce et par groupe d'espèces)

Veg. species	Classif. accuracy (16 bands image)						Classif. accuracy (64 bands image)						
	Classifier Training	Image acquired			Library			Image acquired spectra			Library		
		spectra			spectra			spectra			spectra		
Samples	10	50	100	10	50	100	10	50	100	10	50	100	
H. Chestnut (châtaigne)	0.0	4.5	6.6	20.7	7.6	5.2	2.3	8.3	8.7	20.0	3.2	1.1	
E. Beech (hêtre commun)	21.0	7.9	7.9	1.6	6.0	6.7	20.2	38.7	33.1	0.2	4.0	5.2	
Linden (tilleul)	6.2	13.5	10.5	0.0	0.0	0.0	3.7	2.4	11.6	0.0	0.0	0.0	
Maple (érable)	29.3	14.5	12.0	0.1	0.0	0.0	13.3	12.9	11.0	0.0	0.0	0.0	
M.Ash (sorbier)	13.8	15.9	30.0	0.0	74.8	73.5	15.2	21.0	15.7	0.0	26.2	20.7	
Oak (chêne)	0.0	0.0	11.5	9.7	18.7	22.3	8.8	11.7	10.2	1.6	1.7	3.97	
N. Spruce (sapin)	6.8	30.6	15.0	1.5	3.7	6.6	5.8	11.6	16.6	0.4	1.2	2.7	
Juniperus horizontalis	0.0	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
S. Pine (pin)	28.5	35.4	27.7	0.0	0.0	0.0	63.8	51.5	30.1	0.0	0.0	0.0	
Arborvitae (Thuya)	15.5	29.3	50.0	0.0	0.0	7.7	0.7	0.5	0.7	0.0	0.0	0.0	
Grass (gazon)	34.8	53.5	59.4	0.0	0.0	0.5	34.1	31.3	36.0	0.0	0.0	0.0	
O.A. (%)	20.9	16.9	16.2	2.9	3.9	3.6	19.7	19.1	21.1	1.5	1.1	0.9	
Kappa × 10⁻³	70	50	74	-50	-4	0.1	50	100	110	-3	-0.6	-0.1	
Feuillues	66.0	55.8	53.9	58.5	78.3	75.1	50.3	63.2	66.6	41.5	36.2	28.6	
Conifères	23.8	41.2	46.5	0.8	3.3	4.0	37.5	35.0	28.5	0.3	1.0	1.4	
gazon	34.8	53.5	59.4	0.0	0.0	0.5	34.1	31.3	36.3	0.0	0.0	0.0	
O.A. (%)	61.7	55.0	54.2	51.2	68.7	65.9	43.5	49.8	53.1	23.7	20.7	15.9	
Kappa × 10⁻³	90	144	140	-80	-50	-60	150	190	180	-180	-7	-70	

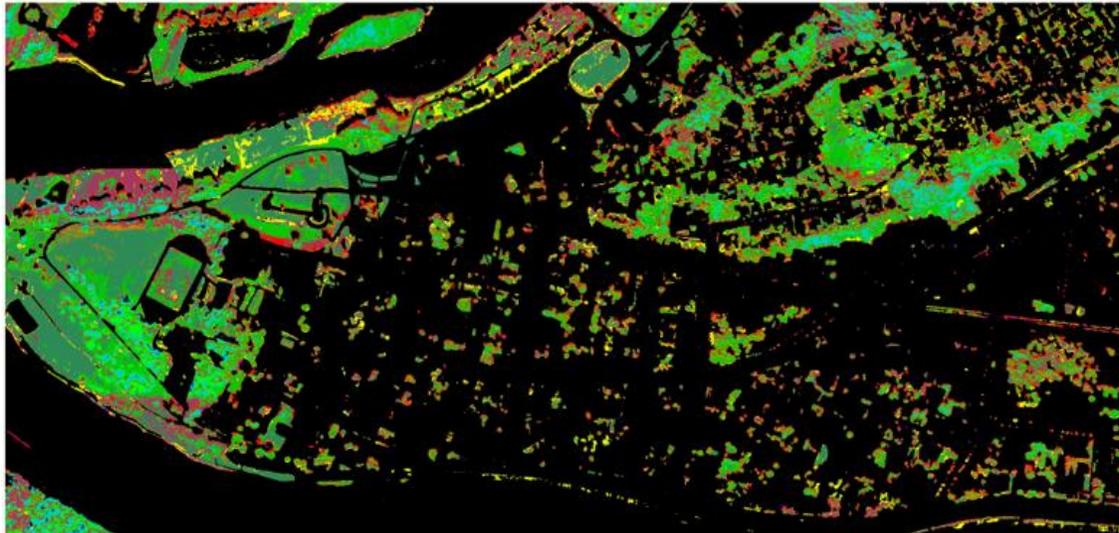
Détection par espèce

Détection par groupement d'espèces

- Taux de reconnaissance **par espèce «faible»** (précision globale autour de 21% au mieux)
- Taux de reconnaissance **par groupement d'espèces «correct»** (précision globale autour de 68% au mieux)
- Reconnaissance par **librairie image plus performante** que reconnaissance par librairie spectrale

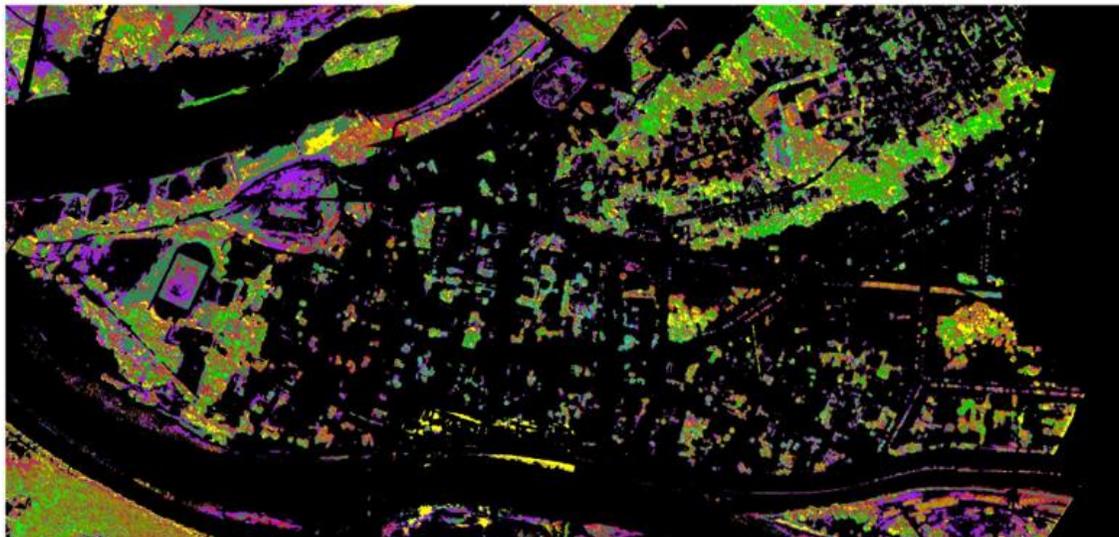
Classification SVM –librairie image- (détection par espèce)

64 bandes



- Unclassified
- Marronnier d'inde
- Hêtre commun
- Tilleul
- Erable
- Sorbier des oiseleurs
- chêne
- Epicéa commun
- Genévrier rampant
- Pin sylvestre
- Thuya
- Gazon/végétation rase

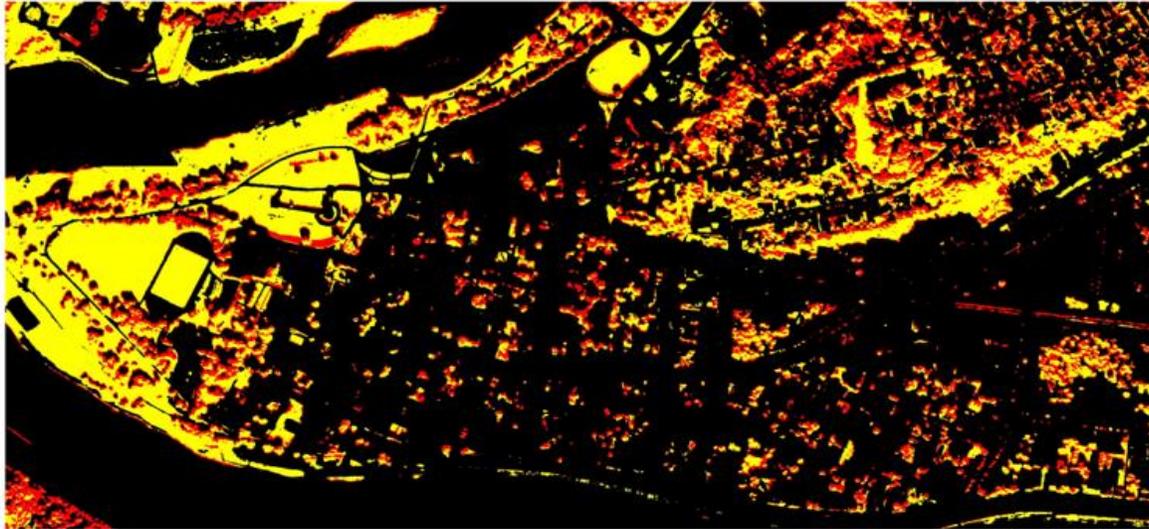
16 bandes



Espèce	SVM (16 bandes)	SVM (64 bandes)
H. Chestnut (châtaigne)	19.4	10.0
E. Beech (hêtre commun)	67.4	45.7
Linden (tilleul)	9.2	9.7
Maple (érable)	33.0	32.9
M.Ash (sorbier)	23.7	19.3
Oak (chêne)	36.9	24.5
N. Spruce (sapin)	26.4	19.7
Juniperus horizontalis	3.5	0.0
S. Pine (pin)	48.0	41.8
Arborvitae (thuya)	44.3	2.6
Grass (gazon)	62.7	86.5
O.A. (%)	28.7	46.6

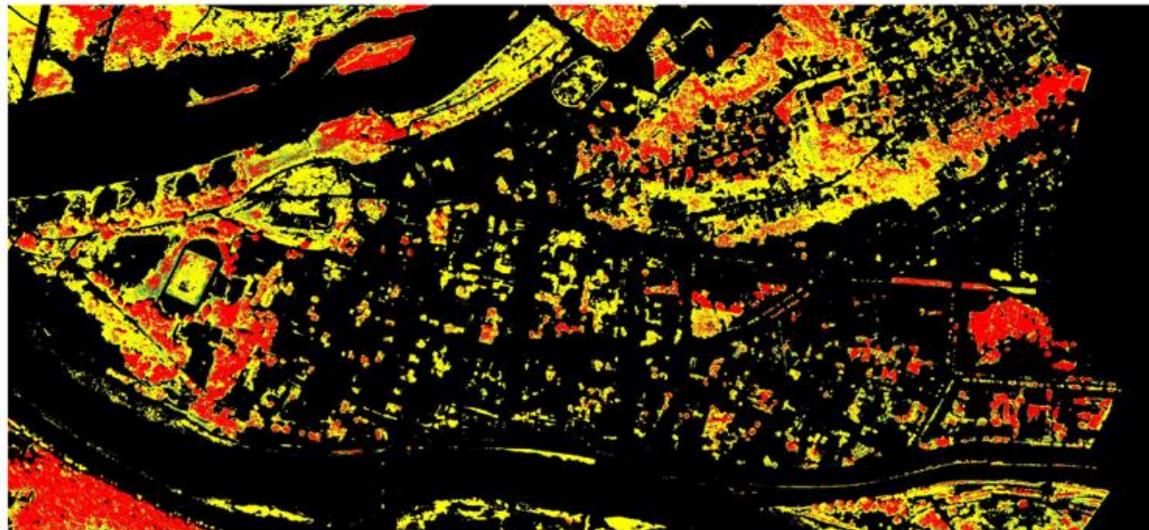
Classification SVM –librairie spectrale- (détection par groupes d'espèces)

64 bandes



■ Feuillues
■ Conifères
■ Végétation rase

16 bandes



Espèce\Classifieur	SVM (16 bandes)	SVM (64 bandes)
Feuillues	82.3	42.9
Conifères	28.8	39.4
Végétation rase/gazon (type 1+2)	14.2	0.0
O.A. (%)	35.8	27.0

Classification SVM - (détection par espèce et par groupe d'espèces)

Veg. species	Classif. accuracy (16 bands image)						Classif. accuracy (64 bands image)						
	Classifier Training	Image acquired spectra			Library spectra			Image acquired spectra			Library spectra		
		Samples	10	50	100	10	50	100	10	50	100	10	50
Détection par espèce	H. Chestnut (châtaigne)	16.9	20.6	19.4	2.2	4.3	0.0	8.6	10.5	10.0	0.0	0.0	0.0
	E. Beech (hêtre commun)	13.4	64.8	67.4	6.0	2.2	1.2	33.2	44.6	45.7	0.0	1.7	1.0
	Linden (tilleul)	8.8	12.3	9.2	0.1	0.0	0.0	13.0	9.9	9.7	0.0	0.0	0.0
	Maple (érable)	27.7	20.4	33.0	0.0	0.1	0.0	19.3	29.3	32.9	0.0	31.6	0.0
	M.Ash (sorbier)	21.6	25.8	23.7	32.0	28.1	11.3	23.7	18.1	19.3	2.5	1.1	22.2
	Oak (chêne)	35.0	25.6	36.9	11.5	14.6	19.0	27.3	24.3	24.5	13.6	7.8	28.4
	N. Spruce (sapin)	21.5	25.6	26.4	1.1	17.0	18.0	11.9	19.0	19.7	47.0	23.4	0.0
	Juniperus horizontalis	2.0	2.9	3.5	8.3	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	S. Pine (pin)	44.3	46.9	48.0	0.5	0.4	11.7	34.6	55.9	41.8	0.0	0.0	53.7
	Arborvitae (Thuja)	48.7	50.4	44.3	0.0	0.0	0.0	2.1	2.1	2.6	0.0	0.1	0.0
	Grass (gazon)	78.6	55.1	62.7	0.3	1.1	14.3	77.2	88.0	86.5	0.0	0.0	0.0
O.A. (%)	26.5	23.0	28.7	1.7	2.1	2.5	39.1	46.4	46.6	1.3	10.1	2.4	
Kappa × 10⁻³	15.5	13.6	16.8	0.07	-0.2	0.9	26.5	34.5	34.6	-0.2	-2.3	0.8	
Détection par groupement d'espèces	Feuillues	57.3	59.9	93.1	49.0	46.7	82.3	71.2	69.1	70.1	15.6	36.0	42.9
	Conifères	58.6	60.9	15.1	63.9	58.1	28.8	24.3	37.4	33.5	59.8	46.0	39.4
	gazon	78.6	55.1	67.2	0.3	1.1	14.2	77.2	88.0	86.5	0.0	0.0	0.0
	O.A. (%)	59.0	59.6	62.1	46.3	44.1	35.8	70.6	74.0	73.7	12.7	23.5	27.0
	Kappa × 10⁻²	20	20	20	0.6	1	-2	40	50	50	-20	-10	-10

- Taux de reconnaissance **par espèce** «faible» à «correct» (précision globale autours de 46% au mieux)
- Taux de reconnaissance **par groupement d'espèces** «correct» (précision globale autours de 74% au mieux)
- Reconnaissance par **librairie image plus performante** que reconnaissance par librairie spectrale

Résultats (récapitulatif)

- **Cartographie végétale par librairie spectrale**

1-Détection individuelle

Taux de reconnaissance « faible » d'un point de vue statistique (SVM, O.A. jusqu'à 10,1%), la validation terrain a contrario est **correcte d'un point de vue expert** (excellente détectabilité des arbres, des groupes d'arbres ou isolés, certaines espèces sont parfaitement identifiées).

2-Détection par groupement d'espèces

Taux de **reconnaissance amélioré** par rapport à la détection individuelle, résultats « corrects » dans l'ensemble (SAM, O.A. jusqu'à 68,7%), (SVM, O.A. jusqu'à 46,3%), **SVM plus robuste** avec un taux de détection satisfaisant pour les feuillues et les conifères, contrairement au SAM qui s'est montré efficace seulement pour les feuillues, la détection de la végétation rase est faible pour les 2 classifieurs.

- **Cartographie végétale par librairie image (ROI et données de terrain)**

Détection individuelle

Taux de **reconnaissance « correct »**, résultats encourageants (SAM, O.A. jusqu'à 21,1%), (SVM, O.A. jusqu'à 46,6%).

Détection par groupement d'espèces

Taux de **reconnaissance amélioré** par rapport à la détection individuelle, résultats « corrects » à « bons » dans l'ensemble (SAM, O.A. jusqu'à 61,7%), (SVM, O.A. jusqu'à 74%).

Conclusions

- Détection individuelle des espèces végétales par **librairie spectrale est moins performante** qu'une détection par librairie image.
- Cartographie des espèces végétales par groupement d'espèces (végétation rase, feuillus et conifères) offre une performance « correcte » voir équivalente à celle obtenue par librairie image (ex. SAM).
- Classifieurs de type **SVM ou RF plus performants** que SAM pour le cas « **librairie image** », la performance en utilisant une « **librairie spectrale** » étant +/- équivalente.
- Dans l'ensemble, le taux de reconnaissance par individu est meilleur en ayant une caractérisation spectrale plus importante, cette **augmentation du nombre de bandes n'a pas permis d'améliorer le taux de reconnaissance** pour la détection par **groupe d'espèces**.
- La **librairie spectrale** présente une solution pratique pour la **cartographie de la végétation urbaine à grande échelle** (groupement d'espèces), en revanche la cartographie par espèce est délicate (problème d'échelle de mesure spectrale, laboratoire/terrain/image).
- Quelques améliorations prévues: rectification et enrichissement de la vérité de terrain avec des experts en botanique
→ améliorer la cartographie par espèce ?

Merci de votre attention



ANR HYEP-14-C22-0016-01