



# Les plantes dans un environnement à fort CO<sub>2</sub> Contraintes et opportunités

## Conclusions et Perspectives



ACADÉMIE  
DES SCIENCES

**Philippe Gate**

**Christophe Maurel**





1. Vis-à-vis de la production, les avantages du CO<sub>2</sub> **ne compensent pas** les effets de la sécheresse et des fortes températures
2. **Forte variabilité** mais **pas de contradiction** dans les résultats d'un point de vue qualitatif mais une **très forte variabilité d'un point de vue quantitatif** en lien avec les conditions expérimentales, la précision des modèles...
3. **Anticiper** d'ores et déjà car présence de tendances lourdes :
  - qui **interrogent la fiabilité de certains outils** utilisés par les **agriculteurs** et la pertinence de certaines pratiques culturelles
  - qui fixent **de nouvelles cibles** en termes de **d'acquisition de connaissances**

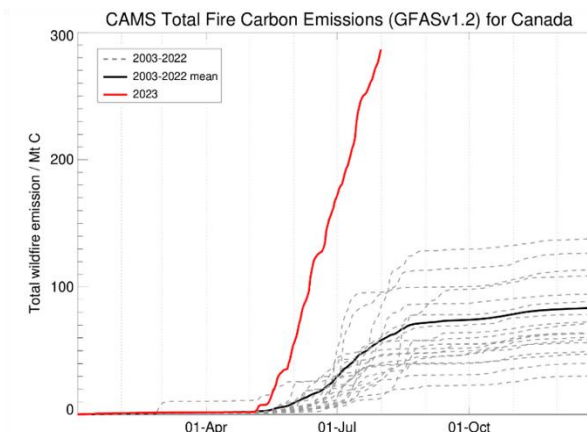
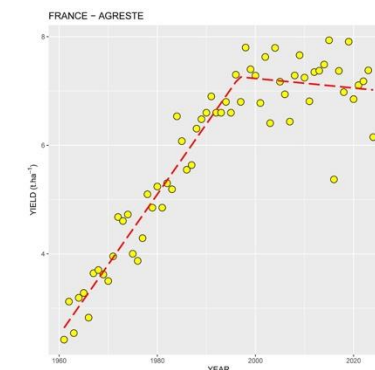


# 1. Production : l'élévation du $\text{CO}_2$ ne compense pas...

## Accentuer les travaux relatifs à l'adaptation aux stress hydrique et thermique tout en conservant une priorité à l'atténuation

- ✓ GES, l'agriculture contribue à 20 % sur 100% : il faut pouvoir s'adapter pour atténuer mais les émissions de GES sont responsables de tous les maux...
- ✓ Les avantages du  $\text{CO}_2$  sont surtout présents en conditions de non-stress : accentuation des « inégalités » entre bassins de production ?
- ✓ De 330ppm (1976) à 425 (2025), la majorité des productions/ha stagne ou diminue en Europe selon les espèces : quelle évolution de cette tendance si « on ne fait rien » (atténuation, innovation recherche) ?
- ✓ L'adaptation est locale mais nécessite d'une volonté collective car les émissions sont mondiales

*Exemple des feux de forêt en août 2023 au Canada : l'émission correspond à la captation de  $\text{CO}_2$  de 10 années de récolte de la surface de blé en France (un peu moins de 5 millions d'ha)*





## 1. Production : l'élévation du CO<sub>2</sub> ne compense pas...

### Bioagresseurs

- ✓ Le CO<sub>2</sub> semble avoir un effet marginal (ressources) VS Température et eau (humidité) principaux moteurs du développement des pathogènes mais incertitudes sur leur évolution spatio-temporelle, leur adaptation
- ✓ Les adventices se développent souvent tôt en saison : elles vont peut être davantage profiter du CO<sub>2</sub> et devenir plus concurrentielles ?

### Stockage de C dans les sols

- ✓ Manifestement, un effet positif significatif, équivalent aux effets cumulés de mise en œuvre de l'ensemble des pratiques d'atténuation
- ✓ Des points cruciaux à renseigner :
  - Compromis entre production de biomasse plantes et stockage : les situations à faibles stimulation de la croissance, les plus fréquentes, vont stocker plus massivement ?
  - Accélération de l'activité microbienne sous l'effet de la T°C et ressources plus élevées.

**→ Quel bilan net ?**

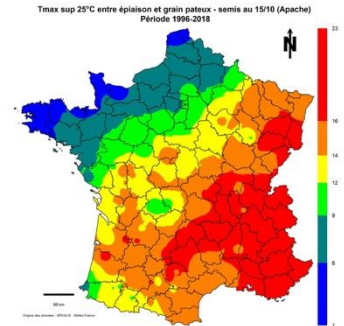
## 2. Forte variabilité ....

### Comprendre

- ✓ Priorité d'expérimenter sur des gammes d'environnement plus représentatives du futur pour mieux quantifier, consolider et améliorer les modèles de culture (ex : hautes températures et amylase synthase...) et aussi les modèles d'aide à la décision.
- ✓ Connaître le timing des stress et intensité en lien avec le CO<sub>2</sub> interne : quelles évolutions spatio-temporelles (la France est une mosaïque de conditions pédoclimatiques) - Conditions extrêmes ?

### Exploiter

- ✓ Quel portefeuille d'espèces dans les territoires ?
- ✓ En prenant aussi en compte de certaines spécificités : production pour du sucre, la fibre, des grains (+/- exigeant en protéine, MS néoformée post floraison), effets <0 d'excès de biomasse à certains stades...
- ✓ Quelle diversité d'espèces compte tenu de cette variabilité dont interannuelle ?
- ✓ Accroître la flexibilité des process de transformation pour valoriser une plus grande variabilité des matières premières et des usages





### 3. Impacts sur les références, les outils et les pratiques

#### **CO<sub>2</sub> et azote : Augmentation des carences azotées et davantage de N dans les sols** (plus de pertes vers le milieu)

- ✓ Pratique : diversifier les sources N, association avec légumineuses, apprendre à cultiver en conditions sub-optimales
- ✓ Paramétrage des outils d'aide à la décision de la fertilisation
- ✓ Génétique : sobriété, améliorer l'allocation N vers le grain, absorber  $\text{NH}_4^+$  ?
- ✓ Process et génétique : porter les efforts sur la qualité des protéines et non sur la quantité

#### **CO<sub>2</sub> et eau : quel gain sur la ressource, quelle réduction de la consommation ?**

- ✓ Effet sur la conductance stomatique, l'enracinement : Reparamétrer le bilan hydrique qui est utilisé, yc d'irrigation, basé sur le concept de l'ETP et de l'ETR

#### **CO<sub>2</sub> et température élevée : moins préjudiciable que CO<sub>2</sub> et sécheresse**

- ✓ N'y a-t-il pas déplacement de l'optimum thermique via la plus faible compétition entre l'O<sub>2</sub> et le CO<sub>2</sub> pour les C3 et les C4 ont un optimum thermique supérieur au C3 ?



ACADÉMIE  
DES SCIENCES

# Contraintes ou opportunités?

**CO<sub>2</sub>**

**Plus de sécheresse**  
**Plus de fortes T°C**

**Stockage du C dans les sols**  
**Consommation d'eau**

**Azote**  
**absorption,**  
**assimilation**

Maladies ?

Adventices ?

Ravageurs ?

**Rendement en grains**  
**Rendement en biomasse**



***Merci à vous!***





# Les plantes dans un environnement à fort CO<sub>2</sub> Contraintes et opportunités

## Conclusions et Perspectives



ACADÉMIE  
DES SCIENCES

Philippe Gate

Christophe Maurel







ACADÉMIE  
DES SCIENCES

# *Changement climatique et effet fertilisant du CO<sub>2</sub>*

## *Le rôle du scientifique*

---



### **Comprendre**

Du processus le plus élémentaire ... au plus intégré

Différents cadres de lecture et disciplines

### **Prédire – Alerter**

Modélisation : certitudes et incertitudes

Modèles structure-fonction – Modèles de cultures – Modèles de biosphère

Améliorer les données et les prédictions locales

### **Proposer**

Pour qui? Dans quel contexte?

Agronomie, biotechnologies, génétique, gestion des espaces naturels



ACADÉMIE  
DES SCIENCES

# Mécanismes moléculaires de la perception et fixation du CO<sub>2</sub>: progrès et questions ouvertes



- ✓ Evolution moléculaire de la RubisCo
- ✓ La photorespiration et les stratégies de contournements
- ✓ Mécanismes d'acclimatation de la photosynthèse au CO<sub>2</sub> élevé?
- ✓ Mécanismes de perception du CO<sub>2</sub> par les cellules de garde ?

## De nouvelles voies pour les biotechnologies?

nature plants

<https://doi.org/10.1038/s41477-025-02093-8>

Article

### Laboratory evolution of Rubisco solubility and catalytic switches to enhance plant productivity

Received: 26 March 2025

Accepted: 28 July 2025

Matteo Gionfriddo<sup>1</sup>, Rosemary Birch<sup>1</sup>, Timothy Rhodes<sup>1</sup>, Sally Buck<sup>1</sup>,  
Tanya Skinner<sup>1</sup>, Inger Andersson<sup>2,3</sup> & Spencer Whitney<sup>1</sup>✉

SCIENCE ADVANCES | RESEARCH ARTICLE

PLANT SCIENCES

Stomatal CO<sub>2</sub>/bicarbonate sensor consists of two  
interacting protein kinases, Raf-like HT1 and non-  
kinase-activity requiring MPK12/MPK4

Yohei Takahashi<sup>1,\*</sup>, Krystal C. Bosmans<sup>1</sup>, Po-Kai Hsu<sup>1</sup>, Karmelia Paul<sup>1</sup>, Christian Seitz<sup>2</sup>,  
Chung-Yueh Yeh<sup>3</sup>, Yuh-Shuh Wang<sup>3</sup>, Dmitry Yarmolinsky<sup>3</sup>, Maija Sierla<sup>4</sup>, Triin Vahisalu<sup>4</sup>,  
Cezary Waszczak<sup>4</sup>, J. Andrew McCammon<sup>2,5</sup>, Jaakko Kangasjärvi<sup>4</sup>, Li Zhang<sup>1</sup>, Hannes Kollist<sup>3</sup>,  
Thien Trac<sup>1</sup>, Julian I. Schroeder<sup>1,\*</sup>

Science 11 SEPTEMBER 2025

PLANT SCIENCE

### Dual-cycle CO<sub>2</sub> fixation enhances growth and lipid synthesis in *Arabidopsis thaliana*

Kuan-Jen Lu<sup>1,2</sup>, Chia-Wei Hsu<sup>2</sup>, Wann-Neng Jane<sup>3</sup>, Mien-Hao Peng<sup>1</sup>,  
Ya-Wen Chou<sup>2</sup>, Pin-Hsuan Huang<sup>1</sup>, Kuo-Chen Yeh<sup>2</sup>, Shu-Hsing Wu<sup>3</sup>,  
James C. Liao<sup>1,\*</sup>



ACADÉMIE  
DES SCIENCES

# ***Des questions de biologie intégrative: Interactions du eCO<sub>2</sub> avec d'autres facteurs de l'environnement***



## **Effets paradoxaux et antagonismes**

✓ Couplage de la nutrition avec la photosynthèse

Dégradation de la nutrition minérale par eCO<sub>2</sub>

✓ eCO<sub>2</sub> favorise l'économie de l'eau.

Interactions complexes entre eCO<sub>2</sub>, eau et température

## **Des solutions agronomiques et génétiques à explorer**

A travailler:

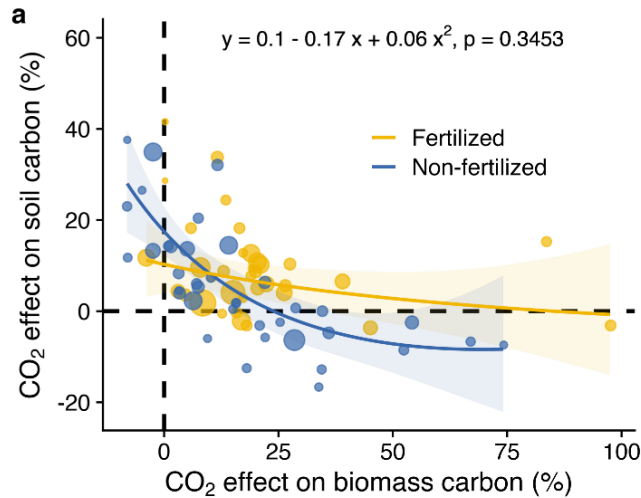
Interactions entre facteurs multiples

A exploiter:

Variations naturelles intraspécifiques

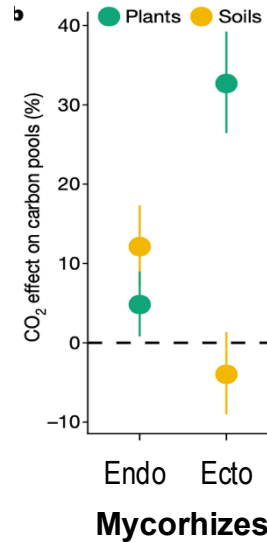
# Stockage du carbone: le compromis plantes-sol

## Importance de la nutrition

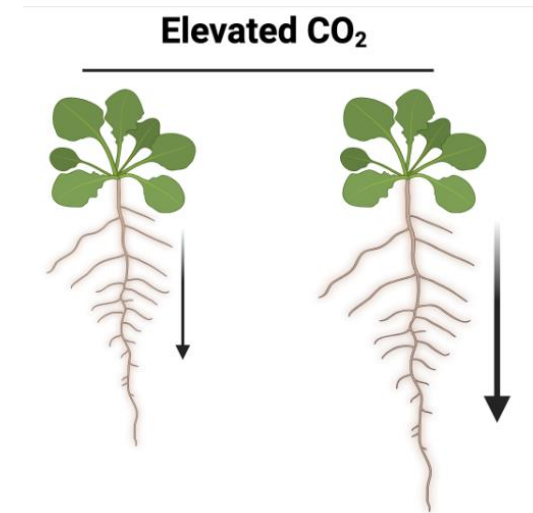


Terrer *et al.*, 2022

A travailler:



## Un stockage profond



Relations plantes-sol  
Microbiote

## Des connaissances intégratives pour aider la prise de décisions techniques et sociétales

- Agroécosystèmes: Agronomie  
De nouveaux traits pour les sélectionneurs : architecture racinaire, qualité alimentaire,...
- Gestion des espaces naturels: Protection

# Les plantes: Un rôle à jouer dans l'atténuation du changement climatique

6<sup>ème</sup> Rapport du GIEC (2022)

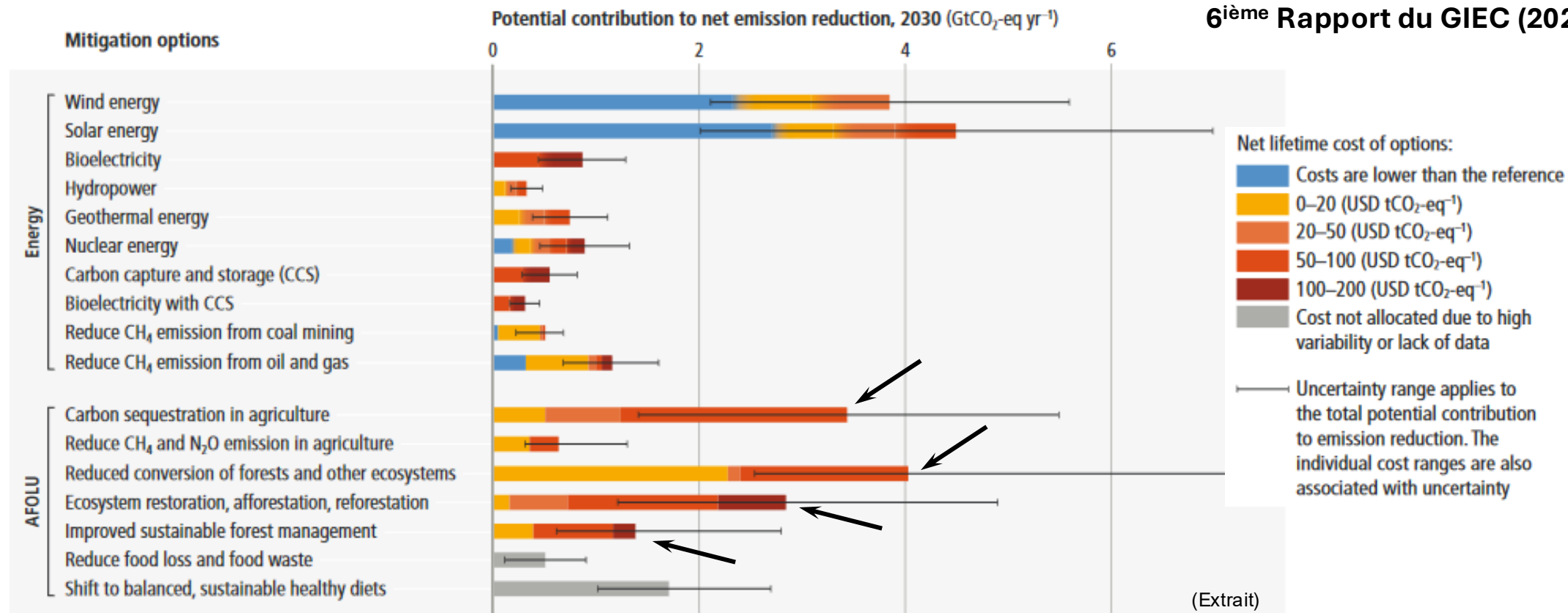


Figure SPM.7 | Overview of mitigation options and their estimated ranges of costs and potentials in 2030.

**Les humains: diminuer rapidement les émissions de gaz à effet de serre!**



# Les plantes dans un environnement à fort CO<sub>2</sub> Contraintes et opportunités



ACADÉMIE  
DES SCIENCES

Antoine Triller

Jérôme Chave  
Michel Delseny  
François-André Wollman

Anastasia Gestkof-Bodin  
Emilie Silvoz  
Pauline Lemarchand

## Merci !

Aux intervenants

Aux bureaux des deux académies



Alain Gojon  
Philippe Gate

Jean-François Briat  
Gilles Lemaire  
Bernard Saugier

Damien Schmitt



PEPR FairCarboN

Perrine Franquet