



MIRRORS

PROJET  
EXPLORATOIRE

2021-2023

Coordination

Sophie Brunel Muguet

UMR EVA

sophie.brunel-muguet@inrae.fr

Mots clés

Stress thermiques répétés

Performances végétales

Acclimatation

Modélisation

Fouille de données

Unités INRAE impliquées

[EVA](#)

[AGAP Institut](#)

[ISPA](#)

Partenaires

LORIA (Laboratoire Lorrain de Recherche  
en Informatique et ses Applications)

## Prédire la réponse des plantes soumises à des stress thermiques répétés



© gpointstudio - freepik

### Contexte, enjeux et objectifs

Le changement climatique accroît la fréquence d'événements extrêmes, tels que des vagues de chaleur, fortement délétères pour les rendements des grandes cultures et la qualité des récoltes. Dans ce contexte, améliorer les prédictions des performances végétales sous des scénarios de stress thermiques répétés est un enjeu fort pour les acteurs du monde agricole.

Le projet MIRRORS s'est basé sur l'hypothèse que l'effet d'une succession d'événements stressants sur les performances culturales n'équivaut pas à la somme des effets individuels de chaque événement. Cette hypothèse repose sur d'éventuels effets « mémoire » des stress, qui sont soit pénalisants (un premier stress conduit à une amplification des effets négatifs de stress plus tardifs), soit bénéfiques (effet priming d'un premier stress qui conduit à une atténuation des effets négatifs de stress tardifs). À partir de jeux de données existants, acquis au champ et en serre pour le colza et le sorgho, MIRRORS vise à proposer des méthodes et outils de prédictions génériques de la réponse des plantes soumises en particulier à des stress thermiques répétés.

### Résultats

#### Résultats sur le colza

À partir de larges jeux de données<sup>1</sup> regroupant des critères de performances culturales et des données climatiques issus de 170 essais, les acteurs du projet ont défini des indicateurs écoclimatiques et les ont testés dans des modèles de régression multivariées. Les modèles retenus ne prédisent encore pas parfaitement les critères de performances culturales (rendement, composantes, teneur en huile et azote des grains), mais MIRRORS a permis de montrer que les modèles les plus prometteurs sont ceux qui prennent en compte les interactions entre indicateurs écoclimatiques acquis sur des phases précoces et indicateurs acquis sur des phases tardives.

<sup>1</sup> Dans le cadre du PIA Rapsodyn, collab. N Nési, IGEPP.



Une autre approche, « data-driven », visait à identifier dans ces mêmes jeux de données des « motifs » (séquences thermiques particulières) expliquant les performances des cultures. Les résultats mettent en avant les nombreuses relations entre indicateurs écoclimatiques et variables de performances. Par exemple, la teneur en protéines des grains est proportionnelle au nombre de jours chauds (i.e. > 30°C de moyenne) pendant la phase de remplissage du grain. Ces recherches nécessitent d'être poursuivies avec d'autres jeux de données en cours d'acquisition, en particulier pour tester la réponse d'autres géotypes ou d'autres séquences de stress thermiques récurrents.

### **Résultats sur le sorgho**

L'analyse d'un jeu de données de 109 variétés de sorgho sur une vingtaine d'années, couplé à des données météorologiques, a mis en évidence un effet négatif du nombre de pics de chaleur sur le rendement potentiel du sorgho mais pas d'effet de l'intensité de la température. La prédiction du rendement par la température moyenne (modèle de prédiction Random Forest) était de bonne qualité, mais elle était améliorée en ignorant les températures au-dessus de 25°C, suggérant à nouveau un effet limité de la chaleur élevée sur le rendement. L'ajout de variables comme la pluviométrie, le vent et la localisation des essais a significativement renforcé la performance du modèle.

Trois expérimentations en conditions contrôlées sur deux géotypes de sorgho ont montré que des scénarios de stress thermique récurrents (différant en intensité, durée et moment) impactent différemment le nombre, le poids et la qualité des grains. L'hypothèse d'un effet "mémoire" des stress a été confirmée dans certains cas. Ces résultats confirment que la récurrence des pics de chaleur a un impact plus marqué que leur intensité.

## Perspectives

### **Financement de 2 nouveaux projets pour approfondir les résultats initiés dans MIRRORS**

Le projet MIRRORS a permis de créer un groupe interdisciplinaire d'experts en écophysiologie et traitement des données travaillant plusieurs approches de modélisation prédictive pour étudier les effets de stress thermiques récurrents sur les performances culturales du colza et du sorgho.

Le projet a permis d'obtenir les données préliminaires pour

1. tester la robustesse du modèle colza sans implémentation particulière pour rendre compte de cet effet mémoire,
2. initier l'approche fouille de données.

Ces premiers résultats ont motivé les équipes à élargir l'étude initiée sur colza et sorgho à une 3<sup>e</sup> espèce - le blé - et à affiner l'approche écophysiologique. C'est dans ce contexte que le LEPSE a rejoint le consortium et que le **projet inter-unités PARSEMA "Plant Adaptation to Recurrent Stresses : combining Ecophysiological and Modeling Approaches"** a démarré en 2022 pour une durée de 3 ans. (Porteur : AGAP Institut, autres unités impliquées : EVA, LEPSE, ISPA).

D'autre part, l'approche « concept-driven », a rapidement montré ses limites et la difficulté d'identifier et hiérarchiser des processus impliqués dans les réponses aux stress thermiques récurrents. En particulier, l'identification de signatures d'un premier stress maintenues ou pas dans la plante lors de l'occurrence d'un second stress a paru importante. Le consortium a donc souhaité intégrer de nouvelles échelles d'études : transcriptome, protéome et métabolome. Il a obtenu en 2023 le financement du **projet ANR RICOCHETS "Resilience to recurrent heat stresses in plants"** pour une durée de 5 ans, afin d'intégrer ces nouvelles échelles (Porteur : AGAP Institut, autres unités impliquées : EVA, LEPSE, BFP, LORIA).

## Publications

- Lethicia Magno Massuia de Almeida, Erwan Corlouer, Anne Laperche, Nathalie Nesi, Alain Mollier, et al. To what extent can ecoclimatic indicators assist crop performance predictions in oilseed rape upon repeated heat stresses? European Journal of Agronomy, 2022, 141, pp.126622. [10.1016/j.eja.2022.126622](https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126622). [hal-03845468](https://hal.inrae.fr/hal-03845468) #

Voir l'ensemble des publications et communications issues du projet sur <https://digitbio.hub.inrae.fr/>

