

Sujet de stage :

Estimation des paramètres variétaux de variétés commerciales de blé à partir de l'assimilation des données satellitaires à haute résolution spatiale dans le modèle de culture SiriusQuality

Mots-clés :

Blé tendre, télédétection, évaluation des variétés, estimation Bayésienne, phénotypage à haut débit, indice de surface foliaire verte

Localisation :

UMR EMMAH (équipe CAPTE) – INRAE-UAPV, Avignon avec possible déplacements occasionnels à l'UMR LEPSE (équipe MAGE) – INRAE-Institut Agro, Montpellier

Contexte :

L'amélioration variétale offre des opportunités pour augmenter la variabilité génétique des plantes. Cela représente un énorme potentiel pour l'amélioration des espèces cultivées dans un contexte d'accroissement de la demande alimentaire mondiale et de nécessité d'avoir une agriculture durable. Néanmoins, la contribution réelle de ces avancées pour augmenter la productivité des cultures nécessite d'identifier les liens entre les caractéristiques génétiques des plantes (le génotype) et les processus biologiques qui produisent une réponse différenciée des plantes aux conditions environnementales (le phénotype) (Tardieu et al., 2017).

L'observation de caractéristiques phénotypiques des plantes représente une première étape pour établir des liens entre le génotype et le phénotype. Ces dernières années, des plateformes de phénotypage au champ sont devenues opérationnelles (Araus & Cairns, 2014). Elles permettent d'acquérir automatiquement et à haut débit de multiples traits des plantes cultivées (surface foliaire, hauteur, densité d'épis...) pour des essais conduites sur de nombreuses espèces et variétés dans des environnements différents, grâce à divers types de capteurs (Rebetzke et al., 2019). De plus, grâce aux nouvelles constellations de satellites à haute résolution spatiale (≤ 10 m) comme Sentinel-2 ou PlanetScope, la télédétection peut fournir des observations globales de traits essentiels tels que l'indice de surface foliaire verte (GAI), ou la fraction du rayonnement interceptée (fIPAR) à un coût très bas, par rapport aux plateformes de phénotypage au champ. Cette utilisation du satellite constitue une approche originale dans les domaines de la phénologie, de la sélection et de l'évaluation variétale, ainsi que de l'agriculture de précision.

Tous ces traits sont le résultat des interactions entre le génotype et l'environnement (GxE), et constituent des indicateurs du comportement des plantes dans un environnement donné (sol, climat, techniques culturales). Néanmoins, ces traits ne permettent pas de prédire la performance des espèces et variétés étudiées (biomasse, rendement, bilan carbone et azote) dans des environnements différents (Araus et al., 2022; Cabrera-Bosquet et al., 2012; Cobb et al., 2013). En résumé, un lien étroit entre génotype et phénotype reste encore à établir (Fiorani & Schurr, 2013). C'est l'objectif principal du projet de recherche FFAST (2022-2026) financé par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR).

Objectifs du stage :

Le stage, financé par l'Institut de Convergence #DigitAg, s'inscrit dans le cadre du projet ANR FFAST, coordonné par l'équipe CAPTE, qui cherche à développer une nouvelle méthode analytique de phénotypage haut-débit assistée par modèle. Des observations à haut débit de la structure du blé acquises avec des plateformes de phénotypage pour différentes variétés ainsi que des données satellitaires à haute résolution spatiale et temporelle seront assimilées dans le modèle de culture du fonctionnement du blé SiriusQuality (SQ) pour estimer des valeurs de paramètres du modèle caractérisant chaque variété. **Le but de ce stage est d'évaluer l'intérêt d'assimiler ces données satellitaires dans SQ en complément d'observations de phénotypage haut débit pour caractériser les comportements de variétés de blé tendre dans différents environnements.**

Le travail du stage consistera à :

- la construction d'un jeu de données d'assimilation à partir des séries temporelles d'observation du GAI et du fIPAR par télédétection, météo, sol, itinéraire technique et phénologie (observation terrain) acquises pendant les deux années de culture étudiées ;
- la proposition d'un modèle d'erreur dans le système bayésien DREAM(zs) (Laloy & Vrugt, 2012; Vrugt, 2016) adapté pour prendre en compte à la fois des observations issues de différents instruments de mesures (phénotypage haut débit et télédétection) et des contextes d'information variés concernant les données d'entrées du modèle (plateformes d'expérimentation et parcelles agriculteurs) ;
- l'identification et l'estimation des paramètres variétaux de SQ qui décrivent le comportement des variétés de blé étudiées en fonction de l'environnement et la caractérisation de l'apport de la prise en compte des données satellitaires pour leur estimation.

Le système d'estimation des paramètres variétaux de SQ est déjà implémenté et repose sur le package R [CromptimizR](#) développé à l'UMR EMMAH. Il est déjà testé sur des données destructives et de phénotypage haut débit acquises dans des plateformes expérimentales. Les estimations seront mises en œuvre sur le cluster de calcul du mésocentre meso@LR. L'étudiant.e rejoindra la communauté #DigitAg, qui offre de nombreuses opportunités pour développer un réseau professionnel.

Coordonnées des responsables :

- Daniel Pasquel (daniel.pasquel@inrae.fr) – Postdoctorant (modélisation des cultures, assimilation de données) (maître de stage)
- Raul Lopez-Lozano (raul.lopez-lozano@inrae.fr) – Chargé de Recherche (télé et proxi-détection), coordinateur du projet FFAST
- Samuel Buis (samuel.buis@inrae.fr) – Ingénieur de Recherche (calcul scientifique)
- Pierre Martre (pierre.martre@inrae.fr) – Directeur de Recherche (écophysiologie et modélisation), directeur de l'UMR [LEPSE](#)
- Marie Weiss (marie.weiss@inrae.fr) – Ingénieure de Recherche (télé-détection)

Durée du stage : 6 mois

Début souhaité : courant mars

Profil : Master/Ingénieur (Bac+5) formation en agronomie ou statistiques / mathématiques appliquées

Indemnités de stage : environ 650€ mois, soit 4,35€/h sur barème 2024 (+ subvention pour les repas et transports en commun).

Compétences recherchées : connaissance du langage R, organisation, travail en équipe, avoir déjà manipulé des données de télé-détection serait un plus

Langues : Français, Anglais

Bibliographie

- Araus, J. L., Buchaillet, M. L., & Kefauver, S. C. (2022). High Throughput Field Phenotyping. In M. P. Reynolds & H.-J. Braun (Éds.), *Wheat Improvement* (p. 495-512). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-90673-3_27
- Araus, J. L., & Cairns, J. E. (2014). Field high-throughput phenotyping : The new crop breeding frontier. *Trends in Plant Science*, 19(1), 52-61. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2013.09.008>
- Cabrera-Bosquet, L., Crossa, J., Von Zitzewitz, J., Serret, M. D., & Luis Araus, J. (2012). High-throughput Phenotyping and Genomic Selection : The Frontiers of Crop Breeding Converge. *Journal of Integrative Plant Biology*, 54(5), 312-320. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7909.2012.01116.x>
- Cobb, J. N., DeClerck, G., Greenberg, A., Clark, R., & McCouch, S. (2013). Next-generation phenotyping : Requirements and strategies for enhancing our understanding of genotype–phenotype relationships and its relevance to crop improvement. *Theoretical and Applied Genetics*, 126(4), 867-887. <https://doi.org/10.1007/s00122-013-2066-0>
- Fiorani, F., & Schurr, U. (2013). Future Scenarios for Plant Phenotyping. *Annual Review of Plant Biology*, 64(1), 267-291. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-050312-120137>
- Laloy, E., & Vrugt, J. A. (2012). High-dimensional posterior exploration of hydrologic models using multiple-try DREAM (zS) and high-performance computing. *Water Resources Research*, 48(1), 2011WR010608. <https://doi.org/10.1029/2011WR010608>
- Rebetzke, G. J., Jimenez-Berni, J., Fischer, R. A., Deery, D. M., & Smith, D. J. (2019). Review : High-throughput phenotyping to enhance the use of crop genetic resources. *Plant Sci.*, 282, 40-48. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2018.06.017>
- Tardieu, F., Cabrera-Bosquet, L., Pridmore, T., & Bennett, M. (2017). Plant Phenomics, From Sensors to Knowledge. *Current Biology*, 27(15), R770-R783. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.05.055>
- Vrugt, J. A. (2016). Markov chain Monte Carlo simulation using the DREAM software package : Theory, concepts, and MATLAB implementation. *Environmental Modelling & Software*, 75, 273-316. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2015.08.013>