

La dynamique malthusienne de Day en économie de subsistance: quelles leçons?

Mathurin Tchakounté Njoda*

Résumé

Cet article se propose d'étudier les aspects démo-économiques de l'évolution des sociétés anciennes telle qu'elle est appréhendée par les modèles traditionnels de dynamique chaotique, et notamment dans le modèle de Day (1983). Ce dernier repose sur l'hypothèse de la réaction du taux de croissance démographique aux variations du niveau de vie, à savoir un taux constant par paliers, avec de brusques révisions ponctuelles sur la base des seules conditions de vie. Mais, la dynamique chaotique disparaît dans ce modèle une fois qu'on suppose un ajustement progressif, ce qui limite sa portée. Les recherches futures doivent modéliser la dynamique démographique des peuples du passé sans s'éloigner du cadre malthusien standard.

Mots-clé: Dynamique malthusienne ; chaos ; économie de subsistance.

Day's Malthusian Dynamics in Subsistence Economies: Which Lessons?

Summary

This article intends to study demo-economic aspects of the evolution of old societies as it is feared by the traditional models of chaotic dynamics, and notably in the model of Day (1983). The latter is based on the assumption that the demographic growth rate reacts to changes in standard of living, i.e. a constant rate by level, with sudden changes which depend only on living conditions. But, the chaotic dynamics disappears in this model once a progressive adjustment is supposed, limiting its empirical relevance. Prospect studies should construct demographic dynamics of old society without moving away from the standard Malthusian framework.

its range.

Keywords: Malthusian dynamics; chaos; subsistence economy

* B.P. : 454, FSEG, Université de Ngaoundéré, CAMEROUN. Tél. (237) 987.12.21 mtchakou@yahoo.fr

1. Introduction

L'analyse contemporaine des phénomènes naturels à très longues périodes s'est beaucoup penchée sur les dynamiques complexes, et notamment la dynamique chaotique. Celle-ci a eu des applications dans de nombreux domaines des sciences fondamentales (physiques, chimie, biologie, ...) ou des sciences humaines et sociales (anthropologie, démographie, sociologie, etc.).

Elle intéresse aussi l'économiste ; ceci pour diverses raisons que Abraham-Frois (1995) regroupe en deux catégories. D'abord, la dynamique chaotique est un cas particulier de modèles non-linéaires. Par conséquent, elle permet de simuler l'apparition des fluctuations endogènes, auto-entretenues alors que les oscillations analogues ne peuvent être déduites des modèles linéaires que pour des valeurs très restreintes de paramètres. D'autre part, la dynamique chaotique est aussi une dynamique non-linéaire particulière. Il serait même possible d'y montrer l'existence de fluctuations régulières, a-périodiques, qui semblent plus proches des phénomènes réels que les oscillations régulières engendrées par les modèles non linéaires traditionnels¹.

L'examen des nombreuses contributions ayant proposé l'application des modèles de dynamique chaotique à des phénomènes démo-économiques relatifs aux économies retardées nous amène à analyser le modèle classique de Day (1983). Il s'agit d'une approche théorique de l'étude malthusienne des populations anciennes dans lesquelles le rôle des contraintes socio-économiques est prépondérant.

Dans la littérature consacrée aux problèmes démographiques et/ou économiques, les idées majeures de cet auteur ont fait l'objet de nombreuses recherches approfondies (Day et Shafer, 1986 ; Rosser, 1991), et de critiques (Blanchet, 1995 et 1997) quelquefois virulentes (Dufrenot, 1995).

Sans trop rentrer dans le détail de l'univers mathématique fort complexe de l'étude des phénomènes chaotiques, ce papier s'articule autour deux points : dans la première section, on présente le modèle de Day ; ensuite, dans la deuxième section, on tire les leçons pour le cas particulier des sociétés traditionnelles à économie de subsistance.

2. Le modèle classique avec dynamique complexe

Pour comprendre le modèle proposé par Day (1983), il convient tout

¹ En fait, certains systèmes économiques dynamiques ne sont pas déterminés de façon univoque. Dans de tels cas, un choc initial aura des conséquences durables que l'économiste peut traduire par des phénomènes dits « effet papillon » ou de « sensibilité aux conditions initiales ».

d'abord de reprendre la dynamique chaotique dans sa version élémentaire.

2.1. La dynamique chaotique élémentaire

Soit un phénomène démo-économique (par exemple, l'évolution d'une population) Y_t , fonction du temps (t).

On peut écrire :

$$(1) \quad Y_{t+1} = f(Y_t); \text{ avec } Y_t > 0.$$

Dans le cas où la fonction linéaire de récurrence f est de type

$Y_{t+1} = \alpha Y_t + \beta$, la grandeur Y_t aura pour solution :

$$(2) \quad Y_t = \frac{\beta}{1-\alpha} + \alpha^t \left(Y_0 - \frac{\beta}{1-\alpha} \right)$$

Où α et β sont des paramètres quelconques.

La série (2) ci-dessus est une équation exponentielle ou oscillatoire (selon les valeurs prises par α) de période 2. Par ailleurs, elle a un comportement soit divergent, soit convergent.

Néanmoins, cette solution n'est valable que si la fonction f est linéaire. Dans le cas de non-linéarité, on montre que des comportements cycliques de période supérieure à 2 peuvent naître. Ainsi, soit par exemple la fonction simple donnée par la relation suivante:

$$(3) \quad Y_{t+1} = \theta Y_t (1 - Y_t) ; \text{ où } \theta \text{ est le facteur de croissance.}$$

Lorsque Y_t s'accroît et tend vers 1, le terme (3) tend vers zéro.

En général, le comportement de la chronique Y_t est lié à la valeur prise par θ . Si cette valeur est faible (inférieure à l'unité), la population considérée ne peut diminuer jusqu'à disparition totale; si au contraire, elle est supérieure à l'unité, il y a des possibilités de croissance cyclique.

La période avec laquelle Y_t va osciller dépendra, dans certains cas, de la valeur initiale Y_0 . En plus, et c'est très important, on pourra assister à des évolutions de type « chaotique » : il s'agit en fait de tendances cycliques qui, non seulement ne convergent vers aucune grandeur limite, mais présentent des caractéristiques d'un processus parfaitement aléatoire².

Depuis May (1976), la mise en exergue des propriétés d'instabilité

² A partir de là, on peut en déduire deux trajectoires ayant des conditions initiales semblables, et qui pourraient se mettre à diverger très brutalement; ce qui rend pratiquement impossible toute tentative de prévision. Sur ces points, Li et Yorke (1975) donnent même une condition suffisante relative à la fonction (1) pour que l'on ait de tels types de croissance : il faut que Y_t croisse sur deux périodes successives, puis retourne en dessous de sa valeur initiale.

des modèles non-linéaires simples a suscité des tentatives d'application dans des domaines variés. Certains travaux se sont uniquement orientés vers l'économie (Baumol et Benhabib, 1989 ; ou encore Abraham-Frois, 1994, 1995), d'autres ont eu lieu en démographie (Blachet, 1987 ; Lee, 1992).

Quant au modèle de Day (1983), dont nous allons maintenant étudier l'une des versions sujettes à controverse en faisant intervenir des effets de surpeuplement dans un univers économique, il se situe dans la lignée intermédiaire des analyses « démo-économiques ». Il a l'intérêt d'engendrer des propagations cycliques. Son application aux phénomènes chaotiques s'appuie à la fois sur le niveau du revenu moyen, et les aspects comportementaux, voire biologiques, de l'évolution des populations dans le temps.

2.2. La dynamique chaotique de Day

A partir de quelques hypothèses fondamentales, Day (1983) et Day et Shafer (1986) établissent l'existence d'au moins deux régimes possibles de croissance cyclique. Voyons d'abord quelles sont ces hypothèses.

2.2.1. Les hypothèses

En guise de cadre analytique, le modèle élaboré par Day postule trois hypothèses essentielles tenant respectivement au régime démographique, à la fonction de production, et à la rémunération des facteurs de production.

a) Le régime démographique

Les possibilités d'évolution de la population représentative sont exprimées au moyen de deux contraintes :

- le taux de reproduction des générations s'explique, non par des causes économiques, mais par des facteurs démographiques. En d'autres termes, les comportements de fécondité sont tempérés du fait de limites biologiques de l'espèce humaine.
- le taux de renouvellement des générations n'est pas infini. Il est borné par le niveau des ressources disponibles. Cette hypothèse fonde l'aspect malthusien du modèle.

b) La fonction de production

De par son caractère rudimentaire, la technique de production retenue se sert d'une seule variable, à savoir le facteur travail, la terre étant le facteur fixe.

L'originalité du modèle apparaît encore au niveau de la fonction

de production elle-même, qui est une fonction linéaire définie de telle manière que la productivité de celle-ci soit positive ou nulle pour des volumes d'emplois donnés, et négative pour d'autres.

c) La rémunération des facteurs

Ici, la spécificité des économies agricoles surpeuplées est que les travailleurs sont rémunérés non pas à leur productivité marginale comme le voudrait la théorie classique de la rémunération du travail, mais à la productivité moyenne. Pourtant, selon Day, ce salaire issue de la productivité moyenne fluctue autour d'un niveau supposé fixe qu'il considère comme « minimum psychologique ».

2.2.2. Spécification

A titre de point de départ, on envisage un modèle démo-économique agrégé qui est une des spécifications proposées par Day. On suppose qu'il existe un effet de pollution dû à l'accroissement de la taille de la population, effet qui pèse sur le revenu par tête ; soit :

$$(4) \quad f(Y_t) = \theta Y_t^\alpha (1 - Y_t)^\beta ; \text{ avec } 0 \leq \alpha, \beta \leq 1.$$

Où θY_t^α représente une influence de type Cobb-Douglas traditionnel, alors que le second bloc $(1 - Y_t)^\beta$ est l'effet d'encombrement³ qui est d'ailleurs modulable selon l'importance de la valeur prise par le coefficient β .

Pour compléter l'édifice théorique, il résulte de cette spécification que :

- Premièrement, la population croît biologiquement au taux maximal σ : $Y_{t+1} = (1 - \sigma) Y_t$; c'est le « régime naturel », régime le moins dramatique pour les peuples. Dans ce régime, les périodes d'abondance relative succèdent aux périodes de rareté de moyens alimentaires, mais les freins préventifs ajustent l'amplitude des fluctuations observées.

- Deuxièmement, la population reste proportionnelle à la production de ressources rares : $\lambda Y_{t+1} = f(Y_t)$; c'est le « régime de subsistance ». Ici, les fluctuations chaotiques limitent la croissance démographique, la période féconde étant moins longue que dans le régime précédent.

A partir de ces deux situations extrêmes, et d'une autre appelée « régime intermédiaire », on établit l'existence de deux systèmes au sein desquels, les fluctuations démo-économiques de nature chaotique peuvent conduire à des événements plus ou moins dramatiques pour les

³ Puisqu'une population trop élevée ou en forte croissance pèse sur les ressources alimentaires disponibles et finit même par provoquer une chute du niveau de vie, la fonction de production $f(Y_t)$ croît et décroît avec Y_t .

générations humaines.

Formellement, on écrit :

$$(5) \quad Y_{t+1} = \text{Min} [(1+\sigma) Y_t, f(Y_t) / \lambda].$$

En donnant des valeurs aux paramètres, on obtient des trajectoires idéales. Par exemple, Day considère les coefficients suivants : $\sigma = 0,75\beta$; $\beta = 0,25$; $\alpha = \lambda = 1$; et $\theta = (1+\beta)[(1+\beta)/\beta]\beta = 0,6$. Si l'on suppose en plus que l'effectif initial de la population est normalisé à $Y_0 = 0,10$, des profils absolument chaotiques apparaissent dans le modèle théorique (Cf. Day, 1983 ou Blanchet, 1995, 1997). De façon schématique, on obtient alors la représentation ci-dessous.

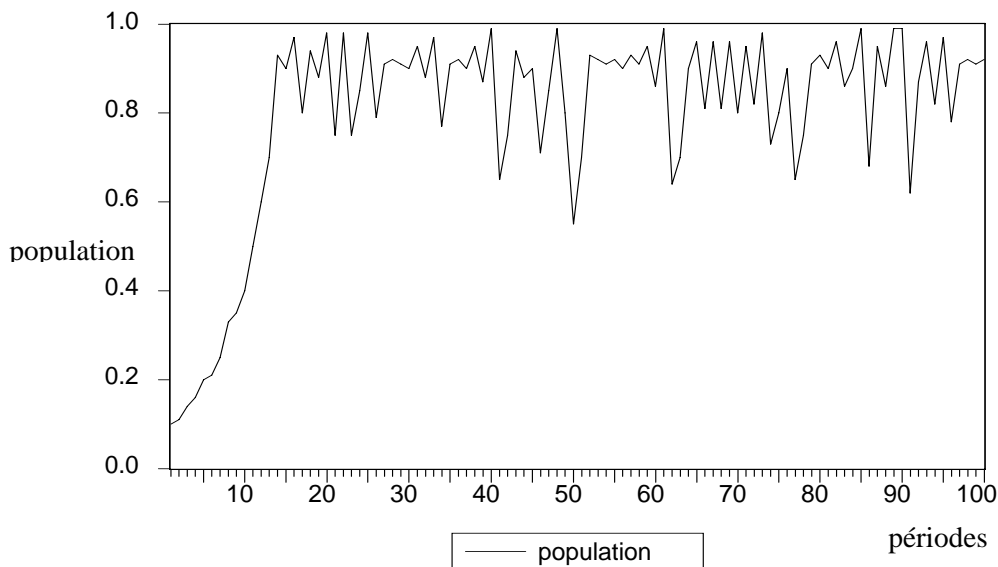


Figure Evolution simulée de Y (population), d'après Day

Dans quelles conditions cette thèse se rapproche des faits empiriques ?

3. Les implications démoéconomiques

3.1. Reproduction endogène et chaos

Puisque la dynamique de Day vise à fournir une explication purement déterministe de l'évolution des populations anciennes, et éventuellement celle des pays en développement, on y remarque le rôle important joué par les facteurs endogènes à l'instar des conditions de vie.

Les conditions de vie, qui dépendent de la fonction de production

agricole, exercent une influence considérable sur le rythme de reproduction biologique de l'espèce humaine. En effet, lorsque la production des biens est supérieure à son niveau d'équilibre, le taux de croissance de la population devient nettement positif, voire élevé. Par contre, dans le cas où cette production serait inférieure au stock requis, les comportements de renouvellement de la population sont automatiquement freinés.

L'intervalle de variation du produit est d'autant plus restreint que le taux d'accroissement net des générations est moins élevé. L'économie peut néanmoins connaître des évolutions plus dramatiques encore, en particulier si les mécanismes de rééquilibrage n'exercent leurs effets que faiblement, ou alors, s'ils ne le font pas du tout.

L'apparition de dynamique de peuplement dans le modèle classique est donc acquise et maintenue, aussi bien sur son versant économique (effet du niveau de vie sur la fécondité) que sur son versant démographique (impact de la reproduction sur le niveau de vie).

Malgré cela, l'observation d'un type donné de développement chaotique dépend fortement de la valeur initiale prise par le taux de croissance démographique. Une question de fond que l'on peut se poser est de savoir si la prise en compte de la seule relation symétrique entre indicateur de bien-être et pression nataliste est suffisante pour engendrer des fluctuations imprévisibles dans la structure du modèle. Quoique l'hypothèse selon laquelle l'augmentation du nombre d'individus devrait nécessairement buter sur un plafond de fécondité naturelle, notamment en situation de forte expansion humaine due à des conditions économiques incitatives, il semble qu'on n'ait pas à faire à des oscillations irrégulières.

Plusieurs auteurs (par exemple, Lee, 1992, et Dufrenot, 1995) se sont même inscrits en faux par rapport à cette hypothèse, arguant qu'elle est difficile à soutenir dans un cadre de pensée qui se veut malthusien ; non pas que ce cadre soit nécessairement inadapté, mais plutôt pour des raisons qu'il convient de rechercher dans le caractère homéostatique lent engendré par le trend de croissance. D'après leurs analyses, la description des évolutions démo-économiques des populations du passé sous la forme d'un processus de croissance avec butoir de surpeuplement est une vision erronée et critiquable.

Au moins deux reproches peuvent être formulés :

- D'abord, il y a lieu de s'interroger sur l'échelle temporelle relative aux implications théoriques du modèle de Day. Ce dernier montre que les changements démographiques consécutifs aux variations du niveau moyen de production ne se font pas sans délai, mais en référence

aux évènements qui se sont déroulés au cours d'une période antérieure de trente ans. Malheureusement, dès qu'on lève cette hypothèse, la croissance de la population devient stationnaire à long terme.

- Ensuite, si l'on s'en tient à Blanchet (1995), l'apparition de cycles aléatoires ne peut être obtenue qu'au prix de valeurs de paramètres absolument irréalistes. La stabilité de l'équilibre démographique dépend à la fois de l'élasticité de la production par tête par rapport à l'effectif des personnes, et de la sensibilité du taux de croissance démographique au niveau de vie. Or une valeur de l'élasticité équivalente à 1 signifierait qu'une baisse de la production moyenne de 10 % implique une décroissance de la population de 10 % par an⁴.

3.2. La dynamique néo-classique de Prskawetz et Feichtinger

En vue de pallier les limitations que l'on vient d'évoquer, le modèle de Prskawetz et Feichtinger (1995) s'éloigne légèrement du cadre défini par les conditions de base. Ces auteurs proposent en effet une dynamique complexe semblable au modèle de Solow (1956), mais avec une population endogène.

En ce qui concerne la configuration donnée à la fonction de production, et surtout à l'influence de la croissance démographique sur le niveau de vie, leur contribution évite assez bien les limites qui se posaient chez Day. Ce point positif découle du rapprochement avec l'hypothèse de croissance néoclassique selon laquelle, la production par tête dépend de l'intensité capitaliste ; celle-ci étant gouvernée par la fonction :

$$(6) \quad h_{t+1} = \frac{[sk_t^\alpha + (1-d)k_t]}{(1-n_t)}$$

Avec s le taux d'épargne, d le taux de dépréciation du capital, α l'élasticité de la production par rapport au capital, et n_t le taux de croissance de la population.

Pour les valeurs concrètes, les coefficients s et α sont ceux couramment utilisés, tandis que d est proche de zéro⁵.

Si le problème de l'unité de temps implicite qui se posait dans la version classique se résout de fait, il n'en est pas de même en ce qui concerne la réaction de la population aux difficultés économiques. Pour le contourner, les auteurs supposent une fonction de réponse logistique telle

⁴ Par rapport à ce point de vue, la mortalité devrait faire un saut de 100 % ; ce qui est absolument excessif.

⁵ Ces restrictions seraient nécessaires pour qu'apparaissent des fluctuations chaotiques.

que :

$$(7) \quad n_t = f(y_t) = \frac{\phi}{1 + e^{-\theta(Y_t - Y_{\min})}}$$

Ici, les valeurs proposées sont 1 pour ϕ et $50 < \theta < 100$. Cela est réaliste, au moins sur le plan quantitatif ; mais implique d'une part que l'intensité capitaliste peut générer des taux de croissance démographique atteignant des niveaux extrêmes de 0 à 100 %, et que, d'autre part, le taux de croissance démographique lui-même peut atteindre des proportions aussi grand que 100 % !

3.3. Crises naturelles, déséquilibres socio-économiques et instabilité démographique

Pourquoi s'intéresser à des modèles et en particulier à celui de Day, qui s'éloignent en première analyse de la dynamique chaotique postulée au départ ? C'est que malgré leurs imperfections postulées et démontrées, il n'est pas interdit de penser que le type de situations que les propositions (néo)classiques formulent puisse être atteint, même si des appauvrissements de la réalité s'imposent.

La tendance longue à la cyclicité démographique des populations anciennes, résultat arithmétique d'une mortalité élevée venant compenser une forte natalité en période de crise de surpeuplement, s'accompagne à moyen terme de fluctuations brusques. Il reste alors à expliquer comment ces forces interagissent, et surtout pourquoi, de ces deux forces contraires, aucune ne l'a emporté et n'a conduit alternativement à une croissance exponentielle ou à l'extinction définitive. Il faudrait, pour cela, supposer l'existence d'une rationalité du système ; mais aussi de modes de régulation externe. Ce faisant, l'on pourrait s'éloigner des idées de Malthus.

La répétition fréquente et erratique de crises démo-économiques peut trouver son origine, soit à travers l'endogénéisation du taux de renouvellement des générations (comportement de fécondité), soit par l'intégration au modèle de facteurs exogènes majeures tels que :

- les phénomènes naturels
 - dégradation de l'environnement (désertification, érosion éolienne, accidents climatiques) ;
 - les épidémies comme la peste.

- les guerres et les flux migratoires⁶.
- les catastrophes diverses.

Au-delà de facteurs spécifiques qui viennent d'être mentionnés, faut-il encore considérer que la logique de fonctionnement des sociétés traditionnelles comporte des mécanismes autorégulateurs ayant pour effet de ramener sans cesse la population à un niveau stationnaire de subsistance ? La mise en exergue de tels mécanismes est d'autant plus délicate que ceux-ci mettent en jeu, en plus des éléments biologiques et des variables de comportements, des déterminants extra-économiques. Dans ce cas, on s'éloigne du cadre défini par les modèles traditionnels.

4. Conclusion

Comme confirmation aux thèses malthusiennes sur la démographie historique, la contribution de Day est fondamentale. Le profil de transformation que son modèle retrace rappelle les séries de mouvements, expansifs ou dépressifs, de l'évolution qu'on connaît pour les peuplades du passé, avec leur alternance entre périodes de calme relatif et de grandes disettes.

Toutefois, il reste à trouver le meilleur cadre théorique permettant d'endogénéiser complètement le profil démoéconomique, et donc de traduire fidèlement les faits. Se fondant sur les comportements de fécondité des groupes, la rationalité individuelle et l'influence de facteurs non économiques, il serait possible d'affiner les résultats obtenus.

Références

- ABRAHAM-FROIS, G. (1994), *La Dynamique Chaotique*, Dalloz-Sirey, et *Revue d'Economie Politique*, n°2-3.
- ABRAHAM-FROIS, G. (1995), *Les Fluctuations Economiques*, *Economica*, 112 p.
- BAUMOL, W. J. et BENHABIB, J. (1989), *Chaos : Significance, mechanism and economic applications*, *Journal of Economic Perspectives*, 3-1, 1989.
- BLANCHET, D. (1987), *Processus Chaotique en Dynamique des Populations : Une analyse critique*, INED.
- BLANCHET, D. (1995), *Dynamique Démoéconomique et Chaos : Une critique*, *Revue d'Economie du Développement*, 1, pp. 103-114.
- BLANCHET, D. (1997), *Modèles Démographiques non linéaires et Modèles à Dynamique Chaotique*, *Population*, pp. 933-946.
- DAY, R. H. (1983), *The Emergence of Chaos from Classical Economic Growth*, *Quarterly Journal of Economics*, 98, pp. 201-213.
- DAY, R. H. et SHAFER, W. (1986), *Keynesian Chaos*, *Journal of Macroeconomics*, 7, pp. 277-295.

⁶ Par exemple, l'esclavage.

- DUFRENOT, G. (1995), Dynamique Démoéconomique et Chaos : Un autre commentaire, *Revue d'Economie du Développement*, 1, pp. 115-124.
- LEE, R. D. (1992), L'Autocorrelation de la Population : Systèmes malthusiens en environnement stochastique, in *Modèles de la Démographie Historique*, A. BLUM, N. BOMEUIL et D. BLANCHET (eds.) Congrès et Colloques n°11, INED/PUF.
- LI, T.-Y. et YORKE, J. A. (1975), Period Three implies Chaos, *American Mathematical Monthly*, 1975.
- MAY, R. M. (1976), Simple Mathematical Model with very Complicated Dynamics, *Nature*, 241.
- PRSKAWETZ, A. et FEICHTINGER, G. (1995), Endogenous Populations Growth may imply Chaos, *Journal of Population Economics*, 8, pp. 59-80.
- ROSSER, J. B. (1991), *From Catastrophe to Chaos : A general theory of economic discontinuities*, Kluwer Academic Publishers.
- SOLOW, R. M. (1956), A Contribution to the Theory of Economic Growth, *Quarterly Journal of Economics*, vol. 70, pp. 65-94.