

## Article

---

« Le développement de l'agriculture, la croissance de la population et l'environnement »

Marc Nerlove

*L'Actualité économique*, vol. 70, n° 4, 1994, p. 359-382.

Pour citer cet article, utiliser l'information suivante :

URI: <http://id.erudit.org/iderudit/602155ar>

DOI: 10.7202/602155ar

Note : les règles d'écriture des références bibliographiques peuvent varier selon les différents domaines du savoir.

---

Ce document est protégé par la loi sur le droit d'auteur. L'utilisation des services d'Érudit (y compris la reproduction) est assujettie à sa politique d'utilisation que vous pouvez consulter à l'URI <http://www.erudit.org/apropos/utilisation.html>

---

Érudit est un consortium interuniversitaire sans but lucratif composé de l'Université de Montréal, l'Université Laval et l'Université du Québec à Montréal. Il a pour mission la promotion et la valorisation de la recherche. Érudit offre des services d'édition numérique de documents scientifiques depuis 1998.

Pour communiquer avec les responsables d'Érudit : [erudit@umontreal.ca](mailto:erudit@umontreal.ca)

## LE DÉVELOPPEMENT DE L'AGRICULTURE, LA CROISSANCE DE LA POPULATION ET L'ENVIRONNEMENT\*

Marc NERLOVE

*Department of Agricultural and Resource Economics  
University of Maryland*

RÉSUMÉ — Peu de sujets suscitent autant d'intérêt et d'inquiétude dans l'économie contemporaine que ceux reliés à l'environnement. Plusieurs problèmes environnementaux à long terme sont de nature intergénérationnelle, c'est-à-dire qu'ils affectent principalement les générations futures ; ils sont le résultat de l'utilisation de la technologie agricole moderne, d'une extension de l'agriculture dans des secteurs fragiles sur le plan environnemental dans le but d'augmenter la production alimentaire, de la pollution due à l'urbanisation et à l'industrialisation rapide, ou d'une exploitation trop précipitée de l'énergie non renouvelable et d'autres ressources naturelles. Le but de cet essai est d'explorer les liens entre la croissance de la population, le développement agricole et la qualité de l'environnement.

Le développement agricole est essentiel au maintien d'une population mondiale croissante. Dans le « meilleur scénario », on s'attend à ce que la croissance de la population se fasse à un taux décroissant au cours des cinq prochaines générations, puis se stabilise. Mais pour que cette stabilité se réalise, il faut que la fécondité humaine ne réponde pas positivement aux changements environnementaux associés au développement agricole. Dans cet essai, je propose des raisons qui permettent de supposer que, dans des circonstances environnementales relativement bonnes, et à de hauts niveaux de subsistance, la fécondité répondra positivement à la détérioration de l'environnement et que les perspectives de stabilisation de la population à un niveau favorable de qualité environnementale ne sont pas bonnes en l'absence d'intervention sociale. Je conclus de plus que les chances d'une intervention stabilisatrice sont faibles.

ABSTRACT — *Agricultural Development, Population Growth and the Environment*. Few issues excite as much interest and concern in contemporary economics as those related to

---

\* Texte de la conférence François-Albert Angers, donné devant la Société canadienne de science économique, 24<sup>e</sup> congrès annuel, Ottawa, mai 1994.

Je remercie Anke Meyer, Patricia et Pascal Grosclaude, et Marcel Dagenais pour leurs commentaires et pour la traduction en français.

environment. Many long term environmental problems are intergenerational, in the sense that they affect primarily future generations, and derive from the use of modern agricultural technology or extension of agriculture into environmentally fragile areas to augment food supplies, as well as from pollution due to rapid urbanization and industrialization or from too rapid exploitation of exhaustible energy and other natural resources. The purpose of this essay is to explore the connections among population growth, agricultural development, and the quality of environment.

Agricultural development is essential to support a growing level of world population at tolerable levels. Growth in population is expected to occur at a diminishing rate over the next five generations before it stabilizes in the « best-case » scenario. But such stability requires that human fertility not respond positively to environmental changes associated with agricultural development. In this essay, I suggest reasons to suppose that, under relatively good environmental circumstances and relatively high levels of subsistence, fertility will in fact respond positively to environmental deterioration and that, therefore, the prospects for stabilization of population at such favourable levels of environmental quality are not good in the absence of social intervention. I further conclude that the likelihood of stabilizing intervention is not great.

*Frères humains qui après nous vivez  
N'ayez les coeurs contre nous endurcis*

...

*Mais priez Dieu que tous nous veuille absoudre.*

*François Villon  
(1431-c.1463)*

## INTRODUCTION

Environ 80 % des 5.5 milliards d'habitants du monde vivent dans des pays où plus de 50 % de la population active est employée dans le secteur agricole (estimations basées sur les données de la Banque mondiale et de l'O.I.T.). Ces pays sont généralement pauvres, leur PNB *per capita* est faible et le taux de croissance de la population y est élevé.

Selon des prévisions de la Banque mondiale, la population du monde pourrait, au mieux, doubler d'ici l'an 2160, si on suppose un déclin rapide de la fécondité dans les régions qui, présentement, ont des taux de croissance démographique élevés. Ou encore, la population pourrait plus que tripler, si ce qu'il est convenu d'appeler la « transition démographique » débutait plus tard là où elle ne s'est pas encore manifestée ou progressait plus lentement que prévu dans les régions où le phénomène est déjà amorcé. Cette augmentation de la population mondiale sera accompagnée par une urbanisation rapide : en 2025, plus de la moitié de la population mondiale habitera probablement dans des régions urbaines. Évidemment, il pourrait y avoir une catastrophe qui renverse le cours des choses. Par exemple, une épidémie généralisée de SIDA pourrait décimer de façon draconienne la population. Mais ce serait faire preuve d'un pessimisme excessif et ce serait également tout à fait irresponsable de compter là-dessus.

Il est clair que croissance de la population et urbanisation imposent de sérieuses contraintes sur les ressources naturelles et l'environnement. En particulier, pour nourrir une population bien plus grande, l'agriculture devra s'étendre à des environnements de plus en plus fragiles, s'intensifier et se moderniser en prenant des moyens qui risquent d'affecter grandement la qualité de l'air, de l'eau et du sol, les réserves de poissons, de bois et des autres ressources renouvelables. (Les ressources non renouvelables présentent un problème en quelque sorte différent ; jusqu'à présent, le progrès technologique a empêché leurs prix d'augmenter en termes réels.) Au cours des 30 dernières années environ, la production de denrées alimentaires et de fibres a crû à un rythme au moins égal à celui de l'accroissement de la population mondiale, bien qu'il reste encore de graves problèmes de distribution. Par exemple, les céréales comptent, avec certaines légumineuses, pour plus que 80 % des produits agricoles qui servent à nourrir les individus dans les pays en voie de développement. Ces mêmes produits constituent également, de façon indirecte, une part importante de la consommation alimentaire des pays plus développés, par conversion en produits animaux. Le taux moyen de croissance de la production de céréales et de légumineuses dans les 30 dernières années est d'environ 2 %, plus qu'assez pour satisfaire la demande mondiale, de sorte que les prix de ces produits ont effectivement diminué et diminueront sans doute encore pendant les 20 à 25 prochaines années. Les sombres prédictions de famine mondiale ne se sont pas matérialisées, bien que la faim et la malnutrition prévalent toujours dans certaines régions et que les guerres et les désordres civils engendrent encore des situations de famine, comme ce fut le cas en Somalie et comme c'est encore le cas dans d'autres parties de l'Afrique. Cependant, les bas prix mondiaux n'impliquent pas nécessairement que les populations démunies auront automatiquement accès aux produits alimentaires et qu'elles n'aient pas à continuer de produire la majeure partie des produits qu'elles consomment. De plus, il ne faut pas penser que l'abondance qui est prévue pour la prochaine génération puisse servir de prétexte pour se rassurer à propos du long terme.

Il y a eu trois «révolutions agricoles» dans l'histoire de l'humanité, sur cette planète. Chacune a initié un important mouvement d'accroissement de la population. La première révolution fut la «découverte» de l'agriculture, entre douze mille et dix mille avant Jésus-Christ dans l'Ancien Monde et entre dix mille et huit mille avant Jésus-Christ, dans le Nouveau Monde. (Cohen, 1977 ; Sauer, 1969). La deuxième «révolution» a pris place principalement dans l'ouest de l'Europe, au 17<sup>e</sup> siècle. Elle a été marquée par l'adoption des techniques agricoles développées surtout aux Pays-Bas et par l'importation de cultures venant du Nouveau Monde, comme la pomme de terre et le maïs. Ces techniques et ces cultures ont permis l'utilisation efficace de sols mal drainés. Elles ont aussi amélioré la productivité des cultures existantes grâce à de nouvelles techniques de rotation et elles ont concouru à l'expansion de l'élevage des animaux de ferme. Elles ont aussi accru considérablement le rendement de la terre et du travail, en termes des calories produites. Certains auteurs affirment

que ce renouveau agricole a non seulement conduit à un accroissement important de la population européenne, mais qu'il a contribué de façon primordiale à la Révolution industrielle qui débuta, en Angleterre, vers la moitié du 18<sup>e</sup> siècle (Bairoch, 1976 ; Grigg, 1980). (Pour une opinion contraire, consultez Livi-Bacci, 1991.) Récemment, la « révolution verte », c'est-à-dire l'introduction de nouvelles variétés à haut rendement (VHR) des principales denrées alimentaires, en particulier du maïs, du blé et du riz a augmenté sensiblement la production mondiale de nourriture et a entraîné, partout, des changements fondamentaux dans les pratiques des agriculteurs et des industries reliées à l'agriculture, même dans les pays développés. En effet, le surplus alimentaire courant et la chute des prix des céréales qui, selon toute prévision, se poursuivra bien au-delà du début du prochain siècle, s'expliquent par la révolution verte et par la modernisation et l'expansion de l'agriculture qui en découlent.

Le développement et la propagation des VHR (le maïs hybride aux États-Unis dans les années 1920 et 1930 et les variétés naines de blé et de riz dans les pays en voie de développement) sont le fruit d'efforts de recherche et de développement considérables effectués dans les pays plus développés ainsi que dans les pays en voie de développement, particulièrement dans des instituts de recherches internationaux, dans des firmes privées spécialisées dans la production de semences, dans des entreprises publiques ou encore dans des instituts subventionnés publiquement. Bien que plusieurs des VHR soient des hybrides dont le rendement et les autres qualités se détériorent quand elles sont reproduites à partir de graines récoltées, plusieurs autres sont des variétés améliorées à pollinisation indirecte qui ne comportent pas les mêmes inconvénients. Le développement de l'industrie des graines de semence et les activités continues de recherche et développement sont des éléments essentiels de la révolution verte ; mais les implications en termes de besoin de financement public ou privé diffèrent selon la nature biologique de l'innovation. Les variétés améliorées se caractérisent, d'une part, par un meilleur usage de l'eau et des matières nutritives fournies sous forme d'engrais inorganiques, et d'autre part, par une plus forte résistance aux insectes nuisibles et une amélioration des propriétés structurelles des plantes qui rendent la mécanisation possible. Ainsi, la révolution verte n'implique pas uniquement des innovations biologiques financées par des organismes publics et privés de R&D, mais bien d'autres changements d'ordre institutionnel et économique : modernisation de l'agriculture, développement des marchés, du transport, de l'irrigation et d'autres infrastructures, ainsi que des industries qui fournissent les nouveaux « inputs » requis et les semences.

Alors qu'on peut penser que la révolution verte et la modernisation agricole concomitante continueront de progresser, on ne doit pas s'attendre à ce que ces développements engendrent un accroissement dramatique de la production alimentaire, sans qu'on doive étendre l'agriculture à des régions qui sont fragiles sur le plan de l'environnement et qui n'étaient pas favorables à l'agriculture traditionnelle. On peut se demander si la biotechnologie moderne, qui se caracté-

rise par des approches innovatrices en matière de culture des cellules et des tissus ainsi que par la manipulation génétique du matériel biologique, sera à la base d'une quatrième révolution agricole. Cela n'est pas sûr. Mais ce dont on peut être assuré, c'est que sans une augmentation de la production agricole, sans une intensification de l'agriculture moderne et son expansion dans de nouvelles régions, on ne pourra assurer à une population mondiale croissante des niveaux d'alimentation et de qualité de vie acceptables. Cette expansion, cette intensification et cette modernisation de l'agriculture ne pourront être réalisées sans efforts de recherche et sans investissements considérables ; elles imposeront également des contraintes sévères à l'environnement et aux ressources renouvelables. À savoir si les générations futures seront effectivement heureuses de vivre, en d'autres termes, si une population plus grande peut subsister sur cette planète tout en maintenant un niveau et une qualité de vie acceptables, cela dépendra en grande partie des mesures que nous, de la présente génération, prenons maintenant et de celles que nous prendrons au cours du siècle qui commence.

Afin de guider la discussion sur le sujet et d'orienter les politiques vers des mesures propres à conserver le monde dans un état satisfaisant pour notre progéniture des quatre ou cinq générations futures, il est important de bien comprendre le processus de modernisation agricole et son impact sur l'environnement ainsi que les liens qui existent entre cette modernisation et les changements démographiques et, en particulier, de bien saisir la nature et les sources de la transition démographique. Finalement, il faut aussi comprendre les effets des changements environnementaux sur l'accroissement de la population et sur la modernisation et l'expansion de l'agriculture. Je me propose, dans la suite de cet exposé, de traiter ces sujets dans l'ordre qui suit. Je commencerai par discuter de la nature et des sources de ce qu'il est convenu d'appeler la «*transition démographique*»; puis, je parlerai du processus de modernisation agricole et de sa relation avec les changements démographiques et environnementaux. Pour terminer, j'examinerai de quelle manière l'usage des ressources renouvelables, qui incluent les ressources environnementales, affecte les changements démographiques et l'agriculture.

L'idée que la fécondité est essentiellement endogène constitue le cœur de mon argumentation. Je veux dire par là que les parents décident du nombre d'enfants qu'ils veulent avoir, de façon à maximiser leur propre satisfaction qui peut inclure l'amour et les sentiments altruistes qu'ils ont envers leur progéniture, sous les contraintes économiques et environnementales auxquelles ils sont confrontés. Ce point de vue a deux implications. D'abord, l'accroissement de la population, quelle que soit son importance, sera essentiellement endogène au processus de la croissance et du développement économique et dépendra des décisions des parents et des facteurs associés à la morbidité et à la mortalité, dont certains dépendent, à leur tour, des choix effectués par les parents. À long terme, la croissance perpétuelle de la population n'est pas un phénomène inévi-

table. D'autre part, l'idée que la génération d'aujourd'hui détermine effectivement la taille et la composition de la population future, a de profondes implications morales et éthiques à propos de la considération qu'on doit accorder à ces générations lorsqu'on effectue des choix qui peuvent affecter leur bien-être et la nature des contraintes auxquelles elles seront soumises au cours de leur existence. Ces problèmes dépassent, cependant, le cadre du présent essai.

#### 1. L'ACCROISSEMENT DE LA POPULATION, LA FÉCONDITÉ ENDOGÈNE ET LA «TRANSITION DÉMOGRAPHIQUE».

Cette section s'inspire de Nerlove (1974).

À travers l'histoire humaine, les taux de natalité et de mortalité ont, en général, fluctué en tandem de sorte que la population est restée stable ou s'est accrue lentement. Avec le développement de l'agriculture, il y a quelques 12-14 mille ans, les taux de natalité et de mortalité auraient, semble-t-il, sensiblement augmenté tous les deux, mais il y aurait quand même eu aussi une certaine accélération du taux de croissance de la population (Coale, 1974). Un autre changement majeur s'est produit en Europe occidentale à la suite de ce que j'ai appelé la « seconde révolution agricole ». Une réduction marquée des taux de mortalité accompagnée seulement de légères baisses des taux de natalité a engendré une explosion démographique. Au cours des 18<sup>e</sup> et 19<sup>e</sup> siècles, les migrations des populations européennes vers le Nouveau Monde et l'Océanie ont allégé le problème. C'est ce problème en particulier qui a motivé les écrits de Malthus (1789, 1830).

La théorie malthusienne concernant la population et la croissance est bien connue : la passion entre les sexes, à moins d'être entravée par la misère humaine, aboutit à une croissance continue de la population. Les facteurs qui freinent la croissance de la population incluent « ..la guerre, la maladie, la faim et tout ... ce qui contribue à réduire la durée de la vie humaine ». Les facteurs préventifs comprennent l'abstinence de rapports sexuels, la modération dans le mariage et/ou les mariages tardifs. Mais Malthus lui-même était convaincu que les contrôles préventifs n'auraient pas d'effet majeur sans les incitations imposées à l'humanité par une pauvreté croissante. Si les conditions de vie ne se détériorent pas de façon notable, la population croîtra de manière exponentielle. Comme Malthus pensait que les ressources alimentaires et, ultimement, les moyens d'assurer le bien-être des individus ne pouvaient augmenter que de façon linéaire, il prédit un accroissement de la population accompagné d'un appauvrissement de plus en plus grand, jusqu'à ce qu'on atteigne un équilibre caractérisé par une vaste population vivant dans les conditions les plus misérables.

Les prévisions de Malthus ne se sont pas encore réalisées pour plusieurs raisons. D'abord, la baisse des taux de mortalité et surtout de la mortalité infantile dans les pays de l'Europe occidentale, puis en Europe de l'Est, en Amérique du

Nord, et au Japon, a été accompagnée par une baisse des taux de natalité, bien qu'avec un retard notable. De plus, la productivité agricole a augmenté de façon marquée et de nouvelles terres ont été cultivées, ce qui a réduit la pression démographique dans les anciennes régions habitées et a rendu disponibles des ressources alimentaires additionnelles ainsi que d'autres ressources pour subvenir aux besoins d'une population mondiale de plus en plus grande. Au 20<sup>e</sup> siècle, le progrès de la médecine et les investissements en santé publique ont réduit les taux de mortalité dans certaines régions du monde. Par ailleurs, d'autres parties importantes du monde ont évolué de façon à peu près semblable, en termes de diminution du taux de natalité, d'extension et d'intensification de l'agriculture et en termes de croissance économique. (Le continent africain constitue une exception importante.) C'est ce phénomène de baisse des taux de mortalité, suivi, avec un certain retard, par la baisse de natalité, qu'on a appelé « la transition démographique ». (Pour un traitement magistral de la question, voir Chesnais, 1992 ; voir également Beaver, 1975 et Caldwell, 1982.) Cependant, jusqu'à présent, aucune théorie n'a réussi à expliquer rigoureusement le rapport entre cette évolution démographique et la croissance économique.

Dans cette veine, il est important de faire la distinction entre changement démographique endogène et fécondité endogène. On peut construire des modèles qui comportent des relations entre les facteurs économiques ou autres et la dimension et la composition de la population ou les changements démographiques, sans introduire de mécanisme de prise de décisions. C'est le cas, par exemple, des modèles purement biologiques d'évolution des populations animales où la dimension de la population est limitée par la disponibilité de nourriture ou la population des prédateurs. La théorie malthusienne, discutée plus haut, se rapproche de tels types de modèles.

D'autre part, les développements récents en économie de la famille et de la population suggèrent l'existence de plusieurs liens de causalité entre l'environnement économique, la formation de la famille humaine et les décisions en matière de fécondité. Ces développements suggèrent aussi qu'il est possible que la mortalité soit influencée par les décisions des familles concernant les investissements en capital humain effectués chez les enfants relativement à leur santé et à leur alimentation et aussi par les décisions concernant la fécondité. En particulier, les récentes théories économiques sur la fécondité se basent sur des modèles qui font intervenir explicitement les prises de décisions par les familles. Dans ces modèles, le choix optimal du niveau de fécondité s'effectue selon des critères de maximisation d'utilité. Ces modèles, que j'ai déjà qualifiés de « nouvelle économie domestique », (Nerlove *et al.*, 1987) pourraient peut-être être désignés de façon plus précise comme des modèles de « fécondité endogène ». La fécondité n'est évidemment qu'un des éléments qui affecte le changement démographique. Dans une population fermée, sans migration, la composition démographique et la mortalité jouent également un rôle, que les familles ne peuvent contrôler parfaitement.



Le problème d'expliquer la transition démographique dans le contexte de la fécondité endogène consiste à montrer comment les décisions des familles concernant la fécondité, l'investissement dans le capital humain de leurs enfants et leurs legs sous d'autres formes de capital, ainsi que d'autres facteurs, interagissent dans le temps pour déterminer la dimension de la population, les stocks de capital humain et physique et le bien-être des générations futures. De là, la transition démographique apparaît ensuite comme une conséquence possible de ces interactions. (Voir Nerlove, 1974 pour un modèle explicatif de ce genre.)

Une saine alimentation et des services de santé de bonne qualité augmentent les chances de survie des enfants et peuvent aussi affecter leur capacité d'assimiler les futurs investissements en capital intellectuel. Dans la mesure où ces investissements augmentent la durée de la vie et, en particulier, le nombre d'années de vie économiquement active, une telle amélioration qualitative pourrait augmenter le rendement sur les investissements en capital humain, que les enfants pourraient vouloir faire pour eux-mêmes, plus tard. Dans la mesure où une meilleure santé et une meilleure alimentation réduisent la mortalité infantile, elles accroissent la satisfaction que les parents retirent d'autres formes d'investissements qui améliorent également la qualité des enfants, puisqu'en moyenne, on pourra profiter plus longtemps des rendements sur ces investissements. L'accroissement de la longévité, en particulier pour les années de vie active sur le plan économique, augmente le temps humain disponible sans augmenter la population. Cette augmentation pourrait tendre à réduire la valeur unitaire du temps; mais, comme on le sait, la plupart des effets provenant d'une bonne santé et d'une bonne alimentation se font sentir au cours de l'enfance et augmentent éventuellement la qualité des unités de temps dans les années qui suivent, plus qu'elles n'augmentent le nombre des enfants. L'effet net est qu'une meilleure santé et une meilleure nutrition réduisent le coût des investissements futurs en capital humain par rapport aux autres formes de capital et en augmentent ainsi les rendements.

Il est évident que les parents peuvent avoir plusieurs raisons pour vouloir des enfants. Non seulement les enfants assistent-ils leurs parents dans la vieillesse, dans les pays pauvres, ou servent de soutien moral, dans des milieux ou des périodes plus favorables, mais aussi, les enfants sont appréciés pour leur valeur intrinsèque, parce que les parents les aiment et les considèrent peut-être comme un prolongement d'eux-mêmes, après la mort. Ces arguments, pour s'exprimer dans le langage austère de l'économie, impliquent que l'utilité des enfants fait partie de la fonction d'utilité de la famille à laquelle ils appartiennent et qu'elle correspond à une utilité marginale positive des parents. Il s'ensuit que les parents, à moins qu'ils ne soient eux-mêmes très pauvres, peuvent vouloir léguer un certain capital à leurs enfants. Comme la dimension du stock de capital, matériel et intangible, humain et non humain s'accroît, *per capita*, dans presque toutes les économies contemporaines (à l'exception de l'Afrique subsaharienne), on doit supposer que les individus désirent laisser en

héritage plus qu'ils n'ont eux-mêmes reçu de leurs parents ou alors que les institutions fonctionnent de façon à inciter un tel comportement. Quelle que soit la motivation, la valeur croissante du temps humain devrait affecter la forme sous laquelle ce capital est légué. Tant que les taux de rendement sur les investissements en capital humain excèdent les taux de rendement sur les investissements dans les autres formes de capital ou diminuent moins rapidement que ces taux, les parents auront tendance à transmettre la majeure partie de leurs legs sous forme de capital humain. Ainsi, la tendance à améliorer la qualité des enfants serait intensifiée par le désir de laisser un héritage, malgré une tendance contraire à investir dans des formes de legs qui requièrent moins d'investissements en temps, en raison du coût croissant du temps. Mais comme les taux de rendement tendent à s'égaliser à long terme, les parents devraient avoir tendance éventuellement à léguer une moins grande part de leur fortune sous forme de capital humain et une plus grande part sous forme d'actifs financiers ou de capital physique. À l'équilibre, les taux de rendements seront les mêmes. Tant qu'ils diffèrent, les parents investiront dans les actifs qui donnent les rendements les plus élevés. Néanmoins, tant qu'il y a des investissements en capital humain, la valeur d'une unité de temps humain continuera d'augmenter avec la croissance du stock de capital *per capita*, ce qui renforcera la tendance à avoir moins d'enfants et des enfants de meilleure qualité. Il y aura un effet de substitution favorisant cette tendance, et, éventuellement peut-être, ce même effet pourra jouer à la fois contre la qualité et la quantité d'enfants, en faveur d'un accroissement des biens et du savoir. Il est hors de tout doute qu'au cours du siècle dans lequel nous vivons, une proportion croissante de la formation du capital s'est faite sous forme de capital humain (Schultz, 1961 ; 1971 ; 1973), ce qui suggère que l'on doit être encore loin du point où cet effet de substitution commence à jouer contre les enfants, à la fois en termes de qualité et de quantité.

On peut tirer de cette analyse une théorie qui explique le pourquoi et le comment de la transition démographique. Cette théorie implique que la valeur de l'unité de temps humain et les variations de cette valeur sont des éléments fondamentaux et que les limitations imposées par les ressources naturelles sont freinées, sinon éliminées, par le progrès technologique et l'augmentation du stock des connaissances et du capital humain et non humain. Le lien principal entre les ménages et l'économie est la valeur du temps humain ; l'augmentation de la valeur du temps humain entraîne une diminution du nombre d'enfants par ménage, chaque enfant incarnant de plus grands investissements en capital humain. Cet état de choses favorise alors une baisse de la mortalité et une meilleure productivité au cours des années de vie active sur le plan économique. Cette amélioration de la productivité augmente, à son tour, la valeur du temps pour la prochaine génération, de même que du revenu, et elle permet aux individus de cette génération d'utiliser de manière efficace les connaissances nouvelles et le nouveau capital physique. Éventuellement, les taux de rendement sur le capital physique, sur les connaissances nouvelles et sur le capital humain devraient commencer à se rapprocher, mais tant qu'il y aura des investissements

qui accroissent la quantité de capital humain par individu, la valeur d'une unité de temps humain continuera à augmenter. Il est impossible de dire si la réduction de la capacité de l'individu à absorber ce type d'investissement arrivera éventuellement à stabiliser le nombre d'enfants par ménage et à quel niveau, étant donné que les parents tirent une certaine satisfaction du nombre de leurs enfants aussi bien que de leur qualité. Cependant, à long terme, le modèle prévoit, en termes qualitatifs, le déclin du taux de croissance de la population (peut-être même un taux nul ou négatif pour un certain temps) et la baisse du taux de mortalité infantile. Ce sont là les principaux aspects de la « transition démographique ».

Ce qui a pu se passer, à un moment donné, en Occident, au 19<sup>e</sup> siècle et au début du 20<sup>e</sup>, c'est qu'un léger choc exogène, en réduisant la mortalité infantile, aurait amorcé un processus cumulatif d'investissements destinés à l'amélioration de la santé et de l'alimentation ainsi qu'au développement des services publics de santé, qui aurait entraîné un relèvement du taux de croissance de l'économie et aussi, dans un premier temps, de la population ; mais on a, par la suite, assisté à une substitution de la qualité sous forme d'investissements additionnels en capital humain au détriment du nombre d'enfants. Le même processus serait en train de se répéter en plusieurs endroits du monde aujourd'hui, déclenché par l'importation des connaissances médicales modernes et des technologies de santé publique. Cependant, la transition démographique dans ces régions, si ces conjectures sont correctes, dépendra de l'existence d'opportunités d'investissements additionnels en capital humain et de l'absence d'obstacles à de tels investissements.

La destruction des ressources de l'environnement, qui pourrait faire suite à l'accroissement de la population et au développement de l'agriculture qui devra accompagner cette croissance, pourrait affecter les décisions endogènes concernant la fécondité de maintes façons, dont certaines entraîneraient une réduction de la fécondité et du taux de croissance de la population et d'autres pourraient entraîner une augmentation de ces mêmes facteurs (Nerlove, 1991 ; 1993). Cette question est discutée plus loin, dans la section 3. Pour amorcer la discussion par anticipation, notons, en terminant la présente section, les éléments essentiels de la question. La dégradation de l'environnement et l'épuisement des ressources, en provoquant un accroissement de la morbidité et de la mortalité, pourraient favoriser l'intérêt pour le nombre des enfants au détriment des investissements dans leur capital humain et elles pourraient, par là, avoir un effet pervers d'accroissement de la population jusqu'à ce qu'une telle croissance soit freinée par la mortalité ou par l'appauvrissement des parents. Par ailleurs, cette dégradation et cet épuisement des ressources peuvent réduire la productivité du capital physique et des technologies existantes et améliorer les rendements des investissements en éducation et en capital humain, et ainsi renforcer le déclin de la fécondité et la baisse du taux de croissance de la population. On comprend encore mal la nature des interactions entre les stocks de capital humain et physi-

que, les ressources naturelles et environnementales renouvelables et les facteurs qui déterminent la population, en particulier les facteurs qui déterminent les décisions des familles en matière de fécondité et d'investissement. ( Nerlove et Raut, 1995 suggèrent un cadre d'analyse pour l'étude de ces interactions.)

2. LE DÉVELOPPEMENT, LA MODERNISATION ET L'EXPANSION DE L'AGRICULTURE:  
ANALYSE DU PROCESSUS, DE SES ASPECTS DÉMOGRAPHIQUES ET DE SON IMPACT  
SUR L'ENVIRONNEMENT

Cette section s'inspire de Nerlove (1988).

Il y a 30 ans, lorsque T.W. Schultz a écrit son fameux livre intitulé *Transforming Traditional Agriculture* (1964), l'agriculture mondiale pouvait sans nul doute être caractérisée comme traditionnelle. De nos jours, l'agriculture se modernise. En effet, la dite «troisième révolution agricole», quoique fondée sur une base biologique, consiste essentiellement en un processus de modernisation. Comme les populations s'enrichissent, la demande *per capita* de produits alimentaires, de fibres et d'autres produits agricoles décline par rapport à la demande de biens non agricoles, mais la demande globale augmente inexorablement avec l'accroissement de la population :

$$\begin{aligned} & \textbf{Taux d'accroissement de la demande totale} \\ & = \textbf{élasticité de la demande } per\ capita \\ & \times \textbf{taux de croissance du revenu } per\ capita \\ & + \textbf{taux d'accroissement de la population,} \end{aligned}$$

si on suppose que les effets de substitution, dus aux changements dans les termes d'échange entre les produits agricoles et non agricoles, sont négligeables. Comme l'élasticité de la demande *per capita* pour les produits agricoles est typiquement inférieure à un et qu'elle diminue à mesure que le revenu augmente, il est évident que le taux de croissance de la demande agricole en viendra à refléter essentiellement le taux de croissance de la population. Les produits non agricoles et les services constitueront une proportion plus grande de la production totale. Ce changement dans la structure de la demande a généralement été accompagné, dans le passé, par une diminution de la proportion de la population active employée dans le secteur agricole et par une extension de l'urbanisation. Aujourd'hui, dans les économies très pauvres, le secteur agricole emploie 80 % des travailleurs et constitue environ 50 % du PNB. Dans les économies industrielles hautement développées, comme aux États-Unis, la fraction des travailleurs employés directement dans l'agriculture est inférieure à 3 %. Cependant, selon Timmer (1988, p. 292): « Quand on inclut les industries directement reliées à l'agriculture, soit par leurs 'inputs', leurs 'outputs' ou leurs activités commerciales, la part de l'industrie agricole au sens large [*agribusiness*] compte rarement pour moins de 20 % de l'économie, quel que soit le pays. » Pour aller de pair avec le développement économique général et l'accroissement de la population, l'agriculture doit croître rapidement, même si

son importance relative diminue. Cela s'est réalisé dans les cas où le développement économique a été une réussite, grâce à d'importants accroissements de la productivité globale et par une intégration de plus en plus grande de l'agriculture avec l'économie non agricole, tant du point de vue des inputs que des outputs.

Dans sa fameuse caractérisation de l'agriculture traditionnelle, Schultz (1964) décrit ce secteur comme efficace, à l'équilibre, mais très pauvre. On a là une situation où la productivité marginale du capital physique peut être élevée, mais où les taux de rendement sur les nouveaux investissements nets en capital physique et humain sont proches de zéro. Cela est dû en partie au fait que les individus qui vivent dans la pauvreté ont des taux de préférence très élevés pour le présent ; mais cela vient aussi du fait qu'une économie où presque rien n'a changé depuis longtemps et qui se trouve, par conséquent, en état d'équilibre statique, a déjà ajusté ses stocks de capital de toutes formes à leurs niveaux d'équilibre, de sorte qu'il y a très peu d'incitation à réaliser des investissements nets additionnels qui pourraient modifier ces niveaux. De plus, comme c'est surtout le processus de changement qui donne toute sa valeur au capital humain et comme un taux de mortalité élevé et une espérance de vie réduite diminuent les taux de rendement des investissements en capital humain, c'est ce capital qui est surtout affecté.

Dans son ouvrage, Schultz montre comment l'économie progresse de l'agriculture traditionnelle à l'agriculture moderne. Il appelle ce processus d'ajustement « la transformation agricole ». Aux États-Unis, par exemple, cette transformation, bien qu'elle ait débuté au 19<sup>e</sup> siècle après la Guerre civile, n'a atteint son apogée qu'avec l'introduction du maïs hybride dans les années 30 et 40 et avec la baisse marquée du coût des engrais à base d'azote dans les années 50 et 60, qui a augmenté de façon significative les quantités optimales d'engrais à utiliser pour plusieurs récoltes. Olmstead et Rhodes (1993), dans leur récent article qui discute de l'interprétation qu'ont faite Hayami et Ruttan (1985) du développement agricole des États-Unis au 19<sup>e</sup> siècle en termes d'innovation induite, mentionnent que cette interprétation, qui insiste sur la mécanisation intensive en réponse à la rareté de la main-d'oeuvre et à l'abondance de la terre, ne concorde pas avec les tendances observées dans les prix des facteurs de production, dans l'évolution des efforts de colonisation et dans les modifications des cultures. Cette interprétation ne concorde pas non plus avec l'information disponible sur le rôle de la recherche et des innovations en biologie ainsi que du développement des infrastructures qui a permis la colonisation et la mise en place d'une agriculture efficace dans des régions marginales préalablement peu habitées. En effet, bien avant l'introduction du maïs hybride, les innovations biologiques, par opposition aux innovations mécaniques, ont largement contribué au développement de l'agriculture, aux États-Unis. On a assisté à un processus similaire au Brésil dans la seconde moitié du 20<sup>e</sup> siècle. Les innovations biologiques et les investissements en infrastructures ont permis d'entreprendre une activité agricole efficace sur de nouvelles terres jusque-là incultes, en particulier dans le

*Cerrado, au centre du Brésil*, où les fortes concentrations d'hydroxide d'aluminium et l'acidité du sol ne permettaient pas jusqu'alors de se livrer à des cultures traditionnelles. Ces innovations et les recherches qui les rendent possibles se font généralement à l'extérieur du secteur agricole traditionnel. Elles sont souvent réalisées par le secteur public et, généralement, elles ne sont pas dues à une réaction devant la rareté du facteur travail ou des tendances favorables dans les prix des facteurs de production, mais elles sont motivées surtout par des anticipations de profits importants ou par un objectif d'amélioration du bien-être de la population. Le développement de certaines industries non agricoles et d'infrastructures qui relient les secteurs agricoles aux secteurs non agricoles, est crucial pour promouvoir l'interaction entre la technologie et les décisions d'allocation des ressources qui caractérise le processus de modernisation agricole, son intensification et son expansion. Mais ceci ne couvre pas tous les aspects du problème.

Les généralisations suivantes, qui s'inspirent de mes recherches sur la *Zona da Mata* (Minas Gerais, Brésil) concernant le processus de modernisation agricole, s'avèrent également pertinentes (Nerlove, 1988).

- *L'information et l'éducation facilitent le processus de modernisation.* L'usage d'inputs modernes exige que les agriculteurs soient au courant de leur existence et connaissent leurs propriétés, afin de pouvoir comparer les rendements associés aux diverses possibilités techniques. L'exactitude ou la qualité de l'information dont disposent les agriculteurs dépendent de leurs sources d'information et de leur niveau d'éducation. L'alphabétisation est certainement essentielle, mais, de façon plus générale, l'éducation améliore la capacité des agriculteurs à obtenir et à utiliser l'information et à s'adapter aux changements qui affectent les prix, les marchés et la technologie.
- *Les imperfections des marchés freinent le processus de modernisation.* La présence d'imperfections dans les marchés réduit l'incitation à adopter les nouvelles technologies, à utiliser les nouveaux inputs et à étendre l'agriculture aux terres jusque-là improductives. Les sources potentielles d'imperfection des marchés sont diverses : sur les marchés des inputs, les prix imposés aux agriculteurs peuvent varier selon la dimension de la ferme et sa localisation d'une manière qui ne reflète pas les coûts de distribution ou les coûts de transport. Ou encore, il peut y avoir d'autres contraintes sur l'offre qui ne sont pas reflétées dans les prix. L'usage d'inputs modernes peut nécessiter l'utilisation d'inputs complémentaires, comme les machines agricoles utilisées pour préparer le sol qui exigent l'emploi d'opérateurs : ce sont là des inputs indivisibles. S'il existe des marchés de location pour les machines agricoles, les petites entreprises peuvent utiliser la machinerie aussi bien que les grandes, mais très souvent, ces marchés n'existent pas. Dans les marchés des produits, les prix payés par les fermiers pour leur nourriture peuvent être supérieurs aux prix qu'ils reçoivent pour leur production, ce qui risque d'amener les agriculteurs à pratiquer une agriculture de subsistance possiblement moins

adaptée aux inputs modernes que l'agriculture commerciale. Les agriculteurs peuvent obtenir des prix différents pour leurs récoltes selon les points de vente. Les fermiers qui vendent leur production localement obtiennent possiblement des prix plus faibles, ce qui réduit la profitabilité des inputs modernes.

- *Les contrats de métayage ou de location des terres et les droits de propriété ont des effets variés sur le processus de modernisation.* Il y a eu beaucoup de discussions sur ce sujet, surtout sur la possibilité du freinage de la modernisation de l'agriculture dû aux systèmes de métayage (Bhaduri, 1973 ; Braverman et Stiglitz, 1986 ; Newbery, 1975 ; Scandizzo, 1979). Bien que les études théoriques n'aient pas abouti à des conclusions évidentes, il est plausible de penser que, *ceteris paribus*, si un métayer doit supporter tous les coûts des inputs et partager l'output avec le propriétaire de la terre, les anticipations de rendement requises pour inciter celui-ci à adopter les technologies modernes devront être plus élevées que dans le cas du fermier qui est en même temps le propriétaire de sa terre. L'évidence empirique suggère que dans l'agriculture de transition, les fermiers locataires sont moins intéressés par la modernisation que les fermiers propriétaires mais, qu'en cette matière, les arrangements contractuels sont de prime importance. Les propriétaires terriens peuvent eux-mêmes, par des arrangements contractuels appropriés, inciter leurs locataires à se moderniser en leur fournissant les inputs modernes. Le fait que les contrats de location, de colocation ou de métayage soient très répandus dans le secteur agricole très moderne des États-Unis, suggère que les institutions légales et sociales qui permettent des arrangements contractuels diversifiés et sophistiqués, qui assurent en particulier un droit non équivoque à l'utilisation de la terre, peuvent jouer un rôle plus important que la façon par laquelle le fermier accède à l'utilisation de sa terre, que ce soit par prise de propriété ou autrement.
- *L'environnement naturel façonne l'intensité et l'orientation de la modernisation.* Les rendements qu'on peut obtenir avec diverses technologies diffèrent selon les fermes et même, à l'intérieur d'une même ferme, ils peuvent différer, d'un lot à un autre. Certains terrains peuvent être à proximité d'une rivière ou d'un ruisseau, d'autres peuvent être relativement plats et d'autres peuvent présenter des pentes abruptes. La nature du sol peut différer notablement, même pour des parcelles de terre avoisinantes et les décisions prises dans le passé (les récoltes antérieures, les inputs utilisés et les pratiques de labourage adoptées) affectent aussi les caractéristiques présentes du sol. La quantité et la qualité du bétail sont affectées, à court terme et également à long terme, par la nature des pâturages naturels et par les possibilités de culture du fourrage. Par ailleurs, alors que les progrès de la modernisation agricole peuvent être grandement affectés par les facteurs environnementaux, ils réduisent graduellement cette dépendance de l'agriculture envers les facteurs de l'environnement : l'irrigation et le contrôle des eaux allègent la dépen-

dance par rapport au climat et à la température. Les engrais chimiques et les additifs, ainsi que les techniques de labourage nouvelles ou améliorées, libèrent l'agriculture de sa dépendance envers la structure du sol, sa composition et sa topographie. Les pesticides chimiques et biologiques et les variétés de plantes plus résistantes diminuent les pertes et les dommages dus aux maladies et aux insectes nuisibles. Les hormones et les antibiotiques ainsi que les améliorations apportées dans la préparation des aliments et des suppléments nutritifs et dans les pratiques d'élevage augmentent la productivité de l'élevage et libèrent les décisions relatives à la production et à la localisation de la dépendance envers la disponibilité de pâturages naturels. Les innovations biologiques, les technologies nouvelles et les inputs améliorés libèrent l'agriculture des contraintes spécifiques de localisation et de la dépendance envers l'environnement et permettent l'extension de l'agriculture à des environnements jusque-là inappropriés et fragiles. Mais en même temps, la modernisation elle-même affecte profondément l'environnement.

- *Les contraintes de liquidités financières limitent la capacité des cultivateurs à adopter les inputs modernes.* Les inputs modernes doivent souvent être achetés de fournisseurs commerciaux (étant produits en manufacture), car ils ne peuvent être produits sur la ferme. Pour passer à l'utilisation d'inputs modernes, les cultivateurs ont donc besoin de plus de liquidités financières. Dans les économies où les marchés des produits et les marchés des capitaux ne sont pas bien développés, les fermiers font face à des contraintes de trésorerie qui freinent leur accès aux technologies modernes. La disponibilité du financement dépend, pour le fermier, du volume de production qu'il peut vendre, de la nature de cette production, du montant de crédit qu'il peut obtenir ou, encore, des autres sources de revenu dont il dispose (provenant, par exemple, d'un emploi non agricole). L'urbanisation, la concentration de la population et le développement des infrastructures améliorent le fonctionnement du marché du travail dans les régions rurales et favorisent la commercialisation des produits agricoles et l'intégration de l'agriculture et de la vie rurale dans l'économie nationale et, par le fait même, ces facteurs améliorent la disponibilité des liquidités dans le secteur agricole. Ces changements, accompagnés par le développement des institutions financières qui desservent le secteur agricole, renforcent et accélèrent le processus de modernisation. Mais en même temps, ces mêmes changements réduisent la disponibilité des terres pour les fins agricoles et créent de la pollution et d'autres problèmes environnementaux dont l'effet sur le développement agricole peut être très défavorable.
- *La composition de la production agricole change au cours de la modernisation et cette modification affecte, à son tour, le processus de modernisation.* Bien que la composition des récoltes et des produits d'élevage soit une variable endogène qui est affectée différemment par plusieurs des facteurs mentionnés plus haut, la gamme des produits offerts joue un rôle exceptionnellement important dans la diffusion des technologies nouvelles et dans



l'utilisation des inputs modernes. Dans les pays en voie de développement, surtout, très peu de régions ou d'établissements agricoles pratiquent la monoculture. La plupart des fermiers, dans le monde entier, produisent des récoltes variées et élèvent plusieurs types de bétail. Puisque les technologies modernes affectent chaque variété de produits d'une manière très différente, la composition des récoltes et des types de bétail produits a une influence déterminante sur l'adoption des techniques de culture et l'utilisation des inputs modernes. À son tour, cette composition de la production est elle-même modifiée grandement par l'utilisation des techniques et des inputs modernes. À long terme, dans peut-être cinq générations, la croissance très importante de la population mondiale, l'expansion de l'agriculture et son intensification entraîneront probablement le déclin de la composante animale dans la production agricole et affecteront sans doute la composition de la production agricole de bien d'autres manières.

- *Finally, the presence of adequate infrastructures and the availability of complementary inputs are essential to the process of modernization.* Comme on l'a suggéré plus haut, la disponibilité d'infrastructures de commercialisation et de transport joue, sans doute, un rôle important dans le processus de modernisation de l'agriculture, puisque de telles infrastructures facilitent la vente des produits agricoles. En d'autres termes, la transition d'une agriculture de subsistance à une agriculture orientée vers la mise en marché génère des fonds de roulement qui permettent à leur tour d'adopter les technologies modernes, d'acquérir des inputs modernes produits par les secteurs non agricoles et de profiter des nouvelles institutions financières ainsi que des vastes programmes de crédit qui sont souvent mis sur pied lorsque les gouvernements décident de promouvoir le développement de l'agriculture. De plus, la disponibilité d'inputs complémentaires assimilables aux infrastructures, comme les systèmes d'irrigation, de contrôle des eaux ou les réseaux d'électrification rurale, peut avoir un impact important sur la rentabilité liée à l'utilisation des technologies nouvelles et des inputs modernes. En effet, toute la question de l'utilisation de l'énergie en agriculture, de la disponibilité de nouvelles sources d'énergie et de nouvelles technologies de production de l'énergie constitue une autre avenue qui relie le développement agricole à la modification de l'environnement.

Un grand nombre de facteurs économiques, environnementaux et démographiques affectent le processus de modernisation agricole. Les travaux de recherches fondamentales ou appliquées s'avèrent être une composante essentielle de ce processus et les contributions internationales et publiques sont particulièrement cruciales dans ce domaine et également dans les projets de mise en place des infrastructures et des institutions. La modernisation agricole ne peut progresser sans la recherche et les interventions d'ordre social, tant au niveau national qu'international. Les changements démographiques, qui incluent la croissance de la population, mais aussi d'autres formes de changements comme le

déclin de la mortalité infantile et de la morbidité des adolescents et des adultes, les modifications du marché du travail ou des institutions accompagnent nécessairement le processus en question. Le développement agricole, directement et à travers les interactions démographiques, influence la transformation de l'environnement et est en même temps influencé par cette transformation qui peut avoir des effets peut-être irréversibles sur la disponibilité des ressources renouvelables et l'épuisement des ressources non renouvelables.

### 3. LA POPULATION ET L'ENVIRONNEMENT: INTERACTIONS ÉCONOMIQUES ET DÉMOGRAPHIQUES

Cette section s'inspire de Nerlove (1991, 1993).

On peut dire, sans risquer de se tromper, qu'il y a peu de questions économiques contemporaines qui suscitent autant d'intérêt et de préoccupations que les questions qui ont rapport à l'environnement et aux divers types de ressources pour lesquelles il n'existe pas de valeur commerciale. Au fond, plusieurs problèmes environnementaux de long terme, qui sont reliés de près à l'usage des techniques agricoles modernes, ou à l'expansion de l'agriculture à des environnements plus fragiles dans le but d'augmenter la production alimentaire, ou à la pollution due à une urbanisation ou une industrialisation rapide, ou encore à l'exploitation effrénée des sources d'énergie non renouvelables ou d'autres ressources naturelles, proviennent ultimement de la pression démographique et du désir des hommes d'assurer leur subsistance ou d'accéder à des niveaux de confort supérieurs. Dans les sections précédentes, j'ai discuté du développement agricole et de la modernisation qui devraient accompagner l'accroissement de la population mondiale afin de maintenir un niveau et une qualité de vie acceptables pour les générations futures. Mais l'accroissement de la population ne se réalise pas dans un vacuum. Il découle des décisions des parents relativement au nombre d'enfants qu'ils désirent, des taux de mortalité et de morbidité qui sont influencés à la fois par des facteurs exogènes et par la nature et le niveau des investissements que les parents font, en tant qu'individus et en tant que société, dans la santé et l'éducation de leur progéniture. Cet accroissement démographique dépend également du stock de capital physique et humain et du stock de connaissances, que chaque génération lègue à la suivante et qui sont utilisés comme facteurs de production, en même temps que le travail et que les stocks de ressources épuisables ou renouvelables qui restent ou qui peuvent se régénérer. « En plus du flambeau de la vie elle-même, la richesse matérielle du monde, son système technologique, qui est d'une extrême et croissante complexité, et les habitudes qui rendent l'homme apte à vivre en société doivent, à mesure que les individus plus âgés disparaissent, être transmis, d'une manière ou d'une autre, aux nouveaux individus qui naissent démunis de toutes ces choses ». (Knight, 1921, p. 375.)

Le cadre d'analyse qui est exposé dans les paragraphes qui suivent est tiré de Nerlove (1991):

- *Les pressions démographiques affectent la qualité de l'environnement par l'épuisement des ressources naturelles, par la pollution et aussi en forçant les individus à vivre dans des conditions environnementales défavorables. Par ailleurs, la concentration des populations peut aussi affecter les coûts de transport et de communication ainsi que les coûts des infrastructures, d'une manière qui améliore l'efficacité de la production agricole et non agricole et qui accélère le développement de l'agriculture et sa modernisation.*
- *La dégradation de l'environnement et l'épuisement des ressources affectent la production de l'économie et par là, le bien-être des individus. Ils affectent aussi la mortalité infantile, la mortalité liée à la maternité ainsi que la mortalité et la morbidité des adultes. Ces facteurs affectent aussi, significativement, la productivité agricole et les avantages comparatifs des différentes récoltes et de différents produits de l'élevage. Dans la mesure où les enfants peuvent être considérés par leurs parents comme des actifs productifs, les avantages qui y sont reliés peuvent également être notablement réduits.*
- *La mortalité et la morbidité, en particulier la mortalité infantile, affectent la probabilité de survie et le coût des naissances ; elles affectent les coûts et les bénéfices associés aux enfants qui survivent et les rendements des investissements en capital physique et humain. Évidemment, le taux de mortalité affecte aussi directement le taux de croissance de la population.*
- *La probabilité de survie, le coût des naissances ainsi que les coûts et bénéfices provenant des enfants survivants affectent les décisions et les choix des ménages en matière de fécondité et d'investissement en capital humain et physique.*
- *La fécondité affecte le taux de croissance de la population.*
- *L'investissement en capital humain et physique peut affecter les décisions des ménages des générations futures et peut modérer les effets de la pression démographique sur la dégradation de l'environnement et l'épuisement des ressources.*

Dans Nerlove (1991, 1993), j'ai fait l'hypothèse que les pressions démographiques avaient des effets défavorables sur l'environnement et je me suis employé principalement à expliquer comment la qualité de l'environnement peut affecter les bénéfices actualisés associés au fait d'avoir des enfants et, par voie de conséquence, influencer les décisions des familles en matière de fécondité. J'ai négligé l'analyse des conséquences de la dégradation de l'environnement et de l'épuisement des ressources sur l'investissement en capital humain et physique et sur l'investissement dans les connaissances nouvelles. J'ai aussi négligé les effets que de tels investissements peuvent avoir, à leur tour, sur la qualité de l'environnement, la production de l'économie et le bien-être des individus, et également sur la mortalité, la morbidité et les décisions de fécondité

des familles. Les conclusions pessimistes auxquelles j'étais arrivé nous laissent entrevoir comment les facteurs dont j'avais, par hypothèse, fait abstraction, pourraient modérer, modifier ou même inverser les résultats désolants auxquels mon analyse avait abouti. La conclusion principale de mon analyse était qu'il y avait peu de possibilité d'en arriver à un équilibre stable entre la population et l'environnement sans d'importants investissements en capital humain et physique.

– *Il se pourrait qu'il n'existe aucun équilibre entre la population et la qualité de l'environnement qui n'implique pas l'extinction de l'humanité.*

– *S'il existe un équilibre, cet équilibre peut être multiple. Certains des points d'équilibre pourraient être stables, en ce sens qu'une légère perturbation engendrerait un processus dynamique qui rétablirait l'équilibre. D'autres points pourraient être instables en ce sens qu'un léger déplacement mènerait à un éloignement progressif de l'équilibre.*

– *Dans le cas où il y a plusieurs équilibres, ceux-ci peuvent être de deux types:*

*Type I: Un niveau faible de la population et un niveau élevé de la qualité de l'environnement et du bien-être.*

*Type II: Une grande population associée à une sérieuse détérioration de l'environnement et à un bas niveau de bien-être.*

– *Un équilibre stable est possible seulement si: (a) la qualité de l'environnement est dynamiquement stable lorsque la population est stationnaire, et (b) la fécondité et/ou le taux de croissance nette de la population sont freinés par la dégradation de l'environnement et l'épuisement des ressources.*

Avec des arguments simples concernant la mortalité infantile, le désir d'avoir des enfants, l'avantage comparatif de la présence des enfants et des adultes dans l'agriculture traditionnelle ou transitionnelle, je suis arrivé à la conclusion qu'en l'absence d'une modernisation significative de l'agriculture, d'un développement économique général et de rendements significatifs des investissements en capital humain, la fécondité ne serait réduite, de façon générale, par la dégradation de l'environnement et l'épuisement des ressources, que si on se situait déjà à un niveau inférieur de qualité environnementale. Autrement, la détérioration de l'environnement aurait tendance à augmenter la fécondité plutôt que de la diminuer, si les conditions initiales étaient relativement bonnes. Par conséquent :

– *Un équilibre stable de type I, avec une faible population et une bonne qualité de l'environnement, est en général peu probable sans intervention sociale.*

– *Une telle intervention, sous forme de taxes **per capita** sur les enfants et de subsides forfaitaires aux parents, pourrait permettre d'atteindre et de maintenir un équilibre de type I.*

Cependant, j'ai aussi démontré que, bien que chaque génération se trouve dans une meilleure position avec un équilibre de type I, dans lequel les générations présentes et futures profitent d'un meilleur environnement et d'un niveau de consommation plus élevé *per capita*, si les parents n'ont aucun sentiment d'altruisme et si les rendements de leurs investissements dans le capital humain de leurs enfants ou dans le capital physique sont peu élevés en termes des flux de revenus disponibles pour les générations futures, la génération *présente* se retrouve indéniablement à un niveau de bien-être inférieur à celui qu'elle aurait connu sans intervention sociale. En conséquence :

– *La génération présente n'a aucune incitation à prévenir un mouvement vers un équilibre potentiellement stable de type II avec une large population, un faible niveau de bien-être per capita, un environnement détérioré et un stock de ressources érodé, ou pire, vers une éventuelle extinction de la race humaine.*

Finalement, j'ai affirmé qu'un sentiment d'altruisme envers les générations futures ne suffit pas à lui tout seul pour inverser cette tendance, parce que sans opportunités significatives permettant d'investir dans le capital humain des enfants et de leur laisser un capital physique productif en héritage, l'altruisme des parents conduit toujours, *ceteris paribus*, à un niveau plus élevé des naissances que lorsque la motivation des parents est purement égoïste. Il s'ensuit que :

– *Une condition préalable pour qu'il y ait une transition démographique et qu'on atteigne un équilibre stable de type I, est en général, qu'il y ait des sentiments altruistes chez les parents et qu'on ait en même temps des anticipations élevées concernant les taux de rendement sur les investissements en capital humain et physique ainsi que sur les investissements consacrés à l'acquisition de connaissances nouvelles. On a plus de chances d'observer de tels taux de rendement dans un contexte de niveau de développement économique élevé et d'utilisation de techniques modernes d'agriculture que dans un contexte de techniques agricoles traditionnelles.*

Cependant, surtout lorsque les parents sont altruistes, une sous-estimation de la valeur des ressources environnementales conduira généralement les gens à surestimer le bien-être futur de leurs enfants, de leurs petits-enfants, etc..., et les amènera ainsi à évaluer de manière incorrecte les avantages d'avoir un plus grand nombre d'enfants. Sans une compréhension approfondie des effets de l'absence de valorisation ou de la sous-estimation des ressources environnementales, on ne peut conclure, de façon absolument certaine, que la fécondité et le taux de croissance de la population devront nécessairement augmenter. Mais, de toute façon, il demeure évident que, du point de vue de la génération présente, en tout cas, il est important d'estimer les ressources environnementales et les autres ressources naturelles à leur juste valeur.

Quel est donc le rôle du développement et de la modernisation de l'agriculture ? D'abord, il est évident que sans une croissance de la productivité de

l'agriculture et sans son expansion, une population plus grande ne pourrait subsister en conservant un niveau de vie acceptable. Un développement insuffisant de l'agriculture conduirait à la pauvreté extrême et à la misère et, jusqu'à ce que le taux de mortalité ait rejoint le taux plus élevé de fécondité, on observerait un niveau élevé de croissance de la population et de faibles niveaux d'investissement en capital humain et physique. D'autre part, de pair avec l'industrialisation et l'urbanisation, l'intensification et l'expansion de l'agriculture est une source primordiale de détérioration de l'environnement et d'épuisement des ressources. La modernisation agricole est une des principales avenues par lesquelles la croissance de la population exerce sa pression sur l'environnement.

Est-ce que la modernisation de l'agriculture est facilitée ou freinée par la croissance de la population ? On peut affirmer que jusqu'à un certain point, les populations plus nombreuses et plus concentrées facilitent le développement agricole en réduisant les coûts de transport, de communication et d'infrastructure et en rendant l'agriculture plus efficace (Boserup, 1965 ; Simon, 1977 ; Nerlove et Sadka, 1991). Dans la mesure où la croissance de la population favorise l'urbanisation et l'industrialisation, cette croissance favorise aussi le développement agricole. Mais ultimement, la croissance continue de la population, avec l'augmentation de la concentration démographique, la dégradation environnementale et l'épuisement des ressources qui s'ensuivent, pourrait réduire la productivité de l'agriculture.

#### CONCLUSION

Comment sera la vie dans cinq générations, au milieu du 22<sup>e</sup> siècle ? Est-ce que nos arrières-petits-enfants nous reprocheront amèrement le fait de leur avoir donné la vie et l'existence et de leur avoir légué le monde dans lequel ils vivront ? Cette question touche à la science-fiction. Pourtant, je ne discute pas ici de situations imaginaires, mais de la dure réalité et des choix que nous, de la présente génération, devons faire.

Même selon le meilleur des scénarios, le monde sera beaucoup plus encombré, avec des densités de population qui ressembleront à celles qu'on trouve présentement au Bangladesh, à Java ou en Hollande. Les régimes alimentaires des hommes devront sans doute changer considérablement, pour une diète contenant moins de substances animales et plus de substances végétales. Mais la qualité de la vie, la santé et la longévité n'en seront pas nécessairement affectées. L'accroissement de la densité de la population devrait faciliter les contacts et favoriser les rapprochements culturels entre les hommes. Un niveau élevé d'investissement en capital humain et un stock important de capital physique devraient permettre à la population mondiale d'avoir à la fois une vie productive et confortable.

Cependant, stabiliser la population à 12 milliards est très différent du fait de la stabiliser à 25 ou 30 milliards... ou de compter uniquement sur la mortalité

comme facteur de stabilisation. À moins que les possibilités pour les parents d'investir dans le capital humain de leurs enfants ne soient maintenues ou qu'elles ne soient augmentées, dans les régions où elles sont présentement fort limitées, et à moins que les taux de rendement sur de tels investissements ne soient maintenus à un niveau élevé par des investissements privés et publics dans le nouveau savoir et aussi en santé et en nutrition, il n'y aura pas de déclin dans l'indice de fécondité et dans le taux de croissance nette de la population, ou ce déclin ne sera pas assez rapide pour stabiliser la population mondiale à un niveau équivalent à deux fois ou deux fois et demie la population actuelle.

Le développement et la modernisation de l'agriculture sont essentiels à l'avènement de la transition démographique, à son rythme de progression et à son aboutissement final, c'est-à-dire, au processus par lequel la population atteindra finalement son état stationnaire. Ces facteurs détermineront également quel sera l'état du monde à ce moment-là, quelle sera la qualité de la vie et à quel niveau se stabilisera la population. L'attitude complaisante qu'on observe présentement et qui est due à la surabondance de l'offre de nourriture et à des anticipations de baisse des prix réels des aliments au cours des 30 prochaines années, ne devrait pas nous empêcher de voir les graves problèmes de distribution qui se posent à court terme, ni de percevoir l'importance d'investir dans la recherche et les infrastructures agricoles, afin d'assurer l'intensification, l'expansion et la modernisation de l'agriculture, qui s'avèrent essentielles, à long terme.

#### BIBLIOGRAPHIE

- BAIROCH, P. (1976), « Agriculture and the Industrial Revolution, 1700-1914 », *The Fontana Economic History of Europe*, Vol. 3, CARLO M. CIPOLLA éditeur, London, Harvester Press, Ltd.
- BEAVER, S.E. (1975), *Demographic Transition Theory Reinterpreted: An Application to Recent Natality Trends in Latin America*, Lexington, MA., Lexington Books.
- BHADURI, A. (1973), « Agricultural Backwardness under Semi-Feudalism », *Economic Journal*, 83 : 120-137.
- BOSERUP, E. (1965), *The Conditions of Agricultural Growth*, Chicago, Aldine Publishing Co.
- BRAVERMAN, A., et J.E. STIGLITZ (1986), « Landlords, Tenants and Technological Innovations », *Jour. of Development Econ.*, 23 : 313-332.
- CALDWELL, J.C. (1982), *Theory of Fertility Decline*, New York, Academic Press.
- CHESNAIS, J.C. (1992), *The Demographic Transition: Stages, Patterns, and Economic Implications*, Oxford, Clarendon Press.

- COALE, A.J. (1974), «The History of the Human Population» *Scientific American*, reprinted in *The Human Population, a Scientific American Book* : 12-25, San Francisco, W.H. Freeman.
- COHEN, M.N. (1977), *The Food Crisis in Prehistory: Overpopulation and the Origins of Agriculture*, New Haven, CT, Yale University Press.
- GRIGG, D. B. (1980), *Population Growth and Agrarian Change: An Historical Perspective*, New York, Cambridge University Press.
- HAYAMI, Y., et V.W. RUTTAN (1985), *Agricultural Development: An International Perspective*, 2nd Edition, revised and enlarged. Baltimore, The Johns Hopkins University Press.
- KNIGHT, F.H. (1921), *Risk, Uncertainty and Profit*, Boston, Houghton Mifflin Co.
- LIVI-BACCI, M. (1991), *Population and Nutrition: An Essay on European Demographic History*, New York, Cambridge University Press.
- MALTHUS, T.R. (1798), *An Essay on the Principle of Population*, London, J. Johnson.
- MALTHUS, T.R. (1830), *A Summary View of the Principle of Population*, London, John Murray.
- NERLOVE, M. (1974), «Household and Economy: Toward a New Theory of Population and Economic Growth», *Journal of Political Economy*, 82 :S200-S218.
- NERLOVE, M. (1988), «Modernizing Traditional Agriculture», *Occasional Paper*, No. 16, San Francisco, International Center for Economic Growth.
- NERLOVE, M. (1991), «Population and the Environment: A Parable of Firewood and Other Tales», *American Journal of Agricultural Economics*, 73 :1334-1357.
- NERLOVE, M. (1993), «Procreation, Fishing and Hunting: Problems in the Economics of Renewable Resources and Dynamic Planar Systems», *American Journal of Agricultural Economics*, 75 :59-71.
- NERLOVE, M., A. RAZIN, et E. SADKA (1987), *Household and Economy: Welfare Economics of Endogenous Fertility*, New York, Academic Press.
- NERLOVE, M., et L. K. RAUT (1995), «Growth Models with Endogenous Population: A General Framework», Forthcoming in M. R. ROSENZWEIG et O. STARK, *Handbook of Population and Family Economics*, New York, Elsevier Science Pub.
- NERLOVE, M., et E. SADKA (1991), «Von Thunen's Model of the Dual Economy», *Zeitschrift fuer Nationaloekonomie/ Journal of Economics*, 54 : 97-123.
- NEWBERY, D.M.G. (1975), «Tenurial Obstacles to Innovation», *Jour. of Development Studies*, 2 : 63-77.
- OLMSTEAD, A.L., et P. RHODE (1993), «Induced Innovation in American Agriculture: A Reconsideration», *Jour. Pol. Econ.*, 101 :100-118.



- SAUER, C.O. (1969), *Seeds, Spades, Hearths and Herds: The Domestication of Animals and Foodstuffs*, 2nd Ed. Cambridge, MA, The MIT Press.
- SCANDIZZO, P.L. (1979), « Implications of Sharecropping for Technology Design in Northeast Brazil », in A. VALDES, G.M. SCOBIE, et J.L. DILLON (eds.), *Economics and Design of Small Farmer Technology* : 122-139, Ames, Iowa State University Press.
- SCHULTZ, T.W. (1961), « Education and Economic Growth », in N.B. HENRY (ed.), *Social Forces Influencing American Education*, 1961, Chicago, University of Chicago Press.
- SCHULTZ, T.W. (1964), *Transforming Traditional Agriculture*, New Haven, CT, Yale University Press.
- SCHULTZ, T.W. (1971), *Investment in Human Capital*, New York, Free Press.
- SCHULTZ, T.W. (1973), « Explanation and Interpretations of the Increasing Value of Human Time », Woody Thompson Lecture, Midwest Economics Association, Chicago. April 15.
- SIMON, J. L. (1977), *Economics of Population Growth*, Princeton, NJ, Princeton University Press.
- TIMMER, C.P. (1988), « The Agricultural Transformation », in H. CHENERY et T. N. SRINIVASAN, eds., *Handbook of Development Economics* Vol. I : 275-331, New York, Elsevier Science Pub.
- WORLD BANK (1992), *World Development Report: Development and the Environment*. New York, Oxford University Press.