

Offre de stage de M2 : Confrontation des approches GRAFS et STICS pour l'évaluation de la production agricole territoriale

1. Contexte scientifique

Le fonctionnement des systèmes agricoles et agro-alimentaires peut être représenté à partir de différents outils de modélisation. Ces outils sont le plus souvent élaborés de manière indépendantes les uns des autres, sont adaptés à différents usages, voire utilisateurs, et visent au départ à répondre à différentes questions de recherche. En France, les approches GRAFS (Generalized Representation of Agro-Food Systems) et STICS (Simulateur mulTIdisciplinaire pour les Cultures Standard) sont emblématiques de tels développements parallèles. **L'approche STICS** est un modèle mécaniste, fondé sur une description détaillée de la physiologie des plantes et des interactions sol-climat, qui calcule la production agricole en intégrant successions culturales et itinéraires techniques. À l'échelle nationale, des simulations STICS existent déjà pour 31 000 unités spatiales, mobilisant les bases SAFRAN (climat), Infosol (sols), RPG (successions culturales) et enquêtes Agreste (itinéraires techniques). **L'approche GRAFS** propose une formalisation empirique des flux de matière associés au système agro-alimentaire, à partir de données statistiques (Agreste, Eurostat, FAOstat). C'est donc d'abord une approche de comptabilité biogéochimique. La partie prédictive du modèle concernant la production agricole repose sur la mise en évidence d'une relation robuste entre apports azotés totaux au sol et rendements agricoles agrégés à l'échelle de la rotation, exprimée par une fonction hyperbolique caractérisée par un seul paramètre Y_{max} , représentant le contexte pédo-climatique. Ce paramètre peut se calculer très simplement à partir des données de production agricole et de fertilisation à l'échelle de la rotation (exprimées en azote). Confronter ces deux démarches empirique et mécanistique permet de tester la robustesse du cadre simplifié de GRAFS, affiner l'interprétation de Y_{max} et mieux comprendre les déterminants pédoclimatiques et techniques de la production agricole.

2. Question de recherche

Les simulations par STICS corroborent-elles la relation empirique entre apports totaux d'azote et rendements agricoles agrégés, telle que formalisée dans GRAFS ? Cette question très large peut être précisée pour mieux y répondre : Quelle est la valeur et la distribution spatiale du paramètre Y_{max} dérivées de STICS, et comment se comparent-elles aux estimations issues des données statistiques traitées par GRAFS ? Les variations des pratiques de fertilisation (agroécologiques, raisonnée, intensive) influencent-elles ce paramètre, ou bien Y_{max} demeure-t-il invariant dans un contexte pédo-climatique donné comme attendu ? D'autres facteurs tels que l'irrigation ou les variations climatiques permettent-elles de rendre compte des variations de Y_{max} et, si oui, cela permet-il de mieux comprendre les déterminants de la relation rendement-fertilisation ?

3. Travail attendu pour le stagiaire

Le stage consistera à exploiter les bases de résultats STICS déjà disponibles pour réaliser une série d'analyses comparatives :

1. **Agrégation spatiale** : comparer les résultats STICS agrégés à l'échelle des départements (ou des anciennes régions administratives) avec ceux produits par GRAFS, en termes de d'estimation du paramètre Y_{max}
2. **Analyse spatiale fine** : cartographier la distribution du paramètre Y_{max} à partir des 31 000 unités STICS et analyser sa variabilité spatiale et ses déterminants pédoclimatiques.

3. **Robustesse de la relation empirique** : comparer les valeurs de Ymax issues de simulations STICS pour différents scénarios de fertilisation, afin de tester l'hypothèse d'invariance de Ymax.

Profil recherchée : Etudiant.e en master d'Agronomie, sciences de l'environnement, biologie, géosciences (avec un intérêt prononcé pour l'agronomie).

Compétences recherchées : Le/la stagiaire mobilisera des compétences en **traitement de données** (excel, R ou Python), **analyse statistique et spatiale** (SIG), ainsi qu'une **compréhension des modèles agronomiques**.

Déroulé du stage : Le stage durera 5 à 6 mois et devrait commencer en Février 2026. Il se déroulera à L'Institut AgroSup de Toulouse et l'encadrement sera assuré par Hélène Raynal, Gilles Billen et Julia Le Noë.

Modalités de candidature : Merci d'envoyer votre CV, lettre de motivation et relevé de note du M1 aux adresses suivantes : helene.raynal@inrae.fr ; julia.lenoe@ird.fr ; gilles.billen@sorbonne-universite.fr

Références :

Sur GRAFS :

Lassaletta L., Billen G., Grizzetti B., Anglade J., Garnier J. (2014). 50 year trends in nitrogen use efficiency of world cropping systems: the relationship between yield and nitrogen input to cropland. Environ. Res. Lett. 9. DOI:10.1088/1748-9326/9/10/105011

Le Noë J, Billen G, Garnier J (2017). How the structure of agro-food systems shapes nitrogen, phosphorus, and carbon fluxes: the Generalized Representation of Agro-Food System applied at the regional scale in France. Science of the Total Environment 586: 42–55.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.02.040>

Billen G, Aguilera E, Einarsson R., Garnier J, Gingrich S, Grizzetti B, Lassaletta L, Le Noë, J, Sanz-Cobena A. (2024) Beyond the Farm to Fork Strategy: methodology for designing a European agro-ecological future. Sci Total Environ 908:168160.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168160>

Sur STICS:

Brisson, N., Launay, M., Mary, B., Beaudoin, N., 2008. Conceptual Basis, Formalisations and Parameterization of the Stics Crop Model, Editions Quae.

Willaume M., Raynal H., Bergez J-E., Constantin J., Optimization of nitrogen management and greenhouse gas balance in agroecological cropping systems in a climate change context. *Agricultural Systems*, 2025, 222, pp.104182. [10.1016/j.agsy.2024.104182](https://doi.org/10.1016/j.agsy.2024.104182). [hal-04783333](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04783333)



Launay C. Insertion of energy cover crops in cropping systems in France : multi-scale assessment of potential production and water-nitrogen-carbon impacts.. Agricultural sciences. Université Paris-Saclay, 2023. English. [\(NNT : 2023UPASB036\)](#). [\(tel-04207003\)](#)