



LUDWIG-  
MAXIMILIANS-  
UNIVERSITÄT  
MÜNCHEN

VOLKSWIRTSCHAFTLICHE FAKULTÄT



John Komlos; Marc Artzrouni:

## Un modèle démo-économique de la Révolution Industrielle

Munich Discussion Paper No. 2003-14

Department of Economics  
University of Munich

Volkswirtschaftliche Fakultät  
Ludwig-Maximilians-Universität München

Online at <http://epub.ub.uni-muenchen.de/58/>

# Un modèle démo-économique de la Révolution Industrielle

John KOMLOS

Département d'Economie

Université Ludwig-Maximilians de Munich

D - 80539 Munich

John.Komlos@econhist.vwl.uni-muenchen.de

Marc ARTZROUNI

Laboratoire de Mathématiques Appliquées

Université de Pau et des Pays de l'Adour

F - 64000 Pau

Marc.Artzrouni@Univ-pau.fr

## Résumé

Cet article décrit un modèle démo-économique à deux secteurs (agricole et non-agricole) appliqué à l'Europe pour la période allant de la révolution agricole du néolithique à la Révolution Industrielle. Le modèle décrit le conflit permanent qui existe entre l'accroissement démographique et la production agricole. Tant que la production agricole par tête est au-dessus d'un minimum vital, la population croît à un taux fixe. Dès que cette production tombe en dessous du minimum, des crises de mortalités aléatoires font baisser la population, jusqu'à ce que la production remonte au-dessus de la valeur minimum. La société est ainsi dans une "trappe Malthusienne". L'amplitude moyenne des crises de mortalités est supposée décroître lorsque le capital s'accroît, ce qui correspond à une "résistance accrue" de la population rendue possible par l'accumulation des connaissances et des progrès technologiques. Avec le lent accroissement du capital les crises de mortalité deviennent alors moins sévères; la population du secteur non-agricole et le capital croissent suffisamment pour permettre une échappée définitive de la trappe Malthusienne, c'est-à-dire la Révolution Industrielle.

## Summary

This paper describes a two-sector demo-economic model (agricultural and non-agricultural sectors) applied to Europe and spanning the period from the neolithic agricultural revolution to the Industrial Revolution. The model describes the "incessant contest" between population growth and food production. As long as per capita agricultural output is above a critical minimum, the population is assumed to grow at a constant rate. When this output drops below the minimum, the population is subjected to random mortality "shocks" which lower the population until the production grows above the minimum. Society is thus in a "Malthusian trap". The average magnitude of the mortality crises is assumed to decrease as capital increases, which captures an increased "resistance" that comes with increased knowledge and technology. The slow accumulation of capital thus diminishes the severity of the mortality shocks; as a result both the population of the non-agricultural sector and capital grow sufficiently to bring about a permanent escape from the Malthusian trap, i.e. the Industrial Revolution.

## Introduction

La Révolution Industrielle, l'un des événements les plus importants dans l'histoire de l'humanité, a récemment occupé l'attention des chercheurs intéressés par la croissance endogène. (Ahion et Howitt, 1998). Les travaux de R. Lucas mettent en évidence la nécessité d'approfondir des efforts de modélisation permettant de mieux comprendre les mécanismes de la Révolution Industrielle. En effet R. Lucas reconnaît " n'avoir pas pu proposer un modèle unifiant les théories classiques et modernes de la croissance... [c'est-à-dire]... un modèle qui peut simuler une transition entre la stagnation du revenu par habitant et sa croissance". (Lucas, 1998, p. 60; Lucas, 2002).

Il existe plusieurs modèles de la Révolution Industrielle décrivant la transition entre stagnation et développement. (Galor et Weil, 2000; Jones, 1999; Kögel et Prskawetz, 2001). Notre propos ici est de décrire un modèle démo-économique de la Révolution Industrielle basé sur nos travaux antérieurs et qui rend compte de huit caractéristiques fondamentales de l'évolution de l'Europe entre la révolution agricole du néolithique et la révolution industrielle du 18ème siècle (Artzrouni et Komlos, 1985; Komlos et Artzrouni, 1990, Komlos, 1996a, Komlos, 1996b):

- a) Avant 1760 la croissance du revenu par habitant était quasiment nulle (Landes 1998; Jones 1981; North 1981). Les augmentations minuscules du niveau de vie observées pendant plusieurs millénaires précédant le 18ème siècle peuvent quasiment s'apparenter à des équilibres "solowien" à croissance nulle (Solow 1956);
- b) L'économie n'était pas réellement dans un équilibre à croissance nulle ni même dans une succession de tels équilibres. Au contraire, l'histoire démo-économique de cette longue période se caractérise par des "chocs" de toutes natures: Environnementaux, politiques, épidémiologiques, démographiques et surtout économiques. Les crises démo-économiques résultant de ces chocs pouvaient avoir des conséquences désastreuses (famines et guerres par exemple).
- c) Les sociétés humaines s'adaptaient avec plus ou moins de réussite à ces chocs. Cette adaptation passait par l'accumulation du capital physique et humain mais aussi par l'ingéniosité humaine qui produisit des avancées technologiques. L'homme créa également des "normes sociales" et des institutions politico-judiciaires qui permirent de mieux faire face aux différentes crises démo-économiques (Mokyr, 1993; North 1981). Malgré ces efforts, pendant des millénaires, la fonction de production n'augmentaient que très lentement.

- d) Les chocs démo-économiques n'empêchèrent pas la race humaine de se perpétuer et de s'adapter à un environnement hostile - et cela mieux que les autres primates. Toutefois l'expansion démo-économique n'était pas monotone. De plus, la croissance résultant de l'accumulation du capital finissait toujours par être freinée par la croissance démographique ce qui entraînait une diminution des rendements du travail.
- e) La croissance démographique finissait par provoquer des crises nutritionnelles, qui engendraient des crises de mortalité. Le régime démo-économique est alors Malthusien, caractérisé par un conflit permanent entre la tendance à l'accroissement démographique d'une part, et l'accumulation des instruments de production et les changements technologiques d'autre part.
- f) Les crises de mortalité perturbaient toutes les variables économiques telles que la production, le taux d'accumulation, et bien sûr le revenu par tête.
- g) La croissance démographique ne faisait pas que diluer le capital. Elle contribuait à la croissance économique par des mécanismes boserupiens favorables. Cette croissance accroît les marchés, divise le travail, et réduit les coûts des transactions et du transport. (Boserup, 1981, Simon, 1981, 1986; Simon et Steinmann, 1984; Steinmann, Prskawetz, and Feichtinger, 1998). Ces mécanismes poussaient la fonction de production vers le haut, mais eurent aussi l'effet très important de créer des idées et du savoir, de façon intermittente, mais avec une fréquence accrue.
- h) Après des millénaires de croissance pratiquement nulle de la production par tête, le conflit incessant entre les croissances démographiques et économiques déboucha sur la Révolution Industrielle (Findlay, 1992; Jones, 1981; Landes, 1998; Maddison, 1991; Mokyr, 1993.). Nous situons celle-ci dans le temps à l'instant où le revenu par tête et le taux de croissance démographique, n'étant plus contraints ou freinés par des crises nutritionnelles, se stabilisent à des valeurs strictement positives. Un modèle mathématique de la Révolutions Industrielle doit alors pouvoir rendre compte de cette "échappée" de la "trappe Malthusienne", caractérisée par une croissance soutenue.

Le modèle que nous proposons se distingue d'autres modèles de la Révolution Industrielle par les caractéristiques suivantes:

- a) Une division de l'activités économique en deux secteurs: agricole et non-agricole. Cette division permettra de montrer comment une société devenue moins agraire put échapper à la trappe malthusienne et donner naissance à la Révolution Industrielle.
- b) L'existence d'un secteur agricole nous permet de définir la production agricole (et donc le niveau nutritionnel) par habitant. Une "crise malthusienne" (provoquant une crise de mortalité) est alors définie par ce niveau nutritionnel tombant en dessous d'un seuil critique.
- c) L'inclusion des connaissances et les idées dans le modèle qui joueront un rôle important dans la Révolution Industrielle. En effet R. Lucas note "qu'une théorie de la Révolution Industrielle ne saurait être basée sur une accumulation du capital seul". (Lucas 1998).
- d) Des crises de mortalité ayant une composante stochastique rendant compte de phénomènes aléatoires tels que les épidémies ou les conditions climatiques.
- e) En période de crise nutritionnelle des migrations entre les deux secteurs.

## Le modèle

### i. Volet économique (déterministe)

L'unité de temps est la décennie et au temps  $t$  on note  $Q_A(t)$  et  $Q_I(t)$  les produits des secteurs agricole et non-agricole (nous indiquons ce dernier secteur par un "I" pour "industriel");  $K(t)$  est le stock de capital agrégé à la période  $t$ ;  $P_A(t)$  et  $P_I(t)$  sont les effectifs de travailleurs (et leurs familles) engagés dans chacun des deux secteurs à la période  $t$  ( $P(t) = P_A(t) + P_I(t)$  est la population totale). Les produits  $Q_A(t)$  et  $Q_I(t)$  sont alors décrits par des équations de type Cobb-Douglas :

$$Q_I(t) = C_1 K(t)^{\alpha_1} P_I(t)^{\alpha_2} \quad , \quad \alpha_1, \alpha_2 > 0, \quad \alpha_1 + \alpha_2 = 1 \quad (1)$$

$$Q_A(t) = C_2 K(t)^{\beta_1} P_A(t)^{\beta_2} \quad \beta_1, \beta_2 > 0, \quad \beta_1 + \beta_2 = 1 \quad (2)$$

Le niveau nutritionnel  $S(t)$  est mesuré par la production agricole par tête :

$$S(t) = Q_A(t) / P(t) \quad (3)$$

Le capital est accumulé selon le processus suivant :

$$K(t + 1) = K(t) + IQ_I(t) \quad (4)$$

où  $\dot{\epsilon}$  est le taux d'épargne. Comme nous l'avons indiqué dans l'introduction, ce capital est défini de façon très étendue et inclut non seulement la terre ou le capital humain et physique, mais aussi les connaissances technologiques et scientifiques entendues au sens large. C'est pour cette raison que le capital n'est pas subdivisé entre les secteurs. Nous recourons à cette simplification à cause de l'incertitude concernant la valeur relative des taux de croissance du stock de capital dans les deux secteurs. Allouer le stock de capital à un taux arbitraire entre les deux secteurs n'aurait rien ajouté au modèle. De toute manière, l'accumulation des connaissances, la sophistication croissante de l'organisation sociale et beaucoup des grandes découvertes scientifiques ou géographiques ont fait progresser la production dans les deux secteurs. Ces éléments insaisissables, pas plus que le capital collectif global, ne peuvent être divisés *a priori*.

Les quantités  $P_I(t)$ ,  $P_A(t)$  et  $K(t)$  sont les "variables principales" dont on déduit les "variables dérivées"  $Q_I(t)$ ,  $Q_A(t)$  et  $S(t)$  grâce aux équations (1)-(3). La dynamique du capital  $K(t)$  est donnée par l'équation (4). Il reste maintenant à définir la dynamique des populations des deux secteurs.

## ii. Volet démographique (stochastique)

De façon générale la croissance de la population totale s'exprime comme

$$P(t+1)=P(t)(1+r(t)) \quad (5)$$

où le taux de croissance  $r(t)$  dépendra de l'état nutritionnel de la population. En accord avec les principes d'homéostasie énoncés plus haut, nous postulons que  $r(t)$  est égal à un taux positif  $r^*$  tant que  $S(t)$  est plus grand qu'une valeur critique  $S^*$ . Dans ce cas les deux secteurs de la population croissent à taux  $r^*$ :  $P_A(t+1)=P_A(t)(1+r^*)$  et  $P_I(t+1)=P_I(t)(1+r^*)$ .

Lorsque le niveau nutritionnel  $S(t)$  tombe au-dessous de  $S^*$ , la société est sujette à des crises nutritionnelles qui provoquent des crises de mortalité. Celles-ci se traduisent par un taux de croissance démographique  $r(t)$  qui se met à baisser selon la formule

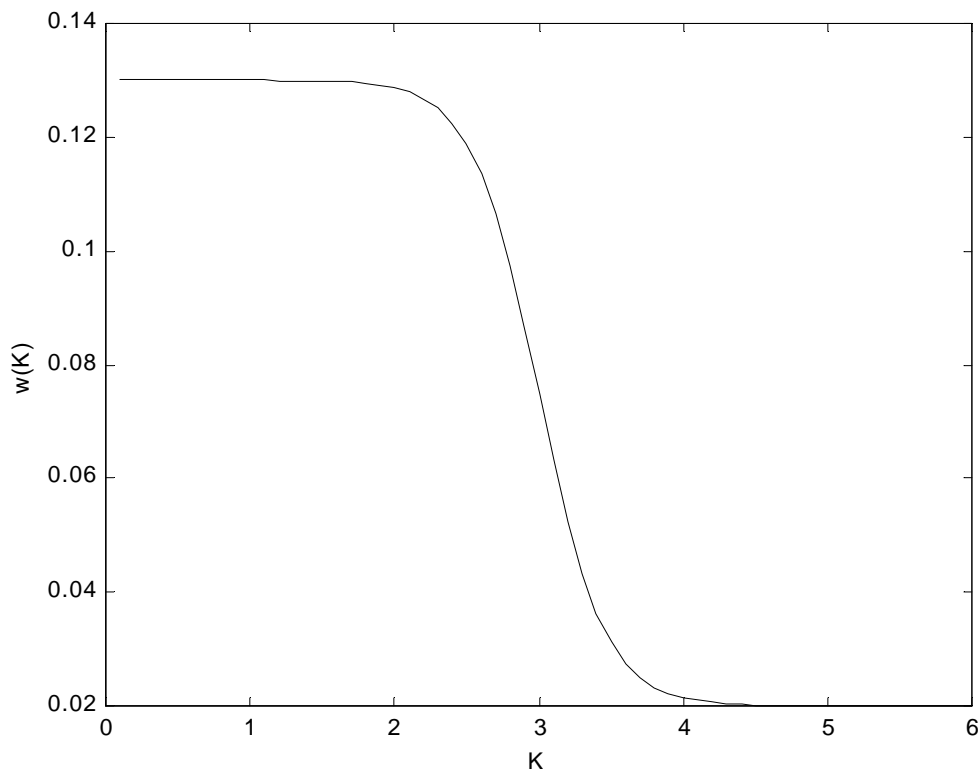
$$r(t)= r(t-1)-e(t-1) \quad (6)$$

où  $e(t)$  est une variable aléatoire positive qui exprime les chocs démographiques auxquelles étaient soumises les populations du passé en période de crise nutritionnelle. La variable  $e(t)$  est une variable aléatoire uniforme sur un intervalle  $(0,w)$ , où  $w$ , la valeur maximum du choc démographique, dépend du capital  $K$  de façon endogène (on laisse tomber pour l'instant la notation fonctionnelle  $K(t)$ ). Lorsque  $K$  est petit,  $w$  est grand ce qui exprime que les chocs peuvent être importants durant les premiers millénaires. On note (eq. (4)) que  $K$  croît avec le

temps, et cette croissance s'accompagne d'une accumulation des connaissances et d'une amélioration des techniques agricoles qui atténuent l'effet des crises de mortalité. Nous postulons donc que  $w$  baisse avec  $K$ . De façon précise nous définirons la dépendance fonctionnelle de  $w$  sur  $K$  à l'aide d'une fonction  $w(K)$  qui est sigmoïdale décroissante, du type logistique. Nous paramétrons la fonction  $w(K)$  par les valeurs supérieures et inférieures  $H$  et  $L$ , ainsi que par la valeur  $I$  à laquelle se trouve le point d'inflexion et la pente  $s$  en  $I$ . La fonction retenue s'écrit

$$w(K) = H - \frac{H - L}{1 + \exp\left(\frac{4s(K - I)}{H - L}\right)} \quad (7)$$

et elle est représentée dans la Figure 1.



**Figure 1:** La fonction  $w(K)$  donne la valeur maximum du choc démographique  $w$ , comme fonction de  $K$ . Ici, pour des petites valeurs de  $K$ ,  $e(t)$  sera une variable aléatoire uniformément distribuée entre 0 et 0.13 ( $H=0.13$ ); au point d'inflexion  $I=3$  la fonction est égale à 0.075, et baisse asymptotiquement vers 0.02 ( $L=0.02$ ): pour  $K$  plus grand que 4.5 environ,  $e(t)$  est uniforme entre 0 et 0.02. ( $s=-0.12$ ).

En période de crise la variable aléatoire  $e(t)$  est obtenue très simplement sur l'ordinateur à l'aide d'un nombre aléatoire uniforme  $U$  entre 0 et 1, qui est multiplié par le  $w(K(t))$  correspondant.

Pour ce qui est de l'allocation des populations entre les deux secteurs, nous postulons que la population non agricole absorbe la "variation nette"  $P(t)r(t)$  (qui est éventuellement négative) tant que celle-ci ne rend pas la population non agricole négative. Dans ce dernier cas, la population non agricole est mise à 0 et la population agricole absorbe la baisse supplémentaire:

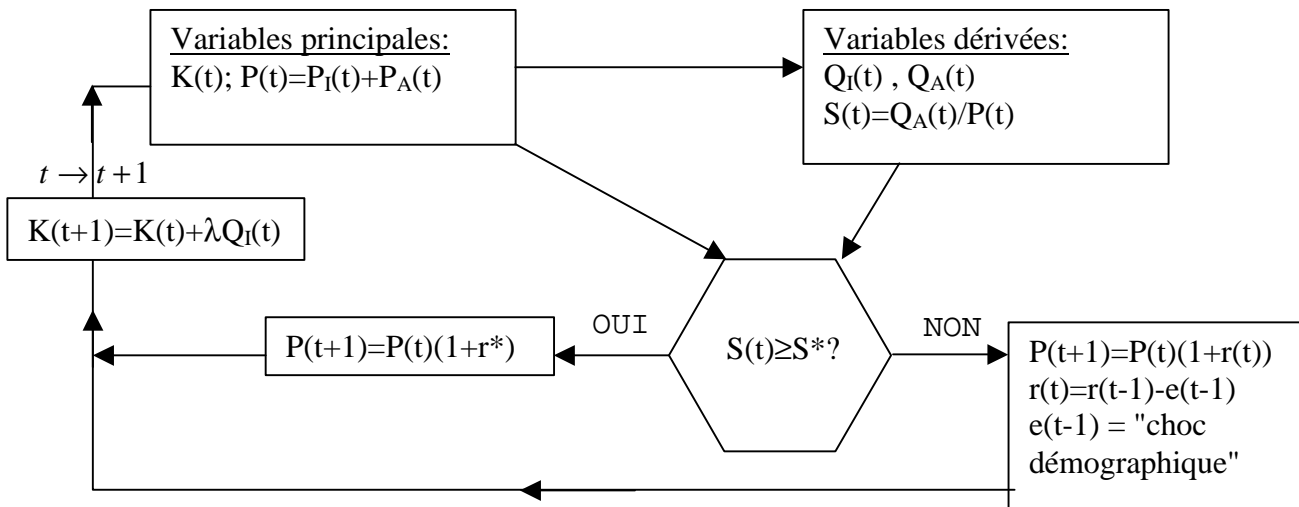
$$P_I(t) + P(t)r(t) \geq 0 \Rightarrow P_I(t+1) = P_I(t) + P(t)r(t), \quad P_A(t+1) = P_A(t) \quad (7)$$

$$P_I(t) + P(t)r(t) < 0 \Rightarrow P_I(t+1) = 0, \quad P_A(t+1) = P(t)(1+r(t)) \quad (8)$$

L'idée de cette allocation entre les deux secteurs est qu'en période de crise nutritionnelle la population non agricole était plus sensible aux fluctuations démographiques. Un  $r(t)$  qui peut initialement rester positif (si les premiers chocs  $e(t)$  ne sont pas trop grands, cf. (6)) exprime un afflux des populations agricoles vers les villes au début d'une crise (éq. 7). Lorsque celle-ci perdure, le taux  $r(t)$  en (6) finit par être négatif, la crise de mortalité s'aggrave et vide les centres urbains (éq. (8)); les populations agricoles résistent démographiquement mieux car elles produisent leur propre nourriture. La population est ainsi exposée à de petites fluctuations aussi bien qu'aux contractions catastrophiques qui ont caractérisé les populations du passé.

Lorsque la population se met à décroître dans une crise,  $S(t)$  commence à remonter et finit par repasser au-dessus de  $S^*$ . Un cycle est alors bouclé et la population se remet à croître au taux  $r^*$  jusqu'à la crise suivante. Le modèle génère ainsi des oscillations de  $S(t)$  autour de  $S^*$ , et rend compte du "conflit permanent" entre la croissance démographique et les ressources disponibles. La société échappe à la trappe malthusienne si  $S(t)$  reste durablement au-dessus de  $S^*$ , auquel cas la population croît sans obstacle au taux constant de  $r^*$ .





**Figure 2:** Représentation schématique de la dynamique du modèle

## Simulations

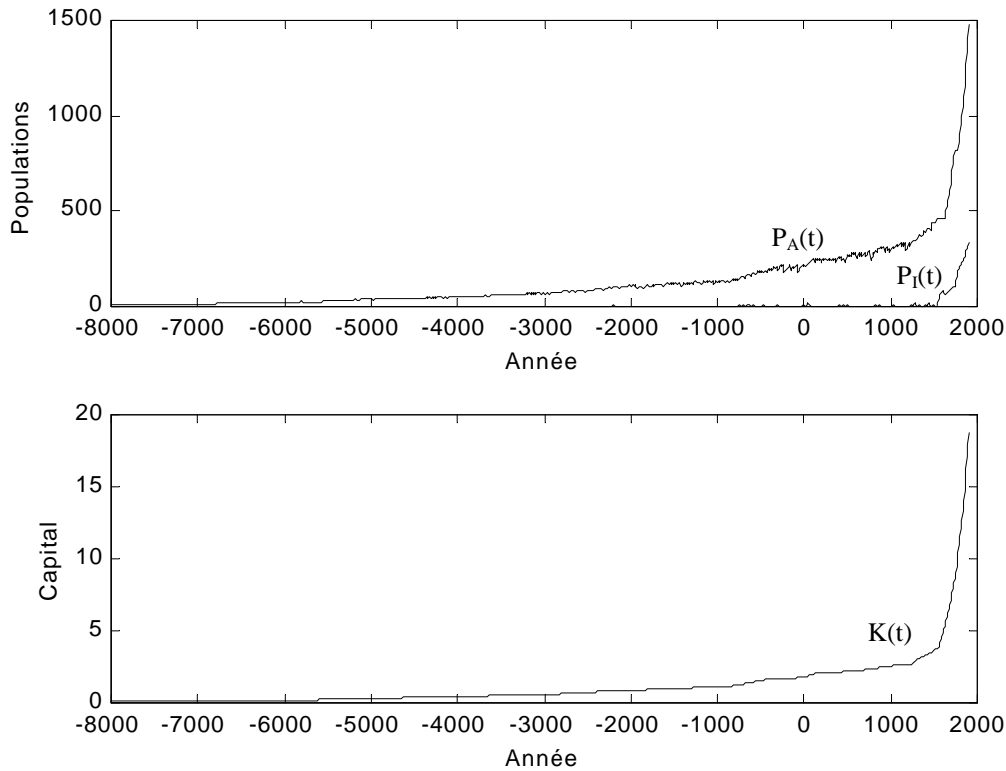
### i. Conditions initiales/paramètres

Les valeurs initiales des populations  $P_A(0)$  et  $P_I(0)$  en 8000 avant J.-C. ont été prises égales à 8 millions et 0, respectivement. Une population totale de 8 millions est une estimation plausible pour cette période, et nous la supposons entièrement dans le secteur agricole (Coale, 1974). Le "taux de sortie"  $r^*$  et le taux d'épargne  $\lambda$  ont été fixés à 5% et 2% respectivement, ce qui nous paraît être des valeurs plausibles.

En l'absence d'informations précises, nous avons fixé les quatre exposants  $\hat{a}_1$ ,  $\hat{a}_2$ ,  $\hat{a}_1$  et  $\hat{a}_2$  à 0.5. Les quantités  $K(0)$ ,  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $S^*$  ont été prises égales à 0.07, 0.6, 11, et 1, respectivement. Ces valeurs sont en parties arbitraires dans la mesure où elles dépendent des unités choisies - cependant elles ont été choisies afin d'avoir une valeur initiale  $S(0)/S^*$  du niveau nutritionnel proche de 1. Surtout, ces valeurs ont été choisies afin d'obtenir une trajectoire numériquement réaliste pour les variables  $P_A(t)$  et  $P_I(t)$ . Les paramètres nécessaires à la définition des "chocs démographiques"  $e(t)$  sont ceux donnés dans la légende de la Figure 1.

## ii. Résultats

Les trajectoires varient d'une simulation à l'autre et nous en présentons une dans la Figure 3 qui reproduit de façon réaliste les populations des deux secteurs durant la période considérée.



**Figure 3:** Une trajectoire représentative des deux populations (en millions) et du capital.

. En effet, la population du secteur agricole croît lentement mais de façon continue, alors que celle du secteur non-agricole, constamment soumise à des crises de mortalité, est régulièrement décimée. Vers 1500 le capital atteint environ 3 ou 4, valeurs pour lesquelles l'ampleur des crises de mortalités diminue (cf. Figure 1). Dès lors, la population du secteur non-agricole a plus de facilité à croître, et cette lente croissance culmine en la Révolution Industrielle qui se manifeste par l'échappée de la trappe malthusienne au milieu du 18ème siècle. Cette échappée se produit à des valeurs réalistes des populations, c'est-à-dire environ 800 million pour  $P_A$  et 180 million pour  $P_I$ .

On montre sans difficulté qu'une fois sorties de la trappe, les variables  $P_I(t)$ ,  $P_A(t)$ ,  $K(t)$  (ainsi que les produits  $Q_A(t)$  et  $Q_I(t)$ ) croissent tous au même taux  $r^*$ . Dès lors, le niveau nutritionnel  $S(t)$  converge (en restant plus grand que  $S^*$ ) et le revenu par tête  $(Q_A(t) + Q_I(t))/P(t)$  converge également.

La question des conditions nécessaires pour la sortie de la trappe malthusienne a déjà été étudiée (Komlos et Artzrouni, 1990). Nous rappelons ci-dessous les principaux résultats et nous les illustrons dans le contexte de la simulation de la Figure 3.

### Conditions de sortie de la trappe malthusienne

La question posée est la suivante: Quelles conditions ("valeurs d'échappée") doivent vérifier les variables principales  $P_I(t^*)$ ,  $P_A(t^*)$  et  $K(t^*)$  à un moment donné  $t^*$  pour que le système sorte de la trappe de façon permanente? Cela signifie qu'avec une croissance dorénavant exponentielle à taux  $r^*$  des deux populations, le niveau nutritionnel  $S(t)$  reste au-dessus de  $S^*$  pour tout  $t \geq t^*$ .

Nous abandonnons la notation fonctionnelle et rappelons maintenant les conditions données dans (Komlos et Artzrouni, 1990) sur les valeurs  $P_I$ ,  $P_A$  et  $K$  pour cette sortie permanente ("l'échappée" de la trappe malthusienne). Pour que  $S$  soit plus grand que  $S^*$  au moment de la sortie, il faut que

$$P_I \leq C_2 K^{\beta_1} P_A^{\beta_2} / S^* - P_A . \quad (9)$$

Pour que le niveau nutritionnel *reste au-dessus de  $S^*$*  avec des populations croissant à taux  $r^*$ , il faut en outre que

$$w_1 \leq P_I/P_A \leq w_2 \quad (10)$$

où  $w_1$  et  $w_2$  sont les deux racines positives, lorsqu'elles existent, de l'équation en  $x$

$$x^{\beta_1} = \frac{S^*}{C_2} \left( \frac{r^*}{\lambda C_1} \right)^{\beta_1/\alpha_2} (1+x) . \quad (11)$$

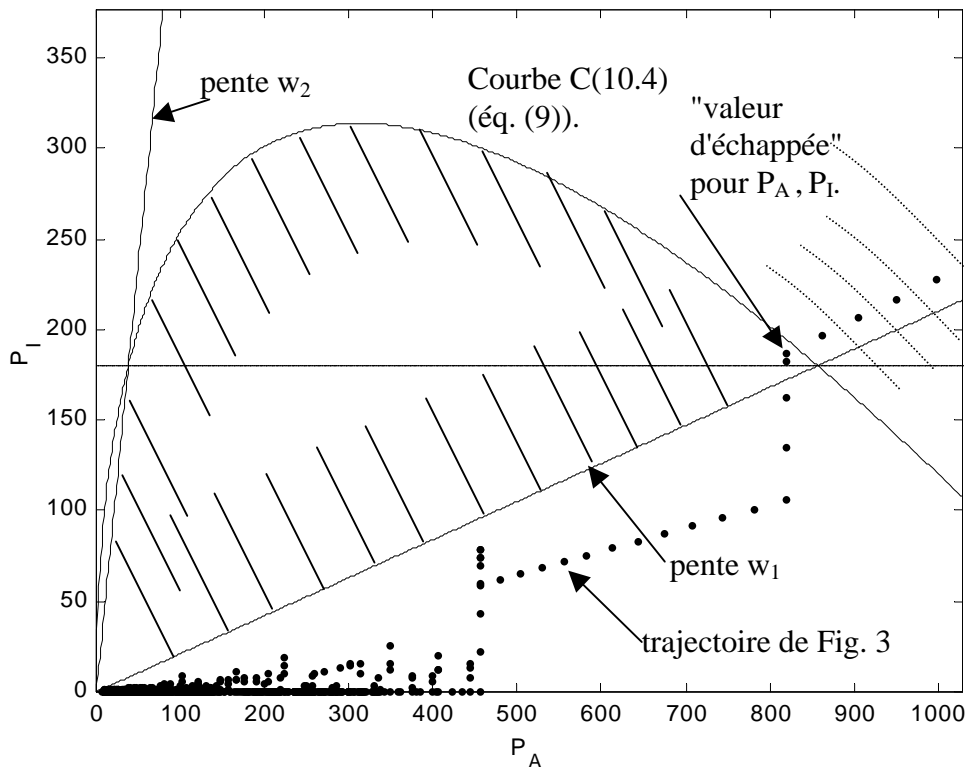
Ces deux racines existent si et seulement si

$$\frac{\lambda}{r^*} \geq \frac{1}{C_1} \left( \frac{S^*}{C_2 \beta_1^{\beta_1} \beta_2^{\beta_2}} \right)^{\alpha_2/\beta_1} \quad (12)$$

avec  $w_1$  égal à  $w_2$  lorsqu'il y a égalité en (12). L'inéquation (12) montre que si le taux d'épargne  $\lambda$  est trop faible, ou le taux de croissance  $r^*$  trop fort, alors il ne peut y avoir d'échappée: la société reste "prisonnière" de la trappe malthusienne.

Pour la simulation de la Figure 3, l'échappée de la trappe s'est produite pour  $K=10.4$  environ. On peut alors pour cette valeur de  $K$  donner le lieu des valeurs de  $(P_A, P_I)$  pour lesquelles l'échappée se produira. Dans le plan  $(P_A, P_I)$  ces valeurs doivent vérifier (9). L'inéquation (9) à l'égalité définit une courbe  $C(K)$  au-dessous de laquelle doit se trouver  $(P_A, P_I)$  pour qu'il y ait une échappée. (La notation " $C(K)$ " rappelle que la courbe dépend de  $K$ ).

De plus  $(P_A, P_I)$  doit se trouver entre les droites de pentes  $w_1$  et  $w_2$  (cf. (10)). La Figure 4 montre pour  $K=10.4$  le lieu des "valeurs d'échappée" ainsi que les points correspondant à la trajectoire des valeurs  $(P_A(t), P_I(t))$  de la Figure 3.



**Figure 4:** Lieu (hachuré) dans le plan  $(P_A, P_I)$  des "valeurs d'échappée" avec  $K=10.4$ . Les points représentent les valeurs de  $(P_A(t), P_I(t))$  données dans la Figure 3. Les "valeurs d'échappée" sont mises en évidence, valeurs à partir desquelles les deux populations croissent au même taux  $r^*$  et  $S(t)$  reste au-dessus de  $S^*$ .

On voit que durant des millénaires la population du secteur non-agricole a été constamment décimée par les crises de mortalité provoquées par les crises nutritionnelles. Lorsque  $K(t)$  atteint 3 ou 4, les crises sont moins sévères, et  $P_I(t)$  se met à croître comme le montre les 13 décennies (13 points alignés) durant lesquelles  $P_I(t)$  passe de 65 à environ 100 millions.

Rappelons que les deux droites de pentes  $w_1$  et  $w_2$  sont fixes, mais que la courbe  $C(K(t))$  "s'élargit" avec  $K(t)$ . Lorsque  $P_I(t)$  atteint environ 100 millions (le 13ème point aligné) la population est entrée une dernière fois dans une crise (avec une valeur  $K(t)$  plus petite que 10.4 et une courbe  $C(K(t))$  correspondante qui n'est pas représentée). Durant cette crise  $P_I(t)$  a augmenté jusqu'à environ 180 millions et  $P_A(t)$  est resté constant autour de 810 millions. Le point  $(P_A(t), P_I(t))$  atteint alors sa "valeur d'échappée" mise en évidence dans la

figure: la valeur correspondante de  $K$  est 10.4 et  $(P_A(t), P_I(t))$  se trouve entre les deux droites tout en étant sous la courbe  $C(10.4)$ . Les points  $(P_A(t), P_I(t))$  s'éloignent alors de façon "radiale", à taux constant  $r^*$ . La population a échappé à la trappe Malthusienne et  $S(t)$  reste au-dessus de  $S^*$ . (Les points ont l'air de quitter la zone d'échappée mais en fait chaque  $(P_A(t), P_I(t))$  reste dans la zone d'échappée correspondant au capital  $K(t)$  courant: entre les deux droite et en-dessous de la courbe  $C(K(t))$  correspondante (courbe en pointillées) *qui s'élargit avec  $K(t)$* ).

## Discussion

Nous avons décrit un modèle de la croissance économique et démographique de l'Europe entre 8000 avant J.C. et 1900. Ce modèle, très simple, basé sur deux secteurs économiques, rend compte de la dynamique homéostatique malthusienne qui a limité les taux de croissance de la population européenne jusqu'au 18ème siècle. Dans une version précédente de ce modèle, nous avons montré comment la sortie de la trappe malthusienne pouvait résulter d'une augmentation exogène du taux d'épargne  $\lambda$  (Komlos et Artzrouni, 1990). Ici, nous avons montré que la sortie pouvait s'obtenir comme une conséquence d'une diminution de l'amplitude moyenne des crises de mortalités aléatoires causées par les crises nutritionnelles. Cette sortie de la trappe signifie que la population et l'économie pouvaient alors croître sans être entravées par les crises nutritionnelles et épidémiologiques.

A partir du moment où ni le décollage économique ni la révolution démographique n'étaient limitées à l'Angleterre, notre conceptualisation de la Révolution Industrielle amène à la considérer comme "pan-européenne". En effet, le modèle montre que les sociétés européennes dans leur ensemble étaient suffisamment avancées pour croître et se nourrir en évitant la dilution du capitale provenant de l'accroissement démographique - et ceci alors qu'une part croissante de la population quittait le secteur agricole.

Ainsi, dès qu'elle fut mieux à même de résister aux crises nutritionnelles, l'humanité s'est-elle libérée des contraintes dues à la décroissance des rendements du travail agricole. Une telle conceptualisation de la Révolution Industrielle a l'avantage de ne pas reposer sur des causes immédiates, mais plutôt d'être l'aboutissement d'un développement des économies européennes sur le long terme. Par ailleurs le modèle repose sur un ensemble de facteurs qui accroissent la productivité en poussant la fonction de production vers le haut, plutôt que sur des changements technologiques. Un modèle démo-économique a de plus l'intérêt de montrer l'effet des variables démographiques sur les variables économiques. Il permet de d'apprécier

les effets de la Révolution Industrielle, par rapport aux progrès réalisés précédemment et ultérieurement, en replaçant cet événement historique dans le contexte d'un développement qui s'est produite sur ces milliers d'années.

\*\*\*\*\*

## RÉFÉRENCES

- Aghion, P., Howitt, P. (1998) *Endogenous Growth Theory*, Cambridge, MA: MIT Press.
- Artzrouni, M., Komlos, J. (1985) Population growth through history and the escape from the Malthusian trap: a homeostatic simulation model. *Genus*, 41: 3-4: 21-39.
- Boserup, E. (1981) *Population and Technological Change: A Study of Long-Term Trends*. Chicago, University of Chicago Press.
- Coale, A. (1974) The history of the human population, *Scientific American*, 231, 3: 40-51.
- Findlay, R. (1992) The Roots of Divergence: Western Economic History in Comparative Perspective“, *American Economic Review*, 82 2, 158-161.
- Galor, O., Weil D.N. (2000) Population, Technology, and Growth: From the Malthusian Regime to the Demographic Transition and Beyond, *American Economic Review* 90 (4) 806-828.
- Jones, C. I. (2001) Was an Industrial Revolution Inevitable? Economic Growth Over the Very Long Run“, *Advances in Macroeconomics* Vol. 1: No. 2, Article 1.  
<http://www.bepress.com/bejm/advances/vol1/iss2/art1>
- Jones, E.L. (1981) *The European Miracle, Environmnets. Economies and Geopolitics in the History of Europe and Asia*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Komlos, J. (1996a) Le Développement de l'économie européenne dans la longue durée: ce que l'on peut retenir du cas de l'Autriche, *Economies et Sociétés. Histoire quantitative de l'économie française* vol. 30, Série A.F. n. 22, 4-5: 11-51.
- Komlos, J. (1996b) Penser la révolution industrielle, *Histoire économie et société* ,15 no. 4: 615-630.
- Komlos, J. , Artzrouni, M. (1990) Mathematical investigation of the escape from the Malthusian trap, *Math. Pop. Studies*, 2,4: 269-287.
- Kögel, T. Prskawetz , A. (2001) Agricultural Productivity Growth and Escape from the Malthusian Trap, *Journal of Economic Growth* 6, no. 4: 337-357.
- Landes, D. S. (1998) *The Wealth and Poverty of Nations: Why are We so Rich and They so Poor?*, New York and London: Norton.
- Lucas, R. E. (1998) The Industrial Revolution, Past and Present, Unpublished manuscript, Chicago: University of Chicago.

Maddison, A. (1991) *Dynamic Forces in Capitalist Development. A Long-Run Comparative View*, Oxford: Oxford University Press.

Mokyr, J. (1992) *The Lever of Riches: An Economic History of Technological Change* Oxford: Oxford University Press.

Robert E. L., Jr. (2002) *Lectures in Economic Growth*, Cambridge: Harvard University Press, forthcoming.

Simon, Julian (1981) *The Ultimate Resource*, Princeton, Princeton University Press.

Simon, J.L. (1986) *Theory of Population and Economic Growth*, Oxford, Basil Blackwell.

Simon Julian and Gunter Steinmann (1984) The Economic Implications of Learning-by-Doing for Population Size and Growth, *European Economic Review* 26: 167-85.

Solow, R. (1956) A Contribution to the Theory of Economic Growth, *Quarterly Journal of Economics*, 70: 65-94.

Steinmann, G. (1984) A Model of the History of Demographic-Economic Growth, in Steinmann, G. (ed.), *Economic Consequences of Population Change in Industrialized Countries*, Studies in Contemporary Economics, 8, Berlin: Springer Verlag.

Steinmann, G., Prskawetz, A., and Feichtinger, G. (1998) A model on the escape from the Malthusian trap, *Journal of Population Economics* 11, 535-550.