



HAL
open science

Effet du changement climatique sur la concentration et la composition en protéines du grain de blé tendre - Perspectives pour la sélection variétale

Jacques Le Gouis, Catherine Ravel

► To cite this version:

Jacques Le Gouis, Catherine Ravel. Effet du changement climatique sur la concentration et la composition en protéines du grain de blé tendre - Perspectives pour la sélection variétale. 71ème Journées Techniques des Industries Céréalières, AEMIC, Nov 2021, Tours, France. hal-04181882

HAL Id: hal-04181882

<https://hal.inrae.fr/hal-04181882>

Submitted on 16 Aug 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



71^{es} JTIC
PALAIS DES CONGRÈS - TOURS
23 & 24 nov 2021



INRAE
la science pour la vie, l'humain, la terre



Effet du changement climatique sur la concentration et la composition en protéines du grain de blé tendre. Perspectives pour la sélection variétale

Effect of climate change on the grain protein concentration and composition in bread wheat. Perspectives in breeding



Conférencier / Speaker : C. Ravel



Jacques LE GOUIS
Directeur de recherche
INRAE



Catherine RAVEL
Ingénieure de recherche
INRAE





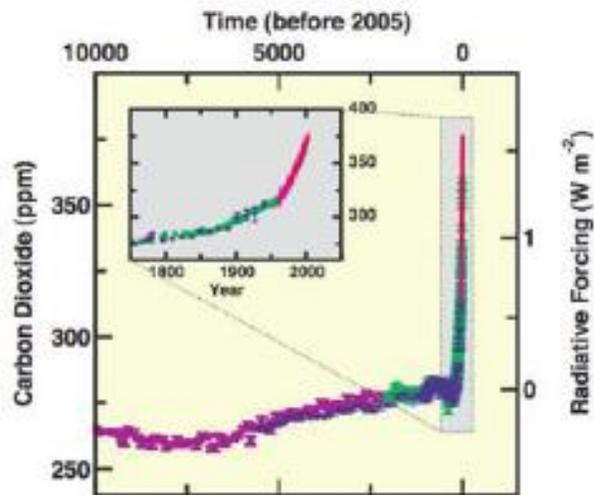
Introduction

Introduction

Introduction / Introduction

Augmentation de la [CO₂], un phénomène global / CO₂ increase, a global phenomenon

100 years



Source : I. Garcia de Cortazar-Atauri



Des émissions qui se sont emballées avec l'ère industrielle

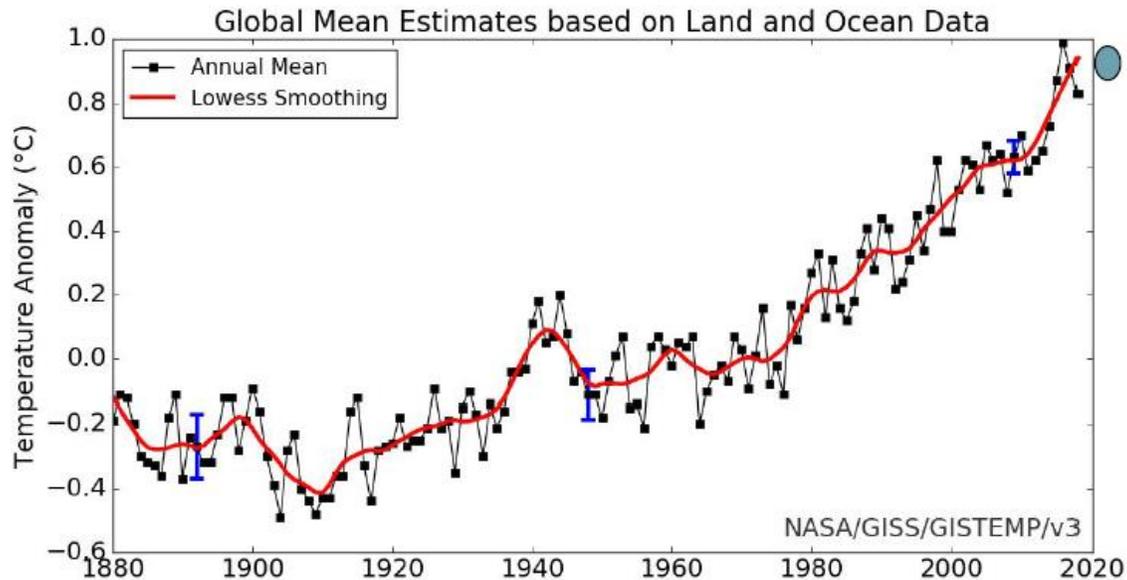
[CO₂] attendue à **550** ppm en 2050 (environ +150 ppm par apport à aujourd'hui)

- ⇒ augmentation de la température de 1,5 à 4,5°C en moyenne
- ⇒ des phénomènes extrêmes plus fréquents



Introduction / Introduction

Augmentation de la température / Temperature increase



Source : I. Garcia de Cortazar-Atauri



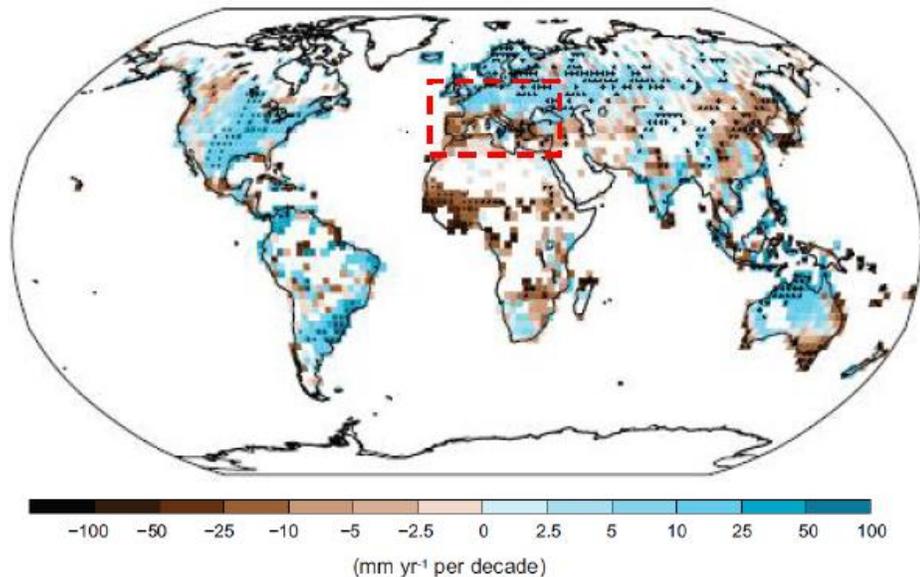
Des années toujours plus chaudes.
En France, toutes les saisons sont touchées



Introduction / Introduction

Précipitation / Rainfall

Changements des précipitations annuelles (1901-2012))



Source : I. Garcia de Cortazar-Atauri

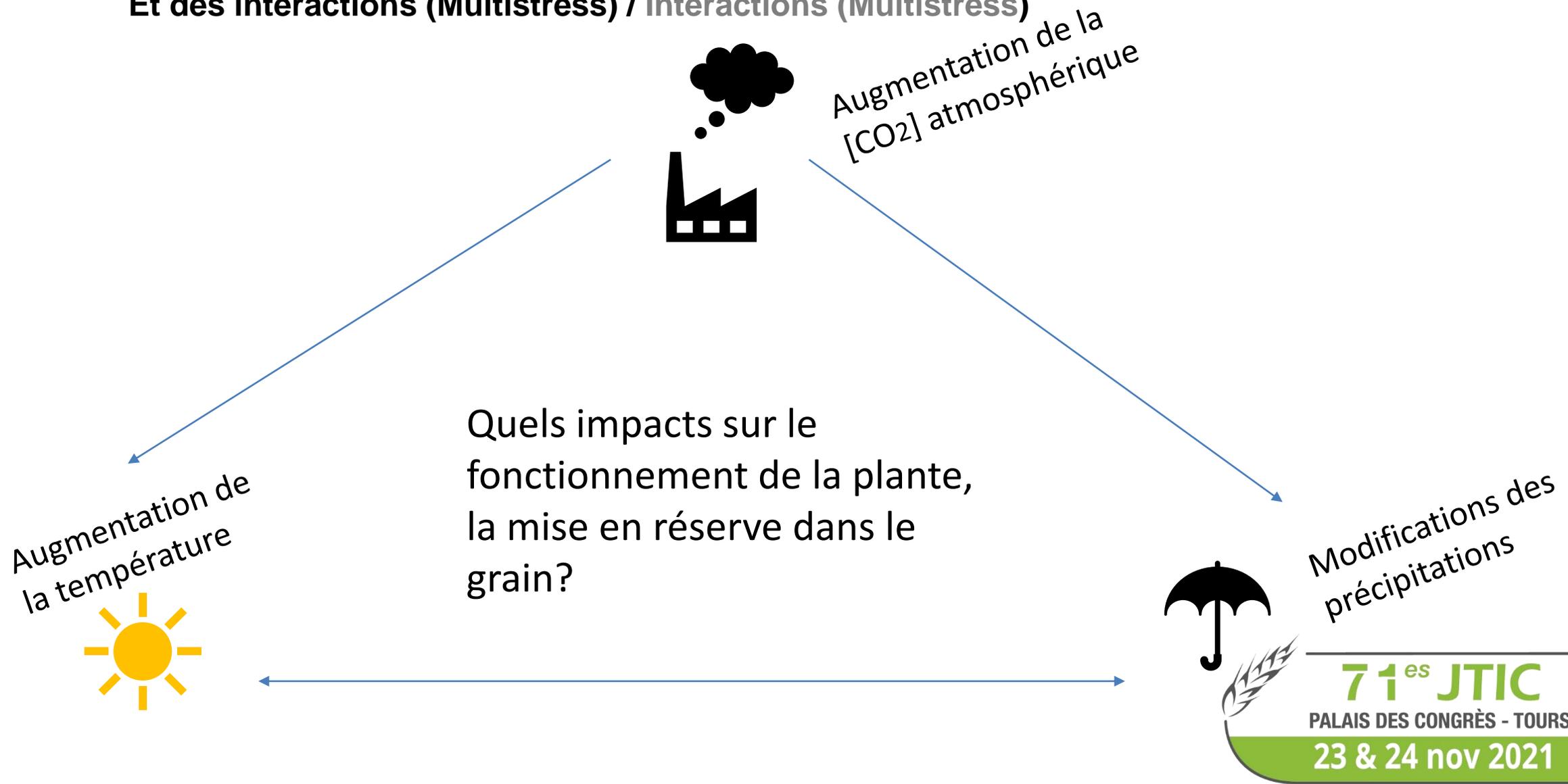


Des modifications qui dépendent des zones
Pour la France, un contraste Nord-Sud



Introduction / Introduction

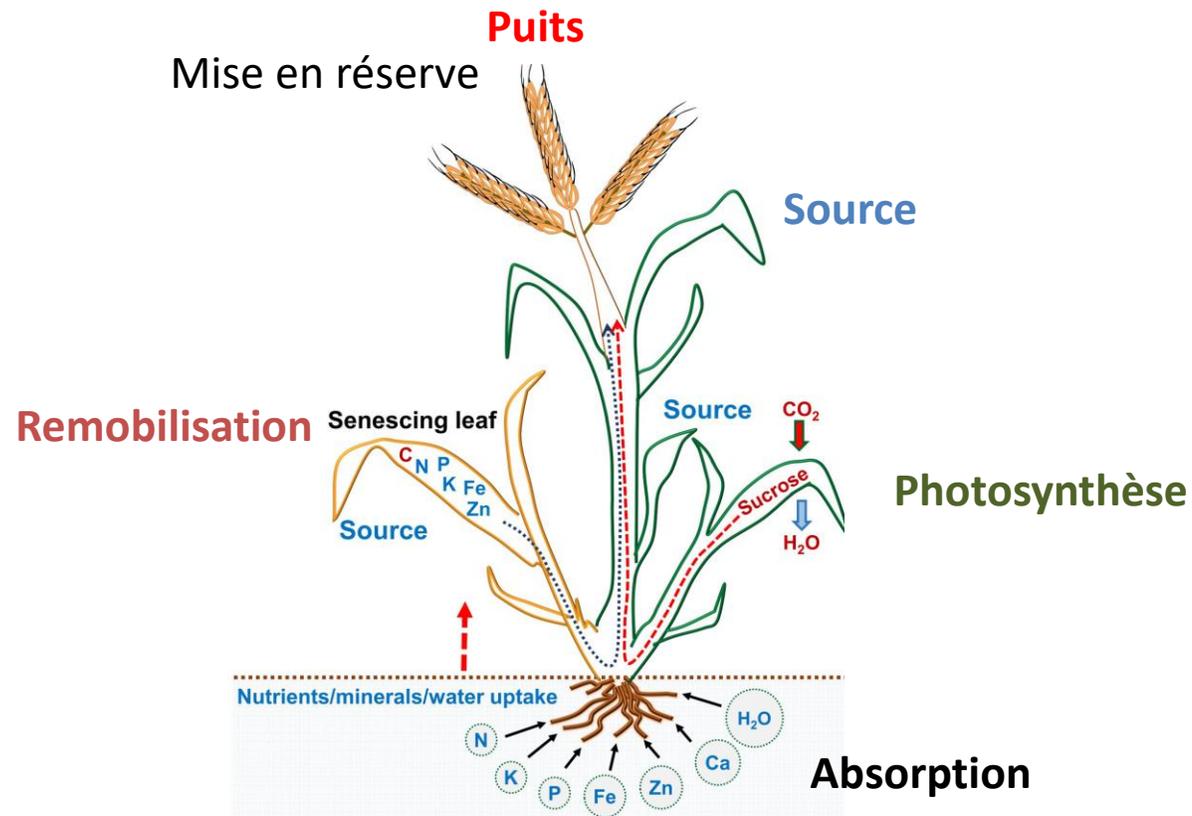
Et des interactions (Multistress) / Interactions (Multistress)



71^{es} JTIC
PALAIS DES CONGRÈS - TOURS
23 & 24 nov 2021

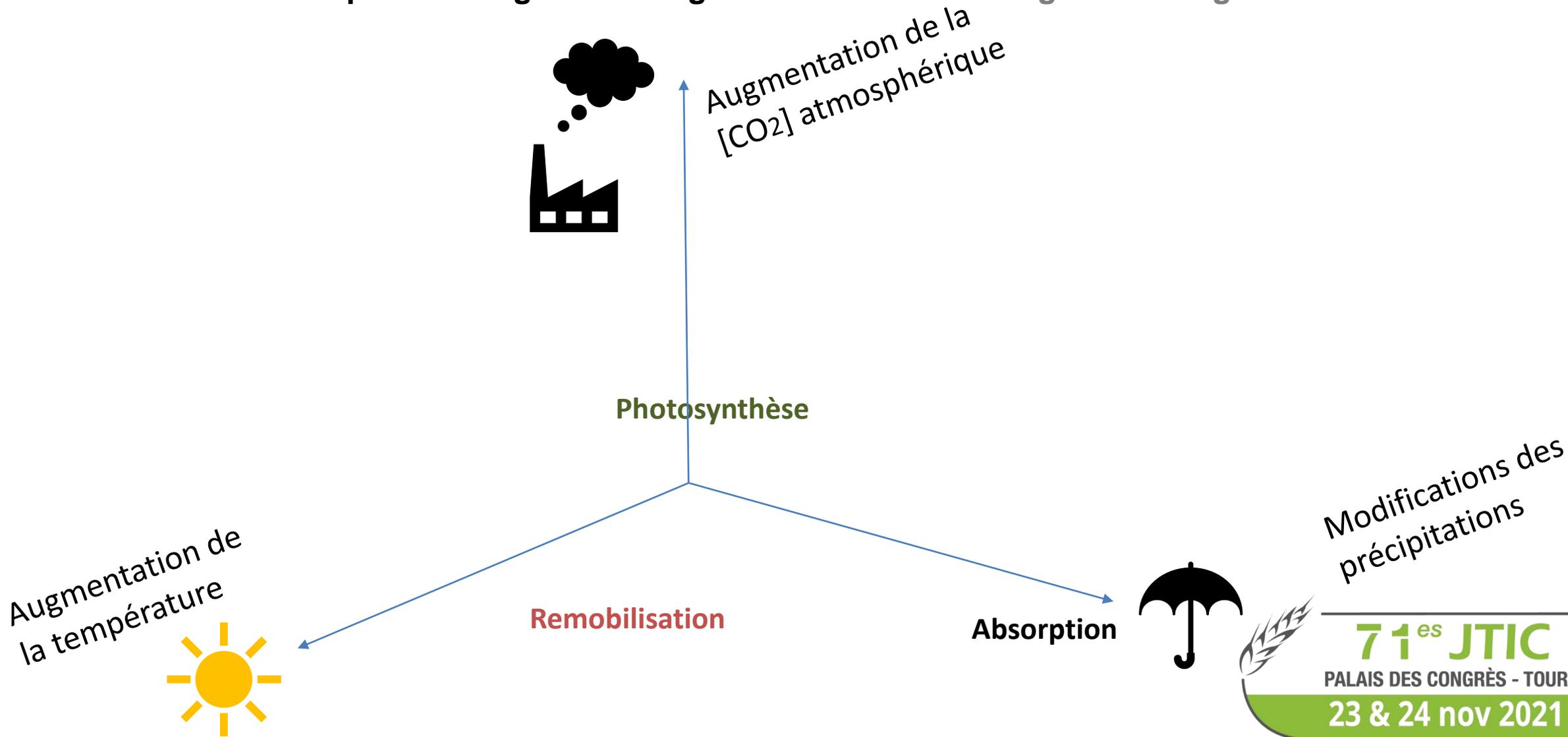
Introduction / Introduction

La nutrition de la plante : de la source aux puits / Plant nutrition : from source to sinks



Introduction / Introduction

Nutrition de la plante and global change / Plant nutrition and global change



71^{es} JTIC
PALAIS DES CONGRÈS - TOURS
23 & 24 nov 2021

Introduction / Introduction

Puits / Sinks

Enveloppes

Albumen

Amidon (80%)
Protéines (15%)

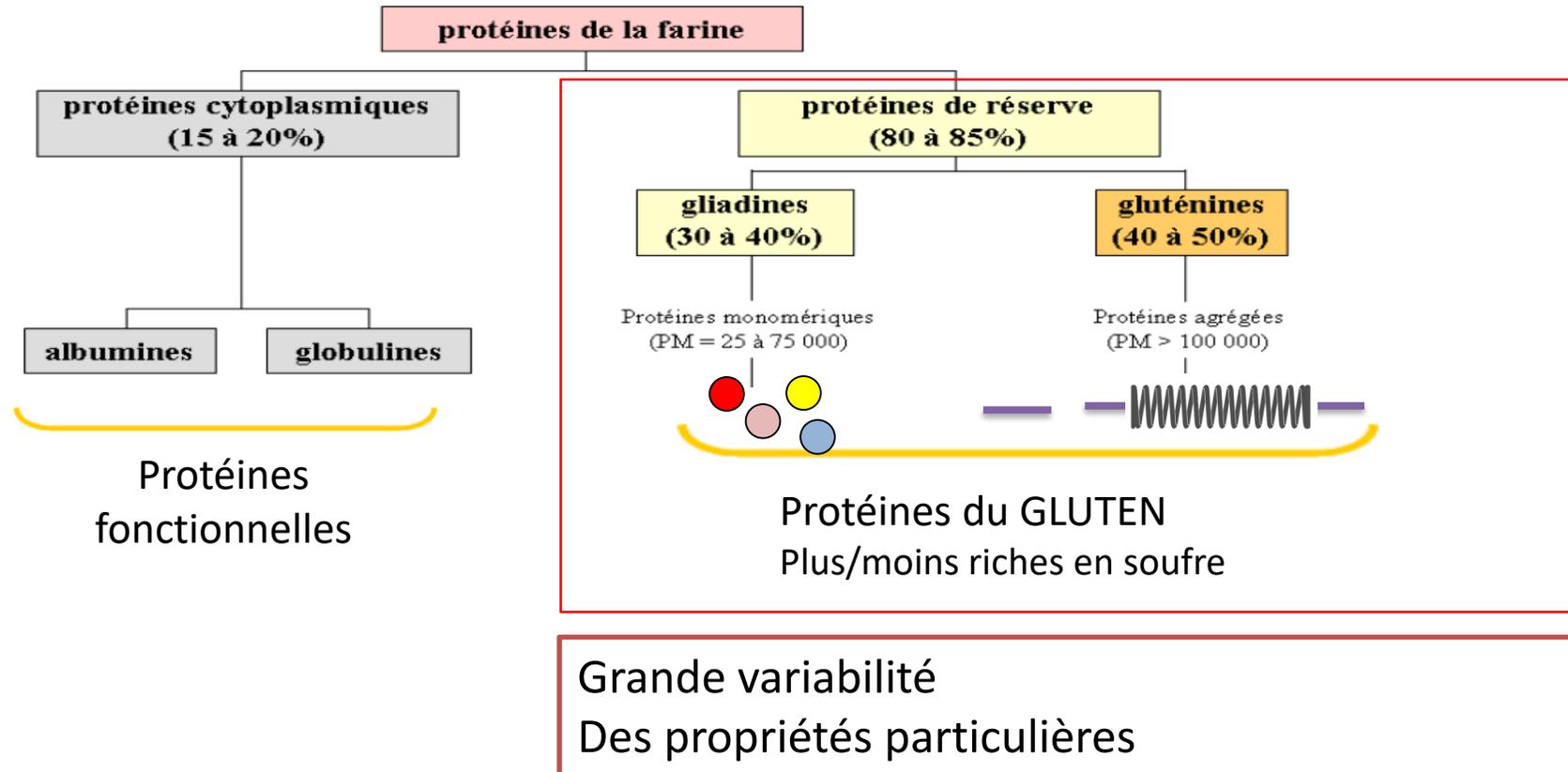


Germe



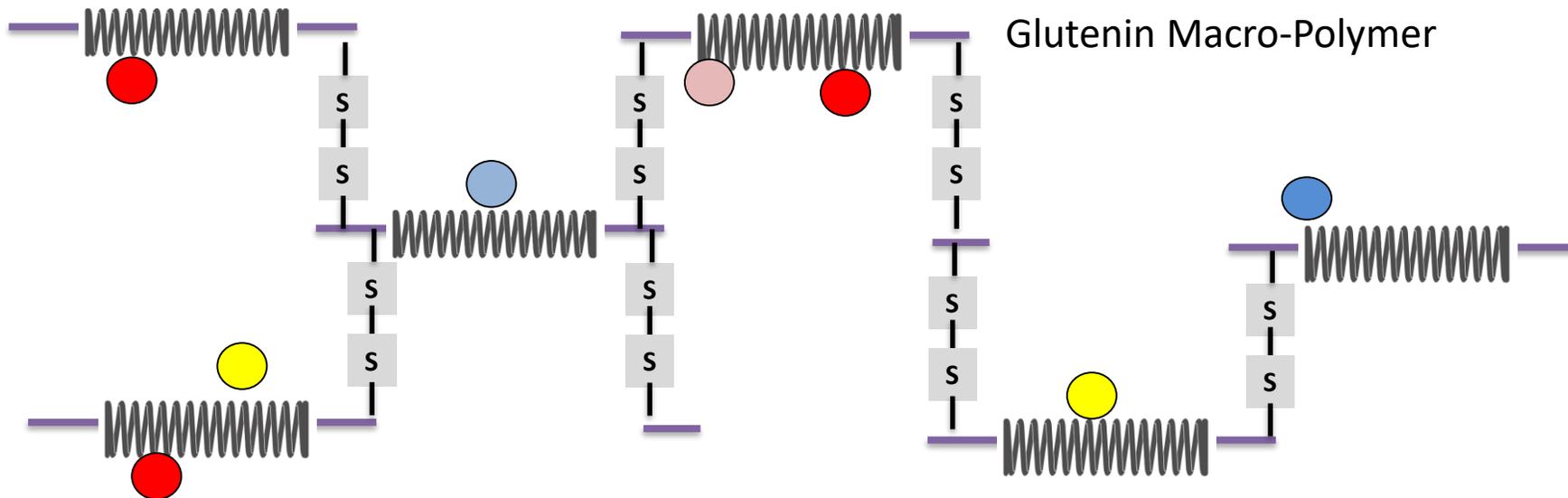
Introduction / Introduction

Les protéines du grain de blé / Grain wheat proteins



Introduction / Introduction

Concentration et composition en protéines, deux déterminants majeurs de la qualité d'usage / grain protein concentration and composition, two key determinants of the end-use value

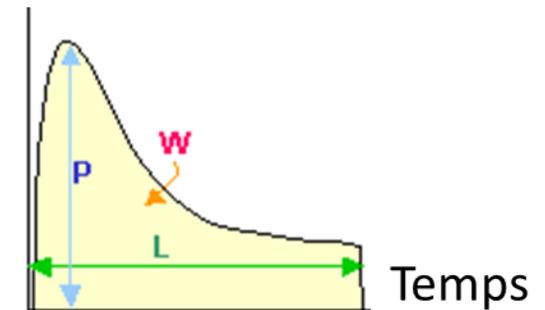


Modèle structural simplifié du gluten, d'après Lamacchia et al., 2014.

Les protéines sont capables de **s'agréger** après hydratation et pétrissage pour former **le réseau de gluten** qui confère à la pâte ses propriétés de **visco-élasticité**



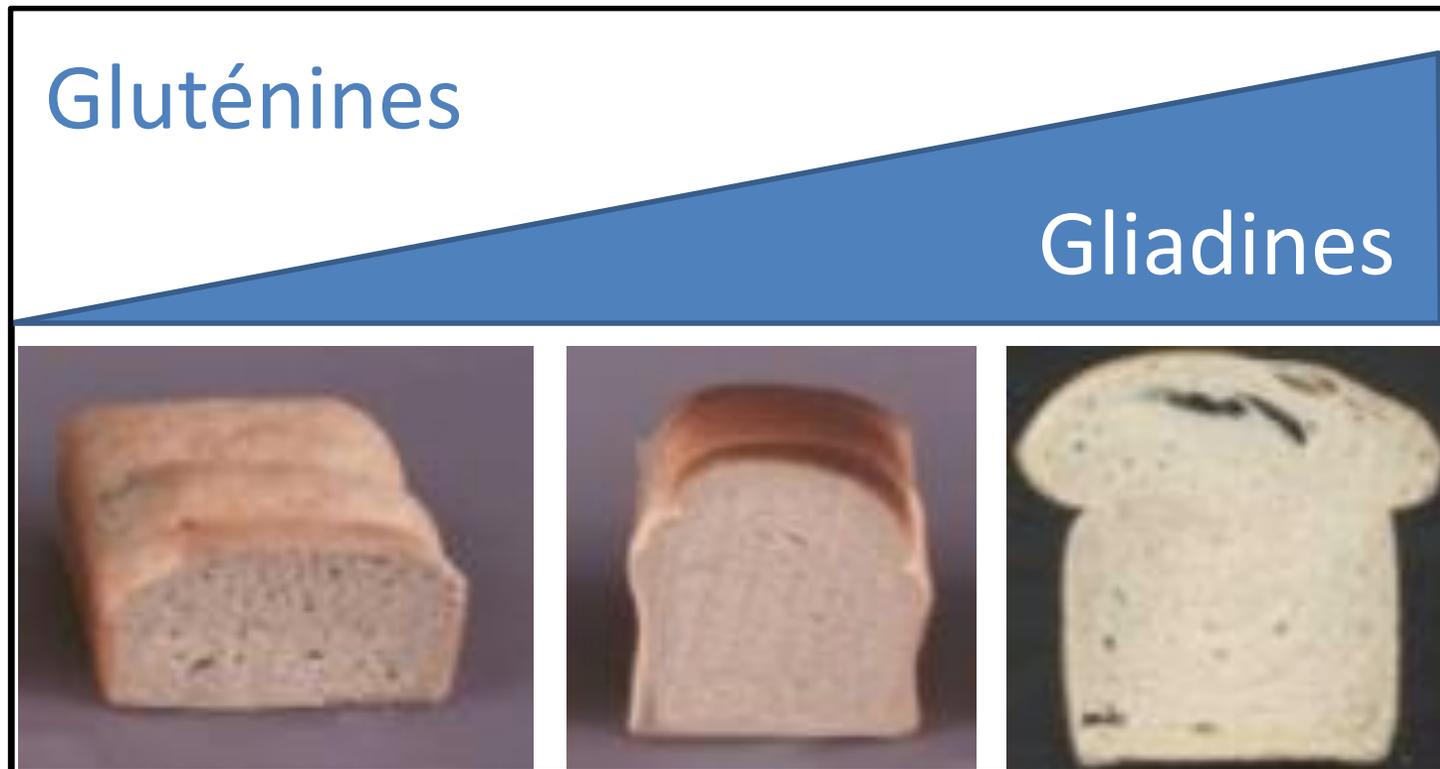
Pression



71^{es} JTIC
PALAIS DES CONGRÈS - TOURS
23 & 24 nov 2021

Introduction / Introduction

Concentration et composition en protéines, deux déterminants majeurs de la qualité d'usage /
Grain protein concentration and composition, two key determinants of the end-use value



Importance du ratio
gluténines/gliadines



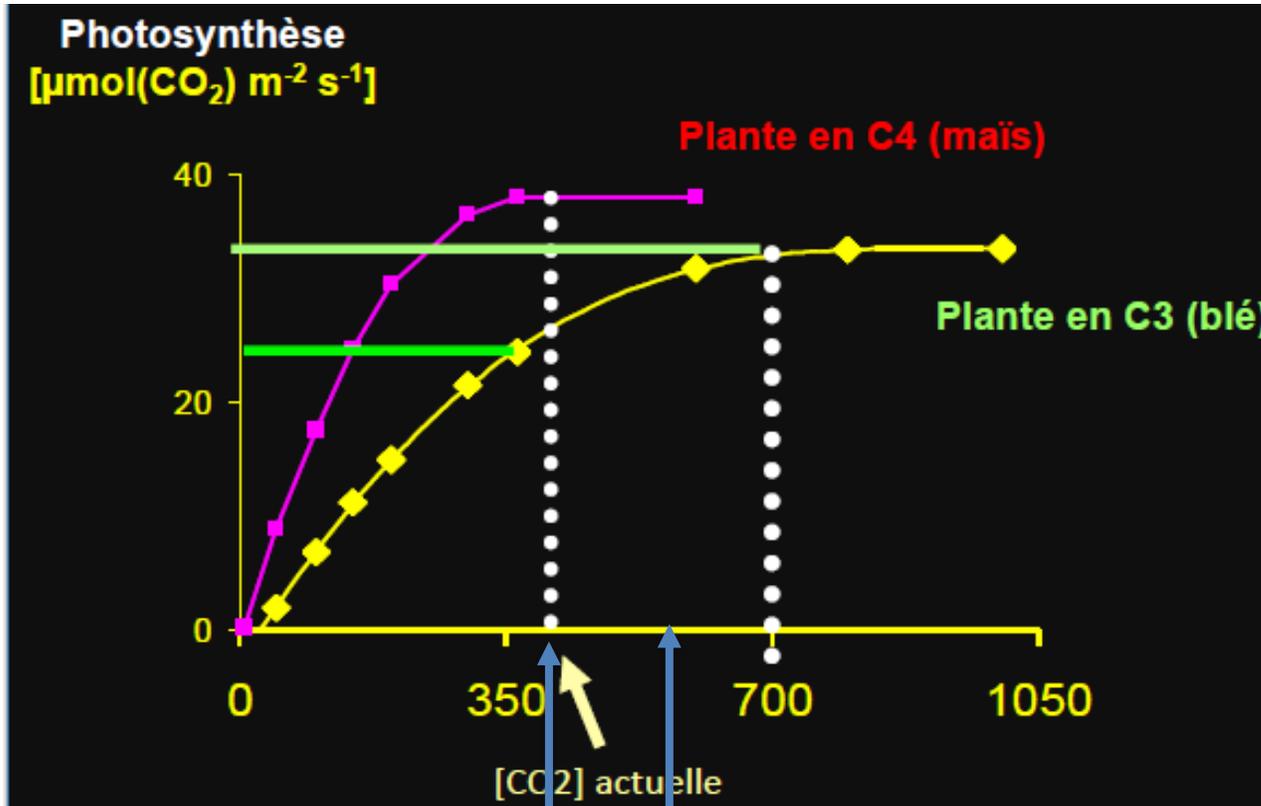


Influence d'un seul factor

A single factor influence

Un seul facteur / Single factor

Effet de l'augmentation de la [CO₂] / Influence of elevated [CO₂]



Optimum déjà atteint
pour les plantes en C4

Aujourd'hui 2050



Stimule photosynthèse et croissance

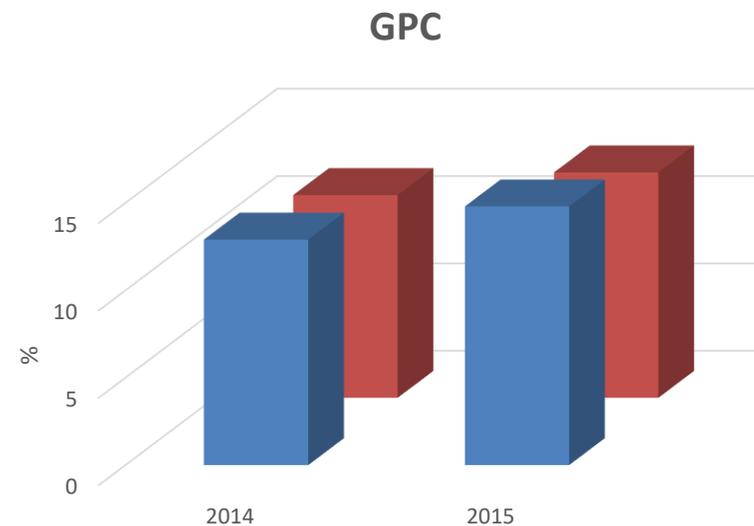
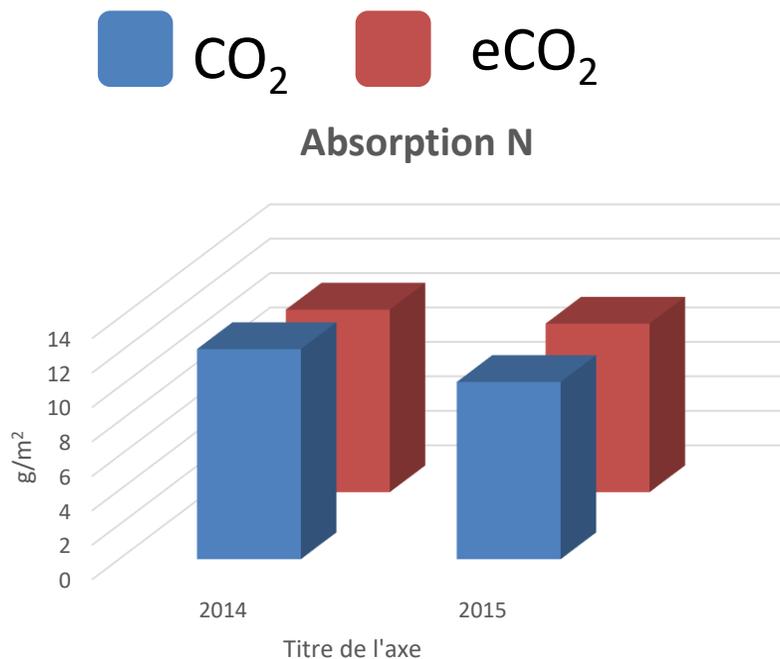
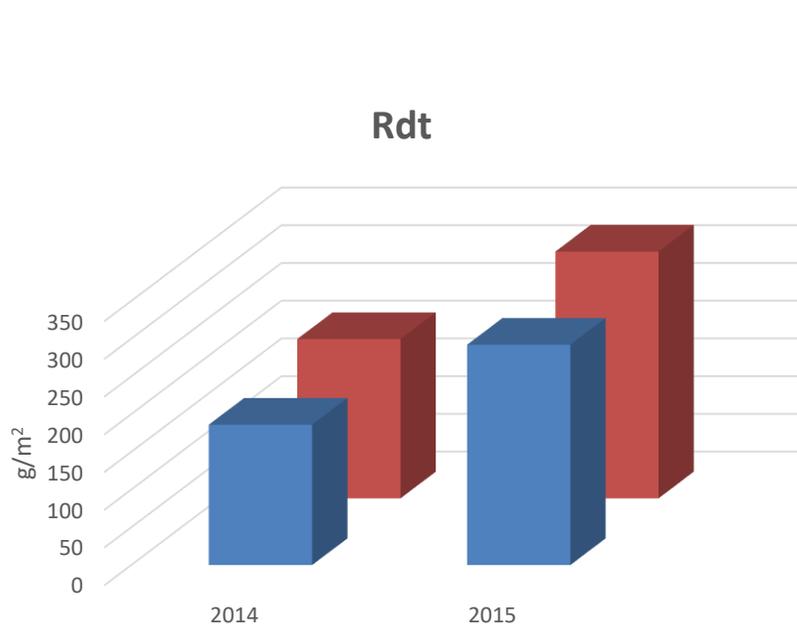
Walker et al 2019

6 géotypes
2 années d'essai
400 / 550 $\mu\text{mol/mol}$ de CO₂
Anova modèle complet : interactions rarement significatives



Un seul facteur / Single factor

Effet de l'augmentation de la [CO₂] / Influence of elevated [CO₂]



Effet CO ₂	*	NS	***
-----------------------	---	----	-----

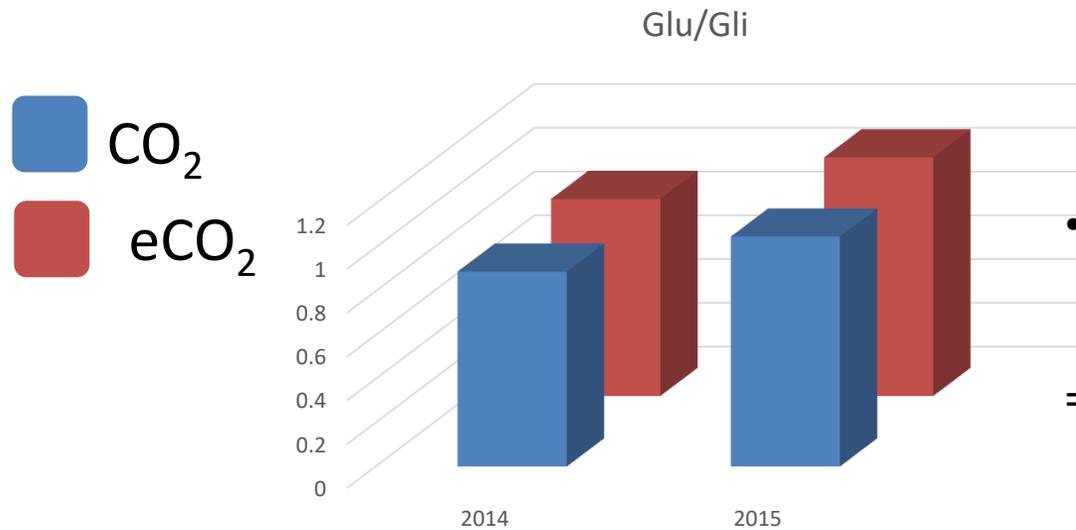
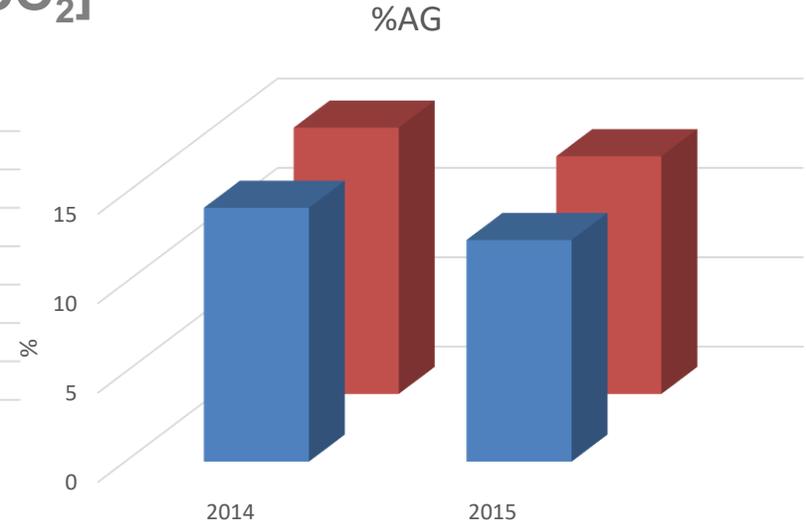
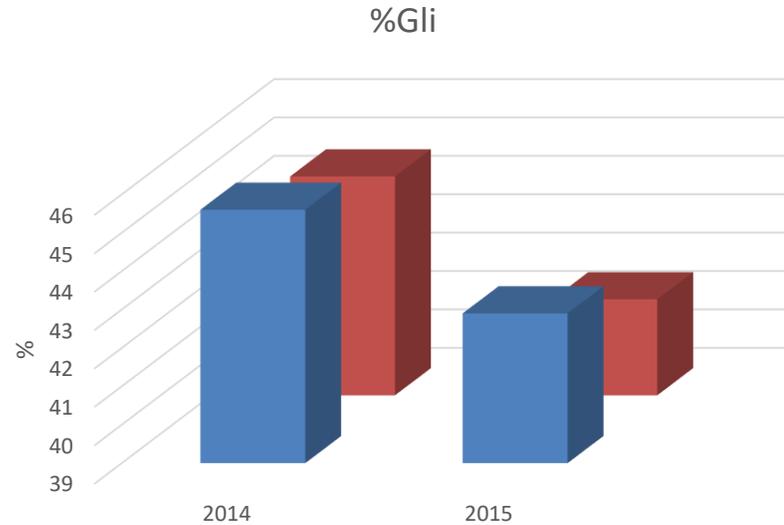
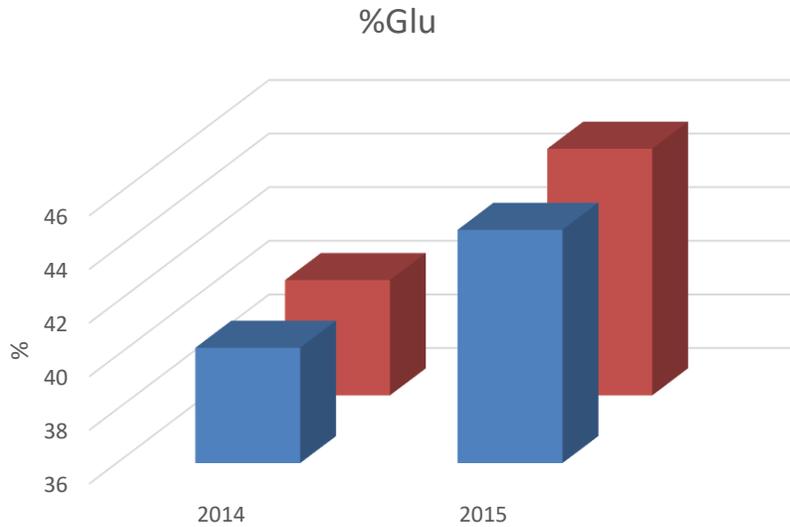
- Augmentation du rendement (synthèse d'amidon), mais plus faible qu'attendue
- Pas d'effet sur l'absorption de l'azote

=> Diminution signification de la teneur en protéine (effet dilution + autres phénomènes)



Un seul facteur / Single factor

Effet de l'augmentation de la [CO₂] / Influence of elevated [CO₂]



	%Glu	%Gli	%AG	Gli/Glu
Effet CO₂	NS	***	***	*

- Modification de la composition des protéines du grain (diminution de la proportion de gliadines)

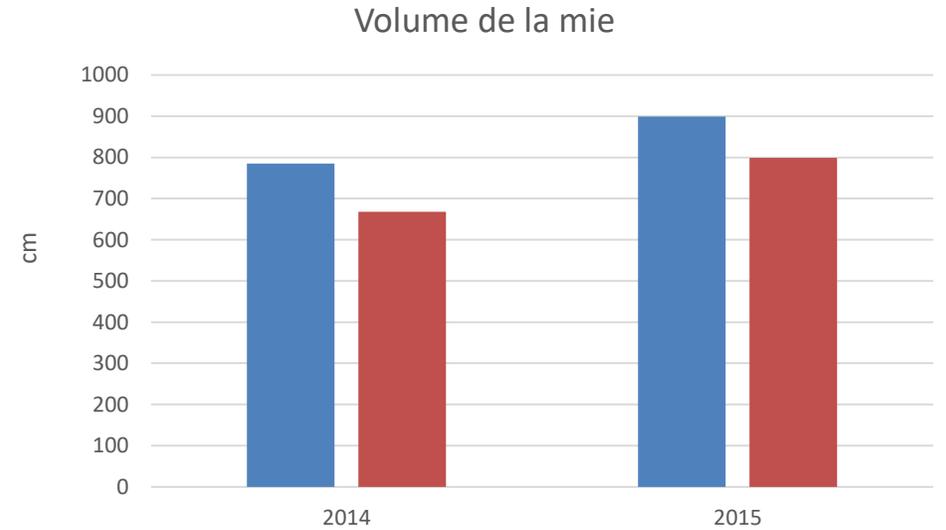
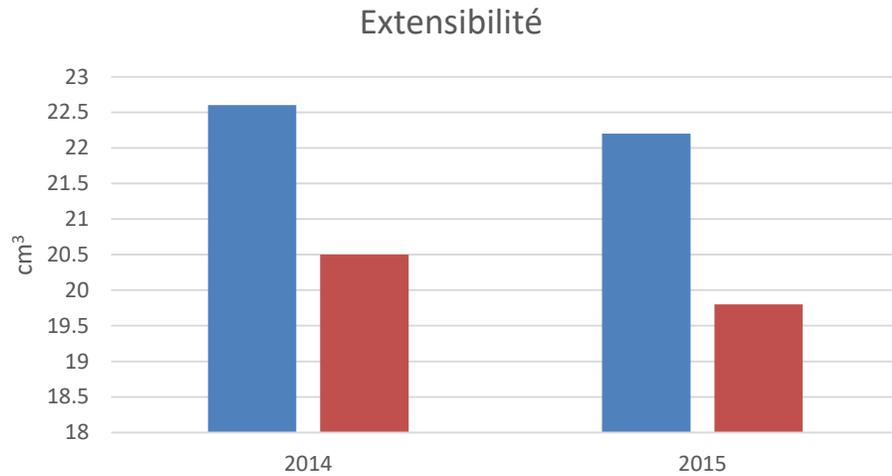
=> Impacts sur la qualité technologique



Un seul facteur / Single factor

Effet de l'augmentation de la [CO₂] / Influence of elevated [CO₂]

■ CO₂ ■ eCO₂



	Extensibilité	Volume de la mie
Effet CO ₂	***	***

- Dégradation de la qualité technologiques





Un seul facteur / Single factor

Sécheresse / Drought

Sécheresse

Fermeture des stomates => limite la photosynthèse
Sénescence des feuilles => favorise la remobilisation de l'N

MAIS

Limite l'absorption de l'N

Protéines du grain

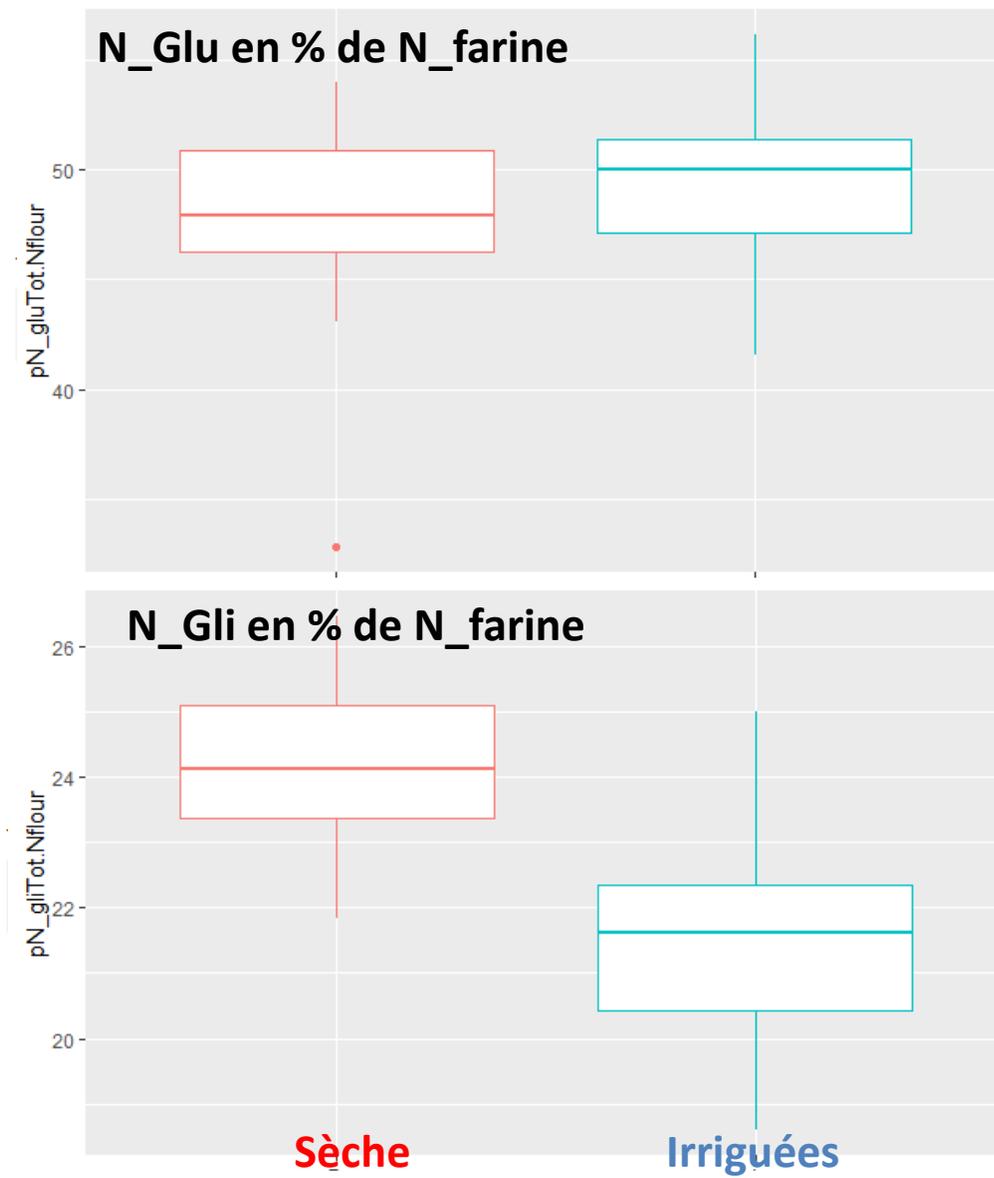
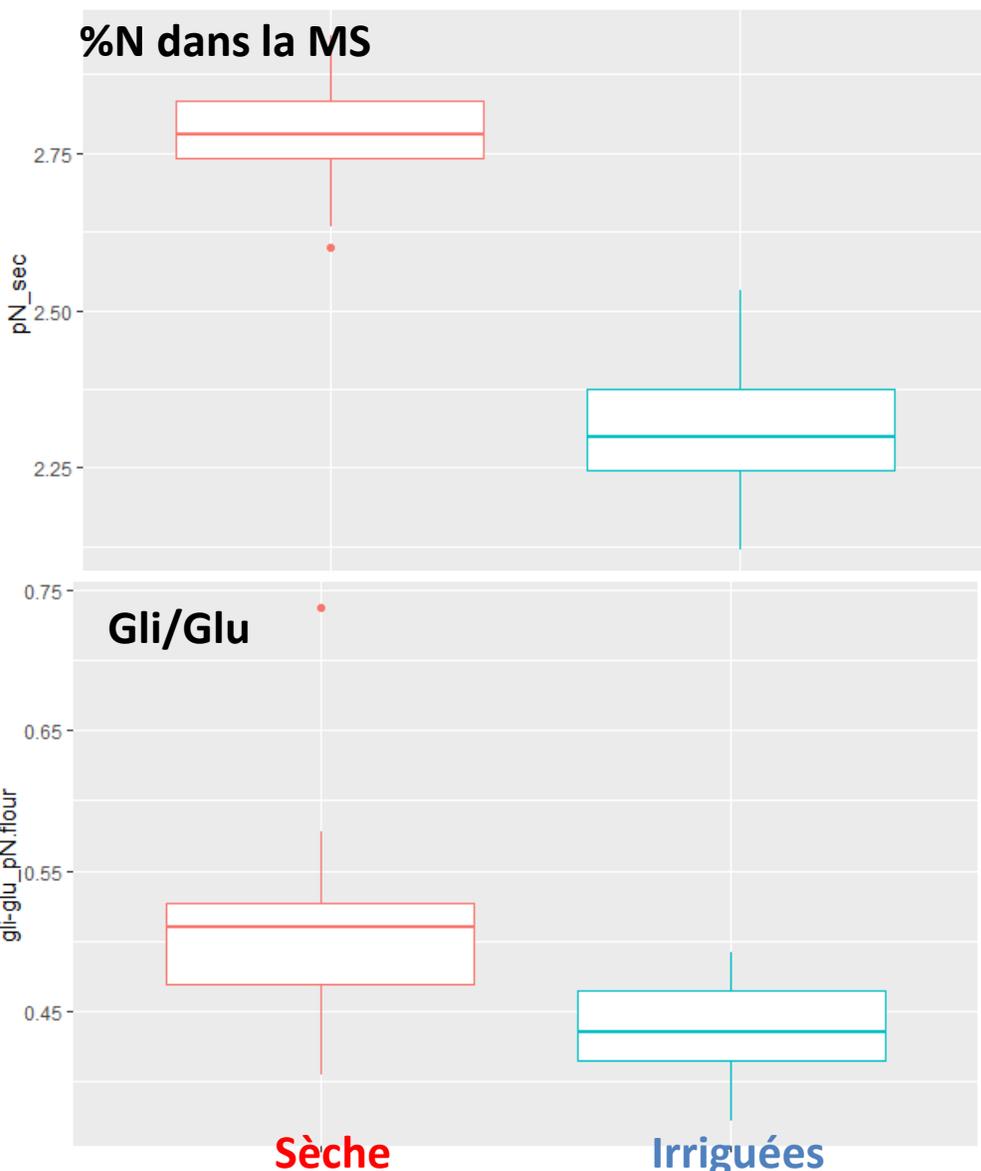


Témoins (n=2) **pluviométrie naturelle / irrigué**
434,4 mm d'irrigation (+110 mm en 3 apports de 1/04 au 30/05/20)
pluviométrie 324.4 mm



Un seul facteur / Single factor

Sécheresse / Drought



Modifications

- de la teneur en protéines
- de la composition en protéines de réserve (plus de gliadines)

=> Impacts sur la qualité technologique

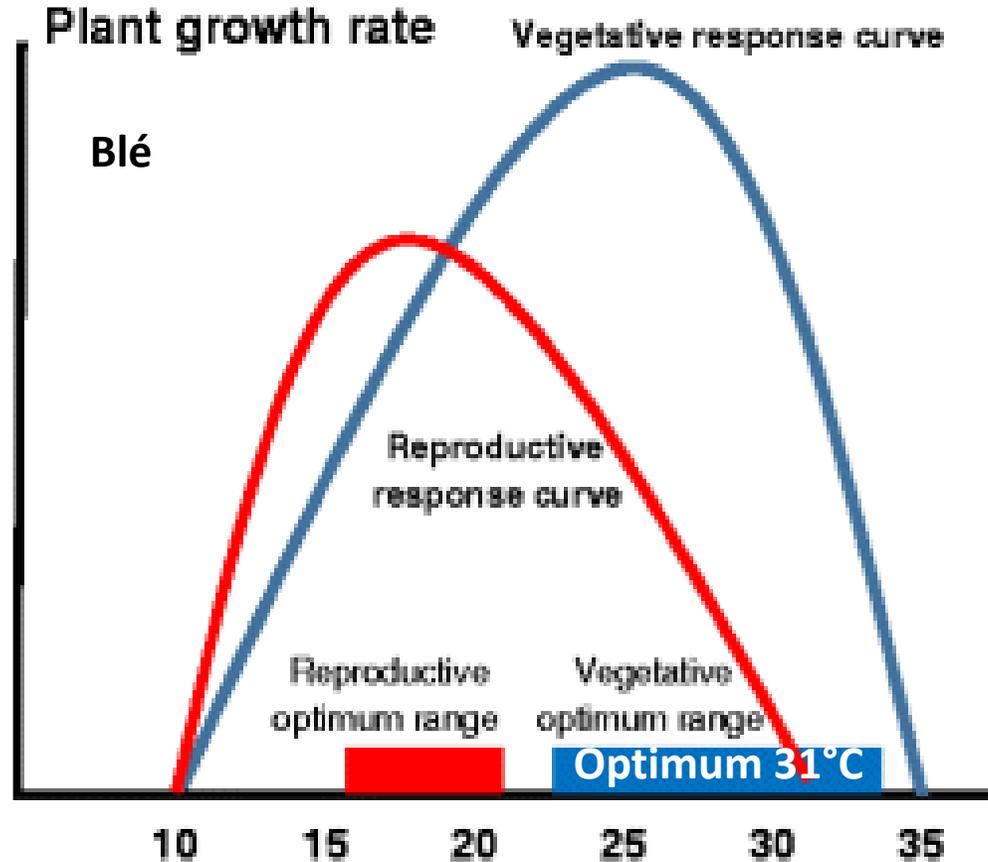
71^{es} JTIC
PALAIS DES CONGRÈS - TOURS
23 & 24 nov 2021



Un seul facteur / Single factor Température élevée / Heat stress

Courbes de réponse à la température :
des optima thermiques

Des réponses qui vont différer
en fonction du stade où le
stress apparait, de sa durée, de
son niveau, de sa répétition.





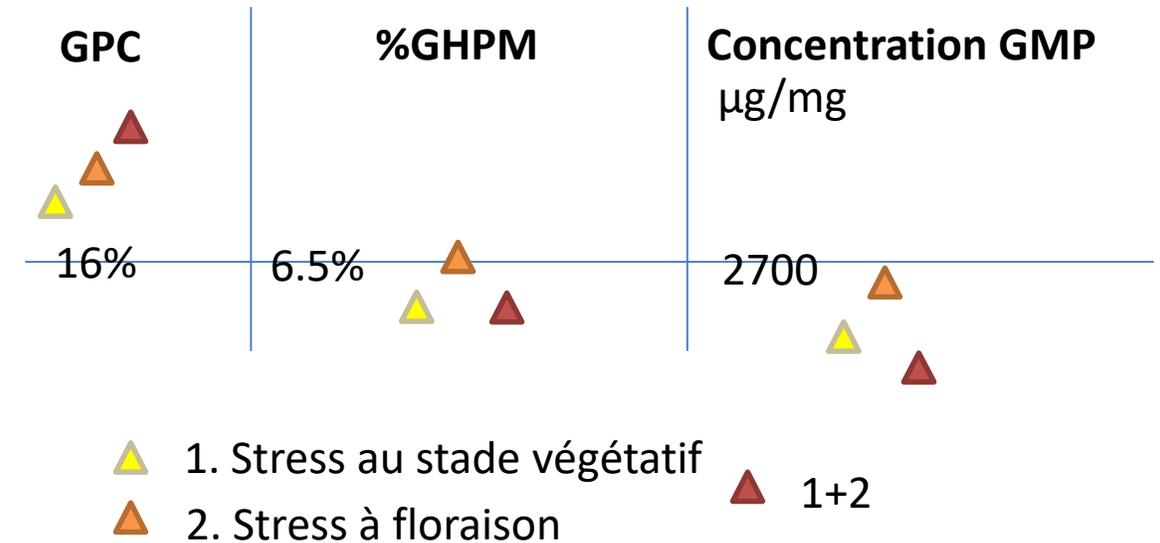
Un seul facteur / Single factor

Température élevée / Heat stress

Changements provoqués par un choc thermique pendant le remplissage (Blumenthal et al. 1998) :

- Une durée plus courte de remplissage : diminution du rendement, augmentation de la teneur en protéines du grain
- Diminution du Glu/Gli (maintien de la synthèse des gliadines alors que celle des gluténines diminue)
- Diminution de la proportion des macropolymères de gluténines (- de gluténines et moins bonne activité des enzymes impliquées dans la formation des ponts diSulfure)
- Synthèse de HSP (Heat Shock Protein) qui nuisent à la formation du réseau de gluten

Des résultats similaires obtenus après application d'un choc thermique précoce ou/et un choc thermique à anthèse à partir d'un génotype de blé de printemps (Zhang et al. 2013)



Branlard et al (2020) montre que des températures élevées post-anthèse augmente la masse et le rayon des polymères de gluten

Tomas et al. (2020) mettent en évidence des différences entre variétés pour la composition et la qualité technologique face à des vagues de chaleur post anthèse





Interaction (multistress)

Interaction (multistress)

Multistress / Multistress

CO₂ x sécheresse / CO₂ x sécheresse

Walker et al 2019

2 géotypes

240/440 mm de précipitation

400 / 550 ppm de CO₂

	sécheresse	Tendance	CO ₂	Tendance	interaction	Globalement	Rappel CO ₂
Rdt	***		NS		NS		
Absorption N	NS		NS		NS		
GPC	***		***		NS		
%Gli	NS		**		NS		
%Glu	*		NS		NS		
Glu/gli	*		*		NS		
%AG	NS		NS		*		
Extensibilité	***		***		NS		
Volume de la mie	***		***		NS		

Vers une diminution générale des variables mesurées de rendement et qualité

JTIC
PALAIS DES CONGRÈS - TOURS

23 & 24 nov 2021

Multistress / Multistress

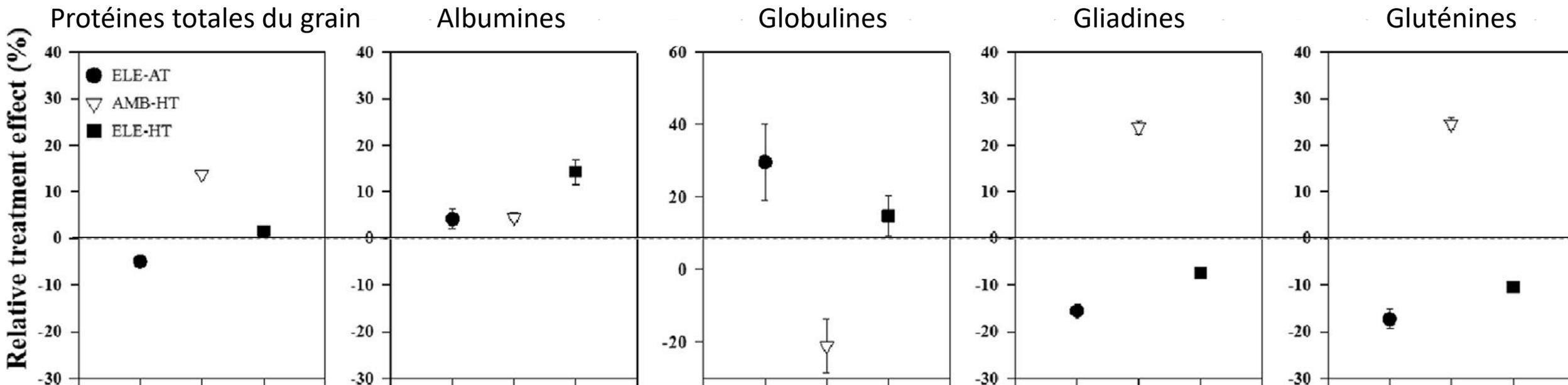
CO₂ x température / CO₂ x temperature

Zhang et al 2019

1 génotype

380 /550 ppm CO₂

T ambiante/stress thermique post-anthèse



The combined effect of elevated CO₂ lowering gliadinsynthesis (Wieser et al., 2008; Hogy et al., 2009) and heat shock increasing the gliadin/glutenin ratio, may counteract each other.

Overall, however, the reduction in protein percentage due to elevated CO₂ combined with high temperature limiting the generation of glutenin protein polymers





Conclusions : perspectives pour la sélection

Conclusions: perspectives for breeding

Constat

Le changement climatique entraine une grande variabilité de la production végétale et de sa qualité et probablement une diminution du rendement et de la qualité

Nécessité de trouver des solutions pour permettre aux sélectionneurs de développer du matériel résilient : la recherche

- **Identifier des cibles pertinentes**
 - Améliorer les modèles pour explorer les interaction CO_2 x T x sécheresse sur la croissance et la qualité des cultures pour poser les bases théoriques des stratégies d'adaptation
 - Approches réseau pour identifier les points clefs de la réponse du grain aux stress abiotiques multiples

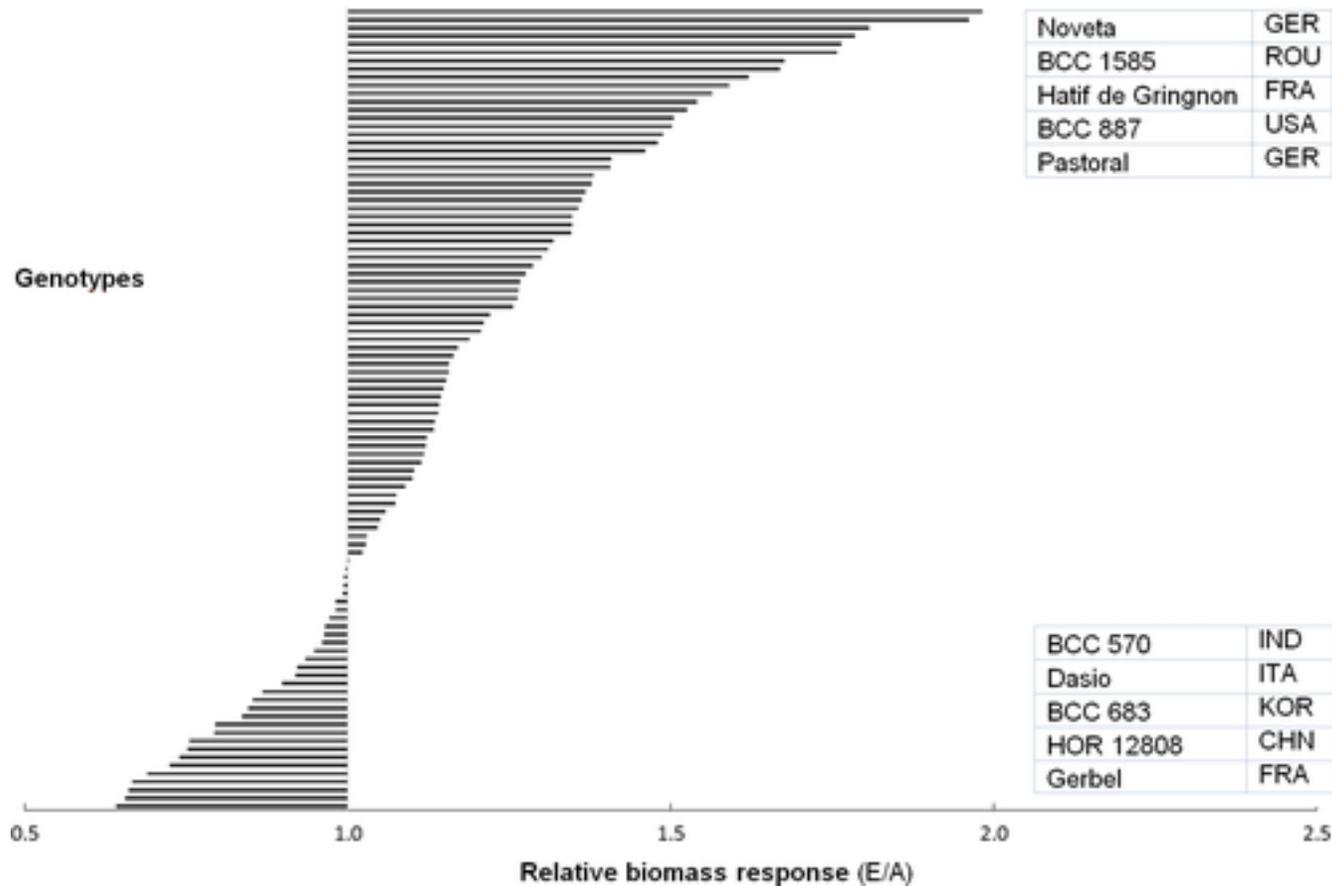
- **Explorer / comprendre l'effet mémoire transgénérationnel**

- **Explorer la variabilité génétique**



Explorer la variabilité génétique / Explore the genetic variability

Réponse au CO₂ de la biomasse de 98 variétés d'orge : 700ppm / 400ppm



Mitterbauer et al 2017

- Très large gamme de réponse : de -36% à +95%
- Pas encore d'étude similaire sur le blé
- Ni de combinaison de facteurs ([CO₂], sécheresse) sur de grands effectifs
- Mais les outils existent

plateforme INRAE Phéno3C



Merci de votre attention !
Thank you for your attention !

