



## Sujet de Master 2

### Modélisation des effets de stress thermique récurrents chez le colza à partir du modèle agro-écophysiologique SuMoToRI

Sous l'encadrement de : **Alain Mollier**, UMR 1391 ISPA, Interactions Sol Plante Atmosphère, Bordeaux Sciences agro, INRAE et **Sophie Brunel-Muguet**, UMR 950 EVA, Ecophysiologie Végétale Agronomie et Nutrition NCS, Université Caen Normandie, INRAE

#### Contexte du sujet

La fréquence accrue d'événements climatiques extrêmes, tels que les vagues de chaleur, défie les systèmes de culture actuels dans un contexte de changements globaux accélérés (IPCC, 2023). Cependant, les effets de leur récurrence sont encore peu caractérisés et leur interprétation ne prend pas souvent en compte la possibilité d'un effet mémoire du stress modifiant la réponse des plantes aux stress ultérieurs. Ces effets mémoire traduisent une **non additivité des effets individuels** des stress puisque le premier événement stressant va modifier l'ampleur de la réponse aux stress suivants. Par ailleurs, dans ce contexte de changement climatique, **la prévision des performances culturales** sous des scénarios stressants (sécheresse, vagues de chaleur...) s'avère essentielle pour envisager les adaptations à mettre en place telles que des relocalisations ou changements variétaux (...). Néanmoins, **les modèles de culture** ont initialement été construits et paramétrés avec des jeux de données peu représentatifs des profils climatiques actuels, c'est-à-dire caractérisés non seulement par une augmentation des températures moyennes mais également des vagues de chaleur plus longues et plus fréquentes (Lemonsu *et al.*, 2014; Trnka *et al.*, 2014). Ce constat soulève la question de la **qualité des prédictions des modèles agronomiques dans ce contexte de récurrence des stress** qui s'amplifie.

Plusieurs programmes de recherches conduits conjointement par les unités EVA et ISPA ont abordé la question de la modélisation des effets des stress thermiques récurrents, notamment par une approche (semi)-mécaniste reposant sur l'utilisation du modèle SuMoToRI (Brunel-Muguet *et al.*, 2015; Poisson *et al.*, 2018, 2019). Ce modèle initialement construit et paramétré chez le colza d'hiver pour prédire les performances de la culture en fonction des apports en soufre, a servi d'outil exploratoire de la prédiction de séquences thermiques composées de plusieurs épisodes de stress. Les premières analyses ont montré que le modèle rendait compte d'effets non additifs mais que l'ampleur des effets n'était pas correctement simulée (thèse Magno, 2022, Magno, 2024). Ces résultats incitent à tester davantage de séquences thermiques pour parvenir à cibler les modifications à réaliser pour réduire ces biais prédictifs.

Dans le cadre de l'ANR Ricochets (2023-2026), des expérimentations en serre (2023-2024) ont permis d'acquérir des jeux de données testant l'effet de différentes séquences de stress thermiques composées de plusieurs épisodes de « stress chaud » sur le rendement et les critères de qualité grainière, notamment la teneur en acides gras et la teneur en azote.

#### Missions pendant le stage

Le sujet de stage propose de tester le modèle sous ces nouveaux scénarios thermiques, de proposer et de mettre en forme des améliorations possibles pour rendre compte des effets de stress thermiques récurrents chez le colza.

Au préalable, il s'agira de se familiariser avec le fonctionnement modèle SuMoToRI (codé sous R). Nous distinguerons 3 étapes au travail :

- Traitement des jeux de données disponibles (mise en forme, appropriation des scénarios de stress répétés) pour tester les hypothèses d'additivité/non additivité des effets des stress répétés sur les variables observées (composantes de rendement et critères de qualité grainière).
- Test du modèle avec les jeux de données préalablement acquis (expérimentations Ricochets) moyennant la mise en forme de fichiers d'entrée et des données mesurées à comparer aux sorties du modèle et évaluation de la qualité prédictive au moyen d'indices (...).

- Analyse des biais prédictifs et identification des processus et paramètres ou des conditions à l'origine d'une moins bonne prévision.

### Compétences requises

Formation en agronomie, écophysiologie végétale.

Appétence pour la modélisation agronomique et la programmation. Maîtrise de R appréciée.

### Informations pratiques

Le stage sera basé à ISPA, Villenave d'Ornon (33), avec possibilité d'une mission à l'UMR EVA (1 semaine).

Durée du stage : 5 ou 6 mois (février à juin/juillet), Gratification selon les tarifs en vigueur (environ 560€)

CV et lettre de motivation à envoyer à **Alain Mollier** ([alain.mollier@inrae.fr](mailto:alain.mollier@inrae.fr)) et **Sophie Brunel-Muguet** ([sophie.brunel-muguet@inrae.fr](mailto:sophie.brunel-muguet@inrae.fr)).

### Coordonnées site unités :

<https://ispa.hub.inrae.fr/>

<https://umreva.rennes.hub.inrae.fr/>

### Bibliographie

**Brunel-Muguet S, Mollier A, Kauffmann F, Avice J-C, Goudier D, Sénécal E, Etienne P. 2015.** SuMoToRI, an ecophysiological model to predict growth and sulfur allocation and partitioning in oilseed rape (*Brassica napus* L.) until the onset of pod formation. *Frontiers in Plant Science* **6**.

**IPCC. 2023.** Summary for Policymakers: Synthesis Report. *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*: 1–34.

**Lemonsu A, Beaulant AL, Somot S, Masson V. 2014.** Evolution of heat wave occurrence over the Paris basin (France) in the 21st century. *Climate Research* **61**: 75–91.

**Magno Massuia de Almeida L, Brunel-Muguet S, Mollier A. 2024** SuMoQuality: a crop growth model to predict seed yield and quality under recurring heat waves. *Poster, ESA XVIII congress, Rennes, France*

**Magno Massuia de Almeida L 2022.** Effet de stress thermiques répétés sur le rendement et la qualité grainière du colza: caractérisation écophysiologique et modélisation. Thèse de doctorat soutenue le 7 décembre 2022, 307 pages.

**Poisson E, Brunel-Muguet S, Kauffmann F, Trouverie J, Avice JC, Mollier A. 2018.** Sensitivity analyses for improving sulfur management strategies in winter oilseed rape. *PLoS ONE* **13**.

**Poisson E, Trouverie J, Brunel-Muguet S, Akmouche Y, Pontet C, Pinochet X, Avice J-C. 2019.** Seed yield components and seed quality of oilseed rape are impacted by sulfur fertilization and its interactions with nitrogen fertilization. *Frontiers in Plant Science* **10**.

**Trnka M, Rötter RP, Ruiz-Ramos M, Kersebaum KC, Olesen JE, Žalud Z, Semenov MA. 2014.** Adverse weather conditions for European wheat production will become more frequent with climate change. *Nature Climate Change* **4**: 637–643.