



HAL
open science

**Annotation sémantique de données de télédétection.
Description de changements de végétation dans les alpages à
partir de séries temporelles Sentinel-2**

Hélène Bley Dalouman, Camille Bernard, Pauline Dusseux

► **To cite this version:**

Hélène Bley Dalouman, Camille Bernard, Pauline Dusseux. Annotation sémantique de données de télédétection. Description de changements de végétation dans les alpages à partir de séries temporelles Sentinel-2. SAGEO, May 2025, Avignon, France. pp.367-371, 2025, 978-2-910545-13-X. <hal-05331920>

HAL Id: hal-05331920

<https://hal.science/hal-05331920v1>

Submitted on 26 Oct 2025

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

Annotation sémantique de données de télédétection

Description de changements de végétation dans les alpages à partir de séries temporelles Sentinel-2

Hélène BLEY DALOUMAN¹, Camille BERNARD¹,
Pauline DUSSEUX²

1. Univ. Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble INP, LIG, Grenoble, France

helene-josephe.bley-dalouman@univ-grenoble-alpes.fr; camille.bernard@univ-grenoble-alpes.fr

2. Univ. Grenoble Alpes, CNRS, Sciences Po Grenoble - UGA, Pacte, 38000 Grenoble, France

pauline.dusseux@univ-grenoble-alpes.fr

ABSTRACT. This article presents the DELTA research project, which aims to describe and characterize vegetation dynamics, using remote sensing data and semantic web technologies, in the context of climate change. The originality of the approach lies in the construction of a domain ontology and of a knowledge graph (KG) for the description of vegetation changes and trends.

MOTS-CLÉS : séries temporelles, ontologie, alpage, changement climatique, graphe de connaissances

KEYWORDS: time series, ontology, alpine pasture, climate change, knowledge graph

1. Introduction

Les modifications que subissent les territoires, du fait du changement climatique, nécessitent de disposer d'outils pour suivre l'évolution des éléments qui recouvrent le sol. En ce qui concerne la végétation, les défis sont de l'ordre de la caractérisation des espèces (feuillus vs conifères), de la modification de leur périmètre d'occupation, de l'étude de la propagation d'épidémies (arbres sains vs arbres malades) ou encore de l'estimation de l'évolution de la biomasse (Higgins *et al.*, 2023). La précision des données de télédétection (*e.g.*, Sentinel-2) aujourd'hui disponibles et leur fréquence de collecte ouvrent de nouvelles

perspectives pour le suivi de l'évolution de la végétation (Xie *et al.*, 2008). De nombreux travaux s'appuient sur des données de télédétection pour analyser les changements de végétation, cependant les résultats de ces analyses ne sont souvent interprétables que par des experts du domaine, et les descriptions de ces changements ne sont pas structurées, ouvertes et harmonisées d'une étude à l'autre. Cet article présente une méthodologie que nous construisons dans le cadre du projet de recherche DELTA (*Describing the Evolution of the Landcover Through semantic Annotation of remote sensing data*). Cette méthodologie consiste à combiner les techniques de télédétection, d'apprentissage automatique et du Web sémantique afin de décrire semi-automatiquement des changements dans des séries temporelles de données satellitaires, via un vocabulaire ouvert et partagé dans le Web des données ouvertes et liées (*Linked Open Data cloud* (LOD cloud) en anglais). Le cas d'application choisi est celui des alpages car le suivi de la productivité d'herbe y est capital pour estimer les ressources fourragères disponibles pour les troupeaux. Les défis scientifiques du projet relèvent de 1) la caractérisation fine de la végétation puis, 2) la détection automatique de changements dans les données produites (*e.g.*, périmètres, hauteur d'herbe) en adaptant des algorithmes existants, 3) la constitution d'un vocabulaire pour la description de ces changements et enfin 4) l'enrichissement sémantique de ces changements via des données du LOD cloud pouvant en expliquer les causes.

2. Positionnement scientifique

Dans le domaine de la détection de changements dans des données satellitaires, des techniques basées sur des modèles de *Deep Learning* (DL) ou de *Machine Learning* (ML) permettent de caractériser la végétation et de détecter les tendances et ruptures dans des Séries Temporelles (ST) (Liu *et al.*, 2023; Dusseux *et al.*, 2019). D'une part, les approches de classification orientées pixel et objet donnent des résultats satisfaisants, surtout en étant enrichies de connaissances du terrain solides (Mehmood *et al.*, 2022); d'autre part, des algorithmes, tels que *Breaks For Additive Season and Trend* (BFAST) et *Continuous Change Detection and Classification* (CCDC) s'avèrent performants pour identifier des tendances et ruptures dans les ST en fonction des saisons paramétrées (Aminikhangahi, Cook, 2017). Cependant, bien que ces algorithmes soient efficaces pour détecter les changements, ils ne produisent pas de description sémantique des tendances et ruptures observées. Or, un vocabulaire formalisé sous la forme d'une ontologie offrirait aux acteurs une lecture harmonisée des évolutions de leur territoire. Une ontologie permettrait en effet de structurer et de standardiser les descriptions, donnant ainsi la possibilité de comparer les territoires entre eux et d'observer les effets de politiques d'aménagement ou de gestion (Milon-Flores *et al.*, 2024). Dans le domaine de la description des changements, différents travaux ont montré le potentiel des technologies du Web sémantique (Bernard *et al.*, 2021; Arvor *et al.*, 2019). Ces approches per-

mettent de décrire les données dans des graphes de connaissances (*Knowledge Graphs* (KG) en anglais), lesquels permettent de relier différentes ontologies et jeux de données pour en extraire des connaissances. L'accès aux descriptions des changements des territoires est alors rendu possible par la publication de ces KG dans le LOD cloud (Janowicz *et al.*, 2022). Dans ce cadre, nous proposons une méthodologie pour l'annotation sémantique des changements de végétation observés dans les données Sentinel-2 que nous appliquerons à l'alpage de la *Grande Cabane* situé dans le massif du Vercors.

3. Méthodologie

Notre méthodologie se décompose en quatre grandes phases : (i) le pré-traitement et la formalisation de ST d'indices satellitaires ; (ii) la construction d'une ontologie dédiée à la description fine de changements intra-annuels et de tendances interannuelles survenant dans les végétations des alpages ; (iii) la détection et l'annotation sémantique semi-automatique des changements survenus dans les ST construites en (i), et enfin (iv) la génération, l'exploration et l'enrichissement d'un KG décrivant les évolutions de la végétation dans l'alpage de la *Grande Cabane* sur la base des détections effectuées en (iii).

(i) Formalisation de ST d'indices satellitaires La première phase du projet DELTA consiste à acquérir et préparer les données d'observation des sites retenus. Pour cela, nous avons récolté des données satellitaires Sentinel-2 afin d'en extraire des ST de 2016 à aujourd'hui (<https://dinamis.data-terra.org/catalogue/>). Dans une perspective d'analyse des changements intra-annuels, en plus des tendances interannuelles, les scènes pour chaque mois de ces différentes années ont été sélectionnées en privilégiant une couverture nuageuse minimale. Une chaîne de prétraitement des scènes a été précédemment mise en place, facilitant ainsi la création des ST sur le site d'étude. Elle comprend le découpage des scènes dans l'emprise de l'alpage, le masquage des pixels de neige et de nuage, le rééchantillonnage pour obtenir des valeurs de réflectance de surface, le stack des bandes spectrales, la génération et le calcul d'indices (*e.g.*, NDVI et NDSI) à l'échelle du pixel.

(ii) Co-construction d'une ontologie pour la description de changements et de trajectoires La seconde phase du projet vise à co-construire un vocabulaire ontologique avec des acteurs et usagers des alpages dans le but de décrire les changements observés dans les ST de végétation à partir de termes génériques afin que ce vocabulaire soit applicable demain à d'autres milieux, mais aussi, de termes plus spécifiques à la zone d'étude, afin d'être au plus près du vocabulaire des acteurs. De ce fait, le modèle ontologique est divisé en plusieurs modules d'un niveau d'abstraction différent. Le premier module mobilise des ontologies standards existantes telles que OWL Time et GeoSPARQL afin de décrire la zone géographique d'étude et l'étendue temporelle sélectionnée. Il mobilise également les ontologies TSN et TSN-Change (Bernard *et al.*, 2021)

afin d'inscrire la zone d'étude dans son maillage administratif. Le second module permet la description de trajectoires de végétation (les changements et les tendances observées) dans les alpages. Ce module s'appuie sur le modèle ontologique développé dans le cadre du framework logiciel LEODS pour la description générique de trajectoires environnementales de territoire (Milon-Flores *et al.*, 2024). Dans notre cas, nous adapterons la thématique d'étude à la végétation. Enfin, le troisième module s'appuiera sur les enquêtes menées auprès des acteurs locaux afin de déterminer le vocabulaire adapté à ces acteurs pour décrire des changements liés aux particularités locales des alpages et de la végétation.

(iii) Détection et annotation sémantique de changements et de tendances La troisième phase du projet DELTA consiste à détecter et décrire automatiquement les changements subis dans la végétation des alpages au cours du temps. Pour ce faire, différents algorithmes seront appliqués aux ST collectées en phase (i). Les algorithmes TSN-SMA, BFAST ou CCDC seront mobilisés et adaptés afin de détecter et d'annoter - grâce aux termes du modèle ontologique développé en phase (ii) - des changements au cours du temps. Il s'agira plus précisément de décrire les changements des milieux pastoraux observés et les variations des valeurs des indices de végétation au cours du temps, puis d'identifier des tendances par années ou par saisons observées.

(iv) Génération, exploration et enrichissement d'un graphe de données décrivant les tendances d'évolution de la végétation La dernière phase du projet consiste à éprouver le modèle développé lors de la phase (ii), à le peupler grâce aux données récoltées en phases (i) et (iii) et à publier le KG obtenu dans le LOD cloud. L'exploration et l'enrichissement du KG consisteront à obtenir, par exemple, une description de l'évolution saisonnière de la production d'herbes dans l'alpage (production forte ou faible) ou de la signature temporelle des indices pour chaque pixel. L'enrichissement du KG avec des données encyclopédiques disponibles dans le LOD cloud (*e.g.*, GeoNames, Wikidata) par exemple, contribuera à l'interprétation des tendances observées dans les milieux pastoraux.

4. Conclusion et perspectives

Cet article a présenté la méthodologie que nous construisons dans le cadre du projet de recherche DELTA. Cette méthodologie a pour but de décrire et caractériser l'évolution de la végétation des alpages dans le LOD cloud, à partir de données de télédétection et dans le contexte du changement climatique. L'originalité de l'approche porte sur la construction d'une ontologie basée sur un vocabulaire standard existant enrichi d'un vocabulaire construit grâce à des enquêtes que nous menons auprès des acteurs et usagers des alpages. Sur la base de ce modèle, un KG sera généré et hébergé au sein d'un triplestore et ouvert à l'ensemble de la communauté scientifique et aux acteurs des territoires d'étude, afin que ce KG soit un outil d'aide à la décision pour la gestion des

milieux herbacés. L'ambition est par la suite d'étendre l'approche à de nouveaux territoires, à d'autres cas d'application (*e.g.*, la santé des forêts) grâce à la mise en place d'une méthodologie générique.

Ces recherches sont développées dans le cadre du projet DELTA, financé par l'IDEX Université Grenoble Alpes, projets "Initiatives de recherche à Grenoble Alpes" (IRGA) 2024.

Bibliographie

- Aminikhanghahi S., Cook D. J. (2017, 5). A survey of methods for time series change point detection. *Knowledge and Information Systems*, vol. 51, p. 339-367.
- Arvor D., Belgiu M., Falomir Z., Mougenot I., Durieux L. (2019). Ontologies to interpret remote sensing images: why do we need them? *GIScience & remote sensing*, vol. 56, n° 6, p. 911-939.
- Bernard C., Plumejeaud-Perreau C., Villanova-Oliver M., Gensel J., Dao H. (2021). Semantic Graphs to Reflect the Evolution of Geographic Divisions. In M. Werner, Y.-Y. Chiang (Eds.), p. 135-159. Springer International Publishing. Consulté sur https://doi.org/10.1007/978-3-030-55462-0_6
- Dusseux P., Corpetti T., Hubert-Moy L. (2019). L'usage de séries temporelles d'images de télédétection pour une gestion durable des territoires : Application à l'étude des prairies dans l'Ouest de la France. *Cybergeo : Revue européenne de géographie / European journal of geography*. Consulté sur <https://hal.science/hal-02376209>
- Higgins S. I., Conradi T., Muhoko E. (2023). Shifts in vegetation activity of terrestrial ecosystems attributable to climate trends. *Nature Geoscience*, vol. 16, p. 147-153. Consulté sur <https://doi.org/10.1038/s41561-022-01114-x>
- Janowicz K., Hitzler P., Li W., Rehberger D., Schildhauer M., Zhu R. *et al.* (2022, 3). Know, Know Where, Know Where Graph: A densely connected, cross-domain knowledge graph and geo-enrichment service stack for applications in environmental intelligence. *AI Magazine*, vol. 43, p. 30-39.
- Liu B., Song W., Meng Z., Liu X. (2023, 5). *Review of Land Use Change Detection—A Method Combining Machine Learning and Bibliometric Analysis* (vol. 12). Multi-disciplinary Digital Publishing Institute (MDPI).
- Mehmood M., Shahzad A., Zafar B., Shabbir A., Ali N. (2022, 1). Remote Sensing Image Classification: A Comprehensive Review and Applications. *Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2022, p. 5880959. Consulté sur <https://doi.org/10.1155/2022/5880959>
- Milon-Flores D. F., Bernard C., Gensel J., Giuliani G., Chatenoux B., Dao H. (2024, 5). Towards semantic enrichment of Earth Observation data: The LEODS framework. *AGILE: GIScience Series*, vol. 5, p. 1-12.
- Xie Y., Sha Z., Yu M. (2008, 3). Remote sensing imagery in vegetation mapping: a review. *Journal of Plant Ecology*, vol. 1, p. 9-23. Consulté sur <https://doi.org/10.1093/jpe/rtm005>