

CES ÉPAISSEUR OPTIQUE DE LA VÉGÉTATION (VOD)

À PARTIR D'OBSERVATIONS HYPERFRÉQUENCES MULTI-CAPTEURS
(SMOS, SMAP, AMSR2, ASCAT, SENTINEL-1)

Laboratoires / équipes impliqués :

IPSA, TETIS

Régions :

Global

Échelle spatiale du produit final / couverture spatiale :

La couverture spatiale et la résolution spatiale varient en fonction des capteurs, et des procédures de désagrégation utilisées;

Néanmoins, nous visons une couverture globale pour tous les produits et la résolution varie de 1 – 25 km pour SMOS, jusqu'à l'échelle parcellaire pour Sentinel-1.

Descriptif du produit avec un rappel de l'enjeu scientifique et sociétal :

La végétation, à l'interface sol-atmosphère joue un rôle majeur dans le cycle de l'eau et du carbone, et elle est à la base de la chaîne alimentaire. Le suivi du fonctionnement la végétation constitue un des axes principaux du développement de la télédétection sur les surfaces continentales. En effet, la télédétection est un outil particulièrement bien adapté au suivi long terme et global du monde végétal qui présente une grande variété en fonction des climats, des saisons, de l'altitude, etc. et des impacts anthropiques. En particulier de nombreux indices permettent de suivre la végétation en termes de type, de couverture (%), de cycle de végétation, d'indice foliaire ou de biomasse. Jusqu'à présent, la plupart des indices de télédétection sont calculés à partir de combinaisons d'observations optiques sur plusieurs canaux de fréquence (NDVI, EVI, etc.).

Dans les années 90, les premiers travaux montrant la pertinence des indices de végétation micro-onde (VOD, Vegetation Optical Depth) pour le suivi de la végétation ont été publiés. L'indice VOD est une mesure des effets d'atténuation des radiations micro-ondes par le couvert végétal (plus le couvert végétal est développé et plus il est "rempli" d'eau, plus le VOD augmente). Le VOD est ainsi bien relié au contenu en eau de la végétation (VWC, g/m²), et permet un suivi de la végétation en termes de développement saisonnier ou annuel, d'état hydrique et de biomasse (à l'échelle annuelle la moyenne du VOD est un proxy de la biomasse aérienne).

Le VOD est donc d'un indice de végétation très complémentaire des indices de végétation issus du domaine optique, d'autant que les mesures micro-ondes sont, à

basse fréquence, insensibles aux effets atmosphériques, à la couverture nuageuse, aux effets d'ombrage et d'illuminations solaires. De plus, sur des couverts denses, la mesure du VOD sature en fonction de la fréquence de mesure, mais bien moins rapidement que pour les indices optiques (par exemple, la saturation est faible jusqu'à des niveaux de biomasse forestière de 400 t / ha en bande L).

Le VOD permet donc un suivi régulier de la végétation, indépendamment des conditions météorologiques, sans nécessité de corrections atmosphériques, ni de corrections complexes de transfert radiatif (effets d'ombrage, saturation etc.).

C'est un indice dont l'utilisation se développe grâce aux séries d'observations des satellites micro-ondes passifs à basse résolution (AMRSE depuis 2002, SMOS depuis 2010, SMAP depuis 2015) et actifs (avec en particulier en bande C: ASCAT et très récemment Sentinel-1 qui dispose d'une haute résolution spatiale (~10m)).

État de maturité du produit (opérationnel immédiatement, opérationnel à fin 2017 / 2018 / 2019, dans une phase recherche amont) :

VOD dans le domaine passif (SMOS, AMSRE, SMAP, etc.)

Certains produits VOD dans le domaine passif sont déjà opérationnels (SMOS, AMSRE, SMAP, etc.). L'INRA a été pionnier dans le développement du produit SMOS VOD, en montrant la faisabilité de retrouver simultanément le VOD et l'humidité du sol à partir d'observations multi-configurations, en termes d'angles de visée, de polarisations (V, H) et de fréquence (Wigneron et al., 1993, 1995)

En particulier, pour Theia, le CESBIO-INRA a développé les produits de niveau 2 et 3 de SMOS. Récemment, l'INRA-ISPA a coordonné le développement d'un produit SMOS-IC, qui permet le calcul d'un nouvel indice SMOS-VOD très précis, et indépendant de l'utilisation de données auxiliaires (humidité issue de modèle et indice de végétation optique). Ce produit a été utilisé récemment dans plusieurs publications à haut impact (Nature Ecology Evolution, Nature Plants) dans le suivi du contenu en eau des couverts à l'échelle globale (Tian et al., 2018) et du cycle de carbone de la végétation aérienne dans les tropiques (Brandt et al., 2018; Fan et al., 2019).

Le produit SMOS-IC VOD est diffusé actuellement par l'équipe INRA-ISPA "upon request" car les procédures de filtrage (en particulier des interférences) sont complexes et dépendent des applications (il ne s'agit pas encore d'un produit clé en main)

L'enjeu des développements à conduire à l'avenir portent sur:

(i) l'amélioration du produit SMOS-IC VOD par des approches multi-orbites et des méthodes de filtrage a priori et a posteriori de l'impact des interférences (RFI).

(ii) la fusion des produits VOD issus de SMOS, SMAP et AMSR-E/AMSR2. L'objectif est d'étendre la profondeur temporelle du VOD (SMOS et SMAP), en bénéficiant de la série temporelle de AMSR-E/AMSR2 depuis 2002, et d'assurer une continuité si un des capteurs tombe en panne.

(iii) la désagrégation pour développer des produits à une résolution de l'ordre de 1 à 5 km, en s'appuyant sur des méthodes physiques (Merlin et al.) ou de Machine Learning, en combinant des données multi-capteurs (SMOS, SMAP, Sentinel -1 et -2, etc.).

VOD dans le domaine actif (ASCAT, Sentinel 1 etc.)

Il existe un produit VOD opérationnel issu de ASCAT, mais ce produit présente un peu les inconvénients des produits SMOS/SMAP (= faible résolution spatiale) sans avoir leur avantage (=faible saturation sur les couverts denses par exemple). C'est un produit surtout intéressant pour sa faible sensibilité aux interférences.

Le produit VOD issu de Sentinel-1 est en cours de développement à TETIS. Ce produit présente un très fort intérêt car les mesures S1 sont comme pour SMOS, globales, avec une bonne répétitivité temporelle (plusieurs images par mois) mais avec une résolution de l'ordre de 10 m. Une première approche d'inversion a été développée pour calculer un produit VOD à l'échelle de sites régionaux (50 x 50 km).

Il s'agira de viser à une production opérationnelle globale. Cet objectif ambitieux pose à la fois des questions en termes méthodologiques (calibration, validation, etc.) mais aussi en termes d'infrastructure de production (les données globales S1 représentent plusieurs dizaines de To).

Feuille de route / Échéancier :

- ✓ 2019/2020 : produits VOD SMOS-IC, SMAP multi-orbites globaux
- ✓ 2019/2020 : produits de démonstration S1 VOD sur des emprises limitées (~ 50 x 50 km)
- ✓ 2020/2021 : développement d'une chaîne de production opérationnelle de produits SMOS, AMSRE, SMAP fusionnés
- ✓ 2020/2021 : production S1 VOD à l'échelle nationale

Utilisation de données spatiales nécessitant des prétraitements de l'IDS (capteurs, traitements ...) :

Produits de Niveau 2A ou 3A de Sentinel-1 et Sentinel-2

Carte d'occupation du sol (CES-OSO)

La Méthode / Algorithme validée sera disponible à quelle échéance :

- ✓ 2019 pour le premier produit S1 VOD; 2020 pour le produit VOD fusionné SMOS-IC, SMAP
- ✓ Besoin de l'IDS THEIA pour passer à la phase de production : Oui

Point de contact du CES Produit :

J-P Wigneron (ISPA) et N. Baghdadi (TETIS)

[1] Wigneron J. P., Chanzy A., Calvet J. C. and N. Bruguier, 'A simple algorithm to retrieve soil moisture and vegetation biomass using passive microwave measurements over crop fields', Remote Sens. Environ. 51:331-341, 1995.

[2] Wigneron J.-P., Kerr Y. H., Chanzy A. and Y. Q. Jin (1993), 'Inversion of surface parameters from passive microwave measurements over a soybean field', Remote Sens. Environ. 46:61-72, 1993.