



## L'importance du lien entre changement climatique et population pour le développement économique

Cet article propose une revue de la littérature portant sur les effets du changement climatique sur la population et la croissance économique, en particulier dans les pays en développement. Le changement climatique influence la mortalité et les conditions de vie via les effets directs des températures extrêmes et des effets indirects intermédiés par l'environnement ainsi que par les systèmes sociaux. La contribution des facteurs démographiques à la croissance emprunte différents canaux dont l'accumulation de capital au long du cycle de vie, l'investissement dans l'éducation, l'élévation du revenu par tête des pays dans lesquels la transition de la fécondité est réalisée et l'effet sur la productivité du travail. Toutefois, l'importance macroéconomique de ces facteurs reste en débat. La recherche future devrait par conséquent améliorer la quantification et l'intégration des effets sur les populations dans les modèles d'évaluation de l'impact macroéconomique du changement climatique, et mieux intégrer les politiques climatiques.

**Pauline LESTERQUY**

Direction des Études microéconomiques et structurelles

Service d'Études sur les échanges extérieurs et sur les politiques structurelles

Codes JEL  
I15, J24, Q51,  
Q54, G56

Cet article présente le résultat de travaux de recherche menés à la Banque de France. Les idées exposées dans ce document reflètent l'opinion personnelle de leurs auteurs et n'expriment pas nécessairement la position de la Banque de France. Les éventuelles erreurs ou omissions sont de la responsabilité des auteurs.

Plus de **150 000**

le nombre de décès par an dans le monde directement liés au changement climatique anthropogénique des trente dernières années

**1** décès sur **9**

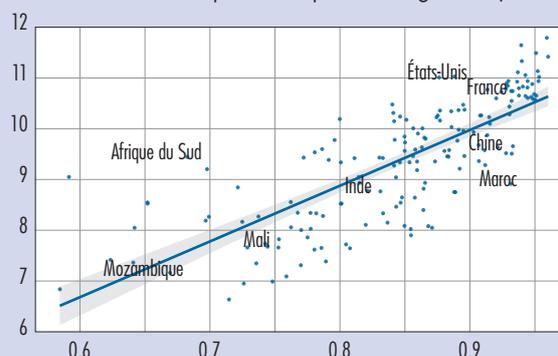
dans le monde est lié à la pollution de l'air

**9,1** %

l'augmentation de la productivité du travail associée à une hausse de 0,1 du taux de survie des adultes âgés de 15 à 60 ans

### Corrélation entre taux de survie et productivité (2018)

(axe des abscisses : taux de survie de la catégorie d'âge 15-60 ans ;  
axe des ordonnées : PIB par tête exprimé en logarithme)



Sources : Données Banque mondiale (*World Development Indicators*), calculs de l'auteur d'après Bloom et al. (2019).



### 1 Les effets du changement climatique sur la population sont particulièrement importants pour les pays en développement

Alors que les effets de la démographie sur l'environnement ont d'abord été théorisés par Thomas Malthus au XVIII<sup>e</sup> siècle, les chercheurs ont peu à peu apporté les preuves scientifiques de l'existence d'un lien étroit, mais plus complexe, entre changement climatique et facteurs démographiques. En effet, changement climatique et population entretiennent un rapport circulaire dépendant par ailleurs du niveau de développement économique. Les niveaux d'émissions de gaz à effet de serre ne sont pas directement corrélés au poids ni aux taux de croissance démographiques, et la part des émissions des pays développés représente systématiquement plus que leur part de la population mondiale<sup>1</sup>. De plus, les pays en développement sont particulièrement vulnérables face au phénomène global de changement climatique. Dans

ces pays, la question du lien entre climat et population concerne donc avant tout les effets du changement climatique sur la population, qui peuvent affecter le développement économique.

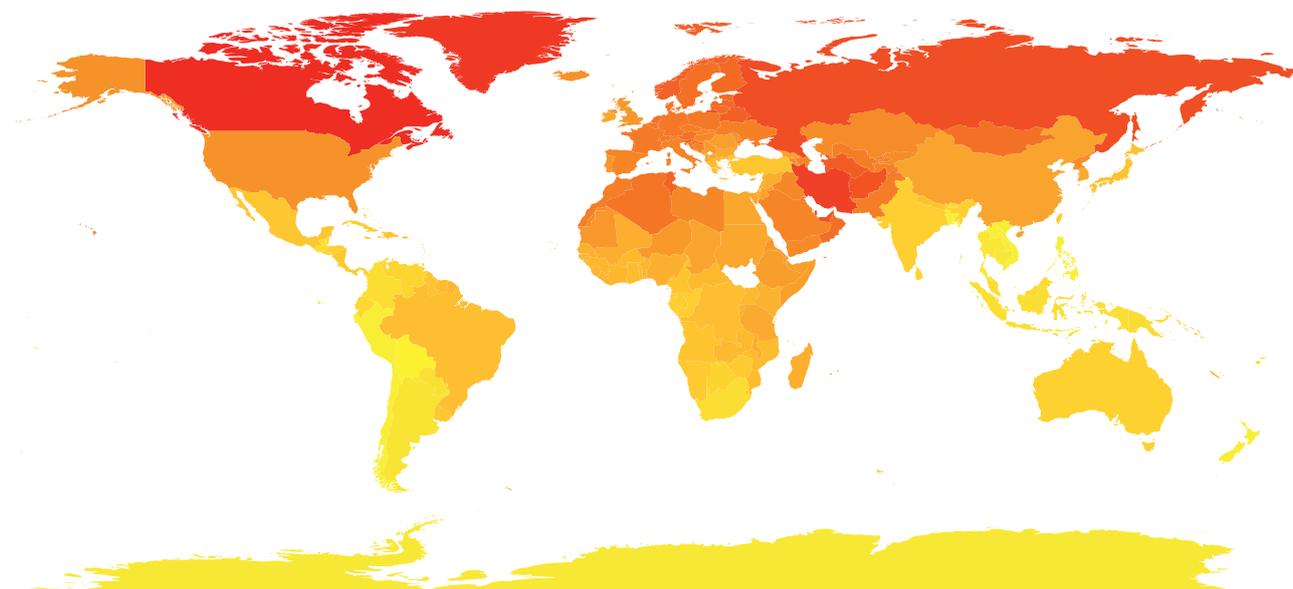
La littérature en économie de l'environnement identifie et quantifie plusieurs canaux par lesquels le changement climatique affecte les conditions de vie des populations : des effets directs et des effets indirects intermédiés par l'environnement ou liés aux systèmes sociaux.

#### Effets directs des températures extrêmes

Les effets des températures sur la démographie ont été étudiés de manière approfondie et sont largement reconnus par les institutions<sup>2</sup>. À ce titre, le changement climatique anthropogénique des trente dernières années emporte déjà plus de **150 000 vies par an** selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS).

#### G1 Réchauffement moyen de la température à la surface terrestre depuis 1960

(en °C par siècle)



Lecture : La température terrestre en France a augmenté à un rythme moyen de 2,77 °C par siècle entre 1960 et la période récente.  
Source : Berkeley Earth.

1 En 2015, les États-Unis représentaient 15,6% des émissions pour 4,4% de la population mondiale. La France comptabilisait 0,97% des émissions pour 0,91% de la population. La Chine représentait 29,3% des émissions pour 18,6% de la population. À noter que ces mesures des émissions sont basées sur la production et non la consommation nationale et n'incluent donc pas les émissions importées.

2 Pour une revue de littérature, cf. *Changement climatique 2007*, le quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) et le rapport de 2010 *A Human Health Perspective on Climate Change* du National Institute of Environmental Health Sciences (NIEHS).



Une large partie de la littérature en économie de l'environnement s'intéresse aux effets des températures extrêmes, comme l'illustrent les synthèses de Dell *et al.* (2014) et Deschenes (2014). En utilisant pour beaucoup d'entre elles une approche par panel avec des données historiques de variations de température, ces études mettent en évidence un effet significatif des températures extrêmes sur la mortalité. Deschenes et Greenstone (2011) montrent qu'aux États-Unis, un jour chaud additionnel accroît de 0,11 % la mortalité annuelle. À cet égard, les enfants et les personnes âgées sont les plus exposés.

Si cette littérature s'est largement concentrée sur les pays riches, la nature des effets pourrait être très différente dans les pays en développement. L'impact des températures extrêmes sur le taux de mortalité serait jusqu'à vingt fois plus élevé en Inde qu'aux États-Unis<sup>3</sup>. Il serait concentré dans les zones rurales, suggérant un effet protecteur des installations urbaines (Burgess *et al.*, 2017).

Bien que les estimations par panel suggèrent des effets substantiels du climat sur la santé, leur utilisation en projection rencontre trois limites : i) ces estimations portent sur des variations historiques de température et leur validité est contestable pour un changement climatique accéléré bien au-dessus de 3 °C par siècle

(cf. graphique 1); ii) l'extrapolation est biaisée en cas de coûts convexes<sup>4</sup> (coûts additionnels entraînés par des températures de plus en plus extrêmes) et iii) les modélisations qui ne tiennent pas compte des comportements d'adaptation conduisent à des prévisions erronées à long terme.

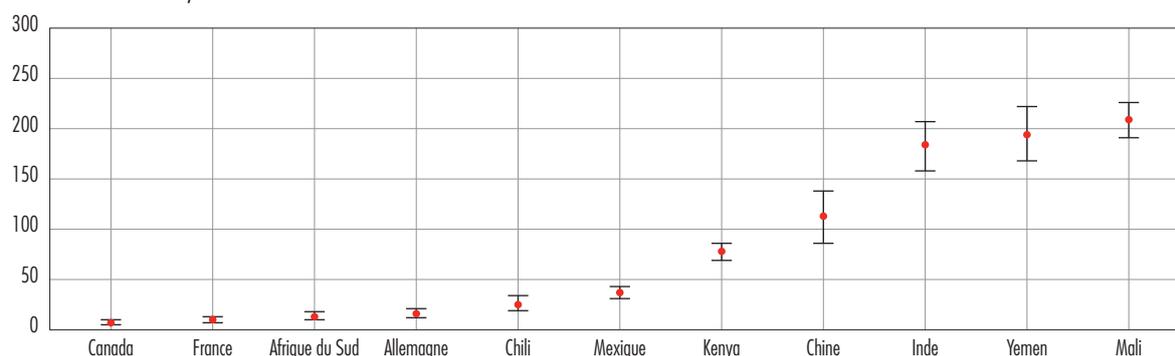
### Effets indirects intermédiés par l'environnement ou les systèmes sociaux

Le changement climatique peut affecter la mortalité et la morbidité des populations de manière indirecte en modifiant les conditions environnementales, notamment par :

- **L'augmentation de la pollution de l'air** : la hausse des émissions, combinée aux facteurs comme le changement climatique, entraîne une augmentation des concentrations de particules et de l'ozone dans la basse atmosphère. D'après l'OMS, la pollution de l'air provoque déjà **1 décès sur 9** au niveau mondial, ainsi que des maladies respiratoires, cardiaques et des cancers. Les régions du monde sont inégalement concernées (cf. graphique 2). La pollution de l'air intérieur a provoqué 3,8 millions de morts prématurées en 2016<sup>5</sup>, tandis que la pollution de l'air extérieur

## G2 Impact de la pollution de l'air sur la mortalité en 2016

(pour 100 000 habitants)



Lecture : L'impact estimé de la pollution de l'air sur la mortalité au Mexique était de 37 décès pour 100 000 habitants en 2016.

Note : Les estimations (points) sont présentées avec les intervalles de confiance.

Source : Organisation mondiale de la santé (OMS), Observatoire mondial de la santé.

3 Réponse du taux de mortalité total à une journée de plus de 35 °C par rapport à une journée de 21-23 °C, coefficients estimés sur la période 1957-2000 (+ 0,74 point de pourcentage pour l'Inde et + 0,03 point pour les États-Unis).

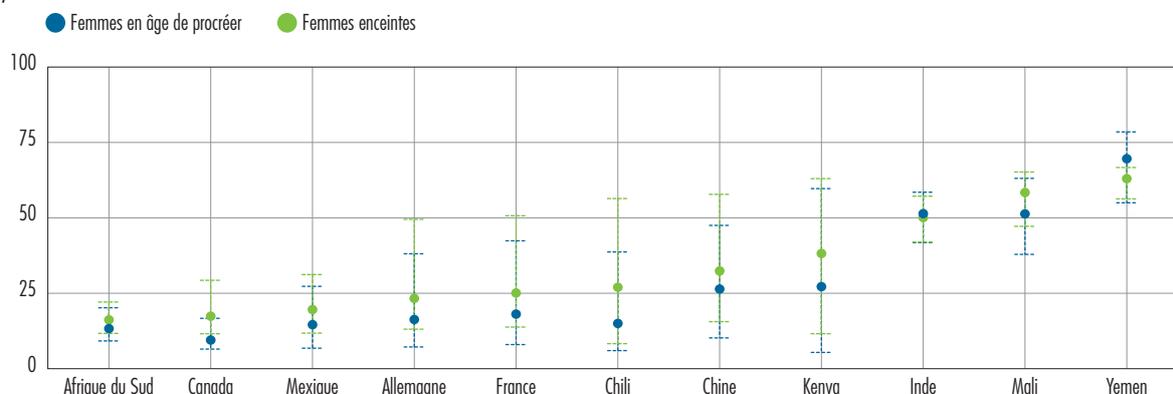
4 Les températures annuelles par pays ont rarement dévié de plus de 1 °C de la moyenne historique (une fois tous les quinze ans en moyenne), selon les données historiques étudiées par Dell *et al.* (2012). Or, les estimations de réchauffement probables d'ici 2100 sont de 1,8-3,1 °C, voire de 7 °C pour les estimations hautes du GIEC. Dans l'hypothèse – plausible – où les coûts climatiques seraient convexes, la validité d'une extrapolation à partir de formes réduites linéaires serait remise en cause. Dans ces conditions, les estimateurs obtenus constitueraient une limite basse.

5 Organisation mondiale de la santé (OMS), Observatoire mondial de la santé.



### G3 Prévalence d'anémie chez les femmes en 2016

(en %)



Lecture : Selon les estimations de l'OMS, 26,4% des femmes en âge de procréer et 32,4% des femmes enceintes souffraient d'anémie en Chine en 2016.

Note : Les estimations (points) sont présentées avec les intervalles de confiance.

Source : Organisation mondiale de la santé (OMS), Observatoire mondial de la santé.

en a provoqué 4,2 millions et en engendrerait 6 à 9 millions en 2060 (Organisation de coopération et de développements économiques – OCDE, 2016), concentrées dans les zones denses (Inde, Chine) et dans les régions vieillissantes (Chine, Europe de l'Est).

#### • L'essor de maladies infectieuses à transmission vectorielle, d'origine alimentaire ou hydrique :

- L'effet du changement climatique sur les maladies infectieuses se matérialise par l'émergence de nouvelles maladies, une exacerbation de la sensibilité aux maladies existantes et une circulation plus rapide des agents pathogènes (Altizer *et al.*, 2013). De plus, l'augmentation des températures semble accroître la résistance aux antibiotiques (Rodríguez-Verdugo *et al.*, 2020).
- Le paludisme est la maladie à transmission vectorielle la plus mortelle. Cette maladie tropicale, extrêmement sensible au climat, a des conséquences sanitaires lourdes en Afrique<sup>6</sup>. Les enfants de moins de 5 ans sont particulièrement vulnérables (67% des 405 000 décès en 2018<sup>7</sup>). La déforestation et la croissance rapide de la population sont des facteurs aggravants.

Le changement climatique a des effets indirects sur la santé, intermédiés par les systèmes et comportements sociaux (systèmes alimentaires, migrations, répartition des richesses). Le bien-être à long terme est influencé par les chocs climatiques en début de vie ou *in utero* pour des raisons biologiques, mais aussi de comportements (Wilde *et al.*, 2017). L'anémie, l'un des troubles nutritionnels majeurs chez les femmes enceintes selon l'OMS, surtout dans les pays en développement (cf. graphique 3), affecte la morbidité et la mortalité maternelles et la santé infantile. Le changement climatique augmenterait les risques d'anémie (en diminuant la qualité nutritionnelle des récoltes, en augmentant les infections parasitaires et en fragilisant les systèmes alimentaires) de manière hétérogène (Smith *et al.*, 2017). Les femmes en âge de procréer et les enfants seraient les plus à risque (59% d'entre eux), surtout en Asie du Sud et de l'Est et en Afrique du Nord et de l'Est.

## 2 L'importance de la démographie et de la qualité de vie des populations pour le développement économique

La démographie, et notamment les évolutions de la mortalité et de la fécondité des populations, ont des implications fortes pour le développement. La qualité

<sup>6</sup> Le continent africain concentre 93 % des cas de paludisme et 94 % des décès liés à cette maladie.

<sup>7</sup> Selon le Rapport sur le paludisme dans le monde 2019 de l'Organisation mondiale de la santé (OMS).



de vie est également un déterminant important de la croissance. Leur impact macroéconomique passe par différents canaux.

### L'espérance de vie comme déterminant de la croissance

La grande majorité des études théoriques et empiriques montre un effet positif de l'espérance de vie et de son évolution sur la croissance. La théorie du capital humain a progressivement inclus la santé individuelle comme une de ses composantes, depuis le travail pionnier de Becker (1962) qui montre que la nutrition et le système de santé sont des moyens d'investir dans le capital humain. Grossman (1972) développe le premier modèle de demande pour le capital santé, qui sert à la fois à augmenter le nombre d'heures travaillées et la productivité horaire. Au niveau macro, des travaux récents sur des données de panel utilisent des méthodes instrumentales pour isoler l'effet causal de l'espérance de vie sur la croissance des revenus (Lorentzen *et al.*, 2008 ; Aghion *et al.*, 2011 ; Cervellati et Sunde, 2011 ; Bloom *et al.*, 2014). Dans une étude portant sur plusieurs pays entre 1960 et 2000, Aghion *et al.* (2011) identifient des gains de productivité liés i) à l'espérance de vie initiale et ii) à son évolution. Les régressions sur les économies avancées de l'OCDE montrent que les gains de productivité sont soutenus par la réduction de la mortalité avant 40 ans. Dans les pays en développement, la hausse de l'espérance de vie passe d'abord par une baisse de la mortalité infantile, associée à une meilleure condition physique et nutritionnelle des enfants qui se reflète dans leur productivité à l'âge adulte.

### L'impact macroéconomique passe par différents canaux

#### La baisse de la mortalité stimule l'épargne et l'accumulation de capital

Dans la théorie du cycle de vie, un accroissement de l'espérance de vie est associé à une hausse du taux d'épargne et à une accélération du processus d'accumulation du capital (Bloom *et al.*, 2003 ; Zhang *et al.*, 2003). Un modèle à générations imbriquées comprenant de l'épargne et un système d'éducation publique prédit un effet positif de l'espérance de vie sur la croissance dans les pays où l'espérance de vie initiale est faible, mais un ralentissement de la croissance

dans les pays où elle est élevée, car la hausse de la consommation à un âge avancé réduit l'investissement dans le capital humain. En effet, d'une part, l'âge moyen des héritiers à la succession augmente, et d'autre part, le vieillissement de l'électeur médian mène à une réduction du taux de taxation en faveur de l'éducation publique.

#### La baisse de la mortalité et la transition de fécondité permettent la croissance du PIB par tête dans les économies en développement

Dans les pays en développement, la forte mortalité chez les adultes réduit l'horizon temporel de décision et est associée à des comportements plus risqués et à une fécondité plus élevée (Lorentzen *et al.*, 2008). La réduction de la mortalité et de la morbidité ainsi que l'accès aux moyens de régulation de la procréation, en particulier chez les femmes, permettent un meilleur contrôle de la fécondité et soutiennent le développement (Galor et Weil, 2000 ; Bloom *et al.*, 2015). Les femmes en bonne santé participent aussi davantage au marché du travail. La fécondité peut baisser du fait du développement économique, car elle devient relativement plus coûteuse que l'éducation selon l'hypothèse d'arbitrage « qualité-quantité » de Becker et Lewis (1973). Ainsi, le traitement de maladies infectieuses occasionne une baisse de la fécondité liée à une augmentation des rendements de l'éducation (Bleakley et Lange, 2009). Cervellati et Sunde (2011) montrent que l'augmentation de l'espérance de vie a un effet positif sur la croissance pour les économies ayant réalisé leur transition démographique, mais non significatif pour les économies en transition puisqu'elle augmente la taille de la population. Dans les pays développés, le changement climatique accroît les coûts économiques en baissant le taux de fécondité, déjà inférieur au taux de remplacement (Barreca *et al.*, 2018).

#### Les conditions environnementales et climatiques affectent la participation au marché du travail et la productivité du travail

Les impacts directs de la maladie sur le temps de travail effectif se manifestent de deux manières : i) absentéisme et réduction de l'offre de travail (marge extensive) et ii) présentéisme et réduction de la productivité horaire du travail, par exemple du fait d'un manque



de concentration lié à la maladie (marge intensive). Certaines études établissent un lien direct avec les facteurs environnementaux. Selon une étude empirique de Hanna et Oliva (2015), une hausse locale de la concentration de dioxyde de soufre de 1 % – l'un des polluants atmosphériques prééminents depuis le début de la révolution industrielle – diminue le nombre d'heures travaillées de 0,72 %. Dans les pays de l'OCDE, la pollution de l'air serait responsable de 1,2 milliard de jours de travail perdus et de 5 milliards de jours d'activité restreinte en 2010 (OCDE, 2016) et en causerait trois fois plus en 2060. Des niveaux de pollution à l'ozone, pourtant largement sous les standards américains, ont un impact significatif sur la productivité (Graff Zivin et Neidell, 2012).

### Les facteurs environnementaux ont aussi des effets indirects sur le travail par le biais de la performance.

Par exemple, les effets des polluants atmosphériques qui réduisent temporairement l'acuité mentale des étudiants exposés lors des examens de classement peuvent réduire à long terme la productivité du travail en entraînant une mauvaise répartition des travailleurs par type d'emploi, sur la base d'un niveau de compétences mal évalué (Lavy *et al.*, 2014).

### Des effets durables sur le capital humain

L'espérance de vie stimule l'investissement dans le capital humain (Jayachandran et Lleras-Muney, 2009 ; Cervellati et Sunde, 2013). Dans les pays en développement, de mauvaises conditions de vie ou la maladie au plus jeune âge ont des effets durables importants sur la formation de capital humain, la productivité et le bien-être à l'âge adulte. L'exposition en début de vie à des maladies comme le paludisme peut avoir des impacts à long terme sur la réussite scolaire et les revenus à l'âge adulte (Lin et Shih, 2018). Le traitement des maladies comme le paludisme ou des déficiences nutritionnelles améliore la participation et les résultats scolaires, en particulier ceux des filles (Miguel et Kremer, 2004 ; Field *et al.*, 2009). La pollution peut faire obstacle

à l'acquisition de connaissances en augmentant les absences et en réduisant la concentration des élèves (Lavy *et al.*, 2014). En Indonésie, Maccini et Yang (2009) trouvent un impact positif des précipitations durant l'enfance sur la nutrition et la santé des femmes, car les ressources en nourriture du foyer sont réallouées aux garçons en temps de sécheresse. Cet effet se répercute sur leur éducation et leur statut économique à l'âge adulte. Ainsi, un biais comportemental entraîne une vulnérabilité spécifique des filles aux fluctuations environnementales. Les implications justifient des politiques de développement ciblées sur les groupes vulnérables pour lesquels les chocs à court terme ont des effets à long terme.

### Le taux de survie des adultes permet de mesurer les effets macroéconomiques sur la productivité du travail

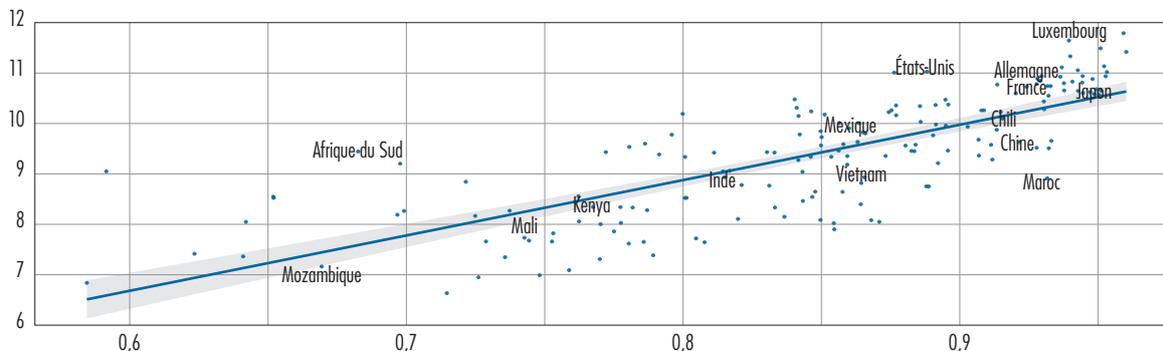
En définitive, les coûts liés à la perte de productivité dépasseraient les coûts médicaux pour de nombreuses pathologies (Loeppke *et al.*, 2009). Pour autant, l'importance macroéconomique de ces effets reste sujette à débat : les études macroéconomiques tendent à estimer des effets plus larges que les études microéconomiques. La première approche consiste à estimer une fonction de production agrégée et à décomposer le facteur capital humain entre différentes composantes dont la santé, tandis que la seconde agrège les effets estimés au niveau individuel pour calibrer les effets de la santé sur la productivité (Weil, 2007). Bloom *et al.* (2019) utilisent le taux de survie des adultes comme instrument pour étudier le lien entre santé de la population et productivité (cf. graphique 4 *infra*) et montrent que l'estimation par un modèle macroéconomique est proche de l'agrégation des effets microéconomiques lorsque l'on tient compte des externalités liées à la santé. Une augmentation de 10 points de pourcentage (soit 0,1) du taux de survie des adultes âgés de 15 à 60 ans serait associée à une augmentation de 9,1 % de la productivité du travail, à niveaux d'éducation et de capital égaux<sup>8</sup>. Cette réconciliation montre que les mesures de santé publique auraient une importance pour soutenir le développement économique.

<sup>8</sup> Il s'agit des seuls gains directs de productivité, excluant les effets liés à l'investissement dans l'éducation et autres formes de capital humain et ceux liés à la réduction de la fécondité. Le taux de survie à l'âge adulte est utilisé comme instrument pour mesurer la santé, l'espérance de vie étant très sensible à la mortalité infantile.



### G4 Corrélation entre taux de survie et productivité (2018)

(axe des abscisses : taux de survie de la catégorie d'âge 15-60 ans; axe des ordonnées : PIB par tête exprimé en logarithme)



Lecture : Les données de PIB par tête présentent une distribution empirique exponentielle, habituelle pour le phénomène de croissance économique. Le coefficient de la régression linéaire du PIB par tête en logarithme sur le taux de survie en points de pourcentage (pp) est  $\beta = 0,10976$ . Il s'agit d'une moyenne géométrique. Un taux de survie des adultes âgés de 15 à 60 ans plus élevé de 1 point de pourcentage est associé à une hausse de productivité de 11,6 % en moyenne ( $\exp(\beta) = 1,116012$ ). Une hausse du taux de 2 pp est associée à une hausse de productivité de 24,6 % ( $\exp(2\beta) = 1,245479$ ).

Note : Un test de corrélation de Pearson montre une forte corrélation positive (et non un lien de causalité) entre le PIB par tête (en logarithme) et le taux de survie des personnes âgées de 15 à 60 ans (coefficient de corrélation de 0,77).

Sources : Données Banque mondiale (*World Development Indicators*), calculs de l'auteur d'après Bloom *et al.* (2019).

## 3 Quelles conséquences pour les politiques environnementales et leur évaluation ?

Les modèles macroéconomiques pourraient mieux intégrer la politique climatique dans les scénarios de moyen et long terme. La recherche économique doit quantifier et intégrer les différentes dimensions du changement climatique, dont son impact sur la mortalité et sur le capital humain.

### Les modèles macroéconomiques doivent intégrer la politique climatique

La littérature empirique confirme l'importance d'intégrer la politique climatique dans les scénarios pour modéliser l'impact macroéconomique du changement climatique. Les mesures d'atténuation visent à réduire les émissions et à préserver les puits de carbone pour lutter contre le changement climatique futur ; elles affectent la santé de manière indirecte (par exemple via les marchés de quotas, la rénovation des bâtiments). Les mesures d'adaptation permettent de se préparer aux effets du changement climatique (comme les barrages, les digues, la protection parasismique ou les systèmes d'assurance) pour réduire leur impact sur les populations et améliorer la résilience (Ganten *et al.*, 2010).

L'impact des jours chauds aux États-Unis – température moyenne supérieure à 27 °C – sur la mortalité a largement décliné : l'élasticité est quatre fois moins importante qu'en 1960 (Barreca *et al.*, 2016). Ce recul s'expliquerait notamment par la diffusion de l'air conditionné résidentiel. Ce résultat suggère que l'effet du climat sur la mortalité dans les pays en développement pourrait diminuer et converger vers les pays développés à mesure qu'ils accéderont aux mêmes technologies d'adaptation.

Toutefois, la littérature qui s'intéresse aux effets des mesures d'adaptation est encore peu fournie (Deschenes, 2014). Elle couvre seulement une petite partie des mesures et souffre de limites méthodologiques. Par exemple, plusieurs études se concentrent sur des mesures d'adaptation telles que l'usage d'air conditionné (Deschenes et Greenstone, 2011 ; Barreca *et al.*, 2016), mais les calculs de la valeur sociale de cette technologie n'intègrent pas les coûts liés à la hausse de la consommation d'électricité et des émissions de gaz à effet de serre (GES) qui en résultent.

La littérature empirique suggère aussi que les conditions environnementales font partie des facteurs de production et ce constat pourrait amener à repenser la modélisation



de la réglementation environnementale (Graff Zivin et Neidell, 2013). Couramment représentée par une taxe dans les modèles, elle pourrait constituer un investissement dans le capital humain et la productivité en faveur de la croissance, avec des rendements particulièrement importants dans les pays moins développés.

### La recherche économique devrait mieux quantifier et intégrer l'impact du changement climatique sur la mortalité et le bien-être social

S'il n'existe pas de cadre d'analyse intégré pour modéliser les impacts du changement climatique en prenant en compte toutes les dimensions qu'il affecte, Carleton *et al.* (2020) proposent une évaluation empirique des coûts économiques partiels liés à la mortalité et un modèle de projections<sup>9</sup> qui intègre des mesures d'adaptation :

- Un jour chaud additionnel (> 35 °C) augmente le taux de mortalité de 4 morts par million de personnes.
- Le risque de mortalité lié au changement climatique serait de 85 décès pour 100 000 individus<sup>10</sup> par an

en 2100, contre 221 sans adaptation. Il concerne davantage les pays les plus chauds et les plus pauvres (160/100 000 à Accra au Ghana). Dans des pays plus froids et riches, l'impact est surtout économique avec la mise en place de mesures d'adaptation.

La recherche future devrait améliorer l'évaluation de l'impact des politiques environnementales et la quantification des coûts sociaux et des coûts d'abattement<sup>11</sup> pour les analyses coûts-bénéfices des investissements. Par exemple, Sullivan (2016) montre que la recherche sous-estimait les effets de la pollution de l'air, car les méthodes n'intégraient pas la direction du vent dans l'exposition à la pollution. Avec un modèle de dispersion atmosphérique, la valeur sociale estimée de la réduction des émissions d'oxyde d'azote à Los Angeles grâce au programme « *cap and trade* »<sup>12</sup> entre 1995 et 2005 est treize fois plus élevée que les coûts d'abattement, alors que les analyses habituelles donnaient une valeur sociale totale nulle.

La prise en compte des impacts du changement climatique et de la politique climatique sur les populations a une importance macroéconomique.

<sup>9</sup> Les estimateurs empiriques du lien température-mortalité sont obtenus avec des séries détaillées de températures locales journalières sur plusieurs décennies et des statistiques vitales régionales dans plus de 41 pays (55% de la population mondiale). Les projections sont réalisées pour 24 378 régions, et reposent sur 3 scénarios de population et de revenus, 2 trajectoires d'émissions, et les simulations de 33 modèles climatiques pour réduire l'incertitude entourant les scénarios et les données économiques et de santé.

<sup>10</sup> L'ordre de grandeur correspond à l'actuel taux de mortalité liée à l'ensemble des maladies cardiovasculaires.

<sup>11</sup> Charge que supporteraient les entreprises pour réduire la pollution ou l'externalité qu'elles contribuent à générer (réduction des émissions de gaz à effet de serre – GES, dépollution d'une nappe phréatique) : cela permet de mesurer le surcoût lié à l'action climatique, par rapport au coût de l'inaction calculé avec la valeur actualisée des dommages.

<sup>12</sup> Le programme californien RECLAIM de 1994 fixe un plafond absolu sur les émissions d'oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) de l'État et s'appuie sur un marché des quotas pour instaurer un signal prix et assurer l'efficacité-coût de la transition. Les quotas peuvent être échangés, mais pas stockés d'une année à l'autre et le plafond des émissions diminue chaque année.



## Bibliographie

Aghion (P.), Howitt (P.) et Martin (F.) (2011)

« The relationship between health and growth: when Lucas meets Nelson-Phelps », *Review of Economics and Institutions*, vol. 2, n° 1, p. 1-24.

Altizer (S.), Ostfeld (R. S.), Johnson (P. T.), Kutz (S.) et Harvell (C. D.) (2013)

« Climate change and infectious diseases: from evidence to a predictive framework », *Science*, vol. 2, n° 341, août, p. 514-519.

Barreca (A.), Clay (K.), Deschênes (O.), Greenstone (M.) et Shapiro (J. S.) (2016)

« Adapting to climate change: the remarkable decline in the US temperature-mortality relationship over the twentieth century », *Journal of Political Economy*, vol. 124, n° 1, février, p. 105-159.

Barreca (A.), Deschenes (O.) et Guldi (M.) (2018)

« Maybe next month? Temperature shocks, climate change, and dynamic adjustments in birth rates », *Demography*, Springer, vol. 55, n° 4, août, p. 1269-1293.

Becker (G. S.) (1962)

« Investment in human capital: a theoretical analysis », *Journal of Political Economy*, vol. 70, n° 5, partie 2, octobre, p. 9-49.

Becker (G. S.) et Lewis (H. G.) (1973)

« On the interaction between the quantity and quality of children », *Journal of Political Economy*, vol. 81, n° 2, partie 2, mars-avril, p. 279-288.

Bleakley (H.) et Lange (F.) (2009)

« Chronic disease burden and the interaction of education, fertility, and growth », *The Review of Economics and Statistics*, vol. 91, n° 1, janvier, p. 52-65.

Bloom (D. E.), Canning (D.) et Graham (B.) (2003)

« Longevity and life-cycle savings », *Scandinavian Journal of Economics*, vol. 105, n° 3, septembre, p. 319-338.

Bloom (D. E.), Canning (D.) et Fink (G.) (2014)

« Disease and development revisited », *Journal of Political Economy*, vol. 122, n° 6, décembre, p. 1355-1366.

Bloom (D. E.), Kuhn (M.) et Pretzner (K.) (2015)

« The contribution of female health to economic development », *Working Paper 21411*, National Bureau of Economic Research, juillet.

Bloom (D. E.), Canning (D.), Kotschy (R.), Pretzner (K.) et Schünemann (J. J.) (2019)

« Health and economic growth: reconciling the micro and macro evidence », *Working Paper 26003*, National Bureau of Economic Research, juin.

Burgess (R.), Deschenes (O.), Donaldson (D.) et Greenstone (M.) (2017)

« Weather, Climate change and death in India », *Working Paper*, London School of Economics (LSE), avril.

Carleton *et al.* (2020)

« Valuing the global mortality consequences of climate change accounting for adaptation costs and benefits », *Working Paper 27599*, National Bureau of Economic Research, juillet.

Cervellati (M.) et Sunde (U.) (2011)

« Life expectancy and economic growth: the role of the demographic transition », *Journal of Economic Growth*, vol. 16, n° 2, mai, p. 99-133.

Cervellati (M.) et Sunde (U.) (2013)

« Life expectancy, schooling, and lifetime labor supply: theory and evidence revisited », *Econometrica*, vol. 81, n° 5, septembre, p. 2055-2086.

Dell (M.), Jones (B. F.) et Olken (B. A.) (2012)

« Temperature shocks and economic growth: evidence from the last half century », *American Economic Journal: Macroeconomics*, vol. 4, n° 3, juillet, p. 66-95.



Dell (M.), Jones (B. F.) et Olken (B. A.) (2014)

« What do we learn from the weather? The new climate-economy literature », *Journal of Economic Literature*, vol. 52, n° 3, septembre, p. 740-798.

Deschenes (O.) et Greenstone (M.) (2011)

« Climate change, mortality, and adaptation: evidence from annual fluctuations in weather in the U.S », *American Economic Journal: Applied Economics*, vol. 3, n° 4, octobre, p. 152-185.

Deschenes (O.) (2014)

« Temperature, human health, and adaptation: a review of the empirical literature », *Energy Economics*, Elsevier, vol. 46, novembre, p. 606-619.

Field (E.), Robles (O.) et Torero (M.) (2009)

« Iodine deficiency and schooling attainment in Tanzania », *American Economic Journal: Applied Economics*, vol. 1, n° 4, octobre, p. 140-169.

Galor (O.) et Weil (D. N.) (2000)

« Population, technology, and growth: from malthusian stagnation to the demographic transition and beyond », *American Economic Review*, vol. 90, n° 4, septembre, p. 806-828.

Ganten (D.), Haines (A.) et Souhami (R.) (2010)

« Health co-benefits of policies to tackle climate change », *The Lancet*, vol. 376, novembre, p. 1802-1804.

Graff Zivin (J.) et Neidell (M.) (2012)

« The impact of pollution on worker productivity », *American Economic Review*, vol. 102, n° 7, décembre, p. 3652-3673.

Graff Zivin (J.) et Neidell (M.) (2013)

« Environment, health, and human capital », *Journal of Economic Literature*, vol. 51, n° 3, septembre, p. 689-730.

Grossman (M.) (1972)

« On the concept of health capital and the demand for health », *Journal of Political Economy*, vol. 80, n° 2, mars-avril, p. 223-255.

Hanna (R.) et Oliva (P.) (2015)

« The effect of pollution on labor supply: evidence from a natural experiment in Mexico City », *Journal of Public Economics*, Elsevier, vol. 122, février, p. 68-79.

Jayachandran (S.) et Lleras-Muney (A.) (2009)

« Life expectancy and human capital investments: evidence from maternal mortality declines », *Quarterly Journal of Economics*, vol. 124, n° 1, février, p. 349-397.

Lavy (V.), Ebenstein (A.) et Roth (S.) (2014)

« The impact of short term exposure to ambient air pollution on cognitive performance and human capital formation », *Working Paper 20648*, National Bureau of Economic Research, octobre.

Lin (M. J.) et Shih (H. H.) (2018)

« Long-term impacts of early-life exposure to malaria: evidence from Taiwan's eradication campaign in the 1950s », *Health Economics*, vol. 27, n° 10, juin, p. 1484-1512.

Loeppke (R.), Taitel (M.), Haufle (V.), Parry (T.), Kessler (R. C.) et Jinnett (K.) (2009)

« Health and productivity as a business strategy: a multiemployer study », *Journal of Occupational and Environmental medicine*, vol. 51, n° 4, avril, p. 411-428.

Lorentzen (P.), McMillan (J.) et Wacziarg (R.) (2008)

« Death and development », *Journal of Economic Growth*, vol. 13, n° 2, mars, p. 81-124.

Maccini (S.) et Yang (D.) (2009)

« Under the weather: health, schooling, and economic consequences of early-life rainfall », *American Economic Review*, vol. 99, n° 3, juin, p. 1006-1026.

Miguel (E.) et Kremer (M.) (2004)

« Worms: identifying impacts on education and health in the presence of treatment externalities », *Econometrica*, vol. 72, n° 1, janvier, p. 159-217.

OCDE – Organisation de coopération et de développement économiques (2016)

« The economic consequences of outdoor air pollution », Éditions OCDE, Paris.



Rodríguez-Verdugo (A.), Lozano-Huntelman (N.), Cruz-Loya (M.), Savage (V.) et Yeh (P.) (2020)  
« Compounding effects of climate warming and antibiotic resistance », *iScience*, vol. 23, n° 4, avril.

Smith (M. R.), Golden (C. D.) et Myers (S. S.) (2017)  
« Potential rise in iron deficiency due to future anthropogenic carbon dioxide emissions », *GeoHealth*, vol. 1, p. 248-257.

Sullivan (D. M.) (2016)  
« The true cost of air pollution: evidence from house prices and migration », Cambridge, Massachusetts, États-Unis : *Harvard Environmental Economics Program*.

Weil (D. N.) (2007)  
« Accounting for the effect of health on economic growth », *Quarterly Journal of Economics*, vol. 122, n° 3, p. 1265-1306.

Wilde (J.), Apouey, (B. H.) et Jung (T.) (2017)  
« The effect of ambient temperature shocks during conception and early pregnancy on later life outcomes », *European Economic Review*, Elsevier, vol. 97, août, p. 87-107.

Zhang (J.), Zhang (J.) et Lee (R.) (2003)  
« Rising longevity, education, savings and growth », *Journal of Development Economics*, vol. 70, n° 1, p. 83-101.

---

### Éditeur

Banque de France

### Secrétaire de rédaction

Nelly Noulin

### Directeur de la publication

Gilles Vaysset

### Réalisation

Studio Création

Direction de la Communication

### Rédaction en chef

Françoise Drumetz

ISSN 1952-4382

Pour vous abonner aux publications de la Banque de France

<https://publications.banque-france.fr/>

Rubrique « Abonnement »

---

