



Novembre 2017

Effet du changement climatique sur la production

Panorama des études disponibles pour la France

David Makowski

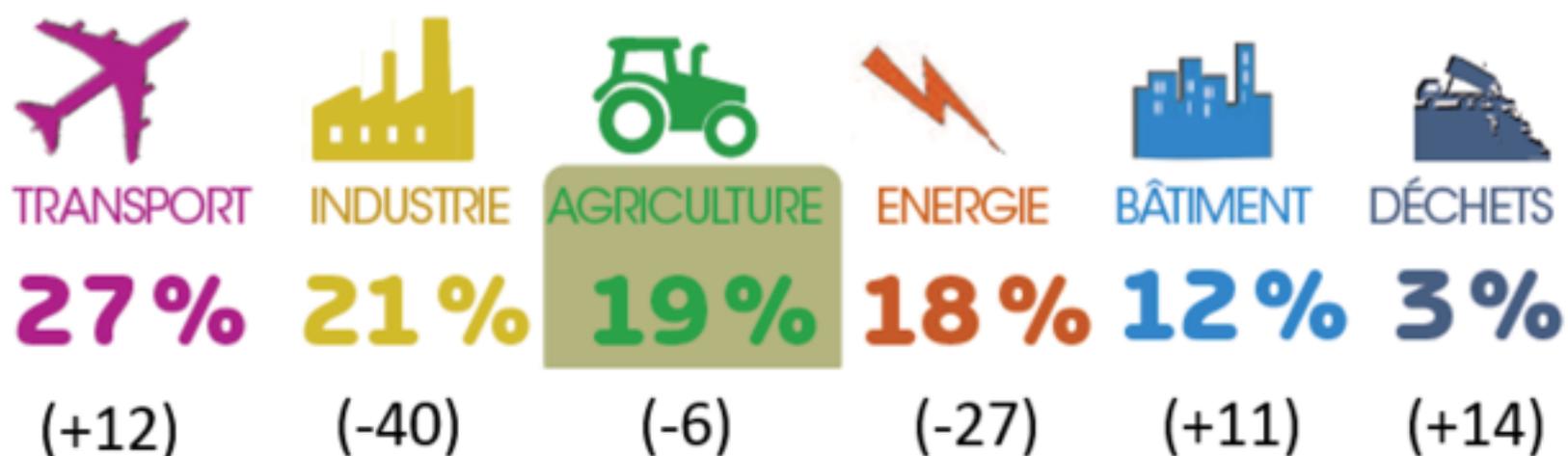
INRA

david.makowski@inra.fr

L'agriculture est une source d'émissions
de gaz à effet serre...

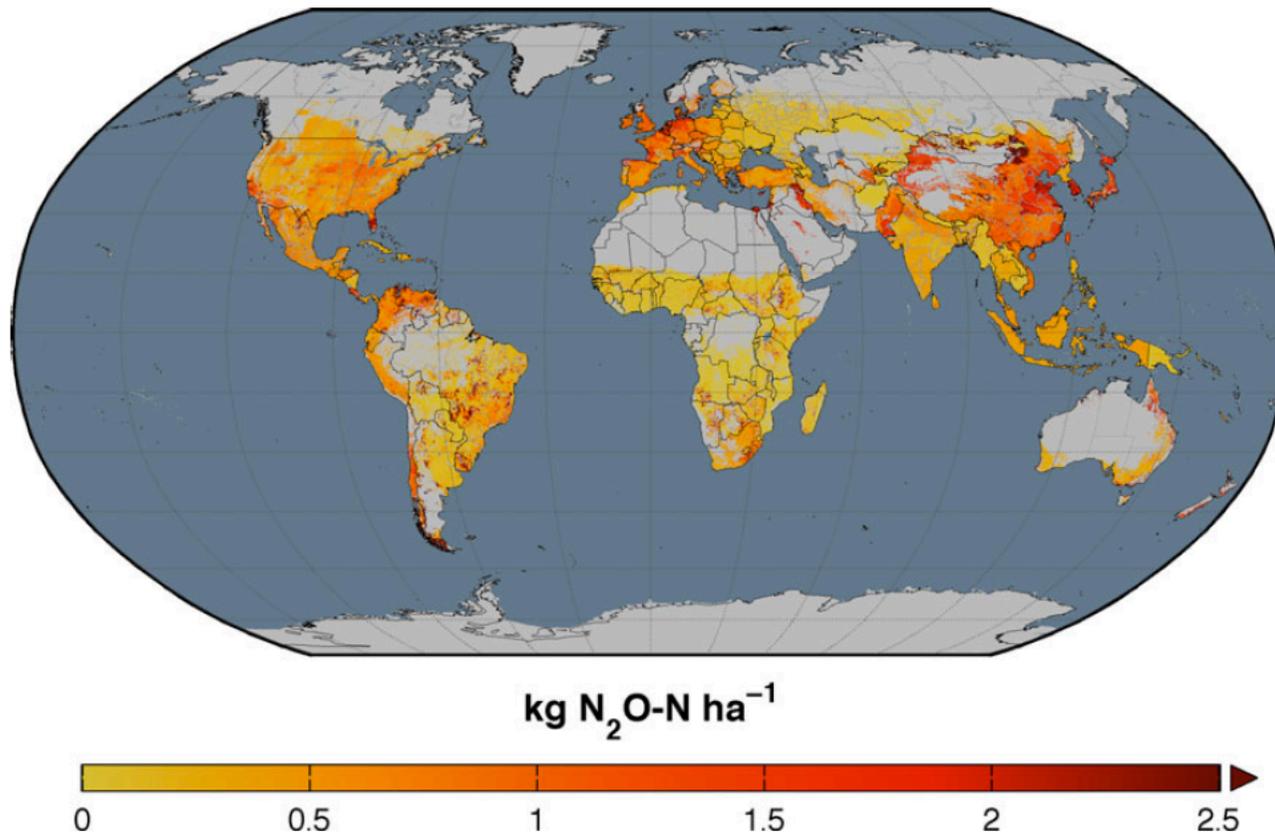
... et est impactée par le changement
climatique

Les sources d'émissions de gaz à effet de serre (GES) en France et les valeurs moyennes d'évolution pour la période 1990-2013 exprimées en %.

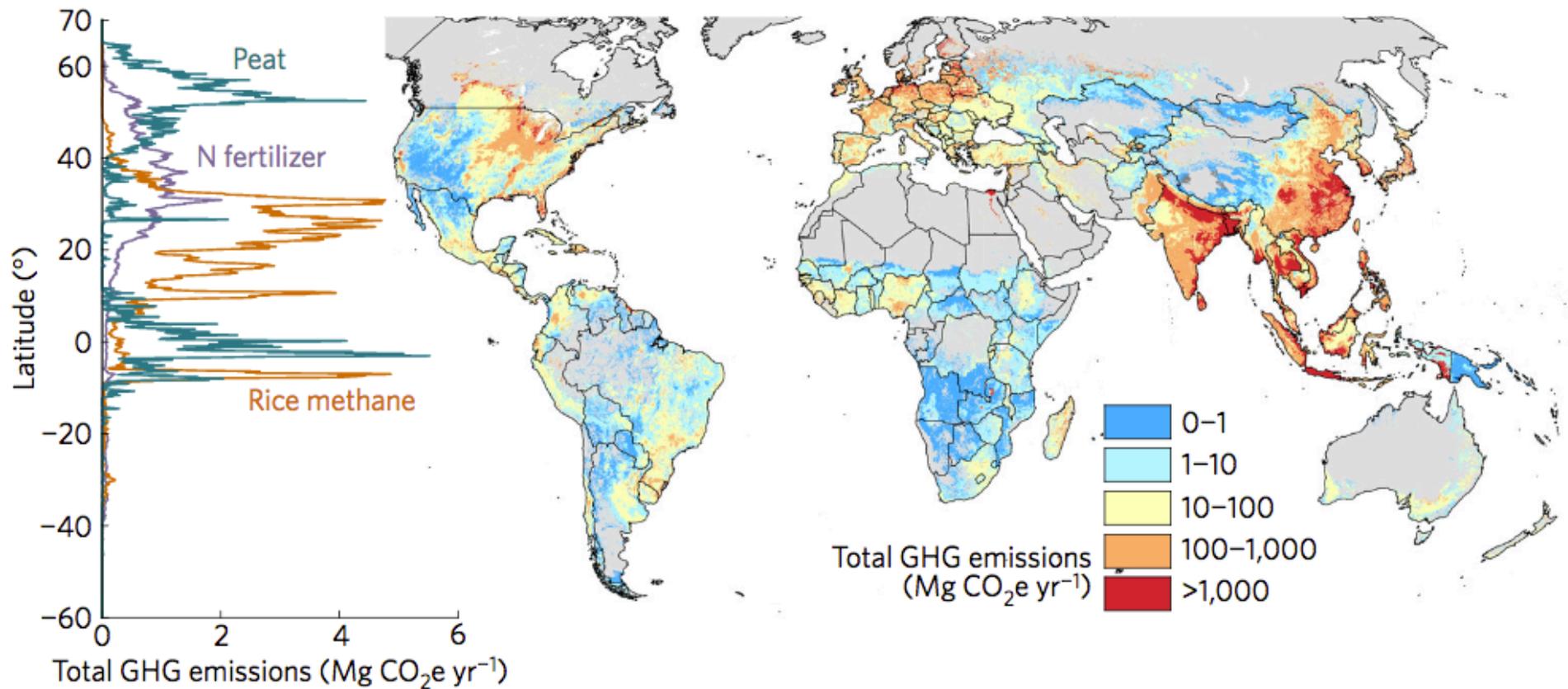


Source : CITEPA (inventaire CCNUCC format « plan climat » juin 2015)

Emissions de N_2O issues de la fertilisation azotée (Gerber et al., 2016)



Emissions des gaz à effet de serre issues de l'agriculture (Carlson et al., 2016)

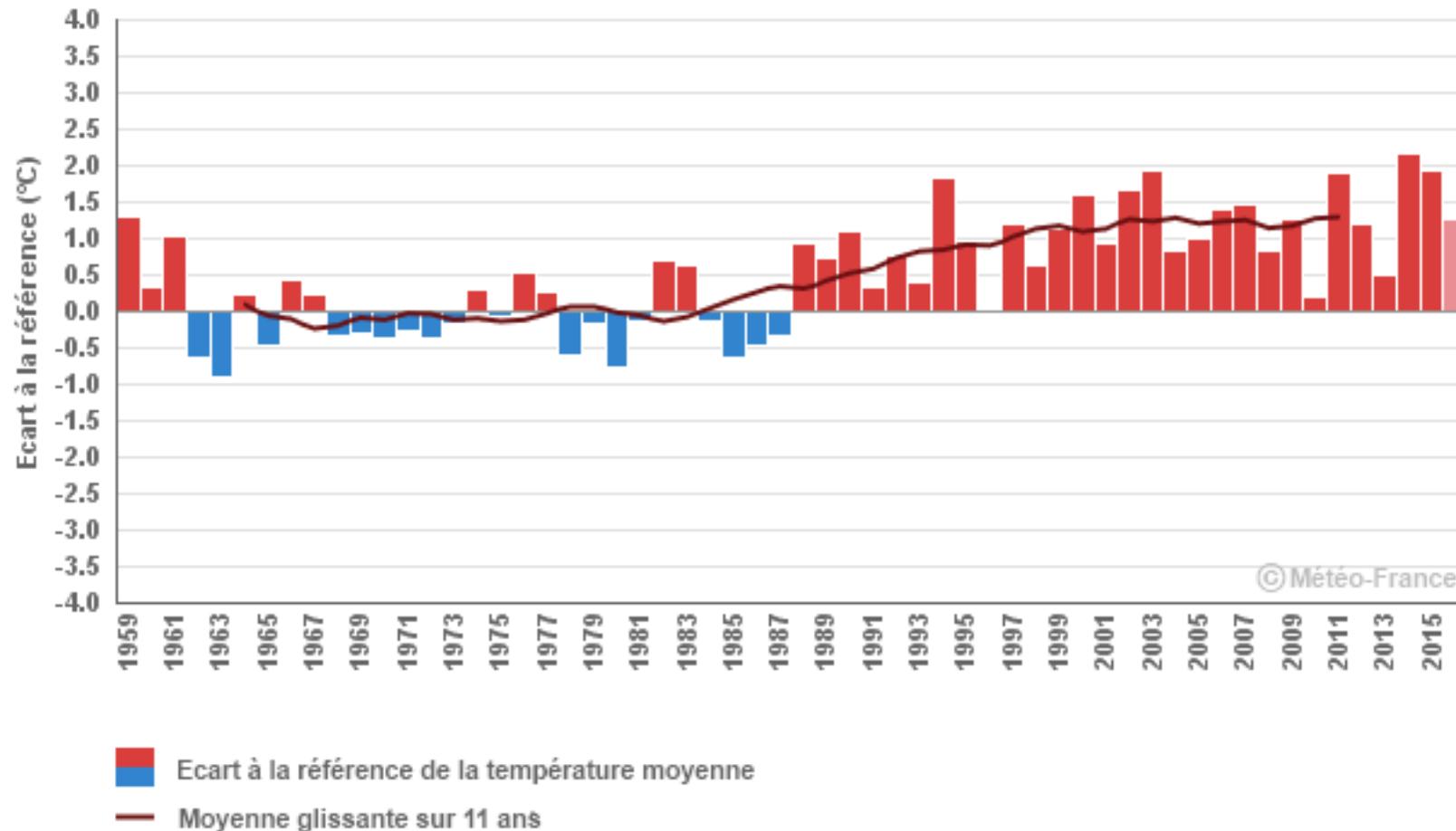


L'agriculture est une source d'émissions
de gaz à effet serre...

... et est impactée par le changement
climatique

Augmentation des températures

Température moyenne annuelle à Dijon
(écart à la référence 1961-1990)

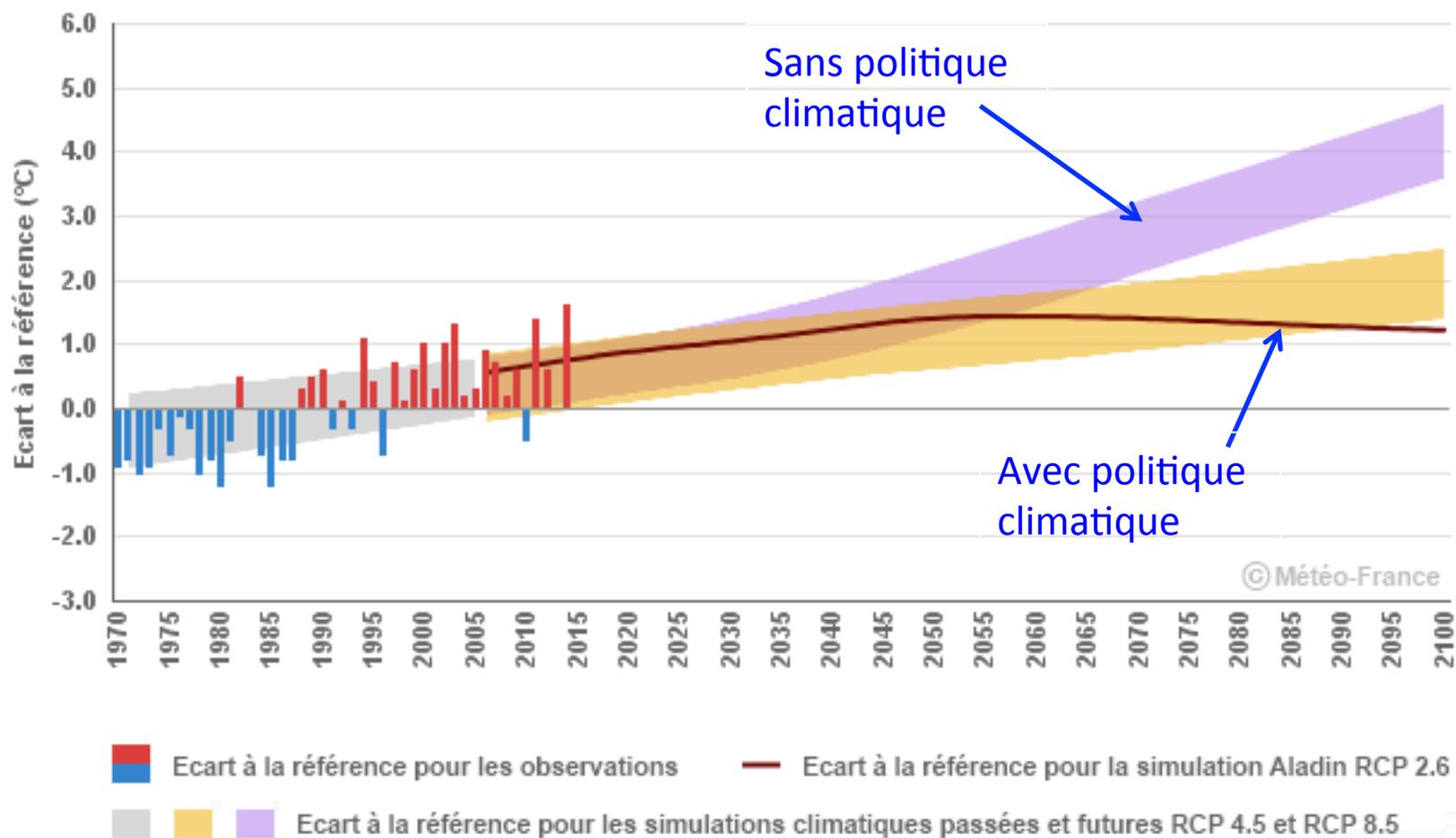


<http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/climathd>

Augmentation des températures

Température moyenne en Bourgogne (écart à la référence 1976-2005).

Observations et simulations climatiques pour trois scénarios d'évolution RCP 2.6, 4.5 et 8.5.



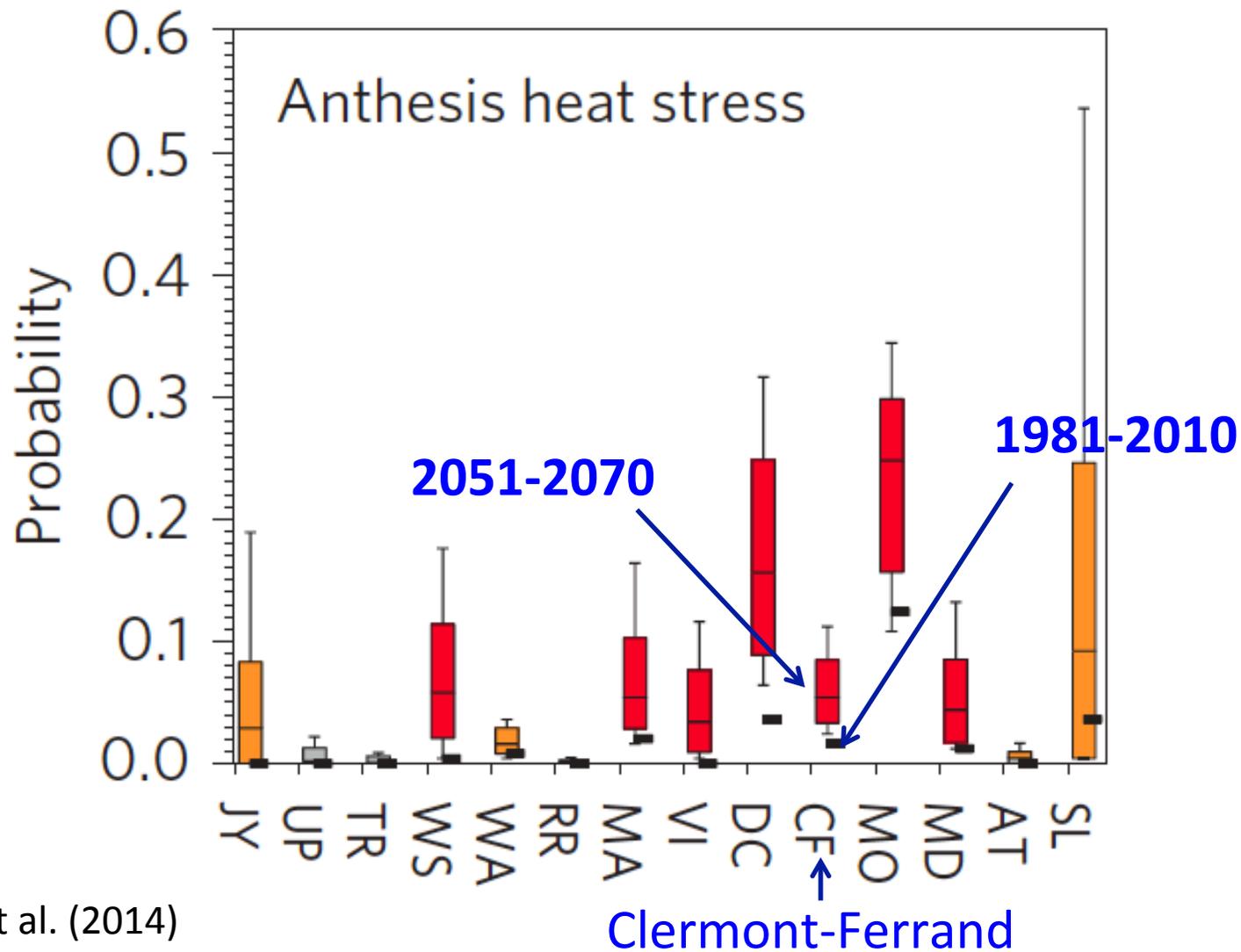
<http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/climathd>

Effet d'une augmentation de la température

- Raccourcissement des cycles
- Echaudage thermique à certains stades clés
- Pb de vernalisation
- Moins de gel hivernal
- Effet sur les maladies et ravageurs

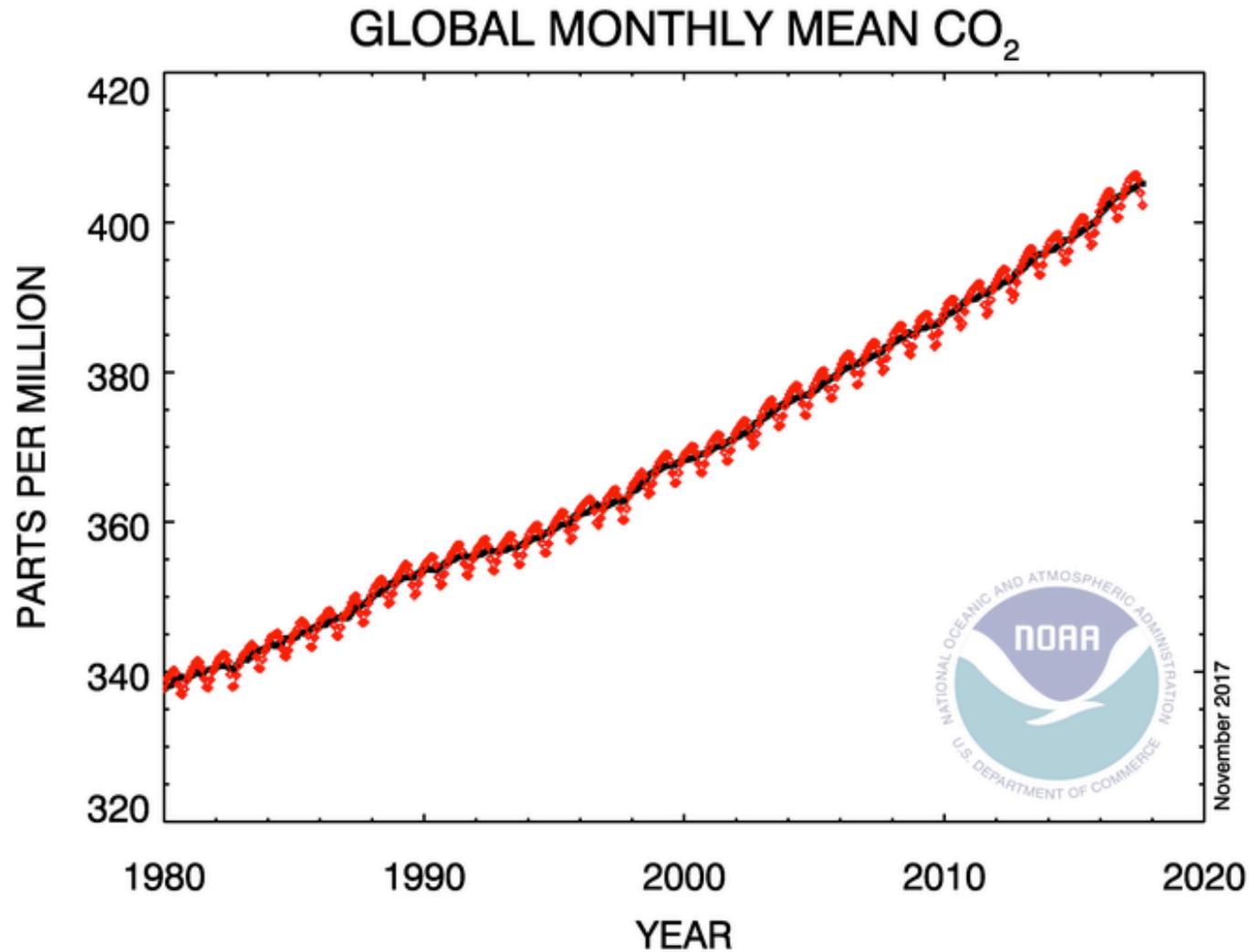
...

Probabilité de stress thermique lors de la floraison du blé pour le climat actuel et le climat futur



Trnka et al. (2014)

Augmentation du CO₂

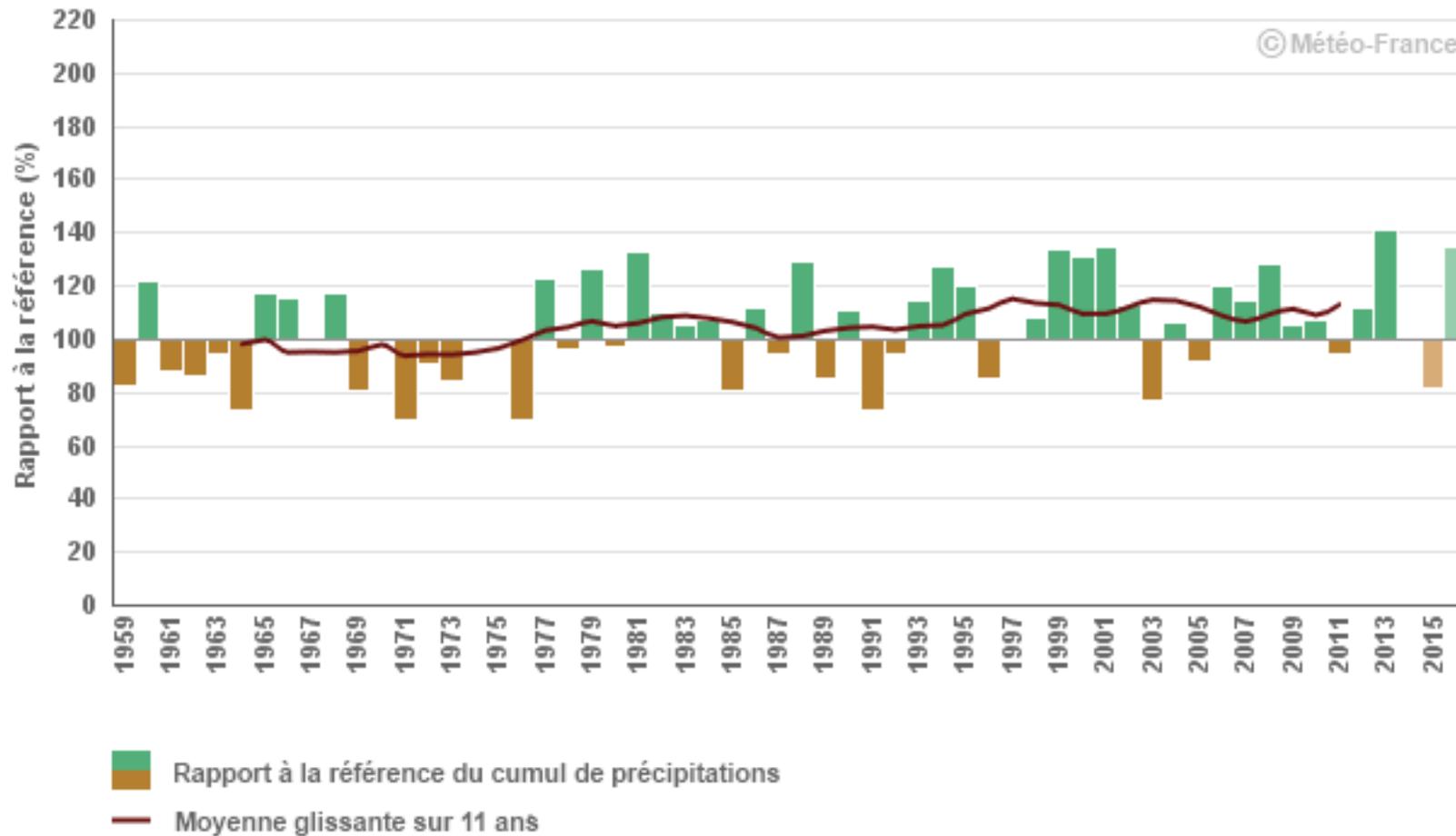


Effet d'une augmentation du CO₂

Stimulation de la photosynthèse, surtout pour les plantes en C3 (ex : blé) moins pour les plantes en C4 (ex : maïs)

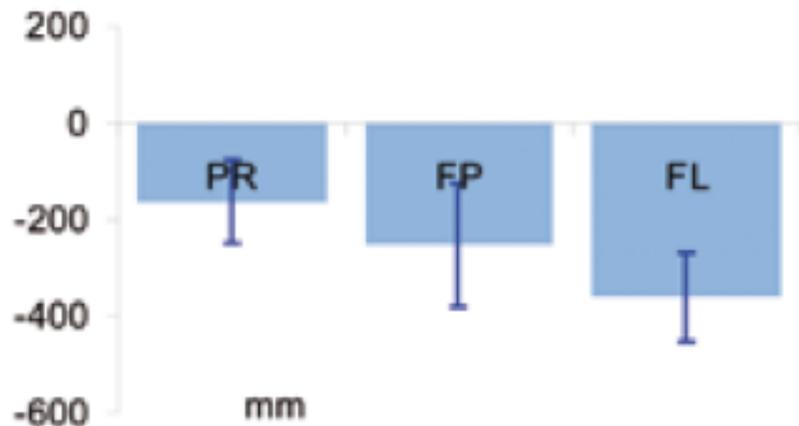
Evolution des précipitations

Cumul annuel de précipitation : rapport à la référence 1961-1990
Châtillon-sur-Seine



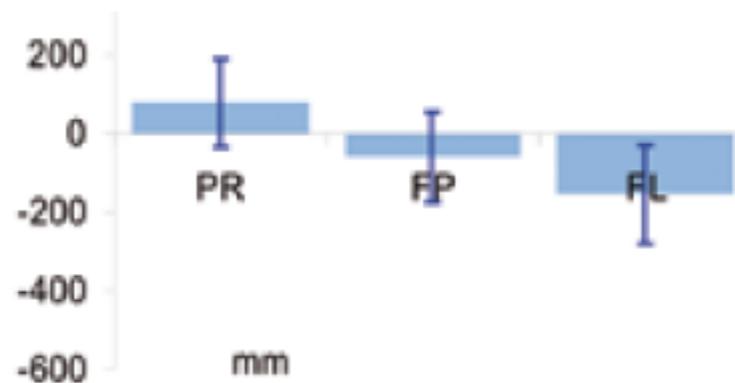
<http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/climathd>

Dijon



1970-1999 2020-2049 2070-2099

Clermont-Theix



CLIMATOR (2012)

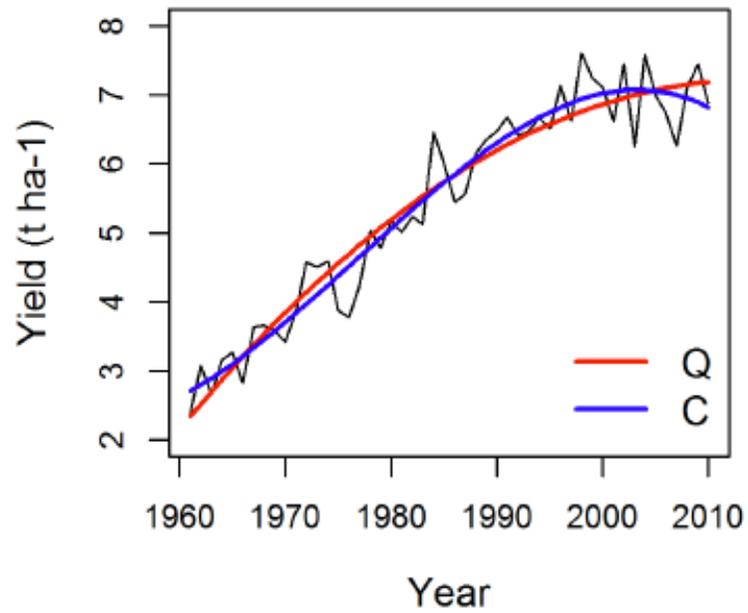
Evolution du **déficit hydrique climatique** (pluies-ET0) annuel dans le passé récent (PR), le future proche (FP) et le future lointain (FL). Arpège A1B.

Effet d'une évolution des précipitations

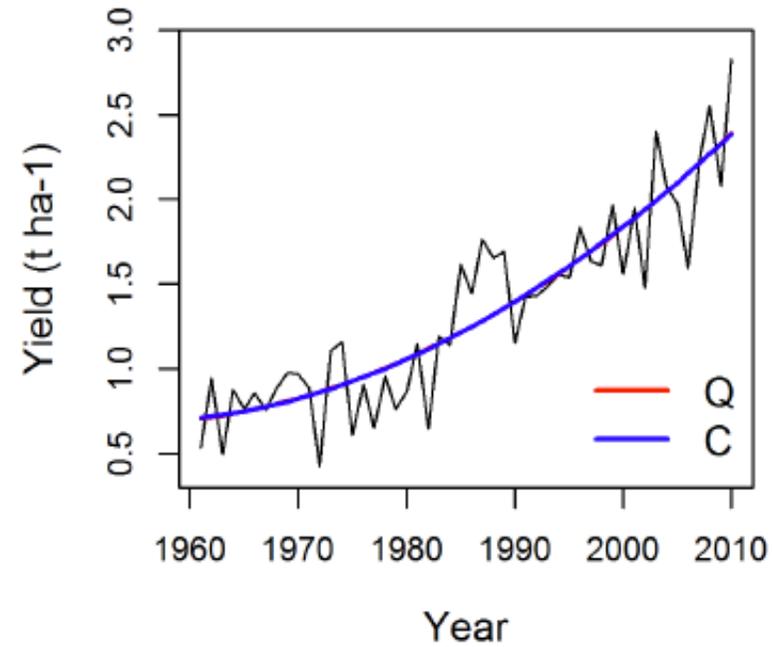
- Stress hydrique
- Excès d'eau
- Impact sur les maladies fongiques
- ...

Stagnation des rendements pour certaines cultures en France

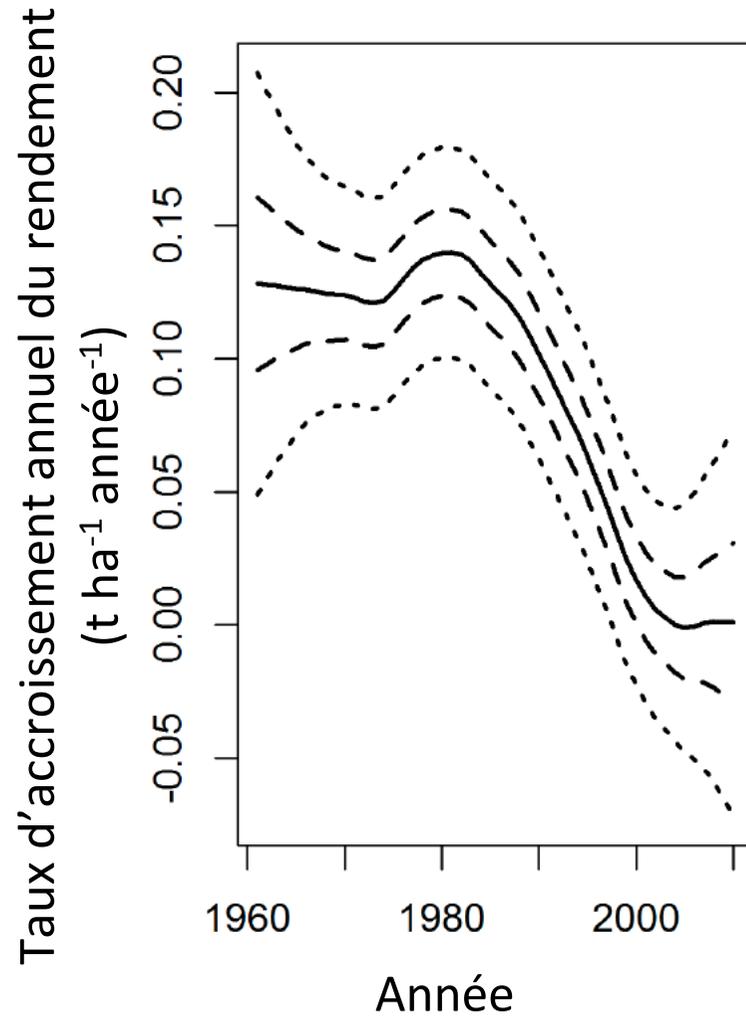
Blé en France



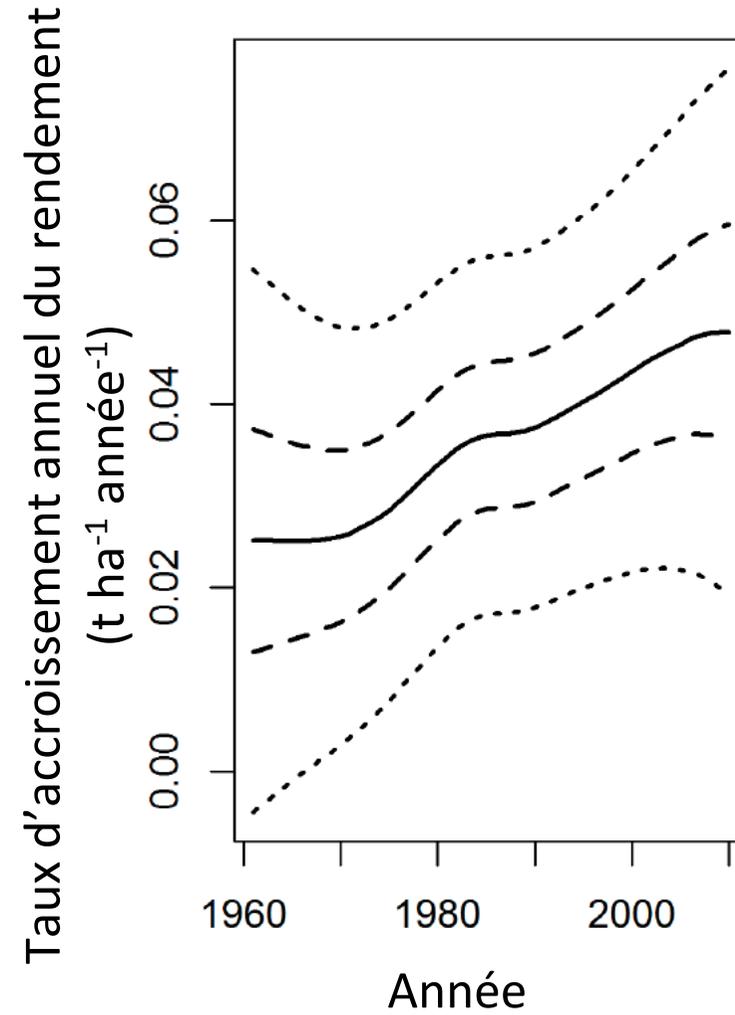
Blé au Brésil



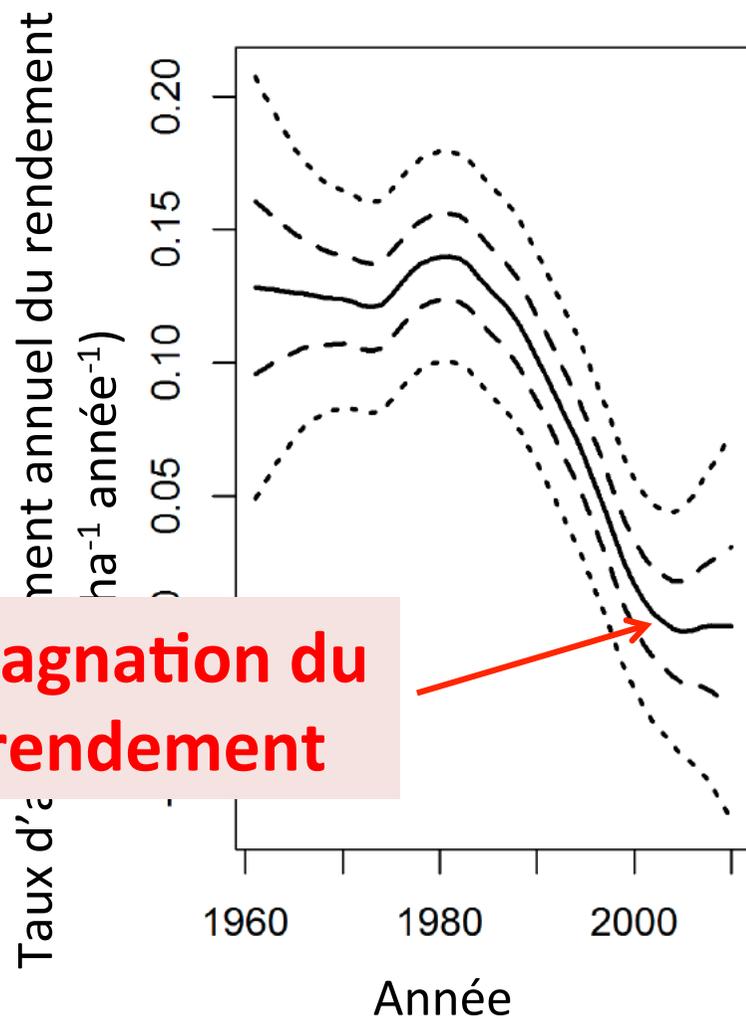
Blé en France



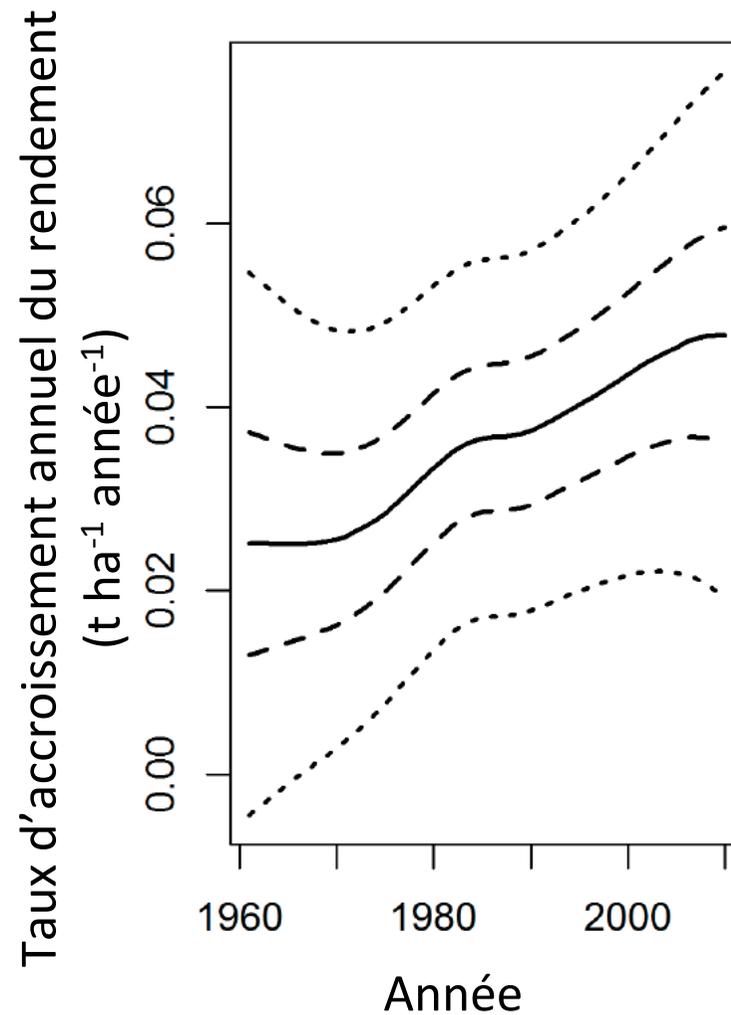
Blé au Brésil



Blé en France

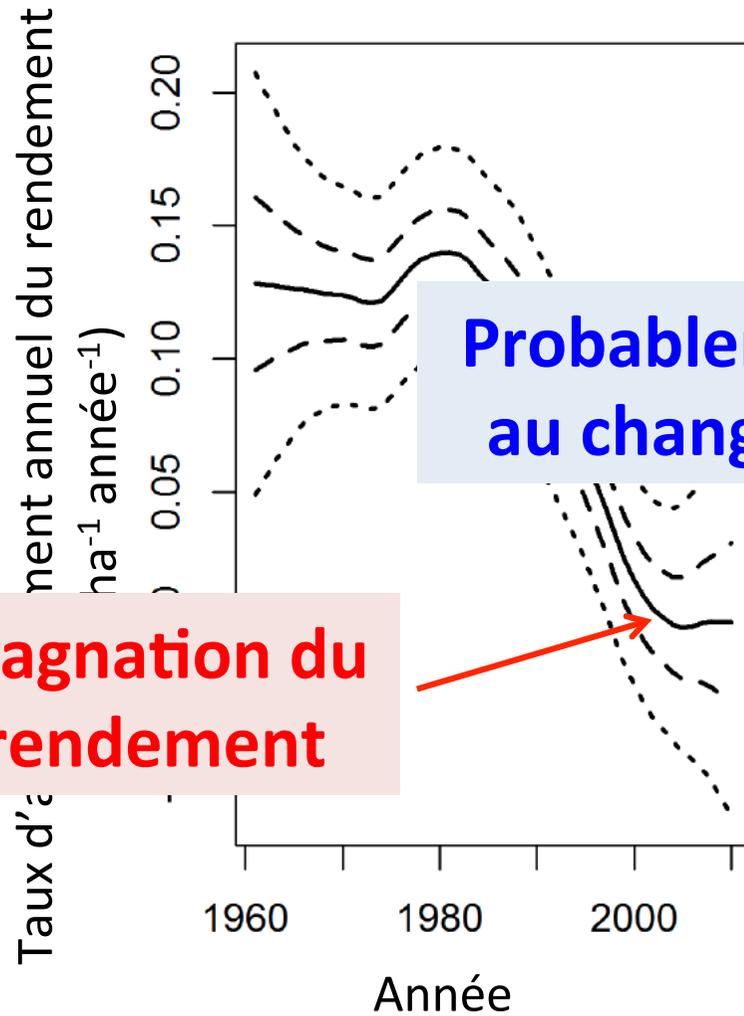


Blé au Brésil



Michel et Makowski (2013)

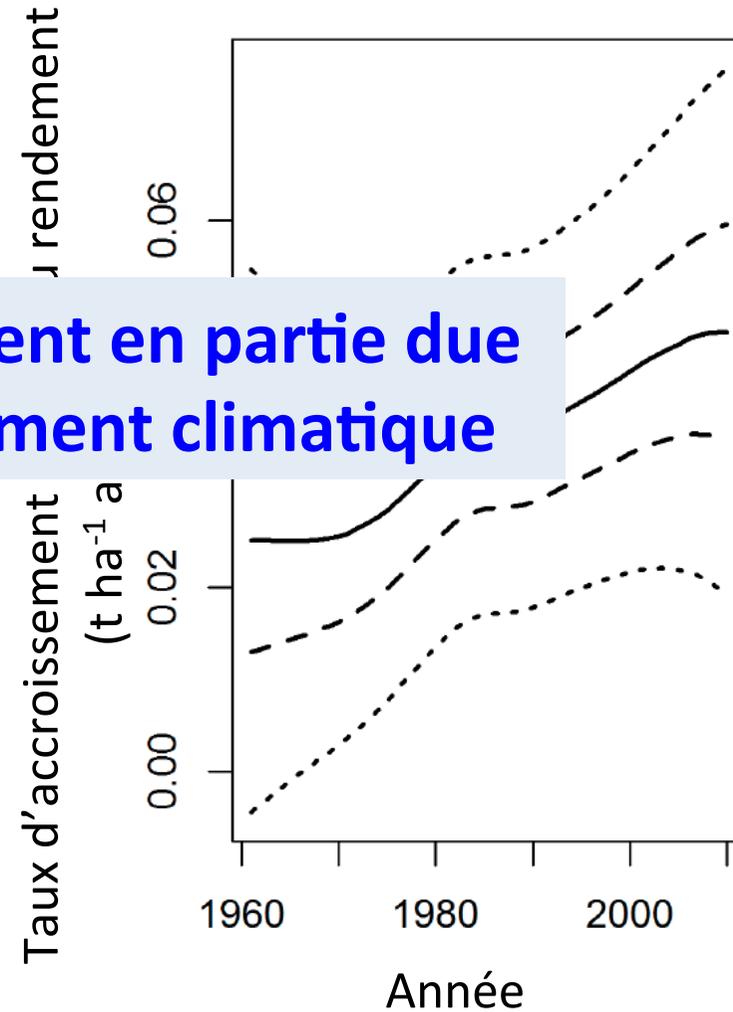
Blé en France

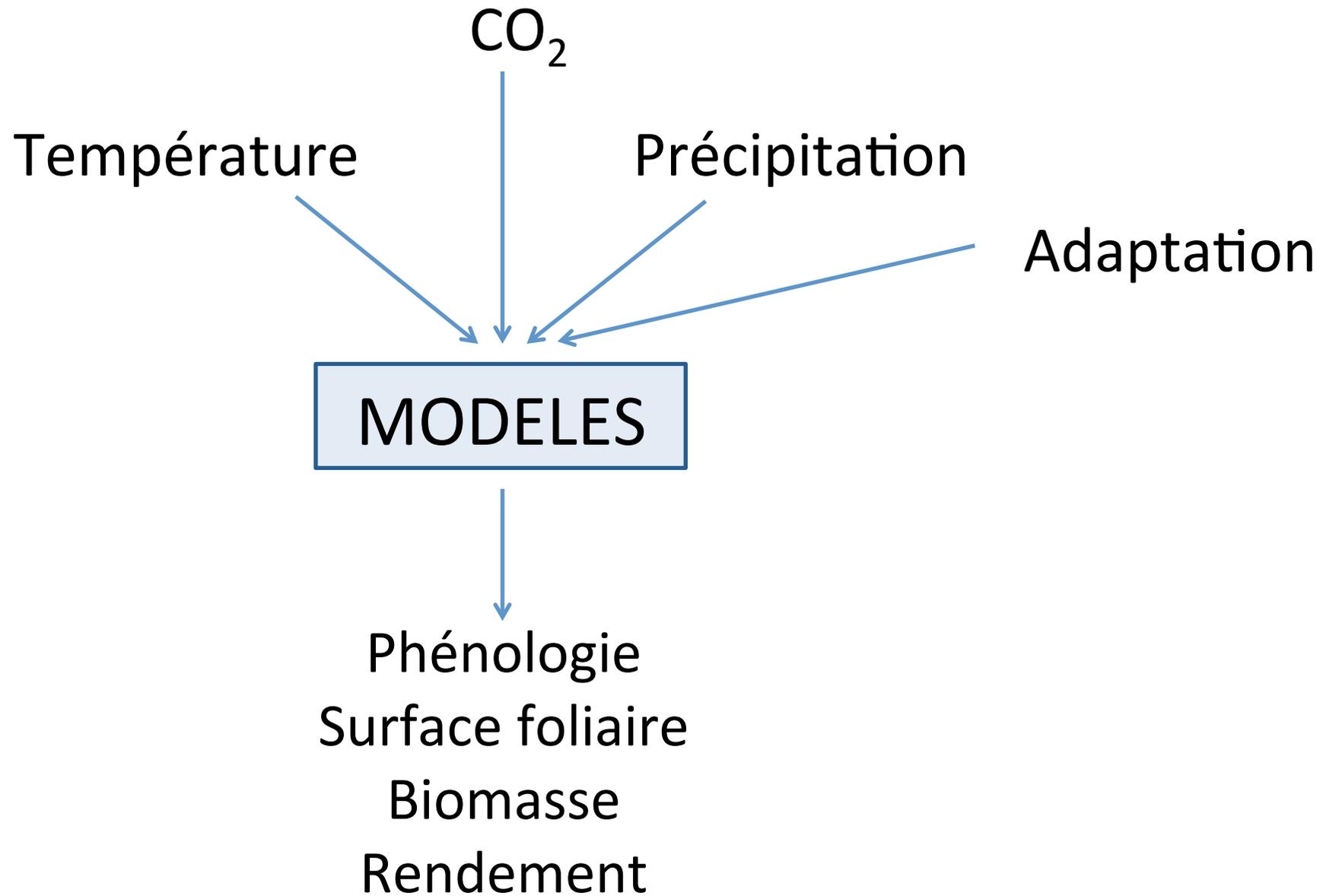


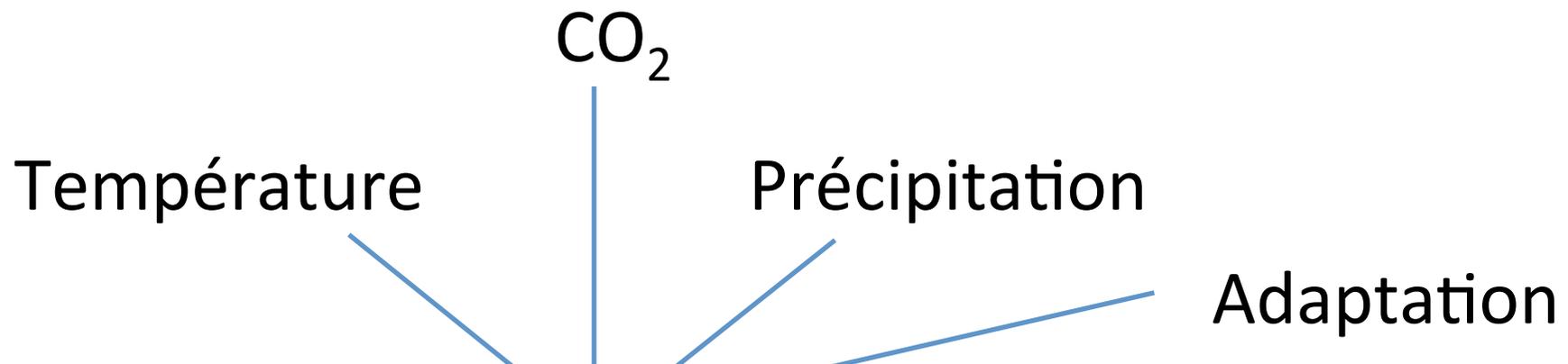
Stagnation du rendement

Probablement en partie due au changement climatique

Blé au Brésil





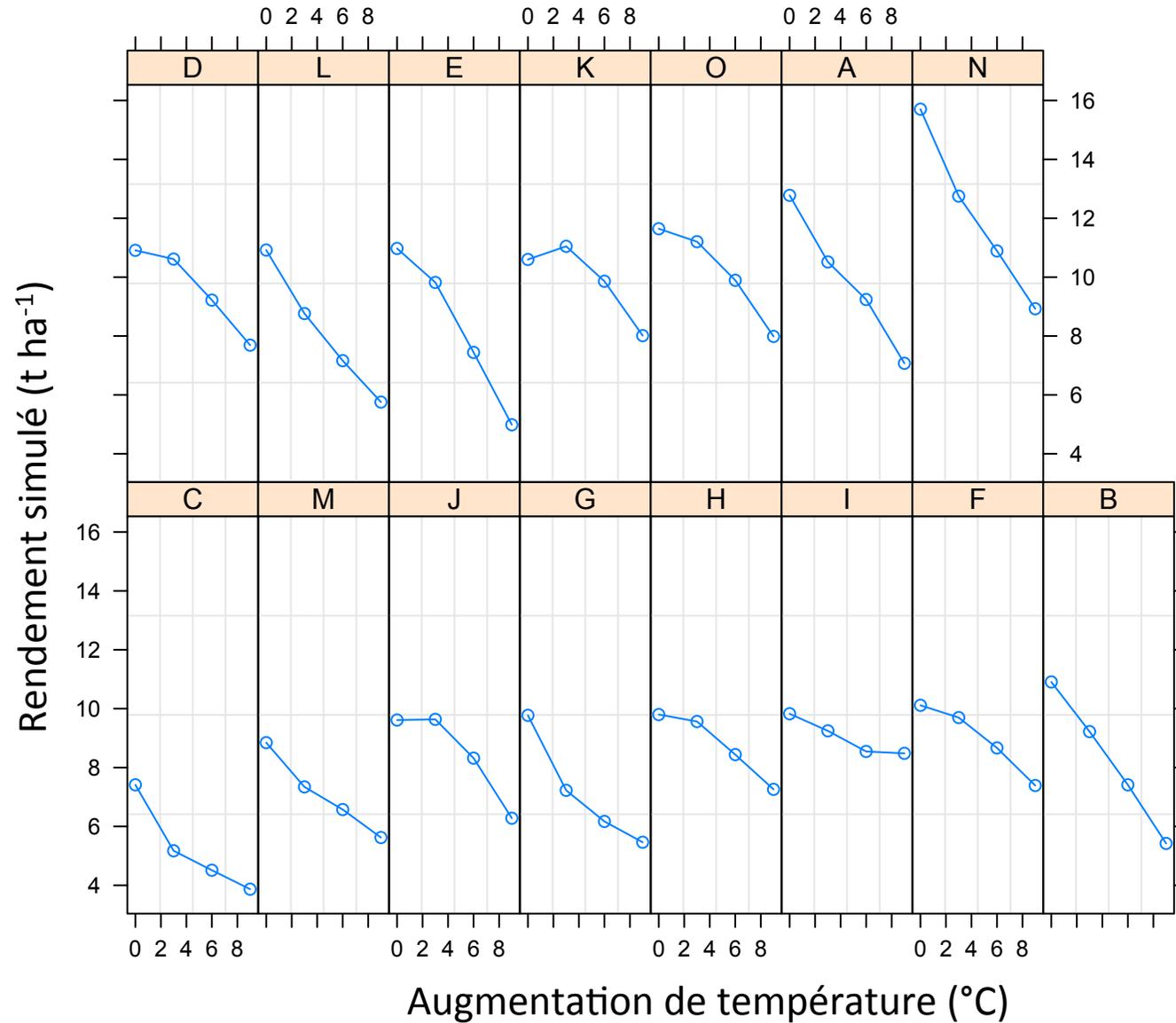


Les résultats dépendent :

- du scénario considéré
- du modèle de culture utilisé

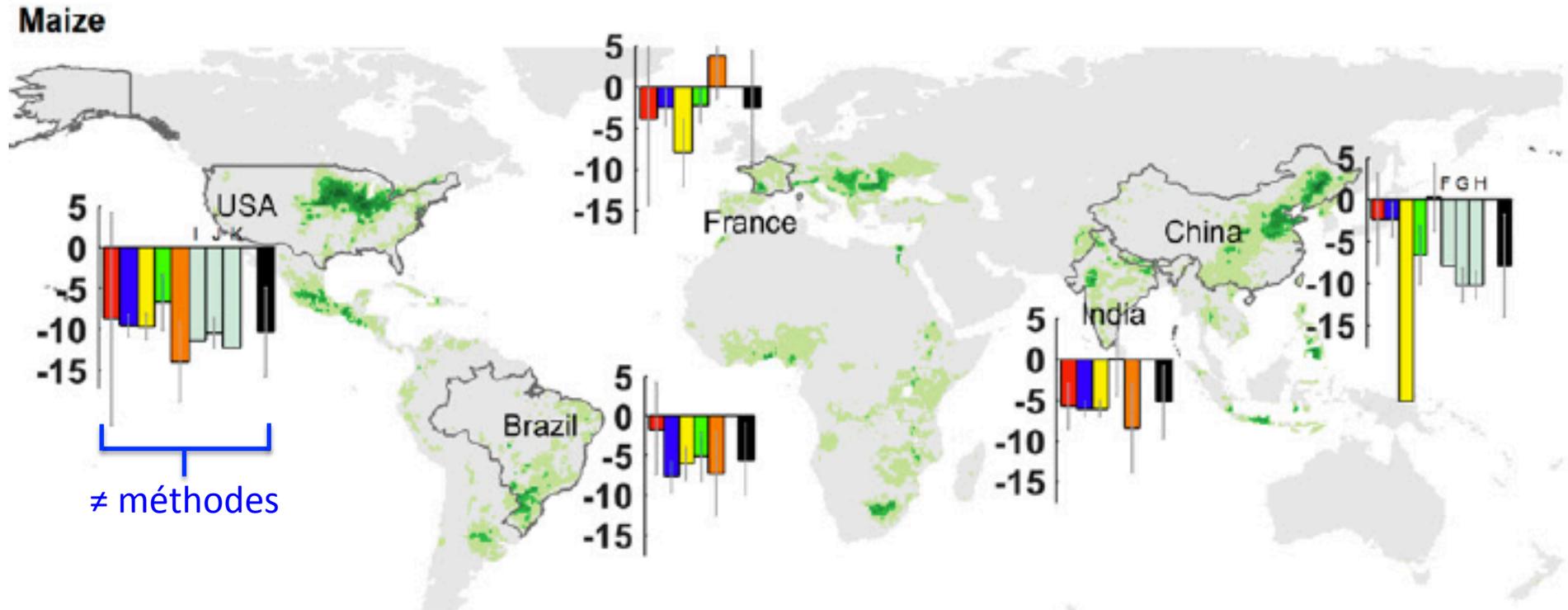
Surface foliaire
Biomasse
Rendement...

Rendements de maïs simulés (Lusignan, France) pour ΔCO_2 conc.=+180ppm (15 modèles)



d'après Bassu et al. 2014

Maïs : Variation de rendement (%) résultant d'une augmentation de 1°C de la température globale (Zhao et al., 2017)



Sans prise en compte de l'effet direct du CO₂

Important de synthétiser les études disponibles pour avoir une vision globale des résultats

Quelles sont les études disponibles
pour la France ?

27 études concernant la France

	Blé	Maïs	Vigne	Colza	Autre
Nb. études	17	10	4	3	5

Variables étudiées selon les études :

- Rendement
- Durée du cycle/Phénologie
- Incidences de certaines maladies

Nombre d'études reportant un gain ou une perte de rendement du **blé** en France avec et sans prise en compte du CO₂

		= ↑	↓
CO₂	2	7	
CO ₂	5	1	
	7	8	

Nombre d'études reportant un gain ou une perte de rendement du **maïs** en France avec et sans prise en compte du CO₂

		= ↑	↓
CO₂	1		3
CO ₂	4		2
	5		5

Nombre d'études reportant un gain ou une perte de rendement du **colza** en France avec et sans prise en compte du CO₂

	$= \uparrow$	\downarrow
CO₂	0	0
CO ₂	1	1
	1	1

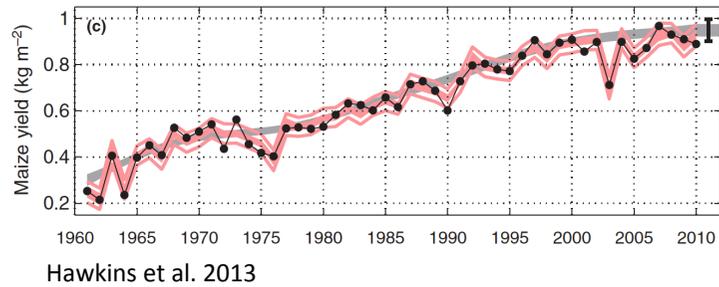
Stratégies d'adaptation mentionnées dans les études

- Dates de semis plus précoces (8 études)
- Adapter le choix variétal (8 études)
 - Variétés adaptées à un semis précoce
 - Variétés adaptées au stress thermique/hydrique
 - Cultivar printemps → Cultivar hiver
- Irrigation (3 études)
- Changer les zones de culture (1 étude)
 - Maïs plus au nord

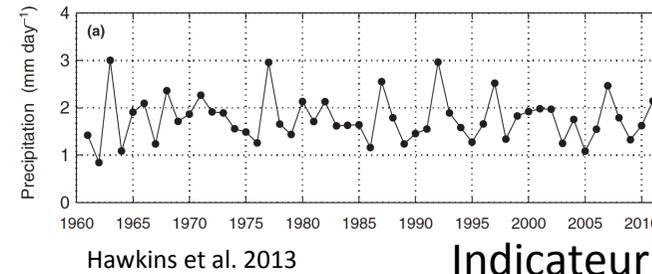
Besoin d'études d'impact régionales ?

Besoin d'études d'impact régionales ?

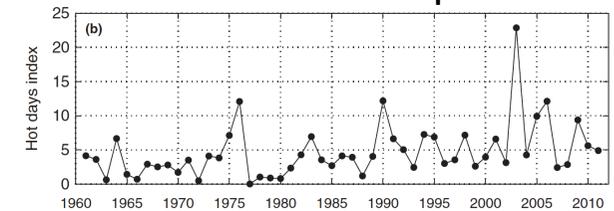
Série chronologique de rendement



Variable climatique

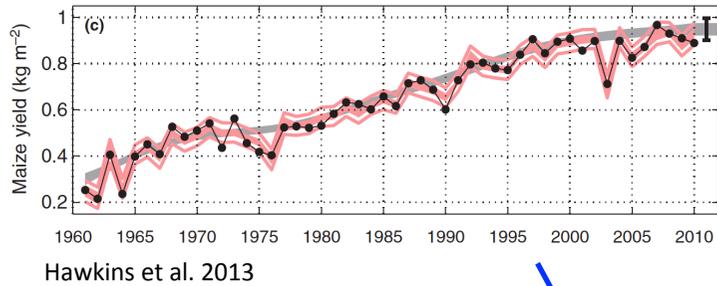


Indicateur climatique

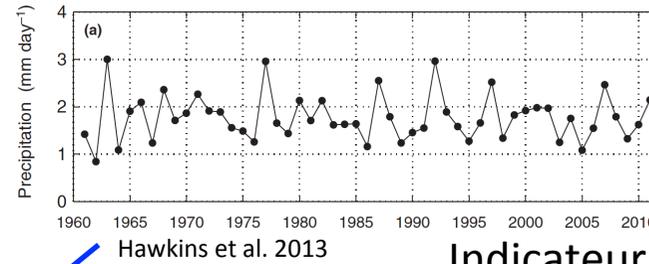


Besoin d'études d'impact régionales ?

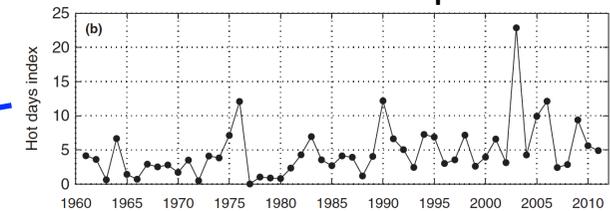
Série chronologique de rendement



Variable climatique



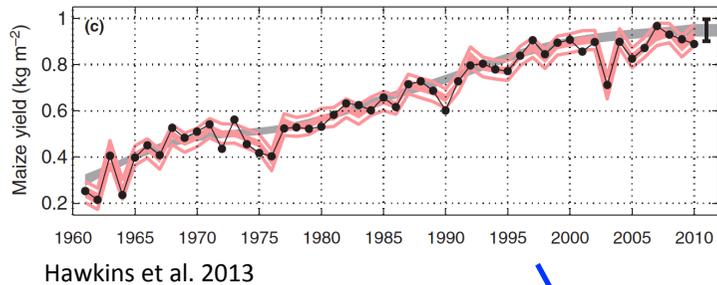
Indicateur climatique



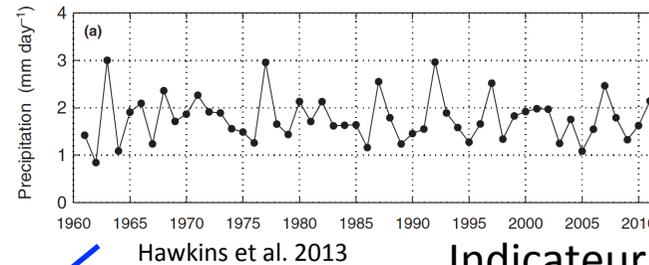
Modèles statistiques

Besoin d'études d'impact régionales ?

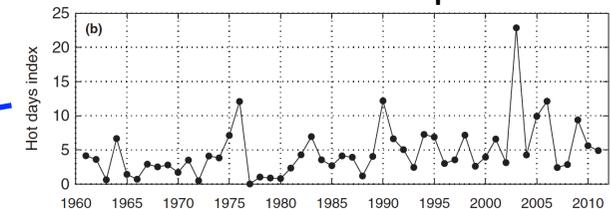
Série chronologique de rendement



Variable climatique



Indicateur climatique



Modèles statistiques

Analyse rétrospective :

Perte/Gain de rendement dû au changement climatique **passé**

Analyse prospective :

Perte/Gain de rendement dû au changement climatique **futur**

Remerciements

P. Bertuzzi (INRA Avignon)

T. Ben-Ari (INRA Grignon)

Ph. Ciais (LSCE Saclay)

L. Hossard (INRA Montpellier)

Quelques références

Brisson, N., Gate, P., Gouache, D., Charmet, G., Oury, F.X., Huard, F., 2010. Why are wheat yields stagnating in Europe? A comprehensive data analysis for France. *Field Crops Research* 119, 201-212

Brisson N., Frédéric Levrault. 2010. Livre vert du projet Climator. Édité par l'ADEME. ISBN 978-2-35838-128-4

Hawkins, E., Fricker, T.E., Challinor, A.J., Ferro, C.A.T., Ho, C.K., Osborne, T.M., 2013. Increasing influence of heat stress on French maize yields from the 1960s to the 2030s. *Global Change Biology* 19, 937-947.

Liu, B. et al. 2016. Similar estimates of temperature impacts on global wheat yield by three independent methods. *Nature Climate Change* 6, 1130-+.

Makowski D. et al. 2015. A statistical analysis of ensembles of crop model responses to climate change factors. *Agriculture and Forest Meteorology* 214–215, 483–493

Trnka et al, 2014. Adverse weather conditions for European wheat production will become more frequent with climate change. *Nature Climate Change* 4(7), 637–643.

Wilcox J., Makowski D. 2014. A meta-analysis of the predicted effects of climate change on wheat yields using simulation studies. *Field Crop Research* 156, 180–190

Zhao C. et al. 2017. Temperature increase reduces global yields of major crops in four independent estimates. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1701762114