

ON THE USE OF SYNTHETIC APERTURE RADAR DATA FOR THE STUDY OF FOREST DYNAMICS

The thesis investigates the usefulness of Synthetic Aperture Radar (SAR) data for monitoring the forest dynamics, which is characterized by some variations of the structural parameters like biomass, tree density, leaf area index, etc. Based on both large experimental databases and theoretical works, the analysis gave results for two distinct forest ecosystems that have rarely been studied with radar remote sensing: tropical forests of mangroves and temperate deciduous forests. The study of forest interannual dynamics shows that the use of different radar configurations, with at least one low frequency (P- and L-band), is required. The development of algorithms for the estimation of mangrove structural and biomass parameters was conducted with successful results. It is the first quantitative study ever realized on such typical tropical forests. Besides, this work was completed by a theoretical analysis of the polarimetric signatures of mangrove forests. For the deciduous forests, characterized by a more complicated structure, radar technique for estimation of dynamics parameters needs to be improved. Moreover, concerning the seasonal dynamics of temperate deciduous forest, the use of ERS time series gives no indication on the seasonal cycle. However, the use of high frequencies (X-band) and interferometric techniques for detecting vegetation cycles (leafy periods) remains encouraging. In the future, SAR instruments should combine low frequencies (P- and L-bands) and high frequencies (X-band). In addition, the linkage between ecological and physical models of forest ecosystems should be developed.

APPORT DES DONNEES RADAR A SYNTHESE D'OUVERTURE POUR L'ETUDE DE LA DYNAMIQUE DES ECOSYSTEMES FORESTIERS.

L'objectif de ces travaux est d'évaluer l'apport des données radar à synthèse d'ouverture pour l'étude de la dynamique des écosystèmes forestiers. La dynamique d'un écosystème forestier se traduit par la variation spatio-temporelle des paramètres structuraux du couvert végétal ; elle est étroitement liée au fonctionnement de l'écosystème. On cherche à estimer par télédétection radar les principaux paramètres caractéristiques de la dynamique du couvert ligneux (biomasses, densité d'arbres, hauteur et diamètre moyens, etc.) et du feuillage (indice foliaire, biomasse foliaire, cycle végétatif, etc.). Une des originalités de ce travail réside dans le choix de deux écosystèmes forestiers - les forêts tropicales de mangroves et les forêts tempérées caducifoliées - encore peu étudiés en télédétection radar, qui présentent une grande variété d'espèces, de stades de développement et de structures.

La démarche retenue associe une étude expérimentale et une étude théorique. L'approche expérimentale repose sur de nombreuses campagnes de mesures de terrain et un jeu conséquent de données radars aéroportées (AIRSAR, ESAR) et spatiales (ERS-1/2, JERS-1, SIR-C/X-SAR). L'approche théorique consiste à interpréter à l'aide d'outils de simulation, les relations expérimentales précédemment établies. Les travaux réalisés sur les mangroves de Guyane française, en collaboration avec le Laboratoire d'Ecologie Terrestre de Toulouse, constituent la première étude quantitative jamais réalisée en télédétection radar sur ce type de milieu. De même, les travaux menés sur la forêt de Fontainebleau, en collaboration avec le Laboratoire d'Ecologie Végétale d'Orsay, sont innovants car, à ce jour, aucune étude basée sur des séries de données de terrain et de télédétection n'a montré et expliqué les variations temporelles du signal radar sur les couverts forestiers tempérés caducifoliés.

Concernant la dynamique du couvert ligneux, les résultats les plus satisfaisants sont obtenus sur les milieux forestiers les plus simples et les plus homogènes d'un point de vue structurel. Dans ce cas, les configurations radars les plus pertinentes comprennent au moins une basse fréquence (bande P ou L). La quantité et la qualité des mesures de terrain recueillies ont permis, à l'aide d'un modèle théorique de rétrodiffusion, d'interpréter physiquement les relations expérimentales. Cette analyse théorique des signatures polarimétriques des mangroves est à la base d'une possible généralisation des résultats expérimentaux qui devrait permettre le développement et l'application d'algorithmes d'estimation des

paramètres structuraux. En revanche, pour les milieux plus complexes comme les forêts tempérées, les méthodes sont encore à affiner.

Concernant la dynamique saisonnière et la détection du cycle de feuillaison, les résultats obtenus à partir des séries temporelles de données ERS-1/2, sont décevants. En effet, les variations saisonnières du signal en bande C ne peuvent être reliées ni à la durée ni à l'amplitude du cycle végétatif. La simulation des variations temporelles de ce signal a permis d'interpréter cette absence de sensibilité. L'utilisation de fréquences plus élevées comme celles de la bande X devrait permettre d'obtenir une sensibilité plus forte aux caractéristiques du feuillage. De même, l'intérêt des techniques interférométriques pour la détection des cycle feuillaison/ défeuillaison est montré mais devra être confirmé à l'aide de nouvelles acquisitions.

Dans la perspective d'apporter des informations quantitatives sur les couverts forestiers, les futurs instruments devront associer une fréquence basse (bande P ou L) à une fréquence haute (bande X). Pour l'instant, l'intérêt des capteurs aéroportés multiconfigurations par rapport aux capteurs satellitaires monofréquences reste indéniable. Parallèlement, l'effort de modélisation doit se poursuivre pour permettre une généralisation des résultats obtenus. En particulier, des perspectives intéressantes sont attendues grâce au couplage de modèles de rétrodiffusion radar avec des modèles de dynamique forestière.