

OFFRE DE THÈSE DOCTORALE

*** English version follows ***

Potentialités des séries pluriannuelles Sentinel à haute résolution pour une meilleure connaissance des dynamiques des jachères en Afrique de l'Ouest

Laboratoire : UMR TETIS, Montpellier
www.umr-tetis.fr

Directeur de thèse : Agnès Bégué, CIRAD, UMR TETIS

École doctorale : GAIA
<https://gaia.umontpellier.fr/>

Encadrement : Raffaele Gaetano, CIRAD, UMR TETIS
Louise Leroux, CIRAD, UR AIDA

Date limite candidature : 22 Juin 2020

Date prévisionnelle de début de thèse : entre le 1er Octobre et le 1er Décembre 2020

Descriptif du sujet de thèse

Les systèmes agricoles extensifs, encore très répandus en zone tropicale, reposent généralement sur les pratiques de jachère, du fait de leur capacité à régénérer la fertilité des sols notamment à travers le maintien de réservoirs de biomasse. Leur importance a aussi été soulignée dans l'adaptation aux changements climatiques, car elles contribuent à la séquestration du Carbone dans le sol et la réduction des gaz à effet de serre [1]. De ce fait, l'estimation des surfaces en jachère est une information primordiale dans l'évaluation des performances d'un système agricole, à la fois en termes de productivité que de quantification du « stock de terres » disponible pour la mise en place de stratégies en réponse à des facteurs climatiques et/ou anthropiques. Si la documentation sur cette pratique en différentes régions du monde est importante, un inventaire régulier et exhaustif des jachères en Afrique de l'Ouest (AO), qui permettrait de mieux étudier leur dynamique spatio-temporelle (emprise et durée, stratégies d'agriculteurs, rôle du climat) [2, 3], n'existe pas. Compte-tenu des enjeux liés à cette pratique, cette thèse a donc comme objectif la définition d'un cadre méthodologique mêlant connaissances expertes et imagerie satellitaire pour la mise en place d'un système de suivi des jachères à grande échelle. En effet, la cartographie des jachères est peu prise en compte par les produits d'occupation du sol par télédétection. Au mieux, elle est abordée par des approches naïves [4] omettant toute prise en compte des spécificités liées à ces pratiques (emprise, durée, stratégie, mais aussi leur rôle dans les paysages). Afin de dépasser ces limites, et forts d'une disponibilité grandissante d'images satellitaires adaptées au suivi des paysages agricoles complexes ouest-africain (comme celles issues des missions Sentinel de l'ESA), nous allons promouvoir une approche interdisciplinaire pour (i) étudier les relations entre mise en pratique des jachères et indicateurs issus de télédétection et (ii) véhiculer ses informations dans la conception de méthodes d'analyse de séries pluriannuelles d'images pour leur identification.

Plus précisément, nous faisons l'hypothèse que l'un des principaux facteurs limitant les possibilités de cartographie automatique des jachères, allant s'ajouter à ceux liés à la disponibilité de données d'entraînement et validation, est la formalisation de la jachère comme une classe unique d'occupation des sols, alors que des facteurs tels que l'âge et/ou l'intervention humaine peuvent avoir un impact significatif sur sa réponse radiométrique. Dans le but de lever ces limites, nous allons promouvoir des approches basées sur la modélisation de l'usage des sols, qui concerne la gestion anthropique des surfaces, en termes de trajectoires d'occupation des sols, ces dernières désignant les types de couvert biophysique observés sur les surfaces [5]. Pour cela, nous allons mobiliser, en complément de l'information spectrale et

saisonniers, l'information pluriannuelle provenant de séries d'images à haute résolution spatiale optiques et radar (Sentinel-1 et -2), et ce dans le but de :

- développer une méthode de cartographie automatique d'occupation des sols par classification supervisée de séries temporelles d'images, qui soit capable de fournir une information spatiale comparable sur plusieurs années, c'est-à-dire robuste vis-à-vis des spécificités saisonnières (climatiques, paysagères, mais aussi liées à l'exploitabilité des images). Ce travail s'appuiera sur des verrous méthodologiques tels que l'adaptation de domaine et le transfert optimal [6], ainsi que sur la disponibilité d'une base de données de terrains disponible sur une zone agricole du sud-ouest du Burkina Faso (Koumbia, Province de Tuy) couvrant la période 2013-2018;
- identifier des stratégies méthodologique permettant de déployer cette approche dans le cas où seules les données de référence sur une année sont disponibles, se basant sur l'extraction de variables issues des images à partir directement de séries pluriannuelles, afin de tester leur efficacité sur d'autres systèmes de production d'Afrique de l'Ouest ayant une pratique des jachères proche (bassin arachidier du Sénégal) ou plus contrasté (*Slash and Burn* en Guinée). Cette partie sera basée sur le couplage entre modélisation experte des changements d'occupation du sol et approches *data-driven*, misant notamment sur l'utilisation de méthodes d'analyse d'images issues de l'apprentissage profond adaptées aux séries temporelles [7].

Profil souhaité

- **Prérequis** : Le sujet demande des compétences autour des méthodologies de traitement et d'analyse de données de télédétection, ainsi qu'une maîtrise des outils de développement informatique liés à ces activités (apprentissage automatique, algorithmie et programmation). Une expérience sur l'application de la télédétection à l'agriculture serait un plus.
- **Formation recherchée** : toutes formations (master ou ingénieur) fournissant des bases solides en télédétection et ses applications aux domaines de l'agriculture, l'environnement et/ou l'aménagement du territoire. Les candidats ayant un parcours autour des science des données et de l'intelligence artificielle ayant une expérience en télédétection seront également pris en considération.
- **Environnement de travail** : le doctorant sera amené à travailler principalement avec des outils de développement informatique (langage Python de préférence, modules pour l'apprentissage automatique et bibliothèques de traitement d'images de télédétection telles que l'Orfeo Toolbox). Des missions de terrain sur les sites d'études en Afrique de l'Ouest sont également envisagées.
- Le candidat devra avoir un bon niveau d'anglais à l'écrit (rédaction d'articles scientifiques dans de revues internationales), et un niveau suffisant à l'oral pour communiquer de façon autonome avec des partenaires étrangers.

Lieu d'affectation

- UMR TETIS, Maison de la Télédétection, 500 Rue J.F. Breton, Montpellier, France

Procédure de recrutement

Envoyer avant le 22 Juin 2020 un **CV détaillé** et une **lettre de motivation** aux personnes contact suivantes :

- Raffaele GAETANO, raffaele.gaetano AT cirad.fr
- Agnès BEGUE, agnes.begue AT cirad.fr
- Louise LEROUX, louise.leroux AT cirad.fr

3 à 5 candidats seront présélectionnés pour un entretien à réaliser sous peu en présentiel ou à distance.

Exploiting multi-year high-resolution Sentinel image time series for a better understanding of fallow dynamics in West Africa

PhD thesis subject description

Extensive farming systems, still widespread in the tropics, are generally based on fallow practices, because of their ability to regenerate soil fertility, particularly through the maintenance of biomass reservoirs. Their importance has also been emphasized in adaptation to climate change, as they contribute to carbon sequestration and the reduction of greenhouse gases [1]. As a result, the estimation of fallow areas is an important piece of information in assessing the performance of an agricultural system, both in terms of short-term productivity and the quantification of the "land stock" available for the establishment of strategies in response to climatic and/or anthropogenic factors. If the documentation of this practice in different regions of the world is important, a regular and exhaustive inventory of fallow land in West Africa, which would allow to better study their spatio-temporal dynamics (extent and duration, farmers' strategies, the role of climate) does not exist [2, 3]. Given the stakes involved in this practice, this thesis aims to define a methodological framework combining expert knowledge and satellite imagery for the implementation of a fallow monitoring system at large scale. Indeed, fallow mapping is poorly taken into account in real-world remote sensing based land cover products. At best, this problem is naively approached [4] omitting any consideration of the specificities related to these practices (extent, duration, strategies, but also their role in landscapes). In order to overcome these limitations, and with a growing availability of satellite images adapted to the monitoring of West African complex agricultural landscapes (such as those from ESA's Sentinel missions), we will promote an interdisciplinary approach to (i) study the relationship between fallow land use and remote sensing indicators and (ii) to convey this information in the design of methods for analyzing multi-year series of images for their identification and characterization. More precisely, we rely on the hypothesis that one of the main issues that limit the possibilities in terms of automatic mapping of fallow practices, beyond those related to lack of sufficient reference data, is the fact that fallows are mainly modeled as a specific land use class. Matter of facts, other factors such as the age and/or human intervention can have a significant impact on its radiometric response. To cope with these limitations, we are going to promote alternative approaches based on modeling land use, which concerns the anthropic management of surfaces, in terms of "land cover trajectories" at larger time scales, which on the contrary focus on the dynamics of the biophysical covers observed over surfaces [5]. To this aim, we are going to mobilize, in complement to the seasonal spectral information, the multi-year information coming from high-resolution optical and radar (Sentinel-1 and -2) imagery, to address the following specific objectives:

- develop a methodology for the automatic land cover mapping based on supervised classification of multi-sensor image time series, being capable to provide a spatial information which is consistent and comparable through multiple years (i.e., robust with respect to non-stationary seasonal specificities - climatic, related to landscape changes, but also to image availability). This part will focus on specific research on machine learning topics such as domain adaptation and optimal transfer [6], as well as on the availability of a reference data base available over an agricultural area in the South-West of Burkina Faso (Koumbia, province of Tuy), covering a period between 2013-2018;
- identify novel strategies allowing the deployment of our approach in cases where only reference data on a single year are available, based on the extraction of variables directly issued by multi-year image time series, whose efficiency will be tested on other agricultural systems with close (groundnut basin in Senegal) or contrasted (*slash-and-burn* practices in Guinea) fallow practices.

This part of the work will be based on coupling expert modeling of land cover changes with *data-driven* approaches, notably those based on the use of novel machine and deep learning techniques adapted to image time series [7].

Candidate profile

- **Prerequisites** : the PhD thesis subject mainly require skills on methodologies for remote sensing image processing and analysis, as well as the related software development tools (including machine learning). An experience on the application of remote sensing imagery to agriculture will be strongly appreciated.
- **Training profile** : students coming from any course providing solid bases in remote sensing as well as its applications in agricultural, environmental, and/or territorial monitoring and management. Candidates coming from study courses much related to data science and artificial intelligence, having an experience with the use of remote sensing data, will also be taken into consideration.
- **Work environment** : the PhD student will mainly work with software development tools (Python language programming - preferably, machine learning packages and libraries for remote sensing image processing - e.g. the Orfeo Toolbox). Field missions on West-African study sites are possible during the PhD thesis duration.
- Candidates must have a good level on written English (for the production of scientific papers in international conferences and journals), and a sufficient spoken skill to be autonomous in the exchanges with foreign partners.

Place of employment

- UMR TETIS, Maison de la Télédétection, 500 Rue J.F. Breton, Montpellier, France

Recruitment procedure

Send **before June 22, 2020** a **detailed CV** and a **cover letter presenting your motivations towards this offer** to the following contacts :

- Raffaele GAETANO, raffaele.gaetano AT cirad.fr
- Agnès BEGUE, agnes.begue AT cirad.fr
- Louise LEROUX, louise.leroux AT cirad.fr

3 to 5 candidates will be pre-selected for an interview (which can be carried out remotely).

Références

- [1] S. T. Partey, R. B. Zougmore, M. Ouédraogo, and N. V. Thevathasan, "Why promote improved fallows as a climate-smart agroforestry technology in sub-saharan africa?," *Sustainability*, vol. 9, no. 11, 2017.
- [2] M. B. Gleave, "The length of the fallow period in tropical fallow farming systems: A discussion with evidence from sierra leone," *The Geographical Journal*, vol. 162, no. 1, pp. 14–24, 1996.
- [3] L. Norgrove and S. Hauser, "Biophysical criteria used by farmers for fallow selection in west and central africa," *Ecological Indicators*, vol. 61, pp. 141 – 147, 2016. Developing and Applying Ecosystem Services Indicators in Decision-Support at Various Scales.
- [4] X. Tong, M. Brandt, P. Hiernaux, S. M. Herrmann, F. Tian, A. V. Prishchepov, and R. Fensholt, "Revisiting the coupling between ndvi trends and cropland changes in the sahel drylands: A case study in western niger," *Remote Sensing of Environment*, vol. 191, pp. 286 – 296, 2017.
- [5] J. S. Latham, C. He, L. Alinovi, A. DiGregorio, and Z. Kalensky, *FAO Methodologies for Land Cover Classification and Mapping*, pp. 283–316. Boston, MA: Springer US, 2002.
- [6] B. Tardy, J. Inglada, and J. Michel, "Assessment of optimal transport for operational land-cover mapping using high-resolution satellite images time series without reference data of the mapping period," *Remote Sensing*, vol. 11, no. 9, 2019.
- [7] D. Ienco, R. Interdonato, R. Gaetano, and D. Ho Tong Minh, "Combining sentinel-1 and sentinel-2 satellite image time series for land cover mapping via a multi-source deep learning architecture," *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 158, pp. 11 – 22, 2019.