



Effets des changements climatiques sur les plantes

Focus sur les effets du CO₂

Journée thématique CO₂-changements climatiques
ED T.Monod du 25 juin 2021

Romain Barillot

INRAE, UR P3F, Lusignan

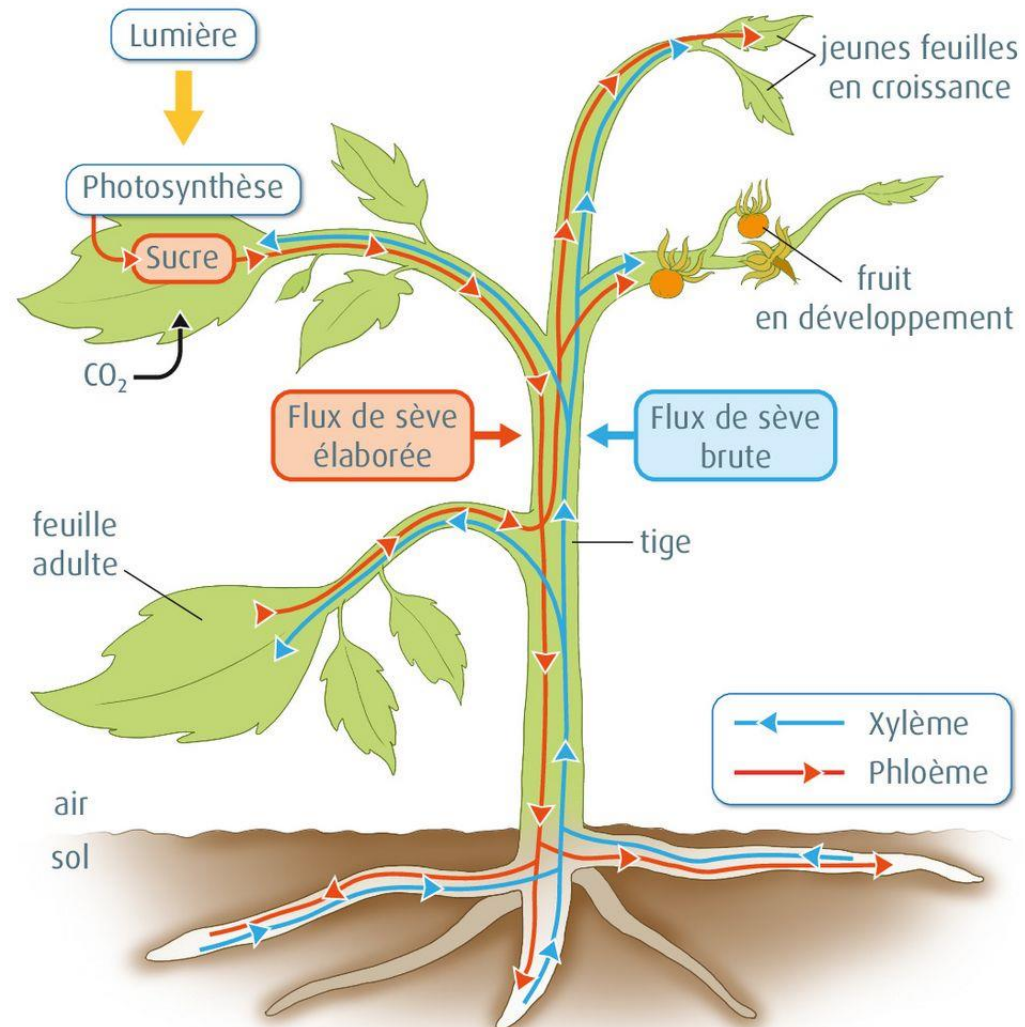


Quelques rappels sur le fonctionnement des plantes



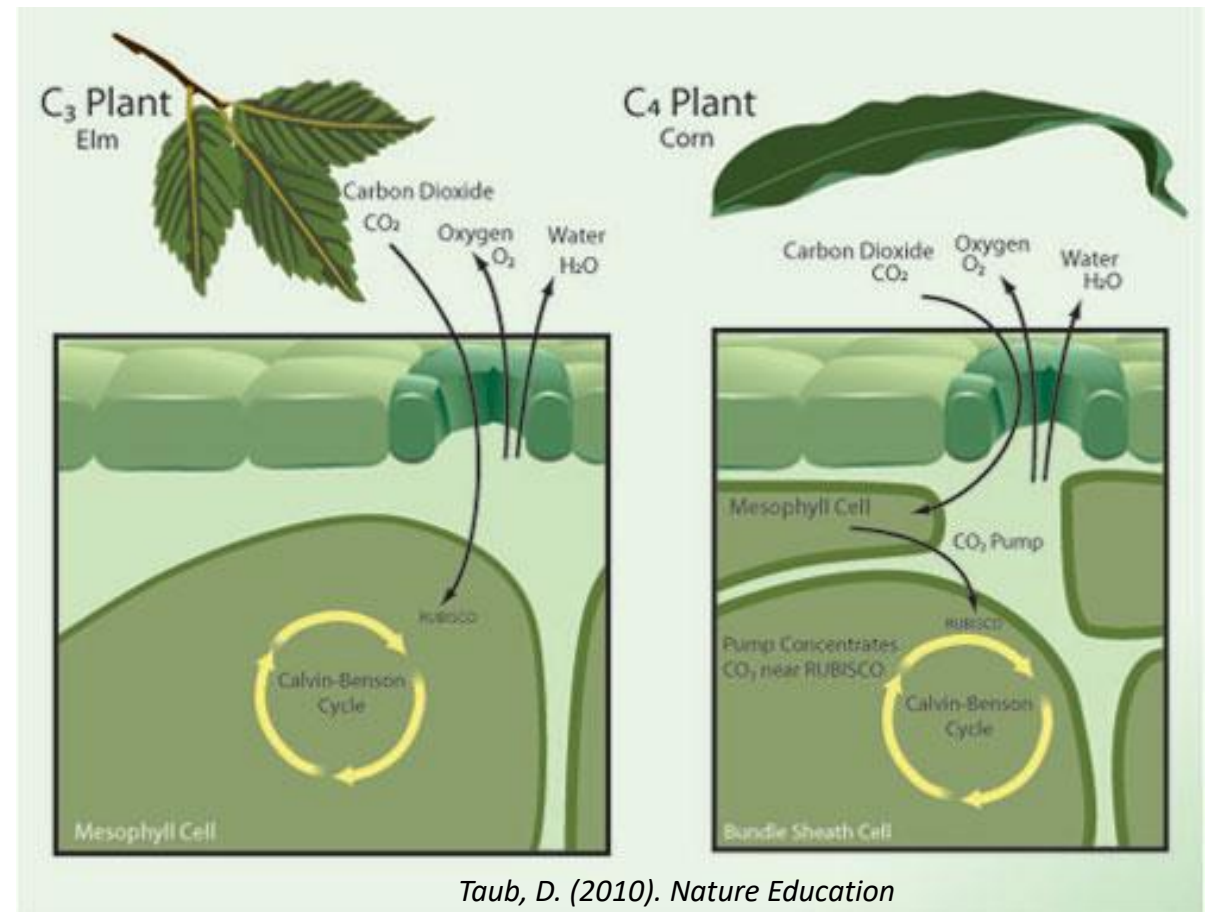
➤ Introduction rapide au fonctionnement des plantes

Acquisition et distribution des ressources



➤ Introduction rapide au fonctionnement des plantes

Les stomates: des cellules au cœur des échanges gazeux

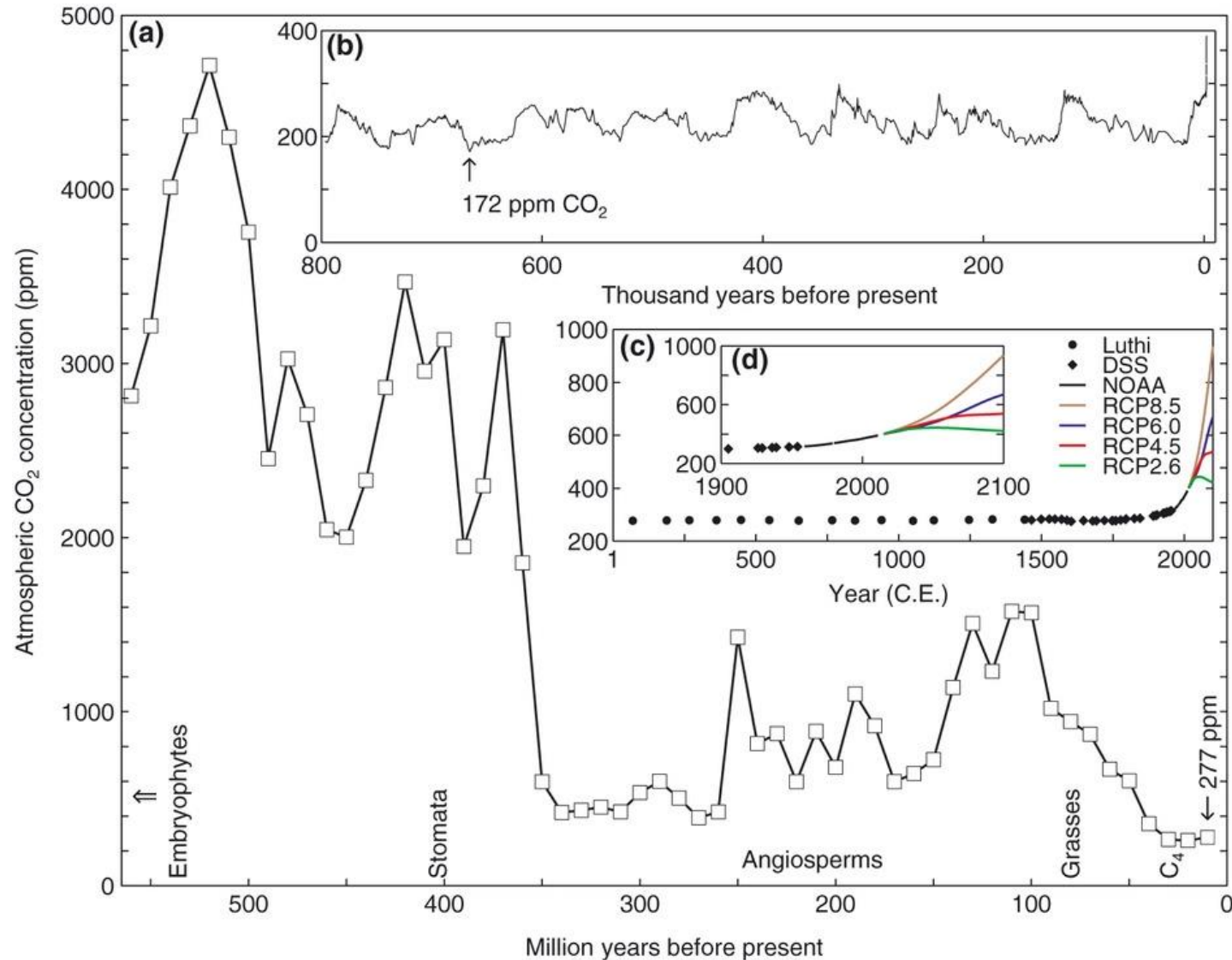


A faint, light-colored background graphic on the left side of the slide. It depicts a stylized plant with several leaves, and behind it, a circular shape representing a globe with latitude and longitude lines.

➤ Sensibilité des plantes au CO₂ à l'échelle des temps géologiques

➤ Evolution des plantes et CO₂

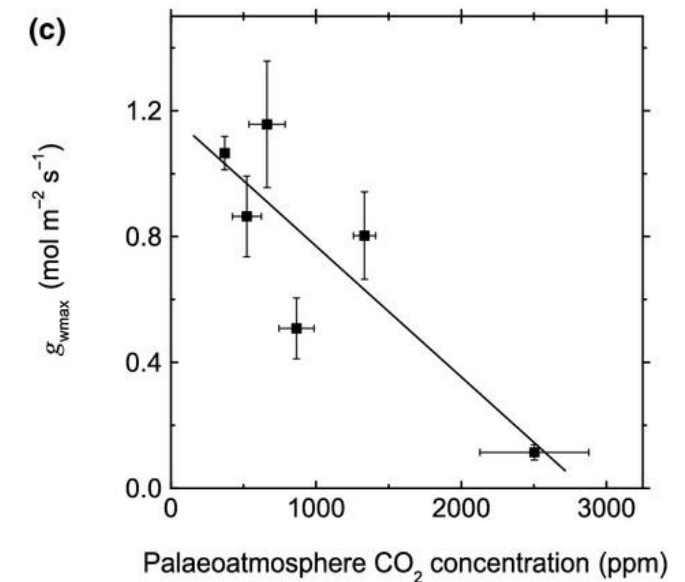
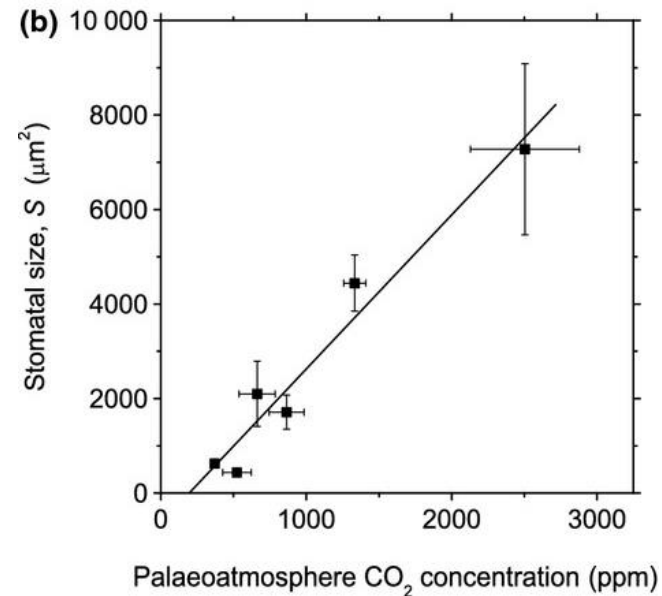
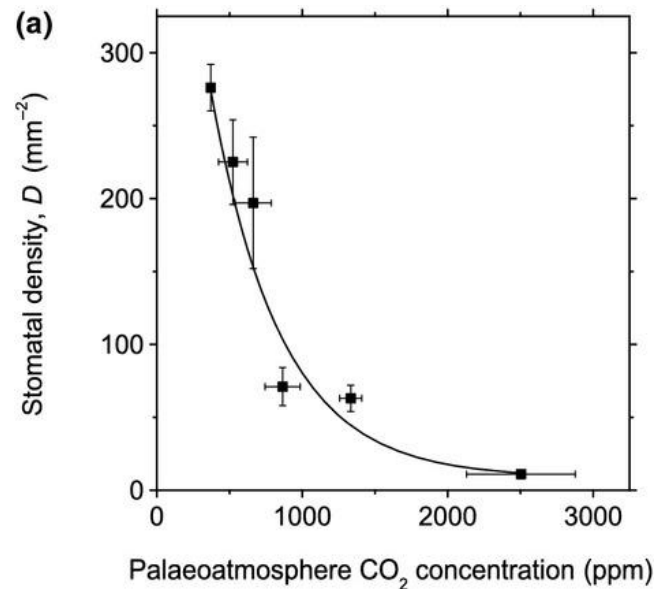
Variation de la concentration atmosphérique en CO₂ au cours des ères géologiques



➤ Evolution des plantes et CO₂

Coévolution stomates - CO₂

- 2 à 4% pour 100 ppm CO₂



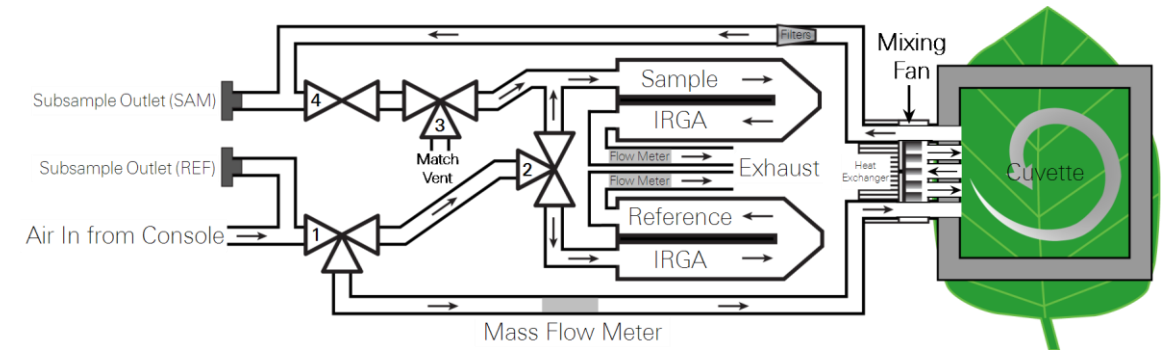
L'évolution conduit à une augmentation de la diffusion du CO₂ lorsque celui-ci diminue dans l'atmosphère

INRAE

➤ Dispositifs expérimentaux sur plantes vivantes

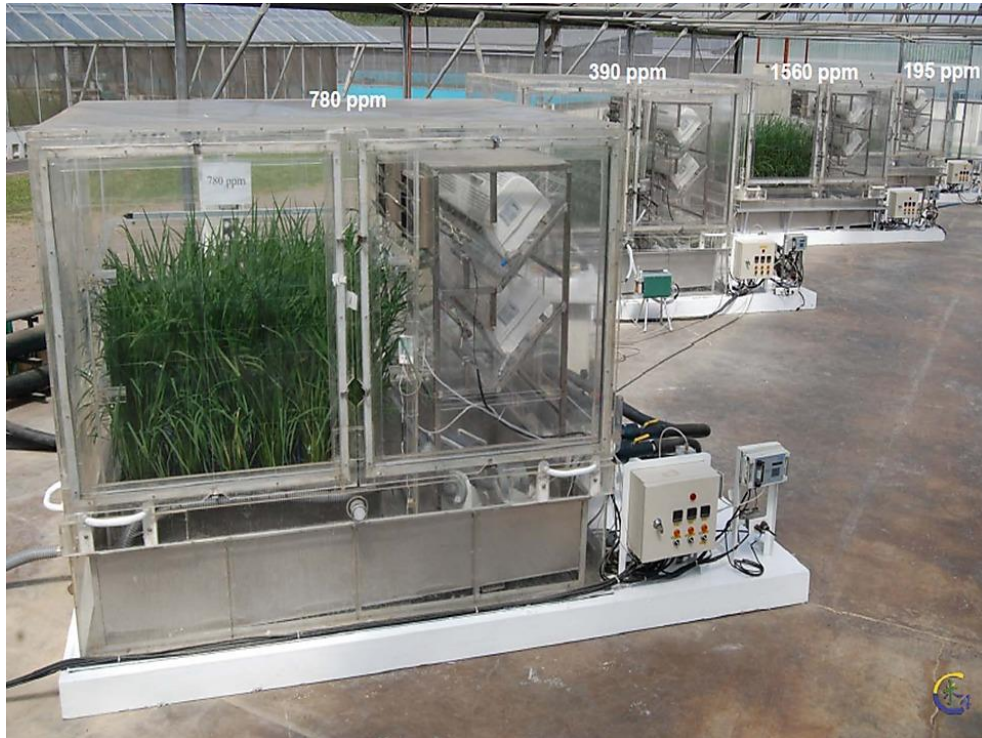
➤ Dispositifs expérimentaux effets CO₂ sur les plantes

Echelle foliaire : IRGA



➤ Dispositifs expérimentaux effets CO₂ sur les plantes

Echelle plante – mini-peuplements : chambres de culture



Kumar et al. (2017). Plos One



Delepoulle et al. (2009). Artificial Intelligence Techniques for Computer Graphics.

➤ Dispositifs expérimentaux effets CO₂ sur les plantes

Echelle peuplements : OTC et FACE

<https://www.thuenen.de/topics/climate-and-air>



<https://www.cedarcreek.umn.edu>



INRAE

<https://www.hs-geisenheim.de/en/research/research-profile-projects/face>



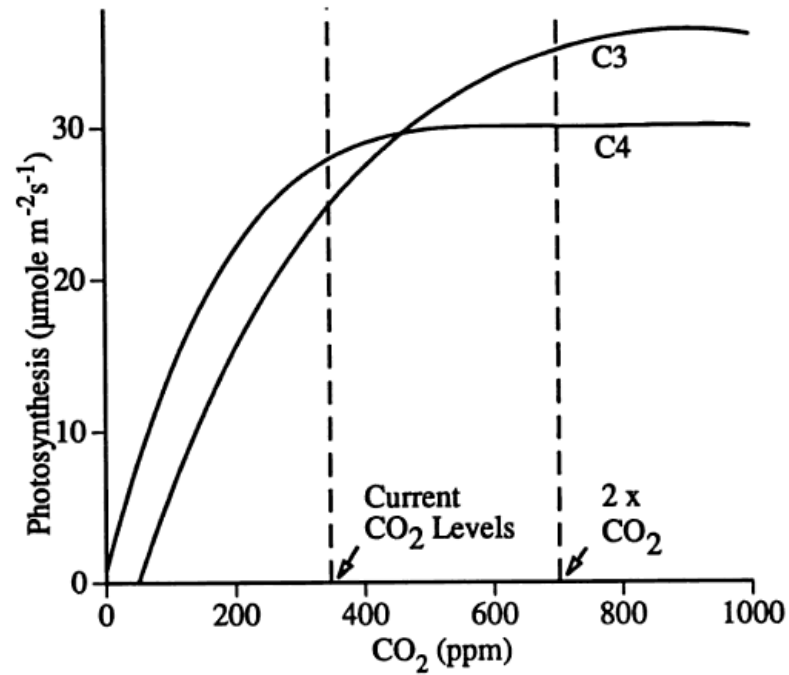
<https://phys.org/news/2009-08-higher-carbon-dioxide-competitive-edge.html>

INRAE

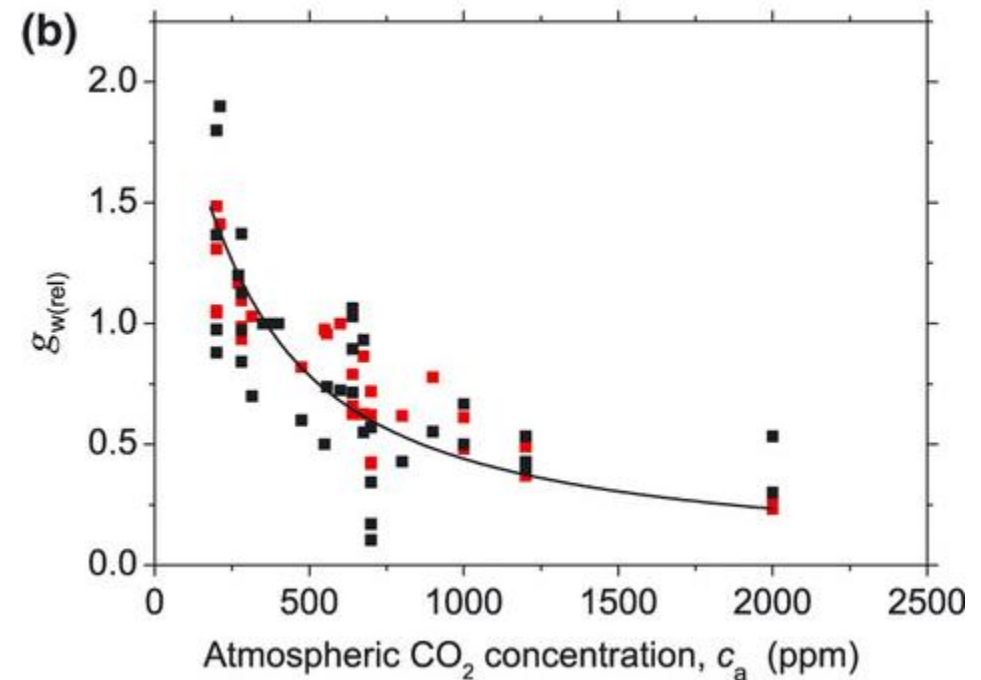
➤ Réponses des plantes au CO₂

➤ CO₂ et fonctionnement des plantes

Photosynthèse et conductance stomatique à l'échelle foliaire



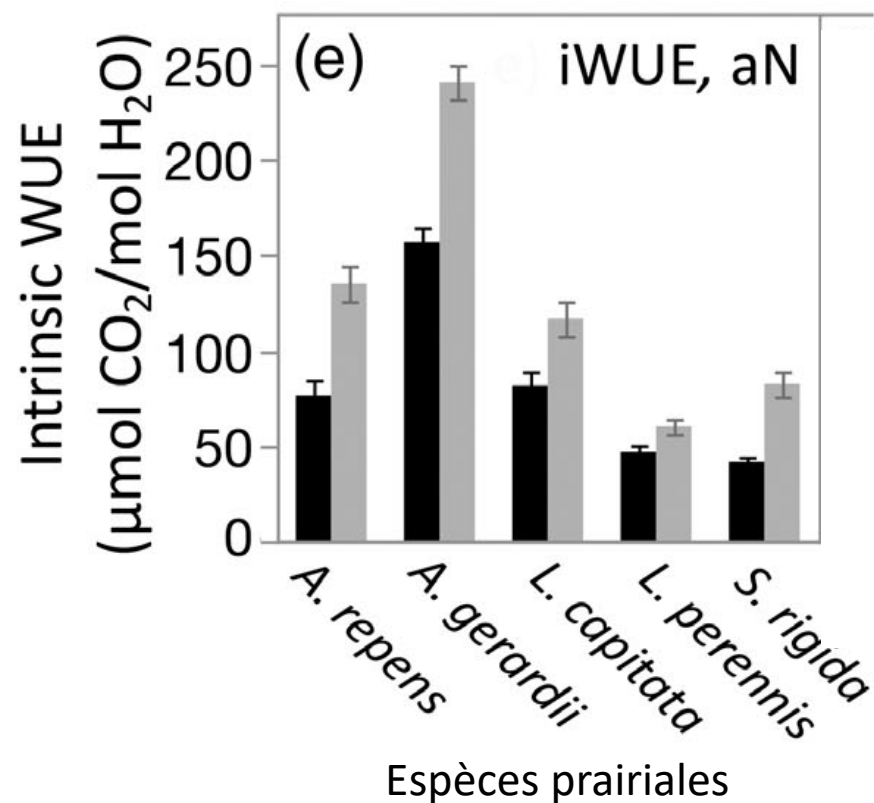
Kaiser & Drennen (1997). *Agricultural Dimensions of Global Climate Change*



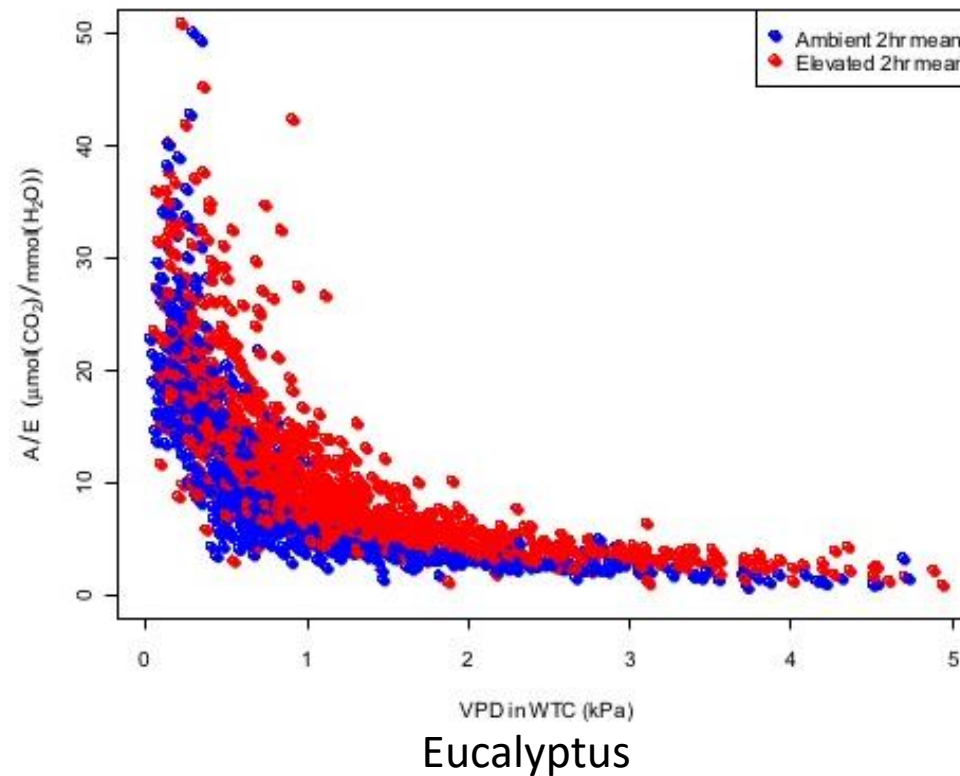
Franks et al. (2012). *New Phytologist*

➤ CO₂ et fonctionnement des plantes

Efficiace de l'utilisation de l'eau (WUE)



Pastore et al. (2020). Plant Cell & Environment



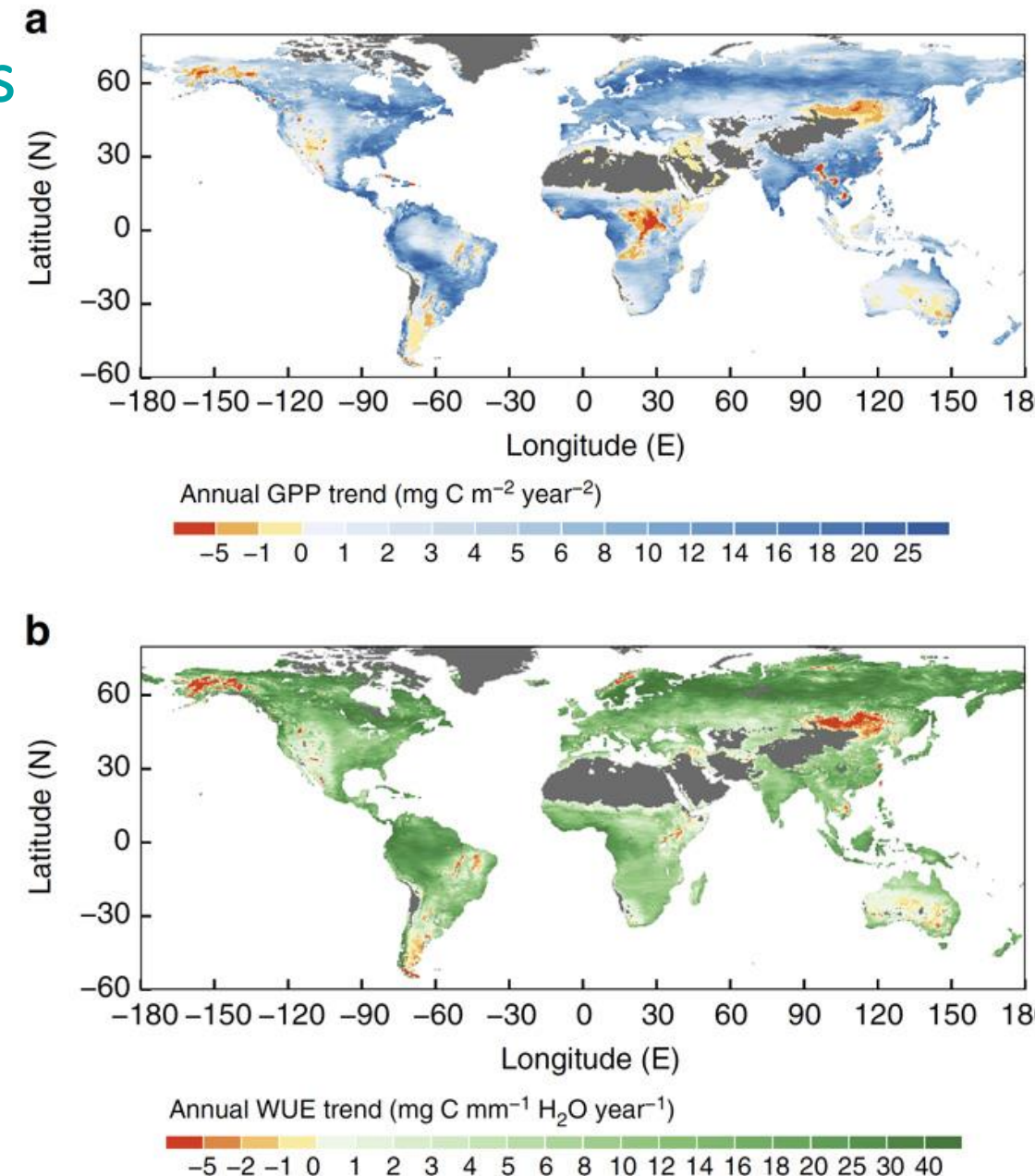
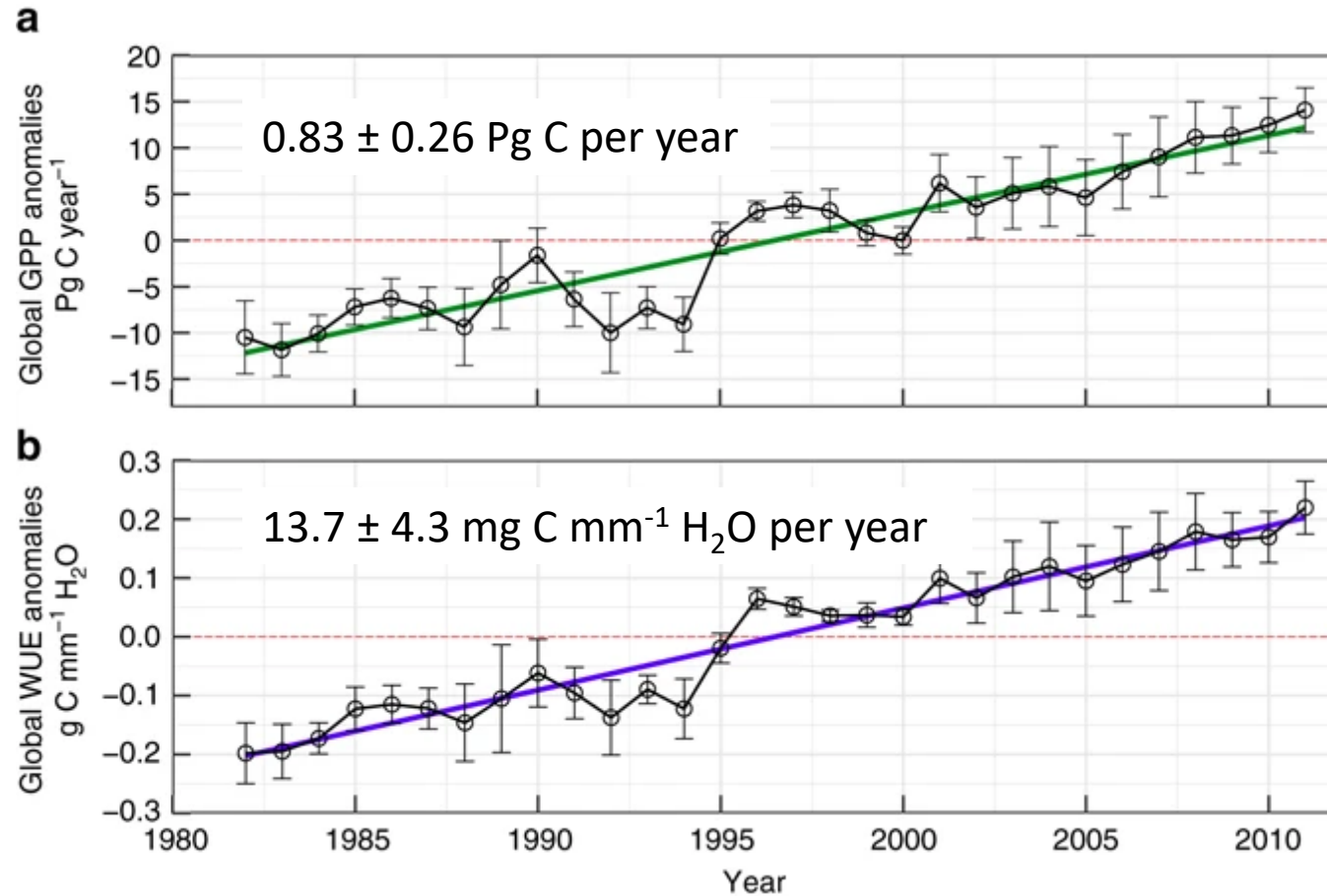
Adams et al. (2011). CCRSPI conference

INRAE

➤ Effets du CO₂ sur les agro-écosystèmes

➤ Effets du CO₂ sur les agro-écosystèmes

Production primaire et WUE à l'échelle du globe



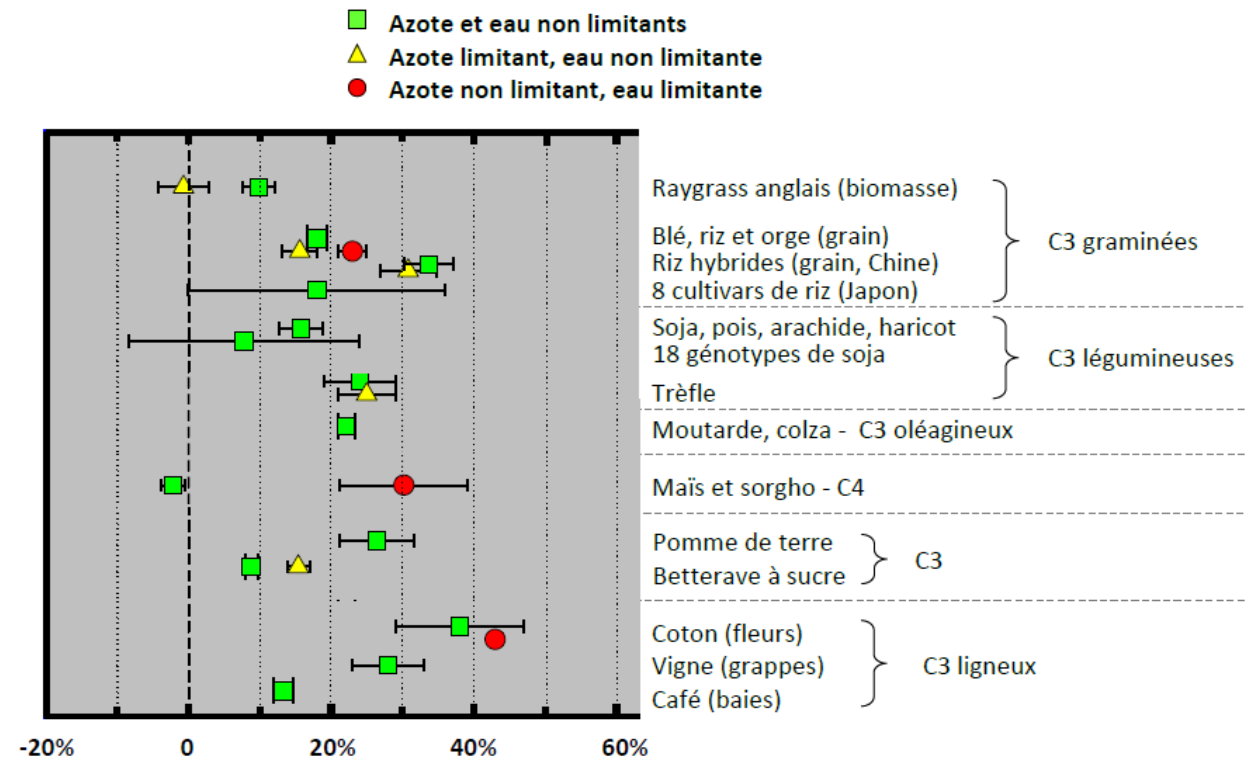
➤ Effets du CO₂ sur les agro-écosystèmes

Effets sur les rendements agricoles

- En conditions non limitantes, effet CO₂:
 - + 20 à 30% pour blé, orge, riz
 - + 20% pour protéagineux et colza
 - + 30% pour tournesol
 - + 10% prairies et plantes fourragères non légumineuses
- CO₂ réduit l'impact des sécheresses même si rendements plus faibles que témoins irrigués

Figure 1. Réponse du rendement (%) à un enrichissement en CO₂ atmosphérique (de +200 ppm en dispositif FACE) pour différentes cultures et sous différentes conditions hydriques et azotées (d'après Kimball, 2016)

Le nombre de données répertoriées est de 18 pour le ray-grass, 151 pour les céréales en C3, 29 pour les protéagineux, 12 pour les céréales en C4, 6 pour la pomme de terre, 2 pour la betterave sucrière, 10 pour le trèfle et 2 pour le colza.



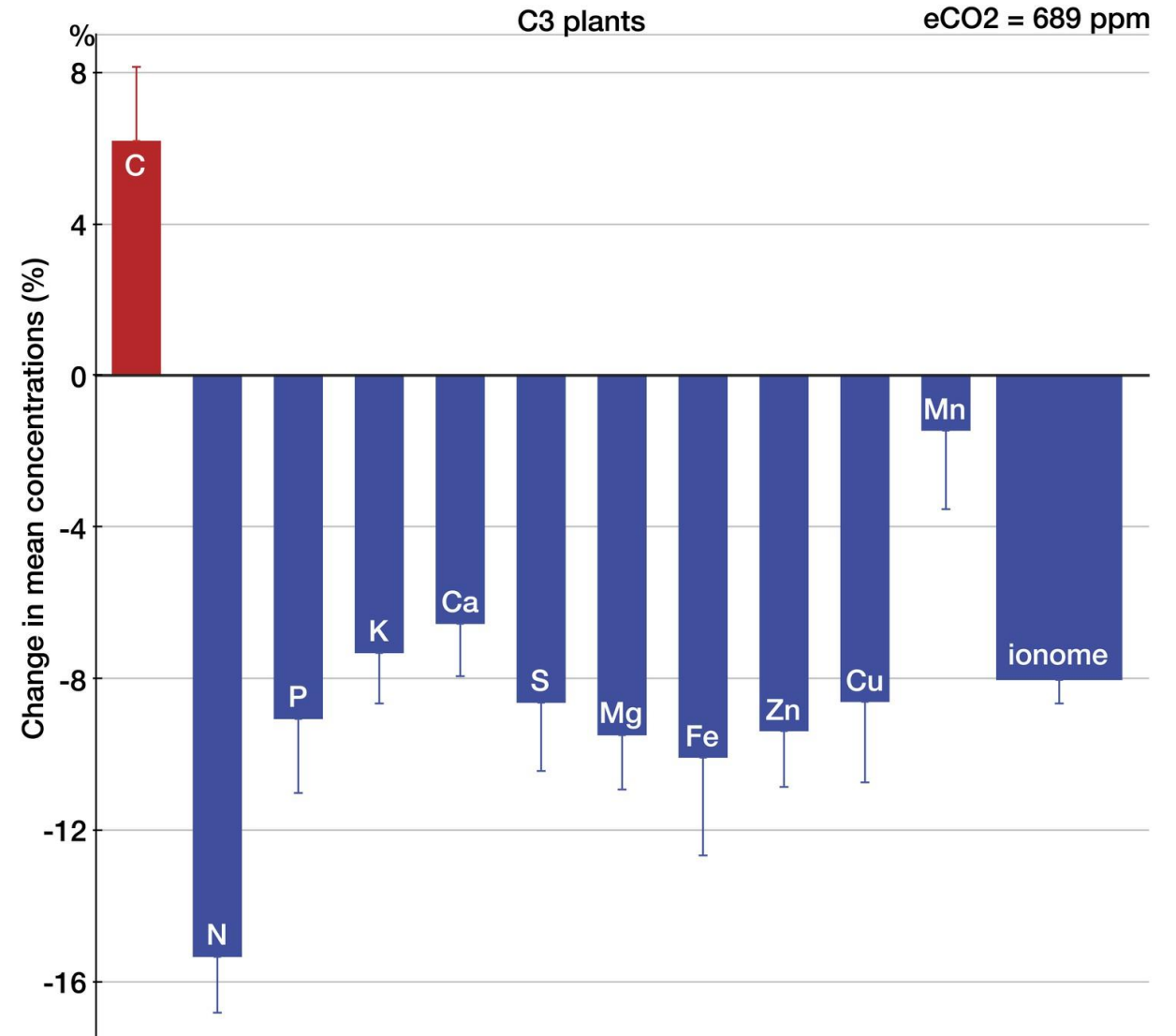
Kimball (2016). *Current opinion in plant biology*

Durand (2020). *Rapport INRAE: place des agricultures européennes dans le monde à l'horizon 2050. Rapport INRAE*

> CO₂ et fonctionnement des plantes

Interactions avec éléments minéraux

- Conséquences négatives sur les concentrations en minéraux
- Effet dilution + régulations encore mal comprises (notamment racines)
- Conséquences négatives pour la nutrition humaine et animale
- Impact d'un rapport C/N plus élevé sur le devenir de la matière organique du sol ?



Loladze (2014). *eLife*
A. Gojon (2021). *CLIMAE, INRAE*

INRAE

➤ Effets du CO₂ dans le futur – changement climatique

➤ Effets du CO₂ dans le futur – changement climatique

Scénarios évolution CO₂ pour 2100

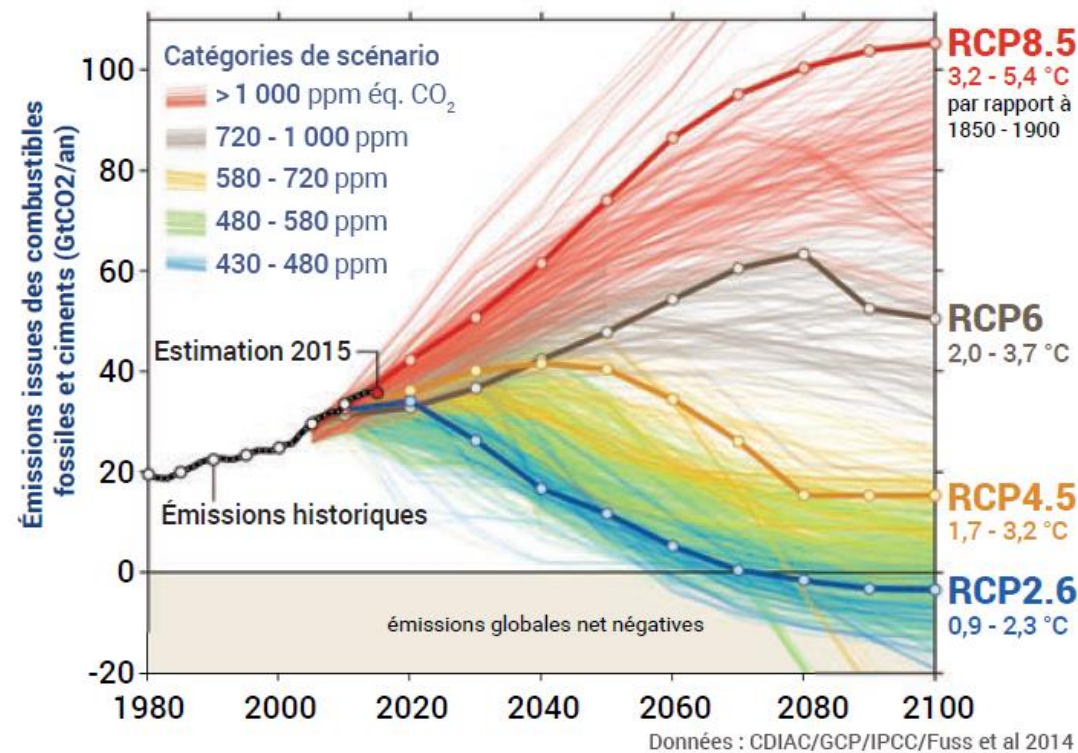
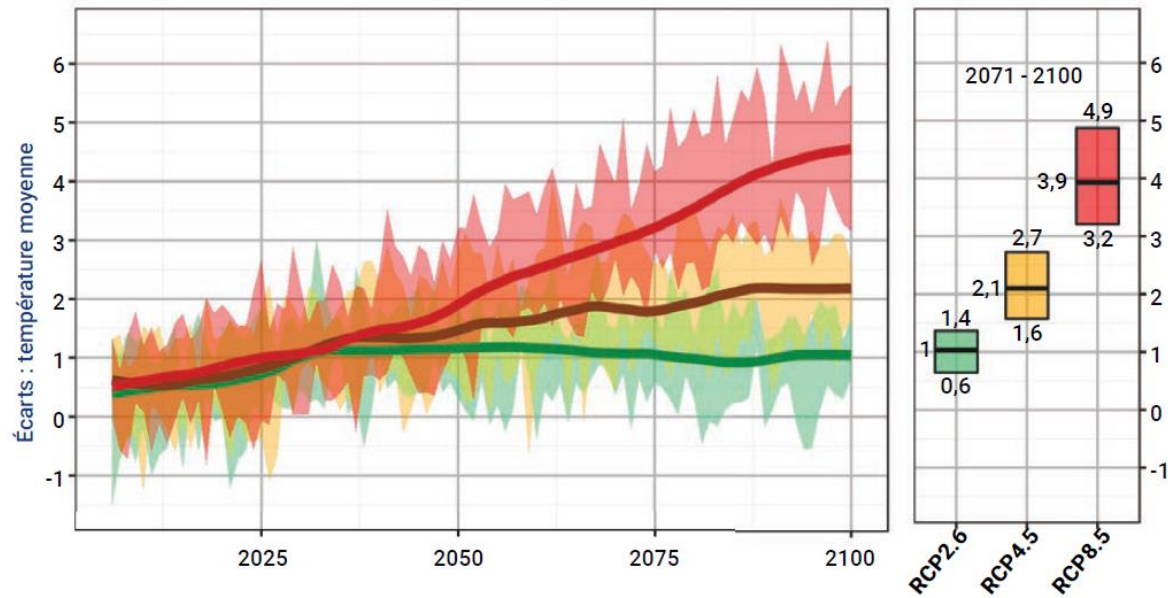


Figure 1 : Évolution des émissions entre 1980 et 2100, selon les différents scénarios disponibles. Les quatre scénarios sélectionnés dans le cadre du 5^e rapport du Giec (RCP) sont mis en évidence.
Source : Global Carbon Project.

➤ Effets du CO₂ dans le futur – changement climatique

Scénarios évolution température pour 2100

Température moyenne : écarts des moyennes annuelles



- Température moyenne est en hausse pour les trois scénarios.
- Réchauffement continue jusqu'en fin de siècle pour le RCP4.5 et RCP8.5, avec des valeurs médianes atteignant respectivement +2,1 °C et +3,9 °C
- La hausse de température est plus forte l'été dans les scénarios RCP4.5 et RCP8.5 avec respectivement +2,2 °C et +4,5 °C en valeur médiane.

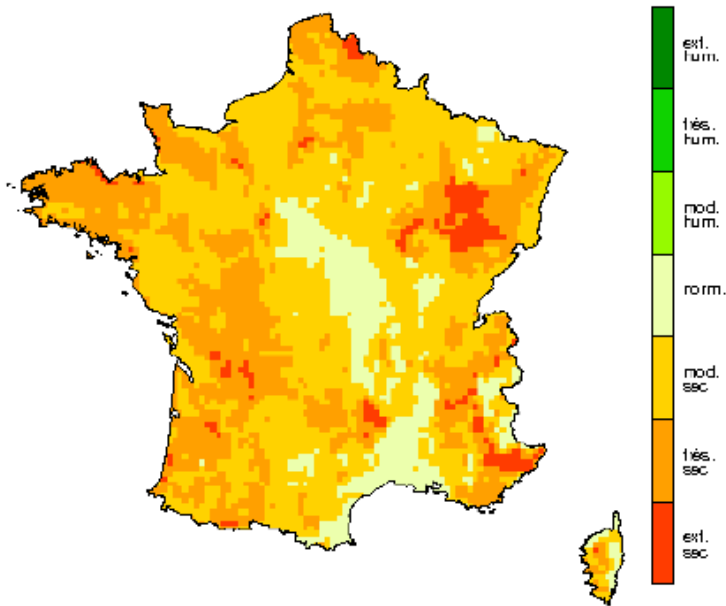
➤ Effets du CO₂ dans le futur – changement climatique

Scénarios évolution humidité des sols pour 2100

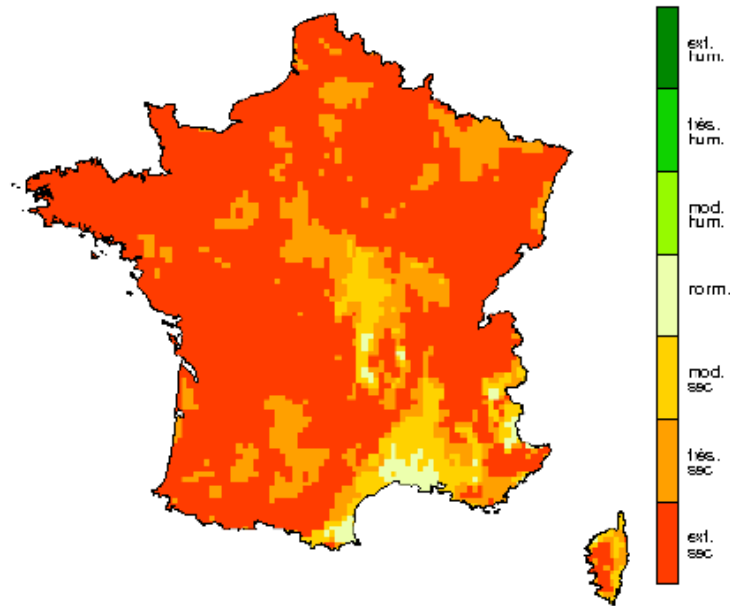
Scénario intermédiaire (A1B). Moyenne annuelle

Indice sécheresse d'humidité des sols (SSWI) du modèle ISBA ,
CLIMSEC-2010 : modèle Arpege-V4.6 étiré de Météo-France

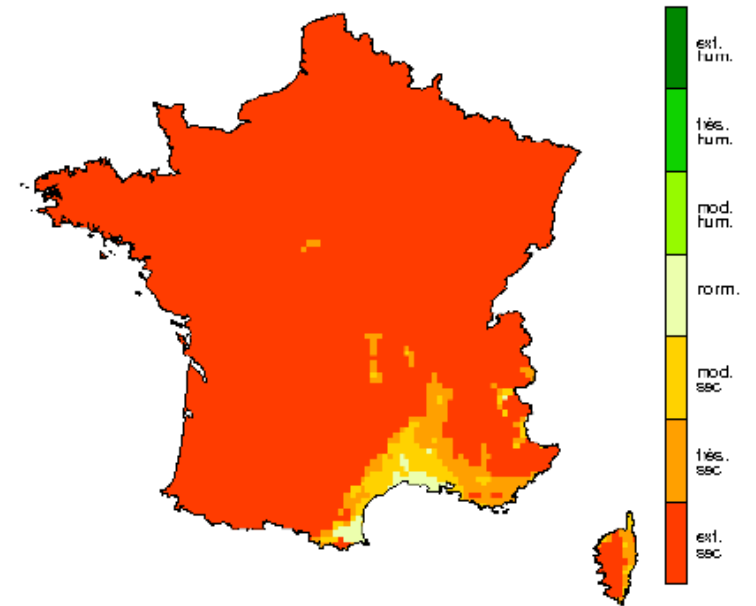
Horizon proche (autour de 2035)



Horizon moyen (autour de 2055)



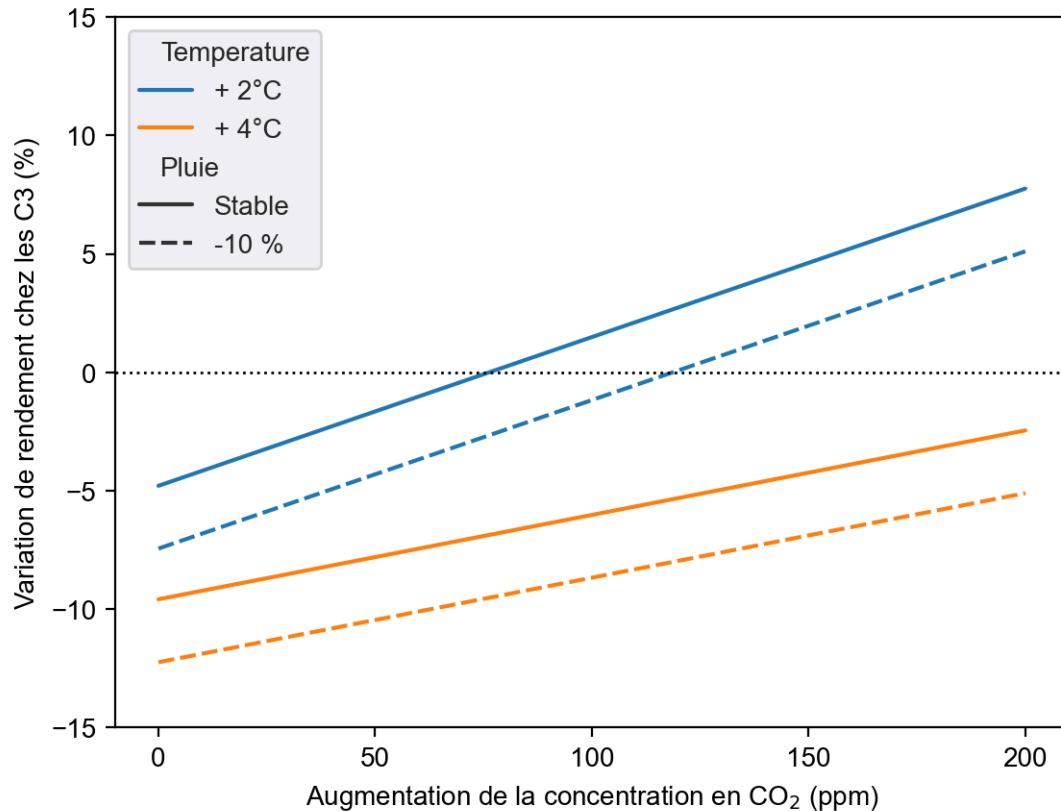
Horizon lointain (autour de 2085)



- Forte dégradation de l'humidité des sols, impact sur plante important
- Evolution des précipitations difficile à prédire, rôle majeur de l'élévation des températures

➤ Effets du CO₂ dans le futur – changement climatique

Interactions CO₂ x eau x température et impacts sur l'agriculture



Adapté de Makowski et al. (2020). Rapport INRAE: place des agricultures européennes dans le monde à l'horizon 2050. Rapport INRAE

- Gains rendements C3 de +5.1 à 7.8% si augmentation température limitée et +200 ppm CO₂
- Augmentation CO₂ ne compense pas les effets d'une élévation de la température de +4°C
- Perte rendements C3 de -5.1 à -12.2% si +4°C et diminution des précipitations

> Conclusion

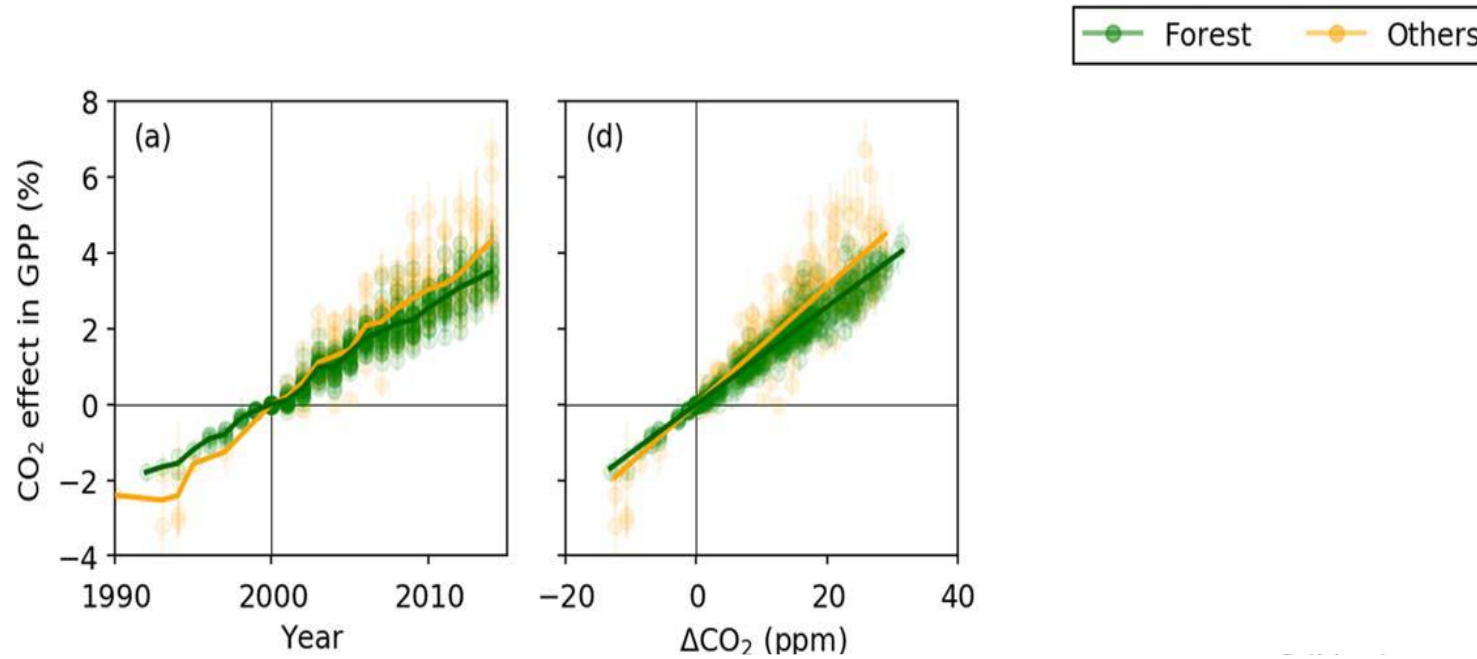
- Le CO₂ est un facteur majeur du fonctionnement des plantes: photosynthèse et transpiration
- Sensibilité au CO₂ variable entre plantes (C3-C4, interspécifique, intraspécifique?)
- Forte interaction entre variations CO₂ et évolution des plantes au cours des temps géologiques
- Effet fertilisant du CO₂ sur production de biomasse et baisse consommation d'eau mais dilution des éléments minéraux
- CO₂ réduit l'impact négatif des sécheresses sur les plantes
- L'augmentation du CO₂ ne pourra compenser le manque d'eau si le déficit hydrique est trop fort (réduction pluviométrie, T°C trop élevées)
- Nécessité de mener des programmes de recherches ambitieux pour anticiper la réponse des plantes au changement climatique et proposer du matériel végétal adapté aux futures conditions.

INRAE

➤ Merci de votre attention

➤ Effets du CO₂ dans le futur – changement climatique

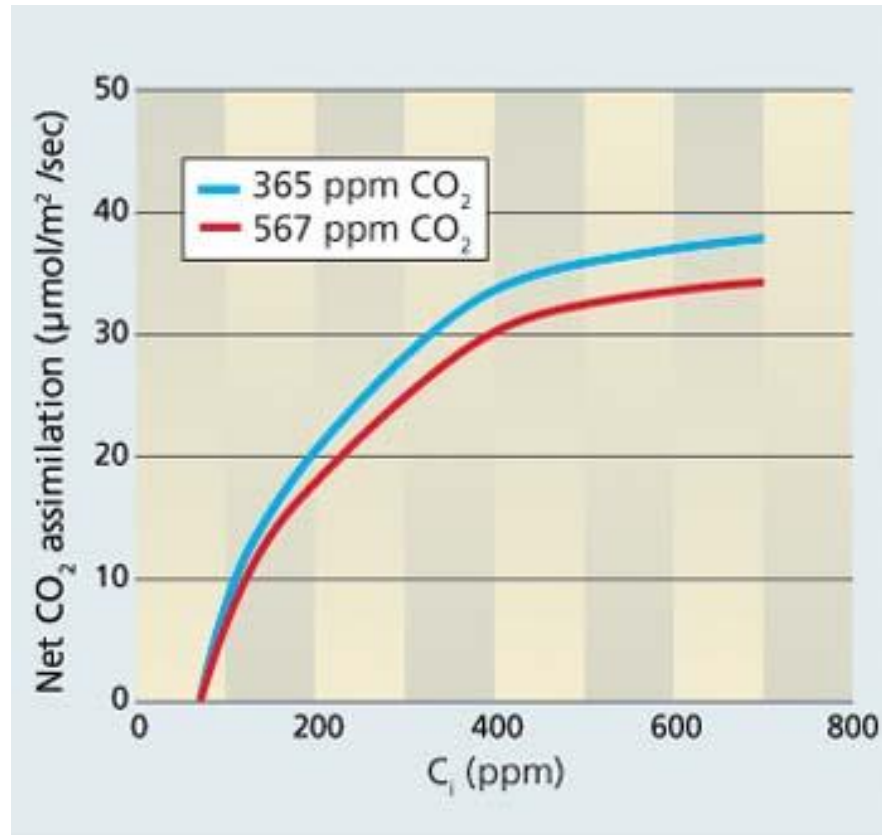
Acclimatation au CO₂



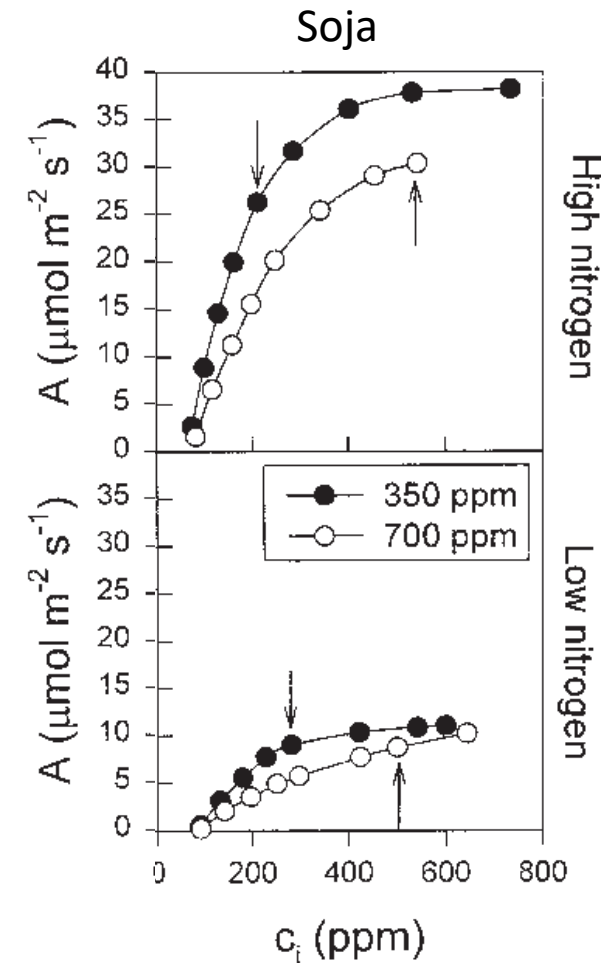
- Effet CO₂ : 0.14% ppm⁻¹ sur GPP
- Effet fertilisant diminue légèrement avec CO₂
- Réponse hyperbolique de la photosynthèse? Acclimatation? Répartition de l'azote foliaire?

➤ Effets du CO₂ dans le futur – changement climatique

Acclimatation au CO₂ et effet de l'azote



Bloom (2009). *Calif Agr*
Ainsworth & Rodgers (2007). *PCE*



Sims (1998). *PCE*