

FICHE DE POSTE – Post-doctorat en télédétection et modélisation de la production végétale

Unité d'accueil : UMR 5126, Centre d'Etudes Spatiales de la BIOSphère

1. TITRE DU POST-DOC

Estimation des variations de production en grandes cultures sur la base des séries temporelles de télédétection, en vue de la création d'un indice destiné à l'assurance agricole.

2. DIRECTEUR DE POST-DOC

Nom : Dejoux Prénom : Jean François

Co-encadrement : Antoine ROUMIGUIE, Docteur Ingénieur, AIRBUS Defence & Space ;
Bruno BOUCHARD, Professeur, Univ. Paris Dauphine, Eric CESCHIA, Directeur de Recherches INRA

Adresse :

CESBIO, 18 Avenue Edouard Belin, bpi 2801, 31401 Toulouse Cedex 09

Téléphone : 05 61 55 85 29

email : jean-francois.dejoux@cesbio.cnes.fr

Organisme de rattachement : CESBIO/Université Toulouse 3

3. NOM DE L'UNITE – UNITE D'ACCUEIL

CESBIO UMR 5126 (Université Toulouse 3, CNRS, CNES, IRD, INRA), 18 Avenue Edouard Belin, bpi 2801, 31401 Toulouse Cedex 09

La vocation du CESBIO est de développer les connaissances sur le fonctionnement et la dynamique de la Biosphère continentale à différentes échelles spatiales et temporelles. Cette unité conduit des recherches :

- dans le domaine de l'observation et de la modélisation des surfaces continentales;
- elle participe à la définition de missions spatiales et au traitement des données de télédétection,
- et développe des méthodes d'analyse et des modélisations. Celles-ci peuvent être industrialisées et/ou mises en application de façon opérationnelle.

Coordonnées du responsable de l'unité : Laurent Polidori (laurent.polidori@cesbio.cnes.fr)

4. SUJET DU POST-DOC

4.1 Résumé de la proposition

Le sujet de post-doc porte sur l'estimation par télédétection de la biomasse de la culture colza et de sa variabilité en cas d'aléas climatiques, de facteurs environnementaux (attaque de ravageurs, maladies...) ou de modification de la conduite des cultures (e.g. suite à constat de résistance des cultures aux traitements conventionnels de lutte contre des insectes ravageurs et/ou des maladies). Les travaux porteront sur la combinaison des données de télédétection haute-résolution avec un modèle agronomique pour la mise en place d'outils opérationnels dans un contexte de suivi quasi-temps réel. La culture envisagée pour tester le concept et mettre au point la méthodologie est le colza, mais l'objectif est de pouvoir ensuite le déployer sur les autres cultures (maïs, blé). L'objectif principal est d'évaluer la variation de production. Les intérêts sont doubles :

- D'un point de vue télédétection, il s'agit d'évaluer la capacité du couplage des images satellites et d'un modèle de culture à estimer la biomasse des grandes cultures et sa variabilité lorsque ces cultures sont conduites selon des protocoles originaux/pratiques non conventionnelles ou lorsque ces cultures sont soumises à des aléas climatiques impactant directement la production (du type sécheresse)
- D'un point de vue assurance, il s'agit d'évaluer les usages de la télédétection pour l'assurance des récoltes. Au niveau de la souscription (conditions d'assurabilité, conseils), au niveau de la gestion du contrat (contrôle de la bonne conduite des cultures) ou de la gestion des sinistres (évaluation d'un dommage, appui à l'expertise, optimisation des visites d'experts). Les études porteront aussi sur le monitoring des conduites agronomiques non conventionnelles (sans insecticides, en agriculture de conservation, en bio, etc) et sur la faisabilité d'indices utilisables pour élaborer des assurances de type indiciel.

4.2 *Champs disciplinaires du post-doc ou mots-clés* : agronomie, modélisation de la production, assimilation de données, séries temporelles d'image à haute résolution, phénologie des cultures, télédétection, risques agricoles, assurance indicielle

4.3 Introduction et contexte

4.3.1 *La télédétection des risques agricoles, un thème en plein essor intéressant assureurs et filières de production*

L'assurance des risques agricoles connaît actuellement un développement important, principalement dans les économies avancées d'Amérique du Nord et d'Europe de l'Ouest. Il existe également des garanties offertes aux agriculteurs dans des économies émergentes comme l'Inde ou en Afrique, au travers d'une approche micro-assurantielle. En matière agricole, il peut être nécessaire de fonder la garantie offerte sur un modèle indiciel lorsque la qualification et quantification de la perte individuelle *in situ* est trop complexe. Un indice représentatif du risque sous-jacent est alors développé et sa valeur conditionne les versements d'indemnités. Il peut aussi être opportun d'utiliser des indices en appui des techniques traditionnelles d'expertise pour des assurances de type « indemnitaire ». Les applications de l'approche indicielle de l'assurance, particulièrement en agriculture, font l'objet d'attention accrue de la part des acteurs de la filière, des assureurs et réassureurs, des pouvoirs publics et de la communauté scientifique.

Pour développer le savoir sur l'assurance agricole, un partenariat de recherche avait été initié entre :

- La Fondation Institut Europlace de Finance, qui a pour objet de développer la recherche

fondamentale et appliquée sur des thèmes qui intéressent les professionnels des métiers financiers ;

- Pacifica, filiale d'assurance dommages de Crédit Agricole Assurances, qui souhaite contribuer aux progrès dans ce champ par le développement d'approches quantitatives, financières et assurantielles innovantes ;
- AIRBUS Defence & Space, spécialiste en imagerie satellitaire et géo-information, qui souhaite contribuer au développement de nouveaux indices, de nouvelles applications, ouvrant de larges perspectives à l'industrie financière et assurantielle ;
- La Fondation Grameen-Crédit Agricole, accompagnateur des institutions de micro-finance et social business dans les pays en développement, avec un accent particulier sur le secteur agricole et rural, qui est associée aux travaux liés à la micro- assurance.

Cette Initiative de recherche est intitulée *Risques et protection financière des agriculteurs* et a pour objectif de :

- Développer la recherche scientifique concernant les déterminants de la production végétale et les recherches méthodologiques concernant le développement des produits d'assurance et de couverture des risques des activités agricoles – météorologie, volatilité des prix matières premières et de l'énergie, etc. ;
- Développer la recherche scientifique sur les assurances de type indiciel et sur les technologies satellitaires qui les alimentent, notamment en vue de leur application en micro-assurance, garantie sur les fourrages, etc. ;
- Contribuer à la recherche et à la formation de haut niveau sur ces sujets, avec les meilleurs spécialistes ;
- Diffuser la connaissance et la compréhension de ces thèmes auprès des acteurs économiques concernés en France et en Europe.

Dans le cadre de l'Initiative de recherche *Risques et protection financière des agriculteurs*, suite à une première thèse et un post-doctorat portés sur la consolidation et l'amélioration d'une méthode de production d'un indice pour l'assurance multirisque sur les prairies (Roumiguié, 2016 ; Roumiguié et al., 2015, 2016), il est proposé ici un sujet de post-doctorat en télédétection et modélisation végétale, permettant d'établir de nouveaux indices permettant d'adresser de nouvelles cultures.

Compte-tenu de la thématique du Post-Doc et des axes de recherche conduits par le CESBIO, l'IDR fait appel à ce laboratoire pour encadrer les travaux.

4.3.2 Problématique du post-doc

La méthode indicielle est envisagée dans le domaine de l'assurance agricole pour mesurer l'impact du climat sur la production agricole (production de biomasse ou rendement). Elle peut être utilisée seule ou en appui des techniques traditionnelles d'expertise. Elle est susceptible de caractériser l'impact :

- d'évènements aléatoires qui peuvent être par exemple des sécheresses ou des inondations ;
- de modifications de conduites des cultures (par exemple arrêt total de traitement insecticide et transition vers l'usage de méthode de lutte raisonnée sous l'effet de résistance répétée des cultures à des traitements conventionnels).

Jusqu'à récemment les déploiements de ces méthodes indicielles ont été basés sur des données

météorologiques issues des réseaux nationaux. Il s'agissait surtout de la pluviométrie, de la température et dans certains cas de l'évapotranspiration potentielle. Ce type de mesures est bien maîtrisé sur le plan technique et accepté par les professionnels de l'assurance comme de leurs clients. Cependant, ces mesures sont difficilement spatialisables si le nombre de points d'observation n'est pas suffisant ou si le milieu est complexe sur le plan climatique (zones à reliefs contrastés).

Avec le développement de la télédétection satellitaire, on dispose d'un ensemble de données aux caractéristiques variables et complémentaires (résolutions spatiale, spectrale et temporelle) qui permettent un suivi continu de l'état de la végétation sur de grandes emprises géographiques et à une résolution spatiale plus ou moins fine (pixels de quelques centaines à quelques dizaines de mètres de côté).

4.4 Questions posées et méthodologie

Airbus Defence and Space dispose de chaînes de production sur le cloud permettant d'obtenir des cartes biophysiques (LAI, fAPAR, Chlorophylle, fCover, etc.) à partir d'images satellites Haute-Résolution (Sentinel-2, Landsat8, Pléiades, Spot 6/7) sur de larges étendues, dans des conditions de quasi-temps réel. Cette nouvelle capacité de production représente un intérêt important pour toutes les applications qui requièrent des informations précises de l'état des couverts végétaux avec des délais rapides de mise à disposition.

Le couplage de ces données avec un modèle agronomique permettra d'accéder à une information de production de biomasse au cours du cycle de production. Un modèle mécaniste a d'ores et déjà été identifié pour le post-doctorat. Il s'agit de SAFY (Simple Algorithm For Yield estimates), développé au sein du CESBIO par Duchemin *et al.* (2008). SAFY est un modèle agro-météorologique basé sur le principe de la relation de Monteith, appliqué au suivi de la culture de blé sous climat semi-aride (Maroc). Il a depuis été mis en œuvre sur des cultures de maïs, tournesol et soja (Claverie *et al.* 2012, Veloso, A., 2014, Battude *et al.* 2016, Betbeder *et al.* 2016, Fieuzal *et al.* 2017). Il n'a jamais été utilisé sur la culture de colza.

Dans le travail de post-doc proposé ici, le contrat proposé vise à :

- Mettre en forme et mobiliser un jeu de données « terrain » de calibration/validation.
- Définir une méthode robuste d'assimilation des données satellites dans un contexte de 'temps réel'.
- Appliquer cette méthode pour la calibration du modèle.
- Valider les résultats obtenus sur la base des mesures terrains disponibles.

L'enjeu principal de ces travaux consistera à appliquer ce modèle dans un contexte assurantiel en s'adaptant aux contraintes sous-jacentes (accessibilité aux données relatives à la parcelle, contour géographique, disponibilité de données de validation, contexte international, etc.).

4.5 Résultats attendus et perspectives

La qualité des estimations de production sera suffisamment précise pour garantir la fiabilité de l'indice. Les résultats du Post-Doc devront conduire à la mise en œuvre d'un test de produit d'assurance pour la culture ciblée et dans une région identifiée et/ou aider à la mise en œuvre de produits d'assurance pour d'autres grandes cultures.

Nous visons la publication de divers articles scientifiques dans des revues de rang A telles que Remote Sensing ; International Journal of Applied Earth Information and GeoInformation ; European Journal of Agronomy ; Remote Sensing of Environment.

4.6 Collaborations nécessaires pour le sujet

Le post-doctorant bénéficiera du co-encadrement d'Antoine Roumiguié, docteur-ingénieur AIRBUS Defence & Space, de Jean François Dejoux (CNRS) et Eric Ceschia (INRA) du CESBIO et de Bruno Bouchard, Professeur, Univ. Paris Dauphine.

Le dialogue entre les partenaires de l'initiative de recherche *Risques et protection financière des agriculteurs* et le CESBIO permettra de soutenir le/la post-doctorant-e dans sa démarche.

4.7 Conditions de réalisation du post doctorat (moyens financiers ou techniques et humains) et opportunités de professionnalisation (débouchés professionnels prévisibles)

Le post-doc bénéficie du soutien financier, technique et humain de l'initiative de recherche *Risques et protection financière des agriculteurs*. Il aura en particulier accès à différentes sources de données pour mener à bien ses travaux :

- Des données issues des expertises réalisées par Pacifica pour des sinistres survenus sur ces cultures.
- Des données de télédétection : accès aux chaînes de traitement d'AIRBUS DS pour le calcul de paramètres biophysiques (accès aux données brutes comme aux données traitées).
- Des données de terrain : mise à disposition d'une base de données sur la culture du colza, acquise dans le cadre d'un projet de recherche (« Colza Digital ») associant différents partenaires (AIRBUS, Terres Inovia, CESBIO, Axérial, Terrena, Hi-Phen). Dans le cadre de ce projet de recherche 14 parcelles agricoles de colza ont fait l'objet d'un suivi agronomique au sol durant les campagnes 2017/18 et 2018/19. Ces parcelles ont été réparties entre les partenaires en charge de ces mesures (Axérial, Terrena et Terres Inovia). Dans chaque région, une diversité des conditions de culture (pédo-climat et systèmes de culture) a été recherchée. La distribution des parcelles est la suivante : Berry (2 parcelles lors de la campagne 2017/18 et 2 parcelles lors de la campagne 2018/19), région d'Angers (4 parcelles en 2018/19), région Toulousaine (12 parcelles en 2017/18 et 8 parcelles en 2018/19).

Au sein de chaque parcelle, l'étude a porté sur une zone de quelques centaines de mètres carrés. Les principales observations consistent en un suivi de poids de matière aérienne fraîche et sèche toutes les 3 ou 4 semaines d'octobre à juin sur 2 ou 3 placettes de 1 m² chacune. Ont également été observés la hauteur de la végétation et l'état sanitaire de la culture. L'itinéraire technique et le rendement à la parcelle ont été collectés auprès des agriculteurs. Les données météorologiques ont été collectées par Terres Inovia pour chaque parcelle et chaque campagne agricole (données issues soit de station installée in-situ sur la parcelle agricole, soit de station Météo France située à proximité de la parcelle agricole).

Chaque parcelle agricole a fait l'objet d'un suivi drone et satellite.

- Suivi satellite : Lors des 2 campagnes agricoles, les parcelles de colza ont été suivies tout au long du cycle de la culture par images satellites à l'aide de deux capteurs

Sentinel2 et Landsat8. Pour chaque image exploitable, les variables suivantes ont été calculées :

- Variables biophysiques (modèle Airbus d'inversion de modèle de transfert radiatif prenant en compte, entre autres, des paramètres liés à la plante) : GLAI (indice de surfaces vertes : feuilles, tiges, siliques vertes), PAI (indice de surface totale : GLAI + parties non vertes des plantes) et Cab (indice de chlorophylle) ;
 - Indices de végétation (calculés uniquement à partir des réflectances à différentes longueurs d'ondes) : NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), CI green (même calcul que le NDVI en remplaçant la bande rouge par la bande verte), NDRE (Normalized Difference Red Edge Index) et MCARI2 (Modified Chlorophyll Absorption Ratio Index).
- Suivi drone : Lors de la campagne 2017/8, les 14 parcelles de colza ont été survolées à 10 dates pendant l'ensemble du cycle, de façon concomitante aux observations réalisées au sol (à, au plus, 4 jours près). Lors de la campagne 2018/19, les 12 parcelles de colza situées dans le Berry et dans la Région d'Angers ont été survolées à 4 ou 5 dates de février à juin 2019. Lors des 2 campagnes, les prises de vues ont été réalisées avec le capteur multispectral Micasense à 5 bandes. Les mêmes variables (variables biophysiques et indices de végétation) calculées sur les images satellites ont été calculées sur les images drone.

Les débouchés professionnels sont à même d'être facilités par l'expérience d'un travail motivé par les entreprises partenaires. Le post-doctorant sera hébergé à Toulouse dans les locaux d'AIRBUS DS et du CESBIO.

4.8 Bibliographie annexe

Roumiguié, A., Sigel, G., Poilvé, H., Bouchard, B., Vrieling, A., Jacquin, A., 2017. Insuring forage through satellites: testing alternative indices against grassland production estimates for France. *International Journal of Remote Sensing*, 38, 7, 1912-1939.

Duchemin, B., Maisongrande, P., Boulet, G. and Benhadj, I., 2008. A simple algorithm for yield estimates: Evaluation for semi-arid irrigated winter wheat monitored with green leaf area index. *Environmental Modelling & Software*, 23(7): 876-892.

Claverie, M., Demarez, V., Duchemin, B., Hagolle, O., Ducrot, D., Marais-Sicre, C., ... Fieuzal, R., 2012. Maize and sunflower biomass estimation in southwest France using high spatial and temporal resolution remote sensing data. *Remote Sens. Environ.* 124, 844-857.

Veloso, A., 2014. Regional Estimates of the Production, Fluxes and Budgets of Carbon and Water for Winter Wheat by Using High Resolution Remote Sensing Data Combined with a Crop Model: Application to Southwest France. Doctoral dissertation. Université Toulouse III-Paul Sabatier, Toulouse, France. http://www.cesbio.ups-tlse.fr/data_all/theses/Th_Veloso_2014.pdf.

5. PROFIL DU CANDIDAT

Formation : Doctorat en télédétection et/ou modélisation des cultures.

Spécialisation : Bonnes connaissances en agronomie, physique/télédétection, et méthodes mathématiques de traitement des données.

Langue(s) : Bonne connaissance des langues française et anglaise.

Mobilité : Missions de terrain et conférences en France et à l'étranger à prévoir.
Aptitudes : Intérêt démontré pour la recherche appliquée en télédétection, production agricole et risque climatique et pour le développement de techniques innovantes. Bonne aptitude à l'analyse et à la modélisation.

6. CANDIDATURE

Le dossier de candidature doit comprendre :

- un curriculum vitae détaillé ;
- une lettre de motivation ;
- une ou deux lettres de recommandation ;
- l'attestation de doctorat ainsi que le rapport de soutenance de Thèse et les rapports concernant le manuscrit

Les candidats retenus seront conviés à un entretien. Merci d'envoyer votre dossier de candidature, par email et **avant le 01/02/2020**, à :

CESBIO

E-mail : jean-francois.dejoux@cesbio.cnes.fr

AIRBUS Defence & Space

E-mail : antoine.roumiguie@airbus.com

Début du contrat : hiver 2020

Durée : 18 mois

Salaire : 2258,65 euros brut mensuel

Lieux principaux : Toulouse, AIRBUS Defence & Space et CESBIO

Modalités d'embauche : Le post-doctorant sera employé par la fondation « Institut Europlace de Finance » (EIF) avec des conventions d'accueil chez AIRBUS Defence & Space et à l'Université Toulouse 3