

# Téledétection spatiale de dépôts d'avalanches et évaluation d'indicateurs

Anna Karas – VA RISPOL - Promotion 64

Maître de TFE : Claude Durrieu

Maître de Stage : Fatima Karbou

Co-responsable : Nicolas Eckert

Expert : Emmanuel Trouvé

Centre d'Etudes de la Neige, Météo-France

## Introduction et problématique

Les récentes avancées technologiques en télédétection spatiale, offre de nouvelles opportunités aux chercheurs pour étudier le manteau neigeux, notamment les zones avalanches. Actuellement, les activités avalanches sont répertoriées grâce à des observations de couloirs avalanches par des agents de terrain. Ces observations ne peuvent pas être réalisés lors de mauvaises conditions météorologiques et pour les zones inaccessibles.

Ce travail porte sur l'exploitation des mesures SAR de Sentinel-1 pour suivre l'activité avalancheuse dans les Alpes. Pour cela, une étude de la variation du signal SAR sur des zones pré-sélectionnées pendant l'hiver 2017-2018 a été réalisée. Les zones sélectionnées représentent des types de terrain naturels (lac, forêts, etc.) et des zones de dépôts d'avalanches. Les estimations d'activité d'avalanches ont été étudiées sur 4 massifs et évaluées avec des données in-situ.



Présentations des orbites couvrant les Alpes (Karbou et al. 2018)

## Zone et période d'étude

- Massifs du Beaufortain, de la Haute Maurienne, de la Haute Tarentaise et de la Vanoise
- Saison 2017/2018, remarquable par ses nombreuses crues avalancheuses

## Données

- Images SAR, fréquence d'acquisition de 6 jours, en tout temps
- Bulletins du Risque d'Avalanches (BRA), données sur les conditions météorologiques
- Données in-situ de validation, les observations d'Enquêtes Permanentes des Avalanches (EPA)

## Résultats obtenus et perspectives

Nous avons mené une analyse de séries temporelles de mesures SAR de Sentinel-1 afin d'explorer le potentiel de ces données pour suivre l'activité avalancheuse dans les massifs de montagne. Pour cela, nous nous sommes intéressées à l'hiver 2017-2018 particulièrement enneigé. Nous avons également cibler 4 massifs contrastés dans les Alpes: la haute Maurienne, la Haute Tarentaise, la Vanoise et le Beaufortain. Nous avons exploité des mesures in-situ d'événements avalancheux (EPA) et des estimations des conditions nivo-météorologiques à travers les bulletins d'estimation du risque d'avalanches de Météo-France. Dans un premier temps, les 4 massifs ont été caractérisés par leurs conditions de terrain (à l'aide d'un MNT) et par les conditions nivo-météorologiques coïncidant avec les dates d'observations satellitaires. Par la suite, le signal SAR a été étudié et suivi dans le temps sur plusieurs polygones sélectionnés représentant un type de surface donné (forêts, sol nus, prairies, lac, ...) ou bien une zone de dépôt d'avalanches. Cette étude a permis de valider le choix d'un seuillage à 4dB pour identifier un dépôt d'avalanches.

Par la suite, une évaluation des zones de dépôts d'avalanches a été réalisée par confrontation à la base de données EPA. Cette étude a montré les bonnes performances relatives de la détection malgré quelques fausses détections pour lesquelles nous avons émis des hypothèses explicatives. La combinaison de différentes orbites permettrait de réduire les zones de distorsion qui ne sont pas visibles par le signal mais aussi d'élargir les cas d'étude avalancheux lors de l'utilisation de la méthode RGB.

Une synthèse des pixels "avalancheux" détectés a été par la suite réalisée à l'échelle de chaque massif et une comparaison avec le nombre d'événements avalancheux répertoriés dans la base EPA a été effectuée. Cette synthèse, encore perfectible, pose la question de l'adéquation d'une comparaison directe des observations satellites avec des mesures ponctuelles inégalement réparties au sein d'un même massif et d'un massif à un autre. Cependant, cette synthèse est un pas important vers une meilleure quantification de l'activité avalancheuse par différents moyens d'observations et devra être améliorée et notamment en tenant compte de la densité du réseau d'observation.

Comme prévu, l'analyse des données SAR en zone montagnaise est complexe et de nombreuses caractéristiques du terrain étudié comme, la pente, l'orientation, la végétation ou encore l'altitude influencent le signal et doivent être prises en compte.

La combinaison du signal SAR des deux orbites, ascendante et descendante, aide à identifier plus d'événements que par l'utilisation d'une unique orbite. L'étude de la Haute Maurienne, présente des résultats intéressants, grâce à sa grande base de données de validation.

Une continuation du travail d'obtention d'indicateurs pertinents, nous permettrait par la suite d'obtenir des données sur les périodes peu renseignées par les EPA (fin janvier et durant le mois de février). Ce travail doit être réalisé en prenant en compte les variabilités du signal par rapport aux conditions météorologiques qui peuvent influencer sur la surdétection comme c'est le cas pour la neige humide. La détection est également différente d'une orbite à une autre, les surfaces couvertes par chaque orbite sont différentes, tout comme les caractéristiques des massifs. Pour mieux comprendre le signal, les données nivo-météorologiques des stations proches des polygones sélectionnés pourraient être prises en compte pour mieux comprendre le signal SAR. Les petites avalanches ne sont pas détectées suite à l'utilisation d'un filtrage de pixels isolés, mais la haute résolution du satellite, son cycle d'acquisition rapide quelles que soient les conditions météorologiques, permettent d'obtenir des informations sur l'ensemble des massifs français (même les zones les plus inaccessibles).

La saison 2017-2018 est certes très intéressante mais il sera nécessaire de tenir compte de la saison 2015-2019 pour avoir des statistiques plus robustes sur la détection des dépôts d'avalanches. Nous avons débuté par les Alpes mais la méthode est généralisable pour les Pyrénées ainsi que la moyenne montagne.

Enfin, l'exploitation d'images optiques de très haute résolution comme les images SPOT 6-7 ou Pleiades (via le programme Kalideos, un programme mis en place par le CNES pour promouvoir les données spatiales), nous permettrait d'accroître la base de données de validation des débris avalancheux. Une étude a récemment démontré le fort potentiel des images satellites SPOT 6-7 comme moyen d'évaluation de méthodes de détection des débris d'avalanche. Cela a permis d'identifier manuellement plus de 18 000 avalanches lors d'une période d'étude avalancheuse en Suisse avec 73% de détections correctes (buhler et al. 2019). Les images webcams des stations d'hiver sont aussi des moyens d'évaluation à utiliser.