

# Détection et interprétation des changements à partir de séries temporelles d'images satellites multispectrales

**Mots clés :** télédétection, imagerie multispectrale, apprentissage profond, détection du changement, fusion de données.

## Contexte

Un objectif important de l'observation de la Terre est la détection et l'interprétation de changements intervenus par l'action de l'homme ou de phénomènes naturels. Parmi ces changements nous pouvons mentionner les conséquences de catastrophes naturelles comme les inondations ou les glissements de terrain, la déforestation, la désertification, la mise en culture ou l'abandon de cultures, l'extension de décharges, l'extension de sites industriels ou de zones urbaines, etc.

Les séries d'images multi-spectrales, comme celles issues de la mission Sentinel-2 (voir <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2>) contribuent déjà à mieux caractériser la couverture du sol par la prise en compte de l'évolution temporelle (voir par ex. [4, 2]) plutôt que par l'interprétation directe d'une observation unique. L'existence de ces séries d'images rend en principe possible aussi la détection de changements à différentes échelles de temps et l'interprétation de ces changements.

La faible disponibilité de données étiquetées concernant les changements rend néanmoins problématique l'utilisation de méthodes supervisées pour la construction de modèles de détection et d'interprétation des changements. Quant aux méthodes non-supervisées, elles mettent en général en évidence un très grand nombre de changements qui, pour la plupart, ne présentent pas un grand intérêt, comme les évolutions saisonnières ou simplement la couverture nuageuse. Il est important de pouvoir bien caractériser les changements afin d'identifier d'abord ceux qui sont potentiellement intéressants et de classer ensuite les changements retenus dans des catégories plus précises.

## Description du sujet

L'objectif principal du travail proposé dans cette thèse est la détection de changements à différentes échelles de temps et l'interprétation de ces changements dans des séries temporelles d'images satellites multispectrales. Sachant que les données étiquetées sont rares, il est indispensable de pouvoir aborder le problème par une approche faiblement supervisée. L'utilisation de séries avec une fréquence d'observation suffisamment élevée et d'une durée suffisamment longue doit permettre d'identifier certains changements « intéressants » par des méthodes non supervisées (voir par ex. [5]). Nous envisageons d'exploiter des séries issues de la mission Sentinel-2 qui correspondent à une durée de plusieurs années, à une fréquence d'observation relativement élevée et à 13 bandes spectrales.

Afin d'aller au-delà de ce que les méthodes non supervisées peuvent produire, il est nécessaire d'obtenir des données de supervision. A défaut d'annotations directement disponibles pour les séries d'images multispectrales utilisées, nous souhaitons exploiter des sources externes comme le Registre Parcellaire Graphique<sup>1</sup> (RPG) et OpenStreetMap<sup>2</sup> (OSM). Bien qu'incomplètes et de fiabilité variable, les données issues de ces sources sont disponibles pour plusieurs années<sup>3</sup> et permettent de caractériser de nombreux changements significatifs.

---

1. <https://www.geoportail.gouv.fr/donnees/registre-parcellaire-graphique-rpg-2017>

2. <https://www.openstreetmap.org>

3. <https://planet.openstreetmap.org/planet/full-history/>

Enfin, il est important de noter que les classes de changements répertoriées à un moment donné sont issues de l'analyse de régions spécifiques. Naturellement, ces classes ne couvrent pas de façon exhaustive les changements détectables ultérieurement ou dans d'autres régions que celles examinées antérieurement. Il est donc nécessaire de pouvoir identifier les changements n'appartenant pas aux classes répertoriées et de les caractériser afin d'aider un expert humain à comprendre leur nature. Ceci constitue un objectif complémentaire du travail proposé dans cette thèse. Le contexte pluri-modal des changements détectés doit contribuer de façon significative à les caractériser de façon plus complète.

Pour aborder ces objectifs nous souhaitons privilégier l'utilisation des réseaux de neurones profonds. Ces méthodes donnent de bons résultats dans des problèmes de classification de la couverture du sol à partir d'observations multispectrales [3, 6, 4, 2]. Ces méthodes permettent également de fusionner des données de nature différente, voir par ex. [1] et, sous la forme d'auto-encodeurs, sont employées avec des résultats intéressants pour caractériser des changements dans un contexte non supervisé [5].

Dans le cadre de cette thèse il sera ainsi nécessaire de chercher des solutions à plusieurs problèmes difficiles, notamment :

- Apprendre à partir de séries de données de nature différente (images multispectrales et cartes de type RPG et OSM) disponibles à des fréquences très différentes (*a priori* cinq jours pour les images multispectrales Sentinel-2 et un an pour les données RPG et OSM).
- Prendre en compte un contexte spatial structuré implicitement pour les images multispectrales et explicitement pour les données RPG et OSM.
- Identifier les changements n'appartenant pas aux classes répertoriées et en fournir une caractérisation interprétable.

## Encadrement

L'encadrement sera assuré par un.e maître de conférences du Cnam et par Michel Crucianu (professeur au Cnam, directeur de thèse). Une collaboration est prévue avec le professeur Mihai Datcu, *Senior Scientist* au German Aerospace Center (DLR, <https://www.dlr.de>), actuellement titulaire d'une Chaire Blaise Pascal au Cnam (<http://spacedatascience.cnam.fr/>).

## Laboratoire d'accueil

Les travaux se dérouleront au Centre d'Études et de Recherche en Informatique et Communications (CEDRIC, <http://cedric.cnam.fr/>), dans le groupe de recherche Vertigo (<http://cedric.cnam.fr/index.php/lab/Vertigo>) qui s'intéresse principalement à la modélisation et à la fouille de données multimédia (image, vidéo, musique).

## Profil recherché

La candidate ou le candidat doit avoir de solides bases en mathématiques et en apprentissage statistique. La maîtrise avérée d'au moins une bibliothèque permettant la manipulation de réseaux de neurones profonds est indispensable.

## Références

- [1] Nicolas Audebert, Bertrand Le Saux, and Sébastien Lefèvre. Joint learning from earth observation and openstreetmap data to get faster better semantic maps. *CoRR*, abs/1705.06057, 2017.
- [2] P. Benedetti, Dino Ienco, Raffaele Gaetano, Kenji Ose, Ruggero G. Pensa, and Stéphane Dupuy. M3Fusion : A deep learning architecture for multi- $\{\text{Scale/Modal/Temporal}\}$  satellite data fusion. *CoRR*, abs/1803.01945, 2018.

- [3] Amina Ben Hamida, Alexandre Benoit, Patrick Lambert, Louis Klein, Chokri Ben Amar, Nicolas Audebert, and Sébastien Lefèvre. Deep learning for semantic segmentation of remote sensing images with rich spectral content. In *2017 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS 2017, Fort Worth, TX, USA, July 23-28, 2017*, pages 2569–2572, 2017.
- [4] Shunping Ji, Chi Zhang, Anjian Xu, Yun Shi, and Yulin Duan. 3d convolutional neural networks for crop classification with multi-temporal remote sensing images. *Remote Sensing*, 10(1) :75, 2018.
- [5] Ekaterina Kalinicheva, Jeremie Sublime, and Maria Trocan. Neural autoencoder for change detection in satellite image time series. In *IEEE ICECS*, 2018.
- [6] Atsushi Yoshihara, Tetsuya Takiguchi, and Yasuo Ariki. Feature extraction and classification of multispectral imagery by using convolutional neural network. In *International Workshop on Frontiers of Computer Vision*, 2017.