

Théorie de la Croissance Unifiée

Èric Roca Fernández

2025-08-26

Table of contents

1 Développement Comparé	4
2 Syllabus	5
2.1 Objectifs du cours	6
2.2 Prérequis	6
2.3 Format du cours	7
2.4 Évaluation	7
2.5 Contact et disponibilités	7
2.6 Bibliographie	7
2.6.1 Livres	7
2.6.2 Articles de recherche	8
3 Le Modèle UGT	9
3.1 Introduction	9
3.1.1 Théories néoclassiques et croissance	12
3.2 La théorie unifiée de la croissance économique	16
3.2.1 Éducation et capital humain dans le modèle unifié de croissance économique	18
3.2.2 Changement technologique	19
3.3 Époques du modèle unifié de croissance économique	20
3.3.1 Époque Malthusienne	20
3.3.2 Époque post-Malthusienne	28
3.3.3 Époque moderne	30
3.4 La théorie unifiée de la croissance économique unifié et les inégalités économiques	32

4	Agriculture et inégalités: Diamond (1997)	33
4.1	Chasseurs cueilleurs vs agriculture	33
4.2	L'apparition de l'agriculture	34
4.3	Les effets d'une agriculture précoce	37
4.3.1	Densité de population, technologie et revenu	37
4.3.2	Densité de population et maladies	39
5	Maladies et développement: Andersen, Dalgaard et Selaya (2016)	44
5.1	Rendement de l'éducation, cataractes et croissance économique	44
5.1.1	Prédictions et validation	46
6	Diversité génétique et développement: Ashraf et Galor (2013)	50
6.0.1	Une mesure de diversité entre personnes : diversité génétique	51
6.0.2	Résultats	55
6.0.3	Mécanismes	60
7	Transmission de la technologie et innovation: Özak (2018)	65
7.1	Diffusion technologique	66
7.2	Prédiction et validation	68
	References	75

1 Développement Comparé

2 Syllabus

Ce cours est dédié à la Théorie de la Croissance Unifiée (Unified Growth Theory - UGT), développée principalement par Oded Galor. Cette théorie révolutionnaire propose un cadre théorique et empirique intégré qui cherche à expliquer l'ensemble du processus de développement économique de l'humanité, depuis l'émergence d'*Homo sapiens* il y a 300 000 ans jusqu'à l'époque contemporaine.

Contrairement aux théories néoclassiques traditionnelles qui se concentrent exclusivement sur la période moderne (post-révolution industrielle), l'UGT offre une perspective unifiée couvrant trois grandes époques historiques : l'époque malthusienne (qui représente 99% de l'histoire humaine), l'époque post-malthusienne (XVIIIe-XIXe siècles) et l'époque moderne. Cette approche permet de comprendre non seulement les mécanismes actuels de croissance, mais aussi les origines profondes des inégalités économiques contemporaines entre nations.

Le cours combine rigoureusement théorie économique, analyse empirique et perspective historique. Les étudiants découvriront comment des facteurs aussi divers que la géographie, la génétique des populations, les maladies, ou encore le timing de la révolution néolithique continuent d'influencer les trajectoires de développement actuelles. À travers l'étude d'articles de recherche de pointe, nous analyserons les mécanismes par lesquels ces "accidents de l'histoire" génèrent des effets persistants sur la prospérité économique.

2.1 Objectifs du cours

À l'issue de ce cours, les étudiants seront capables de :

Objectifs théoriques : - Maîtriser les fondements conceptuels de la Théorie de la Croissance Unifiée et comprendre sa contribution révolutionnaire à l'économie du développement - Distinguer clairement les caractéristiques et mécanismes propres aux trois époques historiques (malthusienne, post-malthusienne et moderne) - Analyser les interactions complexes entre croissance économique, démographie, progrès technologique et accumulation de capital humain - Comprendre le concept central du "quality-quantity trade-off" et son rôle dans la transition démographique

Objectifs méthodologiques : - Développer un regard critique sur la littérature empirique en économie du développement - Analyser et évaluer la validité des stratégies d'identification causale utilisées dans les études empiriques - Interpréter les résultats économétriques dans leur contexte historique et théorique

Objectifs appliqués : - Identifier et expliquer les origines historiques des inégalités économiques contemporaines - Évaluer l'impact de long terme de facteurs géographiques, biologiques et culturels sur le développement - Appliquer le cadre théorique de l'UGT à l'analyse de cas concrets de développement économique - Formuler des hypothèses testables reliant conditions initiales et trajectoires de développement

2.2 Prérequis

- Aucun prérequis formel strict, mais un bagage en microéconomie et en statistiques de base est fortement recommandé.

2.3 Format du cours

- 7 séances (1 séance = 2 heures)
- Présentiel

2.4 Évaluation

L'évaluation des participants se fera à travers :

- Un examen final couvrant les concepts abordés, y compris les articles de recherche discutés en classe.

2.5 Contact et disponibilités

- Enseignant : Eric Roca (eric.roca_fernandez@uca.fr)
- Heures de bureau: Sur rendez-vous

2.6 Bibliographie

2.6.1 Livres

- Diamond (2000)
- Galor (2011)
- Harari (2015)
- Galor (2024)

2.6.2 Articles de recherche

- Andersen, Dalgaard, and Selaya (2016)
- Galor and Moav (2007)
- Franck et al. (2022)
- Ashraf and Galor (2011)
- Ashraf and Galor (2013a)
- Ashraf and Galor (2013b)
- Arbatli et al. (2020)
- Özak (2018)

3 Le Modèle UGT

3.1 Introduction

Un des principaux objectifs de l'économie dès le début a été compréhension des différences économiques entre pays et régions du monde dans le long terme. Suffit de lire le titre du plus célèbre ouvrage d'Adam Smith: "Recherches sur la nature et les causes de la richesse des nations". Dès nos jours, l'écart entre pays est assez large : la différence de PIB par tête entre le pays le plus développé (Hong-Kong, États-Unis) et le moins développé (Burundi) montre un ratio de 127:1. Même dans un seul continent, on voit différences assez larges : Trinité-et-Tobago a un PIB par tête 31 fois plus grand qu'Haïti; Macao 170 plus qu'Afghanistan; Monaco 51 fois plus qu'Ukraine.

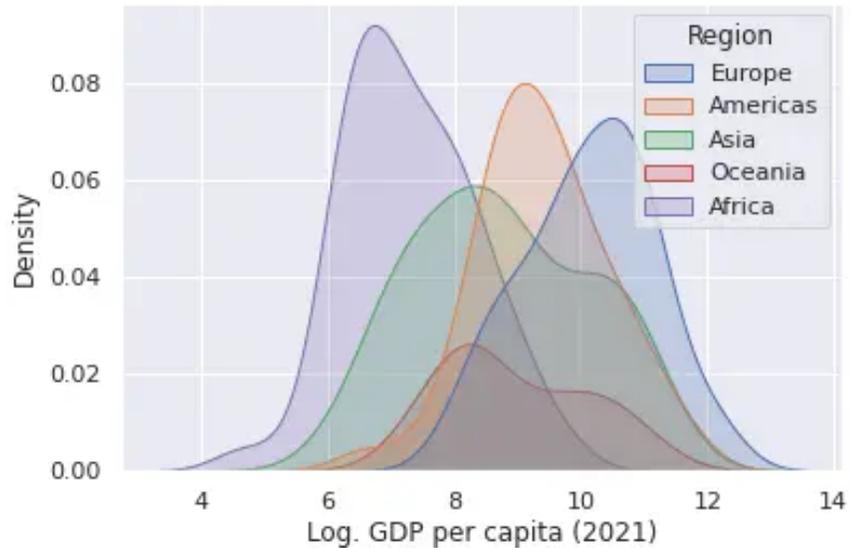


Figure 3.1: Distribution du PIB par tête

Pour améliorer notre compréhension sur ce sujet, différents modèles illustrent certains aspects liés à la croissance économique et ses causes. Ainsi, on propose comme raisons de croissance économique les suivantes:

- Accumulation des facteurs de production :
 - Capital physique (Solow, 1956; Ramsey-Cass-Koopmans, 1928,1965,1965)
 - Capital humain (Lucas, 1988)
- Le progrès technologique :
 - Croissance endogène (Romer, 1990; Agion-Howitt, 1992)

Les théories précédentes se basent sur deux hypothèses classiques en économie:

- Rendements décroissants en l'accumulation de capital physique et humain,
- Une réduction de l'effet du progrès technologique sur la productivité.

Pour tant, ces théories prédisent une réduction des inégalités, c'est-à-dire, de la convergence vers un même niveau de revenu par tête. Par contre, ceci n'est pas observé dans les données, plutôt au contraire. La Figure suivante indique que les pays les plus pauvres n'ont pas crû plus rapidement que les pays les plus développés. Si c'était le cas, on verrait les pays les plus pauvres vers 1980 groupés au-dessus de la ligne de 45 degrés. Par contre, on constate qu'ils sont plutôt en dessous.

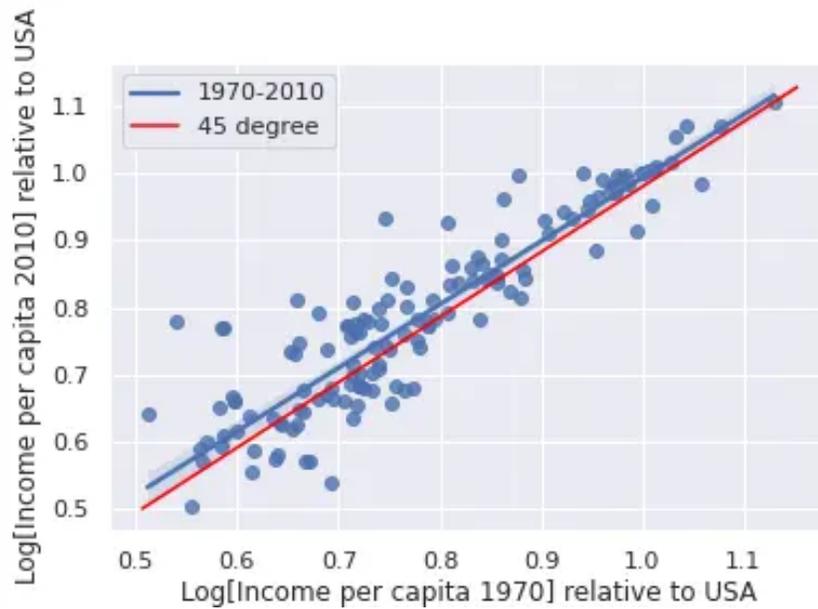


Figure 3.2: Convergence

3.1.1 Théories néoclassiques et croissance

Les théories néoclassiques (se focalisant surtout sur l'accumulation de capital et la croissance endogène) ont achevée du succès pour expliquer le processus de croissance économique pendant la période moderne. Ainsi, en partant des hypothèses de base, elles montrent comment le capital (physique et humain) s'accumule et cela contribue à générer une croissance économique.

3.1.1.1 Manque de convergence

Plus en détail, ce qui est important, c'est l'accumulation du capital par tête, c'est-à-dire, que même si une économie voit sa population augmenter, le capital augmente à une vitesse supérieure. Or, dû aux rendements décroissants, la croissance du capital par tête devient de moins au moins vite, jusqu'à finir pour ne plus croître et donc, elle devient une constante.¹ Ainsi, beaucoup de théories de croissance économique prédissent que tous les pays vont arriver à cette situation stationnaire. Ainsi, selon cette idée, les précurseurs de l'industrialisation devront montrer une croissance plus faible à mesure qu'ils atteignent leur état stationnaire. Et, au contraire, les pays qui ont débouté leur processus d'industrialisation plus tard, devront montrer un taux de croissance plus important. Hélas, les données ne confirment pas ce point : si c'était le cas, la droite de régression devrait avoir une pente décroissante, c'est-à-dire, les pays qu'étaient les plus riches dans le passé devront montrer un taux de croissance plus faible.

Note: Le type de convergence pour laquelle on compare le taux de croissance et le niveau initial du revenu par tête s'appelle "bêta convergence".

¹L'idée de frontière technologique essaye d'exprimer le fait qu'il y a toujours un ou plusieurs pays qui dominent la scène technologique. Par exemple, les États-Unis sont aujourd'hui la frontière technologique; pour certains domaines la Chine est aussi la frontière, etc.

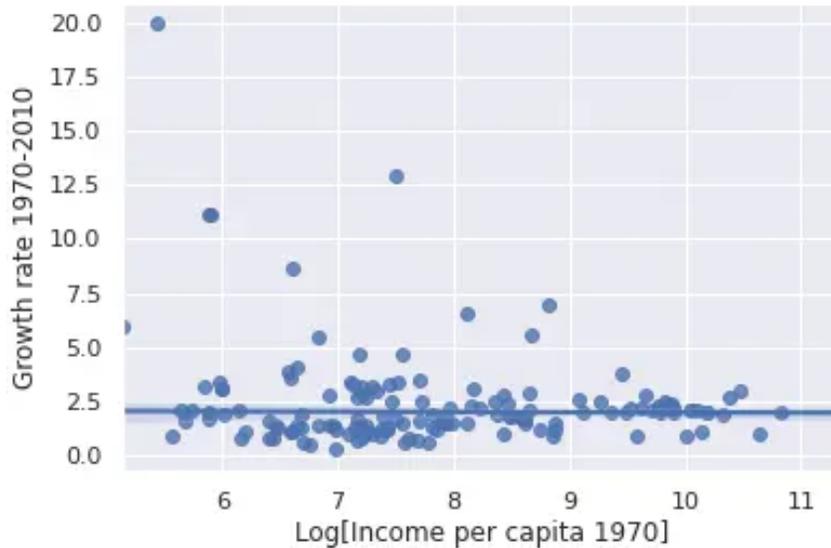


Figure 3.3: β -convergence

3.1.1.2 Lien technologie et revenu en époque Malthusienne

Une deuxième limitation des théories néoclassiques est leur point sur le processus de croissance moderne. Alors, ces théories ignorent presque la totalité de l'existence des *Homo sapiens* sur terre. En effet, toutes les théories néoclassiques essaient de présenter des éléments de croissances qui ont été importants pendant les derniers siècles, plus ou moins depuis la révolution industrielle. Par contre, les *Homo sapiens* existent depuis plus de 100 000 années et la plupart de leur existence est complètement ignoré. Ce qui est encore plus important, l'existence des hommes est caractérisé par un mode de vie qu'on connaît avec le nom d'*époque Malthusienne*.

Encore plus important, l'époque Malthusienne, qui comprend plus du 99%

du temps d'existence de l'homme, a comme caractéristique que, chaque fois que la technologie améliorait, cela se traduisait par une augmentation de la population, mais sans avoir un effet sur le revenu par tête.² Ainsi, durant cette période, une meilleure technologie se traduisait par plus de population et non par plus de revenu par tête.

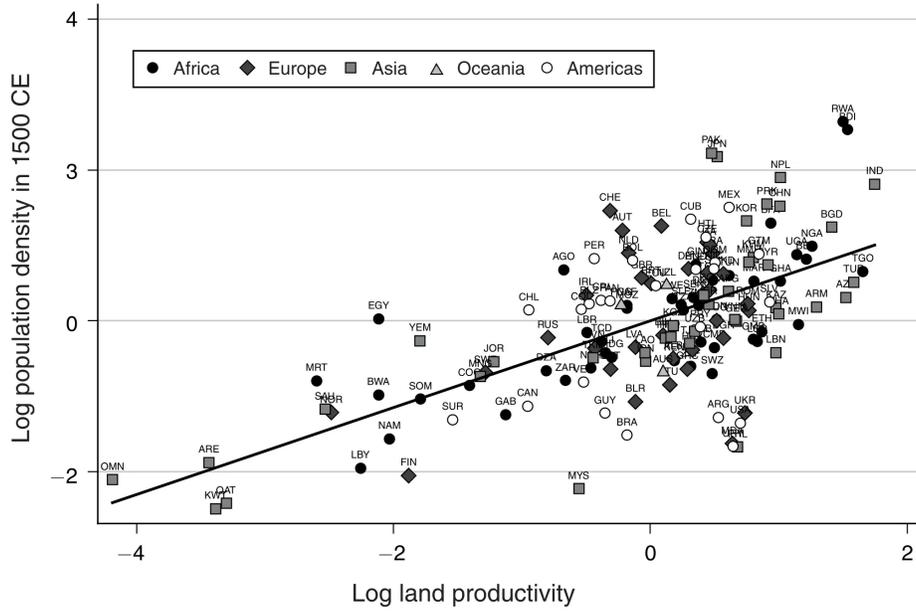


Figure 3.4: Productivité des terres et densité de population, Ashraf and Galor (2011, fig. 3, Panel B)

²En plus, il y a des technologies qui sont immobiles: système de rotation des champs, canaux, élevage d'animaux, etc.

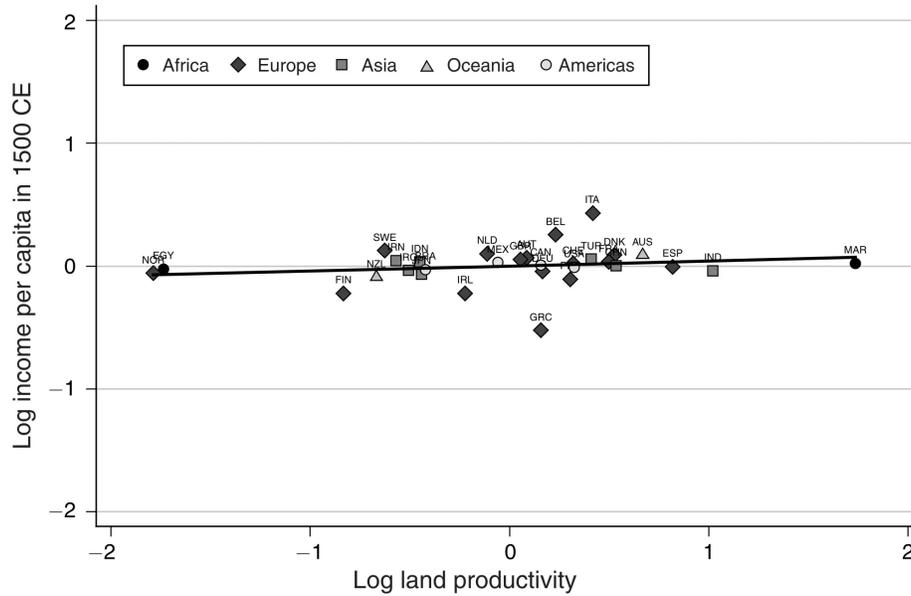


Figure 3.5: Productivité des terres et revenu, Ashraf and Galor (2011, fig. 4, Panel B)

Or, les théories néoclassiques impliquent, directement, qu'une amélioration de la technologie est liée à une augmentation du revenu par tête (dans le court comme dans le long terme). Ainsi, cette opposition entre modèle et réalité montre que les modèles néoclassiques sont incapables d'expliquer la totalité du processus de croissance économique.³ Cela reste important car, comme on verra lors du cours, comprendre les raisons pour lesquelles certaines sociétés aient abandonné l'époque Malthusienne plus tôt a des conséquences sur la croissance moderne.

³Il faut indiquer qu'expliquer la totalité du processus de croissance n'était jamais l'objectif des théories néoclassiques, et donc, cela ne représente pas une faille des modèles.

3.1.1.3 Transition démographique

De manière similaire, les théories néoclassiques sont incapables d'expliquer la transition démographique. Le concept de transition démographique est le processus historique par lequel une économie diminue son taux de natalité (et de mortalité). La réduction du taux de natalité a des répercussions profondes pour le développement économique. De manière succincte, pendant l'époque Malthusienne les améliorations technologiques se traduisirent par des augmentations du taux de natalité (ou le taux de survie des enfants), de manière que le revenu disponible par personne restait inchangé. Par contre, quand le nombre d'enfants diminue, chaque amélioration technologique va permettre d'augmenter le revenu par tête. Autrement dit, pendant l'époque Malthusienne le nombre d'enfants s'ajustait de manière que le revenu par tête restait inchangé. C'est-à-dire, si chaque personne avait besoin d'un certain nombre de calories pour sa survie, la population augmentait jusqu'à tout le monde obtenait exactement ce nombre de calories. Quand le nombre d'enfants diminue, une amélioration technologique permet que tout le monde ait accès à plus de ressources, et une partie peu être dédié à l'investissement dans le capital humain des enfants pour augmenter leurs connaissances et productivité future.

3.2 La théorie unifiée de la croissance économique

Pour répondre aux enjeux précédents, Oded Galor développa sa théorie unifiée de la croissance économique en 2011. L'objectif de cette théorie est de présenter un modèle de croissance économique qui permet, à la fois, de comprendre les époques Malthusiennes, post-Malthusienne et moderne. Sans entrer en détails, ils existent différents modèles économiques pour chaque période, mais aucun n'est pas capable de reproduire tout le processus de croissance économique depuis la naissance des hommes. Or, la

théorie unifiée de la croissance économique est la réponse à ce défi intellectuel. La théorie traverse les trois périodes historiques de l'humanité et est capable d'expliquer la transition d'une période vers la suivante. Du point de vue économique, le modèle s'appuie fortement sur l'interaction entre le développement technologique, la fertilité des familles et l'investissement dans le capital humain.

Mathématiquement, le modèle est complexe et, donc, en lieu de le voir en détail, nous allons nous consacrer sur les prédictions qui s'en dérivent pour chaque époque : Malthusienne, post-Malthusienne et moderne. Ainsi, lors de ce cours nous suivrons des articles scientifiques qui s'appuient sur les idées de la théorie unifiée de la croissance économique pour expliquer le développement économique et les écarts qu'on constate au monde.

- L'effet persistant des conditions initiales biologiques,
- l'effet persistant des conditions initiales géographiques,
- l'importance de la culture, les institutions et la génétique pour le procès de développement.

L'évolution des variables qu'intègrent le modèle génèrent trois grandes époques selon sa valeur: époque Malthusienne, époque post-Malthusienne et époque moderne. Chacune des époque se caractérise une combinaison particulier des variables (ou des dynamiques des variables) sous-jacentes suivantes:

- Fertilité et sa relation avec le revenu par tête (positive ou negative).
- Investissement dans l'éducation (positive ou zéro).

Enfin, il faut signaler que chaque époque a une durée temporelle différente. Ainsi, l'époque Malthusienne est la plus longue, prenant dès l'apparition des êtres humains modernes jusqu'à le 18^e siècle pour les pays développés. Ensuite, l'époque post-Malthusienne prend les siècles 18^e et 19^e, et à partir de ce point là, on entre dans l'époque moderne. Enfin, avant d'entrer dans le détail, il est nécessaire de décrire le rôle de l'éducation dans le modèle.

3.2.1 Éducation et capital humain dans le modèle unifié de croissance économique

Dans le modèle unifié de croissance économique, les parents investissent dans l'éducation des enfants parce qu'ils attirent de l'utilité de leur niveau de capital humain, et celui-là est fortement influencé par le niveau d'éducation. L'hypothèse que les parents préfèrent avoir des enfants éduqués est une manière simple et typique de représenter des préférences plus complexes:

- Les parents s'intéressent au futur salaire des enfants, et le salaire augmente avec le niveau éducatif.
- Les parents ont une simple préférence pour l'éducation,

Une nouveauté de la théorie unifiée de la croissance économique est qu'elle introduit la possibilité que le capital humain se déprécie, et la vitesse de la dépréciation est une fonction du niveau technologique (voir en dessous). En plus, on suppose que tous les enfants sont équipés d'un certain niveau de capital humain, même si leurs parents n'investissent pas dans l'éducation. Ces deux hypothèses, innocentes en principe, ont des profondes conséquences sur l'évolution de l'éducation.

3.2.1.1 Dépréciation du capital humain

La première hypothèse peut s'expliquer de la manière suivante. Imaginons une société dans laquelle le niveau technologique est faible et ne change pas. Alors, tout ce qu'on apprend pendant la jeunesse (un métier, par exemple) va rester utile toute la vie. Par exemple, si on apprend à utiliser une scie ou un marteau, ces connaissances restent valides autant que les outils ne changent pas. Pour tant, éduquer les enfants n'apporte des avantages, car la technologie va rester la même. Par contre, si maintenant on suppose que la technologie change rapidement, il est possible que les outils de demain ne soient pas une scie et un marteau, mais une scie contrôlée par

ordinateur et un marteau pneumatique. Dans ce cas-là, les connaissances acquises pendant la jeunesse sont vite dépassées, et pour tant, si on fournit aux enfants de l'éducation ils seront mieux équipés pour s'adapter à la nouvelle situation. Ainsi, les parents doivent procurer à leurs enfants de l'éducation pour amortir la dépréciation du capital humain dû au progrès technique.

3.2.1.2 Niveau minimal de capital humain

Comme on a dit auparavant, il est raisonnable que même sans un investissement exprès en capital humain, un certain niveau est toujours atteint. Par exemple, on apprend certaines choses, y compris des métiers, par la simple observation.

3.2.1.3 Implications

Les implications de ces hypothèses sont claires: vu que les enfants sont équipés d'un niveau minimum de capital humain, et vu qu'avec un faible progrès technologique l'éducation n'est pas nécessaire, les investissements en éducation ne deviendront positifs qu'avec le temps. Autrement dit, quand les ressources sont peu abondantes, les parents préfèrent les affecter à la nourriture et au nombre d'enfants plutôt qu'à l'éducation. Seulement à partir d'un certain niveau de richesse (l'éducation est un bien de luxe dans ce modèle) ou de progrès technologique il y aura des investissements dans l'éducation.

3.2.2 Changement technologique

Pour finir, le modèle postule que la technologie avance grâce à deux effets:

- D'un côté, on suppose que les gens ont, de manière aléatoire, des nouvelles idées qui augmentent le niveau technologique. Ainsi, une population plus large aura une nouvelle idée avec une plus grande probabilité, et pour tant, l'avancement technologique sera plus important.
- De l'autre côté, l'investissement dans l'éducation pousse le niveau technologique, car les gens avec plus de connaissances ont plus de probabilité d'inventer et innover.

3.3 Époques du modèle unifié de croissance économique

3.3.1 Époque Malthusienne

Cette période représente la plus longue durée du modèle et comprend le temps entre l'apparition des êtres humains modernes (*homo sapiens*) il y a environ 100 000 ans jusqu'à début du 18^e siècle. L'époque Malthusienne se caractérise par le nul effet des développements technologiques sur le revenu par tête. C'est-à-dire, les améliorations technologiques permettant de produire davantage n'ont aucun effet sur le niveau de revenu par tête. Or, pendant cette période, la production additionnelle était dédiée à augmenter la fertilité: les familles avaient plus d'enfants.⁴ Ainsi, pendant l'époque Malthusienne, les sociétés les plus technologiquement développées ne montraient pas un revenu par tête plus élevé mais une plus grande densité de population.

Ce type de dynamique qui génère une augmentation de la population avec chaque progrès technique peuvent se représenter à l'aide des préférences

⁴Soit les familles avaient plus d'enfants, soit les enfants avaient une plus grande probabilité de survie. En tout cas, la taille de la population augmentait.

incluant un niveau de consommation minimale.⁵ Ce niveau doit toujours être atteint. Or, chaque fois que la technologie s'améliore (de manière aléatoire), les revenus disponibles additionnels seront utilisés pour augmenter le nombre d'enfants. Le graphique suivant illustre la situation:

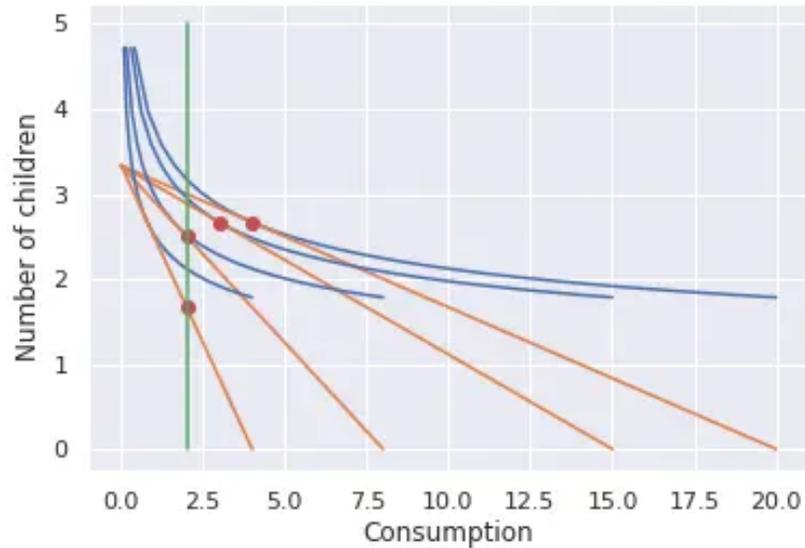


Figure 3.6: Chemin d'expansion

Quand le revenu par tête est faible, sans la restriction de consommation minimale (ligne verte), les familles souhaiteraient consommer peu. Mais elles sont obligées de consommer, au moins, la consommation minimale, donc l'optimum passe à être la combinaison de consommation minimale et le nombre d'enfants qui elles peuvent se permettre considérant le coût de

⁵Dans le modèle, les préférences des parents incluent le niveau de capital humain des enfants. Comme en époque Malthusienne les parents n'investissent pas dans l'éducation nous ignorons cette composante de l'utilité des parents.

chaque enfant: $y = c + \rho yn \implies n = \frac{y-c}{\rho y}$. En tout moment, la technologie peut améliorer, grâce au fait que la population augmente. Ainsi, quand cela arrive, le revenu par tête augmente (la restriction budgétaire –orange– se déplace vers la droite). Or, tandis que la consommation minimale soit une contrainte contraignante, la décision optimale continue d’être: consommer le minimum et utiliser ce qui reste pour avoir des enfants. Le graphique montre ça avec les points rouges qui sont toujours sur la ligne de consommation minimale (verte) mais chaque fois plus en hauteur. Ainsi, chaque fois la population augmente plus rapidement, et cela contribue à faire avancer la technologie plus rapidement.

3.3.1.1 Conclusions de l’époque Malthusienne

- Corrélation positive entre:
 - Technologie et densité de population
 - Productivité agricole et densité de population
- Pas de corrélation entre:
 - Revenu par tête et technologie
 - Revenu par tête et productivité agricole
- Les pays les plus avancés du point vue technologique et les plus productives:
 - Densité de population supérieure
 - Pas de différence en revenu par tête.

3.3.1.2 Validation

Ashraf and Galor (2011) vérifient la validité des conclusions pour l’époque Malthusienne.

D'abord, ils montrent comment les pays qui ont du terrain plus adapté pour l'agriculture ont atteint une plus grande densité de population vers l'année 1500 mais que les gens ne jouissaient pas de plus de revenu par tête.

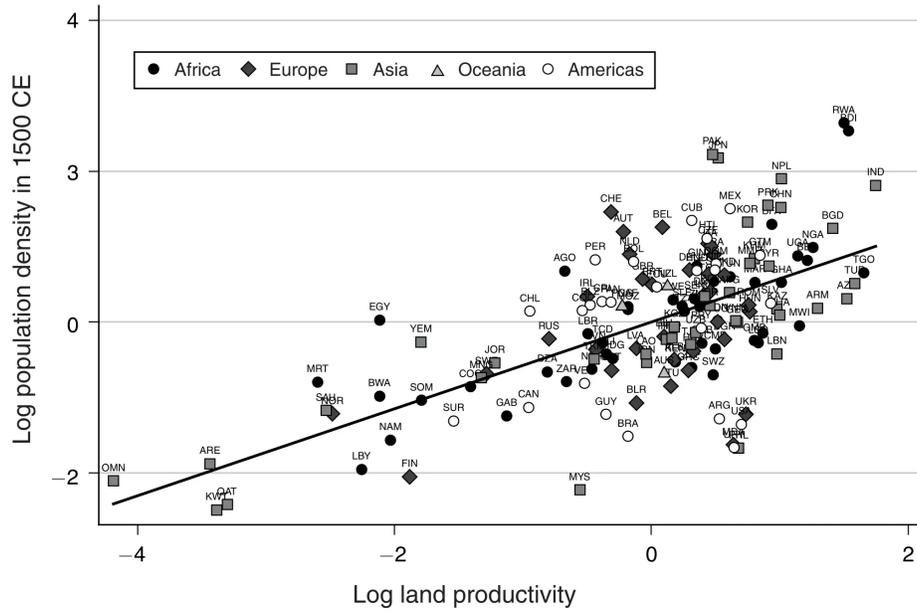


Figure 3.7: Productivité des terres et densité de population, Ashraf and Galor (2011, fig. 3, Panel B)

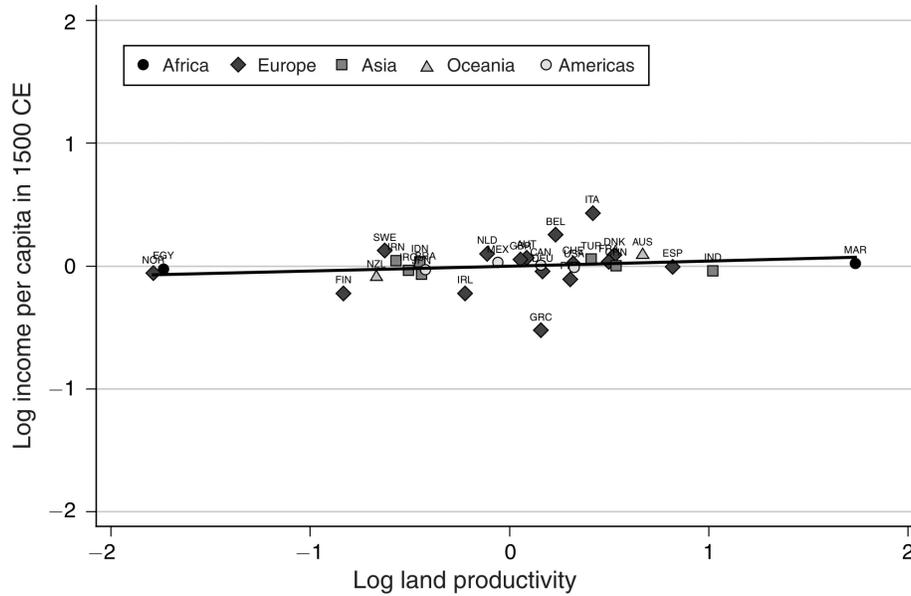


Figure 3.8: Productivité des terres et revenu, Ashraf and Galor (2011, fig. 5, Panel B)

Ensuite, ils se centrent sur le lien entre technologie, densité de population et revenu par tête. L'enjeu dans ce cas est le fait que la taille de la population influence la technologie, et donc il faut être attentif du point de vue économétrique. Pour résoudre le problème, Ashraf et Galor approximent le niveau technologique par le nombre d'années qui se sont passées depuis la révolution Néolithique: c'est-à-dire, les années qui se sont passées dès qu'une société adoptait l'agriculture. L'idée de base (prise de [Jared Diamond \(1997\)](#)) indique que les sociétés qui ont adopté l'agriculture pouvaient produire d'avantage par rapport aux chasseurs cueilleurs, et donc, généraient un surplus de ressources. Ces ressources excédentaires permettaient qu'une partie de la population était dédiée à des tâches non productrices de nourriture qui ont développé le langage écrit, la science, etc. En premier lieu, ils montrent que les pays et régions qui se sont passées

à l'agriculture plus tôt, ont eu un avantage technologique qui se montre dans toute une série de variables qui mesurent le niveau technologique:

TABLE 1—THE NEOLITHIC REVOLUTION AS A PROXY FOR TECHNOLOGICAL ADVANCEMENT

Dependent variable is level of:	Log communications technology in:		Log industrial technology in:		Log transportation technology in:	
	1000 CE	1 CE	1000 CE	1 CE	1000 CE	1 CE
	OLS (1)	OLS (2)	OLS (3)	OLS (4)	OLS (5)	OLS (6)
Log years since Neolithic transition	0.368*** (0.028)	0.283*** (0.030)	0.074*** (0.014)	0.068*** (0.015)	0.380*** (0.029)	0.367*** (0.031)
Observations	143	143	143	143	143	143
R^2	0.48	0.26	0.17	0.12	0.52	0.51

Figure 3.9: (Ashraf and Galor 2011, Table 1)

Enfin, ils montrent qu'effectivement, les pays avec plus de technologie avait plus de densité de population pendant l'année 1500 mais pas plus de revenu par tête.

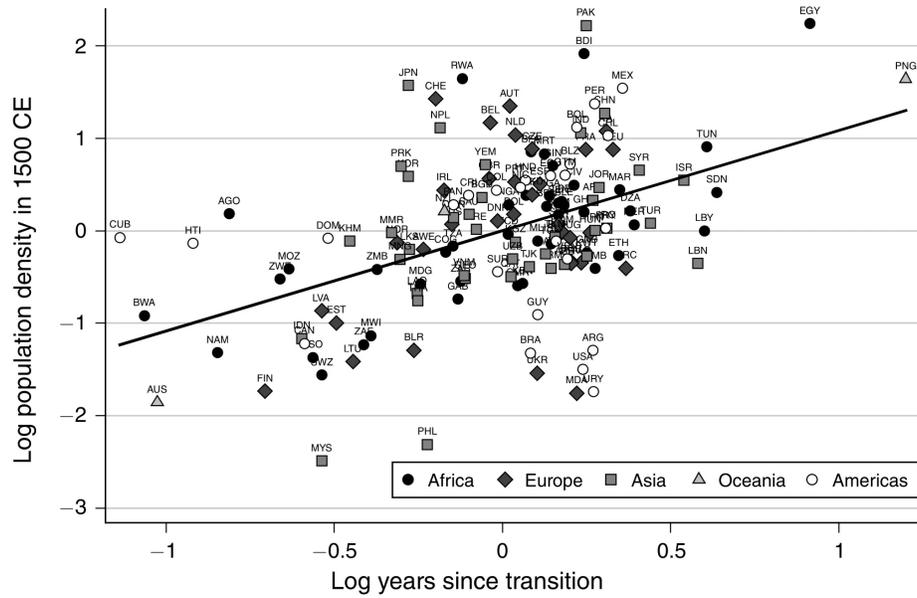


Figure 3.10: Temps depuis la révolution néolithique et densité de population, Ashraf and Galor (2011, fig. 3, Panel A)

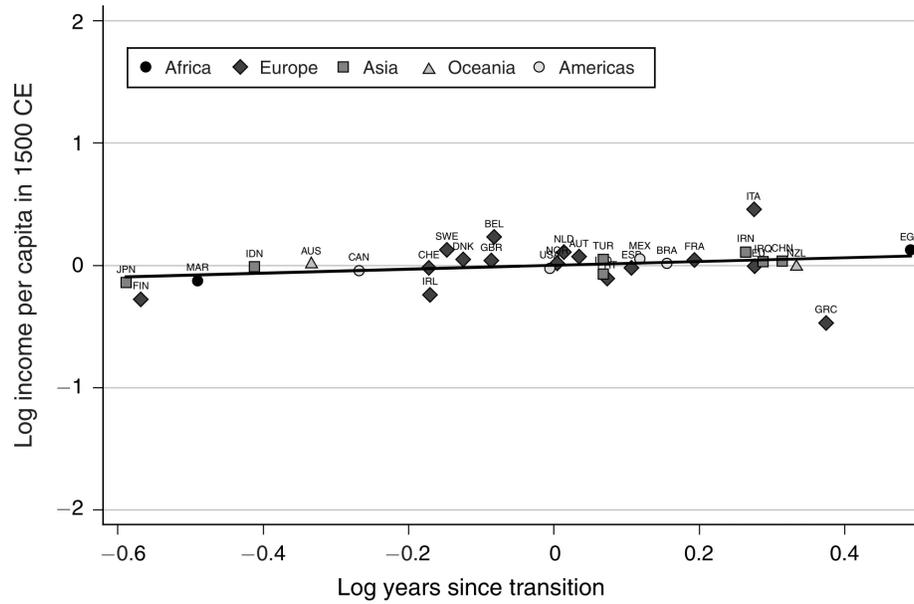


Figure 3.11: Temps depuis la révolution néolithique et revenu, Ashraf and Galor (2011, fig. 4, Panel A)

TABLE 5—EFFECTS ON INCOME PER CAPITA VERSUS POPULATION DENSITY

Dependent variable is:	Log income per capita in:			Log population density in:		
	1500 CE	1000 CE	1 CE	1500 CE	1000 CE	1 CE
	OLS (1)	OLS (2)	OLS (3)	OLS (4)	OLS (5)	OLS (6)
Log years since Neolithic transition	0.159 (0.136)	0.073 (0.045)	0.109 (0.072)	1.337** (0.594)	0.832** (0.363)	1.006** (0.481)
Log land productivity	0.041 (0.025)	-0.021 (0.025)	-0.001 (0.027)	0.584*** (0.159)	0.364*** (0.110)	0.681** (0.255)
Log absolute latitude	-0.041 (0.073)	0.060 (0.147)	-0.175 (0.175)	0.050 (0.463)	-2.140** (0.801)	-2.163** (0.979)
Mean distance to nearest coast or river	0.215 (0.198)	-0.111 (0.138)	0.043 (0.159)	-0.429 (1.237)	-0.237 (0.751)	0.118 (0.883)
Percentage of land within 100 km of coast or river	0.124 (0.145)	-0.150 (0.121)	0.042 (0.127)	1.855** (0.820)	1.326** (0.615)	0.228 (0.919)
Continent dummies	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	31	26	29	31	26	29
R^2	0.66	0.68	0.33	0.88	0.95	0.89

Figure 3.12: Ashraf and Galor (2011, Table 5)

3.3.2 Époque post-Malthusienne

Enfin, on arrive à une situation dans laquelle la contrainte de consommation minimale n'est plus contraignante: à partir de ce point-là, les familles décident d'avoir un nombre constant d'enfants et utiliser tout le revenu qui reste pour financer leur consommation. Cette deuxième période est caractérisée par le fait que la technologie avance plus rapidement grâce à l'augmentation de la population qui a eu lieu pendant l'époque Malthusienne. Par contre, le niveau de revenu par tête est encore insuffisant pour permettre les investissements en éducation. Enfin, le trait distinctif de la période post-Malthusienne est l'avancement du revenu par tête. En effet, le nombre d'enfants par parent reste constant, comme à la fin de la période Malthusienne, car les parents n'investissent encore en éducation. Par contre, comme la technologie ne cesse d'augmenter, la seule conclusion possible est que le revenu par tête doit augmenter aussi.

Pour tant, ce passage de l'époque Malthusienne à l'époque post-Malthusienne peut générer déjà différences de revenu par tête entre pays et régions. Par exemple, les pays qui, pour une raison ou une autre ont fini plus tôt leur époque Malthusienne verront leur revenu par tête augmenter, tandis que ces qui restent encore dans le système Malthusien montrent un niveau de revenu par tête qui est constant au long du temps.

3.3.2.1 Validation

Selon la discussion au-dessous, les pays qui ont commencé leur transition démographique plus tôt, devront montrer un plus haut niveau de revenu par tête. Or, ce lien devrait exister, car il y a des avantages liés à une transition démographique précoce: le revenu par tête augmente depuis plus long temps. Galor (2012), montre que c'est le cas:

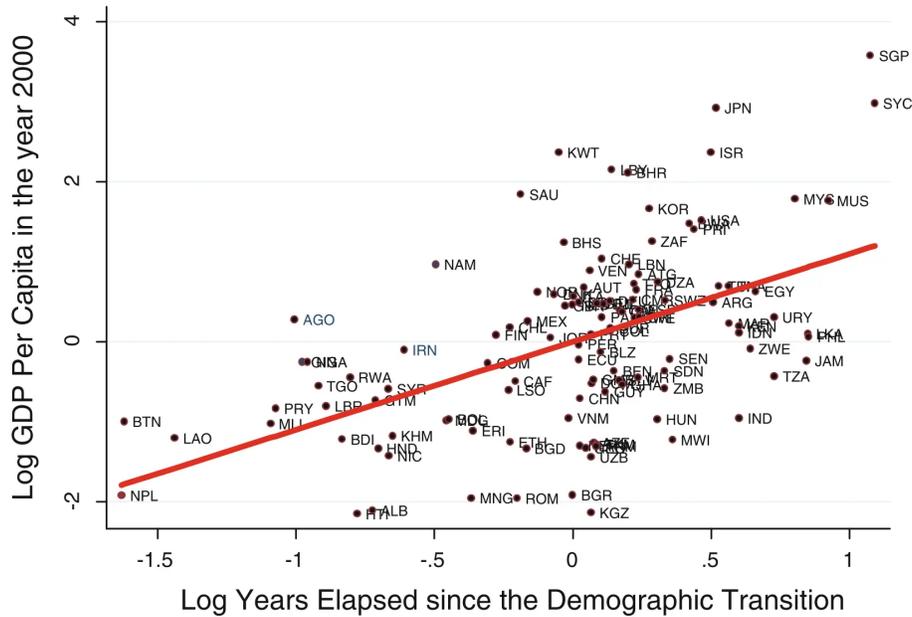


Figure 3.13: Galor (2012, fig. 7)

3.3.3 Époque moderne

Rappelons que le niveau technologique n'a pas cessé d'augmenter pendant la période post-Malthusienne. La technologie ait tellement avancé que les parents décident qu'il est nécessaire d'investir dans l'éducation pour éviter que le capital humain de leurs enfants se déprécie. Ainsi, éventuellement, le niveau technologique atteint la valeur critique à partir de laquelle les parents sont prêts à investir en éducation. Autrement, il serait possible que le revenu par tête soit suffisamment élevé pour que les parents décident d'investir en éducation (selon Galor, l'évidence empirique n'est pas d'accord avec cette idée). En tout cas, la conclusion est la même: en époque moderne, les parents décident d'investir en éducation. Cela entraîne un effet direct:

- Le coût de chaque enfant a augmenté, car maintenant on leur fournit de l'éducation. Ainsi, les familles décident d'avoir moins d'enfants mais de leur offrir plus d'éducation. On appelle à ce trade-off le "quality-quantity trade-off": les familles échangent nombre d'enfants contre qualité des enfants. En plus, comme le coût des enfants est proportionnelle au revenu par tête, à mesure que celui augmente, les familles ont moins d'enfants.
 - On observe une corrélation **négative** entre revenu et nombre d'enfants.
 - On appelle à ce procès la "transition démographique".

En plus, maintenant que les enfants reçoivent éducation, la technologie augmente encore plus rapidement. En effet, la taille de la population cesse d'être la variable principale qui détermine la vitesse à laquelle la technologie avance, et l'éducation prend le relai. Enfin, la combinaison d'une population qui augmente plus lentement et une technologie qui s'améliore plus rapidement implique que le revenu par tête augmente de manière soutenue.

3.3.3.1 Conclusions de l'époque moderne

- Corrélation positive entre:
 - Revenu par tête et dépense en éducation
- Corrélation négative entre:
 - Revenu par tête et fertilité

3.4 La théorie unifiée de la croissance économique unifié et les inégalités économiques

La théorie unifiée de la croissance économique propose un nouveau paradigme de croissance économique qui comprend l'entérite de l'histoire humaine. De manière résumée, les facteurs principaux derrière la croissance économique sont l'évolution de la technologie et la demande de capital humain. Ainsi, on peut penser que tout facteur qui donne un avantage en relation à ces deux éléments, est capable de générer des différences économiques entre régions. Voici quelques exemples que nous allons voir en cours:

- Géographie:
 - Conditions bio-géographiques conduisant à la révolution Néolithique (Diamond, 1997)
 - Maladies, espérance de vie et investissement en capital humain (Andersen, Dalgaard et Selaya, 2012)
 - Culture conduisant à l'innovation (Özak, 2018)
- Caractéristiques transmises intergénérationalement:
 - Préférence vers le présent et le futur (Galor et Özak, 2016)
 - Diversité (Ashraf et Galor, 2013)
- Colonialisme:
 - Frontières artificielles (Papaioannou et Michalopoulos, 2012)
 - Esclavage (Nunn, 2008)

4 Agriculture et inégalités: Diamond (1997)

Selon Jared Diamond (1997), derrière les inégalités entre pays on trouve certains facteurs qui se sont déclenchés pendant la révolution Néolithique, c'est-à-dire, à partir de l'adoption de l'agriculture. Or, pour comprendre pourquoi y a-t-il des régions développées et en développement, il faut connaître pourquoi l'agriculture est apparue et adoptée dans certaines régions du monde tandis qu'autres ont continué à obtenir leurs calories parmi la chasse et la récollecion des fruits.

4.1 Chasseurs cueilleurs vs agriculture

Aujourd'hui, quelques groupes ethniques continuent à vivre comme les chasseurs cueilleurs. Ces populations montrent très peu de différences entre habitants: ils reçoivent plus ou moins la même quantité de nourriture et ils participent aux différentes activités. Notamment, c'est qui est important est la **manque** d'un groupe de personnes complètement détachés des activités liées à la production (de nourriture).

Opposé à cette situation, on trouve les sociétés agricoles. C'est que distingue les unes des autres est la productivité du travail: avec la maîtrise de l'agriculture, la productivité marginale du travail (en termes de calories) augmente, c'est qui permet qu'une partie de la population soit détachée de l'agriculture. Ainsi, les sociétés agricoles produisent les calories nécessaires pour la survie de toute la population avec moins de fermiers. La

plus grande productivité leur permet de générer un surplus qu'est utilisé pour nourrir aux non fermiers: les bureaucrates, prêtres, savants, penseurs, etc. À noter que les activités des non-fermiers sont de nature mentale. L'exercice de ces activités facilite l'invention de l'écriture, la pensée scientifique (mathématique, géométrie, astronomie, etc.) et le développement technologique. Enfin, comme le passage vers l'agriculture a lieu en époque Malthusienne, il est possible d'argumenter que les premières sociétés à l'adopter ont un avantage car ces sociétés accumuleront technologie davantage, produiront plus et augmenteront la population, fait que renforce le développement technologique en un cercle vertueux.

4.2 L'apparition de l'agriculture

Selon les données archéologiques, l'agriculture a apparu en multiples occasions à travers le monde avec une variation temporelle. Après chaque invention originale, elle s'est rependue aux alentours. Les premières traces d'agriculture (Price and Bar-Yosef 2011) apparaissent au croissant fertile (10 000 BP) et en Amérique centrale (10 000 - 8 000 BP), en Chine (8 000 BP), en Amérique du Sud (8 000 BP - 6 000 BP), Nouvelle Guinée (7 000 BP), Inde, Amérique du Nord et Afrique équatoriale (4 000 BP - 2 000 BP).¹

¹L'idée de frontière technologique essaye d'exprimer le fait qu'il y a toujours un ou plusieurs pays qui dominent la scène technologique. Par exemple, les États-Unis sont aujourd'hui la frontière technologique; pour certains domaines la Chine est aussi la frontière, etc.

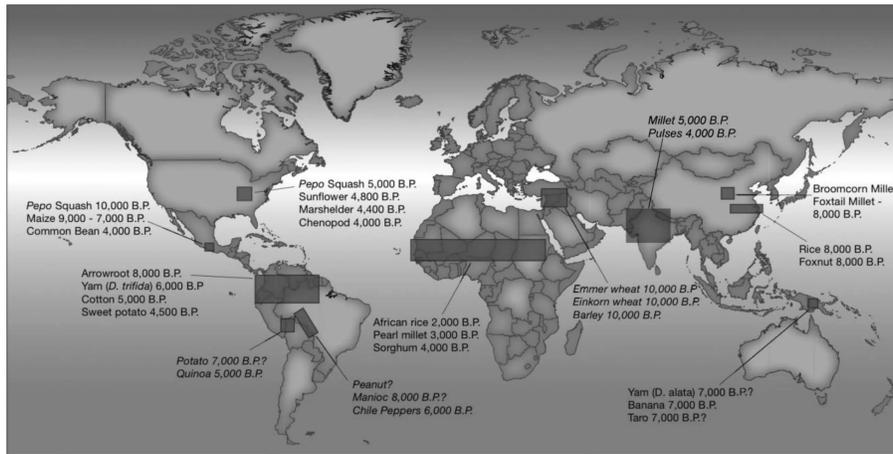


Figure 1. Major centers of domestication and dates for earliest plants and animals. Illustration by Marcia Bakry. A color version of this figure is available in the online edition of *Current Anthropology*.

Figure 4.1: Lieux d'origine de l'agriculture, Price and Bar-Yosef (2011, fig. 1)

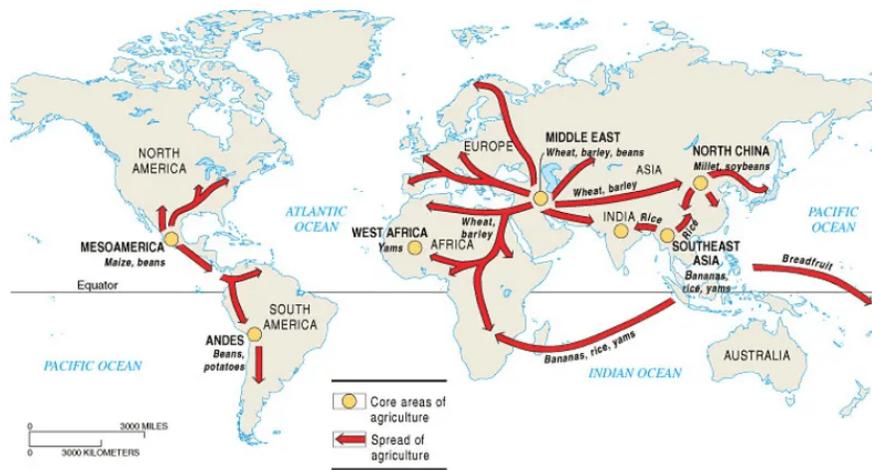


Figure 4.2: Dispersion de l'agriculture, [source](#)

Ensuite, l'agriculture s'est répandue aux régions limitrophes des zones originales. La dispersion de l'agriculture depuis les zones originales n'était pas homogène et dépendait de facteurs géographiques.

- Climat favorable similaire à l'original. Un climat proche à celui des zones de première agriculture assure que les plantes poussent, et donc, il est plus probable que l'agriculture soit adoptée de manière préférentielle en zones qui partagent un climat similaire.
 - Le climat est similaire le long d'une même latitude. Ainsi, il est plus facile que l'agriculture se répand dans un continent avec orientation est-ouest que dans un continent à orientation nord-sud.
 - * Par exemple, le riz africain aurait pu se cultiver dans le climat méditerranéen de l'Afrique du Sud. Mais une vaste

zone tropicale sépare le Nord du Sud de l'Afrique, avec un climat complètement différent et inhospitalier pour le riz. C'est pareil pour le tournesol, native d'Amérique du Nord et qui aurait pu être cultivé en région Andine. Malheureusement, entre les deux il y a toute une gamme de climats différents qui rend plus difficile son expansion.

- Barrières physiques: Les sèment ne se répandissent pas automatiquement: il faut les transporter. Un facteur qui facilite l'expansion de l'agriculture sur le plan géographique est la possibilité de franchir grandes distances de manière facile.
 - C'est le cas, par exemple, en Europe continentale et l'est de l'Asie, avec des grandes plaines. Par contre, en Californie, l'agriculture a pris du temps à se développer, ce qui peut paraître étonnant car en même latitude mais à l'est du continent, ou moins quatre plates ont été domestiqués 4 000 BP. Mais, le centre les États-Unis est une région sèche, avec des déserts et grandes chaînes de montagnes, qui font plus difficile la transmission de l'agriculture.

4.3 Les effets d'une agriculture précoce

4.3.1 Densité de population, technologie et revenu

Selon le modèle unifié de croissance économique (et selon Diamond), les régions qui ont adopté en premier l'agriculture ont eu un avantage sur les autres. Ainsi, la productivité additionnelle due à l'agriculture aurait permis deux choses:

- Augmenter la population: on devrait observer une plus grande densité de population en zones agricoles.
- Permettre l'existence d'une classe de non fermiers qui peuvent développer la technologie.

Ashraf and Galor (2011) vérifient ces points, montrant qu'en effet, les régions qui développèrent avant l'agriculture présentent une plus grande densité de population pendant la période Malthusienne et, aussi, un plus grand avancement technologique.

TABLE 1—THE NEOLITHIC REVOLUTION AS A PROXY FOR TECHNOLOGICAL ADVANCEMENT

Dependent variable is level of:	Log communications technology in:		Log industrial technology in:		Log transportation technology in:	
	1000 CE	1 CE	1000 CE	1 CE	1000 CE	1 CE
	OLS (1)	OLS (2)	OLS (3)	OLS (4)	OLS (5)	OLS (6)
Log years since Neolithic transition	0.368*** (0.028)	0.283*** (0.030)	0.074*** (0.014)	0.068*** (0.015)	0.380*** (0.029)	0.367*** (0.031)
Observations	143	143	143	143	143	143
R^2	0.48	0.26	0.17	0.12	0.52	0.51

Figure 4.3: Ashraf and Galor (2011, Table 1)

Par contre, et en accord avec la théorie, les régions précoces en agriculture n'auraient pas éteint plus de revenu per capita en époque Malthusienne. Rappelons que, selon le modèle unifié de croissance économique, en époque Malthusienne plus de revenu se traduit par une plus grande densité de population et non par plus de revenu per capita.

TABLE 5—EFFECTS ON INCOME PER CAPITA VERSUS POPULATION DENSITY

Dependent variable is:	Log income per capita in:			Log population density in:		
	1500 CE	1000 CE	1 CE	1500 CE	1000 CE	1 CE
	OLS (1)	OLS (2)	OLS (3)	OLS (4)	OLS (5)	OLS (6)
Log years since Neolithic transition	0.159 (0.136)	0.073 (0.045)	0.109 (0.072)	1.337** (0.594)	0.832** (0.363)	1.006** (0.481)
Log land productivity	0.041 (0.025)	-0.021 (0.025)	-0.001 (0.027)	0.584*** (0.159)	0.364*** (0.110)	0.681** (0.255)
Log absolute latitude	-0.041 (0.073)	0.060 (0.147)	-0.175 (0.175)	0.050 (0.463)	-2.140** (0.801)	-2.163** (0.979)
Mean distance to nearest coast or river	0.215 (0.198)	-0.111 (0.138)	0.043 (0.159)	-0.429 (1.237)	-0.237 (0.751)	0.118 (0.883)
Percentage of land within 100 km of coast or river	0.124 (0.145)	-0.150 (0.121)	0.042 (0.127)	1.855** (0.820)	1.326** (0.615)	0.228 (0.919)
Continent dummies	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	31	26	29	31	26	29
R^2	0.66	0.68	0.33	0.88	0.95	0.89

Figure 4.4: Ashraf and Galor (2011, Table 5)

4.3.2 Densité de population et maladies

Les effets de la révolution Néolithique touchent aussi directement la santé des hommes.² Ils apparaissent de manière indirecte à cause de la densité de population. Ainsi, selon Diamond, une plus grande densité de population implique que les virus peuvent se transmettre plus facilement entre les gens. En plus, l'agriculture est typiquement relationnée avec l'enlevage. Donc, vu qu'on habitait près des animaux, il existe une plus grande probabilité qu'un virus animalier mute et affecte les hommes, comme c'est le cas avec la COVID-19. Or, on espère une plus grande incidence des maladies **infectieuses** parmi les régions qu'ont adopté l'agriculture plus tôt. Alors, si on faisait une telle régression, on obtiendrait des résultats contraires à nos attentes.

²En plus, il y a des technologies qui sont immobiles: système de rotation des champs, canaux, élevage d'animaux, etc.

Cette manque de résultats, apparemment contradictoire avec nos expectatives, peut s'expliquer par la sélection naturelle. Ceci c'est l'argumentaire de Galor and Moav (2007). Vu qu'en société agricole le risque d'attraper une maladie infectieuse est plus important, les gens équipés avec un système immunitaire plus réactif (dû aux mutations génétiques aléatoires) auront une plus grande probabilité de survie et, pour tant, de se reproduire. Ainsi, les gènes permettant ce système immunitaire plus réactif seront plus transmis, et une génétique plus résistante vers les maladies infectieuses deviendra dominante parmi la population. Or, la raison pour laquelle les descendants des premiers agriculteurs ne montrent pas une plus grande incidence des maladies infectieuses est le fait qu'ils descendent de ce qui ont survécu, et donc, de ce qui avait un système immunitaire plus efficace.

En revanche, il est possible de vérifier cette hypothèse. L'effet protecteur d'un système immunitaire plus réactif est clair. Malheureusement, il implique qu'on est plus susceptible de souffrir des maladies auto-immunes comme la diabète, la maladie de Chron, etc. Ainsi, si l'hypothèse est vraie, on espère qu'il existe: * Une corrélation négative entre le moment auquel l'agriculture fut adoptée et les maladies infectieuses. * Une corrélation positive entre le moment auquel l'agriculture fut adoptée et les maladies auto-immunes. * Aucune corrélation entre le moment auquel l'agriculture fut adoptée et autre type de maladies.

Galor and Moav (2007) et Franck et al. (2022) valident ces hypothèses.

Table 3. Determinants of the Percentage of Years Lost due to Infectious Disease:

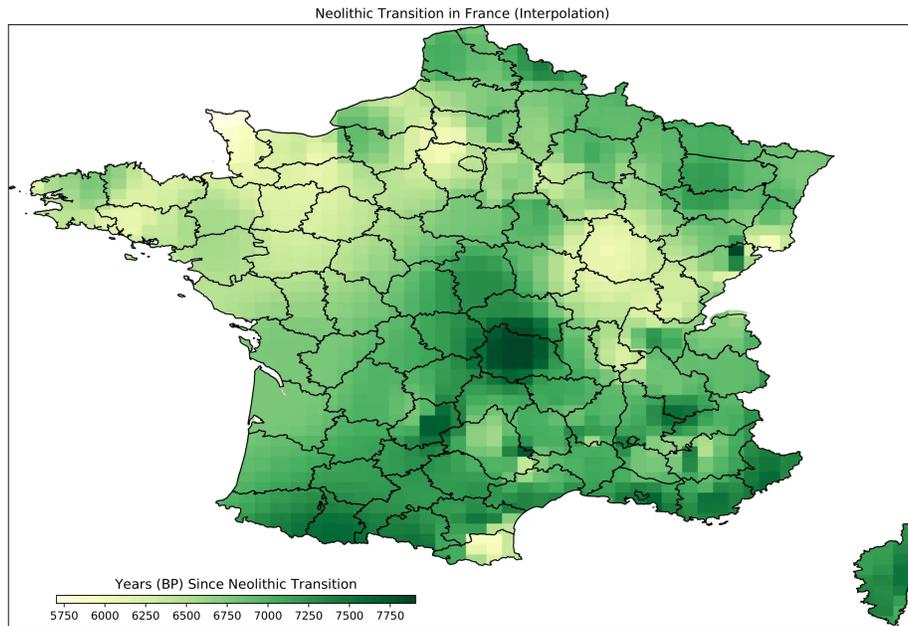
Dependent Variable: % of Years of Life Lost to Infectious Diseases in 2002						
Explanatory Variables:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Years since Neolithic (weighted)	-10.248 (0.983)***	-6.664 (0.933)***	-4.476 (1.119)***	-3.419 (1.430)**	-4.233 (1.359)***	-3.903 (1.091)***
Absolute Latitude		-1.026 (0.095)***	-0.614 (0.158)***	-0.426 (0.171)**	-0.324 (0.148)**	0.156 (0.150)
% arable land		0.064 (0.093)	0.156 (0.085)*	0.313 (0.119)**	0.19 (0.108)*	0.071 (0.086)
Social infrastructure					-29.623 (9.490)***	7.322 (7.626)
Ln GDP per capita 2000						-7.099 -5.107
Education 2000						-2.387 (0.832)***
Ln Health Exp/pc 2000						-0.243 (4.472)
Continental Dummies	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	139	139	139	86	86	86
R-squared	0.467	0.715	0.822	0.834	0.855	0.908

Robust standard errors in parentheses

* significant at 10%; ** significant at 5%; *** significant at 1%

Figure 4.5: Galor and Moav (2007, Table 3)

Note: en référence aux maladies auto immunes, les auteurs se focalisent sur la France et ils interpolent le temps depuis le passage à l'agriculture.



Source: (Franck-Galor-Özak, 2016)

Figure 4.6: Variation dans l'arrivée de l'agriculture en France, Franck et al. (2022, fig. 3)

	Mortality Rate across Towns (1900)									
	All Diseases		Infectious (Air)		Infectious (Water)		Suicides		Violent Deaths	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Years Since Neolithic Revolution	-0.40*** (0.12)	-0.69*** (0.23)	-0.34*** (0.10)	-0.59*** (0.18)	0.14 (0.16)	0.07 (0.30)	0.10 (0.12)	0.12 (0.19)	-0.07 (0.09)	0.04 (0.17)
GDP per capita (1901)		0.05 (0.09)		0.12 (0.08)		0.01 (0.07)		0.09 (0.07)		-0.03 (0.08)
Main Geographical Controls	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Additional Controls	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes
First-stage F-statistic	33.44	13.05	33.44	13.05	33.44	13.05	33.44	13.05	33.44	13.05
Adjusted-R ²	0.02	-0.03	0.08	0.08	0.15	0.18	-0.01	0.00	0.09	0.09
Observations	588	588	588	588	588	588	588	588	588	588

Source: (Franck-Galor-Özak, 2016)

Figure 4.7: Franck et al. (2022, Table 6)

	Incidence							Prevalence		
	Arterial ischemic events	Liver ease & cirrhosis	dis- & Diabetes	Diabetes	Respiratory failure	Alzheimer's disease & other dementias	Nephropathy	Ulcerative colitis & Crohn's disease	Coronary & artery ease	dis- Mechanical Heart Disease Heart Disease
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	
Years Since Neolithic Revolution	0.49*** (0.18)	0.57*** (0.13)	0.58*** (0.11)	0.42** (0.18)	0.37** (0.15)	0.50*** (0.17)	1.00*** (0.15)	0.42*** (0.16)	-0.01 (0.17)	
GDP per capita (2000-2010)	-0.41*** (0.10)	0.19** (0.10)	-0.17* (0.09)	-0.11 (0.10)	-0.08 (0.13)	0.19** (0.09)	0.48*** (0.14)	-0.37*** (0.12)	-0.37*** (0.11)	
Main Geographical Controls	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	
Population Density (1700)	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	
First-stage F-statistic	50.19	50.19	50.19	50.19	50.19	50.19	50.19	50.19	50.19	
Adjusted-R ²	0.35	0.52	0.59	0.52	0.26	0.38	0.38	0.21	0.17	
Observations	89	89	89	89	89	89	89	89	89	

Source: (Franck-Galor-Özak, 2016)

Figure 4.8: Franck et al. (2022, Table 8)

5 Maladies et développement: Andersen, Dalgaard et Selaya (2016)

Un des traits fondamentaux qui détermine le passage de l'époque post-Malthusienne à l'époque moderne est l'apparition du "quality-quantity trade-off", c'est-à-dire, le fait que les familles décident d'avoir moins d'enfants mais d'investir dans leur éducation, avec des conséquences pour l'amélioration de la technologie. Pour tant, les pays qui, pour une raison ou une autre, sont entrés plus tôt dans l'époque moderne, jouissent d'un avantage comparatif grâce à une plus intense accumulation de capital humain. Enfin, toute raison qu'incite à investir dans l'éducation générera une disparité économique. Et, au sens contraire, les raisons retardant le trade-off génèrent un retard économique, car elles préviennent l'accélération de la croissance technologique et, pour tant, économique.

Andersen, Dalgaard, and Selaya (2016) proposent d'étudier les maladies comme une raison retardante du quality-quantity trade-off.

5.1 Rendement de l'éducation, cataractes et croissance économique

L'investissement dans l'éducation est, après tout, comment n'importe quel autre investissement et ce que le détermine est le rendement espéré. Or, le rendement dépend, entre autres choses, du temps pendant lequel

l'inversion est productive. Pour l'éducation, la dimension temporelle de l'investissement est liée à l'espérance de vie et à certaines maladies qui déprécient sa valeur. L'article d'Anderset et al. se porte sur les maladies oculaires, et en particulier, sur les cataractes. Généralement, on associe les cataractes à un âge avancé, et donc, elles sembleront ne pas influencer sur le rendement de l'éducation car elles se manifestent à la fin de la vie. Par contre, études ophtalmologiques montrent qu'on peut perdre jusqu'à 14 ans de travail à cause des cataractes.

Finalement, les auteurs s'appuient sur le fait que l'exposition au rayonnement ultraviolet (UV) augmente la probabilité de souffrir cataractes. Ce type de rayonnement est beaucoup plus intense proche de l'équateur.

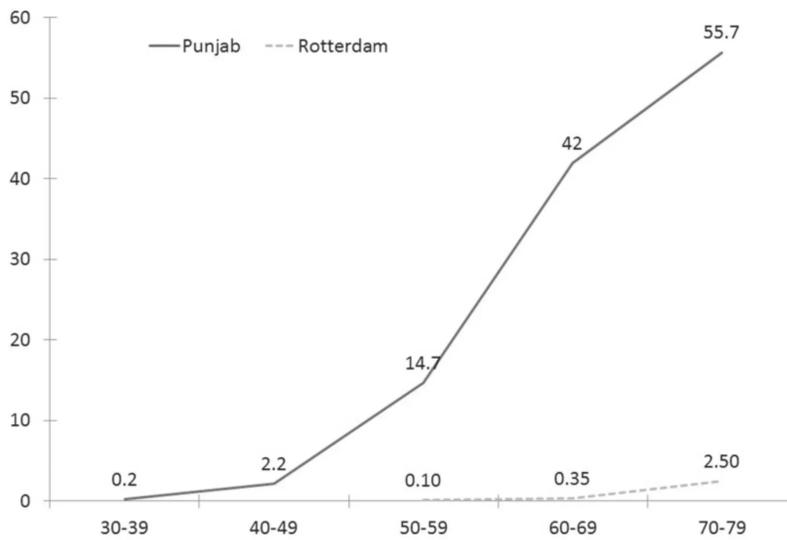


FIGURE 3

Age-specific cataract in Punjab (solid line) and age-specific visual impairment in Rotterdam (dotted line).

Notes: Punjab data are from Chatterjee et al. (1982) and Rotterdam data are from Klaver et al. (1998). The y-axis gives cataract prevalence in percentages, whereas the x-axis provides the age categories.

Figure 5.1: Andersen, Dalgaard, and Selaya (2016, fig. 3)

TABLE 5
Cataract prevalence and exposure to UV

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Dependent variable:	(log) Cataract prevalence, 2004								
(log) UV	2.37*** [0.14]	1.54*** [0.30]	2.40*** [0.19]	2.50*** [0.82]	2.03*** [0.28]	2.46*** [0.17]	2.29*** [0.25]	1.48*** [0.46]	2.11*** [0.58]
Observations	147	147	147	147	147	147	147	147	147
R^2	0.62	0.79	0.64	0.68	0.67	0.66	0.66	0.82	0.84
Partial R^2	0.62	0.24	0.44	0.10	0.25	0.62	0.32	0.07	0.09
Additional controls	–	Continent FEs	Latitude, elevation (levels)	Latitude, elevation (FEs)	Precipitation, temperature	Distance to ocean, rivers, area, timing Neolithic revolution	Agricultural suitability, tropical area, frost	All controls (with latitude and elevation levels)	All controls (with latitude and elevation FEs)
Number of additional controls	–	4	2	14	2	4	3	15	27
Joint significance of the additional control variables (p -values for the H_0 : all regressors [except UV] are jointly insignificant):									
Continent FEs	0.00								
Latitude, elevation (levels)	0.01								
Latitude, elevation (FEs)	0.01								
Precipitation, temperature	0.00								
Distance to ocean, rivers, area, timing Neolithic revolution	0.00								
Agricultural suitability, tropical area, frost	0.00								
All controls (with latitude and elevation levels)	0.00								
All controls (with latitude and elevation FEs)	0.00								

Notes: OLS regressions. The dependent variable is the (log) prevalence of cataract in 2004. UV is a population weighted index of the exposure to ultraviolet radiation (see Supplementary Appendix for details). Cataract prevalence is measured as the number of years lost due to disability, for incident cases of this disease (expressed as a rate per 100,000 people between 15 and 59), estimated by WHO (2004). The R^2 from an OLS regression, where all listed additional controls are partialled out, is reported as the partial R^2 in each column. Robust standard errors in brackets. ***, **, and * denote statistical significance at 1%, 5%, and 10% level, respectively. All regressions include a constant term. All variables are described in detail in the Supplementary Appendix.

Figure 5.2: Andersen, Dalgaard, and Selaya (2016, Table 5)

5.1.1 Prédiction et validation

Andersen, Dalgaard, and Selaya (2016) prédisent que l'exposition au UV affecte:

- La transition démographique:
 - Dans les régions avec plus de rayonnement UV, le rendement de l'éducation est inférieur à cause des cataractes.¹
 - Pour tant:
 - * Le UV devrait être corrélé avec l'année de la transition de fertilité,

¹L'idée de frontière technologique essaye d'exprimer le fait qu'il y a toujours un ou plusieurs pays qui dominent la scène technologique. Par exemple, les États-Unis sont aujourd'hui la frontière technologique; pour certains domaines la Chine est aussi la frontière, etc.

- * L'effet du UV devrait être nul en époque Malthusienne car personne n'investissait pas en éducation,
- * Le UV devrait être corrélé avec le niveau d'activité économique en époque moderne,
- * Le UV devrait être corrélé avec l'investissement en éducation.

Les auteurs utilisent données de Reher (2004) pour calculer l'année de la transition de fertilité pour chaque pays. Rappelons que le rayonnement UV diminue le rendement de l'investissement en éducation et, pour tant, retarde la réduction de fertilité. Ainsi, le rayonnement UV devrait être positivement corrélé avec l'année de transition.

TABLE 7
Real GDP per worker, fertility decline, cataract prevalence, and exposure to UV

Dependent variable:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	Year of the fertility decline		(log) Real GDP per worker, 2004			
	OLS	OLS	OLS	OLS	OLS	2SLS-IV
(log) UV	33.3*** [10.4]	-1.29** [0.51]			-0.50 [0.49]	
Year of the fertility decline			-0.019*** [0.0053]		-0.017*** [0.0054]	-0.015*** [0.0053]
(log) Cataract prevalence, 2004				-0.24*** [0.081]	-0.16* [0.088]	
Observations	120	120	120	120	120	120
R ²	0.80	0.67	0.70	0.67	0.71	0.68
Partial R ²	0.08	0.05	0.15	0.05	0.18	0.08
Additional controls	All controls (with latitude and elevation levels)					
Number of additional controls	14	14	14	14	14	14
Endogenous variable						(log) Cataract prevalence, 2004
Instrument						(log) UV
Kleibergen Paap F statistic						8.52
Anderson Rubin weak id Chi-sq test (p-value)						0.11
Joint significance of the additional control variables (p-values for the H0: all regressors [except UV] are jointly insignificant):						
All controls (with latitude and elevation levels)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Notes: OLS regressions in columns (1)–(6), and a 2SLS-IV regression in column (7). The dependent variable in column (1) is the timing of the fertility decline (Reher (2004)). The dependent variable in columns (2)–(6) is (log) real GDP per worker in 2004. UV is a population weighted index of the exposure to ultraviolet radiation (see Supplementary Appendix for details). Cataract prevalence is measured as the number of years lost due to disability, for incident cases of this disease (expressed as a rate per 100,000 people between 15 and 59), estimated by WHO (2004). The R² from an OLS regression, where all listed additional controls are partialled out, is reported as the partial R² in each column. Robust standard errors in brackets. All controls are: (log) absolute latitude (degrees), (log) elevation ('000 m), (average 1990–2008) temperature, (average 1990–2008) precipitation, (log) country area (km²), distance to ocean (km), distance to major rivers (km), (log) area (km²), timing passed since the Neolithic revolution ('000 years), (log) agricultural suitability index, the percentage of land in tropical and subtropical zones, and (area weighted, average) number of frost days per year. Robust standard errors in brackets. ***, **, and * denote statistical significance at 1%, 5%, and 10% level, respectively. All regressions include a constant term. All variables are described in detail in the Supplementary Appendix.

Figure 5.3: Andersen, Dalgaard, and Selaya (2016, Table 7)

Ensuite (Colonne 6) comment, en effet, une transition de fertilité plus tardive est associée avec moins de revenu per capita pendant l'année 2004. La deuxième prédiction est aussi vérifiée: en époque Malthusienne, le ray-

onnement ultraviolet n'avait pas d'effet sur la densité de population.² Par contre, en époque moderne la relation est telle que prévue: plus de rayonnement UV est associé avec une diminution du revenu per capita.

TABLE 6
Measures of historical prosperity and exposure to UV-R

Dependent variable:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	Population density in:			Real GDP per capita in:			
	1 CE	1000 CE	1500 CE	1820	1900	1950	1950
(log) UV	-0.71	-0.84	-0.92	0.12	-0.71	-1.87***	-3.27**
	[0.69]	[0.61]	[0.65]	[0.32]	[0.91]	[0.61]	[1.46]
Observations	127	127	127	42	41	111	41
R ²	0.79	0.76	0.78	0.93	0.88	0.74	0.91
Partial R ²	0.01	0.01	0.02	0.01	0.03	0.10	0.36
Additional controls	All controls (with latitude and elevation FEs)			All controls (with latitude and elevation FEs)			
Number of additional controls	27	27	27	26	26	27	26
Joint significance of the additional control variables (p-values for the H0: all regressors [except UV] are jointly insignificant):							
All controls (with latitude and elevation FEs)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Notes: OLS regressions. The dependent variable in columns 1–3 is population density in the years 1, 1000, and 1500 CE. The dependent variable in columns (4)–(7) is (log) real GDP per capita in the years 1820, 1900, and 1950. Historical population density and levels of GDP per capita data are from Maddison (2000). UV is a population weighted index of the exposure to ultraviolet radiation (see Supplementary Appendix for details). The R² from an OLS regression, where all listed additional controls are partialled out, is reported as the partial R² in each column. Robust standard errors in brackets. All controls are: latitude FEs, elevation FEs, (average 1990–2008) temperature, (average 1990–2008) precipitation, (log) country area (km²), distance to ocean (km), distance to major rivers (km), (log) area (km²), timing passed since the Neolithic revolution ('000 years), (log) agricultural suitability index, the percentage of land in tropical and subtropical zones, and (area weighted, average) number of frost days per year. Robust standard errors in brackets. ***, **, and * denote statistical significance at 1%, 5%, and 10% level, respectively. All regressions include a constant term. All variables are described in detail in the Supplementary Appendix.

Figure 5.4: Andersen, Dalgaard, and Selaya (2016, Table 6)

Enfin, les auteurs valident leur hypothèse à propos du lien entre le rayonnement UV et l'éducation. Ainsi, vu que dans les régions qui plus rayonnées la valeur du capital humain et l'éducation sont inférieurs, le niveau éducatif devrait être aussi inférieur.

²En plus, il y a des technologies qui sont immobiles: système de rotation des champs, canaux, élevage d'animaux, etc.

Table A17
Human capital investments and exposure to UV

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Dependent variable:	Growth in years of schooling, 1870-2005								
(log) UV	-0.27*** [0.082]	-0.38*** [0.11]	-0.41*** [0.13]	-0.84** [0.36]	-0.11 [0.14]	-0.30** [0.12]	-0.22* [0.13]	-0.4 [0.40]	-0.97** [0.44]
(log) Years of schooling, 1870	-0.79*** [0.052]	-0.86*** [0.050]	-0.81*** [0.048]	-0.84*** [0.076]	-0.89*** [0.048]	-0.81*** [0.047]	-0.84*** [0.051]	-0.91*** [0.052]	-0.97*** [0.074]
Observations	62	62	62	62	62	62	62	62	62
R-squared	0.90	0.93	0.91	0.92	0.92	0.92	0.91	0.96	0.97
Partial R-squared	0.90	0.87	0.90	0.82	0.87	0.91	0.86	0.88	0.90
Additional controls	-	Continent FEs	Latitude, elevation (levels)	Latitude, elevation (FEs)	Precipitation, temperature	Distance to ocean, rivers, area, timing Neolithic revolution	Agricultural suitability, tropical area, frost	All controls (with latitude and elevation levels)	All controls (with latitude and elevation FEs)
Number of additional controls		3	2	13	2	4	3	14	25
Joint significance of the additional control variables (p-values for the H0: all regressors [except UV] are jointly insignificant):									
Continent FEs		0.00							
Latitude, elevation (levels)			0.00					0.13	
Latitude, elevation (FEs)				0.01					0.00
Precipitation, temperature					0.01				
Distance to ocean, rivers, area, timing Neolithic revolution						0.06			
Agricultural suitability, tropical area, frost							0.04		
All controls (with latitude and elevation levels)								0.00	
All controls (with latitude and elevation FEs)									0.00

Notes: OLS regressions. The dependent variable is growth in years of schooling between 1870 and 2005. UV is a population weighted index of the exposure to ultraviolet radiation (see Supplementary Appendix for details). The R-squared from an OLS regression where all listed additional controls were partialled out is reported as the Partial R-squared in each column. The R-squared from an OLS regression, where all listed additional controls are partialled out, is reported as the Partial R-squared in each column. Robust standard errors in brackets. ***, ** and * denote statistical significance at 1, 5 and 10% level, respectively. All regressions include a constant term. All variables described in detail in the Supplementary Appendix.

Figure 5.5: Andersen, Dalgaard, and Selaya (2016, Table A17)

6 Diversité génétique et développement: Ashraf et Galor (2013)

Le papier Ashraf and Galor (2013a) propose l'idée qu'au sein des sociétés, les différences entre individus peuvent être une source de richesse ou entraîner des coûts économiques. Ainsi, les auteurs proposent que dans une société, le fait qu'il y a plus de différences entre personnes:

- Augmente la probabilité que les interactions entre personnes soient complémentaires, donnant lieu à une amélioration technologique,
- Augmente la probabilité que quelqu'un soit spécialement doué pour une activité, augmentant la productivité.
- En général, permet plus d'innovation et pousse la frontière productive.

Par contre, une société dans laquelle les membres sont très différents pose aussi certains coûts:

- La coordination est plus difficile, car on peut avoir préférences différentes,
- Le conflit est plus probable,
- La confiance vers les autres est inférieure.

Ainsi, vu les coûts et les bénéfices, il est fort probable que la relation entre diversité et croissance économique aie forme de U inversé. C'est-à-dire, si tous les gens sont égaux, on ne profite pas des avantages liés à la diversité. Et au contraire, si les différences entre gens sont maximales, les

coûts surpassent énormément les bénéfices. Alors, il semble qu'un niveau optimal de diversité peut exister.¹

6.0.1 Une mesure de diversité entre personnes : diversité génétique

L'hypothèse de base de ce article est que la migration humain depuis l'Afrique il y a 70000-90000 ans a affecté la diversité génétique et, donc, si ce que les autors proposent est correct, aura affecté de manière indirecte le développement économique. Alors, Ashraf et Galor s'appuient sur des recherches en athropologie et en génétique pour avoir une mesure de la diversité génétique entre personnes au sein d'un pays. On part de l'[effet fondateur](#), c'est-à-dire, le fait que, quand on scinde un petite population, la diversité génétique du nouveau groupe ainsi crée est inférieure à celle du groupe d'origine. On peut appliquer ce concept à la migration humaine depuis l'Afrique. De cette manière, à mesure que les hommes conquièrent des nouvelles endroits (Europe, Asie, îles du sud-est de l'Asie, Amérique du Nord et du Sud, etc), la diversité génétique diminuira. Bien compris, ce qui est important est la distance migratoire par terre.

¹L'idée de frontière technologique essay d'exprimer le fait qu'il y a toujours un ou plusieurs pays qui dominent la scène technologique. Par exemple, les États-Unis sont aujourd'hui la frontière technologique; pour certains domaines la Chine est aussi la frontière, etc.

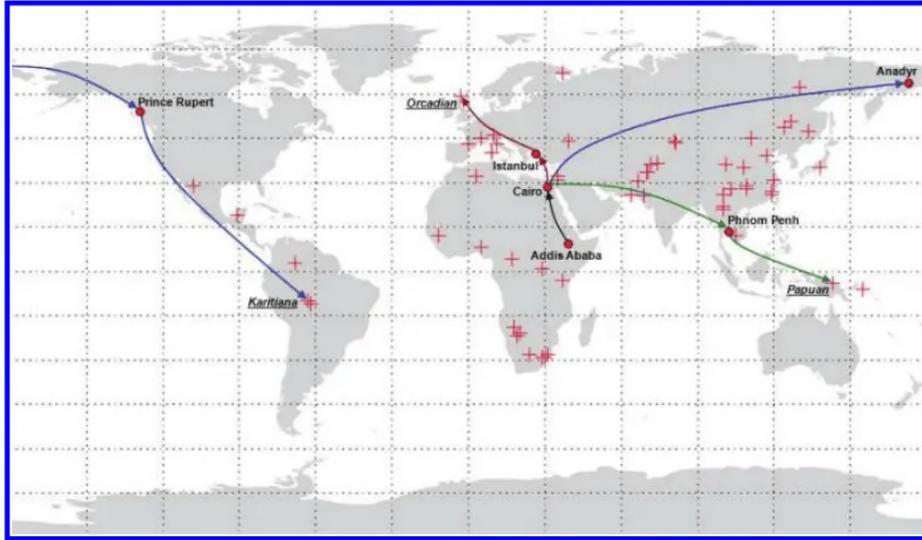


FIGURE 2. THE 53 HGDP-CEPH ETHNIC GROUPS AND MIGRATORY PATHS FROM EAST AFRICA

Note: This figure depicts on a world map (i) the locations (denoted by crosses) of the 53 HGDP-CEPH ethnic groups; (ii) the locations (denoted by dots) of the intermediate waypoints used to construct migratory paths from Addis Ababa to these ethnic groups; and (iii) some migratory paths (denoted by solid lines) based on these waypoints.

Figure 6.1: Migration humaine depuis l'Afrique, Ashraf and Galor (2013a, fig. 2)

Un indice qui mesure la diversité génétique est le taux d'hétérozigosité : la probabilité que deux personnes tirées au hasard partagent certains gènes. Ces données existent pour 53 groupes humains qui ont vécu plus ou moins isolés et au même endroit pour très longue temps. En effet, on voit qu'il existe une corrélation négative entre la distance à Addis Ababa et quelques indicateurs de diversité, y compris l'hétérozigosité.

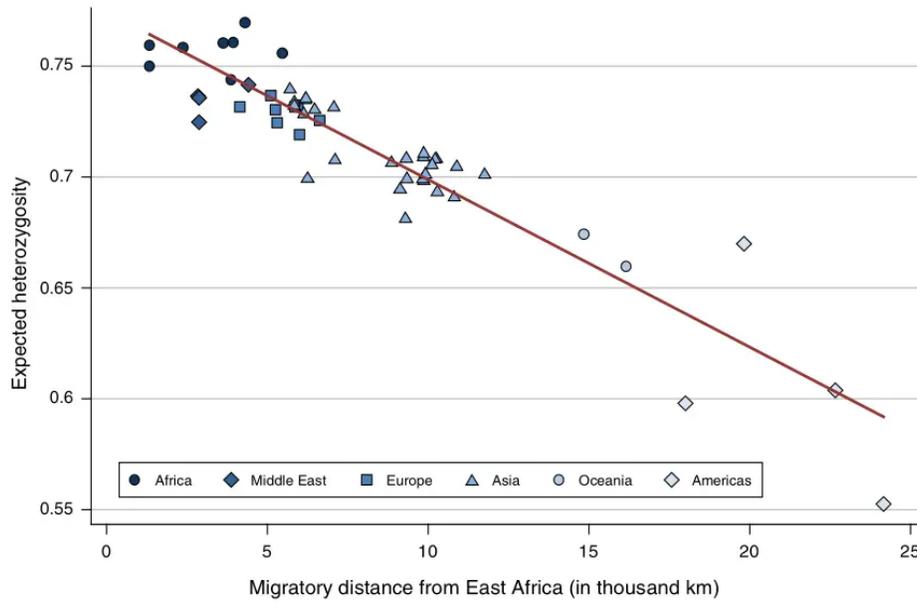


FIGURE 1. EXPECTED HETEROZYGOSITY AND MIGRATORY DISTANCE FROM EAST AFRICA

Note: This figure depicts the negative impact of migratory distance from East Africa on expected heterozygosity (genetic diversity) across the 53 ethnic groups that constitute the HGDP-CEPH Human Genome Diversity Cell Line Panel.

Figure 6.2: Distance à Addis Ababa et hétérozigosité, Ashraf and Galor (2013a, fig. 1)

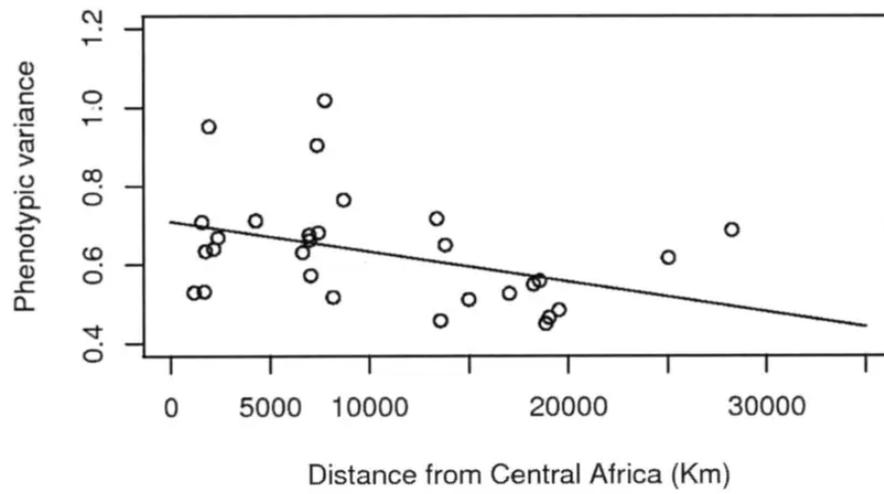


Figure 2. Linear regression of phenotypic within-population variance and geographic distance for the pelvis, with central Africa (8S, 25E) used as point of origin ($R^2 = 0.154$, $P = 0.032$).

Figure 6.3: Distance à Addis Ababa et variation dans la pelvis, Betti, Cramon-Taubadel, and Lycett (2012, fig. 2)

Intra-regional variance

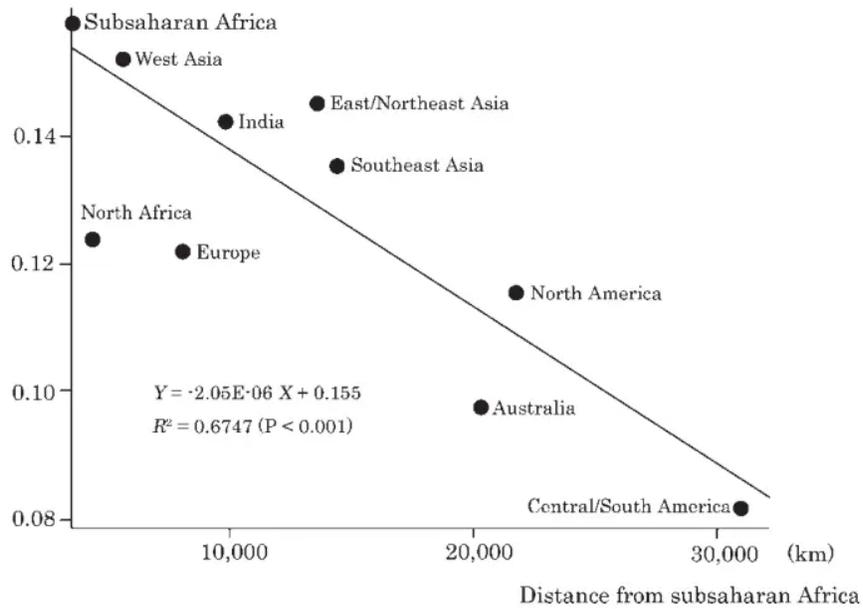


Fig. 2. Relationships between intra-regional variation given in Table 5 and distance from the putative African origin (represented by centroid of locations of the subsaharan African samples).

Figure 6.4: Distance à Addis Ababa et variation intra-régionale en caractéristiques dentaires, Hanihara (2008, fig. 2)

6.0.2 Résultats

D'abord, Ashraf et Galor utilisent un échantillon de 21 pays pour lesquels une mesure directe du niveau d'hétérozigosité existe. Même avec une taille

si réduite, on voit une relation en forme de U inversé entre le niveau de diversité génétique et le développement économique pendant l'année 1500. Il est important de rappeler que, vu que les régressions se concentrent en l'époque Malthusienne, la variable qui mesure correctement le niveau de développement est la densité de population et non le revenu per capita.

TABLE 1—OBSERVED DIVERSITY AND ECONOMIC DEVELOPMENT IN 1500 CE

	log population density in 1500 CE				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Observed diversity	413.504*** (97.320)			225.440*** (73.781)	203.814* (97.637)
Observed diversity square	-302.647*** (73.344)			-161.158** (56.155)	-145.717* (80.414)
log Neolithic transition timing		2.396*** (0.272)		1.214*** (0.373)	1.135 (0.658)
log percentage of arable land			0.730** (0.281)	0.516*** (0.165)	0.545* (0.262)
log absolute latitude			0.145 (0.178)	-0.162 (0.130)	-0.129 (0.174)
log land suitability for agriculture			0.734* (0.381)	0.571* (0.294)	0.587 (0.328)
Optimal diversity	0.683*** (0.008)			0.699*** (0.015)	0.699*** (0.055)
Continent fixed effects	No	No	No	No	Yes
Observations	21	21	21	21	21
R ²	0.42	0.54	0.57	0.89	0.90

Notes: This table establishes the significant hump-shaped relationship between observed genetic diversity and log population density in 1500 CE in the limited 21-country sample while controlling for the timing of the Neolithic Revolution, land productivity, and continent fixed effects. Heteroskedasticity-robust standard errors are reported in parentheses.

*** Significant at the 1 percent level.

** Significant at the 5 percent level.

* Significant at the 10 percent level.

Figure 6.5: Ashraf and Galor (2013a, Table 1)

Or, on peut constater que l'hypothèse de Jared Diamond est aussi vérifiée : les pays qui ont adopté l'agriculture plus tôt se sont plus développés.

Ensuite, les auteurs enlargissent leur échantillon utilisant le fait que la distance migratoire à Addis Ababa est exogène et permet de prédire, avec

précision, le niveau de diversité génétique.

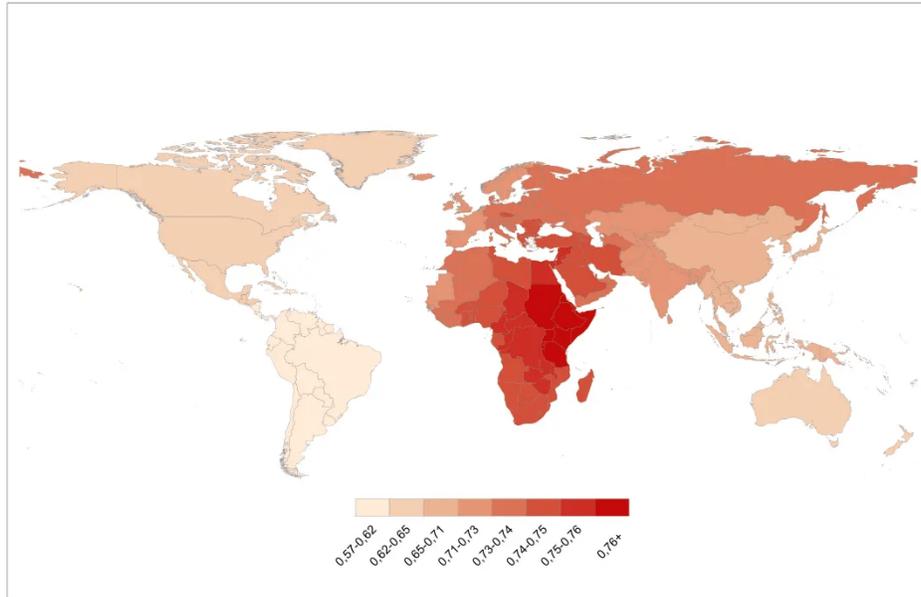


Figure 6.6: Niveau prédit d'hétérozigosité, Ashraf and Galor (2013a, fig. 3)

TABLE 3—PREDICTED DIVERSITY AND ECONOMIC DEVELOPMENT IN 1500 CE

	log population density in 1500 CE					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Predicted diversity	250.986*** (66.314)		213.537*** (61.739)	203.017*** (60.085)	195.416*** (55.916)	199.727** (80.281)
Predicted diversity square	-177.399*** (48.847)		-152.107*** (45.414)	-141.980*** (44.157)	-137.977*** (40.773)	-146.167*** (56.251)
log Neolithic transition timing		1.287*** (0.170)	1.047*** (0.188)		1.160*** (0.143)	1.235*** (0.243)
log percentage of arable land				0.523*** (0.117)	0.401*** (0.096)	0.393*** (0.103)
log absolute latitude				-0.167* (0.093)	-0.342*** (0.096)	-0.417*** (0.124)
log land suitability for agriculture				0.189 (0.124)	0.305*** (0.094)	0.257*** (0.096)
Optimal diversity	0.707*** (0.021)		0.702*** (0.025)	0.715*** (0.110)	0.708*** (0.051)	0.683*** (0.110)
Continent fixed effects	No	No	No	No	No	Yes
Observations	145	145	145	145	145	145
R ²	0.22	0.26	0.38	0.50	0.67	0.69

Notes: This table establishes the significant hump-shaped effect of genetic diversity, as predicted by migratory distance from East Africa, on log population density in 1500 CE in the extended 145-country sample while controlling for the timing of the Neolithic Revolution, land productivity, and continent fixed effects. Bootstrap standard errors, accounting for the use of generated regressors, are reported in parentheses.

***Significant at the 1 percent level.

**Significant at the 5 percent level.

*Significant at the 10 percent level.

Figure 6.7: Ashraf and Galor (2013a, Table 3)

En plus, les auteurs montrent que cette relation existe aussi pour le présent, cette fois ci, utilisant le niveau de revenu per capita en l'année 2000.

TABLE 6—DIVERSITY AND ECONOMIC DEVELOPMENT IN 2000 CE AND 1500 CE

	log income per capita in 2000 CE			log population density in 1500 CE
	(1)	(2)	(3)	(4)
Predicted diversity (ancestry adjusted)	203.443** (83.368)	235.409*** (83.493)	242.886*** (81.773)	
Predicted diversity square (ancestry adjusted)	-142.663** (59.037)	-165.293*** (59.393)	-169.960*** (58.252)	
Predicted diversity (unadjusted)				198.587** (79.225)
Predicted diversity square (unadjusted)				-145.320*** (55.438)
log Neolithic transition timing (ancestry adjusted)		0.062 (0.263)	0.005 (0.306)	
log Neolithic transition timing (unadjusted)	-0.151 (0.197)			1.238*** (0.241)
log percentage of arable land	-0.112 (0.103)	-0.122 (0.108)	-0.140 (0.112)	0.378*** (0.108)
log absolute latitude	0.163 (0.117)	0.171 (0.119)	0.191 (0.143)	-0.423*** (0.122)
log land suitability for agriculture	-0.192** (0.096)	-0.176* (0.102)	-0.187* (0.102)	0.264*** (0.095)
log population density in 1500 CE			0.047 (0.097)	
Optimal diversity	0.713*** (0.225)	0.712*** (0.033)	0.715*** (0.043)	0.683*** (0.095)
Continent fixed effects	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	143	143	143	143
R ²	0.57	0.57	0.57	0.68

Notes: This table (i) establishes the significant hump-shaped effect of ancestry-adjusted genetic diversity on log income per capita in 2000 CE in a 143-country sample while controlling for the timing of the Neolithic Revolution, land productivity, and continent fixed effects; and (ii) demonstrates that the hump-shaped effect of genetic diversity is robust to (a) adjusting the control for the timing of the Neolithic Revolution to incorporate information on post-1500 population flows and (b) accounting for historical inertia in the effect of genetic diversity by way of controlling for log population density in 1500 CE. Bootstrap standard errors, accounting for the use of generated regressors, are reported in parentheses.

***Significant at the 1 percent level.

**Significant at the 5 percent level.

*Significant at the 10 percent level.

Figure 6.8: Ashraf and Galor (2013a, Table 6)

On voit que le niveau optimal de diversité génétique change avec le temps : en 1500 il était de 0.68 et en 2000 il est de 0.71. Ainsi, avec le progrès technologique, une plus grande diversité entre les gènes est nécessaire pour la croissance économique : par exemple, le degré de spécialisation productive est supérieur aujourd'hui. Ces niveaux correspondent au Japon en 1500 et aux États-Unis en 2000.

6.0.3 Mécanismes

Enfin, plusieurs auteurs ont pris le relais et se sont concentrés sur les mécanismes qui pourraient être derrière la relation entre diversité génétique et développement. En premier lieu, Ashraf et Galor montrent de l'évidence qui met en relation la diversité génétique avec le niveau de confiance (un des coûts de la diversité) et la production scientifique. Ainsi, si les hypothèses étaient correctes, on s'attend à ce que les pays avec une plus grande diversité génétique montrent de niveaux moins inférieurs de confiance vers les tiers personnes et qu'ils produisent davantage de recherches scientifiques.

TABLE 9—COSTS AND BENEFITS OF DIVERSITY

	Degree of interpersonal trust			Scientific articles per capita per year 1981–2000		
	Full sample (1)	Full sample (2)	Common sample (3)	Full sample (4)	Full sample (5)	Common sample (6)
Predicted diversity (ancestry adjusted)	−1.880** (0.829)	−2.226** (0.862)	−1.920** (0.940)	2.484*** (0.566)	1.860*** (0.550)	3.023** (1.222)
log Neolithic transition timing (ancestry adjusted)	0.069 (0.062)	0.089 (0.063)	0.091 (0.060)	−0.085* (0.047)	−0.080* (0.046)	−0.189** (0.085)
log percentage of arable land	0.004 (0.019)	−0.002 (0.018)	−0.014 (0.019)	0.008 (0.016)	0.005 (0.015)	−0.005 (0.037)
log absolute latitude	−0.003 (0.027)	0.003 (0.028)	−0.008 (0.031)	0.046* (0.024)	0.055** (0.023)	0.079 (0.073)
Social infrastructure	0.200*** (0.069)	0.146* (0.079)	0.149* (0.081)	0.702*** (0.109)	0.547*** (0.125)	0.627*** (0.197)
Ethnic fractionalization	0.060 (0.065)	0.048 (0.064)	0.054 (0.067)	0.091 (0.094)	0.073 (0.093)	0.088 (0.155)
Percentage of population at risk of contracting malaria	−0.063 (0.090)	−0.033 (0.092)	−0.048 (0.100)	0.093* (0.054)	0.135*** (0.048)	0.026 (0.120)
Percentage of population living in tropical zones	−0.074 (0.053)	−0.040 (0.059)	−0.046 (0.062)	0.020 (0.057)	0.051 (0.055)	0.113 (0.181)
Mean distance to nearest waterway	0.094 (0.064)	0.098 (0.060)	0.077 (0.058)	0.104*** (0.038)	0.115*** (0.035)	0.159** (0.067)
Years of schooling		0.013 (0.010)	0.017* (0.010)		0.031*** (0.008)	0.021 (0.023)
Observations	58	58	56	93	93	56
R^2	0.79	0.79	0.81	0.80	0.82	0.82

Notes: This table establishes that ancestry-adjusted genetic diversity has a significant negative effect on social capital, as reflected by the prevalence of interpersonal trust among individual respondents of the *World Values Survey* in the 1981–2008 time period (World Values Survey 2009), and a significant positive effect on the intensity of scientific knowledge creation, as reflected by the annual average number of scientific articles per capita in the 1981–2000 time period (World Bank 2010), while controlling for the ancestry-adjusted timing of the Neolithic Revolution, land productivity, a vector of institutional, cultural, and geographical determinants of development, human capital formation, and continent fixed effects. All regressions include additional geographical controls for terrain characteristics as well as OPEC, legal origin, sub-Saharan Africa, and continent fixed effects. Heteroskedasticity-robust standard errors are reported in parentheses.

*** Significant at the 1 percent level.

** Significant at the 5 percent level.

* Significant at the 10 percent level.

Figure 6.9: Ashraf and Galor (2013a, Table 9)

Une autre possibilité qu'on peut explorer c'est la relation entre la diversité génétique et le nombre de groupes ethniques Ashraf and Galor (2013b). Ainsi, vu que la diversité génétique est lié à une moindre confiance envers les tiers, il est possible que les sociétés les plus affectées par cette manque de confiance il y ai des séparation dans un groupe, en créant par la suite plusieurs.

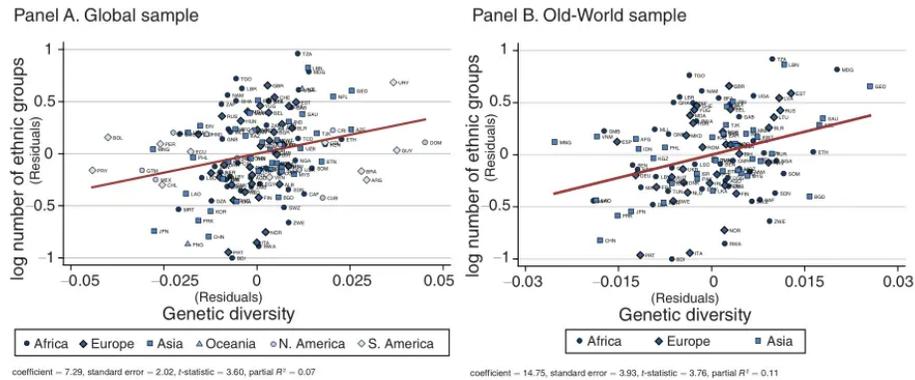


FIGURE 1. GENETIC DIVERSITY AND THE NUMBER OF ETHNIC GROUPS

Figure 6.10: Diversité génétique et nombre de groupes ethniques, Ashraf and Galor (2013b, fig. 1)

Pour finir, une plus grand variété génétique, qui donne lieu à des personnes qui pensent différemment, devrait être lié à une plus large gamme de préférences politiques. En autre, les différences interpersonnelles et la manque de confiance sont susceptibles d'engendrer des conflits civiles.

Ces deux alternatives sont explorées par Arbatli et al. (2020).

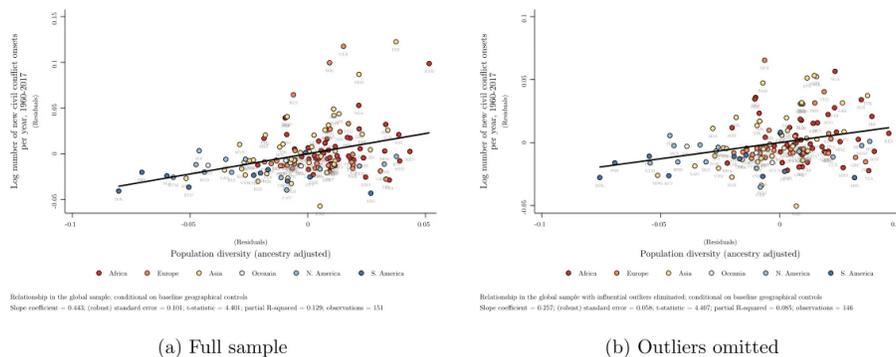
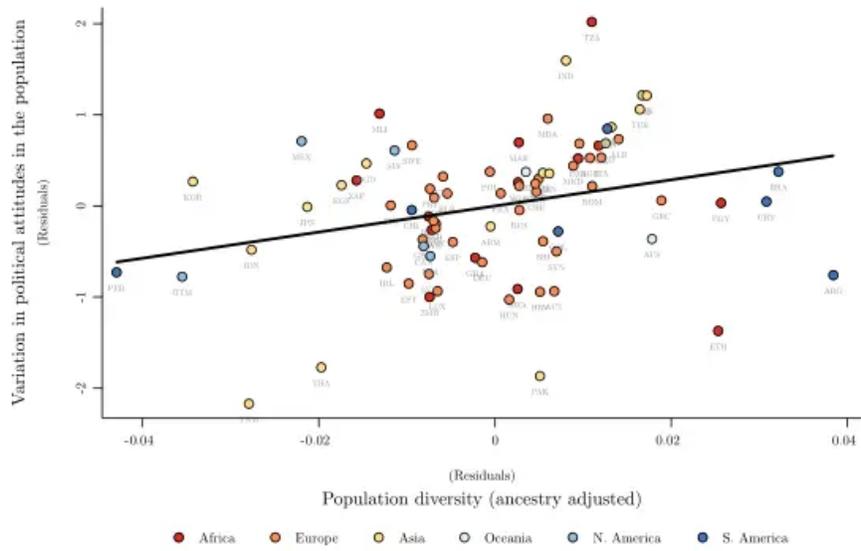


FIGURE 2.—Population diversity and the frequency of civil conflict onset across countries. *Notes:* This figure depicts the global cross-country relationship between contemporary population diversity and the annual frequency of new PRIO25 civil conflict onsets during the 1960–2017 time period, conditional on the baseline geographical correlates of conflict, as considered by the specification in Column 2 of Table I. The relationship is depicted for either an unrestricted sample of countries (Panel (a)) or a sample that omits apparently influential outliers (Panel (b)). Each of the two panels presents an added-variable plot with a partial regression line. Given that the unrestricted sample employed by the left panel is not constrained by the availability of data on other covariates considered by the analysis in Table I, the regression coefficients reported in this panel are marginally different from those presented in Column 2 of Table I. The set of influential outliers omitted from the sample in Panel (b) includes Bosnia and Herzegovina (BIH), Ethiopia (ETH), Georgia (GEO), India (IND), and Ukraine (UKR).

Figure 6.11: Diversité génétique prédite et conflits, Arbatli et al. (2020, fig. 2)



Relationship in the global sample; conditional on baseline geographical controls and region fixed effects
 Slope coefficient = 14.344; (robust) standard error = 6.238; t-statistic = 2.290; partial R-squared = 0.082; observations = 81

(c) Variation in political attitudes

Figure 6.12: Diversité génétique et variation dans les opinions politiques, Arbatli et al. (2020, fig. A1)

7 Transmission de la technologie et innovation: Özak (2018)

Dans le modèle de croissance unifiée, le rôle de la technologie est primordial. En particulier, la croissance technologique, active depuis toujours, permet le changement d'époque. Pour tant, comprendre les sources qui permettent l'avancement technologique aide à mieux comprendre les différences et les inégalités en termes de revenu per capita qu'on observe aujourd'hui. Dès nos jours, il est raisonnable de penser que la technologie se répand depuis la "frontière technologique" vers des tiers pays grâce, en part, au commerce.¹ Pour tant, en principe, les régions plus proches de cette frontière auront un avantage car il est plus facile et moins coûteux d'imiter ce qui est créé en frontière. De même, il prends moins de temps pour qu'une technologie arrive à un endroit proche de la frontière, et donc, il on va l'adapter avant.

Le papier d'Özak (2018) remporte ces considérations à l'époque Malthusienne. De manière surprenante, il montre comment dans cette époque, le rôle de la distance à la frontière technologique était assez différent. Vu que le commerce importait moins à l'époque, Özak propose que la distance à la frontière aura un effet en forme de U sur le développement. Ainsi, les régions proches à la frontière reçoivent les nouvelles technologies rapidement; comme aujourd'hui. Par contre, il indique qu'en les régions lointaines est

¹L'idée de frontière technologique essaye d'exprimer le fait qu'il y a toujours un ou plusieurs pays qui dominent la scène technologique. Par exemple, les États-Unis sont aujourd'hui la frontière technologique; pour certains domaines la Chine est aussi la frontière, etc.

nécessaire un processus d'adaptation technologique: il faut du temps et de la pensée pour adapter les nouvelles technologies à un environnement qui ne ressemble pas à ce d'origine. Ainsi, en régions lointaines, les gens se spécialisent à penser et adapter la technologie. Même, il est parfois possible que les nouvelles technologies n'arrivent jamais ou que les adaptations soient impossible si l'environnement est très différent ou la distance trop large. Dans ce cas, on espère que les régions lointaines soient inventives et créent leur propre technologie. Enfin, Özak considère que loin de la frontière une culture qui valorise la créativité émerge. Selon cette vision, les zones à une distance vers la frontière moyen seront les plus défavorisés: elles ne reçoivent pas beaucoup de technologie, mais elles ne n'adaptent ni en créent non plus.

7.1 Diffusion technologique

Si on pense à l'époque Malthusienne, la transmission des connaissances techniques impliquait le déplacement de gens qui savaient opérer la technologie ou la produire.² Par contre, le transport physique des engins et machines ne semble pas avoir eu de l'importance si on considère que le taille du commerce était inférieure.

C'est-à-dire, quand on voulait imiter une nouvelle technologie, on cherchait quelqu'un qui avait déjà travaillé avec la technologie. * Les créateurs d'instruments de précision sont arrivés au Royaume-Uni depuis l'Allemagne. Humfray Cole, créateur anglais, était apprenti de Thomas Gemini, habitant à Louvain en Belgique, et lui avait étudié en Allemagne. * Fibonacci apprenait l'algèbre des Arabes pendant les voyages de son père, et ensuite l'introduisait en Europe. * La plupart d'essais pour produire de la porcelaine en Europe furent inutiles, à exception faite d'une technique développé en Saxe et gardé secrète. Il fallut qu'un

²En plus, il y a des technologies qui sont immobiles: système de rotation des champs, canaux, élevage d'animaux, etc.

prêtre Jésuite français copiait la recette à l'aide des catholiques chinois.
* Le monopole dans la production des miroirs de haute qualité qu'avait Murano ne finissait jusqu'à le roi français Louis XIV embauchait un producteur de Murano. En représailles, le syndicat des miroirs de Murano emprisonnait les familles de producteurs qui avait dévoilé leur secret.

Pour tant, le plus loin qu'on était de la frontière technologique, le plus difficile il est de recevoir une nouvelle technologie de manière directe. En plus, quand une nouvelle technologie arrive, il est fort probable qu'elle nécessite un processus d'adaptation à l'environnement local: par exemple, avec un climat assez différent une copie directe serait inutile. C'est le cas avec les cathédrales gothiques: l'implémentation exacte change d'une région à l'autre. De plus, il est tout à fait possible qu'il soit moins couteaux de créer des innovations plutôt que d'adapter une technologie. Par exemple, l'agriculture, la boussole et le nombre zéro ont été inventés à plusieurs reprises. De manière résumée, Özak propose que ces deux effets conduisent à une plus grande créativité dans les régions qui sont loin de la frontière technologique. Ainsi, ces zones deviendront des clusters d'innovation et adaptation.

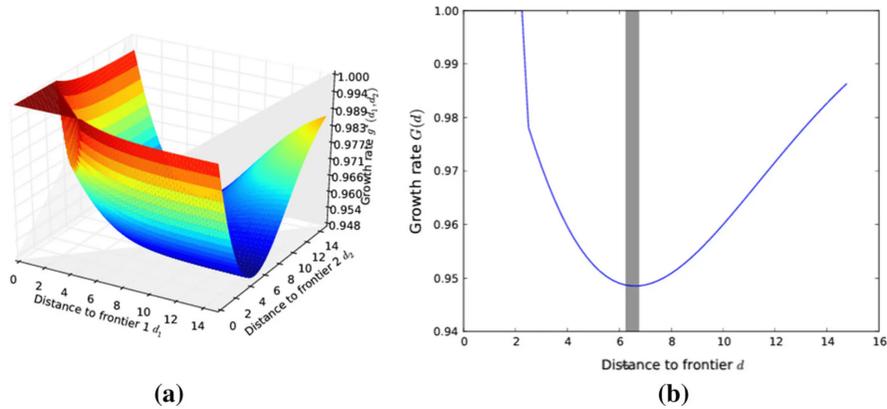


Fig. 3 Artificial world with two frontiers. **a** Steady state growth rates for all economies. **b** Steady state growth rates for equidistant economies or a world with only one frontier. Least Desirable Distance \bar{d} in gray

Figure 7.1: Özak (2018, fig. 3)

7.2 Prédiction et validation

En premier lieu, Özak construit une nouvelle mesure de distance à la frontière technologique basée sur l'idée de la distance géographique et la difficulté pour traverser un terrain. Ainsi, les régions qui sont plates sont faciles à traverser, les montagnes ajoutent de la difficulté, les terrains verglacés ou marécageux demandent plus de temps à les croiser, etc.

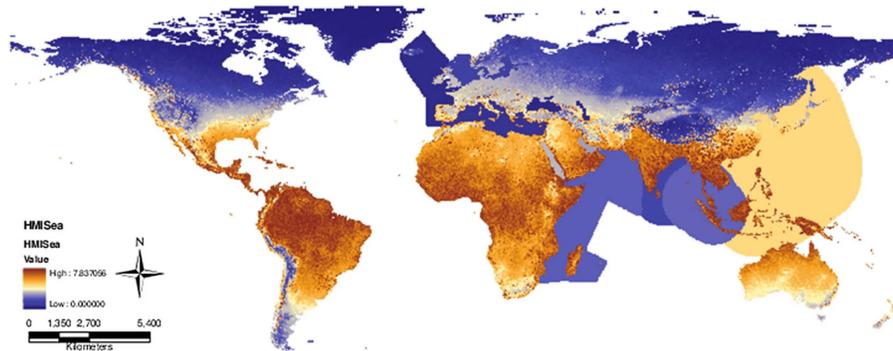


Fig. 4 Human Mobility Index with Seafaring (HMISea) cost surface. The figure depicts the number of hours required to cross each square kilometer on land and on seas in the Old World. Low values in dark lila, high values in dark brown, intermediate values in intermediate tones. See text or Özak (2010) for construction

Figure 7.2: Nombre d'heures pour traverser $1km^2$, Özak (2018, fig. 4)

Ensuite, il faut connaître où se trouve la frontière technologique et il est important de remarquer que la frontière technologique peut:

- Être multiple: si, par exemple, plusieurs régions dominent différents aspects technologiques: agriculture et mathématique.
- Peut changer avec le temps.

Selon les historiens, pendant l'année 1 la frontière était en l'est méditerranéen; pendant l'année 1000 en Irak; pendant 1500 aux Pays-Bas; et en 1750 au Royaume-Uni. Enfin, on peut calculer le temps qu'il faut pour se rendre à la frontière depuis n'importe où, en marchant à pied et utilisant la route la moins coûteuse:

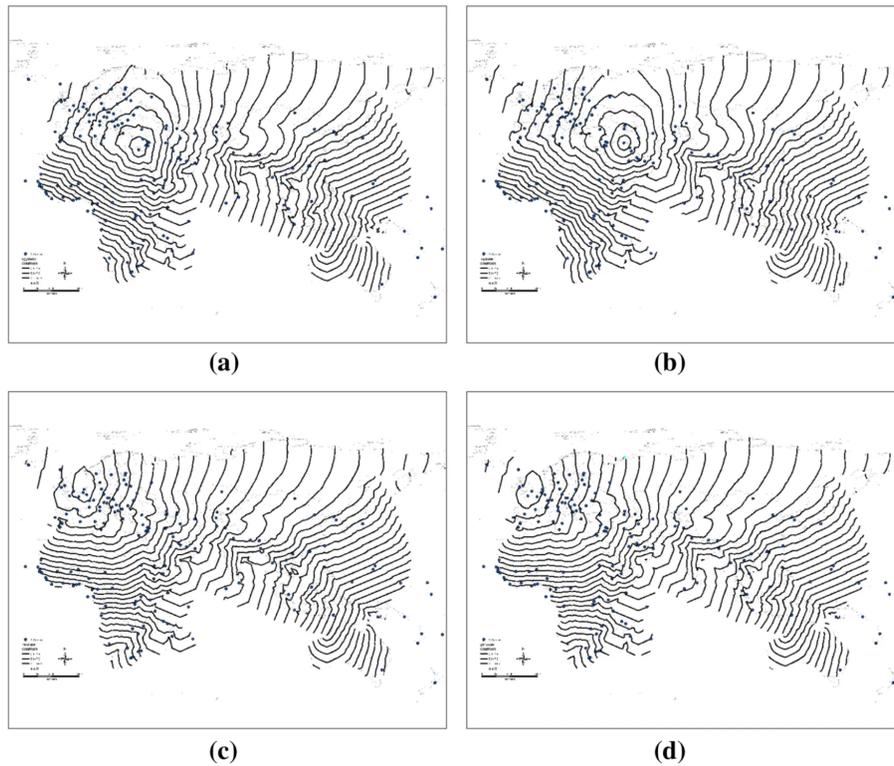


Fig. 5 Potential travel time to western pre-industrial technological frontiers (Old World). **a** Eastern Mediterranean, **b** Iraq, **c** Netherlands, **d** UK. *Note* Each panel depicts iso-chronic lines of travel time to a western pre-industrial technological frontier in the Old World. Each iso-chronic line represents half a week of continuous travel time along the optimal path to the frontier

Figure 7.3: Isochrones à la frontière technologique, Özak (2018, fig. 5)

Parmi plusieurs prédictions qu'Özak fait, nous allons en voir quelques-unes.

- En 1500, on espère une relation en forme de U entre la distance au Pays Bas (NDL) et la sophistication technologique. Les résultats peuvent s'interpréter de la manière suivante: pendant 1500, la

pire situation était se localiser à 6.4 semaines à pied des Pays-Bas. S’approcher ou s’éloigner une déviation standard, augmente le niveau technologique de 24%.

Table 1 Distance from the pre-industrial frontier and technological sophistication in 1500CE

	Technological sophistication in 1500CE							
	Unadjusted						Migration adjusted	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Pre-industrial distance to NLD	-0.15*** (0.02)	-0.10*** (0.03)	-0.10*** (0.03)	-0.10*** (0.03)	-0.13*** (0.03)	-0.13*** (0.03)	-0.13*** (0.03)	-0.13*** (0.03)
Sq. Pre-industrial distance to NLD	0.01*** (0.00)	0.01*** (0.00)	0.01*** (0.00)	0.01** (0.00)	0.01*** (0.00)	0.01*** (0.00)	0.01*** (0.00)	0.01*** (0.00)
Pre-industrial distance to CHN					-0.03*** (0.01)	-0.04 (0.04)	-0.03*** (0.01)	-0.04 (0.04)
Sq. Pre-industrial distance to CHN						0.00 (0.00)		0.00 (0.00)
LDD NLD	8.25*** (0.89)	5.37*** (0.50)	5.63*** (0.36)	6.42*** (1.25)	7.66*** (1.26)	7.73*** (1.62)	7.28*** (1.13)	7.41*** (1.52)
LDD CHN						124.61 (1456.00)		61.21 (325.44)
Geographical controls	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Time since Neolithic Revolution	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Continental FE	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
AET		1.87	2.15	3.51	13.05	14.95	10.24	12.88
δ		1.35	1.37	1.26	1.08	1.07	1.10	1.08
β^*		3.97	4.78	5.86	7.51	7.59	7.09	7.26
R^2	0.48	0.83	0.87	0.88	0.89	0.89	0.89	0.89
Adjusted- R^2	0.46	0.80	0.85	0.85	0.86	0.86	0.86	0.86
Observations	84	84	84	84	84	84	84	84

This table establishes the statistically and economically significant U-shaped relation between the distance to the frontier and technological sophistication in 1500CE across countries. Estimation by OLS. It additionally shows the Altonji et al. (2005) AET ratio as extended by Bellows and Miguel (2009). It also shows the δ and $\beta^*(1, 1)$ statistics suggested by Oster (2017). All statistics suggest that the results are not driven by unobservables. Pre-industrial distance to Netherlands/China is the minimum total travel time (in weeks) along the optimal path between a country’s capital and the Netherlands/China (see text for construction). Additional controls include latitude and latitude squared of the country’s capital, Pre-1500CE caloric suitability, percentage of land area in tropics and subtropics, mean elevation above sea level, land area, island and landlocked dummies, and malaria (*falciparum*) burden. Least desirable distance (LDD) is the number of weeks that minimizes the quadratic relation with respect to the pre-industrial distance. It is equal to $-\beta_{Distance}/(2 \cdot \beta_{Sq.Distance})$. Heteroskedasticity robust standard error estimates are reported in parentheses; *** denotes statistical significance at the 1% level, ** at the 5% level, and * at the 10% level, all for two-sided hypothesis tests

Figure 7.4: Özak (2018, Table 1)

- La frontière pendant 1750 était le Royaume-Uni. Ainsi, on espère un résultat similaire à ce d’avant pour le présent: les pays qu’aujourd’hui sont très proches ou très loin du Royaume-Uni se sont bénéficié du point vu technologique. En plus, aujourd’hui on espère qu’un plus grand développement technologique se révèle en revenu per capita et, pour tant, il devrait exister une relation en forme de U entre: * Le niveau technologique de chaque pays et la distance à pied et par route la moins coûteuse au Royaume-Uni *

Le revenu per capita de chaque pays et la distance à pied et par route la moins coûteuse au Royaume-Uni

Table 9 Distance from the pre-industrial technological frontier and contemporary development

	Contemporary development							
	Technological sophistication				Log[GDP per capita (2000–2015CE)]			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Pre-industrial distance to frontier	-0.16*** (0.01)	-0.14*** (0.03)	-0.14*** (0.03)	-0.14*** (0.03)	-1.03*** (0.09)	-0.65*** (0.14)	-0.64*** (0.16)	-0.61*** (0.17)
Sq. Pre-industrial distance to frontier	0.01*** (0.00)	0.01*** (0.00)	0.01*** (0.00)	0.01*** (0.00)	0.07*** (0.01)	0.05*** (0.01)	0.05*** (0.01)	0.05*** (0.01)
Pre-industrial distance CHN			0.00 (0.01)	0.01 (0.01)			0.01 (0.05)	0.04 (0.07)
Pre-industrial distance to Addis Ababa				0.01 (0.03)				0.13 (0.14)
Sq. Pre-industrial distance to Addis Ababa				-0.00 (0.00)				-0.01 (0.01)
European colony (includes Turkey)				-0.07 (0.05)				-0.45 (0.37)
LDD	7.32*** (0.28)	7.06*** (0.37)	7.02*** (0.39)	6.97*** (0.42)	7.25*** (0.27)	6.25*** (0.40)	6.21*** (0.50)	6.15*** (0.54)
Geographical controls	No	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes
Time since Neolithic Revolution	No	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes
Continental FE	No	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes
Adjusted- R^2	0.60	0.71	0.71	0.70	0.57	0.77	0.77	0.77
Observations	97	97	97	97	112	112	112	112

This table establishes the U-shaped association between the distance to the pre-industrial technological frontier and contemporary development as measured by technological sophistication in 2000CE and income per capita (average 2000–2015CE) across countries. The analysis accounts for country's geographical characteristics, the time since the country experienced the Neolithic Revolution, continental fixed effects, colony fixed effects, and pre-industrial distances to China and East Africa (and their squares). Heteroskedasticity robust standard error estimates are reported in parentheses; *** denotes statistical significance at the 1% level, ** at the 5% level, and * at the 10% level, all for two-sided hypothesis tests

Figure 7.5: Özak (2018, Table 9)

- Comment la frontière technologique change de place lors du temps, on peut comparer c'est qui se passe chaque fois qu'elle bouge. Comme la distance à la frontière a un effet en forme de U sur la technologie, et vue la que technologie est importante pour le développement, on devrait constater aussi un relation en forme de U entre la distance à la frontière et la densité de population.

Table 5 Distance from the pre-industrial frontier and pre-industrial population density

	Change in log population density					
	All periods			1000CE–1800CE	1CE–1500CE	1CE–1800CE
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Δ Pre-industrial distance to frontier	−0.18*** (0.03)	−0.08* (0.04)	−0.07* (0.04)	−0.08 (0.06)	−0.23*** (0.09)	−0.32*** (0.09)
Δ Sq. Pre-industrial distance to frontier	0.01*** (0.00)	0.01*** (0.00)	0.01*** (0.00)	0.01** (0.00)	0.03*** (0.01)	0.03*** (0.01)
Δ Years since transition to agriculture			−0.72*** (0.13)			
Δ Caloric suitability			0.00 (0.00)			
Δ Colonial status			0.03 (0.12)			
Δ Pre-industrial distance local frontier			−0.06 (0.06)			
LDD	5.92*** (0.45)	4.40*** (0.99)	4.04*** (1.21)	3.87*** (1.46)	3.67*** (0.75)	4.66*** (0.64)
Region FE	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Period FE	No	Yes	Yes	No	No	No
Region \times period FE	No	Yes	Yes	No	No	No
Adjusted- R^2	0.08	0.43	0.43	0.49	0.56	0.60
Observations	343	343	343	116	107	106

This table establishes the statistically and economically significant U-shaped relation between distance to the frontier and population density across countries in the pre-industrial era. (i) Columns (1)–(3) use a panel of changes in countries' log population density and distances to the frontier (first differences). Columns (4)–(6) use long differences (two periods columns (4)–(5), column (6) three periods). (ii) Least desirable distance (LDD) is the number of weeks that minimizes the quadratic relation with respect to the pre-industrial distance to the technological frontier. It is equal to $-\beta_{Distance}/(2 \cdot \beta_{Sq.Distance})$. (iv) Heteroskedasticity robust standard error estimates clustered at the country level are reported in parentheses; *** denotes statistical significance at the 1% level, ** at the 5% level, and * at the 10% level, all for two-sided hypothesis tests

Figure 7.6: Özak (2018, Table 5)

- Si vraiment les régions loin de la frontière devaient être innovantes pour adapter et créer des nouvelles technologies, les pays qui ont

passé plus de temps loin de la frontière seront plus créatifs. Il est possible de mesurer la créativité utilisant le nombre de brevets par personne.

Table 11 Persistent effect of distance from the pre-industrial technological frontier on contemporary patenting activity

	Log[Patents per Capita (2000–2015CE)]					
	All					Residents
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Time at MDD	0.15** (0.07)	0.14** (0.06)	0.14** (0.06)	0.17*** (0.06)	0.17*** (0.06)	0.20*** (0.06)
Regional FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Geographical controls	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Time since Neolithic Revolution	No	No	No	Yes	Yes	Yes
Colony FE	No	No	No	Yes	Yes	Yes
Volatility controls	No	No	No	No	Yes	Yes
Adjusted- R^2	0.60	0.70	0.70	0.74	0.78	0.80
Observations	84	84	84	84	84	84

This table establishes the positive cumulative effect of being far from the technological frontier during the pre-industrial era on domestic patenting activity (average patents per capita 2000–2015CE). The analysis accounts for regional fixed effects, country's geographical characteristics, the time since the country experienced the Neolithic Revolution, colony fixed effects, and geographical determinants of statehood, cooperation and risk preferences. Heteroskedasticity robust standard error estimates are reported in parentheses; *** denotes statistical significance at the 1% level, ** at the 5% level, and * at the 10% level, all for two-sided hypothesis tests

Figure 7.7: Özak (2018, Table 11)

References

- Andersen, Thomas Barnebeck, Carl-Johan Dalgaard, and Pablo Selaya. 2016. “Climate and the Emergence of Global Income Differences.” *The Review of Economic Studies* 83 (4): 1334–63. <https://doi.org/10.1093/restud/rdw006>.
- Arbatli, Cemal Eren, Quamrul H. Ashraf, Oded Galor, and Marc Klemp. 2020. “Diversity and Conflict.” *Econometrica* 88 (2): 727–97. <https://doi.org/10.3982/ecta13734>.
- Ashraf, Quamrul, and Oded Galor. 2011. “Dynamics and Stagnation in the Malthusian Epoch.” *American Economic Review* 101 (5): 2003–41. <https://EconPapers.repec.org/RePEc:aea:aecrev:v:101:y:2011:i:5:p:2003-41>.
- . 2013a. “The ‘Out of Africa’ Hypothesis, Human Genetic Diversity, and Comparative Economic Development.” *American Economic Review* 103 (1): 1–46. <https://EconPapers.repec.org/RePEc:aea:aecrev:v:103:y:2013:i:1:p:1-46>.
- . 2013b. “Genetic Diversity and the Origins of Cultural Fragmentation.” *American Economic Review* 103 (3): 528–33. <https://doi.org/10.1257/aer.103.3.528>.
- Betti, Lia, Noreen Von Cramon-Taubadel, and Stephen J. Lycett. 2012. “Human Pelvis and Long Bones Reveal Differential Preservation of Ancient Population History and Migration Out of Africa.” *Human Biology* 84 (2): 139–52. <https://doi.org/10.3378/027.084.0203>.
- Diamond, Jared. 2000. *De l'inégalité Parmi Les Sociétés: Essai Sur l'homme Et l'environnement Dans l'histoire*. Editions Gallimard.
- Franck, Raphael, Oded Galor, Omer Moav, and Ömer Özak. 2022. “The Shadow of the Neolithic Revolution on Life Expectancy: A Double-

- Edged Sword.” IZA Discussion Papers 15166. Institute of Labor Economics (IZA). <https://doi.org/None>.
- Galor, Oded. 2011. *Unified Growth Theory*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- . 2012. “The Demographic Transition: Causes and Consequences.” *Cliometrica, Journal of Historical Economics and Econometric History* 6 (1): 1–28. <https://EconPapers.repec.org/RePEc:afc:cliome:v:6:y:2012:i:1:p:1-28>.
- . 2024. *Le Voyage de l’humanité: Aux Origines de La Richesse Et Des inégalités*.
- Galor, Oded, and Omer Moav. 2007. “The Neolithic Revolution and Contemporary Variations in Life Expectancy.” Working Papers 2007-14. Brown University, Department of Economics. <https://EconPapers.repec.org/RePEc:bro:econwp:2007-14>.
- Hanihara, Tsunehiko. 2008. “Morphological Variation of Major Human Populations Based on Nonmetric Dental Traits.” *American Journal of Physical Anthropology* 136 (2): 169–82. <https://doi.org/10.1002/ajpa.20792>.
- Harari, Yuval Noah. 2015. *Sapiens : Une Brève Histoire de l’humanité*. Paris, France: Albin Michel.
- Özak, Ömer. 2018. “Distance to the Pre-Industrial Technological Frontier and Economic Development.” *Journal of Economic Growth* 23 (2): 175–221. https://EconPapers.repec.org/RePEc:kap:jecgro:v:23:y:2018:i:2:d:10.1007_s10887-018-9154-6.
- Price, T. Douglas, and Ofer Bar-Yosef. 2011. “The Origins of Agriculture: New Data, New Ideas: An Introduction to Supplement 4.” *Current Anthropology* 52 (S4): S163–74. <https://doi.org/10.1086/659964>.
- Reher, David S. 2004. “The Demographic Transition Revisited as a Global Process.” *Population, Space and Place* 10 (1): 19–41. <https://doi.org/10.1002/psp.313>.