

Paola Tubaro

Thèse :

**Les origines de la mathématisation de l'économie :
calcul infinitésimal et théorie des prix**

Etablissements : Université de Paris X – Nanterre et J.W. Goethe-Universität de Francfort-sur-le-Main, Allemagne (thèse préparée en co-tutelle).

Directeurs de thèse : M. le Professeur Carlo Benetti et M. le Professeur Bertram Schefold.

Soutenance : Université de Paris X, le 8 novembre 2004.

Jury :

M. Carlo Benetti, Professeur à l'Université Paris X – Nanterre.

M. Pascal Bridel, Professeur à l'Université de Lausanne (Président du jury).

M. Rodolphe Dos Santos Ferreira, Professeur à l'Université Strasbourg I - Louis Pasteur (Rapporteur).

M. Rainer Klump, Professeur à la J.W. Goethe – Universität de Francfort-sur-le-Main (Rapporteur).

M. Bertram Schefold, Professeur à la J.W. Goethe – Universität de Francfort-sur-le-Main.

M. Paul Bernd Spahn, Professeur à la J.W. Goethe – Universität de Francfort-sur-le-Main.

Présentation de la thèse

La courte présentation qui suit a le but de faire ressortir les enjeux essentiels du travail réalisé pour la préparation de la thèse. J'illustrerai d'abord la problématique générale et les choix méthodologiques fondamentaux, ensuite le plan et la structure, et pour terminer, les principaux résultats obtenus.

1. Problématique et méthodologie

Le thème général de la thèse a été la rencontre entre l'économie et les mathématiques. L'attention a été focalisée sur la loi de la détermination des prix par l'offre et la demande, qui constitue le cœur analytique de la discipline économique, et qui a fait l'objet d'une formalisation poussée dès le début, à tel point que Léon Walras déjà la définissait comme « une branche des mathématiques » (1874-77, p. 52).

L'objectif principal de la recherche était de mieux comprendre le rôle joué par les mathématiques dans la construction des deux volets de la loi de l'offre et de la demande : la théorie du comportement de l'individu et celle de l'équilibre de marché, résultant d'une multitude de décisions individuelles décentralisées. Si la première est fondée sur un schéma d'optimisation sous contrainte, la deuxième renvoie tout autant à l'usage d'outils formels, aussi bien pour l'étude de l'établissement des prix de marché (l'analyse de l'équilibre) que pour la recherche des lois de variation des prix hors de l'équilibre.

1.1 La démarche adoptée : interroger le passé pour mieux comprendre le présent

Dans l'objectif de parvenir à une compréhension profonde du rapport entre économie et mathématiques, j'ai tâché d'aller au-delà de la manipulation des outils nécessaires pour « faire tourner » les modèles formels, et d'entamer un travail différent, visant à dégager les questions fondatrices, les présupposés philosophiques, les enjeux théoriques et les implications normatives de la théorie des prix et de sa formulation mathématique.

A cette fin, j'ai adopté une perspective d'histoire de la pensée économique, en considérant qu'il y a continuité entre l'évolution passée et l'état présent de la discipline économique, les modèles actuels reposant sur une vision du fonctionnement d'une société marchande qui a été élaborée au cours du temps. Les questions que j'ai posées, préalables à la fabrication des modèles, furent explicitement énoncées et discutées, à une époque où elles ne pouvaient pas être vues comme allant de soi. Réactiver le savoir des théoriciens

anciens peut alors aider les économistes d'aujourd'hui à voir le rapport entre théorie des prix et mathématiques sous un angle nouveau. Ainsi, dans la thèse, les débats et les réflexions qui ont accompagné les premières applications d'outils formels à l'économie ont été examinés, dans l'espoir d'éclairer les raisons qui en ont déterminé le succès, et de saisir l'interaction qui a eu lieu entre la théorie des prix et les mathématiques.

Le point de vue adopté a été celui d'un économiste, qui interroge l'histoire de sa discipline en l'inscrivant dans les débats actuels, tout en témoignant du rôle que les enseignements du passé peuvent jouer dans le renouvellement des questionnements et des réflexions d'aujourd'hui. L'étude de la pensée économique ancienne a été considérée comme un moyen d'approfondir la compréhension des problématiques actuelles.

1.2 Le calcul infinitésimal

L'attention particulière accordée au calcul infinitésimal, auquel le titre de la thèse fait explicitement référence, s'explique en considérant qu'il s'agit de l'un des premiers outils mathématiques relativement avancés à avoir été utilisés pour étudier le comportement optimisant de l'individu ainsi que la formation des prix de marché. Il s'agit d'ailleurs d'une branche des mathématiques qui est toujours bien présente dans la formation des économistes, dès l'apprentissage des fondements de la discipline, et qui constitue, encore aujourd'hui, l'un des outils auxquels les chercheurs ont recours.

L'insistance sur le calcul infinitésimal a enrichi la problématique de la thèse, car l'usage de cet outil ne manque de soulever des questions : les économistes utilisent fréquemment des variables réelles, mais l'hypothèse selon laquelle les traits observables varient continûment est souvent fautive, au moins quand on y regarde de près. De même, l'idée véhiculée par l'analyse infinitésimale, que les changements économiques ne seraient pas brusques ou radicaux, mais se dérouleraient graduellement, en procédant continûment, n'est pas toujours confirmée par l'expérience. Qui plus est, cet outil mathématique a été explicitement et nettement rejeté par des théoriciens comme Oskar Morgenstern et John von Neumann (1944), pour qui il serait peut-être apte à formaliser les problèmes de la physique, mais ne permettrait pas de poser et résoudre correctement les problèmes économiques fondamentaux. Des critiques semblables furent formulées quelques ans plus tard par Gérard Debreu. Si cette orientation a conduit à l'introduction de nouveaux instruments mathématiques en économie (la topologie), l'analyse infinitésimale n'a pas pour autant été totalement abandonnée. Ayant ainsi constaté que la rencontre entre calcul

infinitésimal et théorie des prix ne va pas de soi *a priori*, mais s'est pourtant réalisée, j'ai essayé d'en comprendre le sens profond.

1.3 Economie et physique

Le choix d'attirer particulièrement l'attention sur le calcul infinitésimal m'a conduit à aborder aussi la question des rapports entre la discipline économique et la physique moderne, dont la création au XVII^{ème} siècle fut étroitement liée à celle du calcul infinitésimal. J'ai essayé de vérifier le bien-fondé des positions de ceux qui ont justifié leur critique à l'usage du calcul différentiel en économie en invoquant le lien présumé entre cet outil mathématique et la mécanique, alors que les problèmes de l'économie et ceux de la physique seraient structurés différemment (Morgenstern et von Neumann 1944, p. 45), ainsi que de celles des historiens de la pensée (Ingrao et Israel 1987 ; Mirowski 1989), selon lesquels la discipline économique se serait constituée progressivement en imitant les méthodes de la physique, de sorte que l'emploi du calcul infinitésimal résulterait d'une volonté d'importer cette technique dans le domaine humain et social.

1.4 La période des origines

Contrairement à une idée reçue, la mathématisation de la théorie des prix à l'aide du calcul infinitésimal ne remonte pas à la « révolution marginaliste » du dernier tiers du XIX^{ème} siècle car, s'il est vrai que les auteurs de cette époque ont contribué à la diffusion de raisonnements s'appuyant sur les concepts mathématiques de dérivée et de différentielle, ils ont eux-mêmes reconnu l'existence de précurseurs. Les bibliographies d'économie mathématique de William S. Jevons (1879) et Irving Fisher (1892) signalent que les premières tentatives d'appliquer le calcul différentiel à l'économie datent du XVIII^{ème} et du début du XIX^{ème} siècle. Face à ce constat, j'ai essayé d'aller au-delà de la périodisation habituelle, en attirant l'attention sur les travaux d'économie mathématique de cette phase, encore mal connue, qui précède l'essor de l'école marginaliste.

2. Structure et plan

La structure et le plan de la thèse reflètent le questionnement sous-jacent à sa conception, qui relève des doutes et des interrogations que l'état présent de la discipline économique fait émerger. J'ai tenu compte du fait que, dans la théorie économique d'aujourd'hui, l'exigence d'examiner comment la formation des prix de marché trouve son fondement

dans les décisions individuelles amène à distinguer le niveau individuel de l'analyse et le niveau agrégé. Ceux-ci correspondent à deux types de questions : au niveau individuel, il s'agit d'identifier le choix optimal de l'agent (mathématiquement, il faut déterminer le point d'optimum d'une fonction - objectif sous contrainte), tandis qu'au niveau agrégé, la question posée est celle de la compatibilité d'une multitude de décisions individuelles décentralisées (en termes formels, il s'agit de résoudre un système d'équations). J'ai pris en compte cette distinction, afin de pouvoir identifier le rôle que le calcul infinitésimal peut avoir joué dans la formulation de cette double problématique.

Or en ce qui concerne la recherche de l'optimum individuel, l'économie moderne semble suggérer une vision unitaire des comportements des agents, qu'ils soient consommateurs ou producteur, car tous maximisent des fonctions - objectif sous contrainte ; la seule différence concerne la nature de cette fonction (utilité pour le consommateur, profit pour le producteur) et contrainte (budgétaire pour le consommateur, technique pour le producteur). Toutefois, dès mes lectures préliminaires d'ouvrages du XVIII^{ème} et XIX^{ème} siècle, j'ai constaté l'impossibilité de retenir cette interprétation unitaire, en observant des différences importantes entre les figures du consommateur et du producteur à cette époque : la maximisation du profit et de l'utilité ne constituaient pas deux aspects d'une seule et même tradition, mais étaient deux principes distincts, qui sont restés séparés pour longtemps. J'ai donc formulé l'hypothèse d'une asymétrie entre les deux types d'agents dans la pensée économique pré - marginaliste, et j'ai essayé de la tester, en abordant l'optimisation individuelle du producteur et du consommateur séparément, afin d'identifier les caractères principaux de chaque type d'agent et les différences entre eux.

Ainsi, la thèse se compose de trois parties, consacrées aux schémas de maximisation du profit, à la maximisation de l'utilité, et à la formation des prix de marché respectivement.

Chaque partie se compose d'un petit nombre d'études de cas, qui me paraissaient dès le départ révélateurs, par rapport à la problématique choisie. En concentrant l'attention seulement sur une sélection d'auteurs et d'ouvrages de l'époque, une étude très approfondie de chacun d'entre eux a pu être menée, contrairement à ce qui a été fait par d'autres spécialistes de l'économie mathématique des origines (par exemple Theocharis 1961 et 1993 ; Baloglou 1995), qui se sont contentés de présentations plus superficielles,

dans le but de pouvoir inclure un grand nombre d'ouvrages dans leurs comptes-rendus, qui se voulaient le plus possible exhaustifs.

Tout en privilégiant les auteurs qui ont employé le calcul infinitésimal, j'ai aussi inclus dans l'investigation un petit nombre de théoriciens qui se sont contentés de formules algébriques plus simples ou même de l'arithmétique élémentaire, dans la mesure où ils m'ont permis de dégager des éléments de réflexion utiles pour mieux comprendre la construction du modèle de l'optimum individuel et l'articulation entre l'analyse de l'agent et celle du marché.

L'attention particulière accordée aux économistes allemands visait entre autre à mieux faire connaître en France la tradition d'économie mathématique qui s'était développée à l'époque considérée en Allemagne, très peu connue par les chercheurs non germanophones. Sous l'influence des positions de l'école historique, ceux-ci tendent trop souvent à croire que tous les milieux intellectuels et académiques allemands avaient toujours été hostiles à la mathématisation de l'économie.

2.1 *Première partie*

La première partie de la thèse, composée de trois chapitres, étudie la construction graduelle du schéma de la maximisation du profit et de la fonction d'offre de marché. D'abord, la question du choix de la technique de production d'une entreprise et de ses effets sociaux (le « chômage technique ») a été abordée, à partir du fameux chapitre sur le machinisme de David Ricardo (1821), et en examinant les tentatives de résoudre mathématiquement ce problème, qui furent proposées par William Whewell (1831) et John E. Tozer (1838). Ensuite, le choix du producteur a été analysé dans l'œuvre de Johann Heinrich von Thünen (1850), où il prit la forme de la maximisation d'une fonction de profit, qui conduisit l'auteur à formuler le concept de productivité marginale des facteurs ainsi que les égalités marginales. Loin d'être vue comme une cause de problèmes sociaux, la recherche d'un optimum individuel par le producteur apparaît ici comme le présupposé essentiel du bien-être de la société entière. Le dernier chapitre de cette première partie présente les premières formulations de la fonction d'offre de marché, en posant la question délicate du lien entre l'optimisation individuelle du producteur et ses effets agrégés, à l'aide d'une étude des

travaux des économistes allemands Friedrich B.W. von Hermann (1832), Karl H. Rau (1841) et Hans von Mangoldt (1863).

2.2 *Deuxième partie*

Dans la deuxième partie, composée également de trois chapitres, les problèmes de l'utilité, de l'optimum du consommateur et de la demande de marché sont abordés. Le premier chapitre étudie l'une des plus anciennes tentatives d'exprimer formellement le concept d'utilité, due à Daniel Bernoulli (1738), et restée un cas isolé. La notion d'utilité était souvent disjointe de celle de demande à l'époque considérée, comme le chapitre suivant, consacré à l'étude des travaux de Jules Dupuit (1844 et 1849), s'efforce de le montrer. En général, il semble avoir été difficile pour les auteurs pré-marginalistes de mettre en relation l'étude de l'utilité avec celle des conditions de l'échange et de la formation des prix, comme l'indique le troisième chapitre de cette partie, qui examine la première systématisation mathématisée du principe de la maximisation de tout agent économique, par Hermann Heinrich Gossen (1854).

2.3 *Troisième partie*

La dernière partie de la thèse, consacrée à l'étude du marché, se concentre sur le seul cas, très significatif, d'Antoine-Augustin Cournot (1838). Les thèmes qui émergent des deux parties précédentes ont été repris et développés ici, dans l'objectif de dégager la vision du marché de Cournot, en la mettant en relation avec les résultats obtenus par les autres théoriciens de son temps. Ainsi, la question de la distinction entre le niveau individuel et le niveau agrégé de l'analyse a été posée explicitement, et l'application du modèle de l'optimum individuel a été étudiée séparément pour les deux types d'agents, consommateurs et producteurs, afin d'identifier similarités et différences entre eux, dans la pensée de Cournot. De cette manière, bien que chaque chapitre soit consacré à l'étude d'un cas spécifique (un auteur ou un groupe d'auteurs), les théories étudiées ont été mises en dialogue entre elles, en fonction de la problématique générale de la thèse.

3. Les principaux résultats d'ensemble

Sans évoquer tous les résultats particuliers obtenus pour chacun des cas examinés, je vais présenter synthétiquement par la suite les principaux résultats d'ensemble, auxquels le travail réalisé m'a permis d'aboutir.

3.1 Des théories asymétriques du marché

Tout d'abord, la recherche menée a confirmé que des schémas d'optimisation individuelle, formulés mathématiquement à l'aide du calcul infinitésimal, virent le jour très tôt en économie ; il faut en conclure que, contrairement à une idée reçue, la mathématisation à l'aide du calcul infinitésimal ne constitue pas une spécificité de la théorie néoclassique, telle qu'elle s'est affirmée à partir de la fin du XIX^{ème} siècle, mais s'intègre d'une manière plus générale aux théories des prix, y compris celles des pionniers.

Mais la thèse a aussi corroboré l'hypothèse d'asymétrie formulée au départ, en indiquant qu'initialement, les schémas d'optimisation individuelle ne concernaient pas *tous* les agents. La maximisation, formulée au moyen du calcul infinitésimal, fut appliquée beaucoup plus tôt à la firme qu'à l'individu quelconque : la première formulation mathématique de la recherche du profit maximal, datant de 1815, fut suivie par de nombreuses autres tentatives en ce sens, tandis qu'il fallut attendre Gossen (1854) pour la première maximisation de la satisfaction individuelle / utilité. En outre, appliquée à tout individu, l'optimisation devenait davantage une proposition normative qu'une interprétation des comportements observés : Gossen la présenta comme un but à atteindre, comme quelque chose que les gens devaient apprendre à mettre en pratique, et que l'auteur lui-même se proposait de leur enseigner dans son livre. La société entière aurait dû, selon lui, se mobiliser et créer les conditions pour que tous ses membres puissent optimiser (par exemple, en mettant en place un système d'éducation universelle centrée sur les mathématiques). Dans ce cadre, le principe de maximisation individuelle ne pouvait guère être vu comme le fondement ultime de tout phénomène agrégé.

Surtout, la thèse a montré que les premières représentations mathématiques du marché étaient asymétriques, la fonction d'offre de marché étant basée sur la maximisation du profit, sans pour autant que la fonction de demande agrégée ne s'appuie sur la maximisation de l'utilité. Contrairement à l'entreprise, le consommateur n'avait guère d'existence individuelle, l'attention étant attirée d'emblée sur l'*ensemble* des consommateurs : c'est le cas de Cournot et Dupuit. Cette découverte revient à mettre en

évidence la faiblesse du lien entre l'optimisation individuelle et la formation de grandeurs agrégées dans la théorie économique de cette période, du moins du côté de la demande. Pourtant, malgré cela, Cournot et Dupuit parvinrent à des résultats théoriques remarquables, qui renouvelèrent la pensée économique de leur temps. L'absence du principe de maximisation de l'utilité ne semble donc pas avoir été un obstacle à la mise au point d'analyses satisfaisantes du marché.

3.2 L'influence du calcul infinitésimal sur la construction de la théorie économique

La thèse en général, et les chapitres sur Cournot, Dupuit, Gossen et Thünen en particulier, montrent aussi que le calcul infinitésimal a été une riche source d'inspiration pour les auteurs de cette période, et les a conduits, avant même qu'ils n'arrivent à mettre au point une explication économique rigoureuse des phénomènes considérés, à obtenir des résultats significatifs. Chez Thünen par exemple, le concept économique de productivité marginale découle de la notion mathématique de dérivée partielle ; dans les *Recherches* cournotiennes, le principe d'égalité entre prix et coût marginal en concurrence parfaite résulte du concept mathématique (aujourd'hui dépassé) de quantité infiniment petite, et par conséquent négligeable ; dans le cas de Dupuit, l'utilisation du calcul infinitésimal dans la réflexion économique a conduit à l'affirmation d'une vision « continue » de la réalité économique, aux dépens de la vision « discrète » alternative. L'utilisation des mathématiques n'est donc pas neutre, mais rétroagit sur la théorie économique ; les mathématiques ne sont pas un simple moyen d'expression, mais s'intègrent au discours économique à un niveau plus profond.

3.3 Les rapports complexes entre l'économie et la physique

Contrairement à une opinion très répandue, la thèse révèle que la théorie économique n'a pas imité la physique moderne telle quelle, et que la mathématisation de l'économie à l'aide du calcul infinitésimal n'est pas une importation passive du modèle de mathématisation adopté pour la physique. Les cas examinés (surtout Bernoulli et Gossen) indiquent clairement qu'il faut plutôt parler d'un va-et-vient entre les deux disciplines, d'une sorte d'« hybridation » et d'influences et interactions réciproques, qui ont eu un impact considérable sur le développement de l'économie aussi bien que de la physique.

Sommaire

Introduction générale

Première partie – l'optimum du producteur

- I. Le choix du producteur dans l'économie classique
 - I.i Le problème du « machinisme » chez David Ricardo
 - I.ii Mathématiser le machinisme : les modèles de William Whewell et John E. Tozer
- II. Optimum du producteur et calcul infinitésimal chez Johann Heinrich von Thünen
- III. Les origines des fonctions d'offre en Allemagne (1830 – 1865)

Deuxième partie – l'optimum du consommateur

- IV. Utilité et calcul individuel chez Daniel Bernoulli
- V. La courbe de demande de Jules Dupuit
- VI. Hermann Heinrich Gossen et la recherche du maximum individuel

Troisième partie – l'interaction des producteurs et des consommateurs sur le marché

- VII. Mathématiques et économie dans la théorie du marché d'Antoine-Augustin Cournot

Conclusion générale

Abstract

La thèse se propose de mieux comprendre le rôle des mathématiques dans la construction des deux volets de la loi de la détermination des prix par l'offre et la demande : la théorie du comportement de l'individu et celle de l'équilibre de marché, résultant d'une multitude de décisions individuelles décentralisées. Cette question est étudiée en relation à des travaux d'économie mathématique des origines (XVIII^{ème} et début du XIX^{ème} siècles), et en attirant l'attention sur le calcul infinitésimal, l'une des premières branches relativement avancées des mathématiques à avoir été appliquées à l'économie, dès cette période.

La thèse est structurée en trois parties, en distinguant le problème de la détermination de l'équilibre de marché du problème de la recherche de l'optimum individuel, décomposé à son tour en un problème du consommateur et un problème du producteur. Chaque partie se compose d'études de cas, dont les plus significatifs concernent Von Thünen (première partie), Bernoulli, Dupuit, Gossen (deuxième partie), et Cournot (troisième partie).

La thèse met en relief une asymétrie forte entre l'analyse du comportement du producteur et celle du consommateur à l'époque étudiée. Cela implique une conception de la structure et du fonctionnement de l'économie de marché qui diffère de celle qui soutient la théorie économique actuelle. En outre, la thèse fait ressortir l'apport des mathématiques à la création de la théorie économique, tandis qu'elle montre que l'économie n'a pas imité passivement la physique moderne : il y a eu un va-et-vient entre les deux disciplines, avec des influences réciproques.

Mots - clés

Histoire de l'économie mathématique, théorie des prix, loi de l'offre et de la demande, optimisation individuelle, calcul infinitésimal, Bernoulli, Cournot, Dupuit, Thünen, Gossen.

Références

Baloglou, Ch.P. (1995) *Die Vertreter der mathematischen Nationalökonomie in Deutschland zwischen 1838 und 1871*, Marburg, Metropolis.

Bernoulli, D. (1738) « Specimen theoriae novae de mensura sortis », trad. fr. « Esquisse d'une théorie nouvelle de mesure du sort », *Cahiers du séminaire d'histoire des mathématiques*, n. VI, 1985, pp. 61-77.

Cournot, A.-A. (1838) *Recherches sur les principes mathématiques de la théorie des richesses*, Paris, Dunod, 2001.

Dupuit, J. (1844) « De la mesure de l'utilité des travaux publics », in J. Dupuit, *De l'utilité et de sa mesure. Ecrits choisis et republiés par Mario de Bernardi*, Torino, La riforma sociale, et Paris, Marcel Giard, 1934, pp. 29-65.

Dupuit, J. (1849) « De l'influence des péages sur l'utilité des voies de communication », in J. Dupuit, *De l'utilité et de sa mesure. Ecrits choisis et republiés par Mario de Bernardi*, Torino, La riforma sociale, et Paris, Marcel Giard, 1934, pp. 97-162.

Fisher, I. (1892) « Bibliography of Mathematico-economic Writings », in *Mathematical Investigations in the Theory of Value and Prices*, New Haven, Yale University Press, 1925, appendix IV, pp. 120-4.

Gossen, H.H. (1854) *Entwicklung der Gesetze des menschlichen Verkehrs und der daraus fließenden Regeln für menschliches Handeln*, trad. fr. *Exposition des lois de l'échange et des règles de l'industrie qui s'en déduisent*, Paris, Economica, 1995.

Hermann (von), F.B.W. (1832), *Staatswirthschaftliche Untersuchungen - über Vermögen, Wirthschaft, Productivität der Arbeiten, Kapital, Preis, Gewinn, Einkommen und Verbrauch*, Düsseldorf, Wirtschaft und Finanzen, 1987.

Ingrao, B. et Israel, G. (1987) *La mano invisibile. L'equilibrio economico nella storia della scienza*, trad. ang. *The Invisible Hand. Economic Equilibrium in the History of Science*, Cambridge, MIT Press, 1990.

Jevons, W.S. (1879) « List of Mathematico-Economic Books, Memoirs and other Published Writings », in *The Theory of Political Economy* (2nd ed.), réimprimé New York, Kelley, 1965, pp. 322-43.

Mangoldt (von), H.K.E. (1863), *Grundriß der Volkswirtschaftslehre. Ein Leitfaden für Vorlesungen an Hochschulen und für das Privatstudium*, Düsseldorf, Wirtschaft und Finanzen, 1995.

Mirowski, P. (1989) *More Heat than Light. Economics as Social Physics : Physics as Nature's Economics*, trad. fr. *Plus de chaleur que de lumière: l'économie comme physique sociale, la physique comme économie de la nature*, Paris, Economica, 2001.

Morgenstern, O. et Neumann (von), J. (1944) *Theory of Games and Economic Behavior*, Princeton, Princeton University Press.

Rau, K.H. (1841), *Grundsätze der Volkswirtschaftslehre*, 4^{ème} éd. (1^{ère} éd. 1826), Hildesheim, Zürich et New York, Olms-Weidmann, 1997.

Ricardo, D. (1821) *On the Principles of Political Economy and Taxation*, 3^{ème} ed. (1^{ère} ed. 1817), in P. Sraffa, éd., *The Works and Correspondence of David Ricardo*, Vol. I, Cambridge, Cambridge University Press, 1951.

Theocharis, R.D. (1961) *Early Developments in Mathematical Economics*, London, St. Martin's Press, 2^{ème} éd. 1983.

Theocharis, R.D. (1993) *The Development of Mathematical Economics : the Years of Transition, from Cournot to Jevons*, London, Macmillan.

Thünen (von), J.H. (1850) *Der isolirte Staat in Beziehung auf Landwirtschaft und Nationalökonomie*, vol. II, *Der naturgemäße Arbeitslohn und dessen Verhältnis zum Zinsfuß und zur Landrente*, in H. Lehmann et L. Werner, éd., *Der isolirte Staat in Beziehung auf Landwirtschaft und Nationalökonomie*, Berlin, Akademie-Verlag, 1990.

Tozer, J.E. (1838) « Mathematical Investigation of the Effect of the Machinery on the Wealth of a Community in Which it is Employed, and on the Fund for the Payment of Wages », in A.C. Darnell, éd., *Early Mathematical Economics : Journal Articles and Pamphlets from 1800 to 1900*, London, Pickering and Chatto, 6 vols., 1991, vol. II, pp. 163-72.

Walras, L. (1874-77) *Eléments d'économie politique pure ou théorie de la richesse sociale*, in A. et L. Walras, *Œuvres économiques complètes*, vol. VIII, Paris, Economica, 1988.

Whewell, W. (1833) « Mathematical Exposition of some of the Leading Doctrines in Mr. Ricardo's "Principles of Political Economy and Taxation" » (rédigé en 1831), in A.C. Darnell, éd., *Early Mathematical Economics : Journal Articles and Pamphlets from 1800 to 1900*, London, Pickering and Chatto, 6 vols., 1991, vol. II, pp. 119-62.