

# Des coefficients de fabrication de Walras aux coefficients techniques de Leontief : quelques remarques épistémologiques\*

Amanar Akhabbar, GRESE, Université Paris I,  
Jérôme Lallement, Université Paris V et GRESE.

Au début des années 1930, Wassily Leontief reprend le concept de coefficient de production initialement défini par Léon Walras et en fait le point de départ de l'analyse *input-output*. Dans son recueil de 1941, *The Structure of American Economy(1919-1929)*, comme dans tous ses travaux, antérieurs ou postérieurs, Leontief justifie l'usage des coefficients techniques par la référence à l'équilibre général et à l'économie pure de Walras<sup>1</sup>. Que l'analyse de la structure des relations interindustrielles de Leontief s'appuie sur des éléments d'économie pure a d'abord surpris. Même s'il reçut une subvention, son projet d'application de la théorie de l'équilibre général, présenté en 1931 au comité de recherche de Harvard, suscita un grand scepticisme. Leontief rapporte que la réponse du comité de Harvard soulignait le caractère irréaliste du projet. « *Néanmoins, mes autres travaux les intéressaient beaucoup. Et ils ont accepté de me donner la somme que je demandais, mais à une condition : après avoir dépensé cet argent, sans résultat, pensaient-il, je devais quand même présenter un rapport* » (Rosier, 1986, p. 84).

La référence à Walras explicitement revendiquée fait de l'analyse *input-output* un exemple particulièrement significatif de mise en œuvre opérationnelle de l'équilibre général. C'est à Walras que Leontief emprunte l'analyse de la production pour constituer son modèle d'analyse des systèmes productifs : la structure du modèle de Leontief est directement tirée des *Éléments d'économie politique pure* de Walras. Toutefois, ce n'est qu'au prix de transformations radicales des analyses de Walras que Leontief pourra conduire son analyse *input-output*. Avec ses coefficients de fabrication, Walras entend construire une science pure. Avec ses coefficients techniques, Leontief revendique une économie empirique. Autant Walras distingue les deux registres, celui de la science pure et celui de la science appliquée, autant Leontief revendique la continuité de la théorie et de son application. L'objectif de ce travail est de montrer que les transformations radicales opérées par Leontief ne tiennent pas tant au contenu de la théorie de la production qu'aux positions méthodologiques et épistémologiques des deux auteurs. On partira du constat que l'analyse de la production est formellement similaire chez les deux auteurs (Section I), puis, pour expliquer les conclusions très différentes de Walras et de Leontief, on montrera que leurs analyses de la production ont des statuts épistémologiques très différents qui commandent les divergences que l'on peut observer entre les travaux des deux auteurs (Section II).

---

\* Ce travail fait partie d'une recherche sur « L'équilibre général comme savoir, de Walras à nos jours » financé par le CNRS dans le cadre du programme interdisciplinaire « Histoire des savoirs ».

<sup>1</sup> Avec l'analyse *input-output*, Leontief explique avoir « tenté d'appliquer la théorie économique de l'équilibre général –ou mieux de l'interdépendance générale– à une étude empirique des relations qui unissent les différents secteurs d'une économie nationale, telles qu'elles apparaissent au travers des co-variations des prix, des productions, des investissements et des revenus » (Leontief, 1937b, p. 109).

# I) L'analyse de la production et de l'équilibre général selon Walras et selon Leontief.

Commençons par souligner le parallélisme entre les deux théories.

## 1) L'analyse de la production de Walras

Walras expose sa théorie de la production dans les *Éléments d'économie politique pure* (1874). Il commence par observer que l'habitude, héritée de Jean-Baptiste Say, consistant à distinguer trois facteurs de production, la terre, le capital et le travail revient à confondre le capital et l'usage du capital, la terre et l'usage de la terre ; le travail n'est pas homogène avec le capital ou avec la terre. Pour éviter de telles confusions entre stocks et flux, Walras va distinguer le capital (tout bien qui sert plus d'une fois) et le revenu (toute chose qui ne sert qu'une fois). Les capitaux donnent naissance à des revenus qui seront soit des services producteurs (par exemple l'usage d'une machine pendant une durée déterminée), soit des services consommables (par exemple l'usage d'une maison d'habitation). Les services producteurs fournis par les capitaux s'achètent et se vendent sur les marchés des services producteurs à des prix déterminés.

Dans le cadre de ces définitions, la production consiste pour les entrepreneurs à acheter les services producteurs aux propriétaires des capitaux pour les combiner en vue de fabriquer soit des produits de consommation qui seront vendus aux propriétaires des capitaux, soit des moyens de production qui seront vendus à d'autres entrepreneurs. Le vocabulaire très particulier employé par Walras peut être résumé dans un tableau<sup>2</sup>.

Rôles (fonction)	Capitaux fixes	Revenus (ou services des capitaux fixes ou capitaux circulants)	Prix des services producteurs
Propriétaires fonciers	Capitaux fonciers (terres)	rente	fermage
Travailleurs	Capitaux personnels (facultés personnelles)	travail	salaire
Capitalistes	Capitaux (capitaux mobiliers)	profit	intérêt

La première colonne désigne les rôles que jouent les différentes personnes intervenant dans la production. Une personne, par exemple un travailleur, est propriétaire de capitaux personnels, en l'occurrence ses facultés personnelles, dont elle tire des services (le travail) qu'elle peut soit utiliser directement (travailleur indépendant), soit vendre contre salaire. La même personne peut jouer plusieurs rôles, par exemple être simultanément propriétaire foncier et travailleur, puisque la même personne peut être propriétaire de différents types de capitaux.

En outre la production suppose un quatrième personnage, l'entrepreneur: «*l'entrepreneur est donc le personnage (individu ou société) qui achète des matières premières à d'autres entrepreneurs, puis loue moyennant un fermage la terre du propriétaire foncier, moyennant un salaire les facultés personnelles du travailleur, moyennant un intérêt le capital du capitaliste, et finalement, ayant appliqué des services producteurs aux matières premières, vend à son compte les produits obtenus*» (Walras, *Éléments*, p. 287). La rémunération de l'entrepreneur est constituée par le bénéfice défini comme la différence entre le prix de vente et le prix de revient des marchandises vendues. Mais comme par ailleurs, la concurrence a pour effet d'éliminer le

<sup>2</sup> Léon Walras emprunte ces concepts et leurs définitions très particulières à un ouvrage de son père, Auguste Walras, *Théorie de la richesse sociale* (1849, pp. 71-72). De même la distinction entre capitaux et revenus, c'est-à-dire entre stocks et flux, vient de son père (Auguste Walras, 1849, pp. 53 et ss).

bénéfice, l'entrepreneur ne peut subsister que s'il est propriétaire d'une variété quelconque de capital qui lui procurera des revenus durables, lesquels ne sauraient être constitués par des bénéfices tendanciellement nuls. Il y a là une conception de la production radicalement différente de la conception classique : les propriétaires des différents capitaux (fonciers, personnels et mobiliers) sont sur un pied d'égalité stricte et le propriétaire de capitaux mobiliers n'est pas différent du travailleur qui possède ses facultés personnelles : ce sont tous deux des capitalistes. Le capitaliste -au sens de Walras- n'est pas nécessairement le maître d'œuvre de la production comme le capitaliste des classiques -celui qui avance les capitaux. C'est l'entrepreneur, au sens de Walras, qui joue ce rôle, avec le caractère fantomatique d'un personnage nécessaire qui ne saurait exister à l'équilibre (le bénéfice est nul) et qui doit donc s'incarner dans un tiers.

Le parallèle établi par Walras entre les capitalistes, les propriétaires fonciers et les travailleurs ouvre un espace théorique nouveau. Si les facultés personnelles et les capitaux mobiliers ou les terres sont de même nature, les développements analytiques appliqués aux capitaux mobiliers ou fonciers peuvent aussi valoir pour les capitaux personnels. L'analogie sera reprise et développée ultérieurement par Irving Fisher, puis par Gary Becker, sous le nom de théorie du capital humain. Dès les *Éléments d'économie politique pure* la place de cette théorie était marquée en creux dans l'analyse. L'assimilation du capital mobilier et des facultés personnelles aurait justifié qu'il existât un marché des capitaux personnels comme il existe un marché des capitaux mobiliers. Mais là où l'esclavage n'est pas admis, les facultés personnelles, c'est-à-dire les hommes, ne s'achètent ni ne se vendent (Walras, *Éléments*, § 175 et 270). La hiérarchie stricte entre l'économie pure et l'économie sociale, entre la vérité et la justice empêchèrent Walras de poursuivre davantage l'analogie.

Walras écrit alors les équations de la production. Il y a  $m$  produits, notés (A), (B), (C)... dont les quantités offertes et demandées sont notées respectivement  $O_a, O_b, O_c\dots$  et  $D_a, D_b, D_c\dots$  et dont les prix sont  $p_a, p_b, p_c\dots$ . Il y a  $n$  services producteurs, notés (P), (T), (K)... dont les quantités offertes et demandées sont respectivement  $O_p, O_t, O_k\dots$  et  $D_p, D_t, D_k\dots$  et les prix  $p_p, p_t, p_k\dots$

La production s'effectue selon une technologie donnée, avec des coefficients de fabrication fixes, qui expriment la quantité des services producteurs (P), (T), (K)... nécessaire à la production d'une unité de chacun des biens :

$$\begin{aligned} \text{pour (A)} : \quad & a_p, \quad a_t, \quad a_k\dots \\ \text{pour (B)} : \quad & b_p, \quad b_t, \quad b_k\dots \\ \text{pour (C)} : \quad & c_p, \quad c_t, \quad c_k\dots \end{aligned}$$

...

Pour  $m$  biens et  $n$  services producteurs, il y a  $m n$  coefficients. Ces coefficients de fabrication seront d'abord considérés par Walras comme fixes. Ils permettent de calculer le coût de production  $C$  d'une unité de chaque bien (A), (B), (C)... en multipliant la quantité de chaque service producteur utilisé par son prix :

$$C_a = a_p p_p + a_t p_t + a_k p_k + \dots$$

$$C_b = b_p p_p + b_t p_t + b_k p_k + \dots$$

$$C_c = c_p p_p + c_t p_t + c_k p_k + \dots$$

...

Par ailleurs, à l'équilibre, les entrepreneurs ne réalisent «ni bénéfices ni pertes» (Walras, *Éléments*, p. 319). S'il y avait une perte, la production ne serait pas entreprise ; l'existence d'un bénéfice attirerait d'autres entrepreneurs et l'augmentation de l'offre confrontée à une demande décroissante par rapport au prix annulerait ce bénéfice. Par conséquent les équations du coût de

production donnent aussi les prix. Si l'on choisit la marchandise ( $A$ ) comme numéraire ( $p_a = 1$ ), l'ensemble des prix des produits exprimé dans ce numéraire s'écrit :

$$\begin{aligned} 1 &= a_p p_p + a_t p_t + a_k p_k + \dots \\ p_b &= b_p p_p + b_t p_t + b_k p_k + \dots \\ p_c &= c_p p_p + c_t p_t + c_k p_k + \dots \\ &\dots \end{aligned}$$

Dans un premier temps, c'est-à-dire tant que les quantités de ressources productives sont données, Walras considère que les coefficients de fabrication sont fixes. Cette hypothèse provisoire implique deux caractéristiques pour la production. D'une part, les quantités de services producteurs se combinent de manière rigide, sans que leurs prix respectifs interviennent dans les choix des entrepreneurs. Pour le dire autrement, les facteurs de production sont strictement complémentaires sans aucune possibilité de substitution et les rendements d'échelle sont constants (au moins dans ce premier temps). D'autre part, Walras suppose que tous les coûts sont proportionnels, autrement dit qu'il n'y a pas de différence entre frais fixes et frais variables. Ce qui revient à postuler que toutes les entreprises produisant la même marchandise ont des fonctions de production identiques, que ces entreprises sont de taille égale ou que la quantité produite par une entreprise n'influence pas son coût de production moyen, et que l'ajustement se fait par la variation du nombre des entreprises (elles peuvent entrer sur le marché ou le quitter librement et sans frais) ou par la variation des quantités produites par les entreprises déjà existantes.

Mais dès lors que les quantités des différents capitaux peuvent varier, c'est-à-dire lorsqu'il envisage la théorie du progrès économique dans la VII section des *Éléments*, Walras revient sur ces simplifications initiales. Au fil des éditions successives des *Éléments d'économie politique pure*, on peut suivre l'évolution de la réflexion de Walras qui le conduit à introduire la notion de productivité marginale<sup>3</sup>. Dès la première édition des *Éléments* (1874-77), Walras évoque la possibilité que les coefficients de fabrication changent. Deux séries de raisons, indépendantes, expliquent ces changements. D'une part, sur un territoire donné, la population et les quantités de capital s'accroissent. D'autre part, le progrès technique modifie les coefficients de fabrication. Dans ces conditions, il appartient aux entrepreneurs de choisir entre les différentes combinaisons productives celles qui minimisent les coûts de production. Ce choix sera effectué sur la base des prix des services producteurs. Les  $m n$  coefficients de fabrication ne sont plus alors des données mais des inconnues déterminées en fonction des quantités des autres facteurs employés (principe de substituabilité), de telle sorte que le coût de production soit minimum (Walras, *Éléments*, § 325).

Pour la marchandise ( $B$ ), le système des  $n$  équations permettant de déterminer les  $n$  coefficients de fabrication s'écrit :

$$\begin{aligned} b_t &= \theta(b_p, b_k \dots) \\ b_p &= \psi(b_t, b_k \dots) \\ b_k &= \chi(b_p, b_p \dots) \\ &\dots \end{aligned}$$

sous la condition que  $p_b = b_t p_t + b_p p_p + b_k p_k + \dots$  soit minimum. De même pour les marchandises ( $C$ ), ( $D$ ), etc.

Aux équations d'offre et de demande de l'équilibre général, on ajoute donc  $m n$  équations supplémentaires permettant de déterminer les  $m n$  coefficients de fabrication. La première édition

<sup>3</sup> Sur ce point, on consultera utilement les notes de Jaffé pour la traduction anglaise des *Éléments*, reproduites in Walras, 1874, p. 864 à 868.

des *Éléments* (1874-1877) s'en tenait là : Walras y formule des fonctions de production (qu'il appelle des équations de fabrication), fonctions implicites dont les coefficients de fabrication apparaissent comme les solutions explicites. Walras n'en dit pas plus, et, en particulier, ne fait aucune référence à la notion de productivité marginale.

Dans la troisième édition (1896), Walras reproduit dans l'Appendice III une « Note sur la réfutation de la théorie anglaise du fermage de M. Wicksteed », rédigée en 1894 et complétée en 1895. Cette note établit un lien entre les coefficients de fabrication et la productivité marginale. La minimisation des prix de revient conduit à rémunérer chaque service producteur selon sa productivité marginale. Les entrepreneurs emploieront donc les différents services producteurs dans des proportions telles que la productivité marginale de chaque service producteur soit égale à son prix.

Dans la quatrième édition (1900), cet Appendice III est supprimé, et la théorie de la productivité marginale est intégrée dans le corps du texte des *Éléments* (§ 326 et *passim*). La polémique avec Wicksteed et ses discussions avec Barone et Pareto conduisent Walras à préciser sa pensée et à reformuler certaines équations pour préciser comment la productivité marginale des services producteurs détermine les coefficients de fabrication. En particulier Walras insiste sur ce qui le sépare de l'école anglaise, c'est-à-dire Ricardo et Malthus. Selon lui, l'école anglaise n'utilise la productivité marginale que pour déterminer la rente foncière, c'est-à-dire le prix des services d'un seul facteur de production ayant un statut particulier, la terre. Alors que les *Éléments* démontrent que les productivités marginales déterminent non pas les prix des services producteurs, mais les quantités de ces services utilisées par les entrepreneurs pour minimiser les coûts de production (Walras, *Éléments*, p. 636).

Cette référence à la productivité marginale achève la théorie des prix, la productivité marginale jouant un rôle symétrique à celui de l'utilité marginale (Walras, *Éléments*, § 326). L'utilité marginale fournit le ressort de la demande de produits et de l'offre de services par les propriétaires fonciers, les travailleurs et les capitalistes. De son côté, la productivité marginale explique l'offre de produits et la demande de services par les entrepreneurs. On aboutit ainsi aux fondements ultimes de l'équilibre général : pour une répartition initiale donnée de la richesse sociale, le système des prix d'équilibre dépend exclusivement des goûts des consommateurs, décrits par les fonctions d'utilité, et des techniques de production, décrites par les productivités marginales.

La place de la production dans l'équilibre général permet de préciser l'analyse de Walras. Les *Éléments* proposent une théorie « *de la détermination des prix sous un régime hypothétique de libre concurrence absolue* » (Walras, *Éléments*, p. 11). La théorie de l'équilibre général vise à offrir une théorie « idéale » de l'échange et des prix. Pour Walras en effet, la valeur d'échange se détermine « *naturellement* » sur un marché de libre concurrence et les prix résultent de la confrontation de la demande et de l'offre. La demande est liée aux goûts individuels des acheteurs à travers la construction de demandes individuelles directement déduite des utilités marginales individuelles. L'offre est liée à la production et c'est pour cela que Walras va s'intéresser à la production dans les *Éléments d'économie politique pure*. Deux remarques précisent le rôle de la production dans cet ensemble théorique.

1° Dans les *Éléments*, Walras analyse la production comme l'activité d'un entrepreneur qui combine des services producteurs, en vue de fabriquer des produits qu'il va vendre avec un « *bénéfice* »<sup>4</sup>. Cette conception de la production, dans la tradition de Say, est radicalement

---

<sup>4</sup> Mais on sait que la concurrence a précisément pour effet d'annuler les bénéfices ou les pertes.

différente des conceptions des classiques anglais et de Marx<sup>5</sup>. Mais, en même temps, l'analyse de Walras est aussi très différente de celle de Marshall. Pour ce dernier, dans le cadre de l'équilibre partiel, la quantité offerte d'un bien dépend directement du prix de ce bien. Cette liaison entre prix et quantité offerte d'un bien sera formalisée par la suite en disant que la courbe d'offre est la branche ascendante de la courbe de coût marginal pour les prix supérieurs au minimum du coût variable moyen. Par le biais du coût marginal, la quantité offerte est donc directement liée au prix. Chez Walras, la liaison entre quantité produite et prix est assez différente, et en tout cas plus complexe que dans l'analyse d'équilibre partiel.

Dans le premier temps de l'analyse walrassienne (coefficients de fabrication fixes), les coûts de production déterminent les prix, sous l'hypothèse de libre concurrence qui annule les bénéfices aussi bien que les pertes. A un moment donné, les entreprises peuvent faire des bénéfices ou des pertes si la confrontation des quantités offertes et demandées sur le marché aboutit à des prix différents des coûts de fabrication. En cas de bénéfices, de nouveaux producteurs sont attirés et, si l'on suppose les coefficients de fabrication fixes (dans un premier temps), la hausse de la demande des services producteurs va provoquer une augmentation des coûts de production qui se traduira par une baisse des bénéfices. Les quantités produites déterminent donc indirectement le coût de fabrication. Sans qu'il soit utile ici d'aller au-delà de ce premier temps, on voit que la relation entre quantité produite et prix est croissante (comme chez Marshall), mais pour des raisons qui tiennent à l'interdépendance des branches de l'économie et non aux rendements. Ce qui est cohérent avec les hypothèses initiales de Walras : rendements d'échelle constants et productivité marginale nulle puisque les coefficients de fabrication sont fixes.

2° Pour Walras, les questions touchant à la production relèvent en principe de l'économie appliquée et non de l'économie pure. On reviendra plus longuement sur cette question dans la suite, mais l'on doit observer dès maintenant que l'analyse de la production telle qu'elle figure dans les *Éléments* est, par essence, très abstraite et n'appelle pas, en tant qu'économie pure, de remarques empiriques, lesquelles relèvent, par essence, de l'économie appliquée. En particulier, les coefficients de fabrication sont des types idéaux, c'est-à-dire des abstractions au même titre que l'utilité dont Walras affirme simultanément qu'elle n'est pas (empiriquement) mesurable mais que, pour l'économie pure, on peut parfaitement faire l'hypothèse qu'elle est théoriquement quantifiable, qu'elle peut donc apparaître comme argument d'une fonction d'utilité à maximiser et que l'on peut, tout aussi théoriquement, raisonner sur des différences d'utilité (utilité marginale).

## 2) *L'étude des relations interindustrielles de Leontief*

### a) Présentation

Si, dans les *Éléments d'économie politique pure* de Walras, la production n'est qu'un moment de l'analyse de l'échange et du prix, Leontief va faire de la production le cœur de son explication du fonctionnement des « systèmes économiques ». Cette explication qui ne se veut ni purement descriptive ni purement théorique, il l'appelle dans les années trente, l'étude des relations interindustrielles et la qualifie d'« empirique ». Pour Leontief, « expliquer signifie réduire à un ensemble de relations fondamentales » (Leontief, 1949a, p. 212), non pas représenter le système mais sa structure.

---

<sup>5</sup> Pour Ricardo, comme pour Marx, la production est mise en œuvre à l'initiative d'un capitaliste qui avance du capital en vue d'obtenir un profit. Ce profit tend vers un taux moyen qui prévaut dans toutes les branches de l'économie et qui est durablement positif, sauf à l'état stationnaire. Le vocabulaire de Walras (capitaux fixes, revenus, bénéfice, services producteurs...) manifeste très explicitement ces différences d'analyse.

Commencées au début des années trente à Harvard, l'étude des relations interindustrielles donne lieu à deux articles, en 1936 et 1937 dans *The Review of Economic Statistics*, repris dans *The Structure of American Economy* (1941). Passés inaperçus hormis dans quelques cercles restreints (instituts économiques, *Econometric Society*), ces articles sont présentés comme une tentative pour « *remplir les “boîtes vides” de la théorie économique de l’interdépendance générale* » et ce à partir d'un « *système walrassien simplifié* » comme le rapporte D.H. Leavens dans son compte-rendu du *meeting* de l'*Econometric Society* de décembre 1937 (Leavens, 1938, p. 190)<sup>6</sup>. H.P. Neisser présentera pour l'*American Economic Review* l'approche de Leontief comme une « *tentative de description de l’économie américaine [...] à partir d’un système d’équations néoclassiques* » (Neisser, 1941, p. 608). Cette tentative est celle « *d’une détermination quantitative des équations d’un système de la théorie de l’équilibre général [...] en simplifiant le système de Walras* » (*Ibid.*, p. 610).

De son côté Leontief laisse planer une ambiguïté entre « *théorie de l’interdépendance générale* » et « *théorie de l’équilibre général walrassien* ». Dans son premier article de 1936, il présente ce qui deviendra le tableau *input-output* d'abord comme une continuation du travail de Quesnay, comme un nouveau *Tableau Économique*. Néanmoins cette partie descriptive trouve pour Leontief un support théorique dans « *la théorie de l’équilibre économique général* » (Leontief, 1936, p. 116) et, inversement, ce travail statistique vient apporter « *un fond empirique à l’étude des interdépendances entre les différentes parties [d’une] économie nationale sur la base de la théorie de l’équilibre économique général* » (*Ibid.*, p. 116). C'est en 1937 qu'il développe les fondements théoriques de son tableau : « *Cet article présente une tentative d’application de la théorie économique de l’équilibre général -ou mieux, de l’interdépendance générale- à une étude empirique des interrelations entre les différentes parties d’une économie nationale* » (Leontief, 1937b, p. 109). D'emblée Leontief annonce le choix théorique à faire : « *un économiste d’aujourd’hui fait face à deux antinomies fondamentales : l’équilibre général contre l’équilibre partiel, la dynamique contre la statique* » (*Ibid.*, p. 109). Si pour Leontief, l'approche dominante en économie appliquée est l'équilibre partiel dynamique, il lui oppose sa propre approche qui est l'équilibre général statique. Le choix entre l'une et l'autre ne peut, selon lui, « être décidé *a priori* » (*Ibid.*, p. 109) et les données empiriques sont insuffisantes pour tester la supériorité d'une méthode sur l'autre. Il a alors recourt à un argument que l'on retrouvera chez des penseurs de la complexité comme Hayek mais pour des conclusions opposées : « *La limitation de notre sens commun et de notre intuition [ainsi que] [...] l’extrême complexité des processus économiques actuels* » (Leontief, 1937b, p. 110) nous renvoient à la théorie de l'équilibre général comme outil d'analyse efficace. L'analyse théorique qu'il présente alors s'inspire directement de l'analyse de la production des *Éléments d’économie politique pure* de Walras. Le modèle présenté en 1937 est le premier d'une longue succession. Il est rétrospectivement nommé “modèle de Leontief fermé” et sera suivi dans les années quarante par, principalement, le “modèle de Leontief ouvert”, puis “le modèle général de Leontief” (conçu par les *cowlesmen*<sup>7</sup> dans le cadre des recherches sur la programmation linéaire) ainsi que, en 1953, par le “modèle de Leontief dynamique”. Si le modèle fermé et le modèle ouvert sont tous deux statiques, leur différence réside dans la prise en compte d'un secteur exogène dans le modèle ouvert<sup>8</sup>, tandis que toutes les activités sont endogènes dans le modèle fermé. Le modèle ouvert

<sup>6</sup> Leontief conclut le premier article où il présente l'analyse *input-output* en disant que « *Les données statistiques recueillies dans notre grand tableau remplissent les “boîtes vides” de la théorie de l’équilibre général.* » (1936, p. 116). Cette formule des « boîtes vides » est une allusion de Leontief, reprise par Neisser, à l'article de Clapham (1922) « *Of Empty Economic Boxes* » qui ouvrit la controverse des années 1920 sur les rendements.

<sup>7</sup> Ce terme est employé pour désigner les économistes qui travaillaient en collaboration avec la Cowles Commission, à Chicago.

<sup>8</sup> Le modèle ouvert représente, en général, une économie à *n outputs* employés également comme *inputs*, un *output* qui n'est pas produit (le travail le plus souvent) et enfin une demande finale.

permet, dans le cadre de la statique comparative, d'évaluer l'effet d'un changement exogène de la demande finale sur le reste de l'économie. Le modèle dynamique quant à lui tient compte non plus seulement des flux mais aussi des stocks. C'est dans ce dernier modèle qu'apparaissent à côté des coefficients techniques, les coefficients de capital. L'introduction de stocks et de délais entre la production d'un bien et sa disponibilité comme *input*, est la base de l'analyse dynamique dans l'approche *input-output*.

On présentera ici le modèle fermé tel que Leontief le décrit en 1937 et on laissera de côté le modèle ouvert, objet hybride, mis au service de la puissance américaine (du gouvernement fédéral aussi bien que de l'armée de l'air), l'étude du modèle ouvert n'apporterait rien au point de vue épistémologique adopté ici.

### b) Le tableau *input-output*

Comme aimait à le souligner Leontief, le tableau (partiellement) reproduit ci-dessous n'est pas un tableau fictif. C'est celui que Leontief construit à Harvard et publie en 1936, qui décrit le structure de l'économie des Etats-Unis pour l'année 1919 (Leontief, 1936, p. 124-125). Nous ne reprenons pas ici les fondements du « système rationnel de comptabilité » (*Ibid.*, p. 110) qui est en œuvre dans la construction du tableau entrée-sortie mais le principe de sa lecture. La première ligne, par exemple, montre le montant des produits de l'Agriculture absorbé par les diverses industries<sup>9</sup> de l'économie, soit un montant total de 22147 millions de dollars (dernière colonne). La production totale de cette industrie est donc de 22147 et l'*output* net, c'est-à-dire la production totale moins le montant que cette industrie absorbe de son propre produit est de 13045 millions de dollars. La première colonne donne le montant des produits des autres industries absorbé comme *inputs* par l'Agriculture. Par exemple, cette dernière utilise pour produire 22147 millions de dollars de son produit, 686 millions de dollars de produit de l'industrie des farines et produits du blé. En somme, l'Agriculture utilise 23047 millions de dollars d'*inputs*, soit si on retire l'autoconsommation, 13945 millions de dollars d'*inputs* pour produire 13045 millions de dollars d'*output* net.

<i>Industry producing</i> Millions dollars USA, 1919	(1) Agriculture	(2) Flour and grist mill products	(3) Canning and preserving	.....	(43) Consumption	(44) Undistributed	Gross Total output
(1) Agriculture	9102	1771	208	.....	2209	972	22147
(2) Flour and grist mill products	686			.....	968	391	2462
(3) Canning and preserving				.....	462	383	628
.	.	.	.	.	.	.	.
(43) Consumption	10917	175	128	.....	8846	19288	64293
(44) Undistributed	1347	1932	536	.....	-	-	36257
Net total outlays [input]	13945	2506	656	.....	43516	38536	

<sup>9</sup> Nous traduisons « *industry* » (indifféremment employé par Leontief, qu'il s'agisse des ménages, de l'agriculture ou des métaux ferreux) par « *industrie* », sans entrer dans les distinctions entre secteur et branche.

La dernière industrie est celle de la consommation (elle représente les ménages). Le gouvernement n'apparaît pas dans les premiers tableaux. Ça n'est qu'avec l'intérêt du gouvernement américain pour les travaux de Leontief qu'apparaissent les dépenses gouvernementales et, en tant que tels, les ménages. Ceux-ci vont constituer en particulier la « demande finale » dans le modèle ouvert.

Ainsi que le souligne Leontief (1949b), les chiffres donnés dans le tableau ne sont pas indépendants les uns des autres. Les relations d'interdépendances entre ces chiffres (*inputs/outputs*) sont données par le concept walrassien de coefficients techniques (« coefficients de fabrication » chez Walras).

### c) Les modèles de Leontief

Comme nous l'avons vu précédemment, la théorie de Leontief n'a cessé d'évoluer et le tableau présenté ici correspond à son état en 1936 et 1937 et au modèle fermé (Leontief, 1937b), où toutes les activités sont endogènes. Dans son article de 1937, Leontief donne le schéma théorique qui sous-tend le tableau présenté en 1936. De là il présente les applications que l'on peut déduire de cette analyse des relations interindustrielles. Il note alors « *que l'image d'un système économique sous-jacent à toute théorie de l'équilibre général est celle d'un grand ensemble de données qui déterminent en leur totalité les valeurs de toutes les variables endogènes du système* » (Leontief, 1937b, p. 110). Il s'agit de sélectionner l'ensemble des variables pertinentes afin de construire un système d'équations de type walrassien. Ce système est constitué de trois blocs : (1) l'équilibre emploi-ressource, (2) les prix et, enfin, (3) les fonctions de production. Pour Leontief les deux premiers blocs d'équations ne portent pas à controverse, il s'agit de relations logiques, tandis que le dernier bloc, celui des fonctions de production représente un choix théorique dont la validité est discutable.

\*) L'état stationnaire : la reproduction du système

Le modèle fermé est d'abord présenté dans le cas où il n'y a ni investissement ni épargne. Il n'y a pas de profits. Le système est à l'état stationnaire.

#### *L'équilibre emploi-ressource*

L'économie est composée de  $n$  industries (y compris les «ménages» qui offrent des services). On note alors :

$X_i$  = l'output net de l'industrie  $i$ ,  $i$  allant de 1 à  $n$

et  $x_{ij}$  = la quantité du bien de l'industrie  $j$  consommée par l'industrie  $i$ .

On peut alors écrire pour toute industrie  $i$  l'équilibre emploi-ressource :

$x_{1i} + x_{2i} + x_{3i} + \dots - X_i + \dots + x_{ni} = 0$

On obtient un premier système de  $n$  équations.

#### *Les prix*

En équilibre stationnaire, sans épargne ni investissement, la valeur de l'output net de chaque secteur est égale à la valeur de tous les produits absorbés par cette industrie :

On note :  $P_i$  le prix du produit  $i$  pour tout  $i$  allant de 1 à  $n$ .

D'où :  $x_{i1}P_1 + x_{i2}P_2 + x_{i3}P_3 + \dots - X_iP_i + \dots + x_{in}P_n = 0$

C'est le second système d'équations du modèle stationnaire ( $n$  équations homogènes).

#### *Les fonctions de production*

Le troisième et dernier bloc décrit les relations techniques entre les *outputs* et les *inputs*. C'est ici qu'interviennent non seulement la notion d'équilibre walrassien mais aussi celle de coefficients techniques. Leontief rejette l'usage de fonctions de production du type  $X_i = f(x_{i1}, x_{i2},$

... ,  $x_{in}$ ) parce qu'elles « prennent la forme de propositions hypothétiques plutôt que de faits systématiquement observés et mesurés » (Leontief, 1937b, p. 111). Le choix de la fonction de production doit donc être fait selon les données disponibles. Ces données sont les flux échangés entre les industries et permettent de calculer des coefficients techniques. Les coefficients sont supposés constants : « c'est le même type de relations originellement employées par Walras dans sa formulation de la théorie de l'équilibre général » (Ibid., p. 111). On note  $a_{ij}$  la quantité de bien  $j$  nécessaire à la production d'une unité de bien  $i$ .

On pose,  $x_{ij} = a_{ij}X_i$  pour tout  $i$  et  $j$  allant de 1 à  $n$  si  $i \neq j$ . Ces relations homogènes et linéaires décrivent l'ensemble des conditions techniques de production<sup>10</sup>. Elles impliquent que les facteurs de production sont strictement complémentaires et que la productivité marginale est nulle (du fait de la complémentarité, si on augmente la quantité d'un seul facteur de production, la production n'augmente pas). Ceci revient à dire qu'il n'y a pas de substituabilité technique entre les facteurs. Par ailleurs, les ménages sont une industrie comme une autre, le  $n^{\text{ème}}$  secteur : leur output sont les services (le travail) et le prix associé est le salaire. Enfin, les coefficients techniques de ce secteur sont dits "coefficients de consommation". Leontief introduit ultérieurement des coefficients de productivité pour chaque industrie, notés  $A_i$ , ce qui modifie le calcul des coefficients techniques :  $x_{ij} = (a_{ij} / A_i)X_i$ . Si un coefficient de productivité double, alors, avec une même quantité d'*inputs*, la production de l'industrie double, et ce avec des coefficients techniques constants. Ceci permet de tenir compte de variations de la productivité sans remettre en cause la fixité des coefficients techniques, c'est-à-dire la complémentarité stricte des facteurs de production. La valeur initiale de ces coefficients de productivité, dans le cadre de la statique comparative, est unitaire.

#### \*) L'investissement et l'épargne

Dans un second temps Leontief introduit la possibilité d'investissement ou d'épargne dans chaque industrie. Si la dépense ( $\sum x_{ij}P_j$ ) dans une industrie est supérieure au revenu ( $X_iP_i$ ), alors on considère qu'il y a de l'investissement. A l'opposé, si le revenu est supérieur à la dépense, on parle d'épargne. Le rapport entre le revenu et la dépense est égale à  $B_i\beta$  (ratio entre le revenu total et les dépenses totales). On réécrit alors le bloc des prix et le bloc des fonctions de production en tenant compte de ce nouveau ratio, pour tout  $i$  allant de 1 à  $n$  :

Pour le bloc des prix :  $-(X_iP_i)/(B_i\beta) + \sum x_{ij}P_j = 0$  pour tout  $j$  allant de 1 à  $n$  ( $i \neq j$ )

Pour le bloc des fonctions de production pour tout  $j$  :  $x_{ij} = (a_{ij}X_i)/(A_jB_i\beta)$  pour tout  $i$  allant de 1 à  $n$  ( $i \neq j$ ) (équations I).

La formation de l'investissement et de l'épargne n'est donc pas expliquée. Les coefficients de productivité et les ratios revenu-dépense vont jouer néanmoins un rôle essentiel dans la résolution du modèle fermé. Rappelons que le modèle simple prend en compte des valeurs unitaires pour ces coefficients. On résout le modèle fermé pour le cas général, quelles que soient les valeurs de ces coefficients (toujours positives).

#### \*) La résolution du modèle

La résolution du modèle s'effectue en deux temps : d'abord la recherche du vecteur de prix compatible avec le système d'équations linéaires du second bloc puis, de manière identique, la recherche des quantités compatibles avec le système d'équations linéaires du troisième bloc<sup>11</sup>.

<sup>10</sup> Comme chez Walras les fonctions de production ne sont pas explicitées. On peut néanmoins proposer des fonctions du type :  $X_i = \min(..., x_{ij} / a_{ij} ...)$  répondant aux exigences de Leontief (voir Dorfman, Samuelson et Solow, 1958, p. 209).

<sup>11</sup> Leontief emploie lui-même le terme d' « équilibre ».

### Les prix d'équilibre

En reprenant les équations du second bloc et en remplaçant les  $x_{ij}$  par leur expression en fonction des coefficients techniques, les coefficients de productivité, le ratio dépense-revenu et l'output (équations I), on obtient le système d'équation suivant :

Pour tout  $i$  allant de 1 à  $n$ ,  $-(X_i P_i)/(B_i \beta) + \sum [(a_{ij} X_i P_j)/(A_i B_i \beta)] = 0$  pour tout  $j$  allant de 1 à  $n$  et  $i \neq j$ . En simplifiant ce système on obtient un autre système à  $n$  équations :

Pour tout  $i$  de 1 à  $n$  :  $-A_i P_i + \sum a_{ij} P_j = 0$  pour tout  $j$  de 1 à  $n$  et  $i \neq j$  (équations II)

C'est un système d'équations linéaires homogènes de degré un dont les seules inconnues sont les prix. On dit que ce système est homogène. Dès lors si il existe une solution  $P^*$  à ce système, les  $\lambda P^*$  sont aussi des solutions (où les  $\lambda$  sont des réels).  $P^*$  est alors la solution unique à un scalaire  $\lambda$  près. Ceci signifie économiquement que ce système permet de déterminer des prix relatifs et non pas absolus.

L'une des innovations formelles de Leontief par rapport à Walras (et par rapport à la plupart de ses contemporains) est d'introduire ici le calcul matriciel. On peut en effet réécrire ce système sous forme matricielle : soit  $B$  la matrice des coefficients techniques et de productivité et  $P$  la matrice colonne des prix, on a alors :  $BP = 0$ . Deux possibilités s'offrent à nous pour l'étudier : par les déterminants, selon la méthode "traditionnelle" employée par Leontief en 1937 ou alors par celle des espaces vectoriels selon la théorie "moderne" (Lancaster, p. 243, 1968). Nous suivrons ici la première, empruntée à Leontief. L'existence d'une solution unique (à un scalaire près)  $P^*/BP^* = 0$ , non triviale (non nulle) pour une matrice carrée (matrice d'ordre  $n \times n$ ) tient à la dépendance des colonnes de la matrice (théorème pour les systèmes homogènes).

De plus, une propriété des matrices carrées est que si ses colonnes sont linéairement dépendantes, alors son déterminant est nul. Dès lors, le système  $BP = 0$  possède une solution unique et non triviale si et seulement si le déterminant de la matrice  $B$  est nul (ou  $|B| = 0$ ).

Cette condition est vérifiée, selon Leontief, dans la mesure où les coefficients ne sont pas indépendants les uns des autres. En particulier, les coefficients de consommation des ménages dépendent de la « *productivité du système telle qu'elle est reflétée par les valeurs numériques de tous les coefficients de production* » (Leontief, 1937b, p. 116). Les coefficients techniques sont alors dépendants des autres coefficients et il s'ensuit que notre condition de dépendance des colonnes est vérifiée. On peut donc déterminer un prix  $P^*$  dit prix d'équilibre. Par là on détermine implicitement les coefficients de productivité.

### Les quantités d'équilibre

La détermination des quantités d'équilibre  $X^*$  relève du même principe que celle des prix d'équilibre  $P^*$ . De la même manière on remplace dans le premier bloc les quantités d'*inputs* par les relations techniques du troisième bloc. C'est-à-dire que l'on remplace les  $x_{ij}$  par leur valeur en fonction des divers coefficients et ratios (équations I). On obtient un système de  $n$  équations :

Pour tout  $i$  allant de 1 à  $n$  :

$$(a_{1i} X_1)/(A_1 B_i \beta) + (a_{2i} X_2)/(A_2 B_i \beta) + \dots -X_i + \dots (a_{ni} X_n)/(A_n B_i \beta) = 0 \quad (\text{III})$$

Ce système homogène peut s'écrire sous forme matricielle:  $\hat{A}X = 0$ .

Nous avons là encore un système homogène pour lequel la condition d'existence d'un équilibre est la dépendance de certains coefficients. On peut alors déterminer la solution d'équilibre de ce système  $X^* / \hat{A}X^* = 0^{12}$ .

<sup>12</sup> On remarquera qu'il n'a pas été question de l'inversion de matrice qui n'est nécessaire que pour le modèle ouvert et non le modèle fermé (Cf. *infra* note 13). Par ailleurs, il existe d'autres présentations, plus concises et élégantes, du modèle de Leontief mais ne faisant pas recours aux mêmes formalismes que sa présentation en 1937.

#### d) Le calcul des coefficients techniques

Les coefficients techniques (ou coefficients de production) sont les données des systèmes homogènes du modèle. Pour les évaluer, deux méthodes sont disponibles : la première consiste à partir de leur définition et du tableau *input-output*, l'autre est de s'informer directement auprès des producteurs et d'en déduire les valeurs du tableau. C'est la première méthode qu'emploie, en général, Leontief.

Nous calculons ici les coefficients pour le tableau de 1919 précédemment exposé. Ils donnent la quantité d'un input nécessaire à la fabrication d'une unité d'un output. Ainsi on lit dans le tableau qu'il faut 686 millions de dollars de l'industrie des Farines et produits du blé pour produire 13045 millions de dollars de bien de l'industrie de l'agriculture et de la pêche (c'est l'*output* net). Soit 0,0525 dollars d'*input* de l'industrie (2) pour produire un dollar d'*output* de l'industrie (1). Ceci vaut si l'on ne tient pas compte des coefficients de productivité ni du ratio dépense-revenu. On écrit alors  $a_{12} = 0,0525$ .

#### e) Les usages du modèle de 1937

La résolution du modèle « *montre explicitement la dépendance de chaque prix (relatif) et quantité (relative) aux valeurs de tous les coefficients de notre modèle* » (Leontief, 1937b, p. 119). Le modèle fermé permet alors de répondre à des questions du type : « *Une modification de la valeur de n'importe lequel de ces coefficients aura de toute évidence un effet net sur les prix et quantités de chacun des services. Quelle est alors la valeur numérique de cet effet ?* » (Ibid., p. 119). Pour ce faire, on revient au calcul différentiel et à la statique comparative. Le modèle fermé ne permet pas de mener des simulations de politiques keynésiennes (d'autant plus qu'en 1937 le tableau ne contenait pas de données sur les dépenses gouvernementales), mais permet d'évaluer l'effet de changements technologiques ou de productivité sur les prix et quantités échangées, ainsi que sur l'épargne et l'investissement.

L'entrée en guerre des Etats-Unis conduit à traiter d'autres questions, en particulier les conséquences de la fin des hostilités sur l'emploi. C'est le modèle ouvert qui permettra de répondre à ce type de question. Leontief, avec une équipe au *Bureau of Labor Statistics*, sous l'égide de l'*Office of Strategic Services*, va construire ce nouveau modèle qui s'imposera par la suite<sup>13</sup>. C'est durant cette période (1942-1945) que l'étude des relations interindustrielles devient l'analyse *input-output*. Il faut souligner enfin que la résolution du modèle pose un problème technique dès lors que le nombre d'équations augmente. Ce problème, technique, est à la base d'une critique alors répandue, de l'approche en termes d'équilibre général pour l'économie appliquée. Sans ordinateur (Leontief parle de “*calculateur*”) capable de résoudre un système complexe, le modèle est inutilisable. C'est une des raisons pour lesquelles Leontief, malgré son opposition à l'agrégation des données, a construit des tableaux réduits, passant ainsi de 44 secteurs à 30 par exemple. C'est aussi pour cela qu'il collaborera avec les laboratoires de la toute nouvelle *intelligence artificielle*.

### 3) Deux analyses similaires de la production

Les analyses de la production de Walras et de Leontief restent donc théoriquement très proches. On peut synthétiser leur proximité en énumérant les points suivants :

---

<sup>13</sup> Si on appelle  $e$  la demande finale, exogène, alors le modèle s'écrit avec  $B$  la matrice des coefficients techniques et  $X$  la matrice des *inputs* :  $X = BX + e$ . On écrit alors :  $X - BX = e$ . Soit, étant donné les propriétés de la matrice structurelle  $B$  :  $(I - B)X = e \Leftrightarrow X = (I - B)^{-1}e$ . On peut alors déterminer l'effet sur l'économie d'une variation de la demande finale.

- interdépendance des activités ;
- distinction entre stocks et flux ;
- coefficients de production fixes, productivité marginale nulle et complémentarité stricte des facteurs de production ;
- rendements d'échelle constants.

Les mêmes analyses ont suscité les mêmes critiques qui ont porté, dans les deux cas, sur la fixité des coefficients de production. Chez Leontief en particulier, c'est la forme des fonctions de production qui va être la plus attaquée, beaucoup plus que la désagrégation, la méthode statistique directe, le mode de détermination des prix ou encore la pertinence de l'approche en équilibre général. Le débat va donc souvent porter sur le cœur théorique de l'étude des relations interindustrielles de Leontief, à savoir les propriétés des fonctions de production walrasiennes. Avec des coefficients fixes, ces fonctions impliquent des rendements constants, une productivité marginale nulle, des inputs strictement complémentaires et l'absence d'influence du prix des facteurs de production sur le choix des inputs. La fixité des coefficients est alors souvent perçue comme une régression dans l'histoire de la théorie de l'équilibre général<sup>14</sup>.

La réponse de Leontief (Leontief, 1937b) a été, dans un premier temps, de justifier le choix de telles fonctions de production puis, ensuite, de tenter d'en atténuer les limites théoriques, tout en soulignant que seuls des tests statistiques permettraient d'en décider, mais que, en l'absence de données suffisantes pour chacun des secteurs, l'hypothèse pouvait être maintenue. La réponse ne porte donc pas sur le terrain de la théorie : « *La question de la fixité des coefficients techniques, qui constitue la base de notre analyse empirique, peut être interrogée à partir du point de vue de la théorie générale de la production. Ainsi, comme la proportion dans laquelle les différents facteurs peuvent être combinés dans la même fonction de production (i.e., pour tout état donné de l'information technologique) est variable, ces proportions vont probablement varier à chaque changement de leurs prix relatifs. Cette proposition théorique si clairement développée par Pareto dans sa critique de la fixité des coefficients de production walrasiens est au-delà de toute contestation. Ce n'est pas cependant la validité fondamentale du principe de substitution mais sa signification quantitative qui est importante du point de vue de l'analyse empirique [...] Ici, les tests indirects effectués semblent justifier l'anticipation d'un degré de stabilité considérable de nos relations* » (Leontief, 1946, p. 38-39). Pourtant, cette réponse qui fait appel à des considérations d'économie appliquée ne dissuadera pas les théoriciens de la Cowles Commission de développer des “modèles de Leontief” avec substitution ainsi que des formalismes où les relations quantitatives disparaissent au profit de mathématiques qualitatives. Dans le cadre de ces mathématiques qualitatives, il n'est plus nécessaire de se référer à des coefficients de fabrication mais il suffit de préciser les propriétés des fonctions de production dans des espaces vectoriels (continuité, compacité, convexité, borne, ...). Paradoxalement, ce sont ces modèles qui ouvriront la voie aux démonstrations d'existence d'un équilibre général, en 1954<sup>15</sup>.

Ici, il apparaît clairement que Leontief n'adopte pas les mêmes critères d'appréciation que ses critiques et que ces critères ne sont pas non plus ceux de Walras. Là où Walras aussi bien que les critiques de Leontief font appel à des arguments de théorie pure sur la production (la substituabilité des facteurs de production opposée à la fixité des coefficients de production), la

<sup>14</sup> Leontief s'identifie et est identifié dans les années quarante et cinquante comme un économiste « néoclassique » (cf. *Infra*, p.7-8). La référence de Leontief à l'économie classique viendra plus tard. Par ailleurs, au delà de l'argument radical selon lequel « *le monde n'est pas linéaire* » (Hottelling cité par Mirowski, 2002, p. 196), les attaques proviennent de ceux-là mêmes qui deviendront les théoriciens de l'équilibre général.

<sup>15</sup> L'approche empirique de Leontief a donné lieu, via la programmation linéaire, à des modèles hautement abstraits. Ceci trouve son explication dans le fait qu'à partir du modèle de base (l'analyse de la production de Walras), des développements divergents sont faits, en raison de méthodologies elles-mêmes divergentes.

réponse de Leontief se situe à un tout autre niveau. La fixité des coefficients de production est une observation empirique, valide dans des conditions restrictives et limitées, mais qui permet de très fructueuses applications comme en témoignent les usages variés et nombreux du modèle de Leontief que l'on a évoqués précédemment. Le même postulat chez Walras et chez Leontief est justifié par des raisons épistémologiquement très différentes et ces raisons différentes commandent moins les différences mineures entre l'analyse de la production dans les *Éléments d'économie politique pure* et dans *The Structure of American Economy* que les extensions et les usages de cette théorie de la production.

## II) L'analyse économique, une question de méthodologie ?

Si les bases de la théorie de la production sont très semblables chez les deux auteurs, l'usage qu'ils en font est très différent. Walras en tire des conclusions purement théoriques sur l'existence d'un équilibre général et sur ses lois de variation. Dans les *Études d'économie politique appliquée*, il change complètement de registre et traite de l'organisation de la production au regard de concurrence, sans jamais imaginer que l'on puisse mesurer ces coefficients de fabrication. Leontief, au contraire n'écrit son modèle que parce qu'il peut associer des chiffres « authentiques » à ses concepts théoriques. On suggère ici que les oppositions entre les deux auteurs tiennent à des divergences épistémologiques qui modifient radicalement le sens de deux analyses théoriques initialement très similaires.

### 1) Walras et la production : entre science et art

L'œuvre économique de Walras repose sur un découpage de l'économie politique en trois domaines distincts mais étroitement complémentaires<sup>16</sup>. Rappelons d'abord que l'économie politique est définie par son objet, la richesse sociale. Walras (1874, p. 45) définit la richesse sociale comme l'ensemble des choses « *rares*, c'est-à-dire qui, d'une part, nous sont *utiles* et qui, d'autre part, n'existent à notre disposition qu'en *quantité limitée* ». La définition de la richesse sociale implique logiquement<sup>17</sup> que la richesse sociale est susceptible d'être appropriée, d'être reproduite et, enfin, d'avoir une valeur et d'être échangée. La richesse sociale, pour être étudiée complètement, doit donc être étudiée d'un triple point de vue : la propriété, la production et, enfin, l'échange et la valeur.

L'économie politique pure a comme objet la théorie de l'échange et de la valeur. C'est une science pure (comme la mécanique pure) qui obéit au critère du vrai parce que, comme toutes les sciences pures, elle traite de rapports entre des choses. De plus l'économie pure est non seulement une science pure, mais encore une science mathématique parce que son objet, la valeur d'échange est, par essence, un fait mathématique. L'économie politique appliquée a pour objet la production de la richesse sociale ; c'est une science appliquée parce qu'elle traite des rapports des hommes aux choses et elle est gouvernée par un critère d'utilité. La production vise à accroître la quantité des richesses sociales disponibles, c'est-à-dire à augmenter le nombre des choses utiles qui n'existent qu'en quantité limitée. Ces opérations de production, où les hommes appliquent leur volonté aux choses, relèvent de deux types : les opérations techniques de combinaison des richesses sociales pour produire des utilités nouvelles et des opérations d'organisation de ces activités (la division du travail). La production devra résoudre un double

<sup>16</sup> Sur cette division de l'économie politique en trois domaines, voir par exemple Potier (1994) ou Lallement (2000). On sait que Walras introduit une distinction ultérieure entre économie sociale pure et économie sociale appliquée, mais cette distinction ne joue aucun rôle ici.

<sup>17</sup> Logiquement renvoie ici à ce que Walras appelle « *les conséquences a priori* » de la définition de la richesse sociale, conséquences qui se déduisent logiquement du sens des mots ou, plus précisément du contenu des concepts d'utilité d'une part et de limitation en quantité d'autre part (Walras, 1874, p. 47-49).

problème : d'une part obtenir une production la plus abondante possible, mais aussi bien proportionnée, pour maximiser la satisfaction des hommes et, d'autre part, répartir la richesse ainsi créée de manière équitable. L'économie sociale a pour objet la propriété et la répartition de la richesse sociale. Ce troisième domaine, qui traite de rapports entre les hommes, relève des sciences morales qui sont régulées par un critère qui n'est ni le vrai, ni l'utile, mais le juste. La différence des objets justifie les différences de statut épistémologique entre les trois domaines : les rapports entre les choses sont l'objet de la science (pure), les rapports des hommes aux choses relèvent de l'art (ou science appliquée) et les rapports des hommes entre eux sont du domaine de la morale (ou science morale).

L'économie politique est constituée par l'ensemble de ces trois domaines (échange, production, répartition) à chacun desquels Walras a consacré l'un de ses trois grands ouvrages (*Éléments d'économie politique pure ou théorie de la richesse sociale*, *Études d'économie politique appliquée : théorie de la production de la richesse sociale* et *Études d'économie sociale : théorie de la répartition de la richesse sociale*). Il est nécessaire d'insister ici sur le fait que l'économie politique est l'ensemble indissociable de ces trois domaines, parce que la richesse sociale est nécessairement produite, appropriée et échangée. Par définition, la richesse sociale est limitée en quantité et il ne pourrait pas y avoir de progrès économique si la richesse sociale n'était pas augmentée et donc produite ; de même il est nécessaire de déterminer des règles d'appropriation légitime préalablement à l'échange des richesses sociales ; enfin il importe de savoir à quel prix les richesses sociales seront échangées.

En tant qu'elle est échangée dans des proportions déterminées, la richesse sociale fait l'objet d'une analyse connue sous le nom de théorie de la valeur. Cette théorie vise à élucider comment se fixent les rapports quantifiés entre les choses, ce que l'on appelle les prix ou les valeurs d'échange. C'est l'économie pure de Walras dont on retient aujourd'hui la théorie de l'équilibre général comme une contribution majeure à la théorie économique. Pour Walras, cette analyse de rapports entre des choses (les prix) est une science mathématique qui obéit à un critère de vérité, au même titre que la mécanique pure. Mais les analyses de Walras ne s'arrêtent pas là. En tant qu'elle est produite par l'activité humaine dans le cadre de la division du travail, la richesse sociale doit aussi être étudiée comme le résultat d'un rapport des hommes aux choses. Ici la production obéit à un critère d'intérêt : il s'agit pour les individus d'augmenter le plus possible la quantité des choses utiles. On remarquera que la production n'obéit donc pas à la même logique que l'échange : la théorie de l'échange et de la valeur est une science pure (une science tout court) qui cherche à savoir, au regard de la vérité, comment sont déterminés les rapports d'échange entre les choses alors que la théorie de la production est une science appliquée (un art) qui vise à montrer comment la richesse sociale peut être augmentée de la manière la plus efficace. En tant qu'elle est appropriable, la richesse sociale doit enfin être étudiée du point de vue de la propriété. Il s'agit de déterminer ce qu'il est juste de posséder en propre (les capitaux mobiliers, personnels et les produits) et ce qu'il est juste de posséder en commun (les terres par exemple). C'est pourquoi la théorie de la propriété obéit à la justice. En tant que science morale, il lui appartient de mettre en œuvre des principes de justice dans les relations des hommes. Ces principes de justice permettent de spécifier des règles justes de répartition des richesses sociales : à qui appartiennent les capitaux, qu'est-ce qu'un prix conforme à la justice, quels impôts sont justes ?

Pourquoi évoquer cette rhétorique, assez datée, alors que seul l'équilibre général, c'est-à-dire l'économie pure, est passé à la postérité, tous les successeurs de Walras, à commencer par Pareto, ayant systématiquement écarté les analyses d'économie appliquée et d'économie sociale de Walras ? Précisément parce que le statut épistémologique de la production chez Walras commande les différences entre ses analyses et celles de Leontief. Il est en effet tout à fait essentiel de remarquer que la production et l'échange relèvent de deux types de sciences

différentes, de deux logiques différentes, et que ces deux domaines distincts de l'économie politique ne sont pas traités par Walras de manière homogène. La production est un problème de science appliquée, régie par un critère d'utilité, qui vise à dire comment produire le plus possible et comment organiser économiquement la production. Le système des corporations et des jurandes est une réponse possible à ces deux questions ; le laisser-faire, laisser-passer est une autre réponse tout comme l'esclavage et le servage, toutes réponses qui doivent être examinées du point de vue de l'intérêt. Les réponses aux questions posées par la production sont des réponses essentiellement normatives qui visent à dire ce qu'il faudrait faire pour que l'utilité soit la plus élevée possible.

Et l'on constate, à la lecture des *Études d'économie politique appliquée*, que l'essentiel de leur contenu est consacré aux questions d'organisation de la production. Faut-il que la concurrence organise toutes les activités de production ou bien la coordination de ces activités doit-elle être assurée, dans certains cas (services publics), par un monopole et, si oui, à quelles conditions ces monopoles permettent-ils d'obtenir la plus grande satisfaction des utilisateurs ? Les différentes parties consacrées à la monnaie, à la banque, à la Bourse ou au libre échange soulignent les aspects institutionnels de l'économie appliquée. Alors, pourquoi avoir aussi traité de la production dans les *Éléments d'économie politique pure* ?

Pour des raisons parfaitement logiques. A côté de la dimension institutionnelle, constituée par l'organisation du cadre dans lequel s'effectuera la production, Walras parle des « opérations techniques » de la production<sup>18</sup>. Toutefois l'analyse de ces opérations techniques n'est pas considérée par Walras comme un problème de science appliquée mais comme un problème de science pure. En effet, la science pure s'intéresse aux rapports entre les choses (l'échange des marchandises) alors que la science appliquée s'intéresse aux rapports entre les hommes et les choses. Or la production s'effectue dans le cadre de la division du travail, qui est une « *aptitude physiologique de l'homme* » (Walras, 1874, p. 59). Et la division du travail, qui est pour Walras une donnée intangible (un fait), implique l'échange, c'est en tout cas la position de Walras reprise de Smith. Effectivement les différents secteurs de production se fournissent mutuellement des services producteurs ou des produits obtenus par échange. Ces échanges se font avec des prix et cet aspect technique de la production relève bien de la théorie de l'échange, donc de l'économie pure (Walras, 1874, p. 58-59). Pour le dire autrement, la dimension technique de la production qui consiste à combiner des services producteurs dans des proportions adéquates est une question d'échange qui est donc réglée par la science pure. Si les services producteurs sont échangés sur des marchés concurrentiels, où les offres et les demandes sont en équilibre, alors la question technique de la production est résolue. L'économie appliquée n'aura plus qu'à préciser les modalités d'organisation de la concurrence des marchés et à justifier les exceptions.

On comprend que, dans ces conditions, l'estimation chiffrée des coefficients de fabrication ne présente aucun intérêt particulier aux yeux de Walras. La dimension appliquée de l'analyse de la production est exclusivement une question d'organisation de la concurrence, pas une question d'estimation statistique de coefficients de fabrication purement abstraits. Le rapport de la théorie pure à ses applications, pensé par Walras sur le mode de l'opposition épistémologique entre la science et l'art, va complètement changer dans les travaux de Leontief.

---

<sup>18</sup> « *La première de ces deux séries d'opérations industrielles se compose des opérations d'industrie proprement dites ou des opérations techniques. Ainsi, l'agriculture multiplie la quantité des plantes et des animaux qui servent à notre nourriture et à notre habillement. ; [etc.]* » (Walras, 1874, p. 58). Pour mémoire, la deuxième série d'opérations industrielles (de production) concerne « *l'organisation économique* » de la production dont on a parlé plus haut.

## 2) Leontief et la question des faits

La controverse sur la fixité des coefficients techniques a cristallisé les débats sur la pertinence de l'analyse *input-output*, alors que cette dernière n'a pas besoin de cette hypothèse pour être cohérente. Le désaccord n'est pas, en fait, théorique mais méthodologique. Pour Leontief, la question théorique a été réglée avec la critique de Walras par Pareto et par ses successeurs (voir Georgescu-Roegen, 1935) et ce n'est pas sur le terrain de l'*économie pure* qu'il répond ; mais pour justifier ce changement de terrain, Leontief doit expliciter les critères de jugement qu'il adopte. Même si ce n'est qu'en 1952 que Leontief explicite les critères méthodologiques mis en œuvre dans l'analyse *input-output*, ses positions figurent dès 1928 dans sa thèse soutenue à Berlin, ou en 1937 lorsqu'il attaque la « nouvelle école de Cambridge ». On peut ainsi lire, en 1928, que « *les concepts économiques ne veulent rien dire et sont potentiellement trompeurs tant qu'ils ne peuvent être observés et mesurés* » (in Kurz & Salvadori, 2000). Leontief n'a pas produit une réflexion systématique sur les questions épistémologiques soulevées par sa démarche. Ses interventions sont fortement dépendantes du contexte dans lequel elles sont formulées et c'est toujours pour répondre à ses contemporains que Leontief explicite sa méthodologie : le plus souvent contre la description sans précaution ou contre les prétentions de la théorisation pure à la Koopmans, mais aussi contre l'économétrie (Leontief, 1952, 1958). Ainsi c'est à propos de la controverse ouverte par Tjalling C. Koopmans, en 1947, contre le *National Bureau of Economic Research*, que Leontief en vient à expliciter sa méthodologie.

Cette controverse est suscitée par le compte rendu que fait Koopmans (fraîchement nommé directeur de la *Cowles Commission* à Chicago) de l'ouvrage de Wesley C. Mitchell et Arthur F. Burns, *Measuring Business Cycles*, publié par le *NBER* (New-York). Koopmans reproche à l'ouvrage de n'être qu'une accumulation de données, collectées sans s'appuyer sur « *des concepts théoriques ou des hypothèses sur la nature des processus économiques à partir desquels les variables étudiées sont générées* » [Koopmans, 1947, p.161]. Cette approche, que Koopmans qualifie d'« *empirique* », conduit les auteurs à finalement ne formuler, aucune explication des fluctuations cycliques qui pourrait « *constituer des modèles ou des hypothèses plausibles* » [Ibid.]. Une telle approche conduit, selon Koopmans, à formuler des « *réponses arbitraires* » aux questions posées sur la nature des cycles économiques.

Dans cette controverse sur la « *mesure sans théorie* », Leontief n'est pas seulement témoin mais surtout protagoniste. D'une part en raison de sa position institutionnelle lorsqu'il travaille en collaboration avec le *NBER* ou encore lorsqu'il envisage de créer avec la *Cowles* un nouveau groupe de recherche. Si, dans la première moitié des années quarante, il semble favorable à la doctrine de la *Cowles*, sa position va se renverser et son projet de programme commun avec la *Cowles* avorte avec la création, à Cambridge (Massachusetts), du *Harvard Economic Research Project (HERP)*<sup>19</sup>, consacré à l'analyse *input-output*, qu'il dirige à partir de 1947. D'autre part, indépendant de la *Cowles Commission* et du *NBER*, Leontief se distingue par une position qui se situe entre les deux camps : s'il n'y a pas de faits sans théorie, il n'y a non plus de théorie sans observation. La méthodologie qu'il préconise est mise en œuvre dans ses études des relations interindustrielles ; elle est explicitée à deux reprises, dans deux articles, le premier publié en 1952, le second en 1958<sup>20</sup>. Au-delà du caractère polémique de ces deux articles, il s'agit pour

<sup>19</sup> Ces informations proviennent des recherches menées par A. Akhabbar, dans le cadre du projet du CNRS, *Histoire des savoirs*, sur les archives de Leontief à Harvard (Cambridge, Massachusetts) et de Koopmans à Yale (New-Haven, Connecticut).

<sup>20</sup> Nous laissons ici de côté les aspects épistémologiques de son allocution présidentielle à l'*American Economic Association* en 1970, « *Theoretical assumption and nonobserved facts* » (Leontief 1971), sans rapport avec notre propos.

nous de dégager quelques éléments stables afin de proposer une image synthétique de la méthodologie de l'analyse *input-output*. Cette démarche, conçue comme une reconstruction, implique un travail de sélection, d'association, de hiérarchisation et d'interprétation. Ici les interprétations de ce discours méthodologique sont limitées à l'analyse *input-output*. Nous montrerons comment cette méthodologie est mise en œuvre dans la construction d'une approche nouvelle à partir des *Éléments d'économie politique pure* de Walras, comment elle tente d'abolir la distinction entre économie pure et économie appliquée, entre la théorie et l'application et comment la notion d'application perd le sens qui lui est donné par Walras. A partir des deux interventions explicitement méthodologiques de Leontief, nous définissons les bases de son « *économie opérationnelle* ». A partir de là, se pose la question de savoir si l'analyse *input-output* peut être comprise comme une formulation opérationnelle de la théorie de l'équilibre général ; auquel cas la thèse selon laquelle nombre de choix théoriques de Leontief trouvent leur justification dans des considérations épistémologiques serait corroborée.

### a) Les bases de l'économie opérationnelle

Nous pensons reconnaître dans le critère d'opérationnalité avancé par Leontief l'élément central de sa méthodologie. Ce critère conduit à abandonner la distinction entre économie pure et économie appliquée, que ce soit celle de Walras ou celle de Koopmans, pour la constitution d'une science économique opérationnelle ou encore empirique. Nous présenterons les positions de Leontief de manière chronologique, avant de proposer quelques principes organisateurs de son économie empirique.

#### \*) Le critère d'opérationnalité

Dans un article intitulé « Some basic problems of structural analysis » (Leontief, 1952)<sup>21</sup>, Leontief explicite pour la première fois la méthodologie suivie dans la construction de l'analyse *input-output*. Il reprend, pour la discuter, la distinction entre théorie et « *observation directe* » : « *La théorie établit quelles données doivent être collectées et comment elles doivent être utilisées à l'intérieur d'un cadre analytique particulier ; l'observation apporte les données* » (Leontief, 1952, p. 1). Il semblerait que la hiérarchisation entre théorie et faits soit telle que la théorie conditionne strictement la recherche des données. Ainsi la théorie spécifie les variables endogènes et les variables exogènes. Le problème, explique Leontief, apparaît dans la mesure où « *l'on attend de la théorie qu'elle soit opérationnelle, dans le sens le plus général [...] du mot.* » (*Ibid.*, p. 1; souligné par nous). Pour Leontief, est opérationnelle une théorie dont on a effectivement les moyens de déterminer empiriquement, c'est-à-dire de mesurer, les variables spécifiées. Il ne s'agit donc pas de remettre en cause la rigueur logique des modèles ou l'usage des mathématiques, mais la manière d'articuler la théorie et les données ; le problème est de s'assurer de l'existence de ces données. Théoriser sans tenir compte du lien entre les symboles et les données disponibles conduit à des théories dépourvues de portée opérationnelle.

Ce n'est pas seulement la théorisation sans faits qui inquiète Leontief, mais aussi la tendance inverse, l'accumulation de faits sans théorie. « *Ce mouvement, lié de près au développement de la statistique gouvernementale, [...] s'est développé occasionnellement dans l'ignorance et souvent dans la défiance de la tradition de l'abstraction théorique* » (*Ibid.*, p. 2). L'économétrie n'échappe pas à ces difficultés. Malgré ses tentatives pour apporter des « *bases empiriques à l'économie analytique [...] cette nouvelle école [l'économétrie] semble suivre les pas de l'ancienne, celle de l'approche déductive* » (*Ibid.*, p. 2). Pour Leontief cette école est coupable de considérer comme un état de fait la misère des données empiriques dont dispose

<sup>21</sup> Repris en 1953 comme introduction à l'ouvrage collectif du *Harvard Economic Research Project* (Leontief, 1953).

l'économiste et d'y remédier par une sophistication statistique de plus en plus marquée. Ce serait là la faute de la « *méthode statistique indirecte* » que de dériver à partir d'un nombre très limité de données (issues d'observations directes) le plus d'inférences statistiques possibles.

Face à cela, Leontief préconise un redéploiement total des moyens théoriques et empiriques ; car le théorique se voit contraint par l'empirique. Par exemple, contre Keynes<sup>22</sup>, Leontief explique que l'utilisation d'agrégats conduit la macroéconomie « *au pire à se priver de toute signification opérationnelle ; au mieux à séparer artificiellement la tâche analytique essentielle de définition des agrégats en termes de variables “réelles” directement observées du reste de l'argumentation théorique et à déléguer cette tâche de définition au statisticien collecteur de données qui souvent n'est pas conscient de sa véritable importance* » (*Ibid.*, p. 3). Ainsi, si une théorie veut avoir une signification opérationnelle, elle doit concevoir simultanément la définition de ses concepts et leur mesure. Lorsque Leontief parle d'observation directe, le terme peut s'entendre essentiellement par opposition aux inférences statistiques appliquées aux données initialement recueillies, comme c'est le cas avec l'économétrie ou l'agrégation des données<sup>23</sup>. La supériorité de la méthode statistique directe repose pour Leontief sur sa simplicité opérationnelle. Il énonce alors les difficultés techniques dans lesquelles se noient l'économétrie et l'analyse des séries chronologiques. Par ailleurs, il propose en 1947 les règles d'une agrégation légitime des données : c'est sa théorie des relations fonctionnelles séparables (Leontief, 1947). Si elle respecte ces règles, l'agrégation est légitime car elle n'altère pas l'information contenue dans les données élémentaires, issues de l'observation directe.

Par rapport à son affirmation initiale, « pas de mesure sans théorie », Leontief effectue un renversement : le mouvement ne va pas seulement de la théorie à la mesure, mais aussi de la mesure à la théorie. Pour ne pas mesurer n'importe quoi, n'importe comment, il faut disposer d'une théorie. Mais pour ce faire, il faut que la théorie soit conçue avec comme contrainte première l'accès aux données. Cet accès se définit par deux conditions : tout d'abord la définition des concepts doit inclure les modalités de leur mesure. Les symboles qui représentent des concepts doivent pouvoir donner lieu à des mesures et il faut pour cela définir des protocoles de mesure qui leur soit associés. La deuxième condition est de pouvoir accéder effectivement aux données. C'est le travail d'enquête et de collecte des données.

Cette conception a une autre implication que Leontief avait déjà présentée dans son article sur la « *théorisation implicite* » (1937a). La théorisation implicite couvre un ensemble de pratiques dont la plus dangereuse selon Leontief est l'usage de concepts introduits par le théoricien uniquement pour faire fonctionner sa théorie sans en préciser la contrepartie dans la réalité. Ainsi parler de consommateur moyen (Kahn) sans préciser qu'un tel concept renvoie aux nombres-indices est une forme de théorisation implicite. Or, écrit Leontief, en connaissance de cause, « *jusqu'à présent, tous les efforts pour résoudre le problème théorique des nombres-indices se sont avérés entièrement vains* » (Leontief, 1937a, p. 347). On peut ainsi inventer à l'infini des concepts ayant un rôle dans une démonstration logique sans qu'ils soient pour autant opérationnels. En ajoutant un concept, on suppose implicitement que les postulats initiaux et théorèmes le définissent. C'est là une définition implicite. Or la formulation explicite de cette définition peut poser problème même s'il paraît que logiquement ce ne devrait pas être le cas. Pour donner une définition explicite, il faut alors élargir les bases initiales de la théorie. Ce type de pratique s'il ne conduit pas à des erreurs de logique rend la théorie pour le moins non-opérationnelle.

---

<sup>22</sup> Mais aussi contre la théorie des nombres-indices.

<sup>23</sup> Ainsi l'économétrie se fonde sur des observations directes (lorsqu'elles ne sont pas agrégées) pour mener des inférences statistiques. Des paramètres estimés par la méthode des moindres carrés, par exemple, sont des observations indirectes qui peuvent être obtenues à partir de régressions sur des observations directes.

C'est donc un critère de signification empirique qu'adopte Leontief. Une théorie est opérationnelle lorsque les concepts qu'elle emploie ont une signification empirique. Celle-ci est donnée par l'observation directe, selon des règles précises qui excluent les instruments statistiques comme, par exemple, les moindres carrés. C'est cette liaison immédiate entre les concepts et l'observation qui va remettre en question la distinction entre l'économie pure et l'économie appliquée.

#### \*) Economie pure et économie appliquée

La seconde prise de position méthodologique de Leontief (1958) se trouve dans son compte-rendu de l'ouvrage de Koopmans (1957), *Three Essays on the State of Economic Science*. Il y réitère et prolonge ses analyses précédentes que nous interprétons comme un opérationnalisme.

Les trois essais de Koopmans se veulent une mise en perspective des évolutions de l'économie mathématique depuis la fin de la seconde guerre mondiale de manière à en communiquer, à l'économiste non-mathématicien, « *le contenu logique* » [Koopmans, 1957, p. III]. Koopmans souligne que « *la toile de fond commune aux trois essais est l'accent mis sur la construction explicite de modèles formels tant dans la recherche théorique que pratique* » [Ibid., p. IV]. Il en ressort que l'économiste doit clarifier ses théories par la mise en évidence des hypothèses et chaînes de déduction, grâce à la méthode axiomatique. Ce travail effectué, il devient possible de rendre les hypothèses plus « *réalistes* ». Ceci suggère « *qu'il faudrait envisager la théorie économique comme une suite de modèles conceptuels qui cherchent à exprimer dans une forme simplifiée, différents aspects d'une réalité toujours plus complexe* » [Ibid., p. 141]. Cette démarche, fondée sur la méthode axiomatique, permettra en retour, pour Koopmans, d'obtenir un « *réalisme toujours croissant* » [Ibid.]. Cette méthode a pour fonction première de permettre une « *distinction plus claire entre le raisonnement et la considération des faits* » [Ibid.]. C'est précisément cette distinction que Leontief rejette.

Leontief répond à l'appel de Koopmans en faveur d'une plus grande rigueur mathématique en suggérant une expérience imaginaire consistant à donner à une « *équipe de mathématiciens et de logiciens l'énorme tâche de revoir l'ensemble de la littérature théorique économique des trente dernières années avec la consigne de la purifier des erreurs et arguments inconsistants* » et de remédier à ces erreurs et à ces inconsistances. Le résultat serait, selon Leontief, un corpus « *très peu différent, dans son contenu opérationnel, de ce que nous avons aujourd'hui, c'est-à-dire que son utilité immédiate pour l'explication des faits observés serait approximativement la même* » (Leontief, 1958, p. 104). C'est le lien entre les concepts et les données qui fait problème et qui, pour Leontief, ne peut être résolu par l'invocation d'un illusoire réalisme des hypothèses.

En effet, la question du réalisme des hypothèses ne peut pas être posée « *en supposant l'existence d'une réalité décrite et descriptible de manière unique et univoque* ». Il s'agit à chaque fois que l'on construit un modèle abstrait d'y associer un système précis de définitions, de classifications et de règles de mesures qui « *logiquement ne peuvent être ni vraies ni fausses, mais sans lesquelles le modèle abstrait le plus rigoureux ne peut avoir aucune signification empirique* » (Ibid., p. 105). Ces règles qui président à la construction des faits, avec l'intégration des tableaux entrées-sorties aux comptes nationaux, sont alors celles de la comptabilité nationale, faites de conventions et de normes. L'économie opérationnelle, au sens de Leontief, implique la formation de normes collectives définies et appliquées par des institutions collectives telles que les instituts nationaux de statistique<sup>24</sup>. Quelle approche choisir alors ? Celle par produit ou par branche ? Ou encore selon les transactions entre institutions sociales comme c'est le cas avec les

<sup>24</sup> Cependant, le recours à des données informelles ou construites par le chercheur lui-même reste monnaie courante.

SAM (*Social Accounting Matrix*) ? La multiplicité des classifications ouvre à un pluralisme au sein de l'économie opérationnelle. Cette conception du réalisme des théories de Leontief annule la validité de la division du travail scientifique proposée par Koopmans, consistant à séparer la modélisation des tests et des applications. L'économie pure risquerait d'y perdre toute signification opérationnelle ou empirique. Pour Leontief la complexité des systèmes que l'on étudie en économie ne peut renvoyer à une division du travail valide pour la mécanique classique « *caractérisée par l'extrême simplicité de ses postulats de base* ». Il existe d'autres méthodologies dans les sciences de la nature, comme la mécanique quantique ou la physique atomique, où « *le travail empirique-inductif et le travail analytique sont si étroitement intriqués que la distinction peut difficilement être faite* » (Leontief, 1958, p. 106). C'est l'abolition de l'opposition entre travail théorique et empirique : il n'est pas légitime de définir un concept théorique sans déterminer les modalités de sa mesure.

\*) Synthèse : les principes de l'économie empirique.

Sur la base des considérations précédentes, il est possible de proposer une image synthétique de l'épistémologie de l'économie empirique de Leontief pour l'analyse *input-output*.

La finalité de la science économique pour Leontief est, sans ambiguïté possible, l'*explication* des faits observés. Cette explication doit :

1. être logique (déductive),
2. partir de postulats « *tolérables* » et empiriquement testés,
3. et mettre en jeu des concepts opérationnels
4. et des relations opérationnelles entre ces concepts (pas de théorisation implicite) impliquant des données directement observées lorsque cela est nécessaire.
5. Les concepts, pour être opérationnels, doivent renvoyer à des protocoles de mesure.
6. Ces protocoles ne sont ni vrais ni faux, ce sont des normes ou des conventions.
7. On préférera toujours une explication simple à une explication complexe et/ou impliquant des inférences statistiques indirectes.
8. La finalité de la démarche scientifique est l'explication de faits observés et décrits selon les protocoles de mesure fixés.
9. Par extension de (8), la prévision est un critère de réfutation.

Toute la question porte alors sur les protocoles de mesure et sur les degrés de liberté laissés par les critères de scientifcité. Par ailleurs, il ressort de cette synthèse qu'il n'y a pas d'induction dans la mesure où l'explication est déductive. Enfin, le critère d'opérationnalité n'a rien à voir avec le *as if* de l'instrumentalisme friedmanien ni avec l'idée que la justesse de prévision est le seul critère méthodologique à suivre. Néanmoins, à supposer que l'on puisse mener des tests concluants, ce critère d'opérationnalité conduit à préférer une hypothèse faiblement corroborée mais opérationnellement forte à une hypothèse plus “réaliste” mais sans valeur opérationnelle (par exemple, on peut montrer qu'il y a substitution sans pour autant être capable de définir de manière opérationnelle l'ensemble des techniques possibles). Son originalité est de tenir compte de la boucle entre les faits construits par la théorie et la théorie qui elle-même doit expliquer ces faits. La tolérance vis-à-vis des hypothèses est guidée par les tests empiriques que l'on effectue sur ces hypothèses et est contrainte par le critère d'opérationnalité, dans la limite stricte des données disponibles. C'est cette limite qui, pour Leontief, constitue le défi à relever par la science économique grâce à une méthodologie appropriée<sup>25</sup>. Une exigence, fondamentale pour l'analyse *input-output*, est le recours à des observations directes pour mesurer les variables, ce qui exclut les règles de mesure indirecte de l'économétrie et l'agrégation des données. Cette même exigence de mesure directe, comme nous le montrons dans ce qui suit, exclut de la théorie,

<sup>25</sup> Cette thèse sera reprise par Leontief (1971) lors de son allocution présidentielle à l'*American Economic Association*.

les fonctions de production à coefficients variables et les fonctions d'offre et de demande. Discuter de la théorie de l'étude des relations interindustrielles indépendamment de ce principe serait un grave malentendu.

### b) L'analyse *input-output*, formulation opérationnelle de la théorie de l'équilibre général ?

Une relecture des travaux de Leontief des années trente et quarante montre que celui-ci se réfère très tôt à l'exigence d'opérationnalité, même s'il ne revendique pas l'étiquette de l'opérationnalisme<sup>26</sup>. Cette référence apparaît sous la plume de Leontief en 1949, lorsqu'il parle d'un « *jugement sur la base d'un critère purement opérationnel* » (Leontief, 1949, p. 216). On peut alors se demander en quoi l'analyse *input-output* peut être une dérivation logique de l'économie pure de Walras (science pure régie par le vrai, en dehors de toute question d'application) si l'on admet en même temps les exigences opérationnelles de l'économie empirique de Leontief<sup>27</sup> ?

Pour Leontief, le choix même de la théorie de l'équilibre général comme base de son approche est justifié par le point de vue opérationnel. Lorsqu'il entame, au début des années trente, son étude des échanges interindustriels pour analyser la structure économique d'un pays, il lui faut en effet choisir entre une approche en termes d'équilibre partiel et une approche en termes d'équilibre général. Leontief tranche en faveur de l'équilibre général et il justifie son choix dès le premier article (1936) où il expose la théorie de l'analyse *input-output*. Comme nous l'avons vu précédemment, Leontief n'insiste pas, par exemple, sur les contradictions logiques de l'équilibre partiel mais sur l'incapacité de ce dernier à fournir une compréhension des systèmes complexes que sont les économies industrialisées. D'où le choix non seulement de l'équilibre général, mais aussi d'une analyse mathématique. Seules les mathématiques permettent de dépasser les limites cognitives de l'esprit humain. Les raisons du choix de l'équilibre général se situent également sur un autre terrain : celui des données. La confiance accordée aux observations directes, en raison de leur simplicité opérationnelle, conduit à adopter une approche désagrégée prenant en compte une multitude d'industries directement observables, plutôt qu'une approche par des agrégats macroéconomiques artificiels. La théorie walrassienne de l'équilibre général paraît ainsi toute justifiée pour la mise en œuvre d'une approche opérationnelle. En retour, le critère d'opérationnalité conditionne la reformulation par Leontief de l'équilibre général.

---

<sup>26</sup> Egalement revendiquée par Paul A. Samuelson, l'exigence d'opérationnalité constitue, à ce moment-là, un enjeu philosophique majeur aux Etats-Unis, à Harvard en particulier. L'opérationnalisme caractérise la philosophie développée et mise en œuvre par le physicien Percy.W. Bridgman (1927) qui défend la thèse selon laquelle chaque concept scientifique doit être synonyme d'un ensemble déterminé de procédures expérimentales. La transposition à l'économie est d'abord le fait de Samuelson avec la théorie des préférences révélées. Néanmoins, pour Philippe Mongin, la méthodologie de Samuelson, si elle se réclame de l'opérationnalisme, est un opérationnalisme faible. En effet, s'il s'agit, pour l'opérationnalisme, de favoriser l'utilisation de concepts observables, il faut aussi « *coordonner les concepts scientifiques à des procédés de mesure univoque et, typiquement, à une instrumentation* » (Mongin, 2000, p. 371). Cette dernière exigence est absente de la méthodologie de Samuelson, mais présente chez Leontief. Enfin, l'opérationnalisme a pour ambition de remodeler entièrement la science, ce qui, là encore, n'est pas le cas de la théorie des préférences révélées, tandis que pour Leontief il faut opérer un redéploiement total des moyens et des fins scientifiques. Le rattachement à l'opérationnalisme de Bridgman paraît donc plus justifié pour Leontief que pour Samuelson. Par là même la position de Leontief s'ouvre aux critiques énoncées à l'encontre de cette doctrine. Celle-ci a été progressivement abandonnée notamment en raison de son incapacité à intégrer les termes dispositionnels (par exemple, fragile ou cassable), mais cette objection ne paraît pas pertinente pour notre propos.

<sup>27</sup> Question soulevée indirectement par Robert Kuenne qui n'y apporte pas de réponse, mais ce n'était pas son propos (Kuenne, 1954).

C'est ainsi que l'on peut expliquer la disparition des fonctions de demande et d'offre du schéma analytique. Leontief qui a travaillé sur l'estimation de ces fonctions dans le cadre de l'équilibre partiel durant les années vingt et trente, dans la lignée de Henry Moore et de Henry Schultz, a fait l'expérience des dangers des constructions qui en résultèrent : « *Cette phase [celle des travaux de Moore et Schultz] se caractérisa par une collecte et une organisation assez prudentes du matériel statistique de base et une application franche (certains diraient "aveugle") des techniques d'ajustement des courbes par la méthode des "moindres carrés" dans le calcul des paramètres réels. [...] Après l'ajustement d'un nuage de prix et de quantités par une parabole du premier, du second ou du troisième degré, on ne savait plus si elle représentait la courbe d'offre ou la courbe de demande du bien en question, ou peut être même une moyenne pondérée des deux.* » (Leontief, 1974, p.105). Quant à la phase suivante, essentiellement les travaux économétriques de la *Cowles Commission* et la mise au jour du problème de l'identification, elle a apporté, selon Leontief, une contribution « *très limitée, à peine plus importante que celle des méthodes primitives utilisées dans la première phase* » (*Ibid.* p. 106)). En écartant les fonctions d'offre et de demande, Leontief rejette, nous semble-t-il, la statistique indirecte qu'elles appellent<sup>28</sup>. A la sophistication statistique que requièrent ces fonctions est préférée la simplicité opérationnelle d'une « *version simplifiée de la théorie classique de l'équilibre général* » (Leontief, 1952, p. 4). C'est le modèle en trois blocs que nous avons exposé plus haut, mais aussi le modèle ouvert, dont le cœur théorique reste le système des fonctions de production caractérisées par des coefficients techniques constants.

Aujourd'hui, les coefficients techniques semblent voués par nature à la quantification. Pourtant Moore remarquait en 1929, dans *Synthetic Economics*, qu'« *une des plus grandes difficultés dans le traitement de l'équilibre général évolutif est le problème de la détermination des coefficients de production. Dans les travaux de Walras et Pareto, ces coefficients sont purement hypothétiques, et les deux économistes considèrent que ces coefficients sont constants* »<sup>29</sup> (Moore, 1929, p. 88). Le sens dans lequel Moore entend la détermination des coefficients de production n'est pourtant pas le même que Leontief. Moore considère qu'il a trouvé la méthode pour les déterminer : « *le problème de la détermination de leur valeur peut être résolu de manière dynamique, concrète et pratique* » (*Ibid.*, p. 91). Il s'agit de dériver les coefficients de fabrication de l'analyse de l'efficience de l'organisation, c'est-à-dire d'une comparaison entre les coûts de production et la valeur de la production. Chez Moore, les coefficients de production sont exprimés soit uniquement en fonction d'autres constantes du modèle, soit en fonction de celles-ci et des quantités relatives des facteurs de production employés. Dans ce cas, leur détermination ne relève pas de l'observation directe comme c'est le cas chez Leontief. Le problème de leur mesure est, pour ce dernier, double : tout d'abord à quelles données renvoient-ils ? Ensuite, dans quelle mesure l'hypothèse de leur fixité est-elle tolérable ? Avec le critère d'opérationnalité, les coefficients techniques chez Leontief jouent le même rôle logique et théorique que les coefficients de fabrication de Walras dans la théorie de la production : ils sont pris dans un ensemble de relations logiques et de postulats initiaux (rendements constants, facteurs complémentaires etc.). Mais, par ailleurs, ces coefficients de production de Leontief répondent à une exigence absente chez Walras, celle de leur opérationnalité. Donc, du statut de concept théorique (type idéal de l'économie pure walrassienne), ils passent à celui de concept opérationnel auquel, pour Leontief, doivent être associés des protocoles de mesure.

C'est dès le début des années trente que, de Harvard, Leontief collecte, aidé de son assistant, les données nécessaires à leur calcul. Il écrit, téléphone et consulte ingénieurs,

<sup>28</sup> A cette raison on peut en ajouter une autre qui est la volonté de Leontief de rester dans un cadre de pensée « classique ». Voir (Kurz et Salvadori, 2000).

<sup>29</sup> Ce qui est inexact comme on l'a vu plus haut.

entreprises, syndicats, instituts de statistiques et de recensement pour obtenir les données qui, quand elles existent, sont souvent ignorées et, dans le cas contraire, ne sont jamais recoupées. Leontief (1971) proposera par la suite non un système centralisé de collecte de données mais un système décentralisé où, une fois adopté un système de classification uniforme, les acteurs eux-mêmes participeraient par voie de sondage à cette collecte, formant ainsi un véritable réseau. Lors de la publication du premier tableau en 1936, Leontief qui avait cherché des données dans tous les Etats-Unis, devint (comme en témoigne sa correspondance<sup>30</sup>) une source très sollicitée d'informations statistiques. A partir des années cinquante, la collecte des données pour le tableau *input-output* va, dans de nombreux pays, être prise en charge par les instituts statistiques nationaux et le tableau sera intégré dans les comptes nationaux, y compris dans les années soixante aux Etats-Unis<sup>31</sup>.

L'exigence d'opérationnalité d'une part et la possibilité technique de résoudre des systèmes mathématiques de grande dimension d'autre part, font de l'économie empirique revendiquée par Leontief une discipline fortement dépendante des conditions techniques, sociales et politiques qui l'environnent. C'est ainsi que la demande, par le gouvernement américain, d'un modèle de prévision pour la situation de l'emploi après la guerre et la demande par l'armée de l'air américaine d'un modèle permettant de déterminer l'organisation de la production pour répondre aux besoins militaires, en cas de conflit, ont conduit au développement d'une autre version du modèle de Leontief : le modèle ouvert. Ces demandes ont eu pour contrepartie la collecte de données nettement supérieures (en quantité et en qualité) à celles que les fonds alloués par l'Université de Harvard avaient permis de récolter. Par exemple, le tableau construit en 1947 contient plus de quatre cents secteurs. Néanmoins, la chasse aux sorcières des années cinquante amène le gouvernement américain à suspendre tous les travaux sur l'analyse *input-output*, à partir de 1953<sup>32</sup>. Leontief ne cachait pas que l'intérêt du modèle ouvert résidait pour beaucoup dans la possibilité de planification d'une économie de marché par un bureau central de planification. Il apparaît ainsi que le registre de savoir dans lequel Leontief transpose la théorie de l'équilibre général va, dans le contexte des années quarante et cinquante, remodeler la forme des études des relations interindustrielles avec le modèle ouvert. Ce registre se caractérise avant tout par le rejet de l'opposition entre théorie pure et application.

## Conclusion : des registres de savoir différents

Cette épistémologie de Leontief est donc très éloignée de la position walrassienne avec sa tripartition entre économie sociale, économie pure et économie appliquée. Pour faciliter la comparaison entre deux méthodologies aussi différentes que le rationalisme de Walras et l'opérationnalisme (au sens large) de Leontief, on fera référence à la notion de registre de savoir. Sous ce terme de registre de savoir, on désignera une manière d'organiser les connaissances, de les utiliser et d'en construire de nouvelles. Par exemple, l'économie pure et l'économie appliquée, chez Walras, sont deux registres de savoir différents et clairement articulés. L'économie empirique de Leontief est une tout autre manière d'articuler les connaissances parce qu'elle renvoie à un tout autre registre de savoir.

---

<sup>30</sup> Voir *supra*. n. 20.

<sup>31</sup> Une autre priorité de Leontief a été de ne pas rater la révolution technologique de l'informatique. En effet, c'est en raison de l'existence de « calculateurs » (machines à calculer) que l'analyse *input-output* est praticable. Car si elle est opérationnelle selon le sens que Leontief donne à ce terme, c'est-à-dire que concepts et mesures s'accordent, il n'en reste pas moins que la possibilité technique de déterminer une solution au modèle n'est possible qu'avec un calculateur. D'où la nécessité, dans les premières années, de réduire l'économie à une trentaine de secteurs.

<sup>32</sup> Ces travaux reprendront, de manière sporadique, à la fin des années cinquante.

Au départ, la proximité des analyses de la production de Walras et de Leontief est frappante. Elle tient à l'emploi de coefficients de production supposés stables<sup>33</sup> qui impliquent une fonction de production à rendements d'échelle constants et à rendements factoriels nuls. Comment cet outil commun, les coefficients de production fixes, peut-il conduire à des résultats aussi hétérogènes chez les deux auteurs ? C'est ici qu'il est utile de repérer des registres de savoir différents pour comprendre comment le même outil se transforme parce qu'il est mis en œuvre dans des configurations du savoir différentes. Walras distingue trois registres, l'art, la science et la morale, avec leur critère de régulation respectif, l'utile, le vrai et le juste. Insistons pour souligner que ces trois registres désignent chez Walras trois sciences, c'est-à-dire trois formes de connaissances, avec la dimension théorique et abstraite que cela implique pour lui. En ce sens, l'économie appliquée est une science qui prescrit des normes pour l'organisation la meilleure des activités de production. Mais la mise en œuvre de ces normes relève de la pratique, un quatrième registre, tout à fait différent des trois autres car il s'agit ici non de la connaissance mais de l'action. La particularité de la pratique, évidemment soumise, pour Walras, aux conclusions de la science, est qu'elle est essentiellement opportuniste, au sens où elle dépend des circonstances alors que les vérités scientifiques sont, par essence, éternelles et universelles. « *Le rôle de l'homme d'Etat est d'acheminer telle ou telle société donnée vers cet idéal indiqué par l'homme de science ; il doit se placer au point de vue du relatif et chercher un compromis entre les exigences de la science et les circonstances où il se trouve. Toute réforme sociale sérieuse et durable est une transaction entre les conditions d'un point de départ et celle d'un but où l'on veut arriver. Les deux points de vue étant si différents, leur confusion est des plus fâcheuses.* » (1898, p. 410). Pour la production, il appartient donc aux hommes d'Etat de mettre en œuvre les recommandations de la science appliquée en ce qui concerne l'organisation économique de la production afin d'obtenir l'utilité la plus élevée pour la société.

Dans ce cadre walrassien, les coefficients de production appartiennent à la science pure et n'ont aucune vocation particulière à être estimés empiriquement ; il suffit qu'ils puissent être pensés conceptuellement, leur mesure n'apporterait rien de plus ni à l'économie pure, ni à l'économie appliquée.

Non seulement Leontief ne reprend pas cette tripartition walrassienne de l'économie, mais il fait jouer son analyse dans un registre tout à fait différent. Pour lui, la différence entre description et théorie est une aberration ; s'il constate une distinction entre théorie pure et application, c'est toujours pour plaider en faveur de la réunion des deux au sein de l'économie empirique, dont il se réclame en permanence. Les théories seules sont stériles, mais les données empiriques sans théorie sont tout aussi dangereuses. C'est en ce sens que l'on a évoqué la dimension opérationnelle des travaux de Leontief. Ses coefficients de production n'ont de portée que parce qu'ils sont d'abord mesurables et ensuite utilisables pour traiter concrètement de problèmes concrets. Loin d'être irréprochables (leur fixité n'a cessé de susciter des critiques), ces coefficients sont pertinents parce qu'ils sont opérationnels, ni parfaitement définis, ni parfaitement mesurés, mais opérationnels.

On observera que les coefficients de fabrication de Walras ont été abandonnés dans les théories modernes de l'équilibre général (Arrow, Debreu, etc.) sans que les conclusions de la théorie (l'existence de l'équilibre général, par exemple) soient modifiées. Autrement dit, les coefficients de fabrication sont des concepts auxquels il est facile de trouver des substituts sans dommage pour la théorie. Ici, on est et l'on reste dans le registre de la théorie pure. A contrario, les coefficients de production de Leontief sont une partie essentielle du modèle qui porte son nom. Sans eux, pas d'analyse *input-output*, pas de tableau entrée-sortie, pas de modèles

---

<sup>33</sup> On ne revient pas ici sur le fait que cette hypothèse est acceptée dans un premier temps, pour une analyse limitée.

d'équilibre général calculable, pas de Matrice de Comptabilité Sociale. Il semble alors clair que les mêmes concepts, les coefficients de production, obéissent chez Walras et chez Leontief, à des règles très différentes (rôle théorique, mesurabilité, opérationnalité) simplement parce qu'ils sont mis en œuvre dans des registres de savoir différents.

## REFERENCES BILBIOGRAPHIQUES

- BRIDGMAN P. W. (1927), *The Logic of Modern Physics*, New-York, Macmillan.
- CLAPHAM J-H., (1922), "Of empty economic boxes", *Economic Journal*, 32, septembre, p. 305-314.
- DORFMAN R., SAMUELSON P., SOLOW R. (1957), *Linear Programming and Economic Analysis*, New-York, McGraw-Hill.
- GEORGESCU-ROEGEN N. (1935), "Fixed coefficients of production and the marginal productivity theory", *The Review of Economic Studies*, 3(1), octobre, p. 40-49.
- GEORGESCU-ROEGEN N. (1950), "Leontief's system in the light of recent results", *The Review of Economic and Statistics*, 32(3), août, p.214-222.
- KOOPMANS T. C. (1947), "Measurement without theory", *The Review of Economic Statistics*, 29(3), août, p. 161-172.
- KOOPMANS T. C. (ed.), (1951), *Activity Analysis*, Cowles Commission for Research in Economics, Monograph n°13.
- KOOPMANS T. C. (1957), *Three Essays on The State of Economic Science*, New-York, McGraw-Hill Book Company, trad.fr., *Trois essais sur la science économique contemporaine*, Paris, Dunod, 1970.
- KUENNE R. E., (1954), "Walras, Leontief, and the interdependance of economic activities", *The Quarterly Journal of Economics*, 68(3), août, p. 323-354.
- KURZ H. D., SALVADORI N. (2000), "Classical roots of input-output analysis: a short account of its long prehistory", *Economic Systems Research*, juin, 12(2).
- LALLEMENT J. (2000a), "Prix et équilibre selon Léon Walras", in Béraud A. et Faccarello G. (dir.), *Nouvelle histoire de la pensée économique*, tome 2, Paris, La Découverte, p. 449-497.
- LANCASTER K. (1968), *Mathematical Economics*, New-York: Macmillan.
- LEAVENS D. H. (1938), "Report of the Atlantic City and Indianapolis Meetings, December 27-30, 1937", *Econometrica*, 6(2), avril, p. 180-192.
- LEONTIEF W. (1936), "Quantitative input and output relations in the economic systems of the United States", *The Review of Economic Statistics*, 18(3), août, p. 105-125.
- LEONTIEF W. (1937a), "Implicit theorizing: a methodological criticism of the neo-cambridge school", *The Quarterly Journal of Economics*, 51(2), p. 337-351.
- LEONTIEF W. (1937b), "Interrelations of prices, output, savings and investment", *The Review of Economic Statistics*, 19(3), août, p. 109-132.
- LEONTIEF W. (1941), *The Structure of American Economy*, Cambridge, Harvard University Press.
- LEONTIEF W. (1946), "Wages, profit and prices", *The Quarterly Journal of Economics*, 61(1), novembre, p. 26-39.
- LEONTIEF W. (1947), "Introduction to a theory of the internal structure of functional relationships", *Econometrica*, 15(4), octobre, p. 361-373.
- LEONTIEF W. (1949a), "Recent developments in the study of interindustrial relationships", *The American Economic Review*, 39(3), mai, p. 211-225.
- LEONTIEF W. (1949 b), "Structural matrices of national economies", *Econometrica*, 17, Supplement: Report of the Washington Meeting, juillet, p. 273-282.
- LEONTIEF W. (1952), "Some basic problems of structural analysis", *The Review of Economics and Statistics*, 34(1), février, p. 1-9.
- LEONTIEF W. (ed.), (1953), *Studies in the Structure of the American economy*, Oxford University Press, New-York.
- LEONTIEF W. (1954), "Mathematics in economics", *Bulletin of the American Mathematical Society*, 60(3), mai, in Leontief (1974), p. 85-114.
- LEONTIEF W. (1958), "The state of economics science", *The Review of Economics and Statistics*, 40(2), p. 103-106.
- LEONTIEF W. (1971), "Theoretical assumptions and nonobserved facts", *The American Economic Review*, 61(1), mars, p. 1-7.
- LEONTIEF W. (1974), *Essais d'Economique*, Paris, Calmann-Lévy.
- MIROWSKI P. (2002), *Machine dreams, Economics becomes a cyborg science*, Cambridge University Press.
- MONGIN P. (2000), « La méthodologie économique au XX<sup>e</sup> siècle. Les controverses en théorie de l'entreprise et la théorie des préférences révélées », in A. Béraud et G. Faccarello, (dir.), *Nouvelle histoire de la pensée économique*, tome 3, Paris, La Découverte, p. 340-378.
- MOORE H.L. (1929), *Synthetic Economics*, New-York, Augustus M.Kelley Publishers, 1967.
- NEISSER H. P. (1941), "The Structure of the American Economy, 1919-1929: An Empirical Application of Equilibrium Analysis", *The American Economic Review*, 31(3), septembre, p. 608-610.

- POTIER J-P. (1994), "Classification des sciences et division de « l'économie politique et sociale » dans l'œuvre de L. Walras: une tentative de reconstruction", *Oeconomia, Economies et Sociétés*, série PE, 20-21, novembre, p. 223-277.
- ROSIER B.(1986), *Wassily Leontief : textes et itinéraire*, Paris, La Découverte.
- WALRAS L. (1874-1877), *Eléments d'économie politique pure*, *OEC*, vol. VII, Paris, Economica, 1986.
- WALRAS L. (1896), *Études d'économie sociale (théorie de la répartition de la richesse sociale)*, *Œuvres Economiques Complètes*, vol. IX, Paris, Economica, 1990.
- WALRAS L. (1898), "Esquisse d'une doctrine économique et sociale", in Walras L. (1898), *Études d'économie politique appliquée (théorie de la production de la richesse sociale)*, *OEC*, vol. X, Paris, Economica, 1992, p. 405-441.
- WALRAS L. (1898) : *Études d'économie politique appliquée (théorie de la production de la richesse sociale)*, *OEC*, vol. X, Paris, Economica, 1992.

