

# Offre de thèse

## Comprendre la plasticité des composantes du rendement pré- et post-anthèse pour améliorer la prédiction des interactions Génotype x Environnement chez le blé tendre

### Contexte et résumé

Historiquement, les améliorations importantes du rendement des cultures ont largement résulté de la maximisation des traits constitutifs, plus faciles à sélectionner. Cela a été illustré par la révolution verte des années 1960, lorsque les rendements des variétés de blé se sont améliorés en grande partie grâce à une augmentation de l'indice de récolte (Hay, 1995) associée à une taille de plante plus petite (Borlaug, 1971). Cependant, pour chacun de ces caractères, des limites physiques seront bientôt atteintes. Par exemple, l'efficacité d'utilisation du rayonnement peut déjà être à 70 % du maximum théorique dans les cultures C3 et C4, et les cultures ne peuvent pas intercepter plus de rayonnement qu'elles en reçoivent (Long et al., 2006). De même, l'optimisation de la durée des phases de croissance est limitée par le cycle de croissance global. En revanche, la sélection pour des processus adaptatifs ouvre la voie à une nouvelle révolution du rendement. La variation génétique des processus adaptatifs affecte fortement les performances de génotypes spécifiques dans différents environnements. Cela conduit à des changements dans les classements de performance, les interactions Génotype x Environnement (GxE) : les meilleures lignées dans un environnement peuvent sous-performer dans un autre. Notre manque de compréhension des processus adaptatifs limite fortement l'efficacité de la sélection. Cependant, si nous pouvons démêler la complexité des interactions GxE, nous pouvons créer de nouvelles opportunités pour identifier de nouvelles sources d'améliorations potentielles du rendement, et plus particulièrement de sa stabilité. L'une des étapes clés pour augmenter la stabilité du rendement est de pouvoir comprendre et prédire quels traits adaptatifs sont favorables dans quelles conditions environnementales. L'identification des déterminismes génétiques de ces caractères pourrait également faciliter leur sélection. Enfin, la prédiction génomique est un outil prometteur pour augmenter l'efficacité de la sélection, en particulier grâce à des modèles capables de prédire les interactions GxE du rendement dans des environnements spécifiques.

Ce projet de thèse s'inscrit dans le cadre du Laboratoire International Associé « WheatACE » entre l'unité INRAE Génétique, Diversité et Ecophysiologie des Céréales située à Clermont-Ferrand et l'université du Queensland en Australie (Queensland Alliance for Agriculture and Food Innovation), qui étudie la plasticité des processus pré- et post-floraison à l'origine des interactions Génotype x Environnement du rendement. Ce LIA développe des méthodes pour phénotyper les principaux caractères adaptatifs du blé tendre et décrypter leurs déterminismes génétiques, ainsi que des modèles de prédiction génomique GxE améliorant la capacité prédictive pour le rendement.

### Description détaillée du programme de travail

Le/la doctorant.e sera en charge de caractériser la plasticité phénotypique des processus pré- et post-floraison au sein d'un panel de plus de 450 blés tendres de diversité mondiale. Sur cette base, il/elle identifiera les stratégies d'élaboration du rendement les plus performantes dans différents types de scénarios environnementaux. Enfin, il/elle développera de nouveaux modèles de prédiction génomique originaux pour le rendement, s'appuyant sur une caractérisation environnementale fine et tirant parti de la

connaissance acquise sur la plasticité des composantes du rendement.

La plasticité phénotypique sera estimée à travers un réseau d'essai composé de plus de 30 essais, en France principalement, pour lesquels les données sont déjà disponibles. La plasticité des processus pré-floraison sera évaluée en particulier pour le tallage, et la plasticité des processus post-floraison sera évaluée pour la sénescence, appelée stay-green.

Un travail d'envirotypage fin sera réalisé sur le réseau expérimental, grâce aux données environnementales collectées dans chaque essai et à un travail de modélisation écophysologique, réalisé en collaboration avec l'université du Queensland grâce au modèle de culture APSIM (Chenu et al. 2013). Ce travail conduira à la définition d'idéotypes pour la plasticité des composantes du rendement dans différents types d'environnements (Chenu et al. 2011).

De nouveaux modèles de prédiction génomique seront développés pour améliorer la prédiction de la performance des individus dans des environnements connus ou de nouveaux environnements grâce à l'utilisation de covariables environnementales (Tolhurst et al. 2022; Piepho and Blancon 2023). Les connaissances acquises sur la plasticité des composantes du rendement seront valorisées dans les nouveaux modèles proposés selon différentes approches.

## Conditions de réalisation de la thèse

Le financement de cette thèse est déjà acquis. Elle sera hébergée sur le site INRAE de Crouël, à Clermont-Ferrand (63), dans l'unité GDEC. Le.la doctorant.e sera accueilli.e dans l'équipe PRESAGE. L'encadrement sera composé de Justin Blancon (INRAE GDEC), Karine Chenu (Université du Queensland) et Jacques Le Gouis (INRAE GDEC) et s'appuiera sur des réunions en visioconférence et des outils collaboratifs (Teams pour les messages quotidiens, Gitlab pour le partage de scripts, Nextcloud pour le partage de documents et les comptes-rendus de réunions). Le.la doctorant.e réalisera un séjour de 4 à 6 mois à l'Université du Queensland en Australie au cours de la première année de thèse pour bénéficier des deux environnements scientifiques et acquérir des compétences en modélisation écophysologique.

La thèse démarrera dans un contexte favorable, avec un jeu de données solide d'ores et déjà disponible pour le panel de diversité au niveau génétique et phénotypique, qui sera complété au cours de la thèse, ainsi qu'un jeu de données complémentaire disponible pour un panel élite. L'accès au clusters de calcul INRAE et de l'Université Clermont-Auvergne garantit les ressources nécessaires à l'utilisation des modèles écophysologique et génétique.

## Formation et compétences recherchées

- Diplôme minimum requis : Master ou équivalent
- Formation recommandée : Parcours en agronomie, génétique quantitative, amélioration des plantes, biostatistiques, ou écophysologie avec un goût prononcé pour les statistiques et la modélisation
- Compétences souhaitées : analyse de données, statistiques (modèle linéaire), programmation (R), sélection des plantes, biologie végétale
- Expérience appréciée : expérience en analyse de données génétiques. Une expérience avec un modèle écophysologique est souhaitable mais pas obligatoire
- Un goût pour la sélection, curiosité et rigueur, capacité de communication en anglais (orale et écrite)
- Intérêt pour les outils informatiques, la gestion et l'analyse de données, la programmation

## Postuler

- Ouverture des candidatures : le 01/05/2025
- Envoyer CV, lettre de motivation et notes/classement de master à [justin.blancon@inrae.fr](mailto:justin.blancon@inrae.fr)

---

Chenu K, Cooper M, Hammer GL, et al (2011) Environment characterization as an aid to wheat improvement: interpreting genotype–environment interactions by modelling water-deficit patterns in North-Eastern Australia. *Journal of Experimental Botany* 62:1743–1755. <https://doi.org/10.1093/jxb/erq459>

Chenu K, Deihimfard R, Chapman SC (2013) Large-scale characterization of drought pattern: a continent-wide modelling approach applied to the Australian wheatbelt – spatial and temporal trends. *New Phytologist* 198:801–820. <https://doi.org/10/f4vd3z>

Piepho H-P, Blancon J (2023) Extending Finlay–Wilkinson regression with environmental covariates. *Plant Breeding* 142:621–631. <https://doi.org/10.1111/pbr.13130>

Tolhurst DJ, Gaynor RC, Gardunia B, et al (2022) Genomic selection using random regressions on known and latent environmental covariates. *Theor Appl Genet* 135:3393–3415. <https://doi.org/10.1007/s00122-022-04186-w>