

## L'analyse de la production chez Nicholas Georgescu-Roegen<sup>1</sup>

Fabrice DANNEQUIN, Arnaud DIEMER

Université de Reims Champagne Ardennes, ISAB

**Résumé :** Rompant avec la tradition néoclassique, Georgescu-Roegen a introduit la notion de processus de production à partir d'une distinction entre mécanique et thermodynamique. Le modèle flux-fonds, la mise en évidence du problème de l'oisiveté des fonds et de l'irréversibilité du temps rappellent que les lois qui gouvernent le secteur agricole, sont différentes de celles qui s'appliquent au secteur industriel. Toutefois, rappelle Georgescu-Roegen, pour faire face à la pression démographique, l'industrialisation du monde devra inévitablement se poursuivre.

**Summary:** Breaking with the neo-classic tradition, Georgescu-Roegen introduced the notion of process of production from a distinction between mechanics and thermodynamics. Model flows-funds, the revealing of the problem of the idleness of funds and irreversibility of time call back that the laws which govern farming sector, are different from those that apply to branch of industry. However, calls back Georgescu-Roegen, to face the demographic presses, the industrialization of the world should inevitably continue.

### Introduction

Depuis ses premiers travaux économiques [1951 a; 1951 b] jusqu'à ses plus récents, Georgescu-Roegen n'a cessé de s'interroger sur la notion de production et sur les représentations analytiques que les économistes pouvaient en donner. Ce « *disenchanted neoclassical economist* » comme aime à se qualifier Georgescu-Roegen [1992, p 133], s'est d'abord attaqué aux concepts proposés par l'économie standard. Sa critique de la fonction de production néoclassique ne porte pas tant sur la représentation de l'entreprise qu'elle induit - ce que l'on peut désigner comme une « *firme point* » pour reprendre l'expression de Coriat et Weinstein [1995, p 14] - que sur la représentation de la production proprement dite qu'elle sous-entend. Même si on présente habituellement la production comme une relation technique, elle ne décrit finalement aucune réalité physique.

Rompant avec cette approche traditionnelle, Georgescu-Roegen va mettre en avant la notion de « *processus* », à savoir de transformation contrôlée de la nature qui se déroule dans un certain contexte organisationnel, lui-même inscrit dans un contexte socio-historique particulier. L'analyse du phénomène de la production mène Georgescu-Roegen [1965] à des travaux d'inspiration

---

<sup>1</sup> Nous tenons à remercier Franck-Dominique Vivien et Jean Arrous pour leurs précieux conseils. Nous restons néanmoins seuls responsables des erreurs, approximations et insuffisances de ce texte.

institutionnaliste. Ainsi les «*machines à produire*» que sont l'usine et l'exploitation agricole vont-elles être étudiées de concert, chacune permettant de mettre en lumière les caractéristiques de l'autre, tant sur le plan de la transformation de la nature qu'elles induisent que sur le plan des contextes culturels et sociaux dans lesquels elles s'enracinent. Si la lutte des hommes contre l'entropie est universelle, Georgescu-Roegen nous rappelle que les moyens pour le faire diffèrent quand on considère le monde du village paysan ou celui de la ville industrielle. Cette analyse ne s'arrête pas là. La pensée de Georgescu-Roegen, très influencée par celle de Schumpeter [1934], est foncièrement évolutionniste. Ces deux formes d'organisation de la production ne sont pas figées. Pour faire face à la pression démographique, nous dit Georgescu-Roegen, l'industrialisation du monde va inévitablement se poursuivre.

## **1 / De la fonction de production au processus de production**

Un des grands projets intellectuels de Georgescu-Roegen [1970] est de poser les fondations d'une nouvelle théorie de la production. Cette idée est née de l'appréhension des limites de l'analyse traditionnelle qui en est faite et de la portée réductrice de ses outils (concept de productivité marginale, dotations de facteurs, approche quantitative de l'innovation, substitution des facteurs de production, etc.). En cela, Georgescu-Roegen s'inscrit dans une tradition multiforme de critique des représentations de la firme et de la production proprement dite. Toutefois, ce n'est pas l'entreprise, ni son dirigeant, qui intéresse au premier abord ce disciple de Schumpeter [«*My own philosophy sprouted from two great teachers of mine : Karl Pearson and Joseph Schumpeter*» 1992, p 133]. L'originalité de sa démarche réside davantage dans son souci constant de saisir la réalité physique des phénomènes. Cela va l'amener à mettre en avant le concept de processus de production. Celui-ci s'articule autour de trois principes : le temps, l'innovation et l'organisation.

### 1-1 / Le temps

Le processus de production est, avant tout, un phénomène qui se déroule dans le temps, un temps irréversible, tel que le décrit le second principe de la thermodynamique. «*Le temps est création ou il n'est rien*», enseigne ce grand penseur de la matière qu'est Bergson [1941, p 27], un auteur que Georgescu-Roegen a beaucoup médité.

1-1-1 / Approche temporelle du processus de production

S'appuyant sur les travaux de Wicksteed [1894, p 4] ainsi que sur un grand nombre d'économistes contemporains [Hicks, Samuelson, Boulding<sup>2</sup> ..], Georgescu-Roegen [1970, p 1] note que le processus de production est généralement représenté par la forme mathématique suivante :  $Q = F(X, Y, Z \dots)$ . Cette formule montre que des quantités d'inputs (X, Y, Z....) sont nécessaires pour produire une certaine quantité d'output (Q). A côté de cette interprétation, d'autres économistes [Stigler<sup>3</sup>, Georgescu-Roegen] ont conçu la fonction de production comme une relation entre les inputs par unité de temps et l'output par unité de temps. Toutes les variables sont ainsi exprimées en termes de flux.

$$q = f(x, y, z \dots)$$

Cette équivalence signifie selon Georgescu-Roegen [1970, p 2; 1969, p 501] que la fonction de production F doit être homogène de degré 1 de manière à ce que l'on ait  $Q = tq$ ,  $X = tx$ ,  $Y = ty$ ,... et que  $t f(x, y, z, \dots) = F(tx, ty, tz, \dots)$ . Ce dernier point amène Georgescu-Roegen à s'interroger sur la validité de la fonction de production standard : «*Does either of the forms, (1) or (2), constitute an adequate representation of a process of production and, if so, what kind of process may be represented by it ?* » [1970, p 2]. Ceci suppose de reprendre l'analyse à son point de départ et de proposer comme le souligne Gaffard «*une représentation la plus proche possible de la réalité d'un processus de production quelconque* » [1997, p 67].

Pour déterminer un tel processus, il est nécessaire d'en préciser les limites. Tout processus analytique comporte en effet une dimension à la fois spatiale (le processus doit être identifié et séparé du reste de la réalité) et temporelle (le processus s'apprécie dans la durée à partir d'une date initiale  $t = 0$  et d'une date finale  $t = T$ ). De là, constate Georgescu-Roegen, si l'on veut décrire ce qui se passe à l'intérieur du processus, il suffit de le diviser en plusieurs processus élémentaires dans lesquels on reporterait des entrées et des sorties inscrites dans un espace temps.

Georgescu-Roegen insiste particulièrement sur deux éléments significatifs du processus. La première catégorie - dans laquelle les éléments sont à la fois des entrées et des sorties (exemple

---

<sup>2</sup> « *The basic transformation function of an enterprise is its production function, which shows what quantities of inputs (factors) can be transformed into what quantities of output (product)* » (1955, p 585).

<sup>3</sup> « *A production function may be defined as the relationship between inputs of productive services per unit of time and outputs of products per unit of time* » (1949, p 109).

de la terre ricardienne, d'un moteur, d'une semence, ou encore d'un travailleur) - fait référence à ce que l'auteur appelle *des fonds*. La seconde catégorie - dans laquelle les éléments apparaissent sous la forme d'entrées ou de sorties - constitue *les flux*. Dans le cas d'un processus de production, les éléments peuvent être classés en plusieurs catégories. Ainsi les flux d'entrées, transformés par les agents, ont pour origine soit l'environnement (notés R, exemple des ressources naturelles), soit d'autres processus de production (notés I, exemple des consommations intermédiaires). On y associe également les flux de maintenance (notés M). Les flux de sorties sont représentés par les produits (Q) et les déchets (W). Les fonds comprennent la terre ricardienne (L), le capital physique (K) et la force de travail (H). L'expression du processus de production prend la forme suivante :

$$[R_0^T(t), I_0^T(t), M_0^T(t), Q_0^T(t), W_0^T(t), L_0^T(t), K_0^T(t), H_0^T(t)]$$

Il s'agit d'un ensemble de fonctions toutes définies par rapport au temps<sup>4</sup>. Dès lors comme le souligne Georgescu-Roegen, la fonction de production qui se réfère à ce processus, prendra une forme nouvelle :

$$\text{Soit } Q_0^T(t) = \Gamma[R_0^T(t), I_0^T(t), M_0^T(t), W_0^T(t), L_0^T(t), K_0^T(t), H_0^T(t)]$$

A ce stade de l'analyse, l'étude du processus de production souligne deux points d'une extrême importance.

- L'un concerne la valeur de la terre ricardienne et les ressources naturelles. Il ne fait aucun doute selon Georgescu-Roegen que la terre doit être incluse dans la description d'un processus de production : «*In Agriculture, in particular, Ricardian land plays a role wholly analogous to that of a fisherman's net; only, instead of fish, it catches solar energy and its by-products*» [1969, p 508]. La même remarque peut être adressée aux ressources naturelles : «*l'économie standard se définit comme l'étude de la gestion des ressources rares. Par « ressource », l'économie standard comprend seulement le travail, le capital et la terre ricardienne. Le rôle joué par les ressources naturelles dans le processus économique est complètement ignoré, tout comme il l'est par la théorie économique de Karl Marx* » [1978,

---

<sup>4</sup> Georgescu-Roegen distingue deux types de temps : le temps mécanique (t : time) et le temps thermodynamique (T : Time). Le premier est une variable cardinale qui mesure un intervalle entre deux moments (il renvoie au concept utilisé traditionnellement par les économistes et les scientifiques). Le second est une variable ordinale, qui ne permet que d'ordonner des moments : «*In fact, T represents Time, conceived as the stream of consciousness or, if you wish, as a continuous succession of « moments », but t represents the mesure of an interval (T', T'') by a mechanical clock* » [1971, p 135]. Nous remercions Sylvana de Gleria [1995] et Pierre Garrouste [1999] pour nous avoir rappelé ce point important.

p 347]. Dans la réalité, l'exploitation continue des ressources naturelles<sup>5</sup> ainsi que la recherche d'une utilisation plus efficace des facteurs rares seraient inhérentes au processus.

- L'autre souligne que dans tout processus élémentaire, de nombreux facteurs restent oisifs durant un certain laps de temps. Cette «oisiveté technique», synonyme de gaspillage économique, est une entrave au bon fonctionnement du processus économique: «*Whatever the product, one thing is certain about the elementary process. In relation to it, most of the funds are idle over large periods of time. The plough is needed only a few days during the whole production time of growing a corn plant; the same is true for the saw or the plane in the production of a table. There is no exception to this rule*» [1970, p 6]. L'un des objets importants d'une économie de production serait donc de minimiser les périodes d'oisiveté des fonds, en d'autres termes de repenser l'organisation des processus élémentaires de production.

#### 1-2 / L'irréversibilité du temps et la thermodynamique

Fustigeant l'approche mécano-descriptive des modèles standards réduisant l'essence de tous les phénomènes à certains mouvements réversibles, Georgescu-Roegen appréhende le processus économique à partir d'une relation entre la physique et l'économie. Un processus matériel, souligne Georgescu-Roegen «*ne produit ni ne consomme de la matière énergie, il se limite à absorber de la matière-énergie pour la rejeter continuellement*» [1979a, p 19].

Dans ces conditions, ce qui entre dans le processus économique consiste en ressources naturelles de valeur, et ce qui en sort prend la forme de déchets sans valeur. Cette différence, d'origine qualitative, est appréhendée par une branche de la physique : la thermodynamique est née d'un mémoire de Sadi-Carnot [1824] sur l'efficacité des machines à vapeur.

Un des résultats de ce mémoire a été d'obliger la physique à reconnaître pour scientifique un fait élémentaire reconnu depuis des siècles : à savoir que la chaleur se déplace toujours d'elle-

---

<sup>5</sup> Solow [1973, 1974] soutenait qu'il était possible de substituer d'autres facteurs matériels aux ressources naturelles. Ainsi les ressources naturelles, renouvelables ou non, pourraient être allouées aussi efficacement que n'importe quel autre type de bien produit et échangé. Georgescu-Roegen lui répondra que les ressources naturelles occupent une place importante dans le processus économique : "*Only Economists still refuse to see the indissoluble relationship between the scarcity of natural resources and the economic process as a whole. As an excuse we hear, for example, that the limitations of natural resources cannot lead to any interesting conclusions* [Solow, 1973], *as if scarcity were not the very element around which the economic system turns and spins*" [1979 b, p 1023]. Les fonds et les flux n'étant d'ailleurs pas substituables.

même des corps chauds aux corps froids. Comme les lois de la mécanique ne peuvent expliquer un phénomène unidirectionnel et irréversible, il a fallu « créer une nouvelle branche » de la physique utilisant des explications non mécaniques : « *Il y aurait ainsi [écrit Georgescu-Roegen] deux temps<sup>6</sup> : un temps réversible dans lequel les phénomènes mécaniques prennent place, et un temps irréversible relié aux phénomènes thermodynamiques* » [1971, p 71]. D'après ces phénomènes thermodynamiques, la matière-énergie des ressources naturelles, absorbée par le processus économique, obéirait à un état de basse entropie, alors que les déchets qui en sortiraient, le seraient dans un état de haute entropie. C'est pour cette raison que Georgescu-Roegen [1978 p 357] qualifie le processus économique d'entropique et non de mécanique [Dannequin, Diemer 1999 a]. En outre, l'énergie se présenterait sous deux états qualitativement différents, l'énergie utilisable ou libre, sur laquelle l'homme peut exercer une maîtrise presque complète, et l'énergie inutilisable ou liée, que l'homme ne peut absolument pas utiliser. D'une façon générale souligne Georgescu-Roegen (1979a, p 23), « *l'énergie thermique libre d'un système clos se dégrade continuellement et irrévocablement en énergie liée* ». L'extension de cette propriété de l'énergie thermique à toutes les autres formes d'énergie conduit au deuxième principe de la thermodynamique, appelé loi de l'entropie [Grinevald, 1973, 1976]. Cette loi stipule que l'entropie (la quantité d'énergie liée) d'un système clos croît constamment vers un maximum. En d'autres termes l'énergie utilisable est continuellement transformée en énergie inutilisable jusqu'à ce qu'elle disparaisse complètement. Georgescu-Roegen tire plusieurs leçons de la dégradation qualitative et continue de l'univers.

- La première, c'est que la lutte économique de l'homme se concentre sur la basse entropie de son environnement. Le processus économique (d'un point de vue purement physique) ne fait que transformer des ressources naturelles de valeur (entropie basse) en déchets (entropie haute). Par conséquent, les ressources naturelles ne passent qu'une seule fois dans le processus économique et le gaspillage est un gaspillage irréversible. Cependant, note Georgescu-Roegen, le véritable produit économique du processus économique n'est pas un flux matériel de déchets mais bien un flux immatériel : « *The enjoyment of life* ».

---

<sup>6</sup> Georgescu-Roegen reconnaît à Schumpeter le mérite d'avoir introduit une distinction similaire entre les notions de temps historique et temps de la dynamique : « *All the greater is schumpeter's merit for stressing, in his later writings, the difference between historical and dynamic time, by which we understood T and t respectively. However, the root of the distinction does not lie in historical (evolutionary) sciences but – as we have seen – in the heart of physics, between mechanics and thermodynamics* » [1971, p 136]

- La deuxième, c'est que la basse entropie de l'environnement est rare, et sa destruction irrévocable. La loi de l'entropie fait remarquer Georgescu-Roegen «*est la racine de la rareté économique. Si cette loi n'existait pas, nous pourrions réutiliser l'énergie d'un morceau de charbon à volonté, en le transformant en chaleur, cette chaleur en travail, et ce travail à nouveau en chaleur*» [1979a, p 51]. Le fait de puiser constamment dans les ressources naturelles n'est pas sans incidence sur l'histoire comme le soulignait Hotelling [1931]. Il est même à long terme l'élément le plus important du destin de l'humanité. C'est aussi en raison de la rareté particulière de la basse entropie dans l'environnement que, dès l'aube de l'histoire, l'homme a continuellement cherché à inventer des moyens susceptibles de mieux capter la basse entropie.

- La troisième tire à la fois les conséquences de la dot de l'humanité en basse entropie. Cette dernière serait composée de trois sources distinctes : les flux de radiation du soleil et d'énergie des marées, le stock d'énergie terrestre disponible et accessible comprenant les combustibles fossiles et nucléaires ainsi que l'énergie géothermique, le stock terrestre de matières disponible et accessible. Les ressources naturelles peuvent être extraites selon un rythme qui en principe dépend seulement du choix des individus : «*Conceivably, we could exhaust all the known stocks of oil within one year if we wanted to do so and made our plans accordingly*» [1969a, p 524]. Or, fait remarquer Georgescu-Roegen, c'est cette liberté qu'à l'individu d'utiliser presque à volonté les dépôts de ressources naturelles qui serait responsable du spectaculaire progrès de la technologie. Il existerait donc bien une relation de cause à effet entre l'exploitation intensive de la basse entropie et l'utilisation d'innovations technologiques. Nous chercherons à éclaircir ce dernier point dans le paragraphe suivant.

### 1-2/ L'innovation

Cette seconde caractéristique du processus de production, particulièrement mise en lumière par Schumpeter [1934], le maître à penser de Georgescu-Roegen, s'articule autour de trois concepts, largement commentés par l'auteur tout au long de ses innombrables travaux. Le progrès technologique, nous dit en effet Georgescu-Roegen [1979a, p 68], peut apparaître sous plusieurs formes. Une première catégorie prend les traits d'une innovation d'économie, qui apportent une économie nette de basse entropie par une combustion plus complète, par une diminution des frottements par l'obtention d'une lumière plus intense à partir du gaz et de l'électricité... Une deuxième catégorie regroupe les innovations de substitution qui ne font que

remplacer l'énergie humaine par l'énergie physico-chimique (l'invention de la poudre à canon qui remplaça la catapulte). Enfin, il y a les innovations de la gamme de produits qui créent de nouveaux biens de consommation.

Ainsi ce qui intéresse notre auteur, ce n'est pas réellement l'innovation au sens technique du terme, mais bien l'innovation économique. Cette dernière n'est ni plus ni moins ce lien qui unit le processus de production au développement, et que Georgescu-Roegen associera plus tard « *au système usinier* ». C'est tout ce qui change la technologie à un moment donné (abandon des anciennes méthodes, conquête d'une nouvelle source de ressources naturelles, etc...). Le rôle de la demande apparaît ici déterminant : « *le fait que l'ajustement continu de l'individu aux changements de prix ou de conditions de revenus change ses goûts, paraît tellement évident que dans le passé les économistes ne l'ont mentionné qu'en passant, s'ils l'ont fait du tout..... Mais l'aspect le plus déplaisant du problème est révélé par le fait que la conduite reçoit, pour ainsi dire, un choc qualitatif chaque fois que l'individu est confronté avec un bien nouveau. Ceci est la raison pour laquelle on se tromperait totalement en pensant que les innovations technologiques ne modifient que l'offre* » [1971, p 67]. L'impact d'une innovation technologique sur le processus économique consisterait à la fois en un réarrangement industriel (recherche d'efficacité et d'optimisation dans le fonctionnement d'une organisation) et une réorientation des consommateurs, souvent aussi en un changement structurel de la société.

L'innovation serait par ailleurs étroitement corrélée à l'exploitation intensive de la basse entropie. La relation de cause à effet entre l'innovation et l'exploitation de la basse entropie, soulignée précédemment, confirmerait un fait assez élémentaire : à savoir que les grands bonds du progrès technologique ont généralement été déclenchés par la découverte et la maîtrise d'une nouvelle forme d'énergie accessible : « *[si] les découvertes de minerais ont présenté une proportion substantielle de ressources facilement accessibles. Cette exceptionnelle prospérité a suffi par elle-même à abaisser le coût réel de l'extraction des ressources minérales de leurs gisements de surface. L'énergie issue des combustibles fossiles devenant ainsi meilleur marché, les innovations de substitution ont entraîné une baisse de la part du travail dans le produit net. Le capital a également évolué vers des formes qui coûtent moins, mais utilisent davantage d'énergie pour atteindre le même résultat* » [1979a, p 70].



Dans le prolongement des travaux de Schumpeter [1934] et de Lotka [1945, 1956], Georgescu-Roegen utilise quelques concepts dérivés de la biologie afin de cerner les principales caractéristiques de l'innovation : « *les innovations technologiques sont des mutations exosomatiques, imprévisibles même dans le sens stochastique. Elles font aussi l'objet d'une sélection et seules celles qui sont avantageuses se diffusent* » [1978, p 341]. Le terme «organes exosomatiques» (c'est à dire des membres détachables) est ici introduit par opposition aux «organes endosomatiques», liés au développement biologique naturel [Dannequin, Diemer 1999 b]. Georgescu-Roegen constate que pour produire ces organes exosomatiques, l'homme doit employer des ressources en énergie et en minerais qui se trouvent dans les entrailles de la terre. Ainsi souligne-t-il : « *il nous faut des ressources minérales qui malheureusement, sont, comme nous l'avons vu précédemment, à la fois limitées et épuisables* » [1978, p 342]. Au total, seules deux innovations [1995, p 187] ont été cruciales : le feu qui a permis l'avènement du premier âge technologique, l'âge du bois, et l'invention de la machine à vapeur qui engendre la conversion de l'énergie calorifique en énergie motrice.

### 1-3/ L'organisation

L'organisation de la production s'avère indispensable aux yeux de Georgescu-Roegen pour contenir et contrôler à la fois la nature (et plus particulièrement ses flux énergétiques) et les périodes d'oisiveté des facteurs de production.

S'agissant des flux énergétiques, Georgescu-Roegen rappelle que si l'énergie libre à laquelle l'homme peut avoir accès, vient de deux sources distinctes - la première d'entre elles est un stock d'énergie libre, formé de dépôts minéraux situés dans les entrailles de la terre, la seconde est un flux, le flux du rayonnement solaire intercepté par la terre - il convient de relever plusieurs différences entre ces deux sources. Une première différence réside dans le contrôle des sources énergétiques. Si l'homme a une maîtrise presque complète de la dot terrestre - « *il serait même concevable qu'il l'épuisât en une seule année* » [1979 a, p 31] - il n'a pas le contrôle du flux du rayonnement solaire. Il ne peut pas davantage utiliser maintenant les flux d'énergie à venir. Une seconde différence concerne le rôle spécifique des deux sources d'énergie. Seule la source terrestre fournit les matériaux de basse entropie avec lesquels les industriels fabriquent les biens de consommation. En revanche, le rayonnement solaire est la source première de toute vie sur terre qui dépend de la photosynthèse chlorophyllienne. Le stock terrestre est enfin une piètre

source au regard de celle constituée par le soleil. Une troisième différence concerne le degré de nuisance de ces deux sources d'énergie. L'énergie solaire a un énorme avantage : *«Elle est exempte de pollution...Elle se transforme en chaleur ambiante qui maintient l'équilibre thermodynamique entre le globe et l'espace extérieur à une température favorable »* [1995, p 121]. L'utilisation de l'énergie terrestre produit quant à elle une pollution nuisible qui est irréductible et par conséquent cumulative.

Pour ce qui concerne le problème de l'oisiveté des facteurs de production, Georgescu-Roegen [1970, 1971] cherche à repenser la fonction de production en termes d'arrangement. Deux, puis trois alternatives sont ainsi avancées.

- La première revient à lancer plusieurs processus simultanément, puis à répéter l'opération lorsqu'ils sont arrivés à terme (exemple de la cuisson de plusieurs pains dans le même four) : c'est l'arrangement en parallèle. Georgescu-Roegen note cependant qu'étant donné que la plupart des facteurs de fonds seront utilisés dans un montant  $n$  fois plus important que dans un processus élémentaire, l'oisiveté de chaque facteur de fonds sera ipso facto amplifiée par  $n$ . Il n'y donc aucun gain réel à mettre en place un tel arrangement.

- La seconde implique que les processus élémentaires sont mis en oeuvre les uns après les autres afin d'éviter tout chevauchement dans le temps: c'est l'arrangement en série. Le nombre de biens demandés correspond à leur temps de production ou le dépasse. Il s'agissait autrefois de l'artisanat. Ce type d'agencement n'a pas disparu et s'applique encore à la construction navale, aux ponts, aux nouvelles usines...Cependant c'est la faiblesse de la demande qui suscite de l'oisiveté : *“ Le facteur humain peut trouver un emploi uniquement en bougeant périodiquement vers d'autres lignes de production - à l'instar des milliers de paysans le faisait en cherchant un emploi dans les villes pendant la période d'oisiveté de la ferme. Mais cet emploi saisonnier dépend aussi de l'existence d'une demande”*[1971, p 237].

- La troisième implique enfin que le temps de production soit divisé en intervalles égaux : c'est le processus en ligne : *«Si le nombre de processus élémentaires est suffisamment grand et toutes les périodes pendant lesquelles chaque fonds rend service sont commensurable avec le temps de production, alors il y a un nombre minimum de processus élémentaires qui peut être arrangé en ligne de telle façon que chaque fonds soit employé »*[1971, p 238]. Cette

situation caractérise les chaînes d'assemblage dans lesquelles chaque travailleur se déplace sans interruption d'un processus élémentaire à l'autre, et décrit parfaitement bien le système de production en usine. L'usine serait ainsi le lieu où l'économie de temps atteint son maximum

Cette perspective est intéressante selon Georgescu-Roegen puisqu'elle requiert de déterminer la représentation analytique d'un «*système usinier*». Si la minimisation de l'oisiveté est l'objectif principal assigné à chaque processus de production, reste cependant maintenant à rechercher les formes institutionnelles qui s'y rattachent. La démarche mécanique des modèles standards doit faire place à une étude sociale, culturelle et historique des différentes formes d'organisation de la production.

## **2 / Le champs et l'usine : deux formes d'organisation de la production**

Georgescu-Roegen va nourrir cette réflexion sur le processus de production en comparant deux formes - deux « idéal-types », pourrait-on dire, pour souligner l'inspiration institutionnaliste de la démarche - d'organisation de la production : le système usinier et l'exploitation agricole.

### 2 – 1/ Le système usinier

Le système usinier (traduction française de «*factory system*») est assimilé à une innovation économique et non à une innovation technologique : “*Factory system is such a familiar object nowadays - especially, to those who are the progeny of an industrialized society - that we are apt to lose sight of two essentials facts : first, that the factory system of production represents one of the greatest economic inventions in history, and second that the system is not (and, most likely, will never be) applicable to all production sectors*”[1969, p 515]. Georgescu-Roegen se détache ainsi de la conception technologique et “ ingénieuse ” de l'usine, et du même coup de l'approche de Veblen [1921, p 42]<sup>7</sup>.

Dans ces conditions, l'économie de temps réalisée grâce au système usinier est obtenue indépendamment de toute technologie et son apparition est liée à une demande croissante : “*we may be told that the factory system was a creation of the industrial revolution, that is, of the mass of technological innovations of the eighteenth century and thereafter. In my*

---

<sup>7</sup> Veblen définit l'usine comme «*une structure mécaniquement organisée de procès techniques qui ont été conçus, installés et dirigés par ces ingénieurs de la production*».

*opinion, the causal relationship is the reverse : the factory system, which had already begun to be practiced in the old craft shops because of an increased demand, was one of the main factors that spurred the technological innovations” [1971, p 248].*

Karl Marx [1867] avant lui, bien qu'en des termes différents, pense l'usine comme forme institutionnelle du contrôle interne et externe de la production capitaliste. Georgescu-Roegen reprend l'idée que celle-ci empêche la “ flânerie ” des travailleurs mais aussi de l'ensemble des autres fonds : “ *no agent remains idle while the production process goes on*” [1974, p 538]. L'arrangement en ligne confère une maîtrise du temps de production en éliminant l'oisiveté, un “ *gaspillage économique pesant*” [1986, p 257], synonyme d'inefficacité économique.

Néanmoins, et c'est là un apport de la pensée de Georgescu-Roegen, son application n'est pas automatique, c'est-à-dire généralisable à tout secteur, à l'instar de l'agriculture et d'autres activités saisonnières comme le bâtiment et le tourisme [1971, p 251]. Un environnement économique matérialisé par une demande suffisante est une condition nécessaire à l'existence d'un système usinier. Prenons le cas d'une simple demande, référons nous à la production de tables. Si seulement une table est demandée durant un intervalle de temps plus grand ou égal à la période correspondante de la production T, la production sera réalisée par des processus partiels en série. Dans ce cas, on ne peut éviter l'oisiveté du rabot du menuisier... à moins que le même facteur de fonds puisse être employé dans la production d'autres biens pour lesquels il y a une demande suffisante. Georgescu-Roegen ajoute une autre condition plus technique : “ *if number of the elementary processes is sufficiently large and all periods during which each fund factor renders services are commensurable with the time of production, then there is a minimum number of elementary processes that can be arranged in line so that every fund factor is continuously employed* ” [1971, p 238]. Dès lors les fonds doivent être mobiles pour assurer la fluidité du processus productif.

La continuité d'un tel processus<sup>8</sup> nécessite alors un état physique satisfaisant. Que l'on pense à une chaîne de montage, une rupture suffit pour stopper le processus ou créer des

---

<sup>8</sup> On retrouve aussi chez Marx cet aspect déterminant de l'évolution organisationnelle : “ *Donc si le principe de la manufacture est l'isolement des procès particuliers par la division du travail, celui de la fabrique est au contraire la continuité non interrompue de ces mêmes procès* ” (1867, p 277).

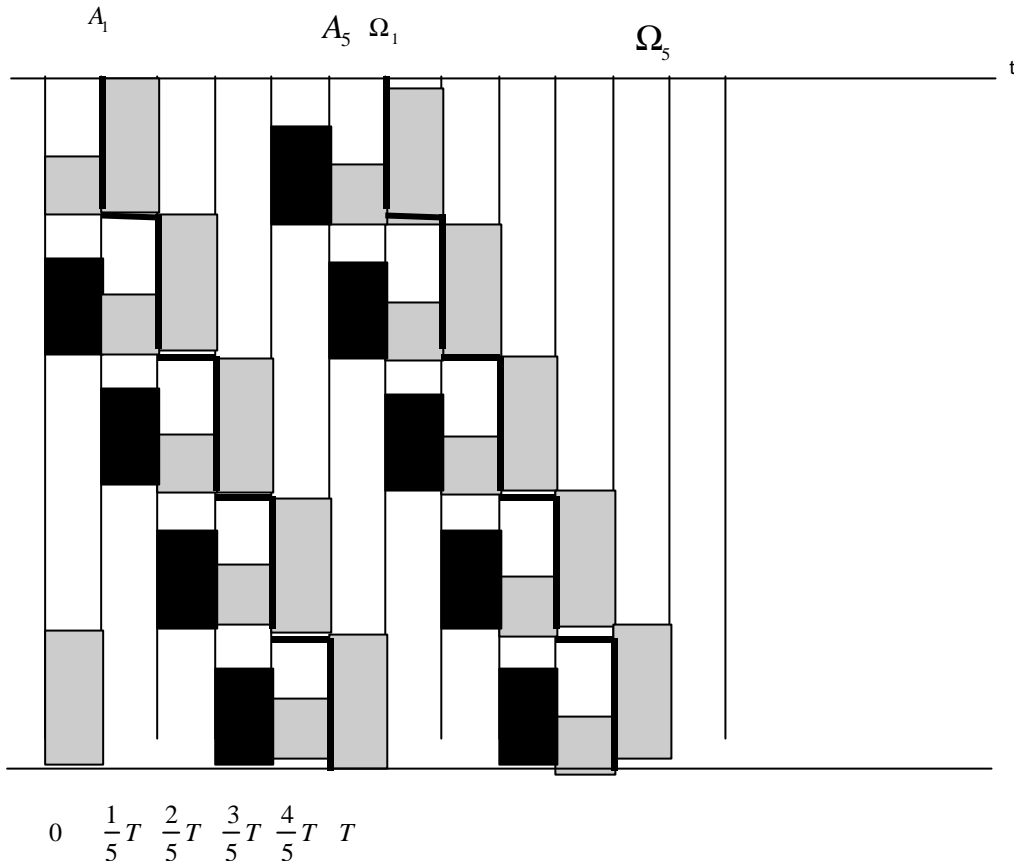
déséquilibres, et donc un retour de l'oisiveté tant combattue. Même une machine, qui potentiellement peut fonctionner 24 heures sur 24 à l'encontre du fonds "humain", s'use. Elle doit donc subir des réparations, des contrôles de sorte que son efficacité soit assurée.

Cette condition nécessiterait, in fine, l'analyse de l'ensemble du système économique. En effet, l'entretien d'un outil exige à son tour un autre outil etc... Les frontières analytiques sont alors abolies : il semble donc impossible d'examiner la dynamique des éléments formant le tout. Aussi un compromis est nécessaire: *"It consists of admitting that maintenance may be achieved in part also through services brought in from outside and ignoring the daily wear and tear of the worker (which in fact is always restored outside, in the household)"* [1971, p 230]. Le contrôle du temps de production requiert la présence de fonds de processus : *"process funds"* [1971, p 239].

Leur rôle est "fondamental". Ils sont, en effet, indispensables au redémarrage de l'usine. La boîte à musique ne fonctionnera à nouveau que si elle est convenablement entretenue. *"A factory system is like a music box, which starts to play the moment it is closed. Of course, if laid idle for a long period of time, any factory would need some additional work to remove the damage done by the Entropy law"* [1971, p 240].

Une représentation du système usinier [Georgescu-Roegen, 1969] est reproduite ci-dessous. Le processus de production implique seulement deux fonds : deux équipes d'ouvriers. Le service rendu par ces facteurs apparaît sous la forme des surfaces ombragées. A l'intérieur de l'intervalle de temps (0, T), il y a 5 processus commençant aux lignes 0, 1/5 T, 2/5 T, 3/5 T, 4/5 T. Ces cinq processus sont délimités par les séquences (AA) et ( $\Omega\Omega$ ) ; 10 ouvriers dans la première équipe et 5 dans la seconde sont déplacés d'un processus à l'autre. C'est cette organisation qui caractérise le système usinier : *"Obviously, this arrangement represents the factory system, where every tool and every worker shifts from one elementary process to the next as soon as they have performed their services in the first. No tool and no worker is thus idle during the time when the process of the whole factory goes on"* [1969, p 517].

Processus en ligne de type usinier



Il est nécessaire ici de bien différencier l'usine (lieu de production industriel) du système usinier (forme organisationnelle spécifique de la production). L'usine peut se rapporter à des réalités différentes. Empiriquement, ce que l'on appelle usine moderne n'est pas toujours organisée selon un processus en ligne. On peut parfaitement imaginer une usine de pain utilisant un unique four et fonctionnant en parallèle. Les critères de Georgescu-Roegen ne suffisent donc pas à définir ce lieu de production. Une prise en compte de la surveillance et du contrôle des ouvriers semble une piste féconde. Chez Marx, le rapport de production est social alors que chez Georgescu-Roegen il reste essentiellement dans la sphère physique du processus. Néanmoins, la création de processus de plus en plus complexes a suscité l'émergence de rôles : c'est la division sociale en gouverneurs et gouvernés : *"Production, therefore, is the real hotbed of the social conflict, as Marx initially intuited it, only to slip away in the end from this general idea for the sake of communist propaganda"* [1986, p 251]. Le conflit social résulte de la dépendance à une production massive d'outils exosomatiques. Cependant, il peut être contenu par la politique et le droit de vote. Le conflit social serait ainsi appréhendé au niveau macroéconomique (celui du système social) mais pas au niveau de l'organisation. En d'autres termes, le social n'est pas inclus dans les frontières analytiques du processus de production.

Le système usinier a toutefois nécessité une rupture sociale et culturelle pour des populations très souvent agricoles. Cette rupture s'est matérialisée par l'apprentissage de nouveaux comportements différents de ceux présents antérieurement et fondés sur la discipline, le respect de l'horaire, l'obéissance, la régularité du travail ainsi que le souligne Verley : « *Ce ne fut peut-être que lors de la seconde industrialisation, avec les tentatives d'organiser plus rationnellement le travail, que les entrepreneurs allaient désormais contrôler complètement le processus productif* » [1997, p 96] .

Usine chez Marx / système usinier chez Georgescu-Roegen

	<i>Usine chez Marx</i>	<i>Système usinier chez Georgescu-Roegen</i>
<i>Naissance</i>	Fin du XVIII <sup>e</sup> . Son ancêtre : la manufacture.	Dans l'artisanat
<i>Processus technique de production</i>	En ligne afin d'assurer la continuité	Idem
<i>Forme sociale</i>	Concentration de travailleurs ; division sociale du travailleur : surveillance et contrôle pour les capitalistes	Il existe des gouverneurs et des gouvernés
<i>Objectif</i>	Réduction de l'oisiveté (des "pores" de la journée de travail), coopération	Maîtrise des flux et du temps
<i>Main d'œuvre</i>	Parcellisée, Interchangeable, déqualifiée	Correspond à un fonds
<i>Loi</i>	Lutte des Classes (Politique) Accumulation du capital	Entropie (physique) Dégradation de l'énergie/matière

2-2/ L'exploitation agricole

Dans un article intitulé «*Economic Theory and Agrarian Economics* » paru dès 1960, Georgescu-Roegen s'interroge sur ce qui fait la spécificité d'une économie agraire. Par ce terme, il entend non seulement une économie agricole, mais également une économie surpeuplée. Soucieux de l'avenir de son pays de naissance, la Roumanie (confrontée à un problème d'économie de subsistance tel qu'il a été décrit par Malthus) et fort de son expérience d'économiste à la Harvard University, Georgescu-Roegen ne peut que constater l'inefficacité des théories orthodoxes à appréhender la réalité des pays surpeuplés et agricoles. «*Romania was at that time a struggling, overpopulated, peasant - dominated culture and economy....And as I came to learn the economics professed in the capitalist world, I was struck by the claims of*

*that discipline that it was a representative guide not only for capitalism but for absolutely all economic conditions. It was evident to me that standard economics could not represent an agrarian economy, and hence could not be a guide for it » [1992, p 129].*

Il est vrai, souligne-t-il, que ces théories ont été construites et développées pour comprendre le fonctionnement et l'organisation des économies capitalistes et que dans ces conditions, rien de surprenant à ce que ces outils soient inappropriés pour décrire une économie agricole. Reste cependant une économie agraire sans réalité théorique, ce qui est plus ou moins gênant pour celui qui voudrait faire des propositions de politique économique.

Même désenchantement du côté du marxisme, Georgescu-Roegen note que la question agraire, et plus précisément la place du paysan, a été abordée avec un certain mépris par Karl Marx lui-même: «*Dans la sphère de l'agriculture, la grande industrie agit plus révolutionnairement que partout ailleurs en ce sens qu'elle fait disparaître le paysan, le rempart de l'ancienne société, et lui substitue le salarié. Les besoins de transformation sociale et la lutte des classes sont ainsi ramenés dans les campagnes au même niveau que dans les villes*» [1867, p 362].

Devant l'incapacité des modèles néoclassique et marxiste à formuler une théorie pour des économies non-capitalistes, «*...why most Western economists have been interested in developing the theory of capitalist system, but not why none attempted a theory of a noncapitalist economy. The only explanation of this omission is the inseparable difficulty in getting at the cultural roots of a society other than that to which one actually belongs. And, as we have hinted, an intuitive knowledge of the basic cultural traits of a community is indispensable for laying out the basis of its economic theory* » [1960, p 1], Georgescu-Roegen fait alors un retour sur la doctrine des narodniki (populistes agrariens) et les travaux du statisticien russe Chayanov [1923]. Les caractéristiques d'une économie paysanne sont présentées à partir de ses institutions sociales.

A un premier niveau institutionnel, on retrouve la cellule familiale [Vivien, 1997] «*Of all the attitudes prevailing among peasant societies, one alone poses a really difficult problem which we are becoming increasingly aware : it is the desire of the peasant to raise a family as large as it might come... large family can exist only where there is also a high fertility*»



[1965, p 224]. Georgescu-Roegen avance deux raisons susceptibles d'expliquer la «fertilité» de cette machine de travail familiale.

- La première insiste sur le rôle tenu par la loi des rendements dans une communauté qui redistribue continuellement sa terre afin de maintenir une certaine égalité entre tous les ménages (ratio terre/individu identique). Du point de vue du village, constate Georgescu Roegen, la terre est devenue rare bien avant que l'institution d'une redistribution égalitaire de la terre n'apparaisse. Dans ces conditions, *«in the villages practicing this sort of redistribution the size of the economic unit of every household must have been well below the optimum size, i.e, every economic unit was operated at a size where the returns to an additional dose of land and labor were increasing»* [1965, p 225]. Une augmentation de la taille d'une famille aura ainsi deux conséquences : dans un premier temps, le revenu par tête de cette famille s'élèvera suite aux rendements croissants d'une unité supplémentaire de terre et de travail, dans un second temps, ce même revenu diminuera dans chaque famille, qui n'a pas crû, parce que la terre lui a été enlevée pour être donnée à d'autres.

- La seconde met en avant les caractéristiques spécifiques du processus de production agricole. Le caractère inépuisable du flux énergétique solaire se paie, en effet, de contraintes fortes sur les conditions de production: rythmes de production très irréguliers du fait des saisons et durée imposée du processus (il s'agit ici du processus en parallèle), du fait, par exemple, de l'impossibilité d'agir sur le temps de gestation des êtres vivants. Or, quand pour l'essentiel les travaux agricoles se font mutuellement, la famille paysanne est plus efficace pendant la courte période que dure la récolte si elle comprend beaucoup d'enfants en âge de travailler. Cette réalité est d'autant plus vraie, souligne Georgescu-Roegen, qu'elle fait référence à des périodes de récoltes exceptionnelles organisées autour d'une relative division du travail : *« To bring in all the grain safely and as quickly as possible necessitates a multiple division of labor ....In these circumstances, a small family cannot take full advantage of a bumper crop because it cannot provide the required division of labor »* [1965, p 225].

A un deuxième niveau institutionnel, l'organisation de la production agricole est liée à la notion de communauté paysanne. Le village (considéré par Georgescu-Roegen comme la plus ancienne institution humaine) - dans lequel elle puise les principes culturels, sociaux et historiques de son

propre épanouissement - s'impose aux individus : *'un ménage paysan ne peut pratiquement pas réaliser d'activités économiques indépendamment de celle des autres'* [1965, p 206]. Mettant en parallèle les frontières du processus agricole et l'étude du comportement des paysans, Georgescu-Roegen définit le village comme une entité sociale délimitée et indivisible : *« In all economic respects, not only in respect of production, the village is not a granular mass of households, much less of individuals, loosely connected through anonymous markets, factories, banks, or others similar urban institutions... On the contrary, it is an indivisible social and economic whole -an organized and self-acting unit »* [1965, p 206].

Face à la croissance de la cellule familiale et à la pression démographique, le village ne peut cependant survivre sans une tendance prononcée pour la stabilité. Cette dernière, avance Georgescu-Roegen [1965, p 207], reposerait sur la tradition orale, elle-même tributaire de la capacité du village à limiter sa taille. En effet, dans le cas d'une croissance de la population, les paysans vont d'abord chercher à augmenter les ressources du village grâce à la technologie (il s'agit ainsi de repousser les frontières du processus et d'optimiser la taille du village), puis ensuite créer de nouveaux villages par l'intermédiaire de migrations<sup>9</sup>: *« As population pressure approached the critical level, one group of the village community migrated and founded a new village on a nearby site...migration has at all times constituted the last resort of the village community in avoiding overpopulation.....the peasant first bent their efforts to discover means by which the village resources could be made more productive so that people may not have to migrate »*. Ainsi le problème agrarien est bien un problème de population comme le soulignait déjà Chayanov dès 1923, et les thèses malthusiennes seraient toujours d'actualité.

## **Conclusion**

Par sa contribution à la théorie de la production, Nicholas Georgescu-Roegen a cherché à donner une représentation des processus de production, à partir d'innovations organisationnelles (diffusion du système usinier) et d'énergie-matière. Cette « révolution industrielle » se serait dans un premier temps limitée à l'industrie, eu égard aux spécificités de

---

<sup>9</sup> Certains paysans, ajoute Georgescu-Roegen, partiront à l'assaut des villes. Dans ces conditions, et en tenant compte des spécificités de l'économie agraire, l'exode rural ne serait pas le résultat de l'innovation technologique ou du mode de production capitaliste mais bien le reflet d'une croissance de la démographie et d'une stabilisation des institutions sociales paysannes (en l'occurrence le village).

l'agriculture (surcapitalisation des terres, oisiveté importante des fonds, énergie solaire et agriculture organique) puis ensuite étendue au monde agricole sous la pression croissante de la population et des lois de la thermodynamique. Ainsi comme le souligne Georgescu-Roegen "*bien que l'agriculture mécanisée ne convienne pas aux petites fermes familiales qui disposent de grandes réserves de bras libres, elle s'est imposée même à cette dernière*" [1995, p 123]. Dans cette vision fataliste de l'évolution du monde, la campagne devrait ainsi progressivement s'aligner sur le processus industriel, ce qui ne peut qu'accroître la rareté des ressources. Cela semble inévitable du fait des besoins de nourritures, et ce d'autant plus que Georgescu-Roegen [1995] étendra plus tard cette analyse aux relations entre les pays en développement et les pays industrialisés.

## **Bibliographie**

- Bergson H. ; 1911, Creative Evolution, Henry Holt, New York. Traduction française, 1941, L'évolution créatrice, Paris, PUF.
- Carnot S. ; 1824, Réflexions sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres à développer cette puissance, Paris, Bachelier.
- Chayanov A. ; 1923, Die Lehre von der bauerlichen Wirtschaft, Berlin, P. Parey. Traduction française, 1990, L'organisation de l'économie paysanne, Librairie du Regard.
- Coriat B., Weinstein O. ; 1995, Les nouvelles théories de l'entreprise, Livre de Poche.
- Dannequin F., Diemer A. ; 1998, Nicholas Georgescu-Roegen, penseur de la production, penseur de la révolution industrielle, Colloque international de Strasbourg, novembre, pp 1-32.
- Dannequin F., Diemer A. ; 1999a, De l'entropie à la constitution d'un programme bioéconomique : le grand projet de Nicholas Georgescu-Roegen, cahiers du CERAS (à paraître prochainement).
- Dannequin F., Diemer A. ; 1999b, La place de la biologie et de la thermodynamique dans la théorie contemporaine : l'œuvre scientifique de Nicholas Georgescu-Roegen , Colloque international de Sorbonne, septembre, pp 1-8.
- Dannequin F., Diemer A. ; 1999 c, L'économie de l'agriculture familiale de Chayanov à Georgescu-Roegen, Colloque de la SFER, Paris, Novembre, pp 1-14.
- De Gleria S. ; 1995, Nicholas Georgescu-Roegen : A Mind That Thought Above His Time, Economia Internazionale, vol 48, 3, August, pp 317-346.
- Dulbecco P., Garrouste P. ; 1999, Thermodynamique et théorie de la dynamique économique : la tentative de Nicholas Georgescu-Roegen, Colloque international de Sorbonne, septembre, pp 1-15.
- Gaffard J. L. ; 1997, Croissance et fluctuations économiques, Montchrestien.
- Georgescu-Roegen N. ; 1951a, Relaxation Phenomena in Linear Dynamics Models, in T.C Koopmans (ed), Activity Analysis of Production and Allocation, Yale University Press, pp 98-115.
- Georgescu-Roegen N. ; 1951b, Some Properties of a Generalized Leontief Model, In T.C Koopmans, Activity Analysis of Production and Allocation, Yale University Press, pp 165-176.

- Georgescu-Roegen N. ; 1960, Economic Theory and Agrarian Economics, Oxford Economic Papers, vol XII pp 1-40.
- Georgescu-Roegen N. ; 1965, The Institutionnal Aspects of Peasant Economics : A Historical and Analytical Review, Proceedings of the Agricultural Developpement Council Seminar on Subsistence and Peasant Economies. C.R Wharton, Honolulu.
- Georgescu-Roegen N. ; 1966, Analytical Economic-Issues and Problems, Havard University Press, Cambridge. Traduction française ; 1970, La Science Economique: ses problèmes et ses difficultés» Dunod.
- Georgescu-Roegen N. ; 1969a, Process in Farming versus Process in Manufacturing : A Problem of Balanced Development, pp 497-528. Nunn .C and Papi .U. Economic Problems of Agriculture in Industrial Societies, London Mc Millan.
- Georgescu-Roegen N. ; 1969b, The Institutional Aspects of Peasant Communities : An analytical View, in Clifton R. and Wharton J. , Susbistence Culture and Economic Development, Chicago Aldine, pp 61-99.
- Georgescu-Roegen N. ; 1976, Energy and Economic Myths, Pergamon Press, pp 199-235.
- Georgescu-Roegen N. ; 1970, The Economics of Production, American Economic Review, vol 60, p 1-9.
- Georgescu-Roegen N. ; 1971, The Entropy Law and the Economic Process, Cambridge, Harvard University Press (4ème édition 1981).
- Georgescu-Roegen N. ; 1972, Process Analysis and the Neoclassical Theory of Production , American Journal of Agricultural Economics, vol 54, May, pp 279-294.
- Georgescu-Roegen N. ; 1976 , Energy and Economic Myths, Pergamon Press.
- Georgescu-Roegen N. ; 1978, De la Science Economique à la Bioéconomie, Revue d'Economie Politique, vol 88, 3, mai-juin, pp 337-382.
- Georgescu-Roegen N. ; 1979a, Demain, h décroissance: entropie-écologie-économie, Pierre Marcel Favre. Réédition aux éditions Sang de la Terre (1995).
- Georgescu-Roegen N. ; 1979b, Energy Analysis and Economic Valuation, Southern Journal of Economic, vol 45, pp 1023-1058.
- Georgescu-Roegen N. ; 1986, Man and production , in Baranzini M. et Scazzieri R. (eds), Foundations of Economics, Oxford, Blackwell, pp 247-280.
- Georgescu-Roegen N. ; 1992, Georgescu-Roegen Nicholas about himself, in Szenberg M., Eminent Economists : Their Life Philosophies, Cambridge.
- Grinevald J. ; 1973, La notion d'entropie dans la pensée contemporaine. fragments pour une recherche historique sur le temps, le désordre et la mort, Faculté de Philosophie de l'Université de Besançon.
- Grinevald J. ; 1976, La révolution Carnotienne, thermodynamique, économie et idéologie, Revue Européenne des Sciences Sociales et Cahiers Vilfredo Pareto, vol XXI, pp 39-79.
- Hotelling H. ;1931, The Economics of Exhaustible Resources, Journal of Political Economy, 39, pp 137-175.
- Lotka A. ; 1945 , The Law of Evolution as a Maximal Principle, Human Biology, vol 17, May, pp 67–194.
- Lotka A. ; 1956, Elements of Mathematical Biology, New York Dover.
- Malthus T.R ; 1823, Principes d'Economie Politique, traduction française (1969) chez Calmann-Levy.
- Marx K. ; 1867, Le Capital, Flammarion.
- Solow R.M ; 1973, Is the End of the World at Hand, Challenge, March-April, pp 39-50.

Solow R.M ; 1974, The Economics of Resources or the Resources of Economics, American Economic Review, vol 64, 2, pp 1-14.

Stigler G.J ; 1949, The Theory of Competitive Price, New York.

Veblen T.B ; 1921, The Engineers and the Price System, traduction française ; 1971, Les ingénieurs et le Capitalisme, Gordon and Breach, Paris.

Verley P. ; 1997, La Révolution Industrielle, Folio.

Vivien F.D ; 1997, De l'agrarianisme à l'entropie : la bioéconomie de Georgescu-Roegen dans une perspective malthusianisme, Document de travail : HERMES - CERAS, Université de Reims Champagne Ardennes, pp 1-10.

Wicksteed P. ; 1894, An Essay on the Co-ordination of the Laws of Distribution, London. Réimpression Scarce Tracts, 12, London School of Economics and Political Science, London, 1932.