

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	20
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 et les inégal- ités économiques	32

4	Agriculture et inégalités : Diamond (1997)	33
4.1	Chasseurs-cueilleurs et 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)	45
5.1	Rendement de l'éducation, cataractes et croissance économique	45
5.1.1	Prédictions et résultats empiriques	48
6	Diversité génétique et développement : Ashraf et Galor (2013)	52
6.0.1	Une mesure de diversité entre personnes : diversité génétique	53
6.0.2	Résultats	57
6.0.3	Mécanismes	62
7	Transmission de la technologie et innovation : Özak (2018)	67
7.1	Diffusion technologique	68
7.2	Prédiction et validation	70
	References	77

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 la date 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 et al. (2016)
- Galor and Moav (2007)
- Franck et al. (2022)
- Ashraf and Galor (2011)
- Ashraf and Galor (2013b)
- Ashraf and Galor (2013a)
- Arbatli et al. (2020)
- Özak (2018)

3 Le Modèle UGT

3.1 Introduction

L'un des principaux objectifs de l'économie a toujours été la compréhension des différences économiques entre les pays et les régions du monde à long terme. Il suffit de lire le titre du plus célèbre ouvrage d'Adam Smith: "Recherches sur la nature et les causes de la richesse des nations". De nos jours, les écarts de PIB par tête entre économies restent considérables, comme l'illustre la distribution pour 2021 ci-dessous. Ces écarts importants s'observent aussi au sein de chaque continent.

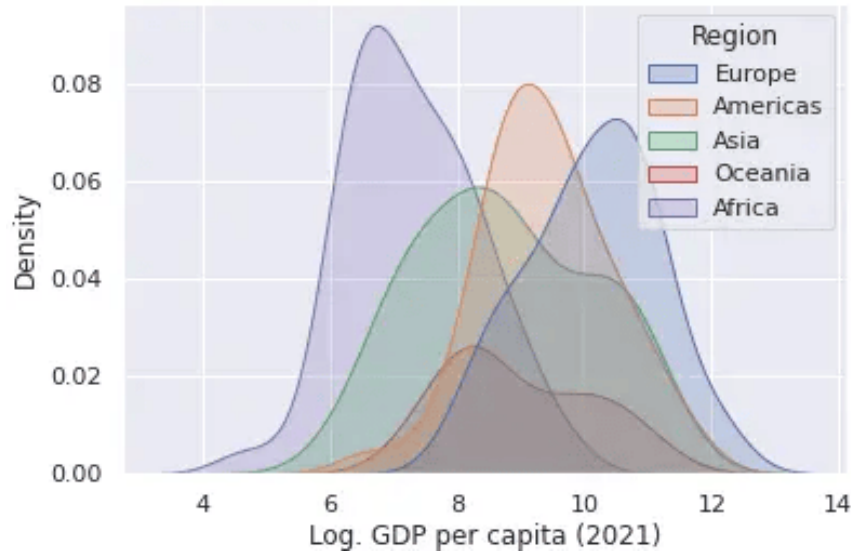


Figure 3.1: Distribution du PIB par tête

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

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

Dans le modèle de Solow, les rendements décroissants de l'accumulation du capital peuvent produire une convergence conditionnelle vers des états

stationnaires propres à chaque économie. Une convergence absolue vers un même niveau de revenu par tête exige notamment que les économies aient les mêmes paramètres structurels. Les modèles de croissance endogène, quant à eux, ne prédisent pas nécessairement la convergence. La figure suivante compare le revenu par tête relatif aux États-Unis en 1970 et en 2010. Une convergence vers les États-Unis placerait les observations initialement pauvres au-dessus de la droite à 45 degrés. Dans la figure, la droite ajustée se situe légèrement au-dessus de cette droite pour les faibles revenus initiaux et légèrement en dessous pour les revenus élevés, ce qui suggère une faible convergence.

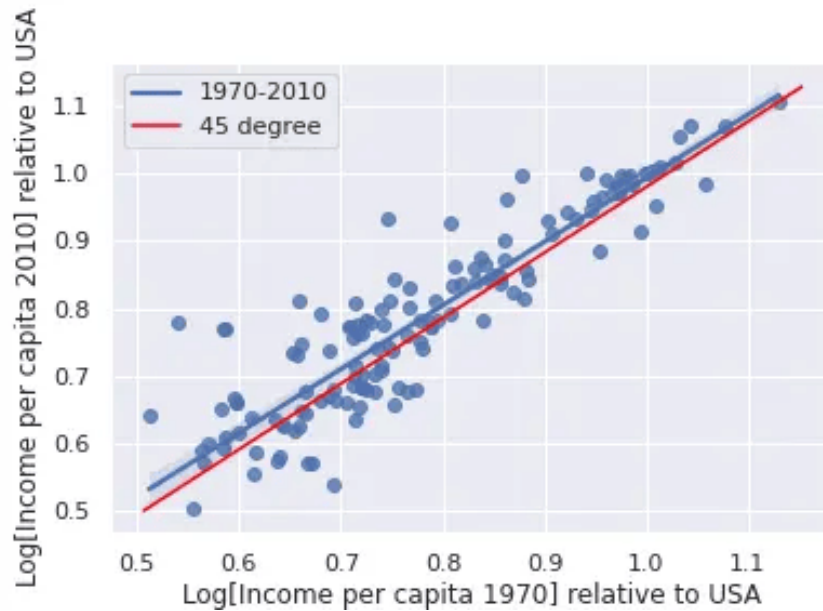


Figure 3.2: Convergence

3.1.1 Théories néoclassiques et croissance

Les modèles modernes de croissance, qu'il s'agisse des modèles néoclassiques d'accumulation du capital ou des modèles de croissance endogène, ont connu un certain succès pour expliquer le processus de croissance économique pendant la période moderne. Ainsi, en partant des hypothèses de base, ils montrent comment le capital physique et le capital humain s'accumulent et contribuent à générer de la 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. Dans le modèle de Solow sans progrès technologique, les rendements décroissants conduisent le capital par travailleur vers une constante.¹ Avec un progrès technique augmentant le travail, c'est le capital par unité de travail efficace qui devient constant, tandis que le capital et la production par tête continuent de croître. Selon l'hypothèse de convergence, les précurseurs de l'industrialisation devraient montrer une croissance plus faible à mesure qu'ils approchent de leur état stationnaire. Au contraire, les pays qui ont débuté leur processus d'industrialisation plus tard devraient montrer un taux de croissance plus important. La droite ajustée de la figure présente une légère pente négative, compatible avec une faible bêta-convergence inconditionnelle, même si les observations sont dispersées et influencées par quelques valeurs extrêmes.

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

¹L'idée de frontière technologique essaie 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 ; dans certains domaines, la Chine est aussi à la frontière, etc.

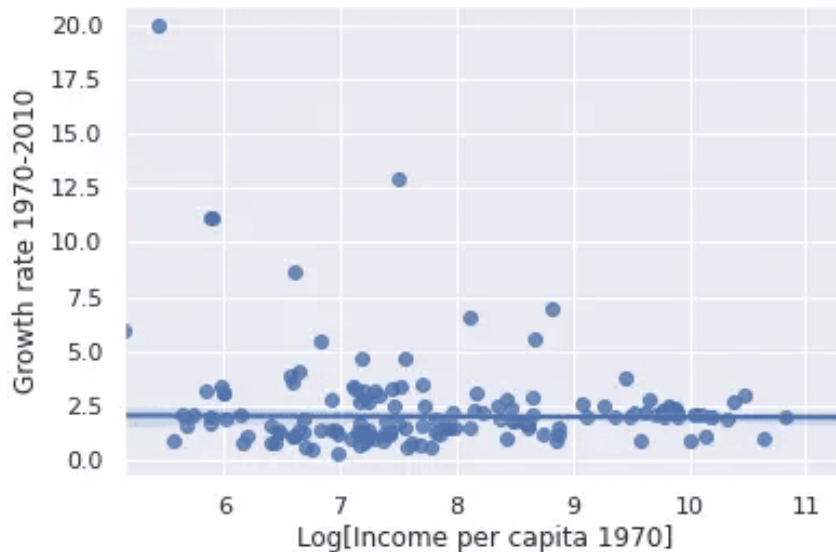


Figure 3.3: β -convergence

3.1.1.2 Lien entre technologie et revenu à l'époque malthusienne

Une deuxième limitation des théories néoclassiques est leur focalisation sur le processus de croissance moderne. Ainsi, ces théories ignorent presque la totalité de l'existence d'*Homo sapiens* sur Terre. En effet, toutes les théories néoclassiques essaient de présenter des facteurs de croissance qui ont été importants pendant les derniers siècles, plus ou moins depuis la révolution industrielle. Or, *Homo sapiens* existe depuis environ 300 000 ans et la majeure partie de son existence est complètement ignorée. Ce qui est encore plus important, l'existence humaine est caractérisée par un mode de vie que l'on connaît sous le nom d'*époque malthusienne*.

Encore plus important, l'époque malthusienne, qui comprend plus de 99

% du temps d'existence de l'humanité, se caractérise par le fait qu'une amélioration technologique augmentait temporairement le revenu par tête, puis que la croissance de la population le ramenait à long terme vers son niveau malthusien.² Ainsi, durant cette période, une meilleure technologie se traduisait à long terme par une population plus nombreuse et non par un revenu par tête durablement plus élevé.

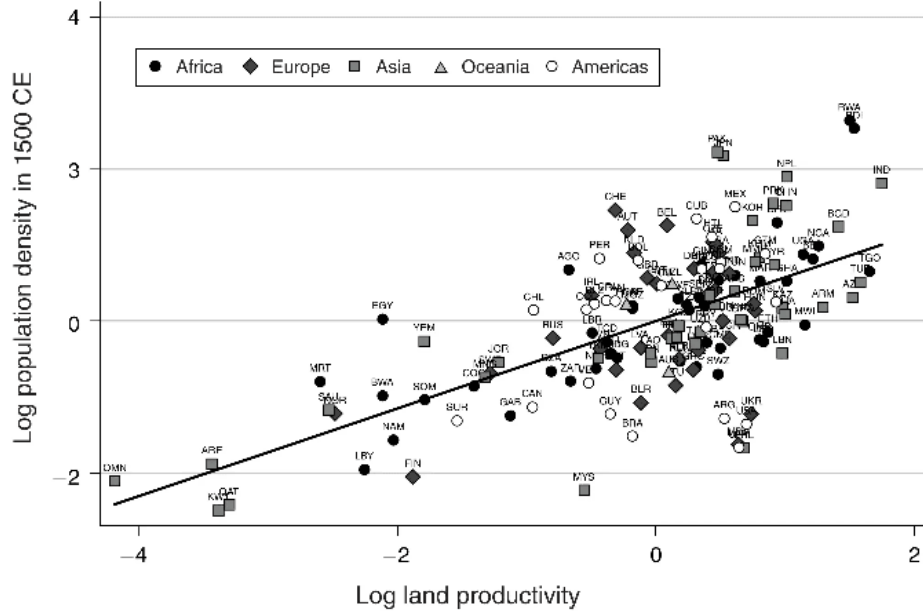


Figure 3.4: Productivité des terres et densité de population, Ashraf and Galor (2011, fig. 3, Panel B)

²En outre, certaines technologies sont liées à un lieu ou difficilement transportables : systèmes de rotation des cultures, canaux, techniques d'élevage, etc.

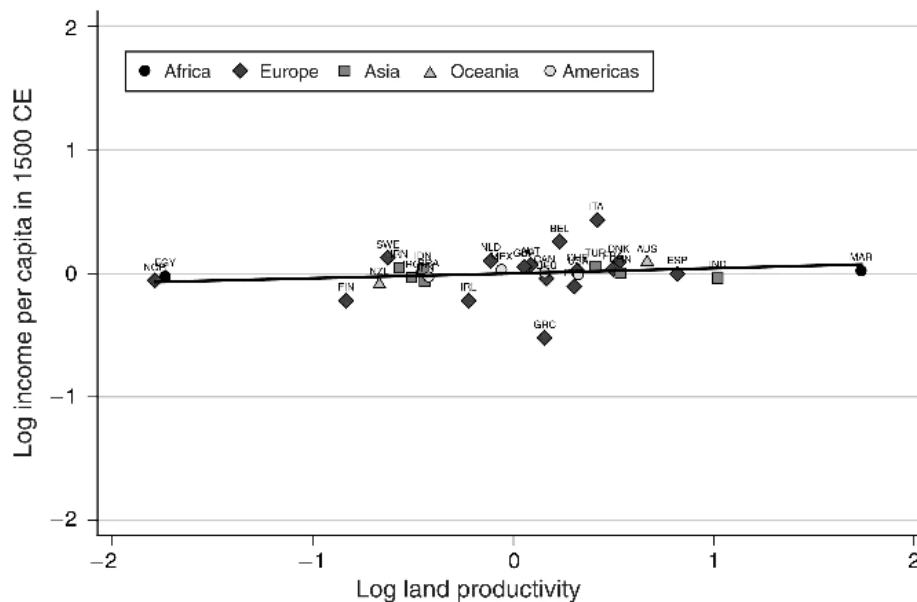


Figure 3.5: Productivité des terres et revenu, Ashraf and Galor (2011, fig. 4, Panel B)

Or, les théories néoclassiques impliquent directement qu'une amélioration de la technologie est liée à une augmentation du revenu par tête, à court comme à 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 le verra lors du cours, comprendre les raisons pour lesquelles certaines sociétés ont 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'a jamais été l'objectif des théories néoclassiques et que cela ne représente donc pas une faille des modèles.

3.1.1.3 Transition démographique

De manière similaire, les théories néoclassiques sont incapables d'expliquer la transition démographique. La transition démographique est le passage d'un régime de mortalité et de natalité élevées à un régime où elles sont faibles, la baisse de la mortalité précédant généralement celle de la natalité. La réduction du taux de natalité a des répercussions profondes sur le développement économique. De manière succincte, pendant l'époque malthusienne, les améliorations technologiques se traduisaient par des augmentations du taux de natalité ou du taux de survie des enfants, de sorte que le revenu disponible par personne revenait à long terme à son niveau initial. En revanche, quand le nombre d'enfants diminue, chaque amélioration technologique permet d'augmenter durablement le revenu par tête. Autrement dit, pendant l'époque malthusienne, le nombre d'enfants s'ajustait de sorte que le revenu par tête revenait à son niveau d'équilibre. C'est-à-dire que, si chaque personne avait besoin d'un certain nombre de calories pour survivre, la population augmentait jusqu'à ce que tout le monde obtienne exactement ce nombre de calories. Quand le nombre d'enfants diminue, une amélioration technologique permet à chacun d'avoir accès à plus de ressources, dont une partie peut être consacrée à l'investissement dans le capital humain des enfants afin d'augmenter leurs connaissances et leur productivité future.

3.2 La théorie unifiée de la croissance économique

Pour répondre aux enjeux précédents, la théorie unifiée de la croissance a notamment été formalisée par Galor et Weil (2000), puis développée et synthétisée par Galor (2005, 2011). L'objectif de cette théorie est de présenter un modèle de croissance économique qui permet, à la fois, de comprendre les époques malthusienne, post-malthusienne et moderne. Sans entrer dans les détails, il existe différents modèles économiques pour chaque

période, mais aucun n'est capable de reproduire tout le processus de croissance économique depuis l'apparition des êtres humains. 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 fécondité des familles et l'investissement dans le capital humain.

Mathématiquement, le modèle est complexe et, donc, au lieu de l'étudier en détail, nous allons nous concentrer 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 que l'on constate dans le monde.

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

L'évolution des variables qu'intègre le modèle génère trois grandes époques selon leurs valeurs: époque malthusienne, époque post-malthusienne et époque moderne. Chacune des époques se caractérise par une combinaison particulière des variables, ou des dynamiques des variables, sous-jacentes suivantes:

- Fécondité et sa relation avec le revenu par tête (positive ou négative).
- Investissement dans l'éducation (positif ou nul).

Enfin, il faut signaler que chaque époque a une durée temporelle différente. Ainsi, l'époque malthusienne est la plus longue, s'étendant de l'apparition des êtres humains modernes jusqu'au XVIII^e siècle pour les pays développés. Ensuite, l'époque post-malthusienne couvre les XVIII^e et XIX^e siècles 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 retirent de l'utilité de leur niveau de capital humain, et celui-ci est fortement influencé par le niveau d'éducation. L'hypothèse selon laquelle les parents préfèrent avoir des enfants éduqués est une manière simple et typique de représenter des préférences plus complexes:

- Les parents s'intéressent au salaire futur 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 cette dépréciation est une fonction du rythme du progrès technologique (voir ci-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 de 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 que l'on apprend pendant la jeunesse, un métier par exemple, va rester utile toute la vie. Par exemple, si l'on apprend à utiliser une scie ou un marteau, ces connaissances restent valides tant que les outils ne changent pas. Lorsque le progrès technologique est faible, le rendement

marginal de l'éducation peut être insuffisant pour justifier son coût dans le modèle; cela ne signifie pas que l'éducation ne procure aucun avantage. En revanche, si l'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, par conséquent, les enfants qui reçoivent une éducation seront mieux équipés pour s'adapter à la nouvelle situation. Ainsi, les parents doivent procurer une éducation à leurs enfants pour amortir la dépréciation du capital humain due au progrès technique.

3.2.1.2 Niveau minimal de capital humain

Comme on l'a dit auparavant, il est raisonnable que, même sans un investissement exprès en capital humain, un certain niveau soit 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 que la demande d'éducation est faible lorsque le progrès technologique est lent, 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. Dans la version présentée du modèle, l'investissement éducatif devient positif lorsque le progrès technologique accroît suffisamment la demande de capital humain.

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, de nouvelles idées qui augmentent le niveau technologique. Ainsi, une population plus large aura une probabilité plus élevée de produire une nouvelle idée et, par conséquent, le progrès technologique sera plus important.
- De l'autre côté, l'investissement dans l'éducation pousse le niveau technologique, car les personnes ayant davantage de connaissances ont une probabilité plus élevée d'inventer et d'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 300 000 ans et le début du XVIII^e siècle. L'époque malthusienne se caractérise par l'absence d'effet à long terme des développements technologiques sur le revenu par tête. C'est-à-dire que les améliorations technologiques permettant de produire davantage augmentent temporairement le revenu par tête, avant que la croissance de la population ne le ramène vers son niveau d'équilibre. Or, pendant cette période, la production additionnelle était consacrée à l'augmentation de la fécondité: les familles avaient plus d'enfants.⁴ Ainsi, pendant l'époque malthusienne, les sociétés les plus avancées sur le plan technologique ne montraient pas un

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.

revenu par tête durablement plus élevé, mais une plus grande densité de population.

Ce type de dynamique, qui génère une augmentation de la population avec chaque progrès technique, peut être représenté à l'aide de préférences incluant un niveau minimal de consommation.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:

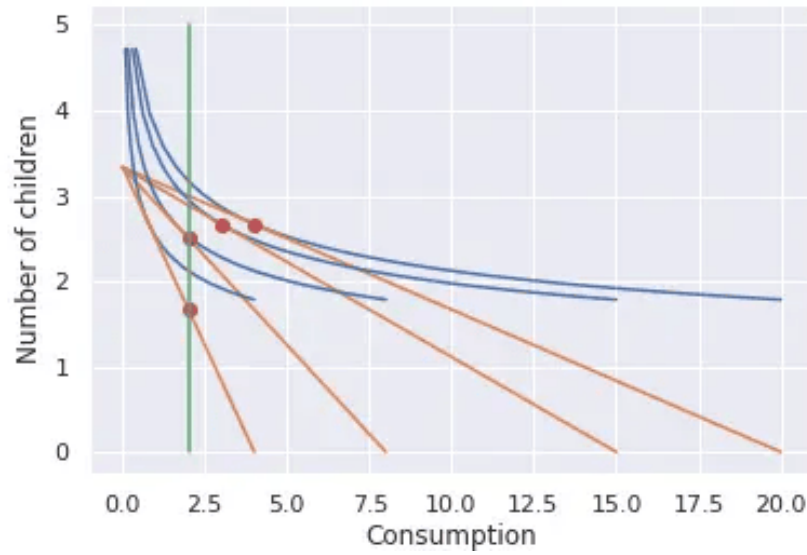


Figure 3.6: Chemin d'expansion

Quand le revenu par tête est faible, sans la restriction de consomma-

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

tion minimale (ligne verte), les familles souhaiteraient consommer peu. Mais elles sont obligées de consommer au moins la quantité minimale. L'optimum devient donc la combinaison de la consommation minimale et du nombre d'enfants qu'elles peuvent avoir, compte tenu du coût de chaque enfant: $y = c + \rho yn \implies n = \frac{y-c}{\rho y}$. À tout moment, la technologie peut s'améliorer, notamment parce que la population augmente. Ainsi, lorsque cela se produit, le revenu par tête augmente et la contrainte budgétaire orange se déplace vers la droite. Or, tant que la contrainte de consommation minimale reste contraignante, la décision optimale demeure la même: consommer le minimum et utiliser ce qui reste pour avoir des enfants. Le graphique montre cela avec les points rouges, qui sont toujours sur la ligne de consommation minimale verte, mais de plus en plus haut. Ainsi, chaque fois que la population augmente plus rapidement, cela contribue à accélérer le progrès technologique.

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 significative entre:
 - Revenu par tête et technologie
 - Revenu par tête et productivité agricole
- Les pays les plus avancés du point de vue technologique et les plus productifs:
 - Densité de population supérieure
 - Pas de différence en revenu par tête.

3.3.1.2 Validation

Ashraf and Galor (2011) testent empiriquement ces conclusions pour l'époque malthusienne.

D'abord, ils montrent que les pays ayant des terres plus adaptées à l'agriculture ont atteint une plus grande densité de population vers 1500, mais que leurs habitants ne jouissaient pas d'un revenu par tête plus élevé.

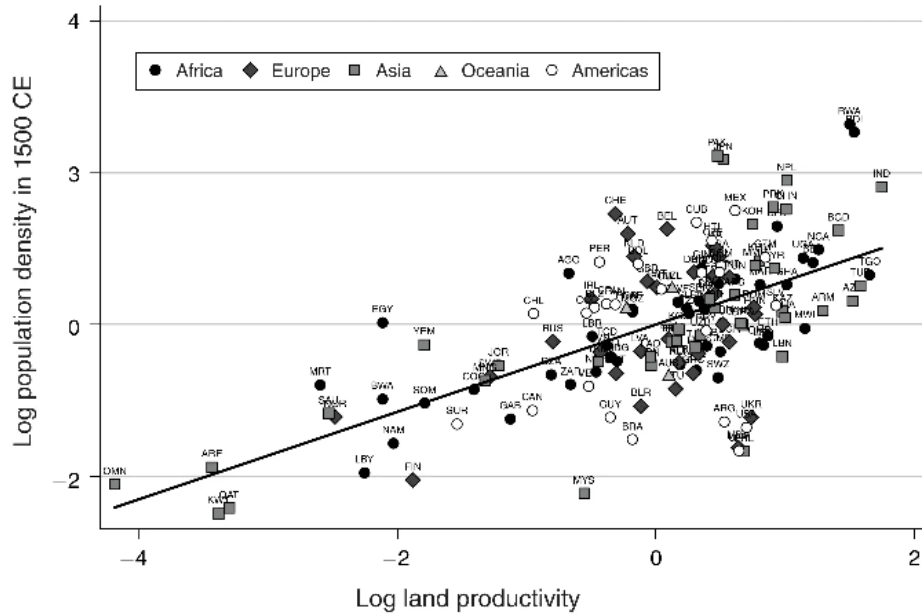


Figure 3.7: Productivité des terres et densité de population, Ashraf and Galor (2011, fig. 3, Panel B)

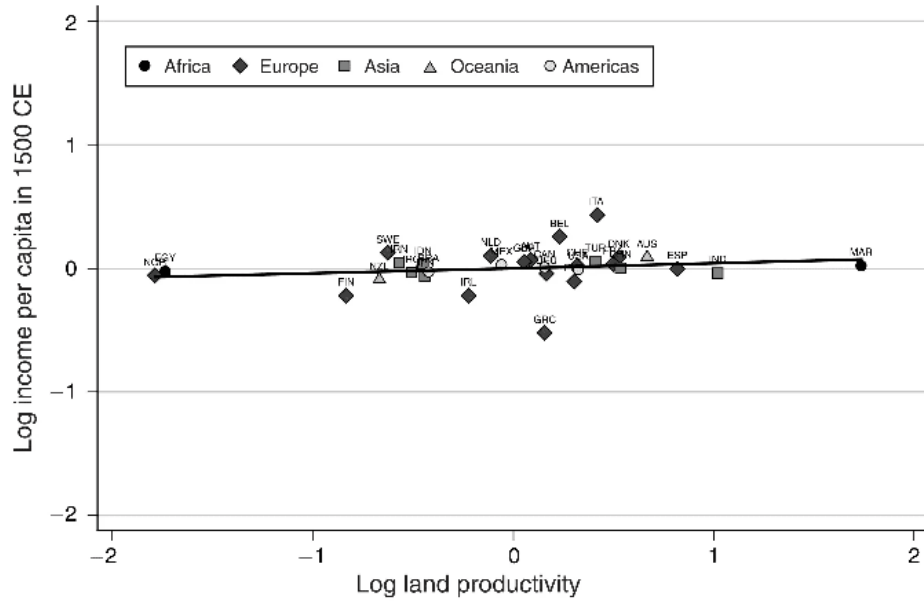


Figure 3.8: Productivité des terres et revenu, Ashraf and Galor (2011, fig. 4, Panel B)

Ensuite, ils se concentrent 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 écoulées depuis la révolution néolithique, c'est-à-dire depuis qu'une société a adopté l'agriculture. L'idée de base, tirée de [Jared Diamond \(1997\)](#), indique que les sociétés qui ont adopté l'agriculture pouvaient produire davantage que les chasseurs-cueilleurs et généraient donc un surplus de ressources. Ces ressources excédentaires permettaient à une partie de la population de se consacrer à des tâches ne produisant pas de nourriture et de développer le langage écrit, la science, etc. En premier lieu, ils montrent que les pays et régions qui sont passés plus tôt à l'agriculture ont bénéficié d'un avantage

technologique qui se manifeste dans toute une série de variables mesurant 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 ayant un niveau technologique plus élevé avaient une plus grande densité de population en 1500, mais pas un revenu par tête plus élevé.

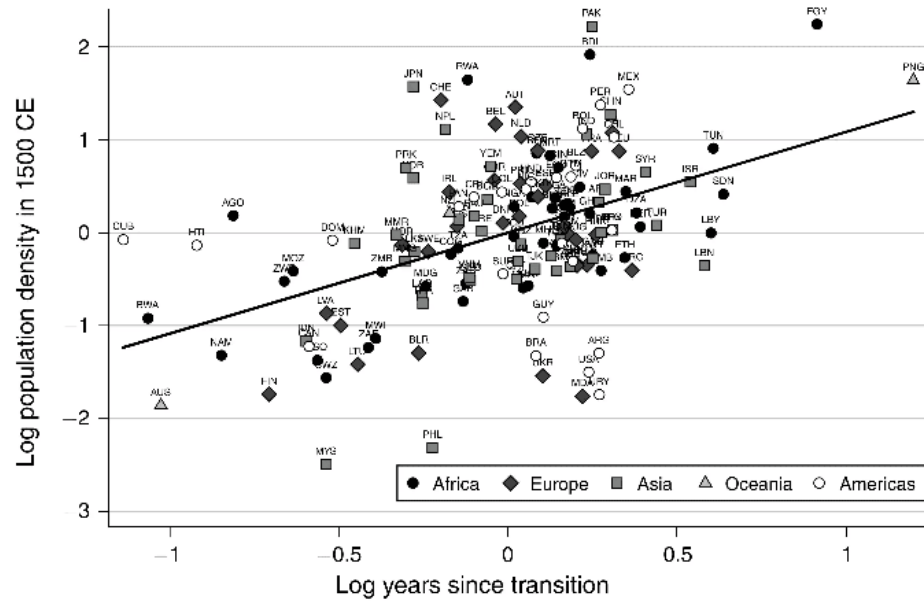


Figure 3.10: Temps depuis la révolution néolithique et densité de population, Ashraf and Galor (2011, fig. 3, Panel A)

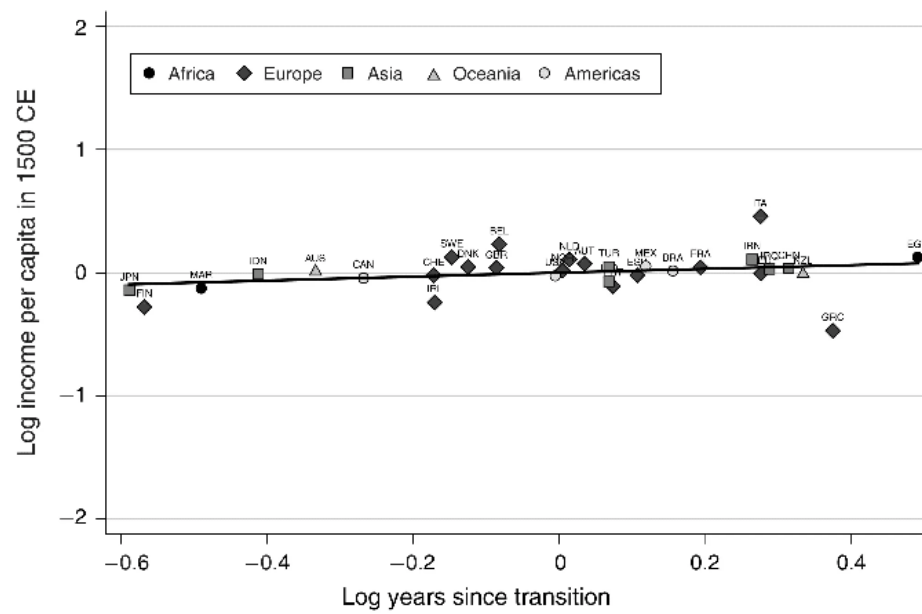


Figure 3.11: Temps depuis la révolution néolithique et revenu, Ashraf and Galor (2011, fig. 4, Panel A)

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 d'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. En revanche, le rythme du progrès technologique est encore insuffisant pour susciter des investissements dans l'éducation. Enfin, le trait distinctif de la période post-malthusienne est la hausse 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 pas encore dans l'éducation. Par contre, comme la technologie ne cesse d'augmenter, la seule conclusion possible est que le revenu par tête doit augmenter aussi.

Pourtant, ce passage de l'époque malthusienne à l'époque post-malthusienne peut déjà générer des différences de revenu par tête entre pays et régions. Par exemple, les pays qui, pour une raison ou une autre, ont achevé plus tôt leur époque malthusienne verront leur revenu par tête augmenter, tandis que ceux qui restent encore dans le système malthusien montreront un niveau de revenu par tête constant au cours du temps.

3.3.2.1 Validation

Selon la discussion ci-dessus, les pays qui ont commencé leur transition démographique plus tôt devraient montrer un niveau de revenu par tête plus élevé. Ce lien devrait exister, car une transition démographique précoce permet au revenu par tête d'augmenter depuis plus longtemps. La figure 7 de Galor (2012) documente une corrélation positive entre le temps écoulé depuis la transition démographique et le revenu par tête en 2000, sans établir à elle seule un effet causal:

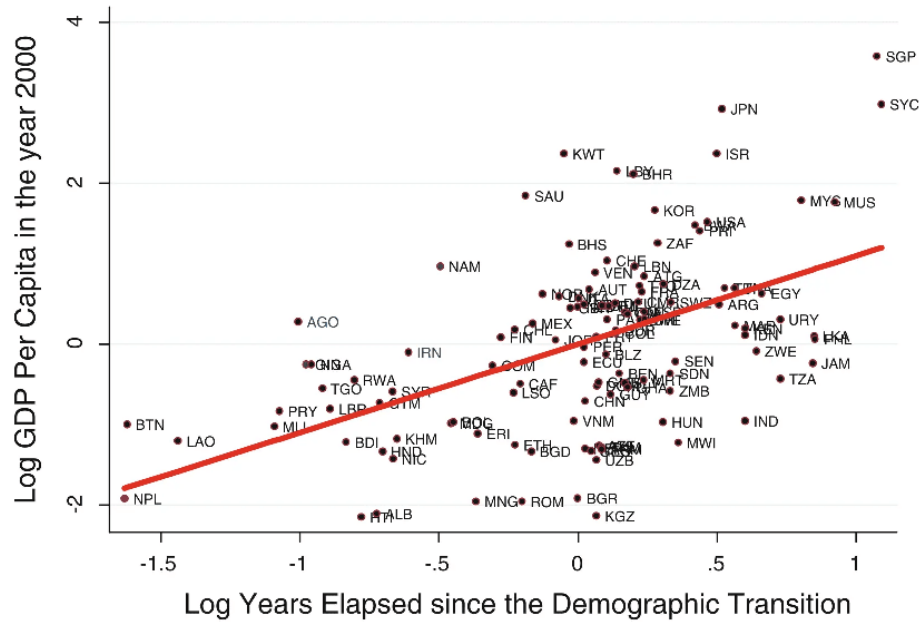


Figure 3.13: Galor (2012, fig. 7)

3.3.3 Époque moderne

Rappelons que le progrès technologique n'a pas cessé de s'accélérer pendant la période post-malthusienne. Le progrès technologique s'est tellement accéléré que les parents jugent nécessaire d'investir dans l'éducation pour éviter que le capital humain de leurs enfants se déprécie. Ainsi, le rythme du progrès technologique finit par atteindre le seuil critique à partir duquel les parents sont prêts à investir dans l'éducation. Une autre possibilité serait que le revenu par tête soit suffisamment élevé pour que les parents décident d'investir dans l'éducation, mais, selon Galor, les données empiriques ne concordent pas avec cette explication. En tout cas, la conclusion est la même: à l'époque moderne, les parents décident d'investir dans l'éducation. Cela entraîne un effet direct:

- Le coût de chaque enfant augmente, car les parents lui fournissent désormais une éducation. Ainsi, les familles décident d’avoir moins d’enfants, mais de leur offrir plus d’éducation. On appelle cet arbitrage le “quality-quantity trade-off”: les familles échangent le nombre d’enfants contre leur qualité. Comme l’éducation augmente le coût total de chaque enfant, les familles substituent la qualité à la quantité et réduisent leur fécondité.
 - On observe une corrélation **négative** entre revenu et nombre d’enfants.
 - On appelle ce processus la “transition démographique”.

En plus, maintenant que les enfants reçoivent une éducation, la technologie augmente encore plus rapidement. En effet, l’éducation complète le rôle de la taille de la population et prend une importance croissante dans la détermination de la vitesse du progrès technologique. 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 fécondité

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

La théorie unifiée de la croissance économique propose un nouveau paradigme de croissance économique qui comprend l'intégralité de l'histoire humaine. En résumé, les principaux facteurs de 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 concernant ces deux éléments est capable de générer des différences économiques entre régions. Voici quelques exemples que nous allons voir en cours:

- Géographie:
 - Conditions biogéographiques conduisant à la révolution néolithique (Diamond, 1997)
 - Maladies, espérance de vie et investissement en capital humain (Andersen, Dalgaard et Selaya, 2016)
 - Culture conduisant à l'innovation (Özak, 2018)
- Caractéristiques transmises intergénérationnellement:
 - Préférences pour le présent et le futur (Galor et Özak, 2016)
 - Diversité (Ashraf et Galor, 2013)
- Colonialisme:
 - Partition des groupes ethniques par les frontières coloniales (Michalopoulos et Papaioannou, 2016)
 - Esclavage (Nunn, 2008)

4 Agriculture et inégalités : Diamond (1997)

Selon Jared Diamond (1997), les inégalités entre pays trouvent en partie leur origine dans des facteurs apparus lors de la révolution néolithique, à commencer par l'adoption de l'agriculture. Pour comprendre pourquoi certaines régions sont aujourd'hui plus développées que d'autres, il faut donc examiner pourquoi l'agriculture est apparue et a été adoptée dans certaines régions du monde, tandis que d'autres ont continué à tirer leurs calories de la chasse et de la cueillette.

4.1 Chasseurs-cueilleurs et agriculture

Aujourd'hui, quelques populations continuent à vivre en chasseurs-cueilleurs. Ces populations tendent à présenter peu d'inégalités entre leurs membres : ceux-ci reçoivent approximativement la même quantité de nourriture et participent à diverses activités. Ce qui importe notamment, c'est l'**absence** d'un groupe de personnes entièrement détachées de la production alimentaire.

À l'opposé de cette situation, on trouve les sociétés agricoles. Ce qui les distingue surtout est leur capacité à produire davantage de calories par unité de surface et à stocker une partie de la production. Elles peuvent ainsi dégager un surplus alimentaire. Ce surplus permet d'entretenir des spécialistes qui ne participent pas directement à la production alimentaire.

: bureaucrates, prêtres, artisans, soldats, savants, penseurs, etc. Ces spécialistes ne se limitent donc pas aux activités intellectuelles. La spécialisation favorise l'invention de l'écriture, le développement de la pensée scientifique (mathématiques, géométrie, astronomie, etc.) et le progrès technique. Enfin, comme le passage à l'agriculture a lieu à l'époque malthusienne, on peut soutenir que les premières sociétés à l'adopter bénéficient d'un avantage : elles accumulent davantage de technologies, produisent plus et voient leur population augmenter, ce qui peut à son tour renforcer le progrès technique.

4.2 L'apparition de l'agriculture

Selon les données archéologiques, l'agriculture est apparue indépendamment à plusieurs reprises dans le monde, à des dates différentes. Après chaque apparition indépendante, elle s'est répandue dans les régions voisines. Le tableau 1 de Price and Bar-Yosef (2011) donne des dates approximatives d'apparition d'espèces domestiquées, en années calibrées BP : en Asie du Sud-Ouest, 11 500 pour les plantes et 10 500 pour les animaux ; en Chine, 10 000 pour le millet et plus de 7 000 pour le riz ; au Mexique, 9 000 pour le maïs ; en Amérique du Sud, 10 000 pour les plantes et 6 000 pour les animaux ; en Nouvelle-Guinée, plus de 7 000 pour les plantes ; en Asie du Sud, 5 000 pour les plantes et 8 000 pour les animaux ; en Afrique, 5 000 pour les plantes et 9 000 pour les animaux ; et dans l'est de l'Amérique du Nord, 5 000 pour les plantes.¹

¹L'idée de frontière technologique essaie 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 ; dans certains domaines, la Chine est aussi à la frontière, etc.

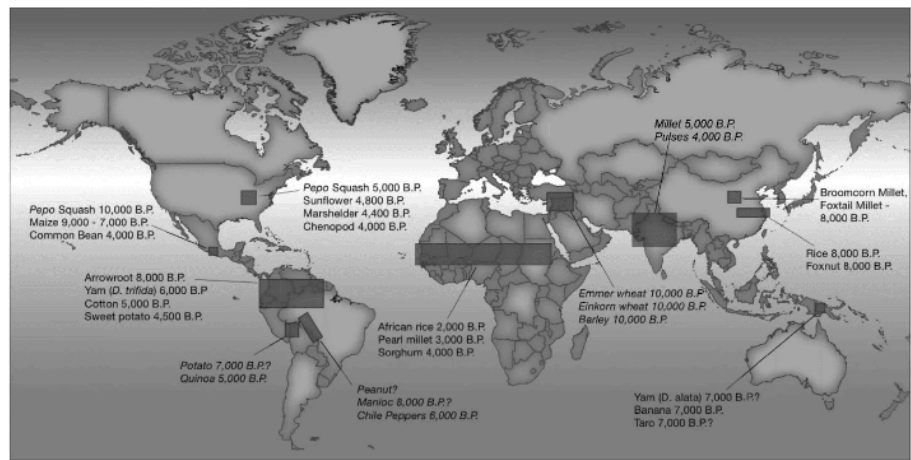


Figure 1. Major centers of domestication and dates for earliest plants and animals. Illustration by Marcia Bakry. A color version of this figure is available in the online edition of *Current Anthropology*.

Figure 4.1: Principaux foyers de domestication et dates des premières plantes et des premiers animaux domestiqués, Price and Bar-Yosef (2011, fig. 1)

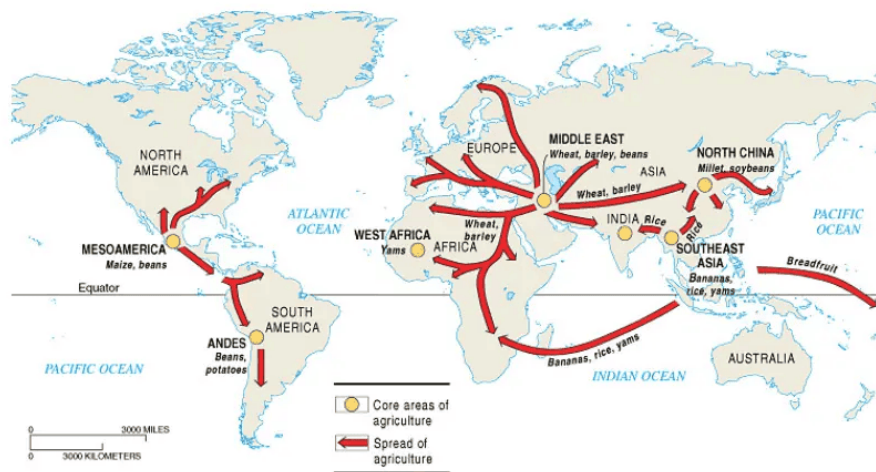


Figure 4.2: Dispersion de l'agriculture, [source](#)

Ensuite, l'agriculture s'est répandue dans les régions limitrophes des foyers d'origine. Cette diffusion n'était pas homogène et dépendait de facteurs géographiques.

- Climat favorable, similaire à celui du foyer d'origine. Un climat proche de celui des premiers foyers agricoles favorise la croissance des mêmes plantes ; l'agriculture a donc plus de chances d'être adoptée dans des zones au climat comparable.
 - Le climat est similaire le long d'une même latitude. Ainsi, l'agriculture se répand plus facilement sur un continent orienté est-ouest que sur un continent orienté nord-sud.
 - * Par exemple, des cultures adaptées au climat méditerranéen auraient pu atteindre la région du Cap, mais elles étaient séparées de celle-ci par une vaste zone tropicale au

climat très différent. De même, la diffusion des plantes entre l'Amérique du Nord et la région andine était freinée par la succession de climats différents.

- Barrières physiques : Les semences ne se répandent pas automatiquement : il faut les transporter. Un facteur qui facilite l'expansion géographique de l'agriculture est donc la possibilité de franchir facilement de grandes distances.
 - C'est le cas, par exemple, en Europe continentale et dans l'est de l'Asie, où s'étendent de grandes plaines. En revanche, l'agriculture a mis du temps à se développer en Californie. Cela peut sembler étonnant car, à la même latitude mais dans l'est du continent, au moins quatre plantes avaient été domestiquées vers 4 000 BP. Toutefois, le centre des États-Unis comprend des régions sèches, des déserts et de grandes chaînes de montagnes, ce qui rend plus difficile la diffusion 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, ainsi que selon Diamond, les régions qui ont adopté l'agriculture en premier ont bénéficié d'un avantage sur les autres. La productivité additionnelle due à l'agriculture aurait permis deux choses :

- Augmenter la population : on devrait observer une plus grande densité de population dans les zones agricoles.
- Permettre l'existence d'une classe de non-agriculteurs susceptibles de contribuer au progrès technique.

Les estimations de Ashraf and Galor (2011) documentent une association entre une transition néolithique plus ancienne, un niveau technologique

plus élevé et une plus forte densité de population pendant l'époque malthusienne.

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)

En revanche, conformément à la théorie, les régions ayant connu plus tôt la transition néolithique n'affichaient pas un revenu par habitant significativement plus élevé pendant l'époque malthusienne. Dans un équilibre malthusien, un gain de productivité se traduit à long terme par une densité de population plus élevée, plutôt que par une hausse durable du revenu par habitant.

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 la santé humaine, notamment par l'intermédiaire de la densité de population.² Selon Diamond, une plus grande densité facilite la transmission des agents infectieux entre les individus. En outre, l'agriculture est généralement associée à l'élevage. La proximité des animaux accroît alors le risque de zoonose, c'est-à-dire de transmission d'un agent pathogène de l'animal à l'être humain. On pourrait donc s'attendre à une incidence plus élevée des maladies **infectieuses** dans les régions ayant adopté l'agriculture plus tôt. Pourtant, une régression de l'incidence contemporaine sur l'ancienneté de l'agriculture donne le signe opposé.

²En outre, certaines technologies sont liées à un lieu ou difficilement transportables : systèmes de rotation des cultures, canaux, techniques d'élevage, etc.

Ce résultat, apparemment contraire aux attentes, peut s'expliquer par la sélection naturelle ; c'est l'argument de Galor and Moav (2007). Dans les sociétés agricoles, les personnes dotées d'un système immunitaire plus réactif avaient une probabilité de survie et de reproduction plus élevée. Les variantes génétiques favorisant cette réponse ont donc été davantage transmises, rendant la population plus résistante aux maladies infectieuses. Les descendants des premiers agriculteurs descendent précisément de ceux qui avaient survécu à cette pression infectieuse.

Cette hypothèse peut toutefois être testée. L'effet protecteur d'un système immunitaire plus réactif est clair. Cependant, il peut aussi accroître la prédisposition à certaines maladies auto-immunes ou inflammatoires, comme le diabète de type 1 et la maladie de Crohn. Si l'hypothèse est correcte, on s'attend donc aux relations suivantes : * Une corrélation négative entre le temps écoulé depuis l'adoption de l'agriculture et l'incidence des maladies infectieuses. * Une corrélation positive entre le temps écoulé depuis l'adoption de l'agriculture et les maladies auto-immunes ou inflammatoires. * Aucune corrélation pour des causes sans lien avec le système immunitaire, utilisées comme tests placebo.

Galor and Moav (2007) documentent, entre pays, une relation négative entre l'ancienneté de la transition néolithique et la charge des maladies infectieuses. Franck et al. (2022) étudient ensuite en France la baisse de la mortalité infectieuse, la hausse des maladies auto-immunes ou inflammatoires et plusieurs résultats placebo.

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

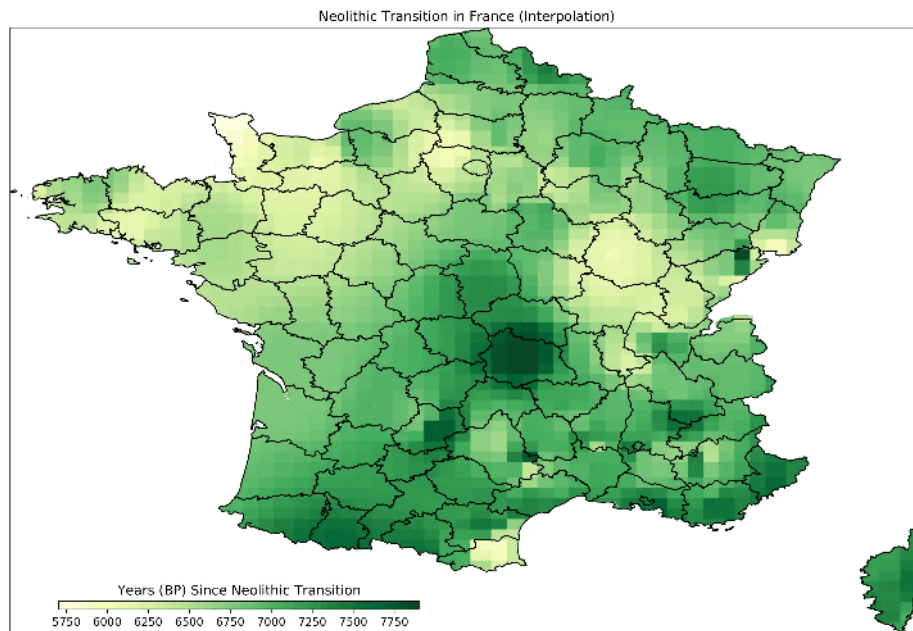
Dependent Variable: % of Years of Life Lost to Infectious Diseases in 2002						
Explanatory Variables:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Years since Neolithic (weighted)	-10.248 (0.983)***	-6.664 (0.933)***	-4.476 (1.119)***	-3.419 (1.430)**	-4.233 (1.359)***	-3.903 (1.091)***
Absolute Latitude		-1.026 (0.095)***	-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 : dans leur analyse de la France, Franck et al. (2022) interpolent le nombre d'années écoulées depuis la transition néolithique.



Source: (Franck-Galor-Özak, 2016)

Figure 4.6: Nombre interpolé d'années depuis la transition néolithique en France, Franck, Galor et Özak (2016, version préliminaire)

	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: Transition néolithique et mortalité dans les villes françaises en 1900, Franck, Galor et Özak (2016, version préliminaire)

	Incidence							Prevalence	
	Arterial ischemic events	Liver disease & cirrhosis	dis- & Diabetes	Respiratory failure	Alzheimer's disease & other dementias	Nephropathy	Ulcerative colitis & Crohn's disease	Coronary artery dis- ease	Mecha- nical Heart Disease Heart Disease
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Years Since Neolithic Revolution	0.40*** (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: Transition néolithique, maladies auto-immunes ou inflammatoires et test placebo, Franck, Galor et Özak (2016, version préliminaire)

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

Un des mécanismes fondamentaux du passage de l'époque post-malthusienne à l'époque moderne est l'apparition du *quantity-quality trade-off*, c'est-à-dire le fait que les familles choisissent d'avoir moins d'enfants et d'investir davantage dans leur éducation, ce qui favorise le progrès technique. Par conséquent, les pays entrés plus tôt dans l'époque moderne bénéficient d'une avance de développement grâce à une accumulation plus intense de capital humain. Tout facteur qui incite à investir dans l'éducation peut donc engendrer des écarts économiques. À l'inverse, les facteurs qui retardent cet arbitrage freinent l'accélération du progrès technique et, par conséquent, de la croissance économique.

Andersen et al. (2016) proposent d'étudier la maladie comme un facteur susceptible de retarder le *quantity-quality trade-off*.

5.1 Rendement de l'éducation, cataractes et croissance économique

L'investissement dans l'éducation est, après tout, comparable à tout autre investissement : il dépend du rendement espéré. Ce rendement dépend notamment de la durée pendant laquelle l'investissement reste productif. 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'Andersen et al. porte sur les maladies oculaires, en particulier les cataractes. Généralement associées à un âge avancé, celles-ci pourraient sembler ne pas influencer sur le rendement de l'éducation puisqu'elles se manifestent à la fin de la vie. Cependant, à partir de données ophtalmologiques et sous plusieurs hypothèses, les auteurs calculent que les différences de prévalence des cataractes entre une région à forte exposition aux UV et une région à faible exposition pourraient réduire jusqu'à 14 ans l'espérance de vie active dans les emplois qualifiés.

Enfin, les auteurs s'appuient sur le fait que l'exposition au rayonnement ultraviolet (UV) augmente le risque de souffrir de cataractes. Ce type de rayonnement est généralement plus intense à proximité de l'équateur.

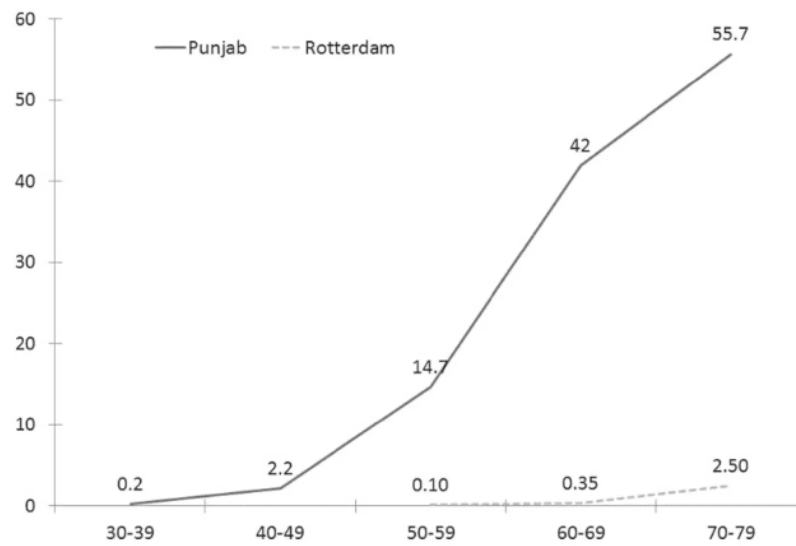


FIGURE 3

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 et al. (2016, fig. 3)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Dependent variable:	(log) Cataract prevalence, 2004								
(log) UV	2.37*** [0.14]	1.54*** [0.33]	2.40*** [0.19]	2.50*** [0.82]	2.01*** [0.28]	2.66*** [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 (FEs)	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	5	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 (FEs)			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 et al. (2016, Table 5)

5.1.1 Prédiction et résultats empiriques

Andersen et al. (2016) prédisent que l'exposition aux UV affecte :

- La transition démographique :
 - Dans les régions davantage exposées aux UV, les cataractes réduisent le rendement attendu de l'éducation.¹
 - Par conséquent :
 - * Les UV devraient être positivement corrélés à l'année de la transition de fécondité.

¹L'idée de frontière technologique essaie 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 ; dans certains domaines, la Chine est aussi à la frontière, etc.

- * Ils ne devraient pas être corrélés à la densité de population avant la transition.
- * Ils devraient être négativement corrélés à l'activité économique moderne.
- * Ils devraient être négativement corrélés à la croissance de la scolarisation après la transition.

Les auteurs tirent de Reher (2004) l'année de la transition de fécondité pour chaque pays. Rappelons que le rayonnement UV réduirait le rendement de l'investissement dans l'éducation et retarderait donc la baisse de la fécondité. Ainsi, le rayonnement UV devrait être positivement corrélé à l'année de la transition.

TABLE 7
Real GDP per worker, fertility decline, catraact 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	33.36** [19.4]	1.29** [0.51]			0.50 [0.49]	
Year of the fertility decline			0.019** [0.0053]		0.617*** [0.0054]	0.015** [0.0053]
(log) Catraact prevalence, 2004				0.24** [0.081]	0.16* [0.088]	0.52 [0.36]
Observations	120	120	120	120	120	120
R ²	0.80	0.67	0.70	0.67	0.71	0.58
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) Catraact 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 HO: 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)–(5), and a 2SLS-IV regression in column (6). 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). Catraact 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 (1000 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 (1000 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 et al. (2016, Table 7)

La colonne 6 montre qu'une transition de fécondité plus tardive est associée à un PIB réel par travailleur plus faible en 2004. Les résultats vont également dans le sens de la deuxième prédiction : pendant l'époque

malthusienne, les UV ne sont pas significativement associés à la densité de population en l’an 1, en 1000 ou en 1500.² Dans la table 6, la relation avec le PIB réel par habitant devient négative et statistiquement significative en 1950, mais ne l’est pas en 1820 ni en 1900.

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

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Dependent variable:	Population density in:			Real GDP per capita in:			
	1 CE	1000 CE	1500 CE	1820	1900	1950	1950
(log) UV	-0.71 [0.69]	-0.84 [0.64]	-0.92 [0.65]	0.12 [0.52]	-0.71 [0.91]	-1.87 ^{***} [0.61]	-3.27 ^{***} [1.46]
Observations	124	124	124	72	81	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	0.35
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 F-test)	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 Mackenro (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 (2000 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 et al. (2016, Table 6)

Enfin, les auteurs documentent une association entre le rayonnement UV et l’éducation qui va dans le sens de leur hypothèse. Puisque le rendement attendu du capital humain est plus faible dans les régions davantage exposées aux UV, la croissance du nombre moyen d’années de scolarité devrait y être plus lente. La table A17 étudie précisément cette croissance entre 1870 et 2005, en tenant compte du niveau initial de scolarisation.

²En outre, certaines technologies sont liées à un lieu ou difficilement transportables : systèmes de rotation des cultures, canaux, techniques d’élevage, 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	0.22*** [0.082]	0.38*** [0.11]	0.42*** [0.13]	0.34** [0.06]	0.11 [0.14]	0.32*** [0.12]	0.22* [0.13]	0.4 [0.40]	0.39** [0.44]
(log) Years of schooling, 1870	-0.73*** [0.052]	-0.86*** [0.032]	-0.82*** [0.048]	-0.84*** [0.075]	-0.88*** [0.048]	-0.84*** [0.067]	-0.86*** [0.051]	-0.92*** [0.052]	-0.97*** [0.074]
Observations	62	52	52	62	62	62	52	52	62
R-squared	0.90	0.93	0.91	0.92	0.92	0.92	0.91	0.95	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		Constant, His	Latitude, elevation (levels)	Latitude, elevation (FEs)	Precipitation, temperature	Distance to ocean, rivers, area, timing, Neolithic revolution	Agricultural suitability, tropics, area, forest	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):									
Constant, His		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, tropics, area, forest							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 et al. (2016, Table A17)

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

L'article Ashraf and Galor (2013b) propose l'idée qu'au sein des sociétés, les différences entre individus peuvent être une source de richesse ou entraîner des coûts économiques. Ainsi, selon les auteurs, une plus grande diversité entre les personnes :

- Augmente la probabilité que les compétences ou les traits individuels soient complémentaires entre les différentes tâches productives, donnant lieu à une amélioration technologique ;
- Augmente la probabilité que quelqu'un soit particulièrement doué pour une activité, ce qui accroît la productivité ;
- De manière générale, favorise l'innovation et repousse la frontière des possibilités de production.

En revanche, une société dans laquelle les membres sont très différents supporte également certains coûts :

- La coordination est plus difficile, car les individus peuvent avoir des préférences différentes ;
- Le conflit est plus probable ;
- La confiance envers autrui est plus faible.

Ainsi, compte tenu des coûts et des bénéfices, il est possible que la relation entre diversité et développement ait la forme d'un U inversé. C'est-à-dire

que, si tous les individus sont identiques, la société ne profite pas des avantages liés à la diversité. À l'inverse, si les différences entre individus sont maximales, les coûts peuvent largement dépasser les bénéfices. Il peut donc exister un niveau intermédiaire de diversité qui maximise l'issue de développement prédite.¹

6.0.1 Une mesure de diversité entre personnes : diversité génétique

L'hypothèse centrale de cet article est que les migrations humaines hors d'Afrique, il y a 70 000 à 90 000 ans, ont influencé la diversité génétique et, si le mécanisme proposé par les auteurs est correct, ont ainsi affecté indirectement le développement économique. Ashraf et Galor s'appuient donc sur des recherches en anthropologie et en génétique pour construire une mesure de la diversité génétique entre personnes au sein d'un pays. Le point de départ est l'[effet fondateur](#), c'est-à-dire le fait que, lorsqu'un petit sous-groupe quitte une population d'origine pour fonder une nouvelle population, la diversité génétique du nouveau groupe est inférieure à celle du groupe d'origine. On peut appliquer ce concept aux migrations humaines hors d'Afrique. À mesure que les humains ont peuplé de nouveaux endroits (Europe, Asie, îles du Sud-Est asiatique, Amérique du Nord et du Sud, etc.), la diversité génétique a ainsi diminué. Plus précisément, la variable pertinente est la distance le long de routes migratoires préhistoriques approximées, contraintes par plusieurs points de passage et évitant autant que possible les grandes traversées maritimes.

¹L'idée de frontière technologique essaie 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 ; dans certains domaines, la Chine est aussi à la frontière, etc.

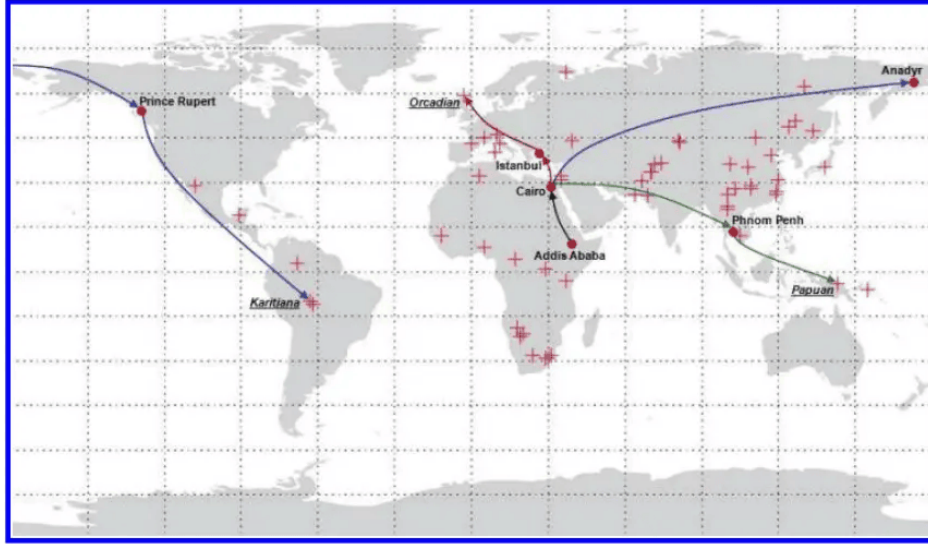
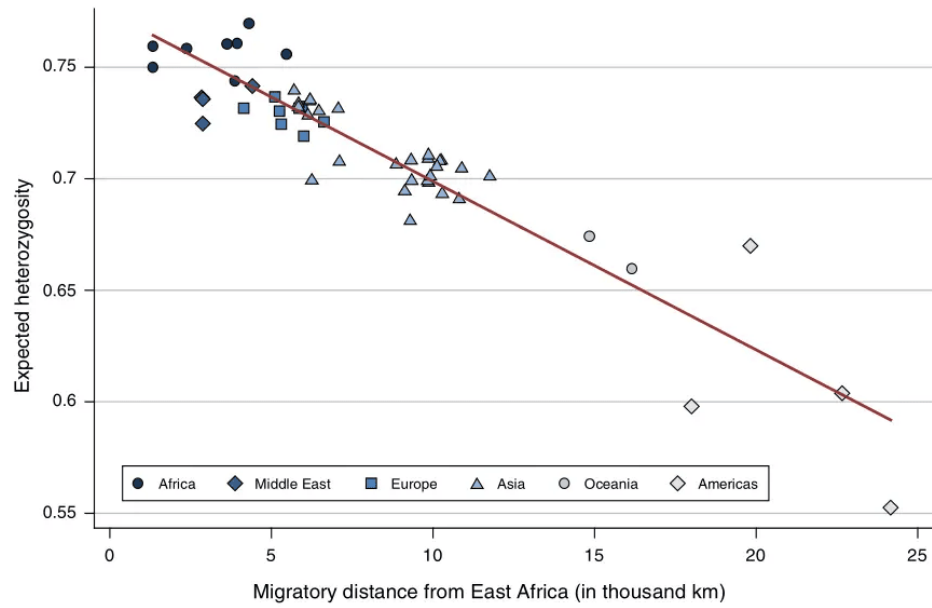


FIGURE 2. THE 53 HGDP-CEPH ETHNIC GROUPS AND MIGRATORY PATHS FROM EAST AFRICA

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: Migrations humaines hors d'Afrique, Ashraf and Galor (2013b, fig. 2)

Un indice qui mesure la diversité génétique est l'hétérozygotie attendue : la probabilité que deux allèles tirés au hasard soient différents à un locus donné, moyenne prise sur plusieurs loci. Pour un locus ℓ , elle s'écrit $H_\ell = 1 - \sum_i p_{i\ell}^2$, où $p_{i\ell}$ est la fréquence de l'allèle i . Ces données concernent 53 groupes ethniques considérés comme historiquement autochtones de leur localisation et relativement isolés des flux génétiques avec d'autres groupes. On observe une corrélation négative entre l'éloignement de l'Afrique et plusieurs indicateurs de diversité biologique. Pour l'hétérozygotie attendue, la distance utilisée est la distance migratoire depuis Addis-Abeba.



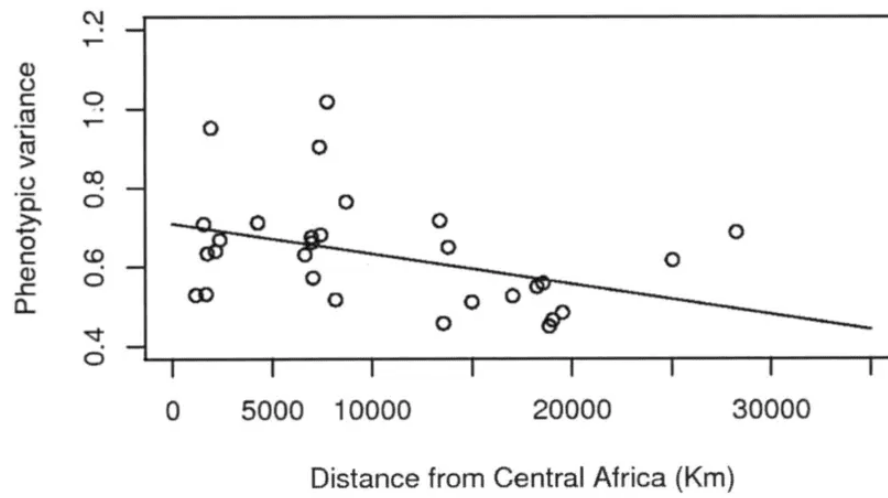


Figure 2. Linear regression of phenotypic within-population variance and geographic distance for the pelvis, with central Africa (8S, 25E) used as point of origin ($R^2 = 0.154$, $P = 0.032$).

Figure 6.3: Distance à l'Afrique centrale et variance phénotypique intrapopulationnelle du bassin, Betti et al. (2012, fig. 2)

Intra-regional variance

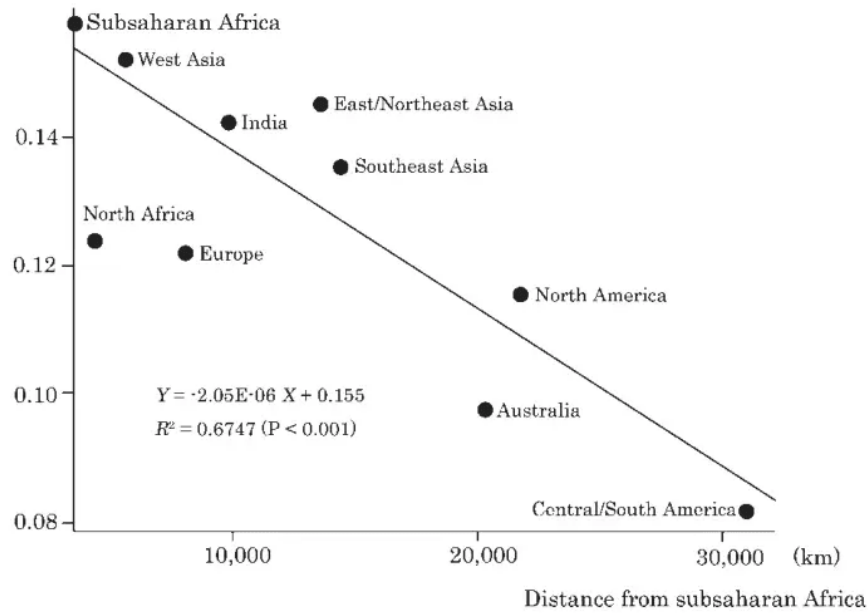


Fig. 2. Relationships between intra-regional variation given in Table 5 and distance from the putative African origin (represented by centroid of locations of the subsaharan African samples).

Figure 6.4: Distance à l'Afrique subsaharienne et variation intrarégionale des caractères dentaires non métriques, Hanihara (2008, fig. 2)

6.0.2 Résultats

D'abord, Ashraf et Galor utilisent un échantillon de 21 pays pour lesquels une mesure directe de l'hétérozygotie attendue existe. Même avec une

taille si réduite, on observe une relation en U inversé entre la diversité génétique observée et le logarithme de la densité de population en 1500. Il est important de rappeler que, dans le cadre malthusien retenu pour ces régressions, la densité de population est la variable pertinente pour mesurer le niveau de développement, plutôt que le revenu par habitant.

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 (2013b, Table 1)

Les estimations, surtout dans l'échantillon étendu présenté ensuite, sont également compatibles avec l'hypothèse de Jared Diamond : une transition néolithique plus ancienne est positivement associée à la densité de population en 1500.

Ensuite, les auteurs étendent leur échantillon de 21 à 145 pays en utilisant la distance migratoire depuis Addis-Abeba pour prédire la diversité génétique. L'interprétation causale repose sur l'hypothèse d'identification selon laquelle cette distance n'affecte pas directement le développement une fois les variables de contrôle prises en compte.

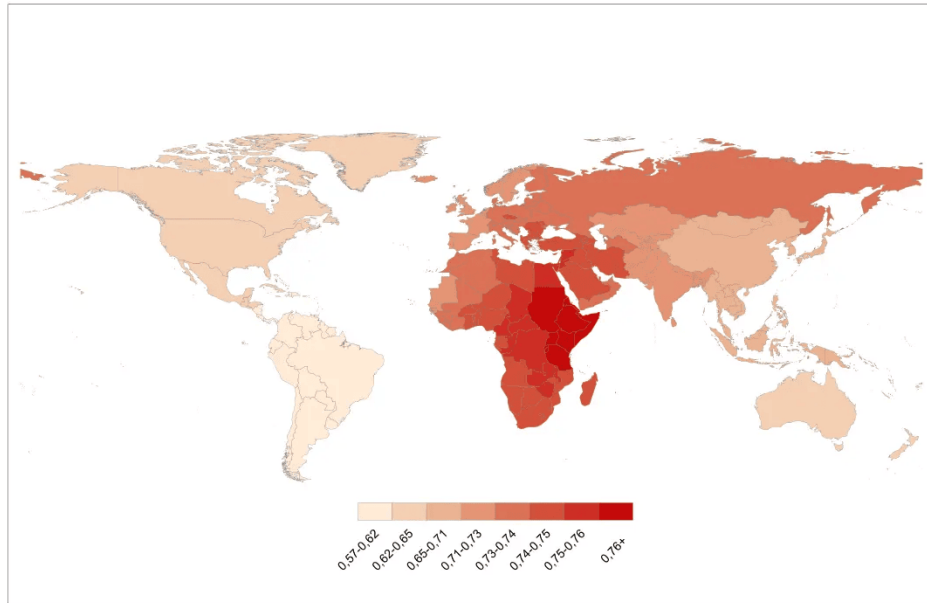


Figure 6.6: Niveau prédit d'hétérozygotie attendue, Ashraf and Galor (2013b, fig. 3)

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 (2013b, Table 3)

En outre, les auteurs estiment également une relation en U inversé, dans 143 pays, entre la diversité prédite ajustée pour l'ascendance et le revenu par habitant en 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 (2013b, Table 6)

Le sommet estimé de la relation quadratique est d'environ 0,683 en 1500 et 0,713 en 2000. La comparaison doit rester prudente, car la mesure contemporaine est ajustée pour l'ascendance, contrairement à la mesure historique. Selon l'interprétation des auteurs, le niveau de diversité maximisant l'issue prédite aurait augmenté avec l'intensification du progrès technologique et de la spécialisation productive. Les auteurs rapprochent approximativement ces niveaux de ceux du Japon en 1500 et des États-Unis en 2000.

6.0.3 Mécanismes

Enfin, plusieurs auteurs ont pris le relais et se sont concentrés sur les mécanismes qui pourraient expliquer la relation entre diversité génétique et développement. En premier lieu, Ashraf et Galor présentent des résultats montrant une association entre la diversité génétique, le niveau de confiance interpersonnelle (un des coûts de la diversité) et la production scientifique. Ainsi, si les hypothèses sont correctes, on s'attend à ce que les pays présentant une plus grande diversité génétique aient des niveaux plus faibles de confiance interpersonnelle et 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 (2013b, Table 9)

On peut également étudier la relation entre la diversité génétique et le nombre de groupes ethniques Ashraf and Galor (2013a). Ashraf et Galor constatent une association positive entre diversité génétique prédite et fragmentation ethnolinguistique. Ils avancent que l'hétérogénéité interpersonnelle pourrait contribuer à cette fragmentation, sans réduire le mécanisme au seul manque de confiance.

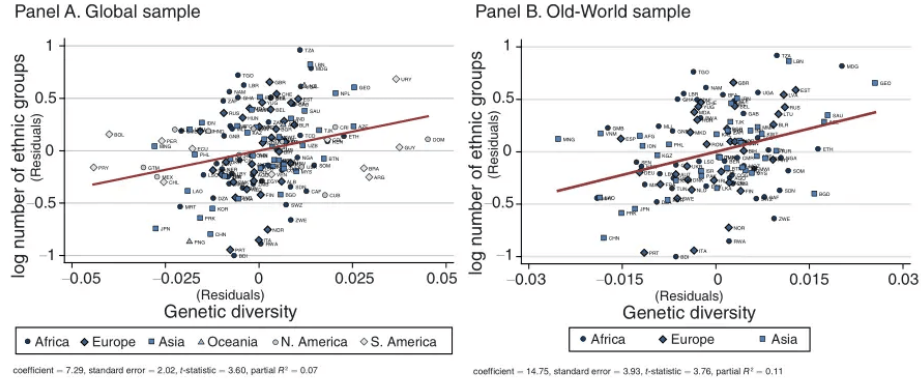


FIGURE 1. GENETIC DIVERSITY AND THE NUMBER OF ETHNIC GROUPS

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

Pour finir, une plus grande diversité interpersonnelle, dont la diversité génétique prédite sert ici d'indicateur, peut être associée à une plus grande dispersion des attitudes politiques. En outre, les différences interpersonnelles et le manque de confiance sont susceptibles d'engendrer des conflits civils.

Ces deux mécanismes sont explorés par Arbatli et al. (2020).

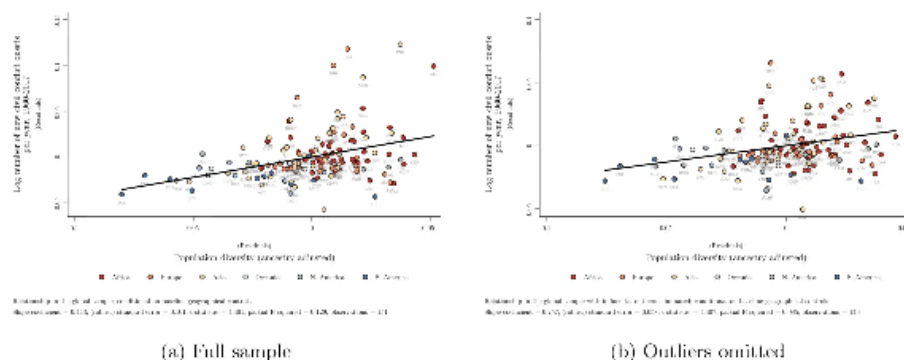
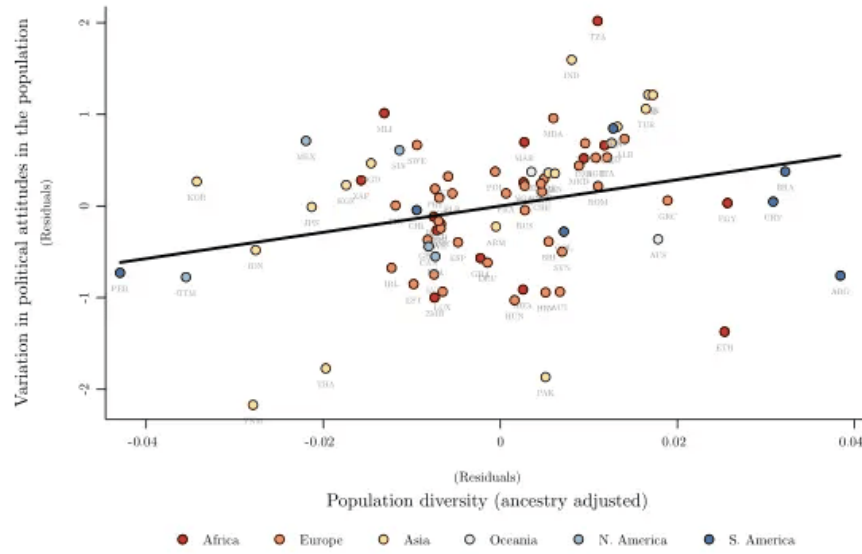


FIGURE 2.—Population diversity and the frequency of civil conflict onset across countries. *Notes:* This figure depicts the global cross-country relationship between contemporary population diversity and the annual frequency of new PRIO25 civil conflict onsets during the 1960–2017 time period, conditional 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 de la population ajustée pour l'ascendance et fréquence des déclenchements de conflits civils, 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 = 2.299; partial R-squared = 0.082; observations = 81

(c) Variation in political attitudes

Figure 6.12: Diversité de la population ajustée pour l'ascendance et dispersion des attitudes 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, présente tout au long de l'histoire humaine, permet le passage d'une époque à une autre. Par conséquent, comprendre les sources du progrès technologique aide à mieux comprendre les différences et les inégalités de revenu par habitant observées aujourd'hui. De nos jours, il est raisonnable de penser que la technologie se diffuse depuis la « frontière technologique » vers d'autres pays, en partie grâce au commerce.¹ En principe, les régions plus proches de cette frontière ont donc un avantage, car il est plus facile et moins coûteux d'imiter ce qui est créé à la frontière. De même, une technologie met moins de temps à atteindre un endroit proche de la frontière et y sera donc adoptée plus tôt.

L'article d'Özak (2018) transpose ces considérations à l'époque malthusienne. De manière surprenante, il montre qu'à cette époque le rôle de la distance à la frontière technologique était assez différent. Vu que le commerce avait une portée plus limitée, Özak propose que la distance à la frontière aurait eu un effet en forme de U sur le développement. Ainsi, les régions proches de la frontière recevaient rapidement les nouvelles technologies, comme aujourd'hui. En revanche, dans les régions

¹L'idée de frontière technologique essaie 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 ; dans certains domaines, la Chine est aussi à la frontière, etc.

éloignées, un processus d'adaptation technologique était nécessaire : il fallait du temps et de la réflexion pour adapter les nouvelles technologies à un environnement différent de celui d'origine. Les habitants des régions éloignées pouvaient ainsi se spécialiser dans la réflexion et l'adaptation technologiques. De plus, les nouvelles technologies pouvaient ne jamais arriver, ou leur adaptation pouvait être impossible si l'environnement était très différent ou la distance trop grande. Dans ce cas, on s'attend à ce que les régions éloignées aient davantage intérêt à innover et à créer leurs propres technologies. Enfin, Özak avance l'hypothèse que l'éloignement prolongé a pu favoriser l'émergence d'une culture propice à l'innovation et à l'entrepreneuriat. Selon cette vision, les zones situées à une distance intermédiaire de la frontière sont les plus défavorisées : elles bénéficient moins de l'imitation que les régions proches, sans avoir les incitations à l'adaptation et à l'innovation des régions très éloignées.

7.1 Diffusion technologique

À l'époque malthusienne, la transmission des connaissances techniques reposait souvent sur la mobilité des personnes détenant le savoir tacite nécessaire pour utiliser ou produire une technologie.² En revanche, le commerce de machines et de biens incorporant une technologie était limité par les coûts de transport et représentait une faible part de l'activité.

C'est-à-dire que, quand on voulait imiter une nouvelle technologie, on cherchait quelqu'un qui avait déjà travaillé avec celle-ci.

- L'art de fabriquer des instruments de précision se diffusa de Nuremberg et Augsbourg vers Louvain, puis Londres. Le fabricant anglais Humfray Cole fut l'apprenti de Thomas Gemini, artisan liégeois qui avait lui-même étudié dans le sud de l'Allemagne ; le fabricant allemand Nicholas Kratzer vécut également en Angleterre.

²En outre, certaines technologies sont liées à un lieu ou difficilement transportables : systèmes de rotation des cultures, canaux, techniques d'élevage, etc.

- Fibonacci apprit les mathématiques auprès de savants arabes pendant les missions commerciales de son père en Afrique du Nord, puis contribua à diffuser l'algèbre en Europe.
- Après plusieurs échecs, Böttger et Tschirnhaus mirent au point vers 1707 la première porcelaine dure européenne à Meissen, en Saxe, et le procédé fut gardé secret. Indépendamment, le jésuite français François-Xavier d'Entrecolles décrivit la fabrication chinoise dans des lettres postérieures, grâce à des informateurs chrétiens à Jingdezhen.
- Sous Louis XIV, Colbert créa la Manufacture royale des glaces et recruta plusieurs verriers vénitiens, affaiblissant le monopole de Murano sur les miroirs de haute qualité. Les autorités vénitiennes exercèrent des représailles contre les verriers partis à l'étranger et leurs proches.

Par conséquent, plus on était loin de la frontière technologique, plus il était difficile de recevoir directement une nouvelle technologie. En outre, 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 des cathédrales gothiques : la mise en œuvre exacte change d'une région à l'autre. De plus, il est tout à fait possible qu'il soit moins coûteux de créer une innovation que d'adapter une technologie. Par exemple, l'agriculture et le zéro ont été inventés indépendamment dans plusieurs régions ; l'affirmation d'une invention indépendante de la boussole dans le Nouveau Monde est plus débattue. En résumé, Özak propose que ces deux effets conduisent à une plus grande créativité dans les régions éloignées de la frontière technologique. Ainsi, ces zones peuvent devenir des foyers d'innovation et d'adaptation.

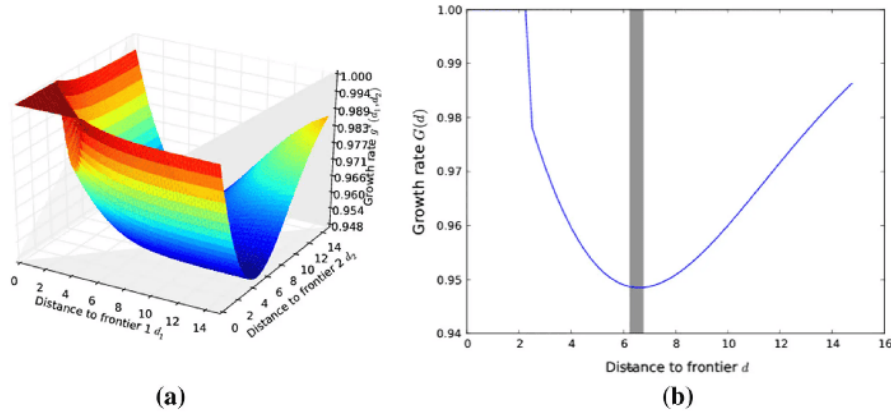


Fig. 3 Artificial world with two frontiers. **a** Steady state growth rates for all economies. **b** Steady state growth rates for equidistant economies or a world with only one frontier. Least Desirable Distance $\bar{d}$ in gray

Figure 7.1: Özak (2018, fig. 3)

7.2 Prédiction et validation

En premier lieu, Özak construit une mesure du temps minimal de trajet vers la frontière technologique fondée sur le HMISea, qui combine pente, climat, nature du terrain, contraintes physiologiques et temps de navigation. Ainsi, les régions plates sont faciles à traverser, les montagnes ajoutent de la difficulté et les terrains verglacés ou marécageux demandent plus de temps pour être traversés, etc.

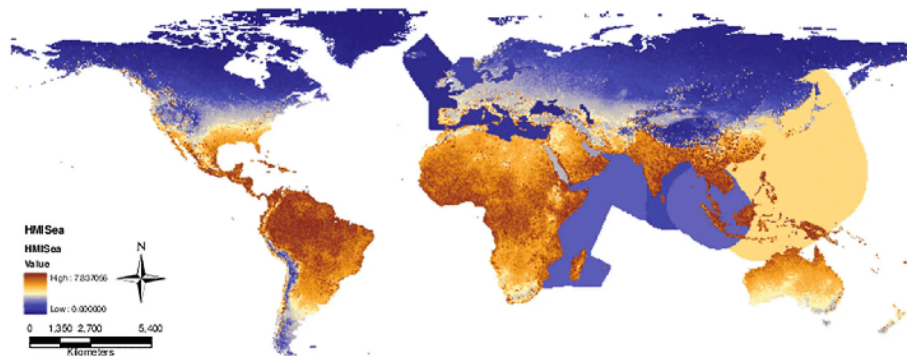


Fig. 4 Human Mobility Index with Seafaring (HMISea) cost surface. The figure depicts the number of hours required to cross each square kilometer on land and on seas in the Old World. Low values in dark lila, high values in dark brown, intermediate values in intermediate tones. See text or Özak (2010)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

Figure 7.2: Nombre d'heures nécessaires pour traverser chaque maille de 1 km^2 , sur terre et sur certaines mers de l'Ancien Monde, Özak (2018, fig. 4)

Ensuite, il faut savoir où se trouve la frontière technologique et noter qu'elle peut :

- Être multiple si, par exemple, plusieurs régions dominent différents aspects technologiques, tels que l'agriculture et les mathématiques.
- Changer avec le temps.

Selon les historiens cités par Özak, la frontière occidentale se situait approximativement en Méditerranée orientale vers l'an 1, en Irak vers 1000, dans les Pays-Bas vers 1500 et au Royaume-Uni vers 1750. La Chine est traitée séparément comme frontière orientale. Enfin, on peut calculer le temps nécessaire pour se rendre à la frontière en suivant l'itinéraire qui minimise le temps de trajet, sur terre et, lorsque le modèle l'autorise, par mer :

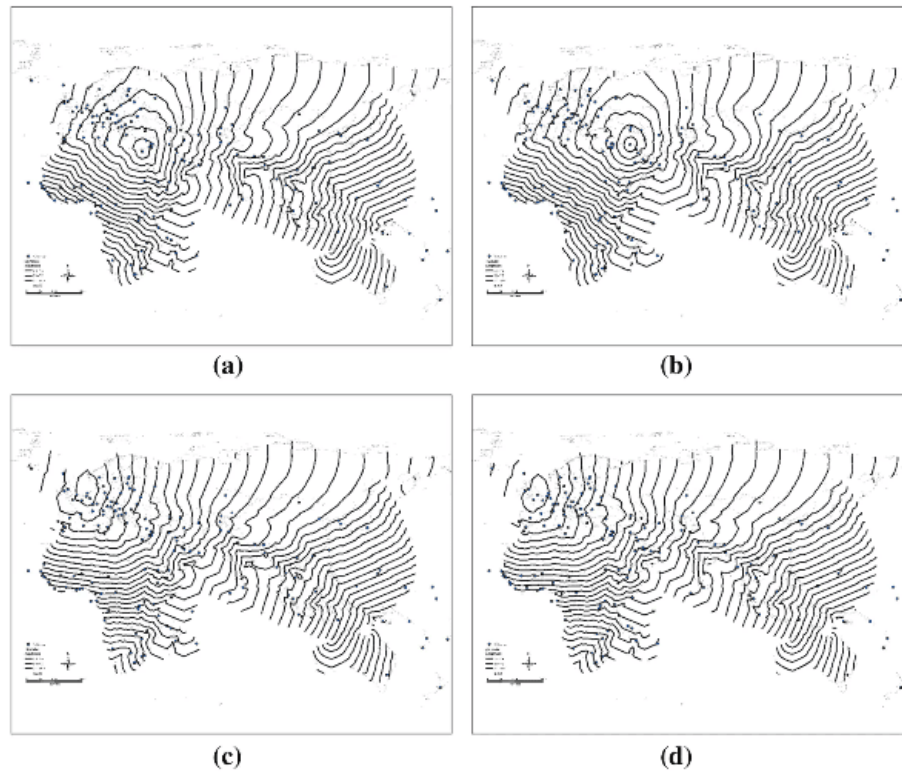


Fig. 5 Potential travel time to western pre-industrial technological frontiers (Old World). **a** Eastern Mediterranean, **b** Iraq, **c** Netherlands, **d** UK. *Note* Each panel depicts iso-chronic lines of travel time to a western pre-industrial technological frontier in the Old World. Each iso-chronic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

Figure 7.3: Isochrones du temps de trajet vers les frontières technologiques, Özak (2018, fig. 5)

Parmi les prédictions d'Özak, nous allons en voir quelques-unes.

- En 1500, la théorie prédit une relation en forme de U entre la distance aux Pays-Bas (NLD) et la sophistication technologique. Dans la

spécification non ajustée de la colonne 4, le minimum est estimé à 6,42 semaines de trajet des Pays-Bas ; un écart-type par rapport à ce minimum correspond à une sophistication technologique supérieure d'environ 31 %. Dans la spécification ajustée pour les migrations de la colonne 7, les chiffres correspondants sont 7,28 semaines et 24 %.

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

	Technological sophistication in 1500CE						Migration adjusted	
	Unadjusted						(7)	(8)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)		
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 occidentale vers 1750 était le Royaume-Uni. On s'attend donc à une association similaire aujourd'hui : les pays dont le temps de trajet préindustriel vers le Royaume-Uni est très faible ou très élevé présentent, en moyenne, un développement technologique plus important. En outre, un développement technologique plus important devrait se traduire par un revenu par habitant plus élevé. Il

devrait donc exister une relation en forme de U entre : * La sophistication technologique en 2000 et le temps minimal de trajet préindustriel vers le Royaume-Uni selon HMISea. * Le logarithme du PIB par habitant moyen sur la période 2000-2015 et ce même temps de trajet.

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

	Contemporary development							
	Technological sophistication				Log[GDP per capita (2000–2015)]			
	(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)	0.01*** (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)
F100	7.32*** (0.28)	7.06*** (0.37)	7.02*** (0.39)	6.92*** (0.42)	7.35*** (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 FF	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)

- Comme la frontière technologique change de place au fil du temps, on peut comparer ce qui se passe chaque fois qu'elle se déplace. Le tableau 5 relie les variations de la distance à la frontière et de son carré aux variations du logarithme de la densité de population, en différences premières ou en différences longues. Il ne s'agit donc pas d'une simple relation entre les niveaux de distance et de densité.

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 les régions éloignées de la frontière devaient davantage innover pour adapter et créer de nouvelles technologies, les pays ayant

passé plus de siècles à plus d'un écart-type au-delà de la distance moyenne aux frontières préindustrielles devraient présenter davantage d'activité d'innovation contemporaine. Le logarithme du nombre moyen de brevets par habitant sur la période 2000-2015 sert ici d'indicateur imparfait de cette activité, et non de mesure directe de la créativité.

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

	Log[Patents per Capita (2000–2015CE)]					Residents
	All					
	(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>.
- Ashraf, Quamrul, and Oded Galor. 2013a. “Genetic Diversity and the Origins of Cultural Fragmentation.” *American Economic Review* 103 (3): 528–33. <https://doi.org/10.1257/aer.103.3.528>.
- Ashraf, Quamrul, and Oded Galor. 2013b. “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>.
- 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 No. 15166. Institute of Labor Economics (IZA). <https://doi.org/None>.

Galor, Oded. 2011. *Unified Growth Theory*. Princeton University Press.

Galor, Oded. 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>.

Galor, Oded. 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 Nos. 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*. 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>.