

Inversion de données PolSAR en bande P pour l'estimation de la biomasse forestière

La thèse s'inscrit dans le cadre des travaux préparatoires à la mission spatiale BIOMASS du programme Earth Explorer de l'ESA (Agence Spatiale Européenne), qui prévoit d'exploiter pour la première fois depuis l'espace un SAR en bande P (435 MHz), dans le but de cartographier la biomasse et la hauteur des forêts à l'échelle globale pour la période 2023-2028. L'utilisation de la bande P permet d'obtenir une sensibilité du signal inédite avec la biomasse, en lien avec ses capacités de pénétration même au travers des forêts tropicales denses. La mission BIOMASS se base sur l'utilisation conjointe de trois méthodes d'imagerie qui sont la Polarimétrie (PolSAR), l'Interférométrie (PolInSAR) et la Tomographie (TomoSAR). Ses objectifs sont de produire tous les 7 mois des cartes de biomasse et hauteur des forêts à la résolution de 4 ha, ainsi que des cartes des perturbations sévères à 0.5 ha.

La thèse s'est organisée autour du développement d'une chaîne de calcul articulée en plusieurs modules permettant d'extraire des valeurs de biomasse à partir de données PolSAR en bande P dans la perspective de cartographier la biomasse forestière de manière robuste et automatique. Les deux modules principaux consistent à estimer un indicateur polarimétrique lié à la biomasse forestière puis à l'inverser en biomasse en appliquant une méthode bayésienne construite sur des grandeurs à-priori issues d'un modèle électromagnétique prédictif (MIPERS-4D).

Une étude a été consacrée à la comparaison de différents indicateurs PolSAR permettant l'inversion de la biomasse forestière sur les différents sites expérimentaux étudiés. Cette thèse aborde la possibilité de minimiser les effets de la topographie avec une utilisation conjointe des modèles numériques d'élévation (DEM) qui donnent une approximation des pentes sous forêts et des données PolSAR à partir desquelles il est possible d'extraire des informations sur les coefficients des matrices de covariances et sur les pentes azimutales sous forêt.

Dans l'objectif d'améliorer les relations entre les coefficients de rétrodiffusion et la biomasse, la minimisation des effets de speckle a également été étudiée dans le cadre des scénarios d'acquisitions BIOMASS, supposant des adaptations des techniques de filtrage existantes pour des séries temporelles de données SLC polarimétriques. Ces travaux sur le développement d'un filtre multi canal adapté aux séries temporelles PolSAR ont été valorisés dans l'article "Multi-temporal speckle filtering of polarimetric P-band SAR data over dense tropical forests in French Guiana : application to the BIOMASS mission" (en cours de soumission à Remote Sensing), dans lequel un nouvel indicateur permettant de quantifier les performances du filtrage a également été proposé, en lien avec la capacité inédite de ces données pour caractériser les pentes azimutales du terrain.

Ces différents travaux ont permis de mettre au point une méthode d'inversion adaptable aux contraintes de généralisation spatiale et temporelle pour les futures acquisitions BIOMASS à l'échelle globale. La méthode développée repose sur la combinaison d'un indicateur issu des données PolSAR qui optimise la relation à la biomasse ainsi que d'une méthode Bayésienne minimisant les effets de dispersion à partir de fonctions de vraisemblance issues du modèle MIPERS-4D. Les conditions d'observations peuvent ainsi être prises en compte au travers de la paramétrisation du modèle, et l'application de cette méthode sur les données des campagnes aéroportées étudiées dans cette thèse ont montré son intérêt pour éviter la propagation directe des effets temporels ou de structure en biomasse.

La combinaison de ces différentes études a permis d'améliorer la méthode d'inversion tout au long de la thèse, en ouvrant également des perspectives de développement pour la consolider avec en particulier la généralisation aux indicateurs PolInSAR et TomoSAR, en vue d'une exploitation la plus complète des futures données BIOMASS.