

Fusion de données sur Sentinel-2 pour la détection de la neige

Théo Masson ⁽¹⁾, Mauro Dalla Mura ⁽¹⁾, Marie Dumont ⁽²⁾, Jocelyn Chanussot ^(1,3)

¹ GIPSA-lab, Grenoble-INP, Saint Martin d'Hères, France

² Météo-France-CNRS, CNRM /CEN, UMR 3589, Saint Martin d'Hères, France

³ Faculty of Electrical and Computer Engineering, University of Iceland, Reykjavik, Iceland

Theo.Masson@gipsa-lab.grenoble-inp.fr

Ce travail est supporté par une subvention du Labex OSUG@2020 (Investissements d'avenir – ANR10 LABX56), par le Programme National de Télédétection Spatiale (PNTS), subvention n. PNTS-2016-03 et par le programme ARC 3 de la région Rhône Alpes

1 Introduction

Les récents développements de méthodes de fusion inter capteurs dérivées de l'hyperspectral et dédiées aux satellites Sentinel-2 de l'ESA permettent d'envisager des changements d'échelles dans les observations. En effet certaines techniques d'extraction d'éléments, tel que la neige, utilisent un rapport de bandes dont les différentes composantes présentent des résolutions spatiales différentes de 10 et 20m. La fusion de ces bandes via les approches telles qu'ATPRK [1] permettraient d'envisager un produit final à 10m de résolution à la place des 20m actuels.

Cette étude s'attelle à la vérification de la faisabilité d'une telle évolution dans le cas de la détection de la surface du manteau neigeux.

2 Méthodologie

2.1 Fusion de données

La fusion des différentes bandes de Sentinel-2 (S2) est effectuée via l'algorithme ATPRK pour « Area-to-point regression Kriging ». Cette méthode de fusion développée dans Wang, 2015 [2] et adaptée à S2 [1] dans Wang, 2016 permet la fusion des 6 bandes originelles qui ont une résolution spatiale de 20m avec les 4 bandes à 10m. Cette approche consiste en une estimation de « tendance » globale fondée sur la régression et en une réduction d'échelle résiduelle d'un point à un autre. Elle prend en compte la taille du pixel mais également la PSF du capteur. Cette approche a pour principal avantage de préserver les propriétés spectrales des bandes originelles, permettant d'envisager l'utilisation de seuils communs avec les méthodes déjà existantes à plus basse résolution. Le produit final est alors un ensemble de 10 bandes à la résolution spatiale de 10 m.

2.2 La détection de la neige via Sentinel-2

Nous utilisons ici l'algorithme « Let-it-Snow » développé par le CESBIO. Basé sur le « Normalized Difference Snow Index » (NDSI, [3]) il permet l'identification binaire des zones de neige via un rapport entre la bande 3 (visible) et la bande 11 (proche infrarouge) tel que présenté ici :

$$NDSI = \frac{\text{Bande 3} + \text{Bande 11}}{\text{Bande 3} - \text{Bande 11}}$$

Le seuil habituellement utilisé est 0.15 dans le cas où le pixel est déclaré non couvert par un nuage. Un seuil additionnel sur la bande 8 à 0.12 est utilisé afin d'éviter les fausses détections. La bande 11 étant originellement à une résolution spatiale de 20 m, le résultat de cet algorithme, disponible sur le site THEIA est une carte à 20 m de résolution spatiale présentant les pixels comme couverts ou non de neige.

La conservation des propriétés spectrales lors de la fusion via ATPRK nous permet d'utiliser des seuils identiques pour le produit fusionné.

2.3 Ré échantillonnage des données à 20m

Afin de comparer l'impact réel de la fusion sur les données, nous comparons les résultats avec un ré échantillonnage des données originelles. Ce ré échantillonnage est effectué suivant les trois méthodes conventionnelles du plus proche voisin, d'un ré échantillonnage bilinéaire ou bi cubique. Nous allons donc par la suite comparer ces trois ré échantillonnages avec les données fusionnées et les données originelles à 20m

2.4 Produit de référence et méthode de comparaison

Afin de valider les différents résultats nous utilisons une image très haute résolution issue du satellite Pléiades. Ces images permettent une résolution spatiale de 50cm sur quelques zones dans les Alpes. Nous avons sélectionné deux images, l'une dans le massif des Grandes Rousses au-dessus de la station de l'Alpes d'Huez, l'autre dans le massif du Mont Blanc. Ces images étant uniquement acquises via 4 bandes situées dans le visible, la détection de la neige est effectuée via un seuillage sur des zones présentant un contraste suffisant. Nous avons par conséquent isolé 3 sous zones sur ces images où le seuillage est suffisamment précis et où les zones d'ombres sont minimisées car ne permettant pas

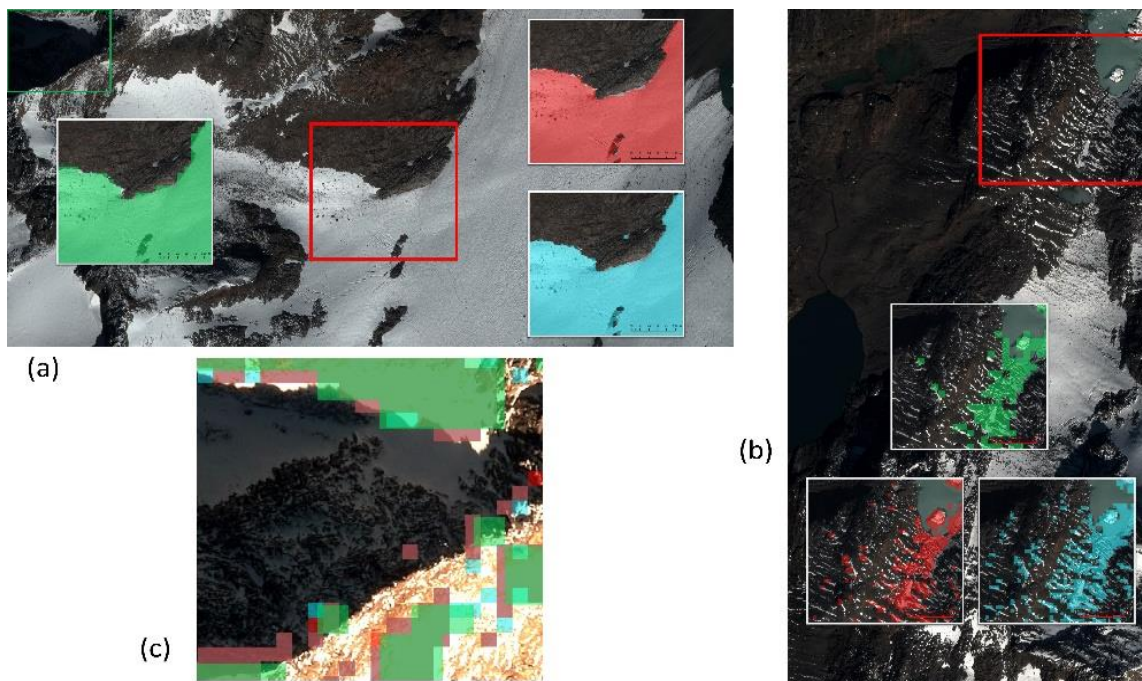


Figure 1: Deux sous-échantillons de la zone "Grande Rousse" (a) et (b). Encadré en rouge les zones d'intérêt avec l'extraction de neige correspondant aux trois approches. En vert le produit Théia classique à 20m, en rouge le ré-échantillonnage à 10m et en bleu ATPRK. Le sous-échantillon vert (a) correspond à la figure (c) et montre les limites des produits dans les zones d'ombre.

une détection de la neige suffisamment précise. Nous avons également fait en sorte que les zones ne soient pas homogènes afin de mettre en évidence les différences entre les produits.

Les outils de validation utilisés sont en premier lieu visuels. Nous nous sommes attachés à extraire visuellement les zones qui bénéficiaient le plus de l'amélioration de la résolution spatiale mais également celles qui posent toujours problème. Ensuite nous utilisons les métriques classiques que sont la précision, le recall, la fidélité ainsi que le F_score qui sont des marqueurs courants de la ressemblance entre deux cartes. Enfin l'effet le plus attendu de la fusion se joue sur l'«Average Symmetric Surface Distance» ou ASSD qui permet de montrer la précision des contours des zones de neige.

3 Résultats

Les résultats visuels pour la zone « Grande Rousse » sont visibles sur la Figure 1. Associés aux différentes métriques ils permettent de mettre en évidence le fait que la fusion améliore la détection des structures de petites tailles. Plus particulièrement la fusion montre un avantage pour la détection des zones de neige isolées au milieu d'une zone de roche, alors que le ré-échantillonnage n'améliore que la détection des zones de roche au milieu des zones de neige.

Les résultats via le ré-échantillonnage sont malgré tout intéressants car faciles à mettre en œuvre. Leurs performances peuvent s'expliquer par le fait que dans l'équation formalisant le NDSI, la bande 3 est sujette à de plus fortes variations

	Metric	ASSD	Surface overestimation	Precision	Recall	Accuracy	F _{score}
Huez Zone 1	Source	40.96	13.25%	0.847	0.960	0.866	0.900
	$S2_{nearest}$	32.06	10.53%	0.858	0.949	0.870	0.901
	$S2_{bilinear}$	32.18	10.80%	0.857	0.949	0.869	0.901
	$S2_{bicubic}$	32.13	10.72%	0.857	0.949	0.869	0.901
	ATPRK	29.02	10.56%	0.869	0.960	0.884	0.912
Huez Zone 2	Source	31.88	6.46%	0.773	0.823	0.881	0.797
	$S2_{nearest}$	18.83	1.52%	0.754	0.765	0.863	0.759
	$S2_{bilinear}$	18.85	1.74%	0.752	0.765	0.862	0.759
	$S2_{bicubic}$	18.90	1.69%	0.753	0.766	0.862	0.759
	ATPRK	15.04	8.93%	0.755	0.822	0.874	0.787
MtBlanc	Source	50.53	20.40%	0.783	0.943	0.791	0.855
	$S2_{nearest}$	28.36	16.85%	0.790	0.923	0.788	0.851
	$S2_{bilinear}$	28.27	16.97%	0.789	0.923	0.788	0.851
	$S2_{bicubic}$	28.33	16.91%	0.753	0.923	0.788	0.851
	ATPRK	29.00	16.99%	0.790	0.924	0.790	0.852

que la bande 11 dans le cas d'une présence ou non de neige. Le moyennage simple de la bande 11 par une approche de plus proche voisin n'est donc pas critique, l'information concernant une éventuelle variation étant majoritairement portée par la bande 3, nativement à 10 m. Les différentes métriques montrent bien les effets du passage de 20m à 10m. L'ASSD est largement amélioré ce qui est le résultat attendu, la plus haute résolution spatiale permettant de mieux appréhender les variations locales. Au contraire les métriques usuelles liées à la présence de faux positifs ou de faux négatifs restent relativement constantes. Ce résultat est attendu, la meilleure détection des limites des grandes surfaces de neige qui réduit les faux positifs implique également une meilleure détection des petites zones de neige, ce qui peut accroître les faux positifs, équilibrant le total. Ce phénomène est particulièrement visible sur la zone b où les rubans de neige sont orientés à 45 degrés ce qui implique une augmentation des fausses détections sur les bords des pixels S2. Au général la résolution spatiale diminue la surestimation des surfaces de neige

4 Conclusion

Les différentes métriques et l'évaluation visuelle des différences entre Pléiade et la neige estimée sur les différents produits de S2 utilisés permettent de mettre en évidence la valeur et l'utilité de la résolution à 10 m. Les produits issus du ré-échantillonnage permettent une première étape vers la production systématique de ce produit neige à une plus haute résolution. Cependant il paraît intéressant de développer l'utilisation de la fusion afin d'améliorer encore les résultats obtenus. Ces résultats sont cependant partiels et soumis à la difficulté d'établir une référence de valeur.

Bibliographie

- [1] Qunming Wang, Wenzhong Shi, Zhongbin Li, and Peter M Atkinson, "Fusion of sentinel-2 images," *Remote sensing of environment*, vol. 187, pp. 241–252, 2016.
- [2] Qunming Wang, Wenzhong Shi, Peter M Atkinson, and Yuanling Zhao, "Downscaling modis images with area-to-point regression kriging," *Remote Sensing of Environment*, vol. 166, pp. 191–204, 2015.
- [3] Jeff Dozier, "Spectral signature of alpine snow cover from the landsat thematic mapper," *Remote sensing of environment*, vol. 28, pp. 9–22, 1989.