



Chaleur et productivité du travail

Dans quelle mesure le réchauffement climatique conduit-il à une diminution de la productivité ? L'adaptation par la climatisation est-elle une bonne solution ?

François Lévêque, Professeur d'économie à Mines Paris PSL

4 mars 2024

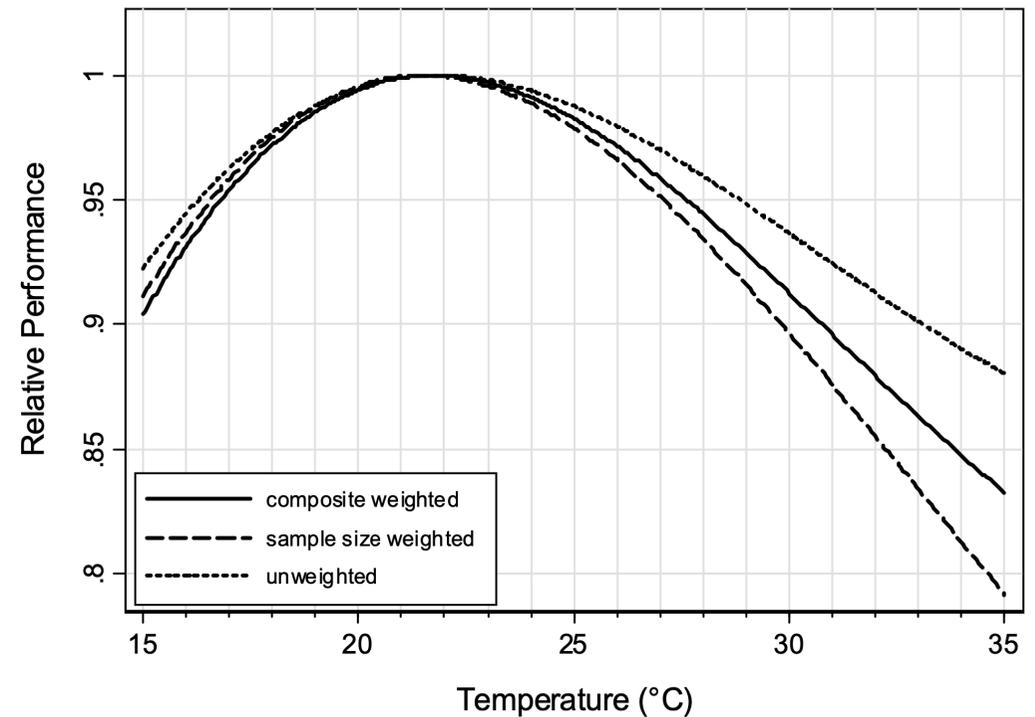
Chaire FIT2 Impacts du dérèglement climatique sur l'organisation du travail

Le considérable essor des connaissances scientifiques sur les effets de la température

- Etudier les impacts pour mieux caler les efforts d'atténuation et d'adaptation nécessaires
 - Mortalité
 - Morbidité
 - Violence
 - Stabilité politique
 - Migration
 - Inégalités
 - PIB
 - **Productivité macro (PIB/capita)**
 - **Productivité micro (Travail, Capital)**

Performance des tâches selon la température dans les bureaux

- Méta-analyse d'expériences en laboratoire (Seppanen et alii, 2006)
- Tâches de calcul, reconnaissance visuelle, vigilance, opérations manuelles, etc.



Dans le cas des centres d'appel : moins 5%-7% de productivité du travail quand la température dépasse 25°C

- Méthode :
 - Expérience : avant et après climatisation de la salle
 - Observation : deux salles à température différentes
- Productivité = nombre d'appels par heure



Energy and Buildings 34 (2002) 759–764

ENERGY
and **BUILDINGS**

www.elsevier.com/locate/enbuild

The effect of air temperature on labour productivity
in call centres—a case study

Raimo Niemelä^{a,*}, Mika Hannula^b, Sari Rautio^a, Kari Reijula^a, Jorma Railio^c

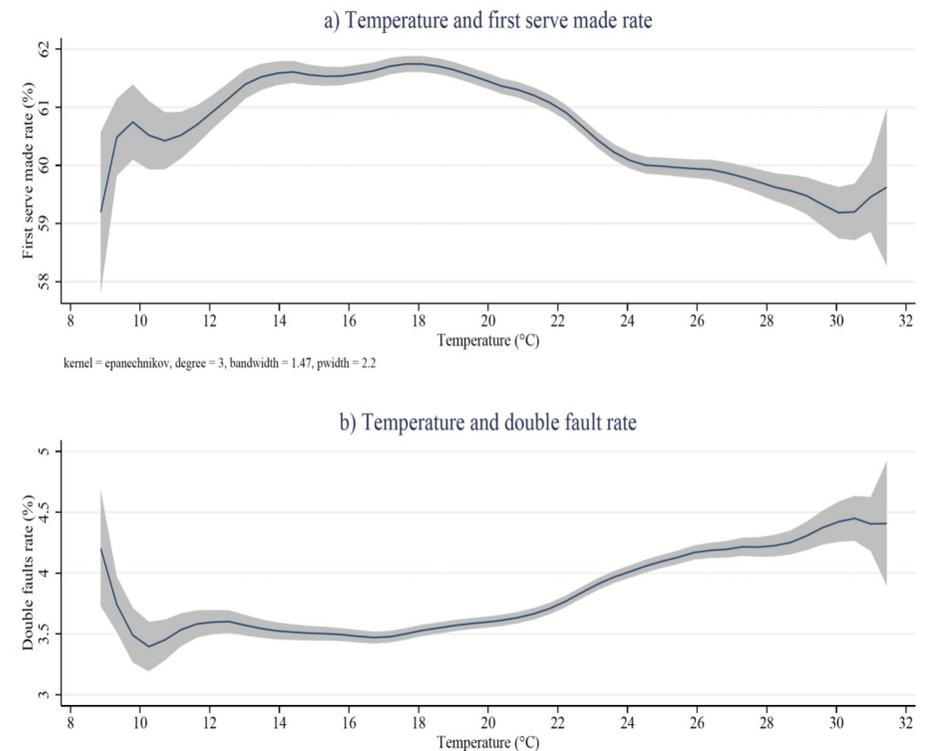
^aFinnish Institute of Occupational Health, Topeliuksenkatu 41 aA, FIN-00250 Helsinki, Finland

^bTampere University of Technology, Tampere, Finland

^cAssociation of Finnish Manufacturers of Air Handling Equipment, Helsinki, Finland

Un degré de plus réduit la réussite du premier service au tennis de 0,1%

- Performance en extérieur, match de tennis professionnel, 2003-2021
- Les performances des joueurs les plus âgés et les moins bien classés sont plus affectées par les températures élevées
- En cas de longue période chaude la baisse de performance est moins forte (adaptation)

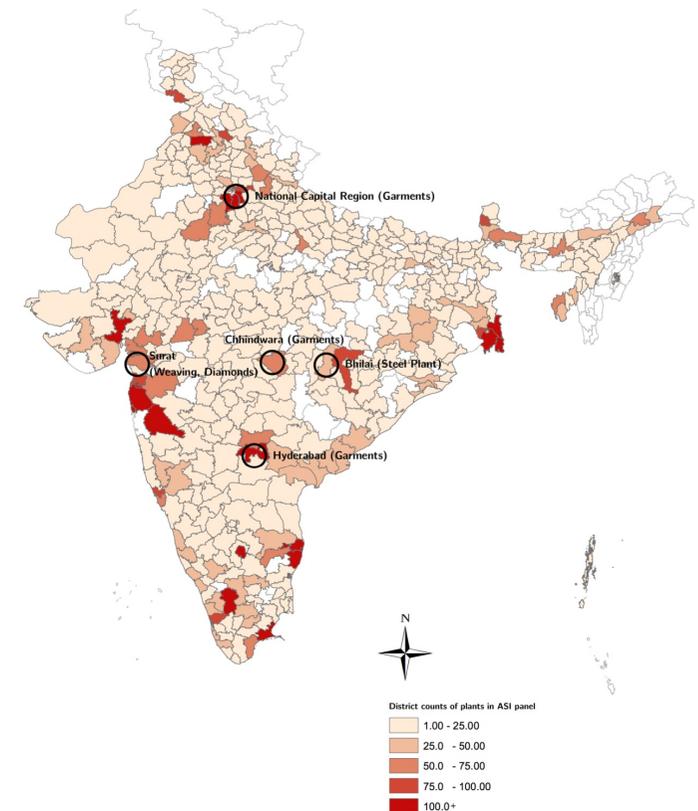


Et pour les activités d'intérieur dans les ateliers et les usines ?

- Textile et sidérurgie en Inde (Somanathan et alii, 2021)
- Usines automobiles aux USA (Cachon & Olivares 2012)
- Plaquettes de silicium en Chine (Chen et alii, 2023)
- Secteur manufacturier en Chine (Zhang et alii, 2018)

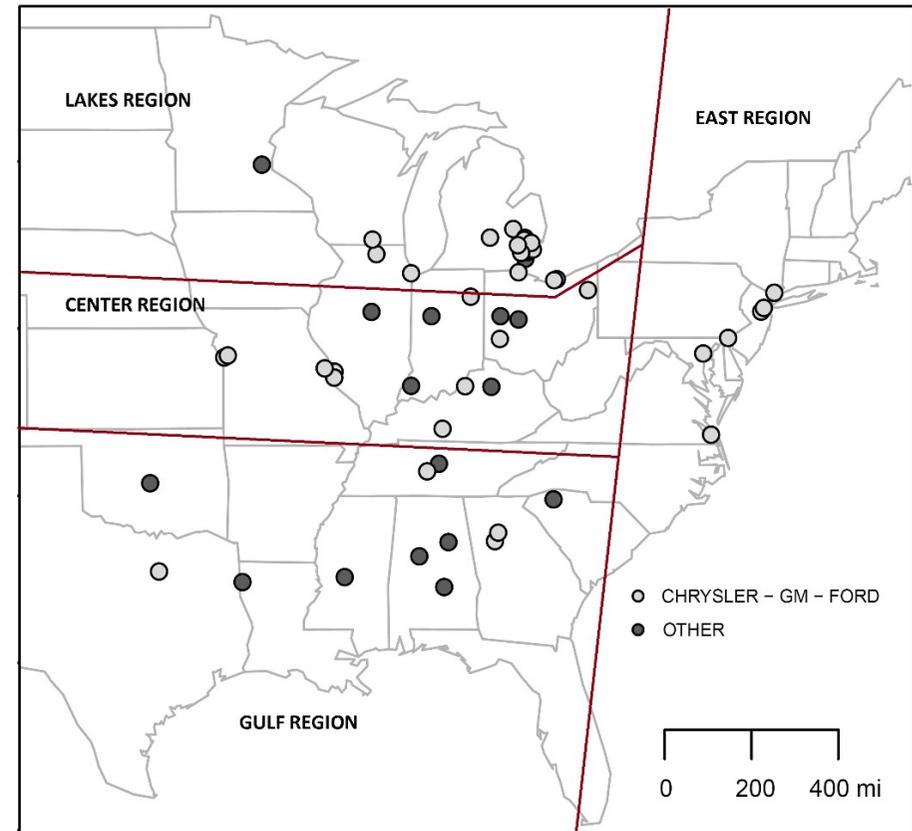
Baisse de 2% de la production des usines pour un degré de température de plus

- Température extérieure et non contrôlée à l'intérieur
- Liée à la fois à une baisse de la productivité (e.g., nombre de mètres tissés par heure par ouvrière) et à une augmentation de l'absentéisme



Baisse de 8% de la production automobile durant les semaines à plus de 32°C

- 1994-2004, automobile, USA
- Pas de possibilité de distinguer les différentes causes (baisse de productivité, augmentation de l'absentéisme, étendue de la climatisation selon les usines)
- Montre que même pour des industries capital-intensives et dans le cas de pays développés l'effet de températures élevées est préjudiciable
- Indique que l'élévation des températures est aussi un facteur à prendre en compte dans les choix de localisation des usines



Moins 0,83% de la productivité pour 1° C de plus de la température extérieure (WBGT)

- Une seule usine en chine, nombre de circuits par période de rotation d'équipe
- Des salles toujours à 25°C et 60% d'humidité
- Pourtant la productivité baisse
- Explication à rechercher du côté des effets de la chaleur hors du travail : mauvais sommeil, moins bonne récupération, fatigue accentuée, etc.

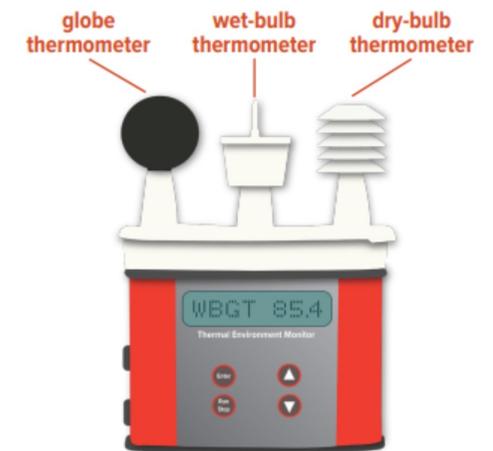
Environmental and Resource Economics (2023) 86:533–563
<https://doi.org/10.1007/s10640-023-00803-4>



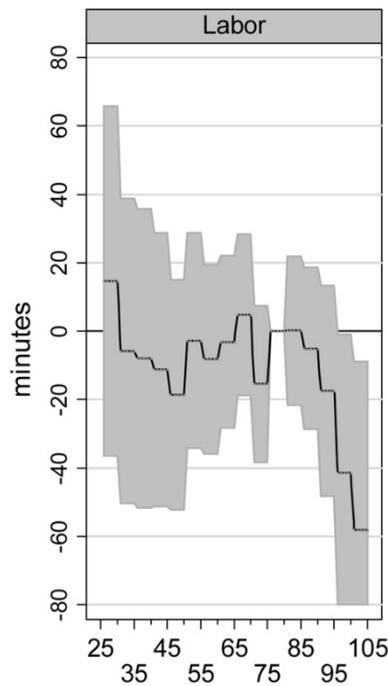
How Much Will Climate Change Reduce Productivity in a High-Technology Supply Chain? Evidence from Silicon Wafer Manufacturing

Jingnan Chen¹ · Miguel A. Fonseca^{1,4}  · Anthony Heyes² · Jie Yang³ · Xiaohui Zhang¹

Accepted: 10 August 2023 / Published online: 30 August 2023
© The Author(s) 2023

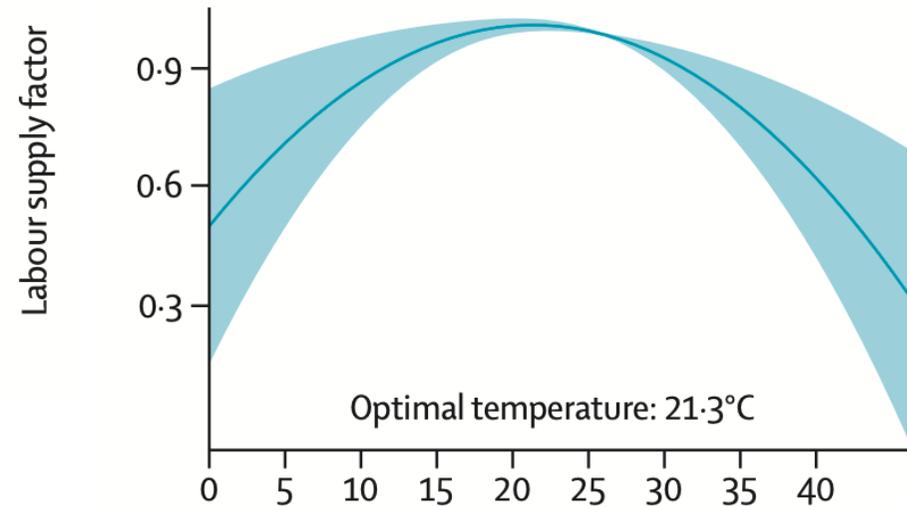


Baisse de productivité mais aussi moins d'heures travaillées



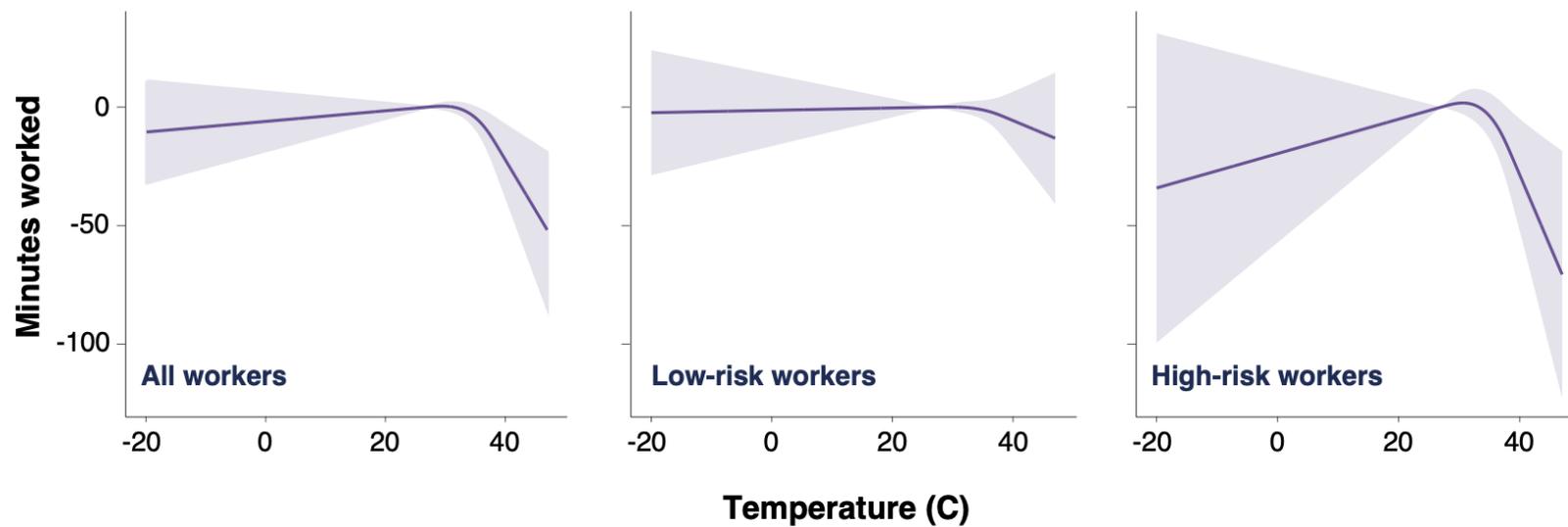
Zivin and Neidell (2014) USA

Marquée surtout pour les activités en extérieur



Dasgupta et alii (2021) Afrique

Des profils de réponses à la température différents



Rode et alii, 2022,, 7 pays, 1/3 population mondiale, 6 millions de travailleurs, 24378 unités géographiques

En résumé, pour les études microéconomiques

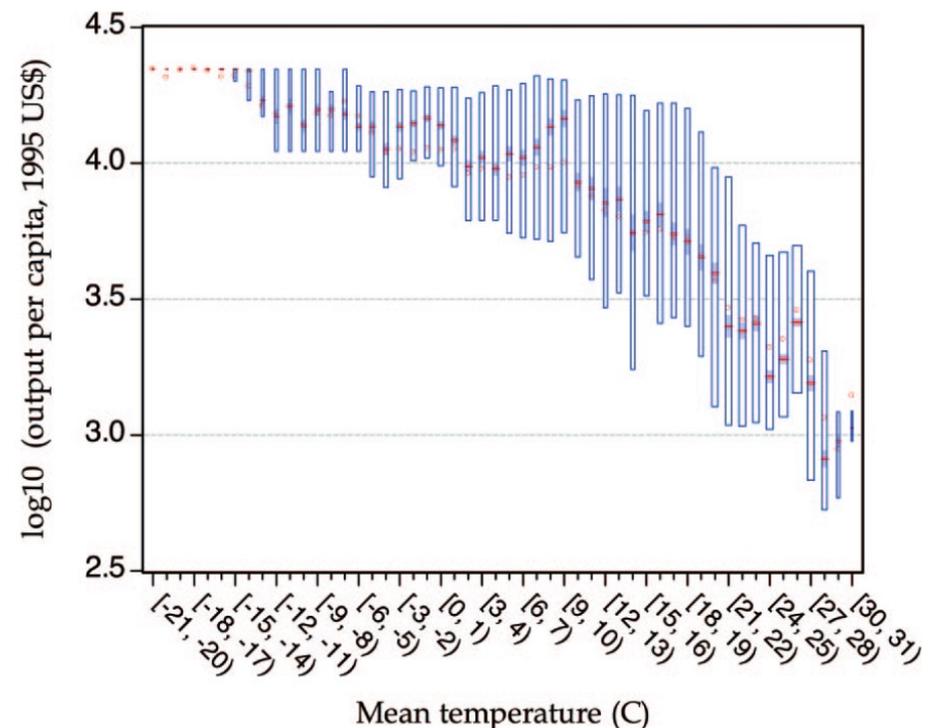
- Distinguer activités d'extérieur et d'intérieur (la climatisation est réservée aux activités d'intérieur, *of course*)
- Mais l'adaptation par la climatisation ne résout pas tout car la température extérieure agit sur la productivité à l'intérieur
- Ne pas négliger les effets sur l'offre de travail (heures travaillées) via l'absentéisme ou à cause de consignes issues de l'entreprise ou délivrées puissance publique
- Adaptation possible par les aménagements horaires (ex. plus tôt le matin)
- Ne pas oublier les gains de performances et de productivité liés à des températures moins froides aujourd'hui et demain

Effets macro-économiques de la température sur la productivité (PIB/hbt)

- Très nombreux travaux sur les effets du réchauffement sur la croissance économique
- Mesurée par l'évolution du PIB
- La productivité du travail est un déterminant central de la croissance économique
- La croissance du PIB par tête est une approximation acceptable de la croissance de la productivité

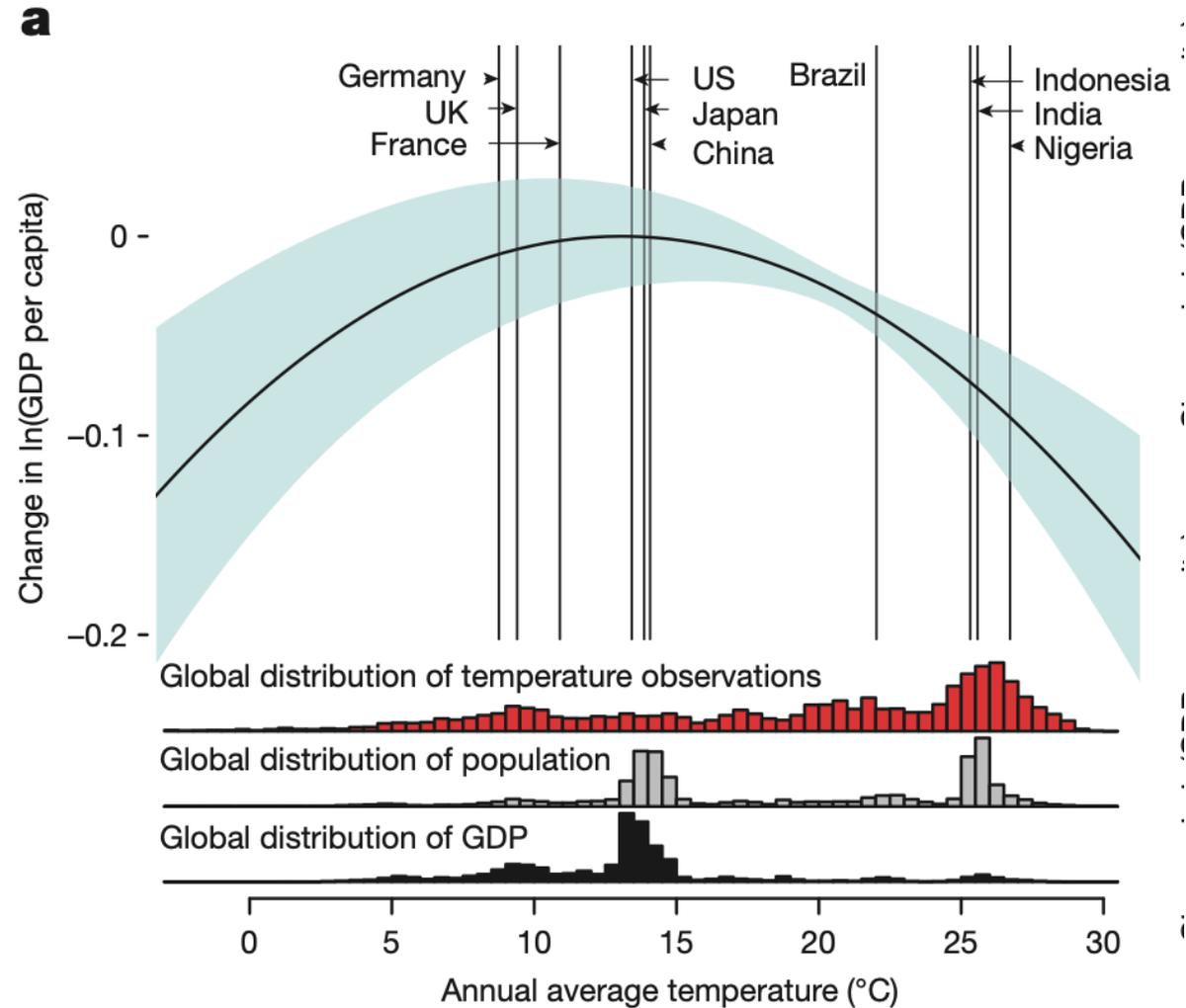
Variation dans le monde du PIB/hbt selon la température

- Découper la planète en 64800 unités (1°Lat./1°Lon.), retirer les océans, les déserts et l'Antarctique, estimer le PIB/tête pour chaque unité restante (25572) et secouer intelligemment pour établir la relation entre température et productivité
- Un travail réalisé par W. Nordhaus (2005)
- Surprenante productivité à faible température
- Mais corrélation n'est pas causalité...



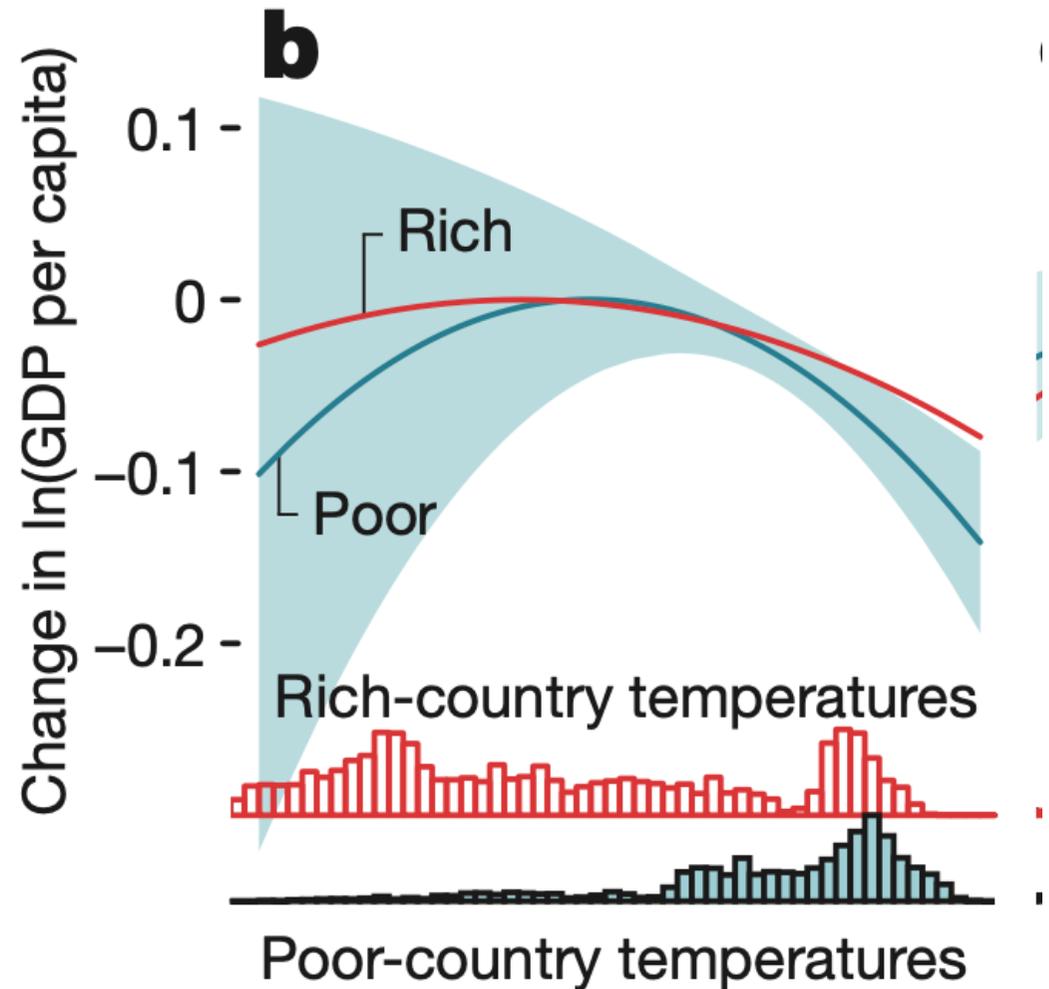
Un pic de productivité à 13°C

- Burke et alii (2015), 166 pays, 1960-2010
- Causalité
 - Comparaison entre années plus ou moins chaudes dans le même pays (et non comparaison des PIB entre pays de différentes températures)



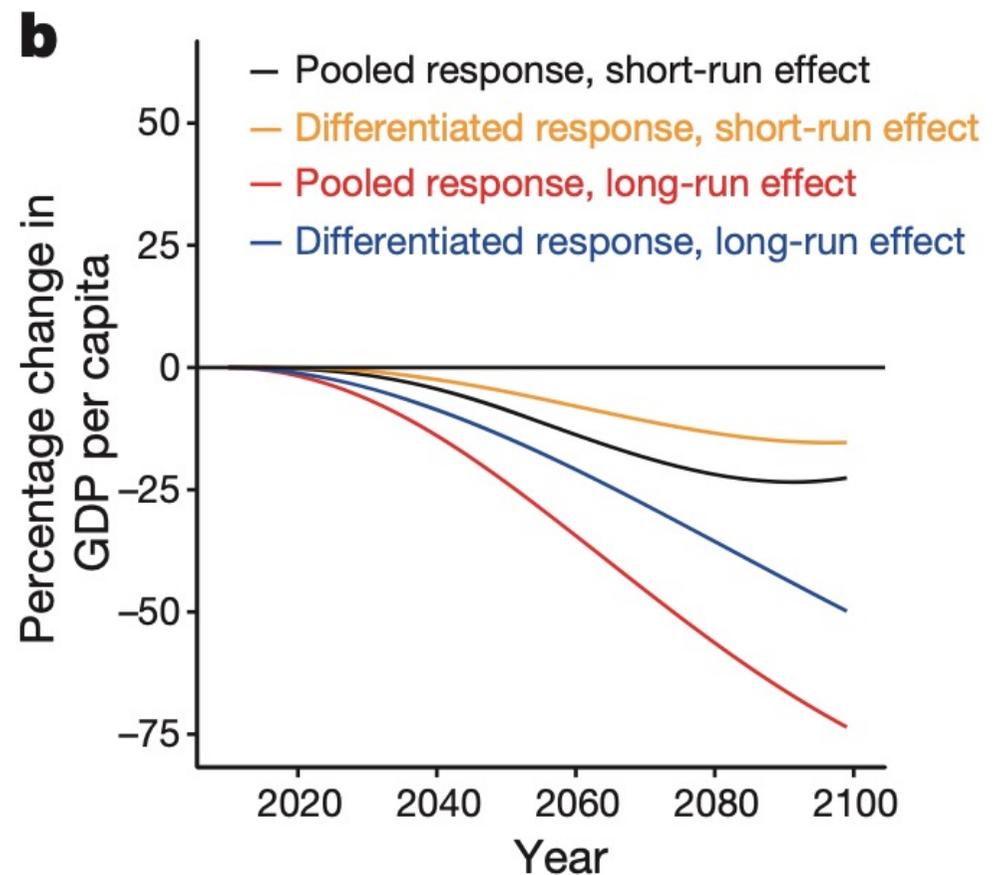
Une sensibilité de la productivité à la température plus ou moins marquée

- Le traitement des données montre que les plus fortes réponses à la température observées dans les pays pauvres s'expliquent parce qu'ils sont chauds et non parce qu'ils sont pauvres

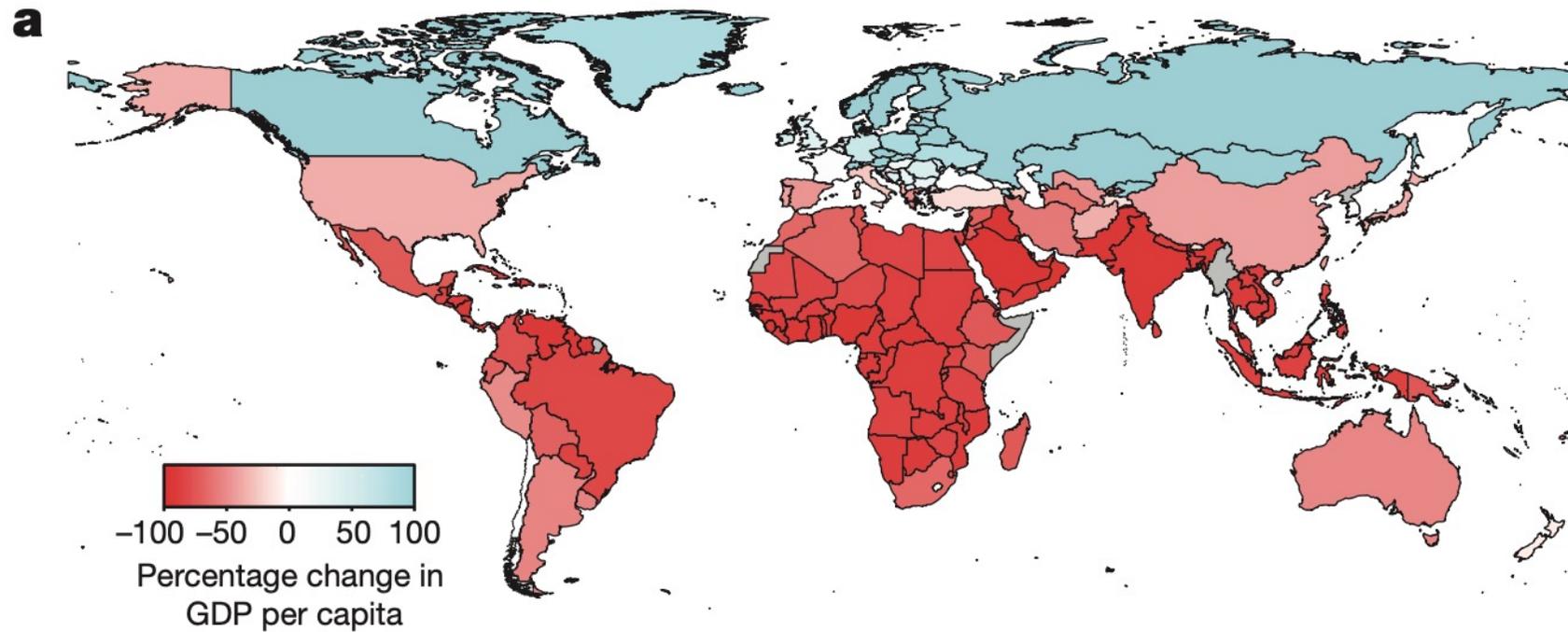


Baisse de 23% de la productivité en 2100

- Monde entier
- En supposant un futur calqué sur le passé et des réponses au climat identiques aux réponses à la météo ainsi qu'un certain nombre d'hypothèses sur la croissance, sur l'atténuation et la démographie



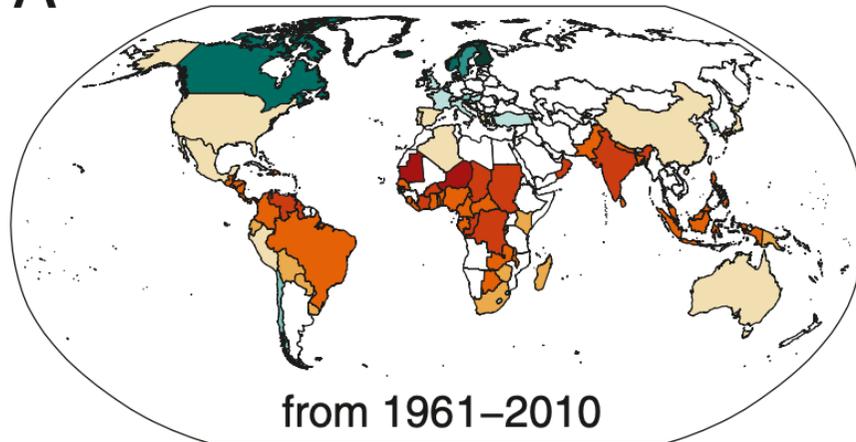
Avec de très fortes disparités



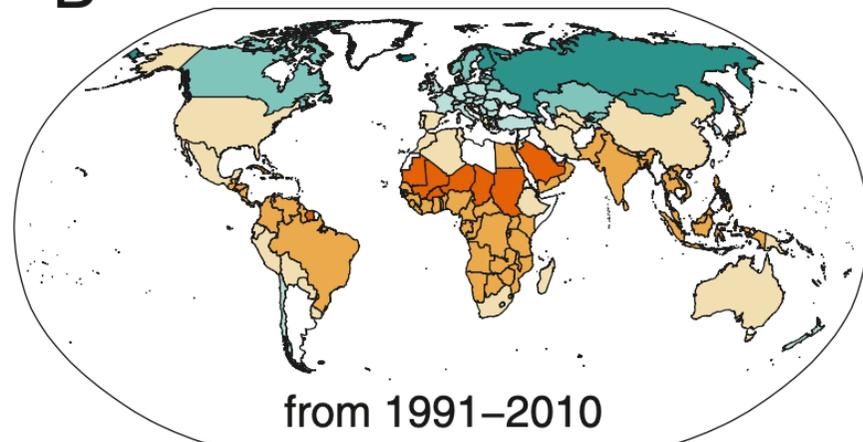
Evolution du PIB/hbt dû au réchauffement récent

Country-level economic impact of historical global warming

A



B



from 1961–2010

from 1991–2010

percent change in GDP per capita



Diffenbaugh et alii, 2019

L'adaptation par la climatisation

- Elle induit des gains de productivité et d'heures travaillées tout en améliorant le confort et le bien-être des employés
- Mais quid des coûts, en particulier pour la planète ?
- Les climatiseurs consomment de l'électricité, le plus souvent carbonée, utilisent des frigorigènes rarement recyclés, et rejettent de l'air chaud. Bref, réchauffent localement et globalement l'atmosphère
- C'est pourquoi la climatisation est souvent considérée comme le parfait exemple de maladaptation
- A tort ?

La climatisation sauve aussi des vies

- 18.000 décès annuels de chaleur évités aux Etats Unis grâce à la diffusion de la climatisation de 1960 à 2004 (Barreca et alii, 2016)
- Aujourd'hui 90% des foyers US sont équipés, 60% en Chine (0% en 1980), mais seulement 5% en Inde
- Un jour de canicule supplémentaire de canicule en Inde augmente 25 fois plus le taux de mortalité associée à la chaleur qu'aux Etats-Unis (Burgess et alii, 2027)
- En 2050 la progression attendue de la climatisation en Inde ferait qu'elle représentera 27% de la demande totale d'électricité du pays (IEA, 2022)

Des solutions

- Décarboner l'électricité, bien sûr
- Améliorer la performance énergétique des climatiseurs
- Transférer les meilleures technologies de climatisation vers les pays en développement
- Mettre en place d'autres solutions de rafraîchissement : isolation, volets et autres moucharabiehs, ventilation naturelle, tour à vent, etc.
- Favoriser et accélérer l'innovation technologique



La climatisation, symbole d'une adaptation mal comprise

- Le manque d'enthousiasme que la climatisation suscite reflète une critique commune à l'égard de l'adaptation car elle s'opposerait à l'atténuation. Or
 - L'atténuation et l'adaptation visent le même but : réduire les pertes humaines, matérielles et naturelles
 - L'adaptation ne réduit pas les émissions mais elle réduit les dommages présents et non seulement ceux de demain
- L'adaptation est nécessaire :
 - Même si les émissions de CO2 cessaient du jour au lendemain, la température continuerait de s'élever encore quelques décennies
 - Peu de chances d'atteindre moins de 2°C de réchauffement
 - Ampleur considérable des dommages si rien n'est fait
 - Alors *Let's go* !

Economie de la chaleur

S'adapter pour sauver des vies, réduire les inégalités, et renforcer l'atténuation

Odile Jacob, Octobre 2024