

**Effets des stress thermiques
répétés sur le rendement
et la qualité grainière du colza :
caractérisation écophysiological
et modélisation**



Lethícia Magno

Thèse soutenue le 7 décembre 2022

Directeurs de thèse :

Sophie BRUNEL-MUGUET

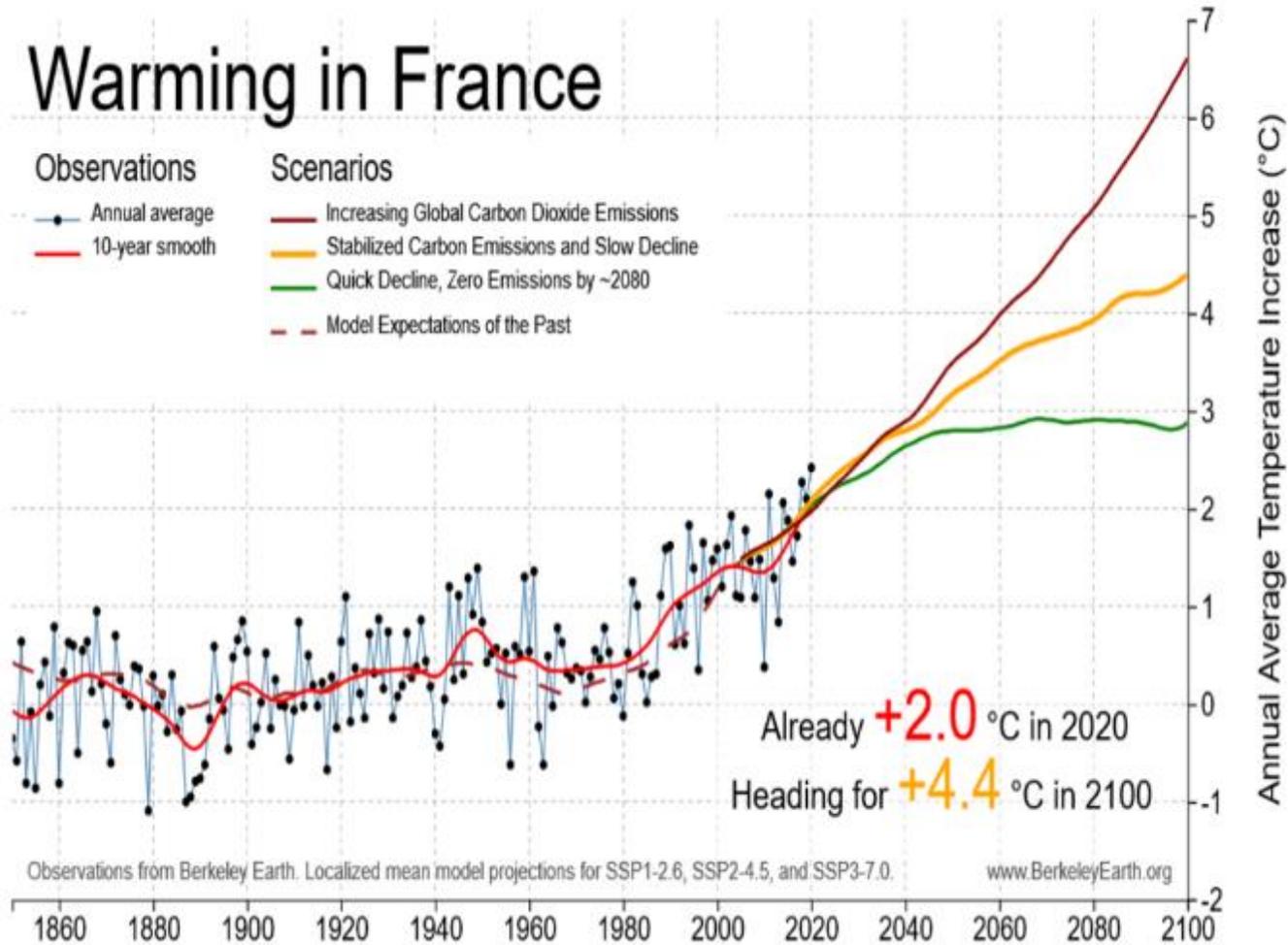
Alain MOLLIER

Chargée de recherche, INRAE, UMR EVA, Caen

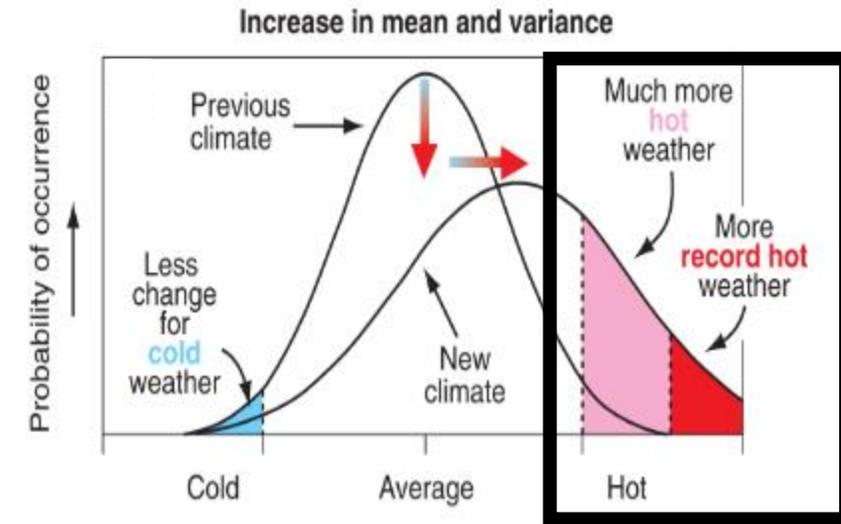
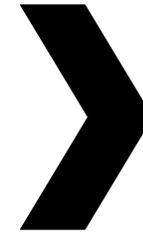
Chargé de recherche, INRAE, UMR ISPA, Bordeaux



Warming in France



Berkeley Earth, 2022



Folland et al., 2001



Augmentation de la fréquence des vagues de chaleur printanières et estivales!



Effets du stress thermique sur le colza



RENDEMENT



- Réduction du nombre de fleurs et dégradation du pollen
- Augmentation du nombre de siliques avortées
- Réduction du nombre et de la taille des graines produites

Morrison and Stewart, 2002; Young et al., 2004

QUALITE NUTRI



- Réduction de la teneur en lipides des graines
- Réduction de la teneur de certains AG polyinsaturés
- Augmentation de la teneur en AG saturés et monoinsaturés

Aksouh-Harradj et al., 2006; Aksouh et al., 2001; Deng and Scarth, 1998; Elferjani and Soolanayakanahally, 2018; Gauthier et al., 2017; Schulte et al., 2013

QUALITE PHYSIO



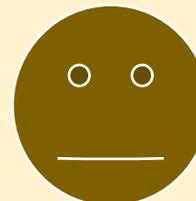
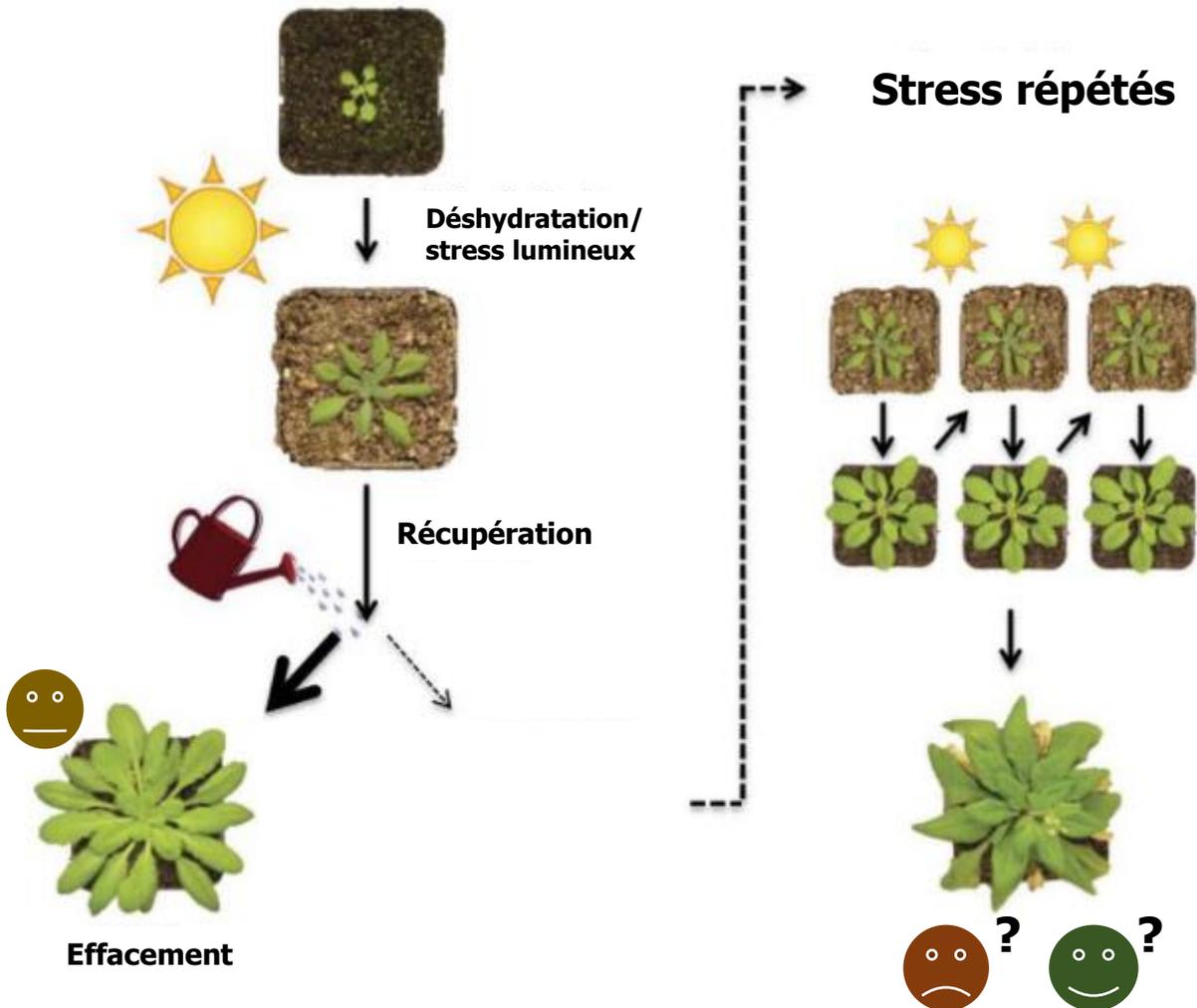
- Accélération de la vitesse de germination
- Augmentation de la germination sur pied
- Réduction de la tolérance à la dessiccation et de la capacité de stockage

Brunel-Muguet et al., 2015; Mácová et al., 2022



**Sans
considérer les
effets de la
répétition du
stress !**

Le concept de mémoire du stress



Effet neutre / pas de mémoire
→ retour à l'état initial de pré-stress



Effet mémoire pénalisant
→ effets individuels amplifiés



Effet mémoire bénéfique
→ effets individuels atténués

Levier ?

Effets **intra**générationnels des stress thermiques répétés

- O1** : Quantifier les effets de différentes séquences thermiques au cours d'un cycle de culture et leurs conséquences sur le rendement et les critères de qualité grainière du colza
- O2** : Interpréter les effets d'un stress modéré précoce sur la réponse à des pics de chaleur tardifs

Valorisation :

- 2 articles publiés
- 1 article de congrès
- 3 présentations
- 2 posters



High temperature patterns at the onset of seed maturation determine seed yield and quality in oilseed rape (*Brassica napus* L.) in relation to sulphur nutrition

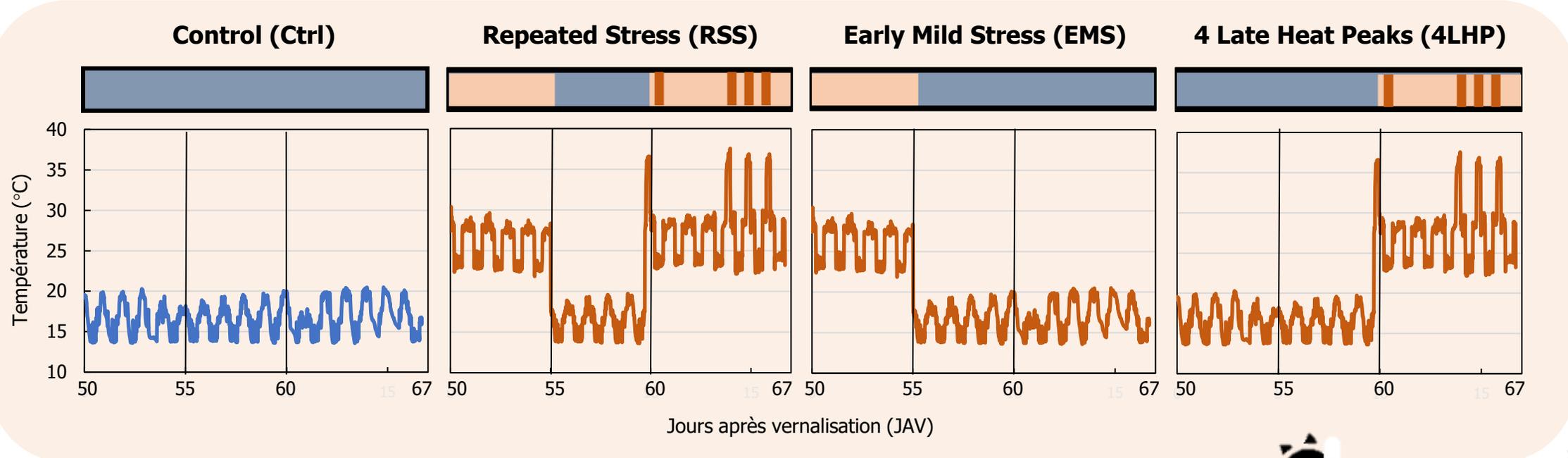
Lethicia Magno Massuia de Almeida^{a,*}, Jean-Christophe Avicé^a, Annette Morvan-Bertrand^a, Marie-Hélène Wagner^b, María Reyes González-Centeno^{c,d}, Pierre-Louis Teissedre^{c,d}, Jean-Jacques Bessonle^e, Marina Le Guédard^{e,f}, Tae Ilwan Kim^{g,h}, Alain Mollier^h, Sophie Brunel-Muguet^h



Repeated heat stress events during the reproductive phase impact the dynamic development of seeds in *Brassica napus* L.

Lethicia Magno Massuia de Almeida^a, Maëlle Coquenont-Guyot^a, Nicolas Elie^{a,b}, Annette Morvan-Bertrand^a, Jean-Christophe Avicé^c, Alain Mollier^d, Sophie Brunel-Muguet^e

Protocoles de stress thermique en conditions contrôlées

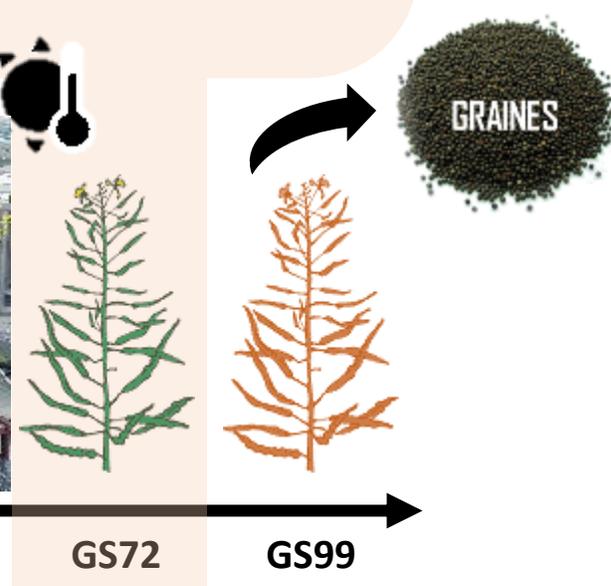


GS10

GS32

GS53

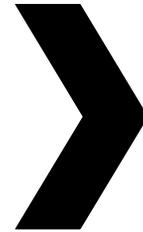
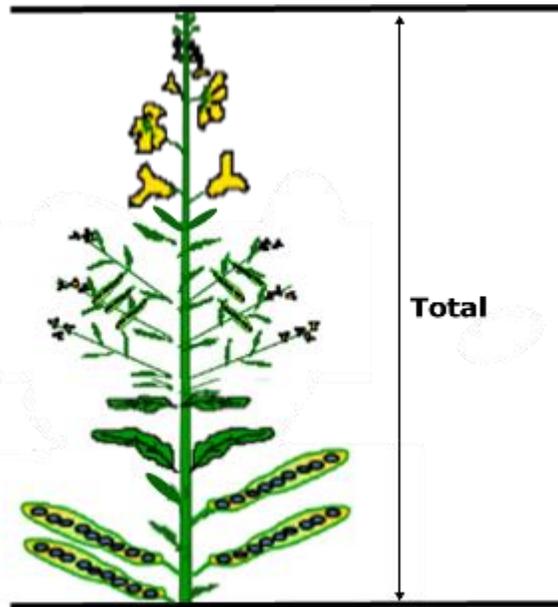
GS60



GS72

GS99

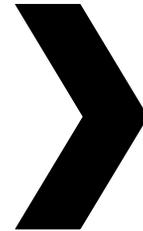
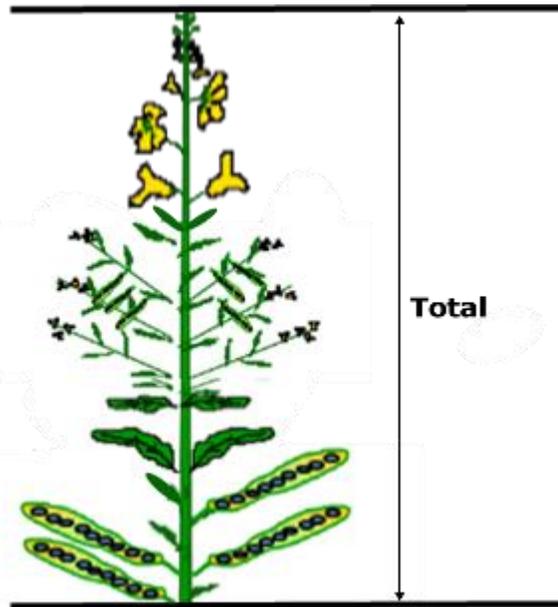
Résultats sur l'ensemble de la plante, à la récolte finale



Variables plante	Ctrl	RSS	EMS	4LHP
				
Rendement total (g.pl-1)	7.66	-21%	-38%	+1%
Teneur en lipides (%DW)	35.81	-21%	-17%	-7%
AG insaturés – UFA (%DW)	32.97	-22%	-17%	-7%
AG saturés – SFA (%DW)	2.84	-16%	-13%	-1%
Teneur en azote (%DW)	2.62	+33%	+21%	+12%

Magno et al., 2022 PLS

Résultats sur l'ensemble de la plante, à la récolte finale

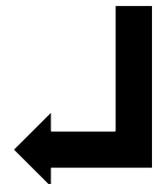


Variables plante	Ctrl	RSS	EMS	4LHP
Rendement total (g.pl-1)	7.66	-21%	-38%	+1%
Teneur en lipides (%DW)	35.81	-21%	-17%	-7%
AG insaturés – UFA (%DW)	32.97	-22%	-17%	-7%
AG saturés – SFA (%DW)	2.84	-16%	-13%	-1%
Teneur en azote (%DW)	2.62	+33%	+21%	+12%

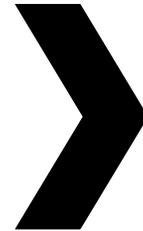
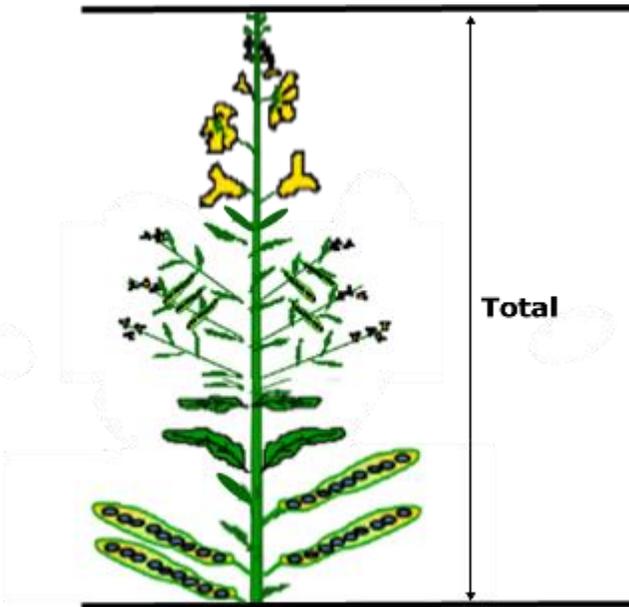
Magno et al., 2022 PLS



Réduction du rendement des plantes soumises aux stress thermiques précoces



Résultats sur l'ensemble de la plante, à la récolte finale



Variables plante	Ctrl	RSS	EMS	4LHP
Rendement total (g.pl-1)	7.66	-21%	-38%	+1%
Teneur en lipides (%DW)	35.81	-21%	-17%	-7%
AG insaturés – UFA (%DW)	32.97	-22%	-17%	-7%
AG saturés – SFA (%DW)	2.84	-16%	-13%	-1%
Teneur en azote (%DW)	2.62	+33%	+21%	+12%

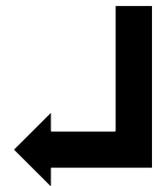
Magno et al., 2022 PLS



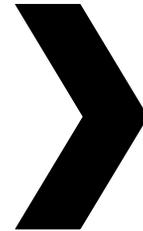
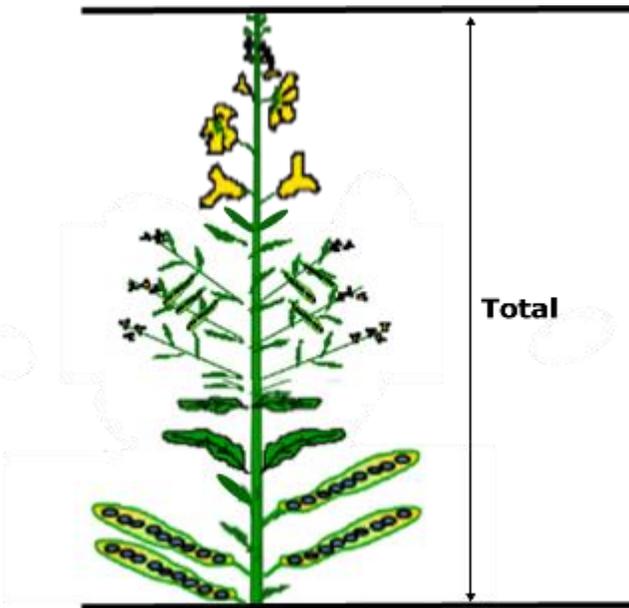
Réduction du rendement des plantes soumises aux stress thermiques précoces



Réduction de la teneur en lipides et changement de la composition en AG sous stress



Résultats sur l'ensemble de la plante, à la récolte finale



Variables plante	Ctrl	RSS	EMS	4LHP
Rendement total (g.pl-1)	7.66	-21%	-38%	+1%
Teneur en lipides (%DW)	35.81	-21%	-17%	-7%
AG insaturés – UFA (%DW)	32.97	-22%	-17%	-7%
AG saturés – SFA (%DW)	2.84	-16%	-13%	-1%
Teneur en azote (%DW)	2.62	+33%	+21%	+12%

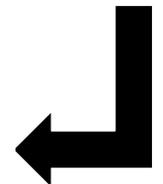
Magno et al., 2022 PLS



Réduction du rendement des plantes soumises aux stress thermiques précoces

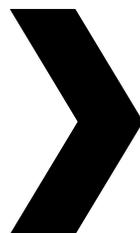
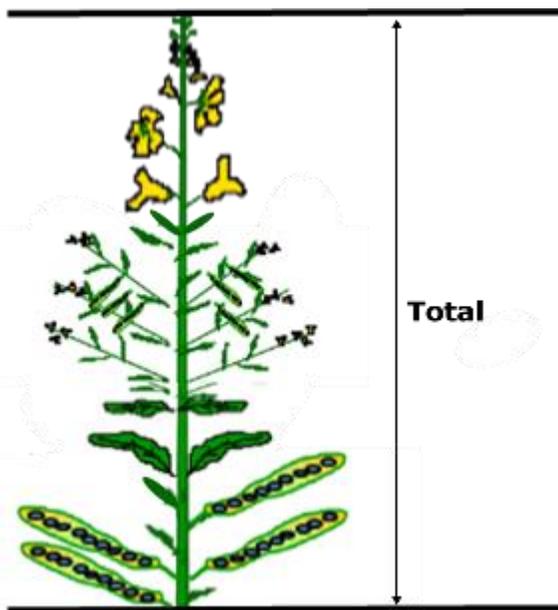


Réduction de la teneur en lipides et changement de la composition en AG sous stress



Réduction de la teneur en lipides et augmentation de la teneur en N dans les graines

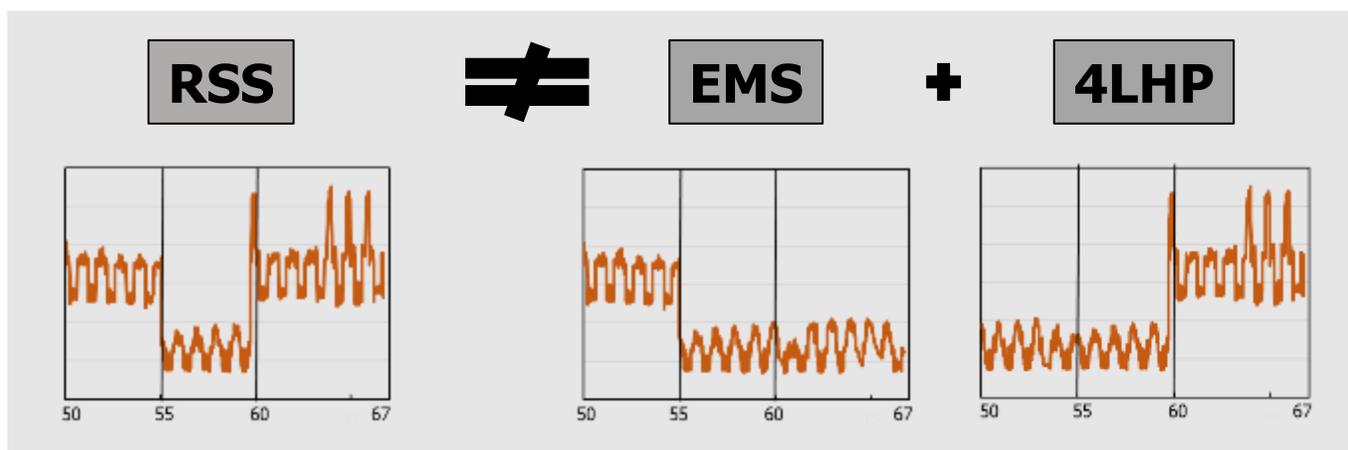
Résultats sur l'ensemble de la plante, à la récolte finale



Variables plante	Ctrl	RSS	EMS	4LHP
Rendement total (g.pl-1)	7.66	-21%	-38%	+1%
Teneur en lipides (%DW)	35.81	-21%	-17%	-7%
AG insaturés – UFA (%DW)	32.97	-22%	-17%	-7%
AG saturés – SFA (%DW)	2.84	-16%	-13%	-1%
Teneur en azote (%DW)	2.62	+33%	+21%	+12%

Magno et al., 2022 PLS

Le résultat de plusieurs stress successifs n'est pas égal à la somme de chaque effet individuel



Effets **inter**générationnels des stress thermiques répétés

O1 : Quantifier les effets d'un stress thermique appliqué aux plantes mères sur la performance de la descendance soumise à des stress similaires

Valorisation :

1 article publié

Environmental and Experimental Botany 195 (2022) 104768



ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Environmental and Experimental Botany

journal homepage: www.elsevier.com/locate/envexpbot



Effects of two-generational heat stress exposure at the onset of seed maturation on seed yield and quality in *Brassica napus* L.

Lethicia Magno Massuia de Almeida^a, Mathias Coulon^a, Jean-Christophe Avice^a, Annette Morvan-Bertrand^a, Jean-Jacques Bessoule^b, Marina Le Guédard^{b,c}, Tae Hwan Kim^{a,d}, Alseny Niare^e, Alain Mollier^f, Nadia Bertin^g, Sophie Brunel-Muguet^{a,h}

Définition des indicateurs écoclimatiques

O1 : Définir d'indicateurs écoclimatiques pour décrire des stades critiques de croissance du colza face à des stress thermiques (\neq indicateurs agroclimatiques)

O2 : Démontrer de façon mathématique les effets non additifs des stress consécutifs

Valorisation :

1 article publié

1 présentation

1 poster



To what extent can ecoclimatic indicators assist crop performance predictions in oilseed rape upon repeated heat stresses?

Lethicia Magno Massuia de Almeida^a, Erwan Corlouer^b, Anne Laperche^b, Nathalie Nesi^b, Alain Mollier^c, Sophie Brunel-Muguet^{a,*}

Tendances observées sur le rendement en graines



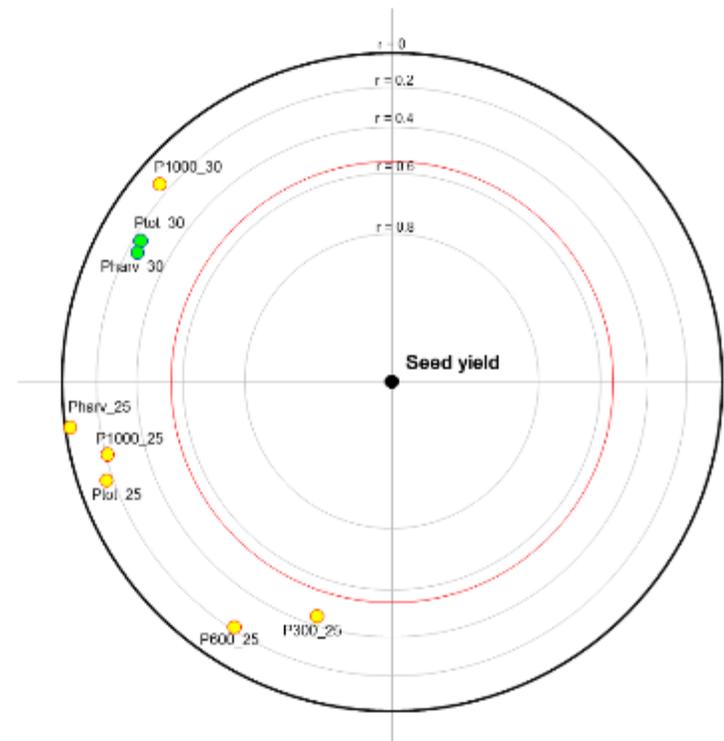
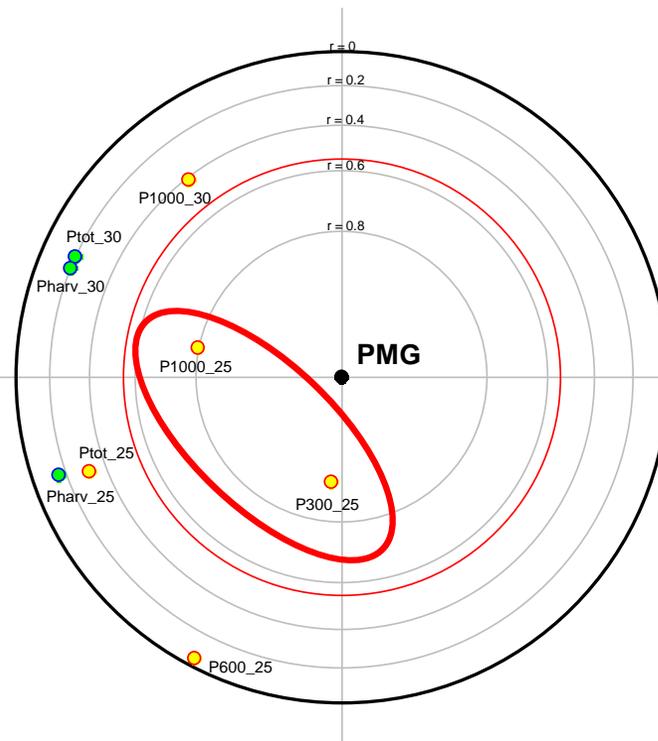
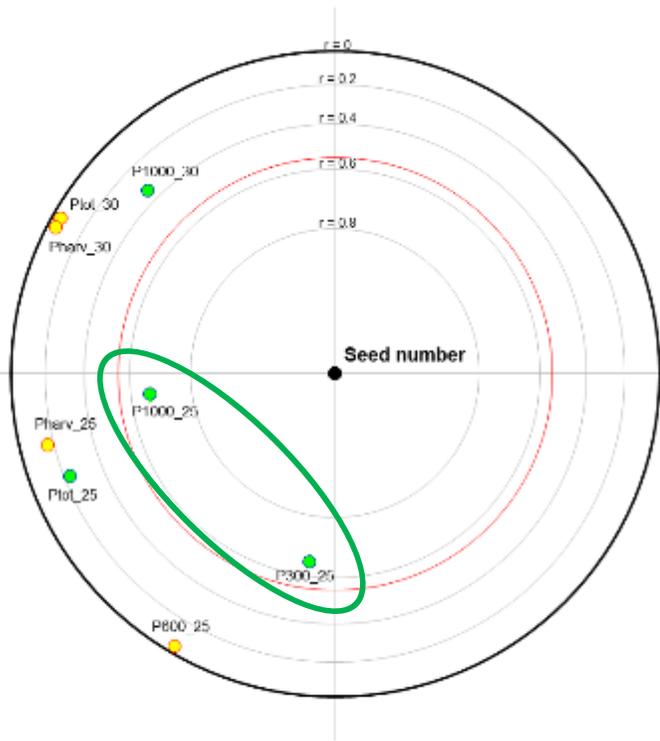
Effet bénéfique de $T_{max} > 25^\circ\text{C}$ sur **nb graines**



Effet pénalisant de $T_{max} > 25^\circ\text{C}$ sur **PMG**



Effet neutre dans le **rendement total**



- Corrélation positive
- Corrélation négative

Magno et al., 2022 EJA

Tendances observées sur la qualité des graines

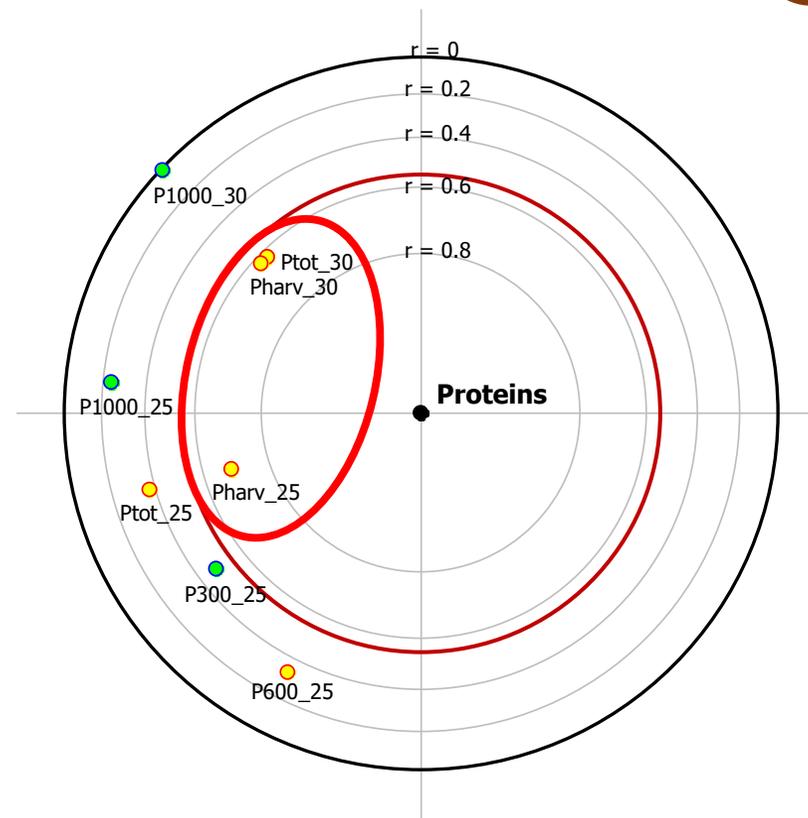
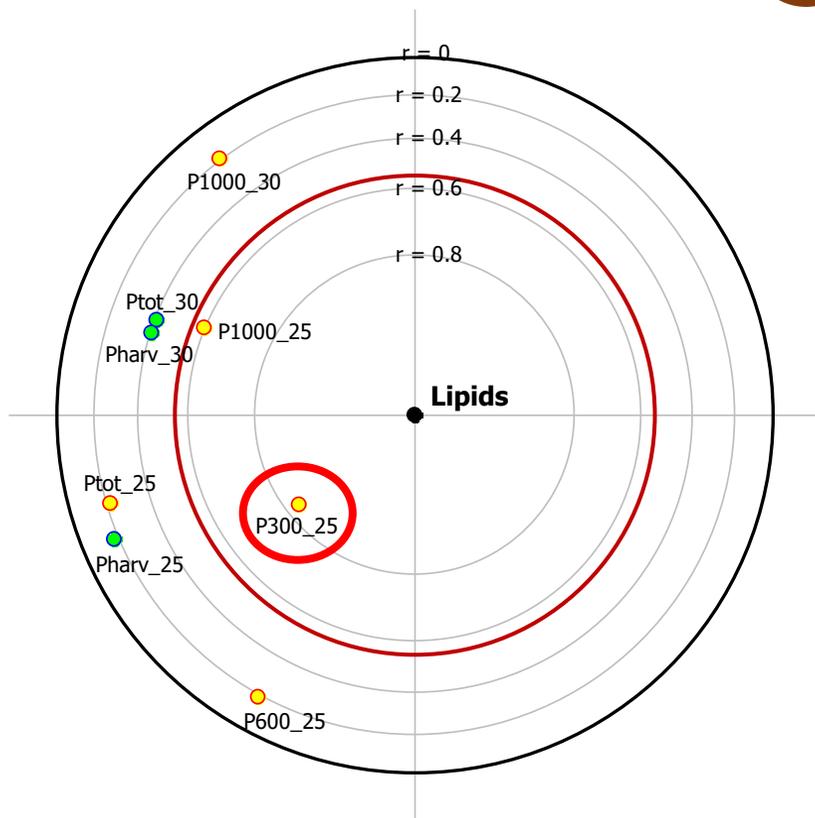


Les indicateurs **précoces** ont un effet pénalisant sur les **lipides**



vs.

Les indicateurs **tardifs** ont un effet pénalisant sur les **protéines**



- Corrélation positive
- Corrélation négative

Magno et al., 2022 EJA



Axe I : Caractérisation écophysiological



Comprendre et caractériser les effets de plusieurs protocoles de stress thermiques répétés sur le rendement et la qualité grainière du colza

Axe II : Modélisation numérique



Explorer différentes approches de modélisation pour **mieux comprendre et prédire** les effets des stress répétés au sein des modèles

**Mémoire
bénéfique ou
pénalisante du stress**



MERCI !

Lethícia Magno

magnolethicia@gmail.com



Directeurs de thèse :

Sophie BRUNEL-MUGUET

Chargée de recherche, INRAE, UMR EVA, Caen

Alain MOLLIER

Chargé de recherche, INRAE, UMR ISPA, Bordeaux

Financements et collaborations :

