Les modèles de connaissance dans le traitement des images satellitaires

Sébastien GADAL, Walid OUERGHEMMI
sebastien.gadal@univ-amu.fr
https://cv.archives-ouvertes.fr/sebastien-gadal

Intelligence artificielle en télédétection spatiale et aéroportée (1)

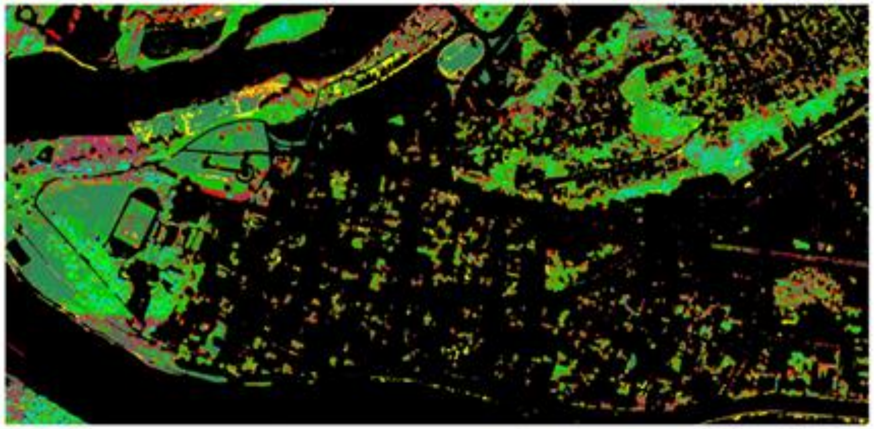
Traitement, modélisation et modèles de connaissances

Deux aspects interdépendants :

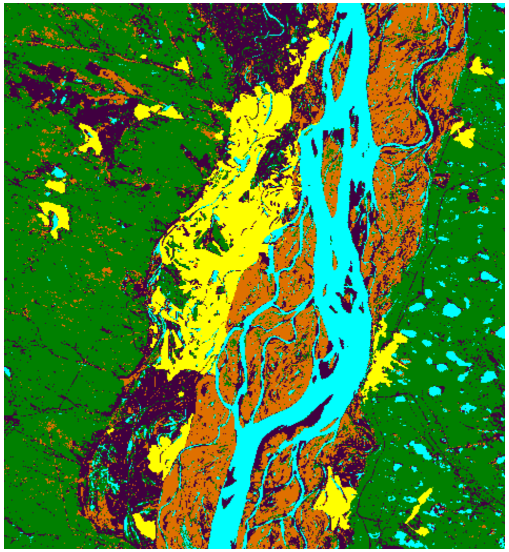
- **Méthodes de traitement d'image et de modélisation spatiale**

Traitement d'image (Random Forest, SVM, Réseaux de neurones, etc.)

Modélisation et simulation (SMA, Chaînes de Markov, Automatiques cellulaires, etc.)



Cartographie de végétation urbaine de Kaunas par machine-learning
S. Gadal, W.Ouerghemmi, 2018



Simulation de l'expansion urbaine par chaînes de Markov
S. Gadal, 2014

Intelligence artificielle en télédétection spatiale et aéroportée (2)

- **Modèles de connaissances géographiques et ontologies spatiales**

1- Connaissance géographique des milieux et environnements

***Connaissance experte** (missions de terrain, perception/représentation)

***Bases de données existantes** (cartes, BD géographiques, BD statistiques)

***SIG/SGBD** (Structuration et adaptation des données, informations et connaissances)

2- Ontologies spatiales (Définition, caractérisation et description des objets géographiques)

***Formes** (morphologies, structures, textures, métriques, topologies)

***Caractérisation biophysique** (signatures spectrales, bases de données spectrales)

***Sémantiques** (géolinguistique : identification, description de paysages, des usages, connaissance territoriales vécus, perçus, conceptualisées)

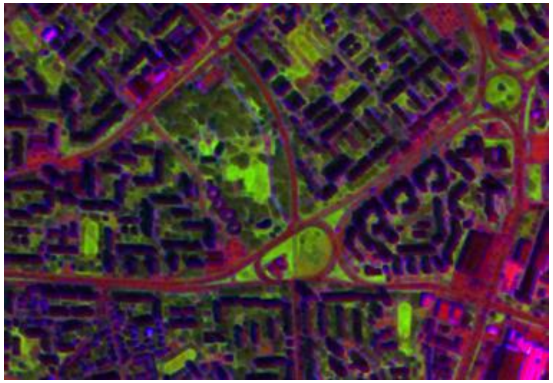
Contexte général et problématiques en télédétection

- **Multiplication des systèmes d'observation de la Terre et de bases de données géographiques et géo-spatialisées**

* **Fusion et traitements multi-sources**, multi-capteurs, enrichissement mutuel, etc.

* **Explosion des mesures, données, informations, et de leur taille** (jusqu'à quelques milliers de bandes spectrales), haute répétitivité temporelle des prises de vues images (chaque 15 minutes, continue, etc.)

* **Implémentation de connaissances environnementales**, territoriales, sociales, climatique, économiques, etc.



- **Problématiques en traitement de données de télédétection**

* **Stockage et traitement de données massives et hétérogènes**

*** Méthodologie de traitements et besoins en puissance de calcul :** réseaux de neurones convolutifs, *machine learning*, *deep learning*, etc.

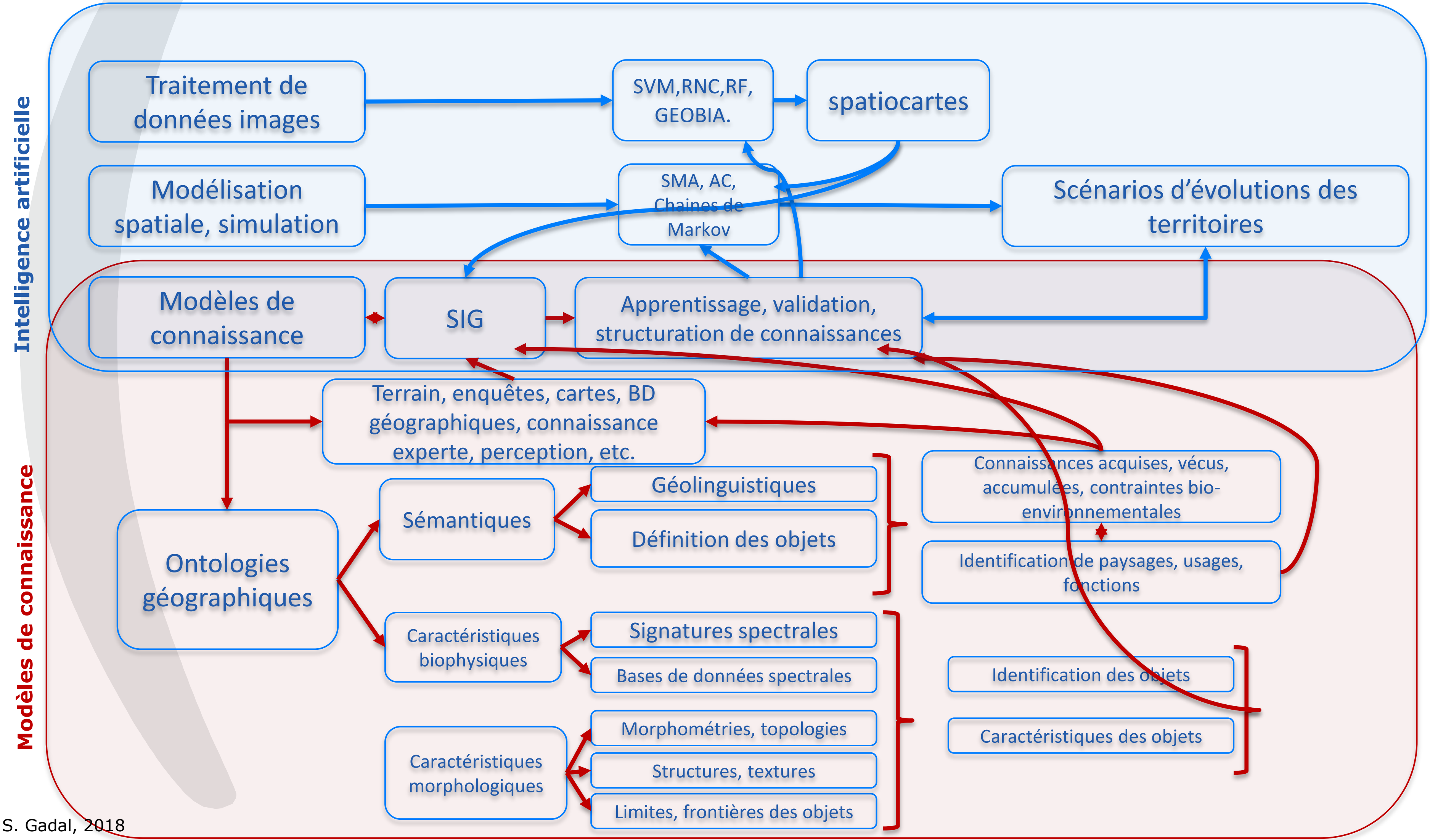
*** Complexification des méthodes de traitement et d'analyse**

Méthodes d'apprentissage et de validation à partir de banques de données hétérogènes :librairies spectrales, bases de données morphologiques, bases de données géographiques, démographiques, économiques,environnementales, etc.

Intégration de méthodologies d'intelligence artificielle, construction de connaissances, intégration d'ontologies géographiques et spatiales.

S. Gadal, HDR vol. 2. 2011

Intelligence artificielle, Modèles de connaissances et traitement des données de télédétection

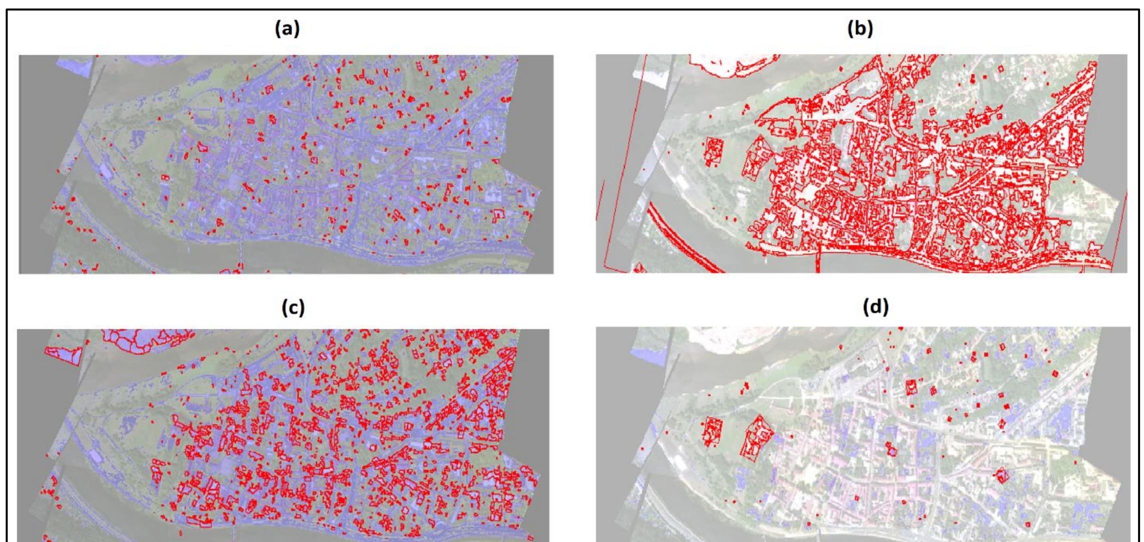


S. Gadal, 2018

Exemples de segments (blocs) (modèles de connaissance)

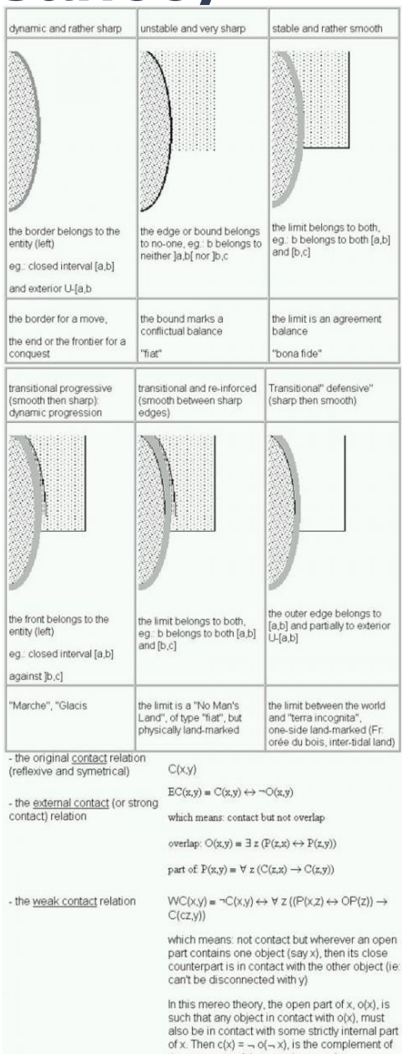
	A	B	C	D	E	F	G	H
1	INDEX	AREA	BOUNDING_	BR_TO_PERI	CENTROID.X	CENTROID.Y	CIRCULARITY	COMPACTNE
2	1	4.00	1.00	1.00	3588.00	13.00	1.00	1.00
3	2	1.00	1.00	1.00	3547.50	41.50	1.00	1.00
4	3	11.00	0.44	1.00	3536.77	47.14	0.61	0.44
5	4	5.00	0.42	1.00	3595.30	49.10	0.71	0.41
6	5	2.00	1.00	1.00	3565.50	49.00	1.00	0.89
7	6	5.00	0.63	1.00	3525.10	52.90	0.75	0.56
8	7	10.00	0.56	1.11	3590.90	55.20	0.55	0.40
9	8	12.00	0.48	1.00	3539.33	57.25	0.72	0.48
10	9	3.00	1.00	1.00	3557.50	56.50	0.90	0.75
11	10	3.00	0.75	1.00	3577.83	56.83	1.00	0.75
12	11	5.00	0.83	1.00	3575.30	59.90	1.00	0.80
13	12	2.00	1.00	1.00	3572.00	60.50	1.00	0.89
14	13	1.00	1.00	1.00	3583.50	61.50	1.00	1.00
15	14	28.00	0.58	1.31	3599.14	63.11	0.35	0.25
16	15	2.00	1.00	1.00	3510.00	62.50	1.00	0.89
17	16	4.00	1.00	1.00	3521.00	64.00	1.00	1.00
18	17	22.00	0.69	1.08	3518.23	69.05	0.64	0.52
19	18	3.00	0.75	1.00	3594.17	69.17	1.00	0.75
20	19	7.00	0.58	1.00	3507.79	70.21	0.80	0.57
21	20	4.00	0.44	1.00	3600.25	70.50	0.78	0.44
22	21	1.00	1.00	1.00	3603.50	73.50	1.00	1.00
23	22	11.00	0.39	1.00	3559.41	75.86	0.51	0.36
24	23	1.00	1.00	1.00	3448.50	79.50	1.00	1.00
25	24	1.00	1.00	1.00	3383.50	81.50	1.00	1.00

S. Gadal, 2011, Kompast-2, Kaunas, Lituanie

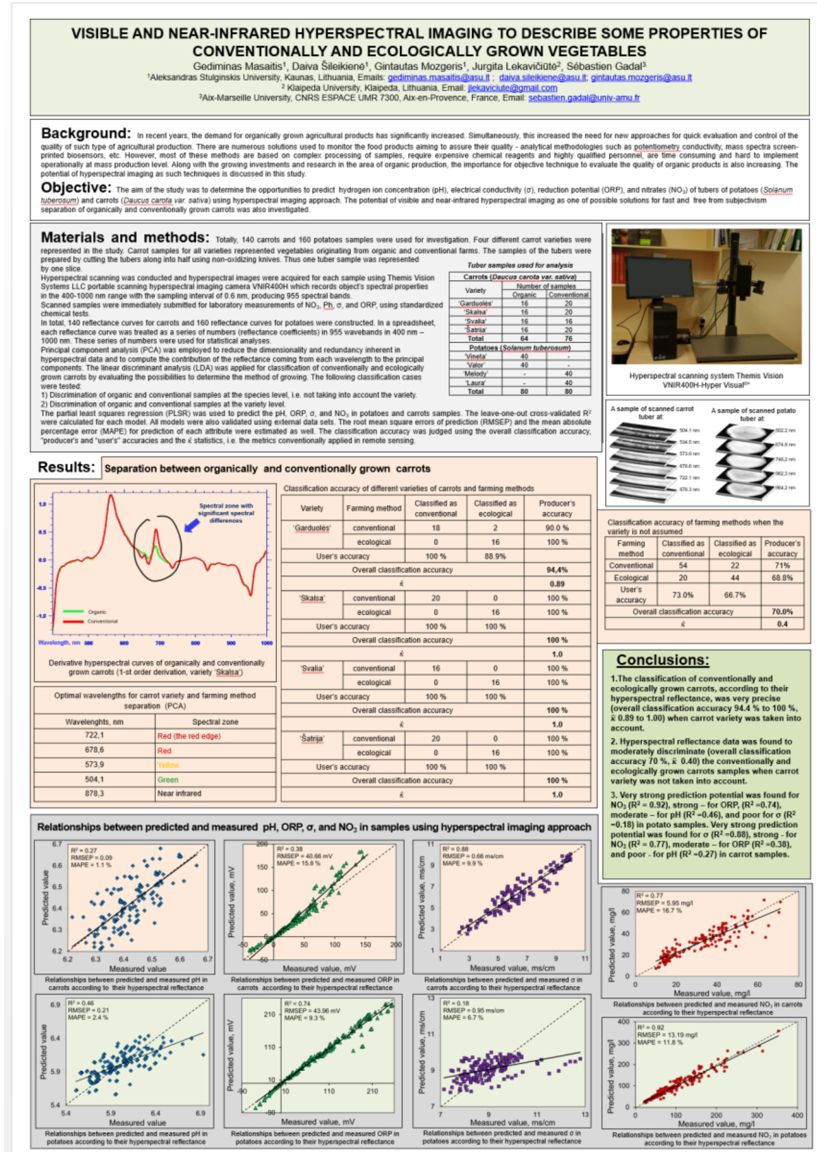


détection de différentes structures urbaines sur la ville de Kaunas, en utilisant différents attributs morphologiques, CNRS ESPACE UMR7300, S. Gadal, M. Khelfa (2017).

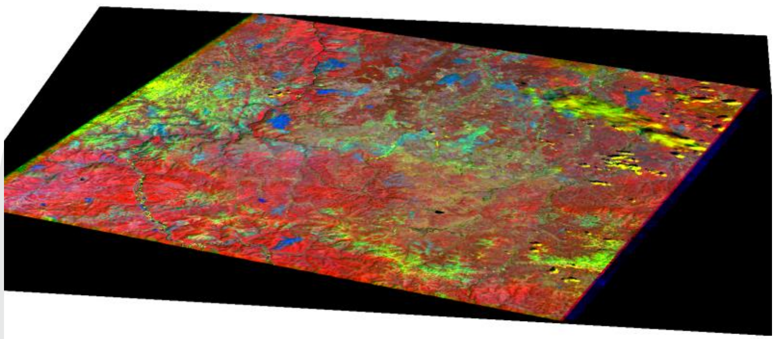
Exemples de segments (blocs) (modèles de connaissance)



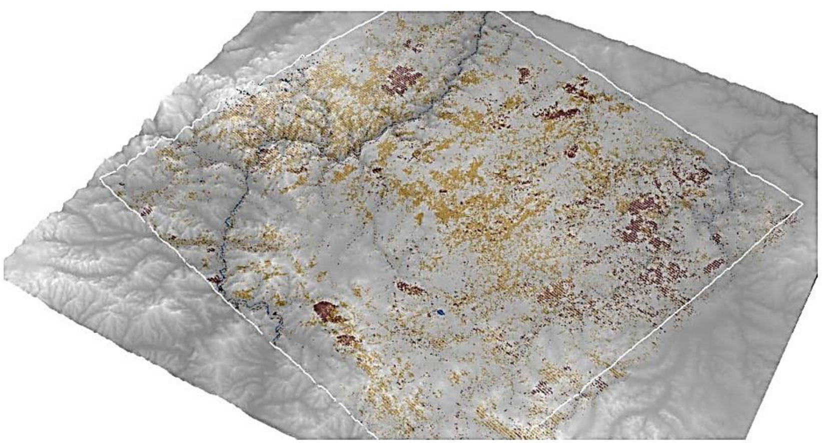
S. Gadal, R. Jeansoulin, 2000



Exemples de segments (blocs) (modèles de connaissance)



Occupations des terres nues (marron) et terres végétalisées (orange) le 03.07.09



Dates	05.07.04	16.07.08	03.07.09	Evolution1	Evolution2
Surface des terres nues (ha)	39 923,64	112 990,06	177 843,04	+73 066,42	+64 852,98
Surface des terres végétalisées (ha)	1 079 236.08	328 730,4	556 733,07	-750 505.68	+228 002,67
Total des terres	1 119 159.72	441 720.46	734 576,11	-677 439,26	+292 855,65

1. **Géographie physique**

   1.1. Sommets : avant un passage de col, il est long ou pas, passage entre deux vallées. Couverture végétale qui est dessus. On peut ou non le passer.

   1.2. Plateaux : passage pour passer d'une vallée à une autre, idem. La forme n'est pas importante, c'est le passage ou non.

   1.3. Descentes : Angle raisonnable, pas trop aigue pour une descente confortable. Angle réduit, on peut voir le gibier à viande et les prédateurs.

   1.4. Altitude : si cela est haut ou pas pour passer d'une vallée à une autre. Problème pour descendre. Monter c'est encore OK. Limites d'altitudes : Hautes montagnes (angles abruptes). Les animaux ne peuvent pas passer.

2. **Biogéographie**

   2.1. Couvert forestier

   2.1.1. Zones de pinèdes (pins) : terres sèches et planes, commode pour les déplacements. Ce n'est pas occupé par les ruisseaux qui peuvent gêner les déplacements. Les chiens se déplacent facilement car il n'y a pas de buissons et chasser les zibelines.

   2.1.2. Zones de sapins : partie avec les aiguilles épaisses et il fait froid (important l'été). L'été les bêtes féroces se réfugient comme les gibiers à sang noir. Pas de chasse. Difficile pour se déplacer. On entend bien le gibier.

   2.1.3. Mélèze : espace pour les chasseurs, pas de buissons, on peut trouver des baies, de temps en temps des pines de pins (hommes les récoltent). Du bon bois (chauffage). On peut organiser des feux de fumé pour les rennes l'été. Bois de base pour les constructions (tentes).

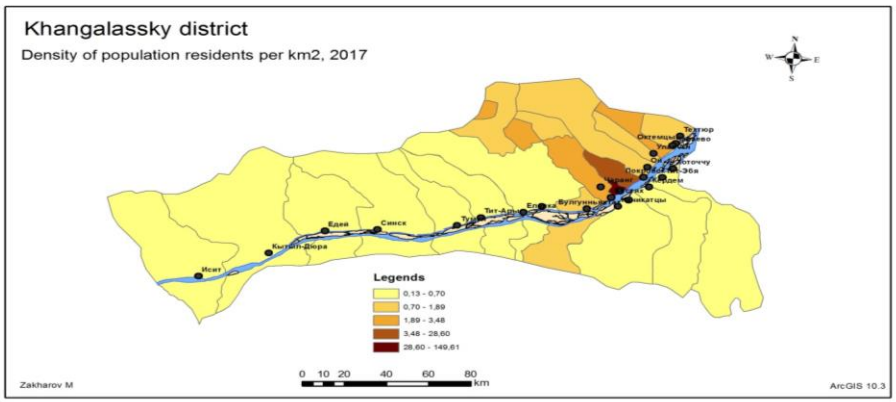
   2.1.4. Punius Pumila : Pignon de pins (pour manger) et des animaux (ours et zibelines), beaucoup d'ours. Hiver zibelines et tétra (coq de bruyère).

   2.1.5. Salix xxx : construction, bois souple qu'il faut chauffer, se trouve le long des rivières.

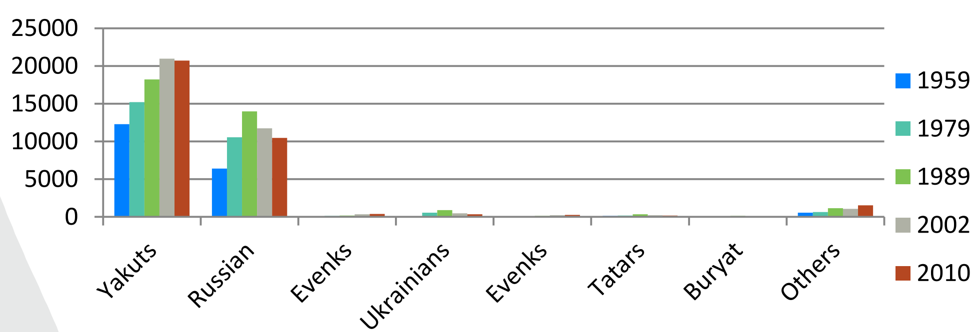
S. Gadal, 2011, ANR BRISK

Exemples de segments (blocs) (modèles de connaissance)

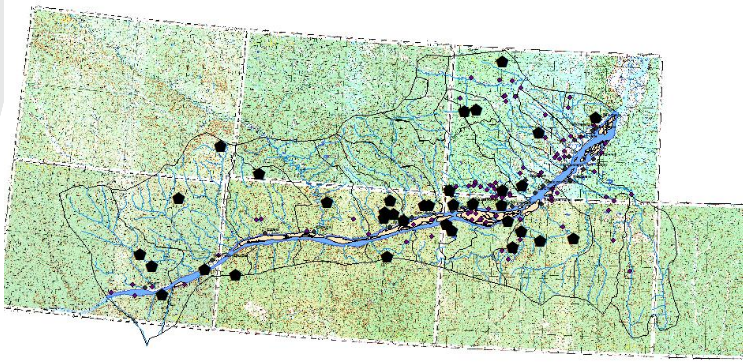
Ethnic composition of the population

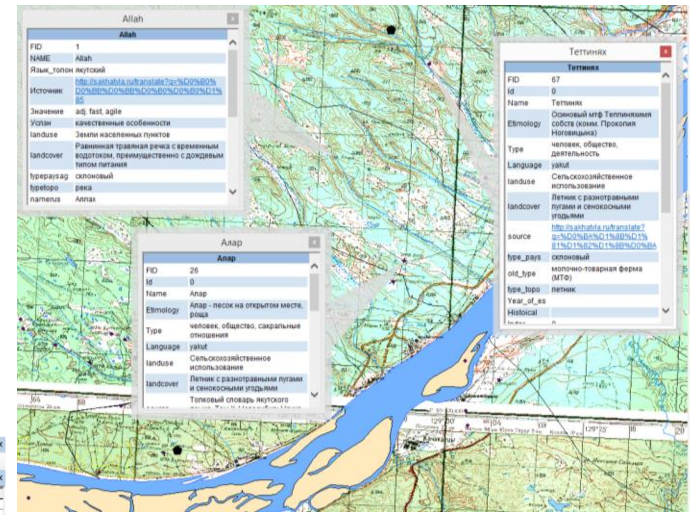


The national composition of the Khangalassky district for population censuses from 1959-2010 (Sourse: The Federal Statistics Service)



Exemples de segments (blocs) (modèles de connaissance)



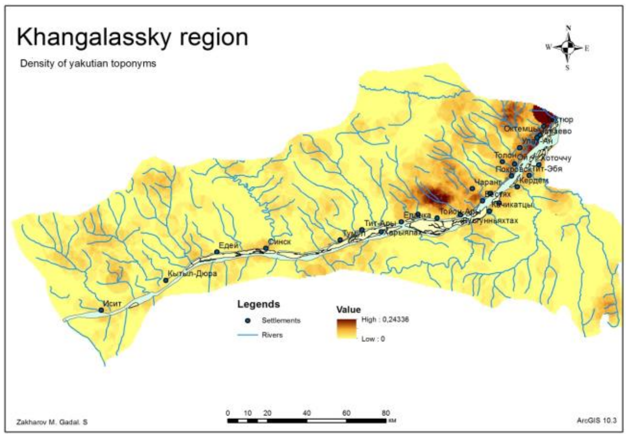


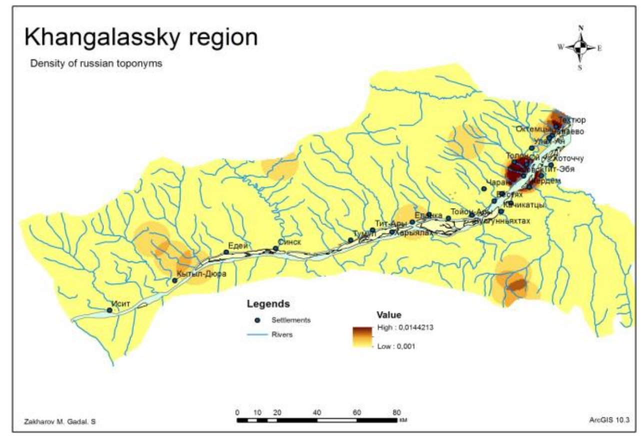
d	Name	language	etimology	Sourses	char_topo	landcover	landuse
0	Улу-Кюель	якутский	от якутского слова "улуу" - выдающийся, великий; "кюель" - озеро	большой толковый словарь якутского языка	качественные особенности	термокарстовое озеро с плоским берегом, с произрастанием трав и березы	Земли лесного хозяйства
0	Киенг-Толон	якутский	от якутского слова "киэн" - обширный, просторный, широкий; "толоон" - равнинная доп	большой толковый словарь якутского языка	качественные особенности	Речное озеро, образовавшееся на месте речного водотока спроизрастанием	Сельскохозяйственное использование
0	Керекей	якутский	от якутского слова "кэрэкий" - чудный, прекрасный	Большой толковый словарь якутского языка. Том X. Новоси	качественные особенности	термокарстовое озеро с плоским берегом, с произрастанием трав и березы	Земли лесного хозяйства
0	Тёрёбыт-Кюеле	якутский	с якутского Тереебут - от глагола "терее" - появляться, возникать, рождаться (о чем-л	http://sakhatyla.ru/translate?q=%D0%B8%D1%87%D1%87%D0	человек и общество	термокарстовое озеро с плоским берегом, с произрастанием трав и березы	Земли лесного хозяйства
0	Ичим	якутский	возможно с якутского иччи - дух, хозяин, - м притяжательная флексия 1 лица, дослов	http://sakhatyla.ru/translate?q=%D1%85%D0%B0%D1%87%D1	сакральное отношение	термокарстовое озеро с плоским берегом, с произрастанием трав и березы	Земли лесного хозяйства
0	Курун-Харчах	якутский	якутское слово Курунг - выжженный лес; засохший, высохший (лес). Харчах от хачча5	В.В. Леонтьев - "Топонимический словарь Северо-Востока	качественные особенности, особенности рельефа	термокарстовое озеро с плоским берегом, с произрастанием трав и березы	Земли лесного хозяйства
0	Ойбон-Кюель	якутский	якутское словосочетание Ойбон - прорубь; кюель - озеро	большой толковый словарь якутского языка	сельское хозяйство, деятельность	термокарстовое озеро с плоским берегом, с произрастанием трав и березы	Земли лесного хозяйства
0	Кумахтах	якутский	от якутского слова "кумах" - песок, песчаный, песчаник.	http://sakhatyla.ru/translate?q=%D1%85%D0%B0%D0%BD%D1	особенности рельефа, почвы	Речное озеро, образовавшееся на месте речного водотока спроизрастанием	Земли лесного хозяйства
0	Хантарган	якутский	от якутского хантарба I) повод, ремень, проведённый от мундштука к седлу (чтобы по	большой толковый словарь якутского языка	человек и общество. Деятельность, сельское хоз	термокарстовое озеро с плоским берегом, с произрастанием трав и березы	Земли лесного хозяйства
0	Хонор-Кюель	якутский	от якутского слова Хон,ор - 1) соловый (о масти лошади); хо?ор биэ соловая кобыла; 2	большой толковый словарь якутского языка	человек и общество. Деятельность, сельское хоз	термокарстовое озеро с плоским берегом, с произрастанием трав и березы	Земли лесного хозяйства
0	Даркылах	якутский	от якутского слова "даркы" - нагромождение плавника, сваленные друг на друга дерев	большой толковый словарь якутского языка	человек и общество	термокарстовое озеро с плоским берегом, с произрастанием трав и березы	Земли лесного хозяйства
0	Атахтах	якутский	от якутского слова "атах" - водное пространство, вдавшееся в сушу, или суживающа		особенности рельефа, гидрологии	термокарстовое озеро с плоским берегом, с произрастанием трав и березы	Земли лесного хозяйства
0	Эбе	якутский	якутское Эбэ-"бабушка"(ласкательное, почтительное имя моря,реки,озера,играющих т	http://sakhatyla.ru/translate?q=%D1%82%D0%BE%D0%BB%D1	сакральное отношение	термокарстовое озеро с плоским берегом, с произрастанием трав и березы	Сельскохозяйственное использование
0	Улахан-Толукай	якутский	якутское прил. Улахан - большой, толукай - возможно от толук 1) возмещение, воспол		человек и общество	термокарстовое озеро с плоским берегом, с произрастанием трав и березы	Сельскохозяйственное использование
0	Тустах	якутский	от якутского туус - соль, -таах окончание-маркер атрибутивного наличия. Содержащи		особенности гидрологии, почвы качественные осо	термокарстовое озеро с плоским берегом, с произрастанием трав и березы	Сельскохозяйственное использование
0	Кыл-Атах	якутский	от якутского Эбэ-"бабушка"(ласкательное, почтительное имя моря,реки,озера,играющ	http://sakhatyla.ru/translate?q=%D1%82%D3%A9%D0%BB%D	особенности фауны, особенности рельефа, гидрол	Речное озеро, образовавшееся на месте речного водотока спроизрастанием	Сельскохозяйственное использование
0	Тёлёт	якутский	возможно с якутскогомнареч. в сочет. с гл. означает резкость, силу и завершённость	http://sakhatyla.ru/translate?q=%D0%B1%D0%BE%D0%B4%D0	особенности гидрологии, качественные особеннос	термокарстовое озеро с плоским берегом, с произрастанием трав и березы	Земли лесного хозяйства
0	Бодого	якутский	от якутского бодо - вид, облик		качественные особенности	Речное озеро, образовавшееся на месте речного водотока спроизрастанием	Земли лесного хозяйства
0	Начабыл-Кюельере	якутский	Начабыл имя собственное?К??ллэрэ - озера (мн. ч. Им.падеж)		человек и общество	термокарстовое озеро с плоским берегом, с произрастанием трав и березы	Сельскохозяйственное использование
0	Эльбех-Кюельлях	якутский	от якутского элбэх - много озер, к??ллээх- озерный, многозерный	большой толковый словарь якутского языка	особенности рельефа, гидрологии, качественные	термокарстовое озеро с плоским берегом, с произрастанием трав и березы	Земли лесного хозяйства
0	Борулах	якутский	якутское Боруу - травянистое растение, произрастающее в водоемах (болота, топи),		особенности растительности	Карстовое озеро с произрастанием трав и березы	Земли лесного хозяйства
0	Былджана	якутский	якутское Былдьаа - отнимать у кого-л что-либо силой; затоплять, заливать; уничтожа		особенности рельефа, гидрологии	термокарстовое озеро с плоским берегом, с произрастанием трав и березы	Земли лесного хозяйства
0	Нуочаха	эвенкийский	очоха - от эвенского детский комбинезон		человек и общество	термокарстовое озеро с плоским берегом, с произрастанием трав и березы	Земли лесного хозяйства
0	Улахан-Чымадай					термокарстовое озеро с плоским берегом, с произрастанием трав и березы	Сельскохозяйственное использование
0	Бес-Кюель	якутский	якутское «Бэс» — сосна, «Кюель» - озеро.		особенности растительности	термокарстовое озеро с плоским берегом, с произрастанием трав и березы	Земли лесного хозяйства
0	Бас-Кюель	якутский	от якутского бас - верх, голова, верхнее к??л - зеро		типология местонахождения, ориентация в прост	термокарстовое озеро с плоским берегом, с произрастанием трав и березы	Сельскохозяйственное использование
0	Белгемде	эвенкийский			человек и общество, особенности рельефа, гидро	термокарстовое озеро с плоским берегом, с произрастанием трав и березы	Земли лесного хозяйства
0	Эбе	якутский	якутское Эбэ-"бабушка"(ласкательное, почтительное имя моря,реки,озера,играющих т		сакральное отношение	термокарстовое озеро с плоским берегом, с произрастанием трав и березы	Земли лесного хозяйства
0	Кустах	якутский	от якутского слова кус - утка, утиный. Кустаах - озеро, где водятся утки		особенности фауны	термокарстовое озеро с плоским берегом, с произрастанием трав и березы	Земли лесного хозяйства
0	Муора	русский	рус. Море	Современный толковый словарь русского языка под редак	особенности гидрологии	Речное озеро, образовавшееся на месте речного водотока спроизрастанием	Сельскохозяйственное использование
0	Куогал	якутский			особенности рельефа, гидрологии, качественные	Старичное озеро, образовавшееся в период половодья с произрастанием и	Земли лесного хозяйства
0	Морда	русский	"рус. Морда- II ж. местн.	Современный толковый словарь русского языка под редак	человек и общество. Деятельность, сельское хоз	Речное озеро, образовавшееся на месте речного водотока спроизрастанием	Земли лесного хозяйства
0	Кюэмдэ	эвенкийский	ком (эвенк) седло	большой толковый словарь якутского языка	сакральное отношение	термокарстовое озеро с плоским берегом, с произрастанием трав и березы	Земли лесного хозяйства
0	Арылах	якутский	от якутского слова "арыы" - остров. С островом, островной	большой толковый словарь якутского языка	человек и общество , деятельность, сельское хоз	термокарстовое озеро с плоским берегом, с произрастанием трав и березы	Земли лесного хозяйства
0	Эбе	якутский	якутское Эбэ-"бабушка"(ласкательное, почтительное имя моря,реки,озера,играющих т	большой толковый словарь якутского языка	особенности растительности	термокарстовое озеро с плоским берегом, с произрастанием трав и березы	Земли лесного хозяйства
0	Багадал	якутский	(Kalmyk), "cute, small, few"; -dal – a verbal affix of writing Mongolian which means definition,	большой толковый словарь якутского языка	особенности фауны	Речное озеро, образовавшееся на месте речного водотока спроизрастанием	Земли лесного хозяйства
0	Харыялах	якутский	от якутского слова "харыйа" - ель. Местность, где растет ель, еловый.	большой толковый словарь якутского языка	качественные особенности	термокарстовое озеро с плоским берегом, с произрастанием трав и березы	Сельскохозяйственное использование
0	Табалах	якутский	от якутского слова "таба" - олень. Местность, где обитают олени.	Большой толковый словарь якутского языка. Том V. Новос	качественные особенности, особенности рельефа	термокарстовое озеро с плоским берегом, с произрастанием трав и березы	Сельскохозяйственное использование
0	Кюлоччех	якутский	от якутского слова "харыйа" - ель. Местность, где растет ель, еловый.		особенности фауны	термокарстовое озеро с плоским берегом, с произрастанием трав и березы	Земли лесного хозяйства
0	Курах	якутский	якут слово К???чч?р -сивый, пепельного цвета	«бээтэй – к??л.» [БС. Тэтэр. 22, С. 55]. (бу 1 Дь?пп?н нэ?., Х	человек и общество, по особенностям флоры, фа	термокарстовое озеро с плоским берегом, с произрастанием трав и березы	Сельскохозяйственное использование
0	Бятей	якутский	Озеро, на котором охотятся на турпанов	http://sakhatyla.ru/translate?q=%D2%AF%D1%82%D1%8D%D0	особенности гидрологии	Речное озеро, образовавшееся на месте речного водотока спроизрастанием	Земли лесного хозяйства
0	Утепир	якутский	с якутского ?тэлээ - снабжать провизией, запасами продуктов, место которое снабж		особенности растительности	термокарстовое озеро с плоским берегом, с произрастанием трав и березы	Земли лесного хозяйства
0	Орюс-Кюель	якутский	в якутском река озеро	http://sakhatyla.ru/translate?q=%D2%AF%D0%BD%D2%AF%D	особенности гидрологии, качественные особеннос	Старичное озеро, образовавшееся в период половодья с произрастанием и	Озеро на острове
0	Унюгестях	якутский	якутское ?н?гэс -побеги, - тээх флексия с атрибутивным с побегами	http://sakhatyla.ru/translate?q=%D1%82%D0%B0%D0%B0%D1	человек и общество. Деятельность, сельское хоз	термокарстовое озеро с плоским берегом, с произрастанием трав и березы	Земли лесного хозяйства
0	Тарба	якутский	от якутского глагола таарбай = связываться, завязываться,затягиваться, быть связа		особенности рельефа и гидрологии	термокарстовое озеро с плоским берегом, с произрастанием трав и березы	Земли лесного хозяйства

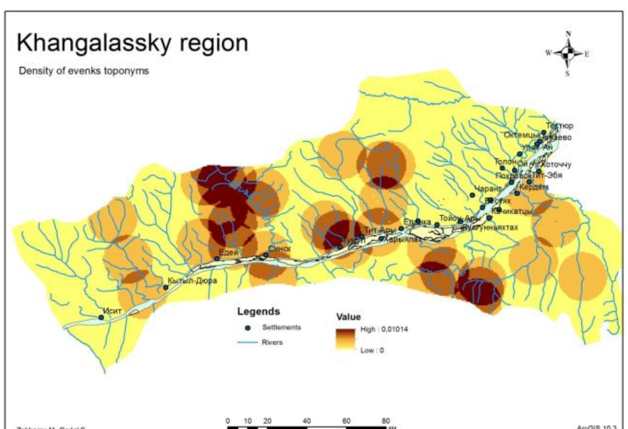
Toponymic features of the territory are inseparably linked with ethnoses and ethnographic groups that lived and live in the given territory.

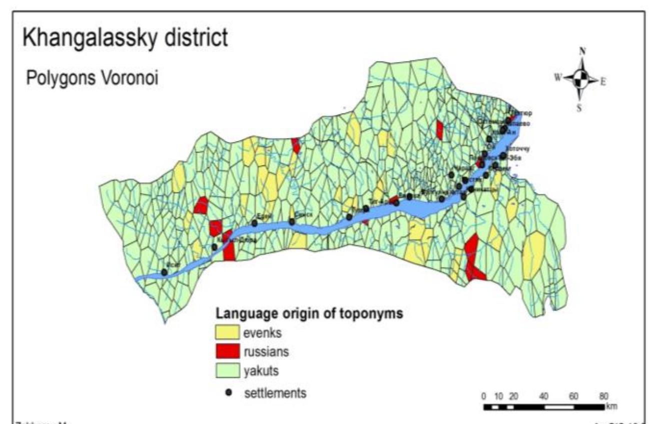
RSF Land Ontology: Semantics, Semiotics, and Geographic Modelling, 2015-2017

Exemples de segments (blocs) (modèles de connaissance)

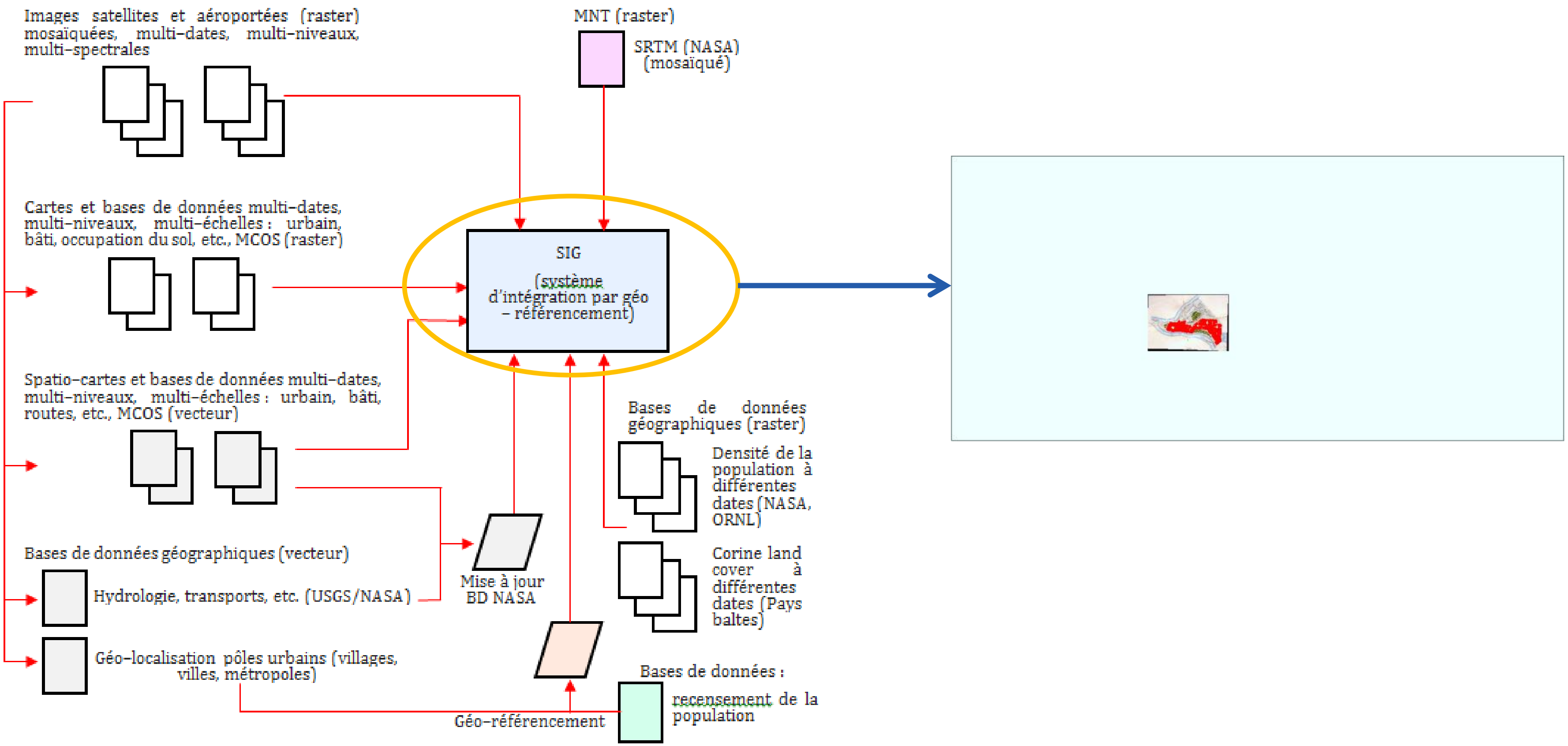






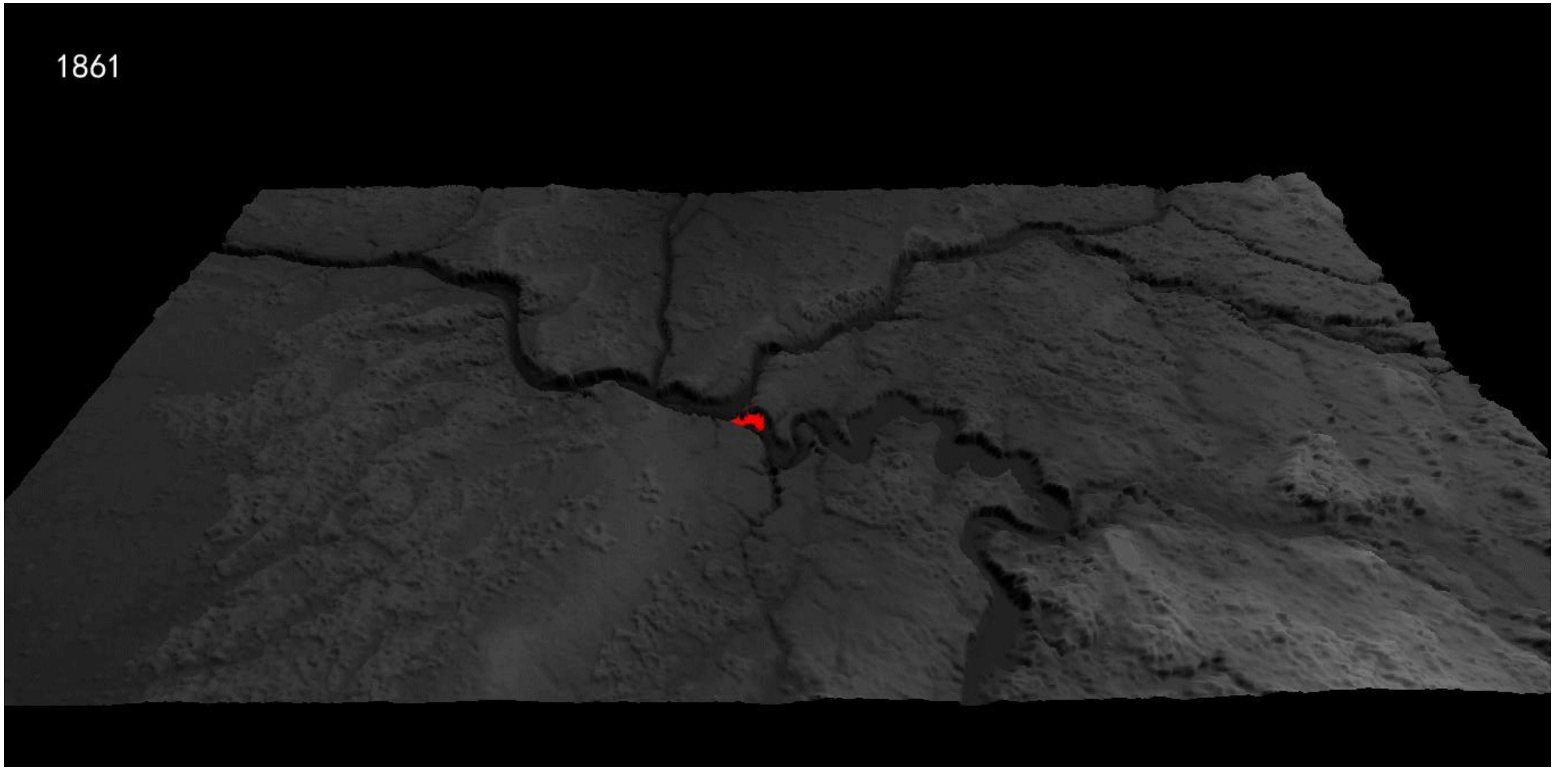


Modélisation (simulation) de la croissance urbaine (1)



S. Gadal, 2009, Kaunas, Lituanie

Modélisation (simulation) de la croissance urbaine (2)



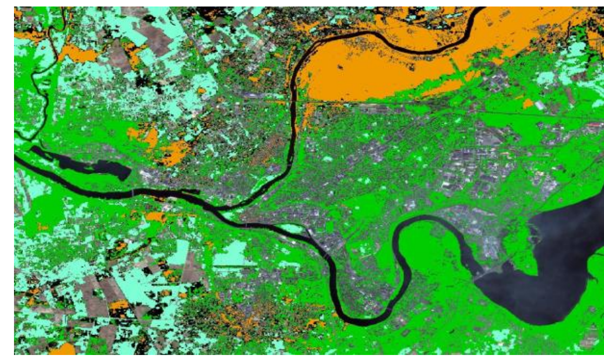
S. Gadal, 2009, Kaunas, Lituanie

Occupation du sol: végétation urbaine

Espèce végétale	S2A Printemps	S2A Été	S2A Automne	S2A Hiver	Landsat 8 OLI
Feuillus (%)	100	98,38	66,41	0	69,42
Conifères (%)	96,67	99,3	97,57	100	98,43
Pelouse (%)	94,74	90,53	94,74	0	100
OA(%)	**98,04**	97,53	89,1	96,32	93,32
Coeff de kappa	**0,97**	0,96	0,8	0	0,84

Classification saisonnière SVM par groupe d'espèces sur images Sentinel-2 et Landsat 8 OLI (Kaunas, Lituanie)

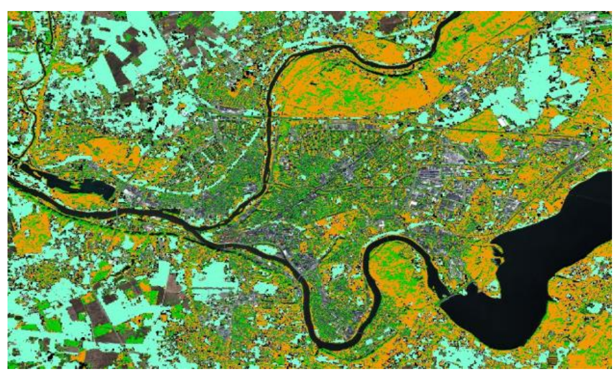
S2A : ClassificationSVM–Kaunas-12/05/2017–Printemps



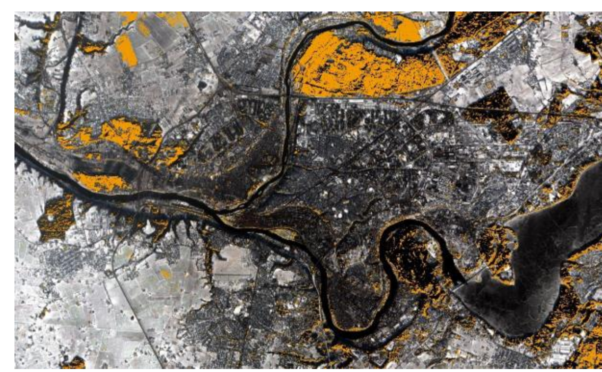
Conifères Feuillus Pelouse

S2A/L8 OLI : ClassificationSVM–Kaunas-28/08/2016– Eté

S2A : ClassificationSVM–Kaunas-17/10/2016–Automne



S2A : ClassificationSVM–Kaunas-25/01/2017–Hiver

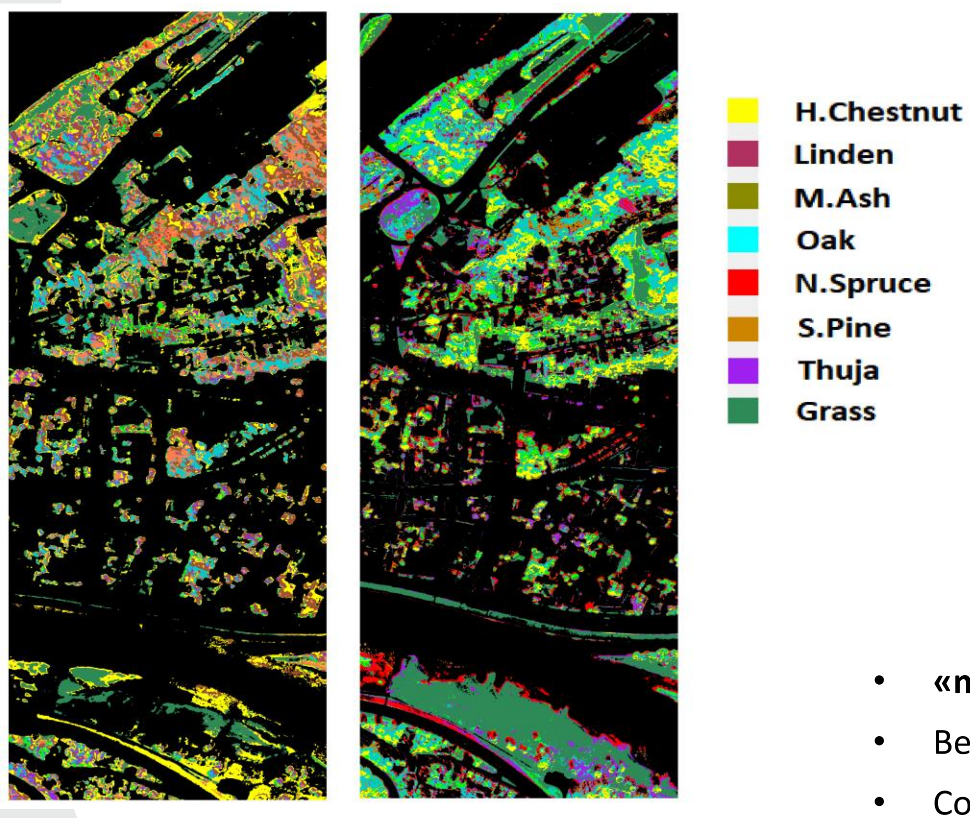


Romain Barlatier, Sébastien Gadal, Walid Ouerghemmi, CNRS ESPACE UMR 7300 – 2018

I.A: génération d'un masque de végétation + classification des différentes espèces par machine learning

Occupation du sol: végétation urbaine

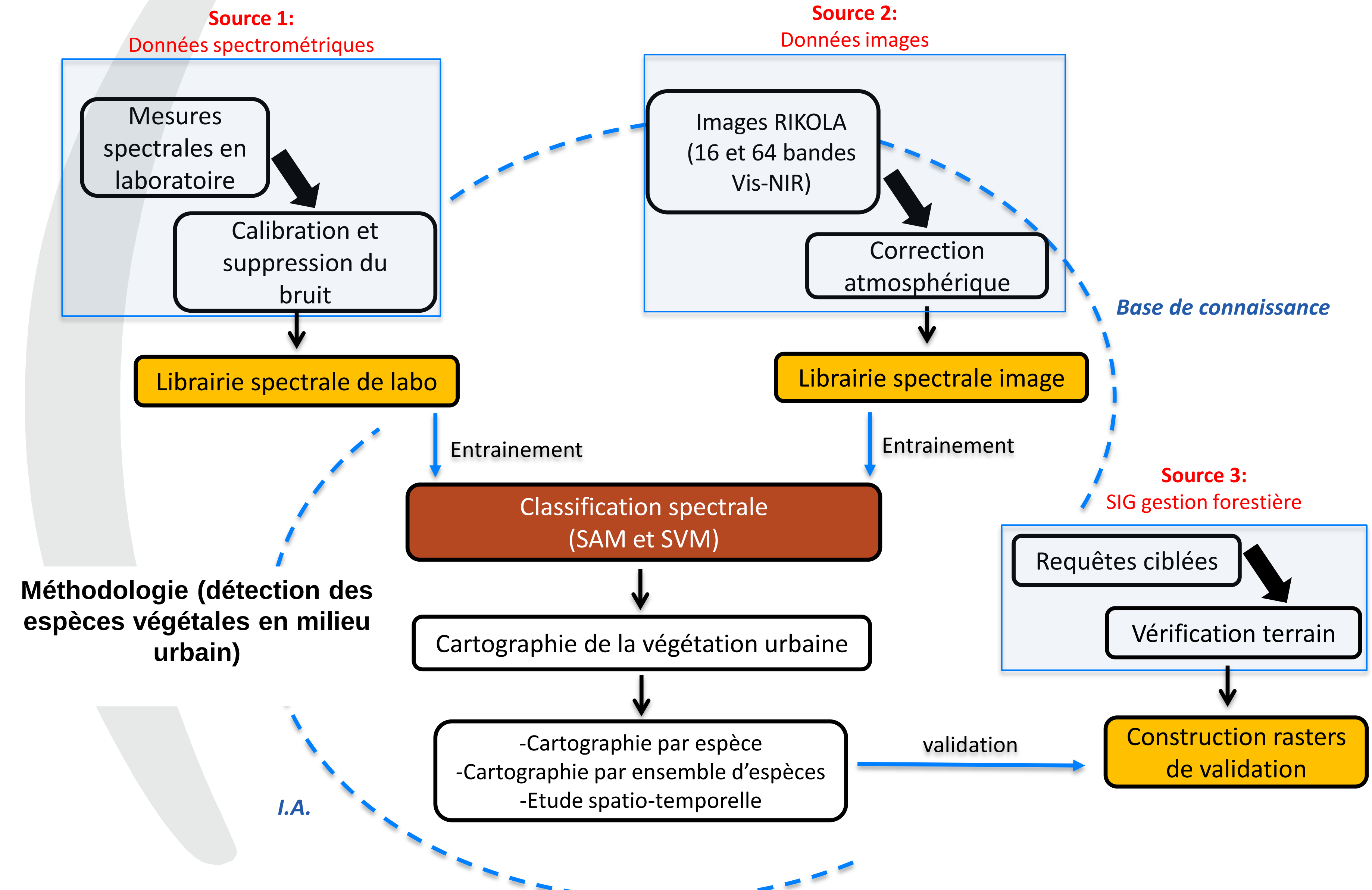
Cartographie de la vegetation urbaine par SVM (16 and 64 bandes)



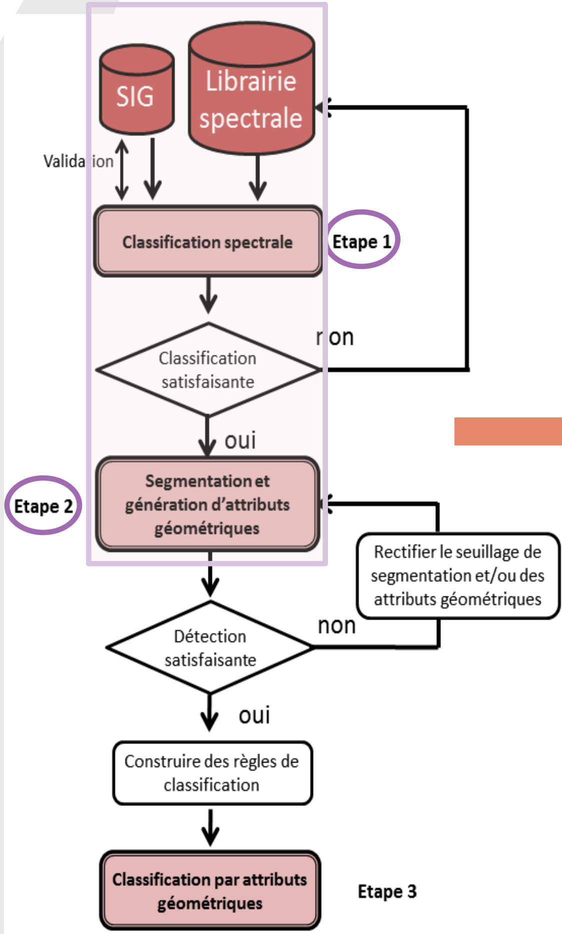
Species	SVM (16 bands)	SVM (64 bands)
H. Chestnut	19.1	**28.0**
Linden	**36.0**	19.2
M.Ash	38.4	**38.8**
Oak	36.5	**72.5**
N. Spruce	15.0	**51.6**
S. Pine	**47.3**	18.1
Thuja	**50.1**	27.6
Grass	**91.2**	85.5
O.A. (%)	41.2	**45.7**

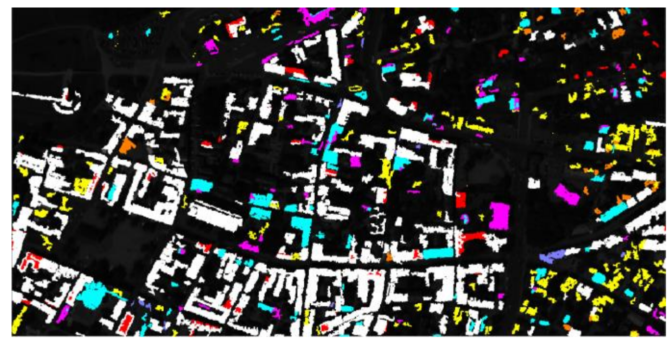
- **«moderate»** (40%<**O.A.**<60%) accuracy
- Better **mapping accuracy** given by **64 bands** image
- Coniferous better identified using **16 bands** image

Occupation du sol: végétation urbaine



Occupation du sol (détection et caractérisation du bâti)

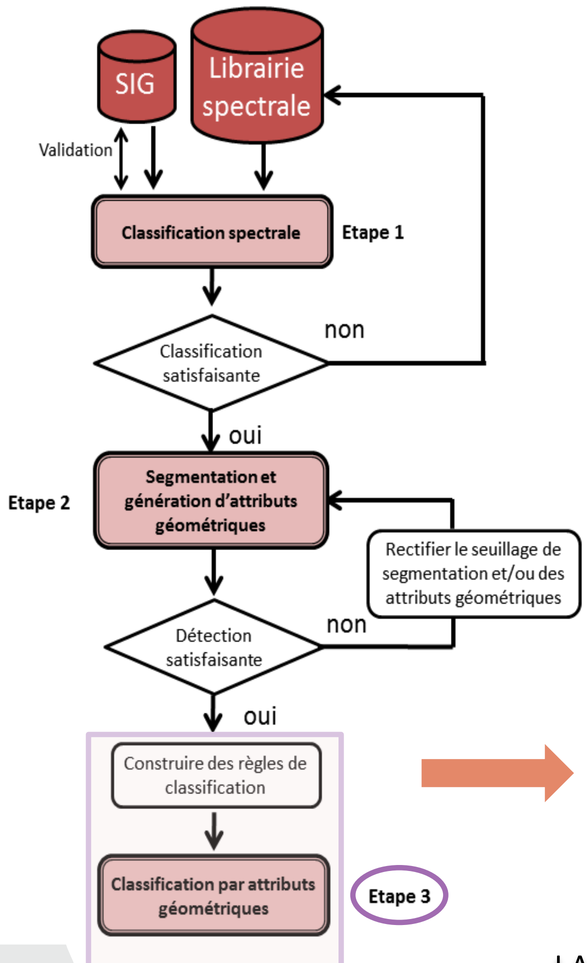




Classification par **librairie spectrale** et rectification par **attributs géométriques** appliqués sur le centre ville historique de Kaunas (Lituanie)

I.A: génération d'un masque d'objets bâtis + rectification morphologique (élimination des routes)

Occupation du sol (détection et caractérisation du bâti):

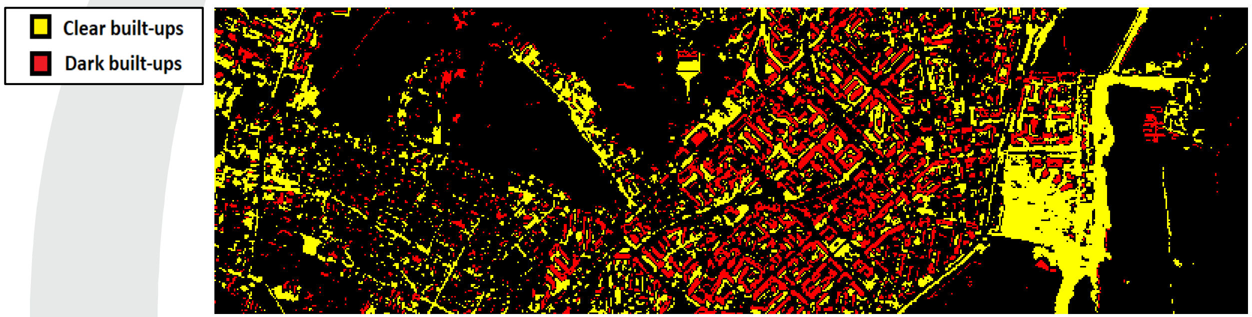


Exemple de classification par **attributs géométriques**; [elongation + area], [circularity + convexity], [convexity + area]

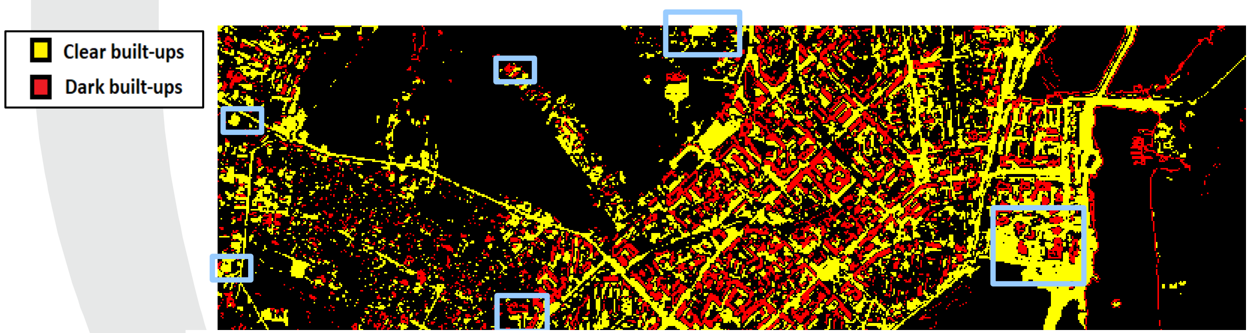
I.A: construction de règles morphométriques pour caractériser des classes socio-économique de bâti

Occupation du sol (détection et caractérisation du bâti)

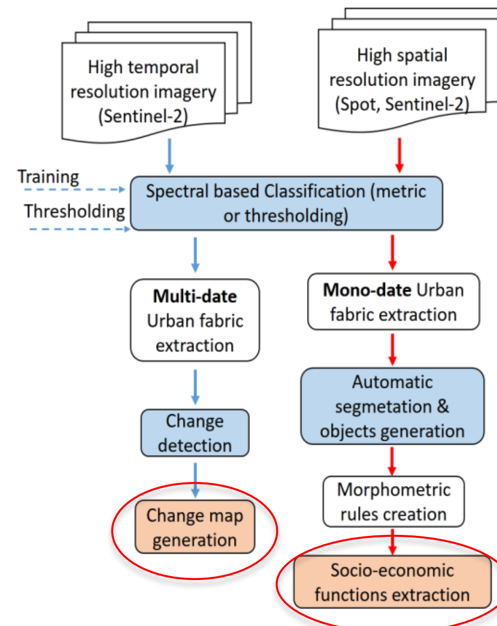
- Détection des changements en milieu urbain et caractérisation du bâti (imagerie Sentinel-2)



September 2015



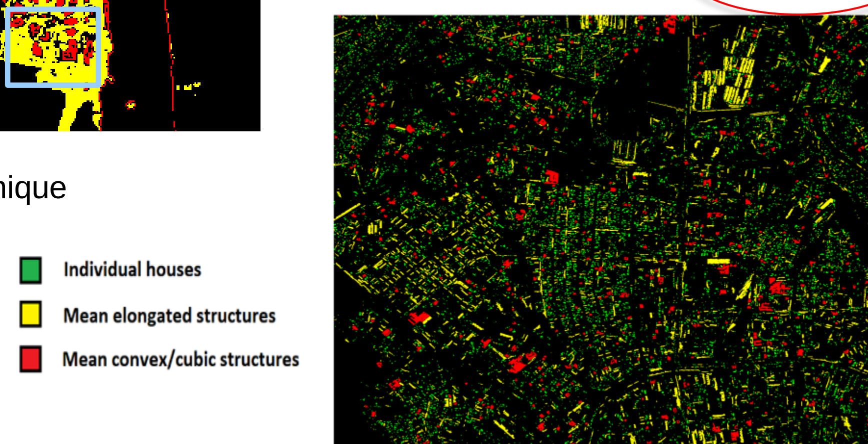
September 2017



S. Gadal et W. Ouerghemmi (2018)

- Caractérisation morphologique des classes socio-économique Sur la ville de iakoutsk (Sibérie orientale),

I.A utilisée a deux niveaux: génération de la tache urbaine et création de règles morphomètriques



Enjeux

Enjeux à relever en termes de données massives, machine learning, et deep learning

- **Formalisation des modèles de connaissances et établissement de règles.**
- Utilisation de techniques **d'apprentissages complexes** (par exemple les réseaux de neurones convolutifs)
- **Puissance de calcul importante** (Cluster de clacul, GPU dédié, etc.)
- **Puissance de stockage importante** (apprentissage à partir de grosses bases de données, libraires spectrales, bases de données attributaires, bases de connaissances, etc.)

Quelques éléments de bibliographie

- Sébastien Gadal, Robert Jeansoulin. Borders, frontiers and limits: Some computational concepts beyond words. *Cybergeo : Revue européenne de géographie / European journal of geography*, UMR 8504 Géographie-cités, 2000, 〈http://cybergeo.revues.org/4349〉. 〈10.4000/cybergeo.4349〉.
- Sébastien Gadal. Méthodes RSI pour l'identification des formes du bâti. Revue de la Société Française de Photogrammétrie et Télédétection, 2004, Pixels et cités.
- Sébastien Gadal. Generation of an urban object oriented morphometry database by remote sensing of Spot 5 panchromatic image. Soille, M. Iapaolo, P.G. Marchetti, M. Datcu 8th Conference on image information mining, Oct 2012, Oberpfaffenhofen, Germany. pp.94-97, 2012, Knowledge discovery from earth observation data.
- Sébastien Gadal, Walid Ouerghemmi. Morpho-Spectral Recognition of Dense Urban Objects by Hyperspectral Imagery. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Copernicus GmbH (Copernicus Publications), 2015, XL-3/W3, pp.433-438. 〈http://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XL-3-W3/433/2015/isprsarchives-XL-3-W3-433-2015.pdf〉
- Sébastien Gadal, Walid Ouerghemmi. Identification of urban objects using spectral library combined with airborne hyperspectral imaging. 4ème colloque du Groupe Hyperspectral de la Société Française de Photogrammétrie et Télédétection (SFPT-GH) , May 2016, Grenoble, France.
- Moisei Zakharov, Viktoriya Filippova, Antonina Savvinova, Kyunney Pestereva, Sébastien Gadal. Recognition of Landscape ' Structures by Toponymical Map and Remote Sensing Analysis (Khangalassky district, Yakutia). IX Arctic Congress in Social Sciences (ICASS IX): "People and Place", Jun 2017, Umea, Sweden.
- Paul Gérard Gbetkom, Sébastien Gadal, Ahmed El Aboudi, Alfred Homère Ngandam Mfondoum, Mamane Barkawi Mansour Badamassi. Mapping Change Detection of LULC on the Cameroonian Shores of Lake Chad and its Hinterland through an Inter-Seasonal and Multisensor Approach. International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS, 2018, 7 (1), pp.2835 - 2849.
- Walid Ouerghemmi, Sébastien Gadal, Gintautas Mozgeris, Donatas Jonikavičius. Urban Vegetation Mapping by Airborne Hyperspectral Imagery: Feasability and Limitations. WHISPER 2018 : 9th Workshop on Hyperspectral Image and Signal Processing: Evolution in Remote Sensing, Sep 2018, Amsterdam, Netherlands. pp.245-249, 2018, 〈http://www.ieee-whispers.com/〉
- Sébastien Gadal, Walid Ouerghemmi. Multi-Level Morphometric Characterisation of Built-ups in Siberian Sub-Arctic Urban Area: Yakutsk. GEOBIA 2018: From pixels to ecosystems and global sustainability, Jun 2018, Montpellier, France. 〈 https://www.geobia2018.com/〉
- Gintautas Mozgeris, Vytautė Juodkienė, Donatas Jonikavičius, Lina Straigytė, Sébastien Gadal, et al.. Ultra-Light Aircraft-Based Hyperspectral and Colour-Infrared Imaging to Identify Deciduous Tree Species in an Urban Environment. Remote Sensing, MDPI, 2018, 10 (10), 〈10.3390/rs10101668〉.

MERCI DE VOTRE ATTENTION