



CNRM, UMR 3589

SOUTENANCE DE THESE CNRM

mardi 19 octobre 2021 à 09h05

ASSIMILATION DE DONNÉES SATELLITAIRES POUR LE SUIVI ET LA PRÉVISION DES SÉCHERESSES AGRICOLES ET DES RESSOURCES EN EAU

par Anthony MUCIA (CNRM/GMME)

en visioconférence

Code bj = <https://bluejeans.com/218490517/4466?src=calendarLink>

Résumé en français :

Le suivi et la prévision des sécheresses concernent divers porteurs d'enjeux. Le suivi de l'étendue, de la gravité et de l'impact des sécheresses est nécessaire pour atténuer leurs effets. Les deux approches les plus utilisées pour le suivi des sécheresses sont la modélisation numérique et l'utilisation de données satellitaires. Les modèles représentent les processus et sont capables de simuler les échanges d'énergie et d'eau à la surface. Ils peuvent néanmoins souffrir d'une représentation trop simpliste de ces processus, de conditions initiales incorrectes et de défauts du forçage atmosphérique. Les données satellitaires permettent d'accéder à de nombreuses variables à l'échelle mondiale, de manière répétée dans le temps et à des échelles spatiales de plus en plus précises. Elles peuvent cependant être discontinues dans le temps et l'espace et toutes les variables des surfaces terrestres ne sont pas observables depuis l'espace. De plus elles sont représentatives d'un instant précis, et contrairement aux modèles numériques, n'offrent pas la possibilité de faire de la prévision. Afin d'améliorer le suivi des sécheresses, il est possible de combiner les modèles numériques et les observations satellitaires en utilisant des techniques d'assimilation de données. L'assimilation permet d'obtenir de meilleures conditions initiales et par conséquent de meilleures prévisions. Ce travail de thèse a pour objectif d'étudier l'impact de conditions de surface améliorées par l'assimilation d'observations satellitaires sur la prévisions des épisodes de sécheresses et leurs impacts sur l'agriculture et les ressources en eau. Le système d'assimilation de données pour les surfaces continentales (LDAS-Monde) développé au CNRM est utilisé. Des observations satellitaires sont assimilées dans le modèle de surface ISBA dans une série d'expériences sur les USA ainsi que sur plusieurs sous-domaines. La capacité du système à représenter et prévoir les variables de surface liées à la végétation et aux sécheresses est évaluée. L'impact de l'assimilation de trois variables différentes est analysé : l'indice de surface foliaire (« LAI »), l'humidité superficielle du sol (« SSM ») et l'épaisseur optique de la végétation dans le domaine spectral des micro-ondes (« VOD »). L'impact de l'assimilation est analysé grâce à l'utilisation de données indépendantes d'évapotranspiration, de production primaire brute de la végétation et d'humidité du sol. Sur l'état du Nebraska, le système LDAS-Monde permet de représenter la variabilité interannuelle du LAI mais aussi des rendements agricoles du maïs, y compris lors d'épisodes de sécheresse prolongés. LDAS-Monde a été amélioré et pourvu d'une capacité de prévision à courte et moyenne échéance (15 jours) en utilisant les prévisions atmosphériques du CEPMMT (ou « ECMWF »). La capacité du système à prévoir les variables de surfaces jusqu'à 15 jours d'échéances a été montrée, sur une période de deux ans. L'importance

Pour tout renseignement, contacter Y. Poirier (05 61 07 96 55)

Centre National de Recherches Météorologiques
42, Avenue G. Coriolis - 31057 Toulouse Cedex



CNRM, UMR 3589

des conditions initiales sur la qualité des prévisions a été mise en évidence. Une série d'expériences d'assimilation a été réalisée dans laquelle le VOD a été utilisé comme proxy du LAI. Cela améliore beaucoup l'échantillonnage temporel car le VOD est disponible plus fréquemment que le LAI. Après une comparaison approfondie des produits de LAI, différentes expériences assimilant le LAI, le VOD et le SSM, de manière conjointe ou séparée ont été réalisées. Ces expériences confirment l'apport de l'assimilation conjointe d'observations liées à la végétation et de l'humidité superficielle du sol. L'amélioration des conditions initiales est ensuite utilisée dans une étude de cas prospective sur la mise en place d'une fonction de transfert du système actuel vers un système d'alerte précoce des sécheresses.

Résumé en anglais :

The monitoring and prediction of droughts and its impacts is of utmost importance to stakeholders around the world. Being able to closely track the extent, severity, and impacts of drought events leads to better response and mitigation, while reducing the effects. The two most widespread approaches to do this are using numerical simulations with land surface models (LSMs) and using satellite Earth observations (EOs). Both of these approaches allow for the tracking of drought extent and severity, but both also have drawbacks. While LSMs are able to simulate consistent spatial and temporal fluxes of the land surface, they may suffer from imperfect model physics, poor initial conditions, and from the quality of the atmospheric forcing used as input. EOs are able to monitor variables globally and provide observational data at an unrivaled scale, but they can suffer from temporal gaps in coverage and a limited range of observed variables, as well as not having the ability to forecast. To facilitate better tracking and to allow the prediction of droughts, LSMs can be combined with satellite observations through a data assimilation process, improving their accuracy and providing better initial conditions for forecasts. This thesis uses the land data assimilation system LDAS-Monde developed by CNRM, the research department of the French Meteorological service (Météo-France), to investigate the impact of improving land surface conditions through data assimilation on the potential to forecast drought events and impacts to agriculture and water resources. EOs are assimilated into the ISBA (Interactions between Soil, Biosphere, and Atmosphere) LSM for a number of experiments over the contiguous United States and various sub-domains to analyze the system's capability to represent and forecast land surface variables connected to vegetation and drought. This thesis explores the assimilation of three satellite observation datasets: leaf area index (LAI), surface soil moisture (SSM), and vegetation optical depth (VOD). Results are assessed against independent datasets of evapotranspiration, gross primary production, and soil moisture. Over the U.S. state of Nebraska, it is found that LDAS-Monde is able to represent the inter-annual variability of LAI and corn yield, including the impact of significant drought years, providing a good basis for the system's potential. Using ECMWF fifteen day atmospheric forecasts, LDAS-Monde has been strengthened with forecast capacity. The system proved skillful over the two year experimental period, providing potentially useful forecasts of land surface variables up to two weeks in advance. The use of LDAS-Monde in forecast mode also showed that the initial conditions are critical to accurate surface forecasts. The use of LAI in LDAS-Monde led to strongest impact. Therefore, to test and define improvements to initial conditions with data assimilation, a series of new experiments were made. Assessed among them was the use of VOD as an LAI proxy, which constrains the model far more frequently. Comparisons of the LAI and VOD satellite products over different sub-domains and vegetation types were first performed. Additional experiments with the separate and joint assimilation of vegetation and soil moisture are also of note. These different assimilation scenarios lend proof that when following certain land surface variables, the joint assimilation of vegetation and soil moisture provides more accurate results. Improvements to the initial conditions are then taken into consideration, and a prospective case study is introduced to transition into a drought early warning system.

Pour tout renseignement, contacter Y. Poirier (05 61 07 96 55)

Centre National de Recherches Météorologiques
42, Avenue G. Coriolis - 31057 Toulouse Cedex



CNRM, UMR 3589

Composition du Jury :

Mme Catherine Ottlé, LSCE, rapporteure

M Jean-Pierre Wigneron, INRAE, rapporteur

Mme Fabienne Maignan, LSCE, examinatrice

M Gianpaolo Balsamo, CEPMMT, examinateur

M Lionel Jarlan, CESBIO, examinateur

M Clément Albergel, CNRM, directeur de thèse

M Jean-Christophe Calvet, CNRM, co-directeur de thèse

Pour tout renseignement, contacter Y. Poirier (05 61 07 96 55)

Centre National de Recherches Météorologiques
42, Avenue G. Coriolis - 31057 Toulouse Cedex