

La THRS et les approches multicateurs

Séminaire - La Télédétection à INRAe

M. Fauvel

12 Octobre 2022

Contexte

La fusion de donnée

Exemples

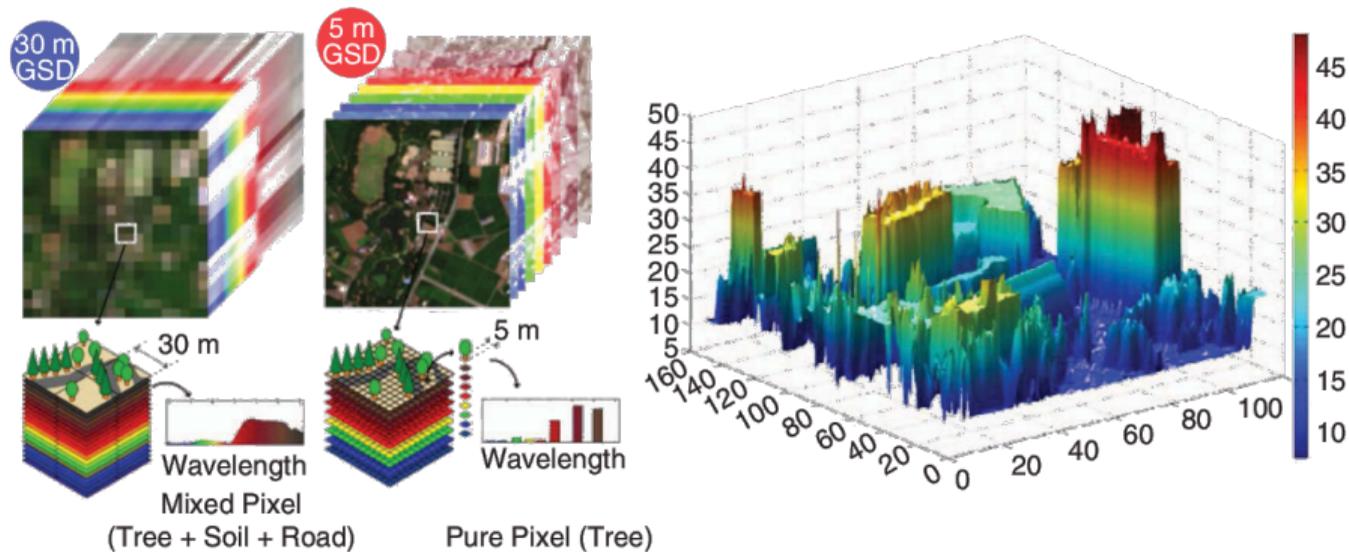
Références

Les 3 dimensions de la TLD

Une image numérique de télédétection est un échantillonnage **spatial**, **spectral** et **temporel** d'un paysage.

Les 3 dimensions de la TLD

Une image numérique de télédétection est un échantillonnage **spatial**, **spectral** et **temporel** d'un paysage ¹.



1. Images issues de [Gha+19].

Les 3 dimensions de la TLD

Une image numérique de télédétection est un échantillonnage **spatial**, **spectral** et **temporel** d'un paysage.



La Très Haute Résolution Spatiale

Une classification (au 12 Octobre 2022!)

Résolution	Faible	Moyenne	Haute	Très haute
Taille Pixel	au delà 100m	entre 30 m et 100 m	entre 5 m et 30 m	inférieur à 5m (jusqu'au centimètre)
Capteurs	Satellitaire	Satellitaire	Satellitaire, aéroporté	Satellitaire, aéroporté, drone

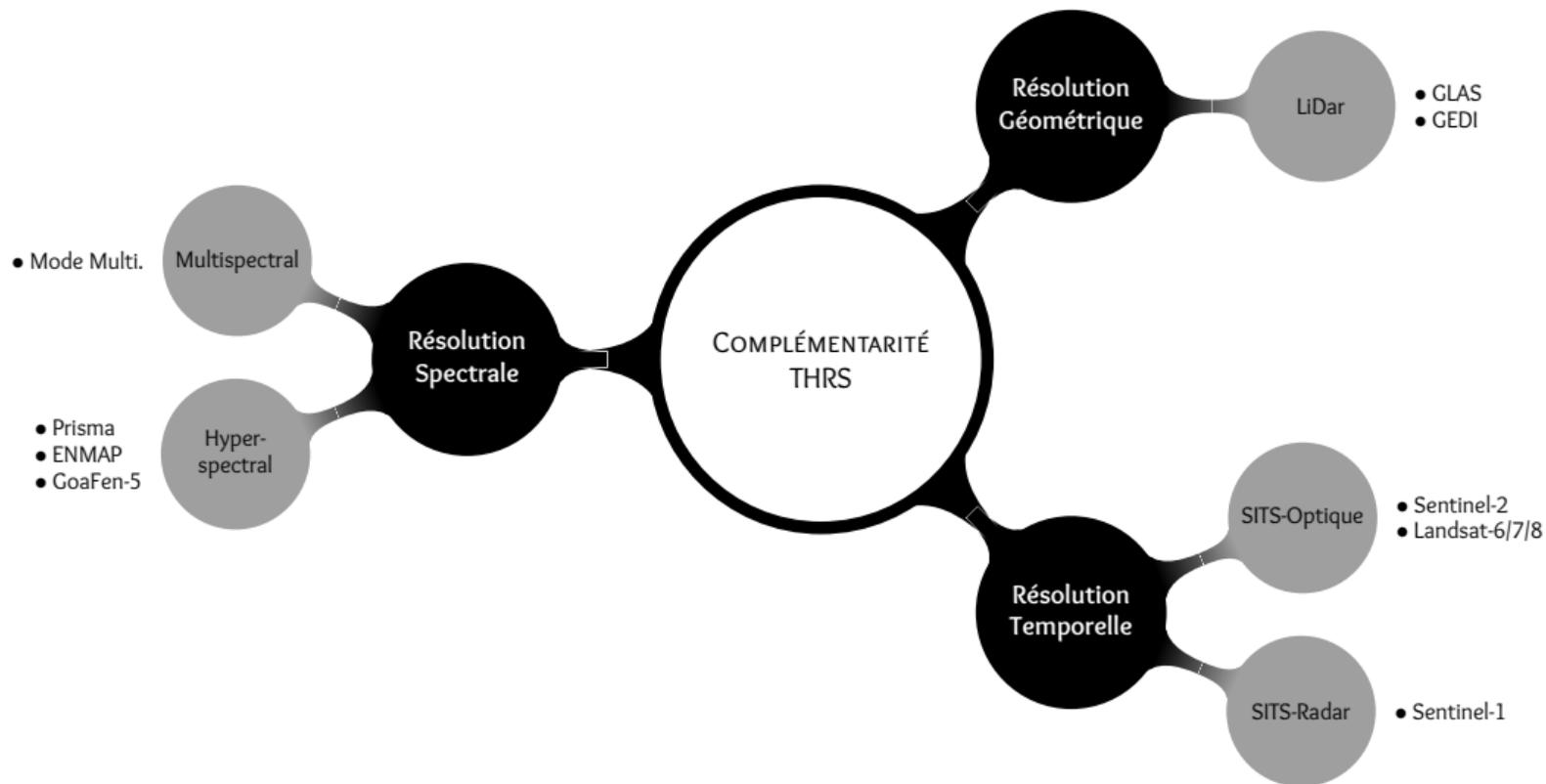
Exemple de données THRS : *Pleiades*, *Spot-6/7*, *Worldview-3*, *PlanetScope* ...



Limite de la THRS

- ▶ Revisite temporelle (très) limitée
- ▶ Contenu spectral (très) limitée
- ▶ Coût & emprise

Les données complémentaires



Opportunités des approches multicateurs

- ▶ Disponibilités des données multi-modale, multi-résolution
- ▶ Aucune des sources ne possède **toutes** les résolutions nécessaires pour une application visée
- ▶ Augmentation des différentes résolutions à la carte !

Opportunités des approches multicapteurs

- ▶ Disponibilités des données multi-modale, multi-résolution
- ▶ Aucune des sources ne possède **toutes** les résolutions nécessaires pour une application visée
- ▶ Augmentation des différentes résolutions à la carte !



Fusion de données

Contexte

La fusion de donnée

Exemples

Références

Les principaux types de fusion

1. Fusion « pixel »
2. Fusion « feature »
3. Fusion « decision »

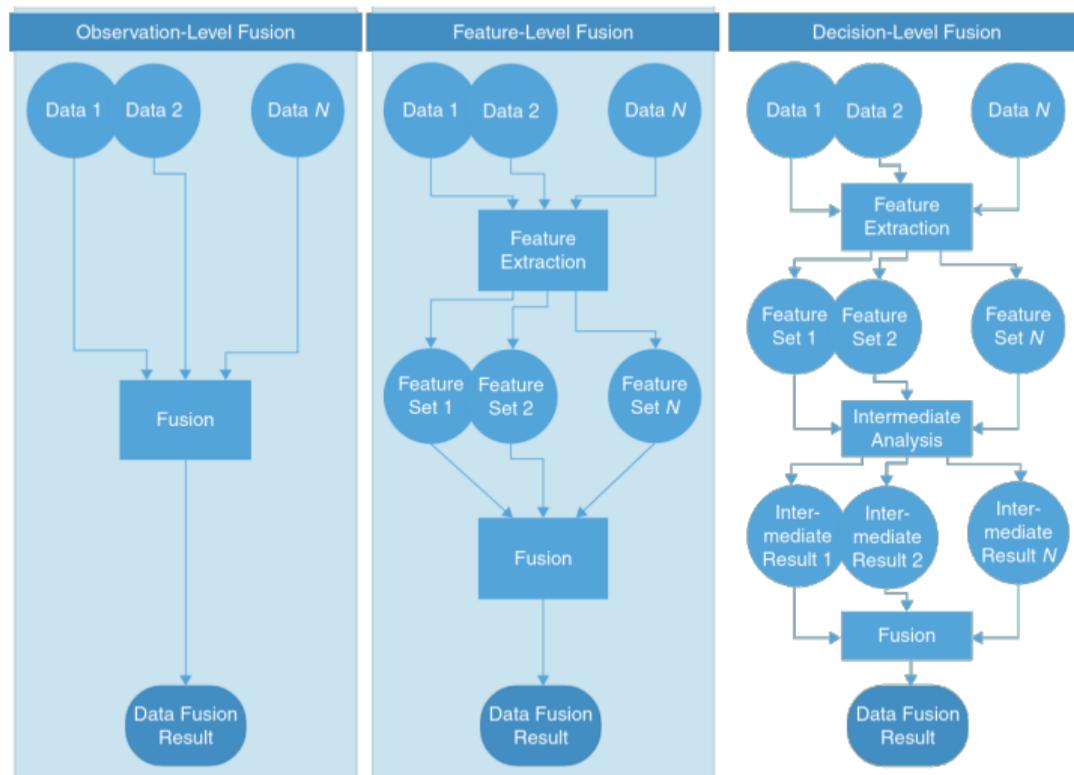


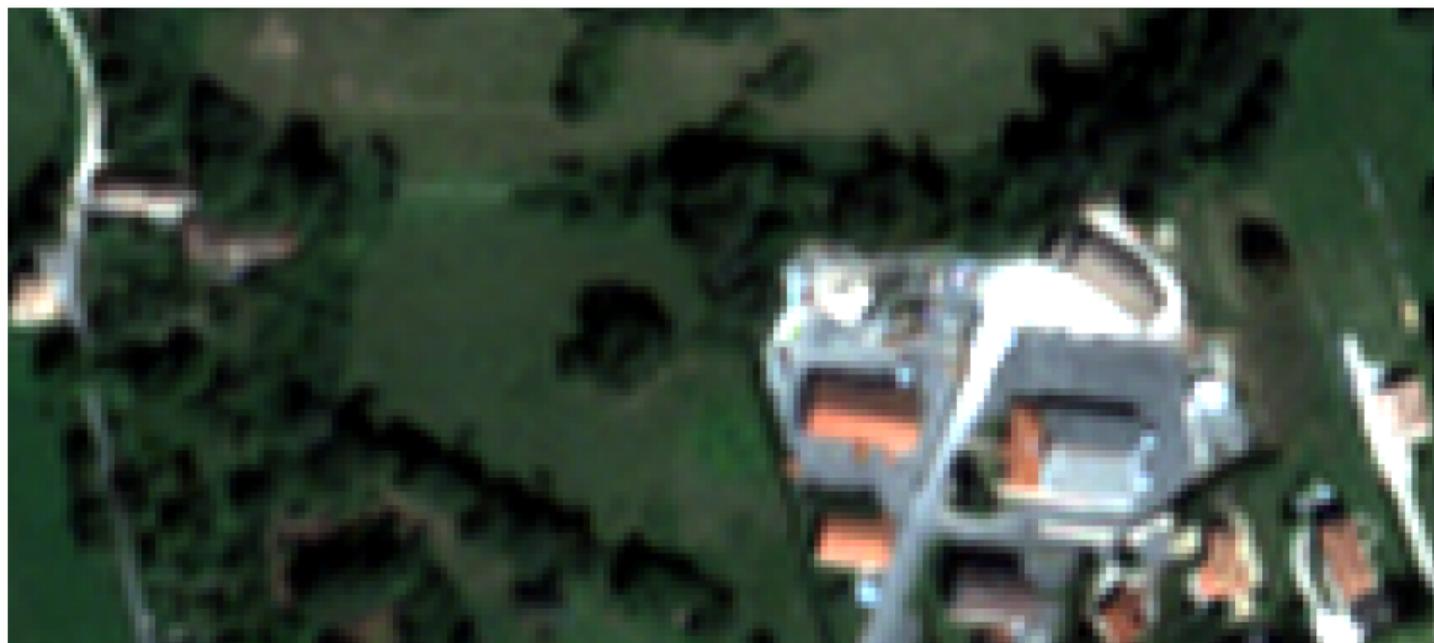
Image issue de [SZ16].

Pour la génération d'images mieux résolues 1/2



Quelques références : [Alp+15; Lon+15]. Fusion obtenu avec `gdal_pansharpen.py`

Pour la génération d'images mieux résolues 1/2



Quelques références : [Alp+15; Lon+15]. Fusion obtenu avec `gdal_pansharpen.py`

Pour la génération d'images mieux résolues 1/2



Quelques références : [Alp+15; Lon+15]. Fusion obtenu avec `gdal_pansharpen.py`

Pour la génération d'images mieux résolues 2/2

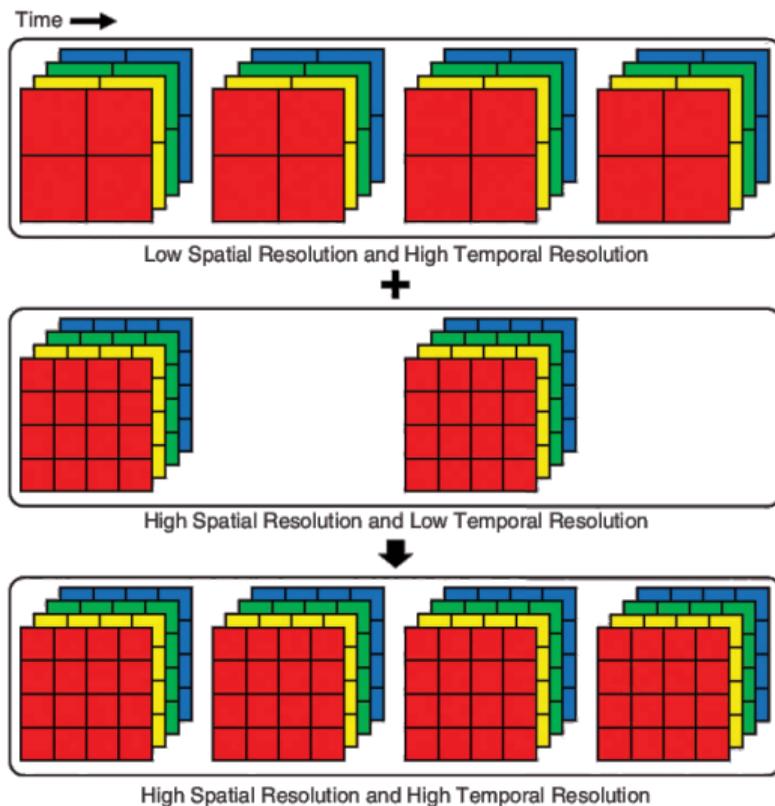


Image issue de [Gha+19].

Fusion : Approches par les modèles physiques

- ▶ Définition d'un processus de « dégradation » [She+22] :

$$\mathbf{X}_{\text{basse}} = \mathbf{A}\mathbf{X}_{\text{haute}} + \mathbf{N}$$

- ▶ La fusion est le résultat de la résolution du *problème inverse* :

$$\hat{\mathbf{X}}_{\text{haute}} = \arg \min_{\mathbf{X}} \left\{ \|\mathbf{X}_{\text{basse}} - \mathbf{A}\mathbf{X}\|_p^p + \lambda g(\mathbf{X}) \right\}$$

- ▶ Génère une nouvelle donnée *super résolue* \rightsquigarrow Fusion Pixel/Feature

Fusion : Approches par les données

- ▶ Pas de modélisation physique mais des données $\mathbf{X}_1, \dots, \mathbf{X}_s$ et une application « cible » \mathbf{Y} , i.e., classification, détection de changement etc ...
- ▶ Minimisation d'une fonction de coût liée à l'application « cible » :

$$\arg \min_{\theta} \left\{ \mathcal{L} \left(f_{\theta} (\mathbf{X}_1, \dots, \mathbf{X}_s), \mathbf{Y} \right) \right\}$$

- ▶ Résultat produit prenant en compte les *meilleurs* résolutions disponibles

Fusion : Approches par les données

- ▶ Pas de modélisation physique mais des données $\mathbf{X}_1, \dots, \mathbf{X}_s$ et une application « cible » \mathbf{Y} , i.e., classification, détection de changement etc ...
- ▶ Minimisation d'une fonction de coût liée à l'application « cible » :

$$\arg \min_{\theta} \left\{ \mathcal{L} \left(f_{\theta} \left(\mathbf{X}_1, \dots, \mathbf{X}_s \right), \mathbf{Y} \right) \right\}$$

- ▶ Résultat produit prenant en compte les *meilleurs* résolutions disponibles

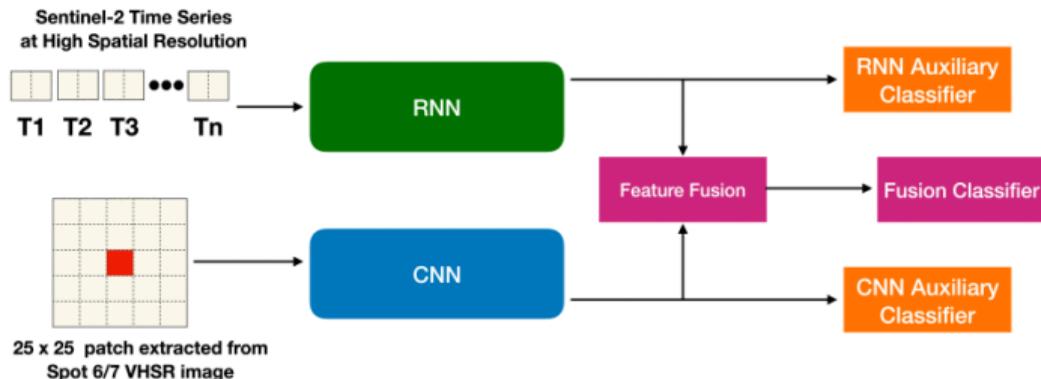


Image issue de [Ben+18]

- ▶ Approches purement « data-driven » peuvent donner des résultats aberrant/in-intepretable
- ▶ Ajout de contraintes « modèles » dans l'apprentissage :
 - ▶ Ajout de contraintes physiques dans les fonctions de coût : regularization
 - ▶ Remplacement des couche neuronales par des couches « modèles ».

$$\arg \min_{\theta, \phi} \left\{ \mathcal{L} \left(f_{\theta, \phi} (\mathbf{X}_1, \dots, \mathbf{X}_s), \mathbf{Y} \right) + \lambda R(f) \right\}$$

En particulier :

- ▶ Utilisation des MTR PROSAIL, PROSPECT [Cam+18]
- ▶ Homogénéité spatiale : Régularisation TV

Contexte

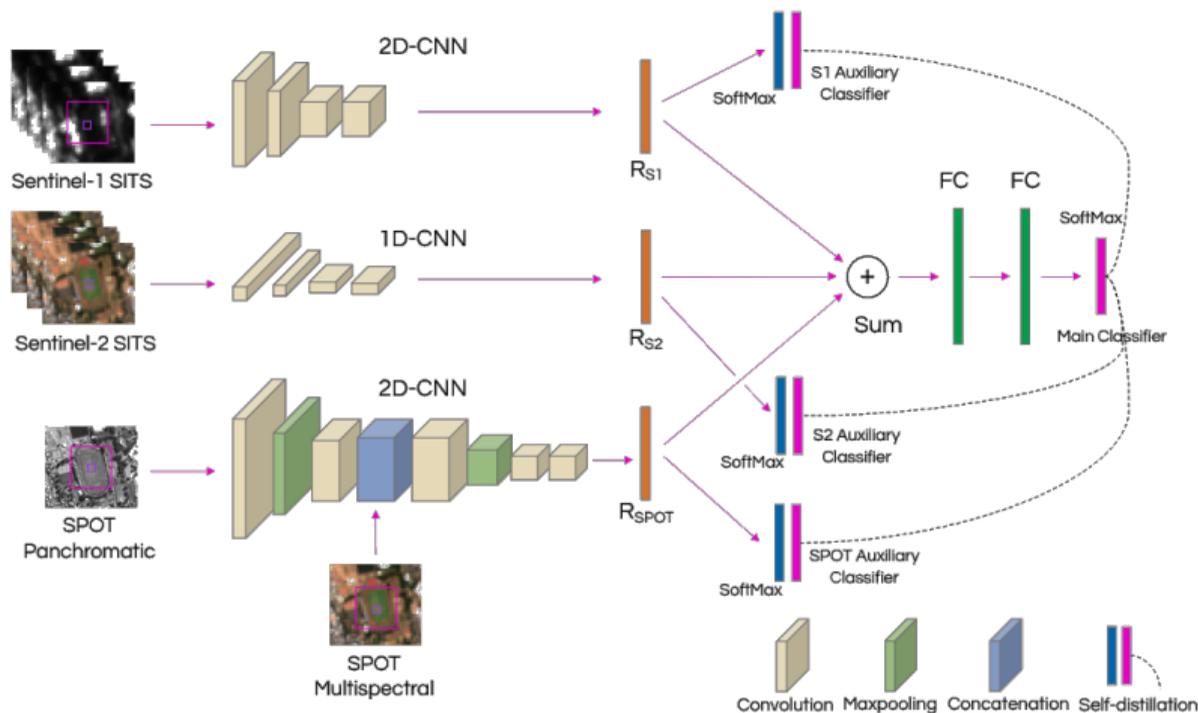
La fusion de donnée

Exemples

Références

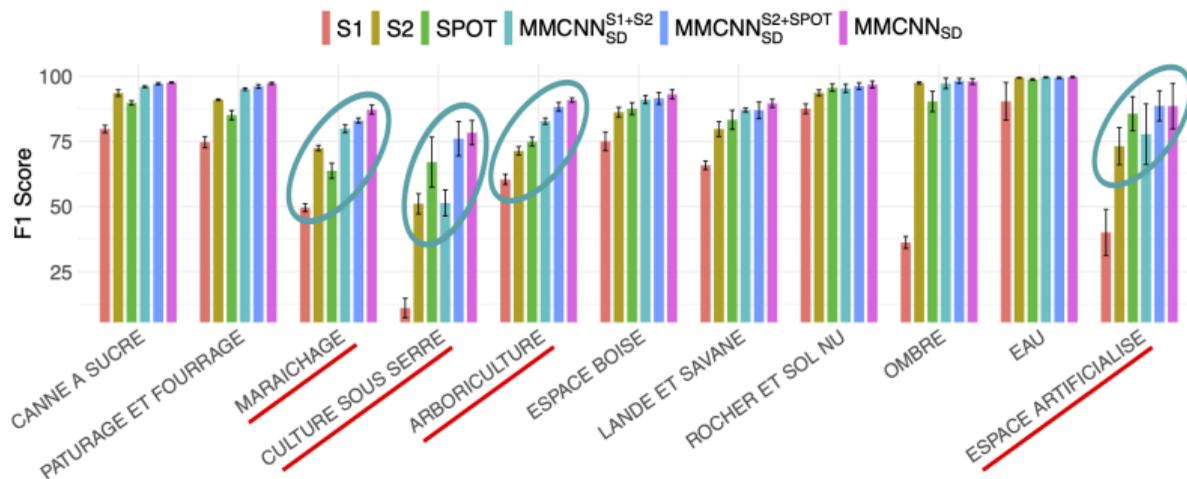
Fusion THRS, Multispectral et SITS [Gbo+21]

- ▶ Classification de l'occupation des sols
- ▶ Combinaison SPOT-6 et série temporelle Sentinel-1 & Sentinel-2
- ▶ « Amélioration sur classes caractérisées par des motifs spatiaux fins »



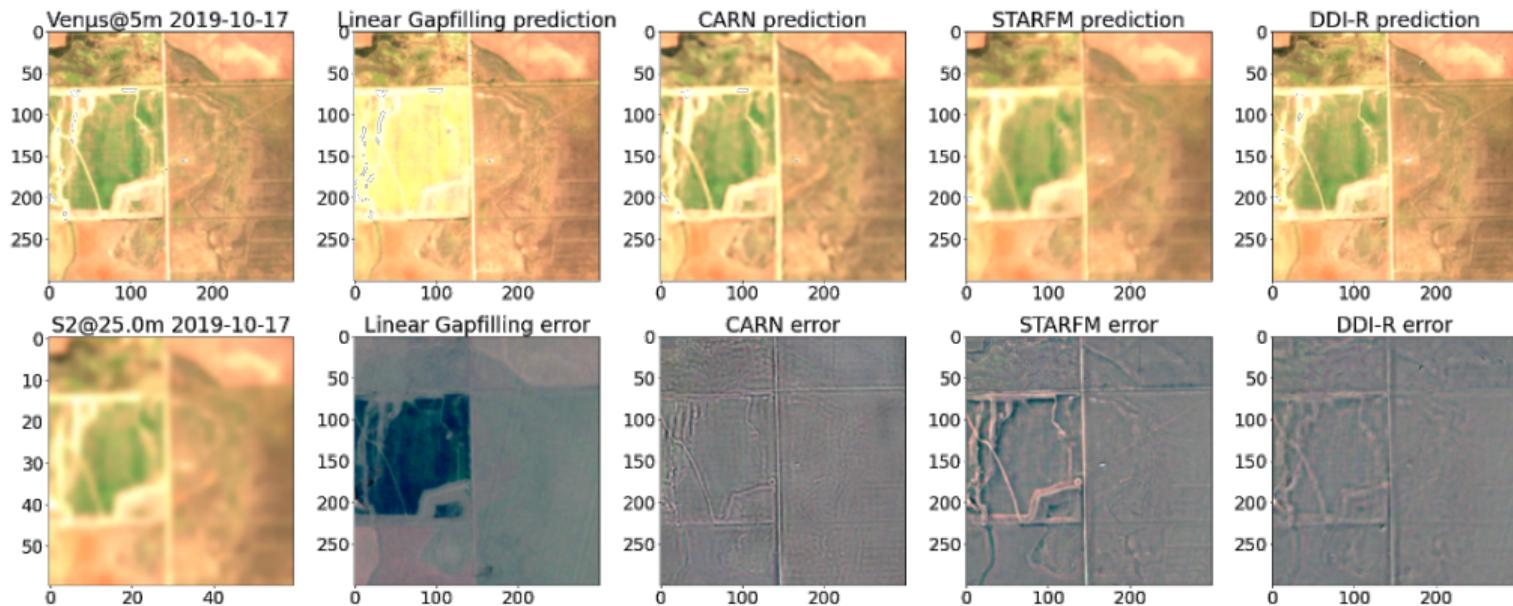
Fusion THRS, Multispectral et SITS [Gbo+21]

- ▶ Classification de l'occupation des sols
- ▶ Combinaison SPOT-6 et série temporelle Sentinel-1 & Sentinel-2
- ▶ « Amélioration sur classes caractérisées par des motifs spatiaux fins »



Fusion Ven μ s et Sentinel-2 [Mic+22]

- ▶ Quelques dates à 5m et une série temporelle S2
- ▶ Passage des S2 à la résolution Ven μ s
- ▶ Comparaison approches « model-based » et « data-driven »



Détection de changements multi-sources (dont une THRS !) [FDC20]

- ▶ Combinaison de données de modalités (Pan, MS, Hyper) différentes
- ▶ Détection de changements
- ▶ Approche « model based »

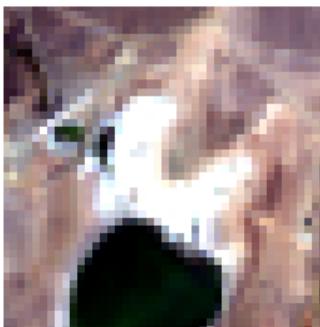
Landsat-8 (30m)



Sentinel-2 (10m)



Change detection



Fusion THRS et nuages de points

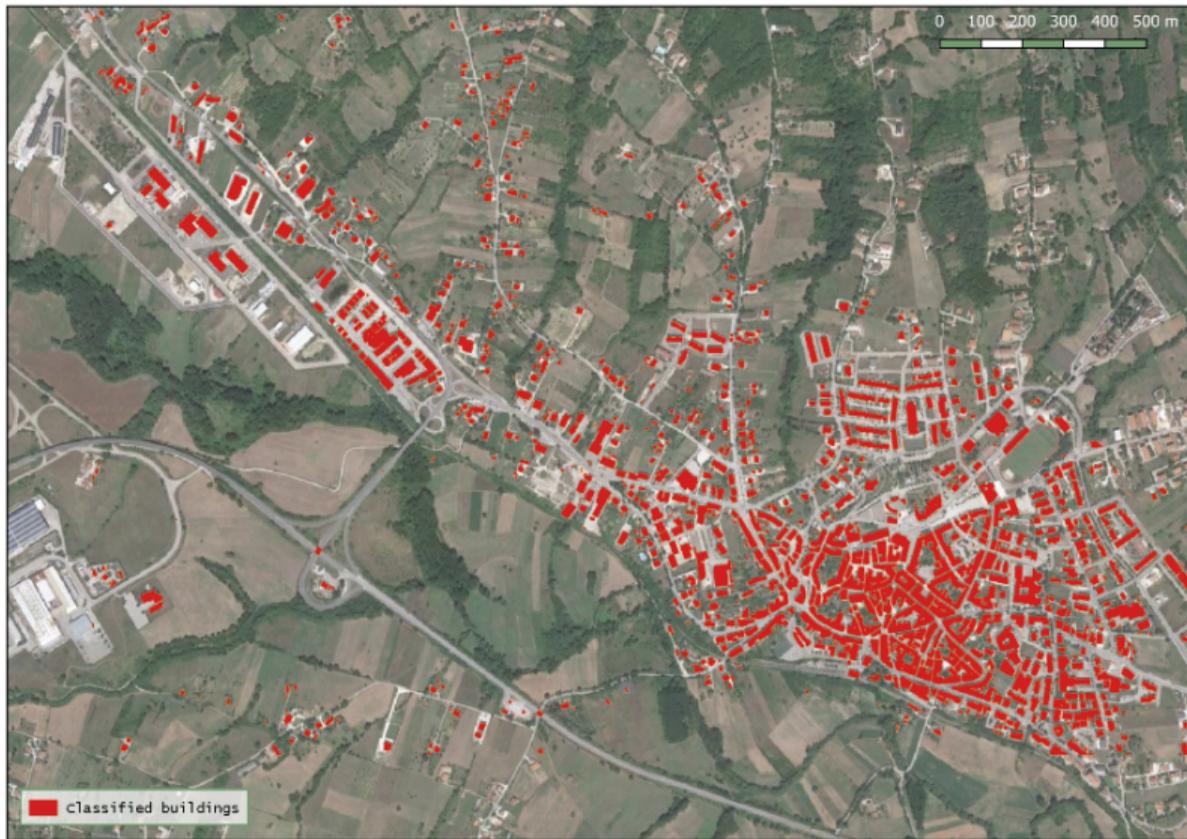


Image issue de [Ull+20].

Contexte

La fusion de donnée

Exemples

Références

Références I

-  ALPARONE, Luciano et al. *Remote Sensing Image Fusion (1st ed.)* CRC Press, 2015. DOI : 10.1201/b18189.
-  BENEDETTI, Paola et al. « M^3 Fusion : A Deep Learning Architecture for Multiscale Multimodal Multitemporal Satellite Data Fusion ». In : *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing* 11.12 (2018), p. 4939-4949. DOI : 10.1109/JSTARS.2018.2876357.
-  CAMPS-VALLS, Gustau et al. « Physics-aware Gaussian processes in remote sensing ». In : *Applied Soft Computing* 68 (2018), p. 69-82. ISSN : 1568-4946. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2018.03.021>. URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1568494618301431>.
-  FERRARIS, Vinicius, Nicolas DOBIGEON et Marie CHABERT. « Robust fusion algorithms for unsupervised change detection between multi-band optical images - A comprehensive case study ». In : *Information Fusion* 64 (déc. 2020), p. 293-317. DOI : 10.1016/j.inffus.2020.08.008. URL : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02949168>.
-  GBODJO, Yawogan Jean Eudes et al. « Multisensor Land Cover Classification With Sparsely Annotated Data Based on Convolutional Neural Networks and Self-Distillation ». In : *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing* 14 (2021), p. 11485-11499. DOI : 10.1109/JSTARS.2021.3119191.

Références II

-  GHAMISI, Pedram et al. « Multisource and Multitemporal Data Fusion in Remote Sensing : A Comprehensive Review of the State of the Art ». In : *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine* 7.1 (2019), p. 6-39. DOI : 10.1109/MGRS.2018.2890023.
-  LONCAN, Laetitia et al. « Hyperspectral pansharpening : A review ». In : *IEEE Geoscience and remote sensing magazine* 3.3 (2015), p. 27-46.
-  MICHEL, Julien et al. « Sentinel-HR Phase 0 Report ». working paper or preprint. Avr. 2022. URL : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03643411>.
-  SCHMITT, Michael et Xiao Xiang ZHU. « Data Fusion and Remote Sensing : An ever-growing relationship ». In : *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine* 4.4 (2016), p. 6-23. DOI : 10.1109/MGRS.2016.2561021.
-  SHEN, Huanfeng et al. « Coupling Model- and Data-Driven Methods for Remote Sensing Image Restoration and Fusion : Improving physical interpretability ». In : *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine* 10.2 (2022), p. 231-249. DOI : 10.1109/MGRS.2021.3135954.
-  ULLO, Silvia Liberata et al. « LiDAR-Based System and Optical VHR Data for Building Detection and Mapping ». In : *Sensors* 20.5 (2020). ISSN : 1424-8220. DOI : 10.3390/s20051285. URL : <https://www.mdpi.com/1424-8220/20/5/1285>.

Ce document est mis à disposition selon les termes de la licence Creative Commons « Attribution – Partage dans les mêmes conditions 4.0 International ».

