



Les plantes dans un environnement à fort CO₂ Contraintes et opportunités

Conclusions et Perspectives



ACADEMIE
DES SCIENCES

Philippe Gate

Christophe Maurel





Messages clés

1. Vis-à-vis de la production, les avantages du CO₂ **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 culturales
 - qui fixent **de nouvelles cibles** en termes de **d'acquisition de connaissances**

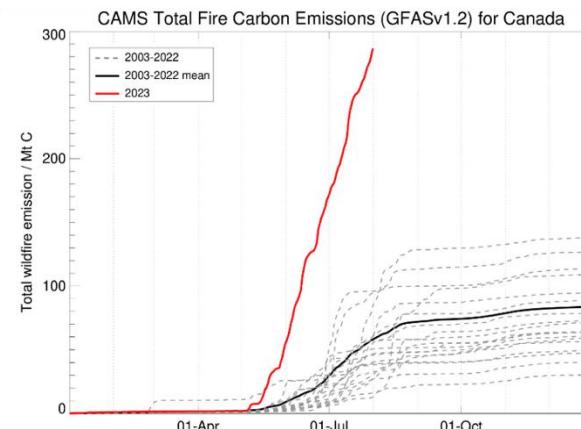
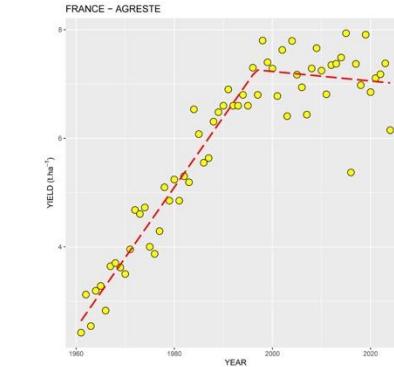


1. Production : l'élévation du CO₂ ne compense pas...

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 CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂ ne compense pas...

Bioagresseurs

- ✓ Le CO₂ 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 CO₂ 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 ?**

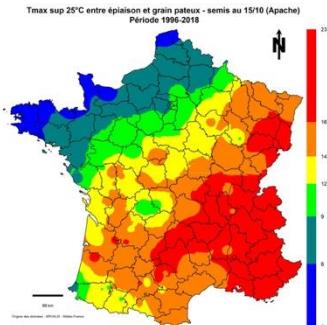
2. Forte variabilité

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 CO₂ 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

CO₂ 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 NH₄⁺ ?
- ✓ Process et génétique : porter les efforts sur la qualité des protéines et non sur la quantité

CO₂ et eau : quel gain sur la ressource, quelle réduction de la consommation ?

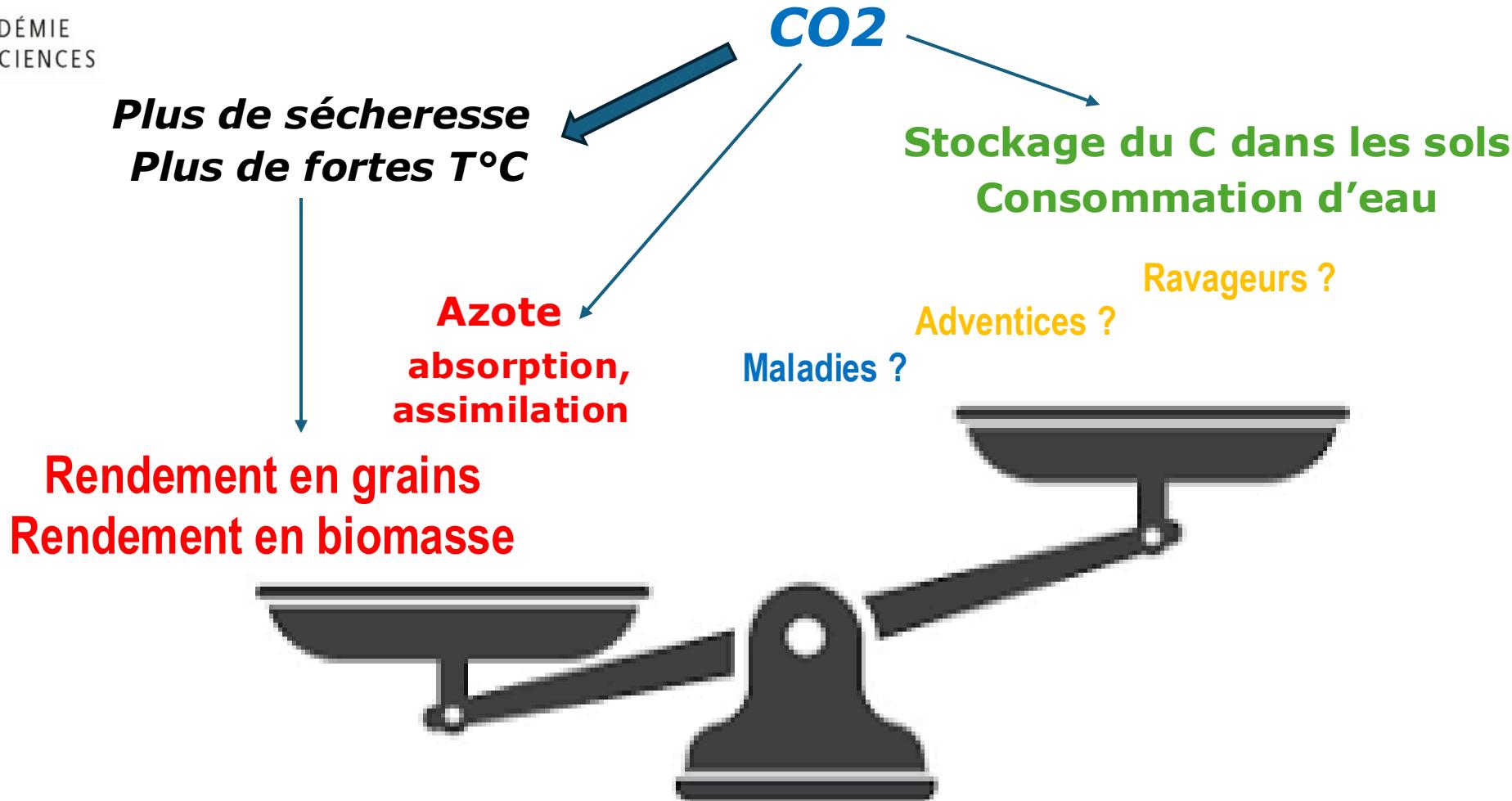
- ✓ Effet sur la conductance stomatique, l'enracinement : Reparamétriser le bilan hydrique qui est utilisé, yc d'irrigation, basé sur le concept de l'ETP et de l'ETR

CO₂ et température élevée : moins préjudiciable que CO₂ et sécheresse

- ✓ N'y a-t-il pas déplacement de l'optimum thermique via la plus faible compétition entre l'O₂ et le CO₂ pour les C3 et les C4 ont un optimum thermique supérieur au C3 ?



Contraintes ou opportunités?



Merci à vous!



Les plantes dans un environnement à fort CO₂ Contraintes et opportunités

Conclusions et Perspectives



ACADEMIE
DES SCIENCES

Philippe Gate

Christophe Maurel





Changement climatique et effet fertilisant du CO₂, Le rôle du scientifique

ACADEMIE
DES SCIENCES

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



Mécanismes moléculaires de la perception et fixation du CO₂: progrès et questions ouvertes

ACADEMIE
DES SCIENCES

AAF ACADEMIE
d'AGRICULTURE
de FRANCE
AGRICULTURE ■ ALIMENTATION ■ ENVIRONNEMENT

- ✓ Evolution moléculaire de la RubisCo
- ✓ La photorespiration et les stratégies de contournements
- ✓ Mécanismes d'acclimatation de la photosynthèse au CO₂ élevé?
- ✓ Mécanismes de perception du CO₂ par les cellules de garde ?

nature plants

Article

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

Received: 26 March 2025

Accepted: 28 July 2025

Matteo Gionfriddo¹, Rosemary Birch¹, Timothy Rhodes¹, Sally Buck¹
Tanya Skinner¹, Inger Andersson^{2,3} & Spencer Whitney¹  

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

SCIENCE ADVANCES | RESEARCH ARTICLE
PLANT SCIENCES

Stomatal CO₂/bicarbonate sensor consists of two interacting protein kinases, Raf-like HT1 and non-kinase-activity requiring MPK12/MPK4
Yohei Takahashi^{1,*†}, Krystal C. Bosmans¹, Po-Kai Hsu¹, Kornelia Paul¹, Christian Seitz², Chung-Yueh Yeh³, Yuh-Shuh Wang³, Dmitry Yarmolinsky³, Malja Sierla⁴, Triin Vahisalu⁴, Cezary Waszczak⁴, J. Andrew McCommon^{2,5}, Jaakko Kangasjärvi⁴, Li Zhang¹, Hannes Kollist³, Thien Trac¹, Julian I. Schroeder^{1*}

Science 11 SEPTEMBER 2025

PLANT SCIENCE

Dual-cycle CO₂ fixation enhances growth and lipid synthesis in *Arabidopsis thaliana*

Kuan-Jen Lu^{1,2}, Chia-Wei Hsu², Wann-Neng Jane³, Mien-Hao Peng¹, Ya-Wen Chou², Pin-Hsuan Huang¹, Kuo-Chen Yeh², Shu-Hsing Wu³, James C. Liao^{1*}



Des questions de biologie intégrative: Interactions du eCO2 avec d'autres facteurs de l'environnement

ACADEMIE
DES SCIENCES

Effets paradoxaux et antagonismes

- ✓ Couplage de la nutrition avec la photosynthèse Dégradation de la nutrition minérale par eCO₂
- ✓ eCO2 favorise l'économie de l'eau. Interactions complexes entre eCO₂, eau et température

Des solutions agronomiques et génétiques à explorer

A travailler:

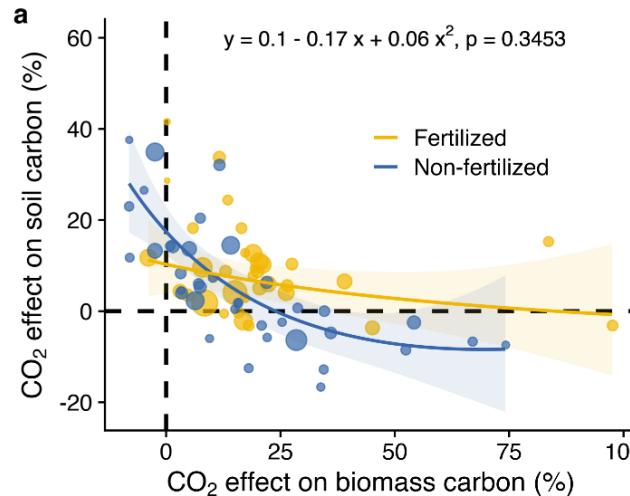
Interactions entre facteurs multiples

A exploiter:

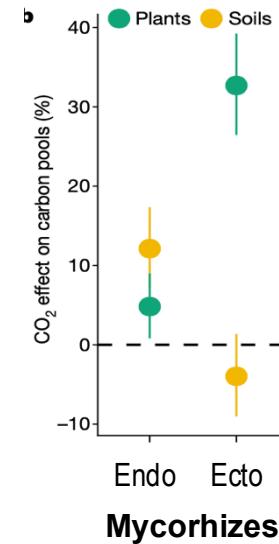
Variations naturelles intraspécifiques



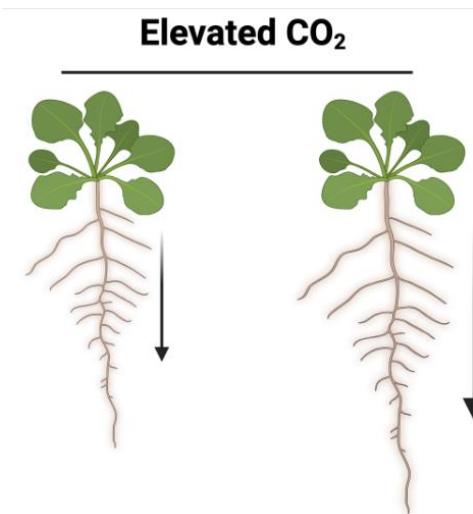
Importance de la nutrition



Terrer *et al.*, 2022



Un stockage profond



A travailler:

Relations plantes-sol Microbiote

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

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

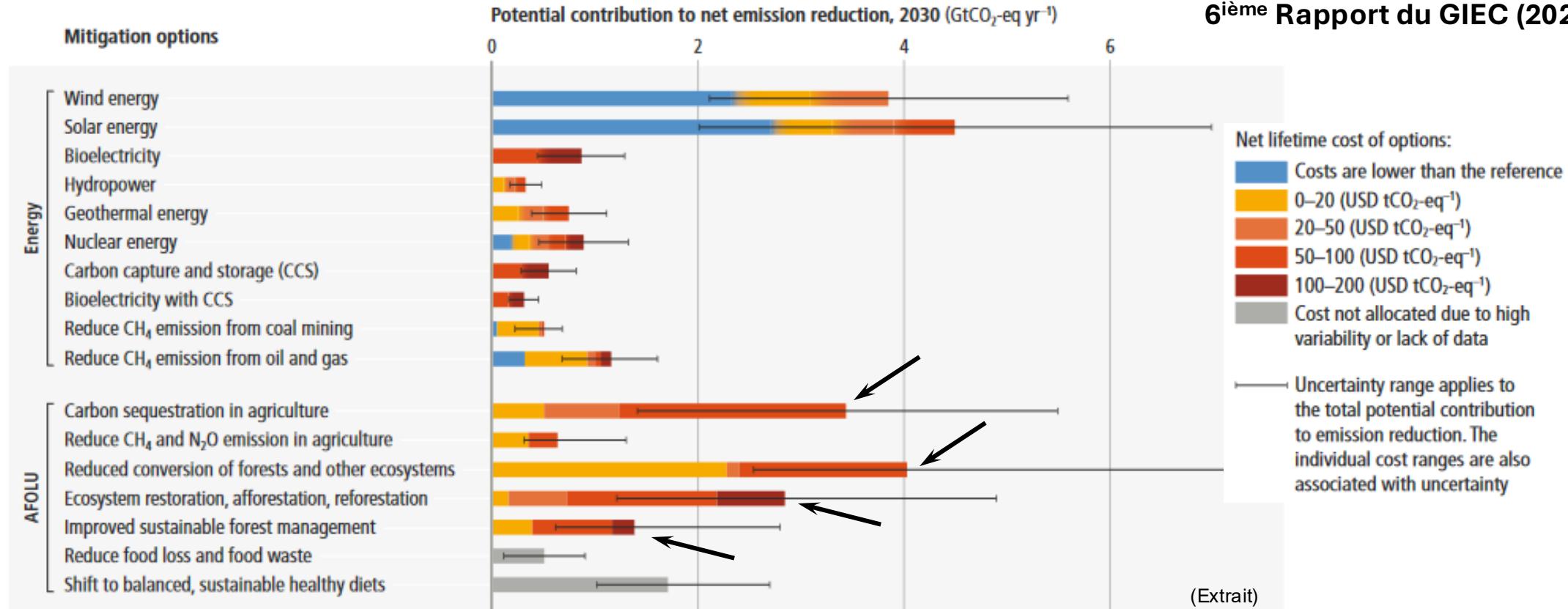


Figure SPM.7 | Overview of mitigation options and their estimated ranges of costs and potentials in 2030.

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



Les plantes dans un environnement à fort CO₂ Contraintes et opportunités



ACADEMIE
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