



HAL
open science

L'origine statistique du diagramme du cobweb

Emeric Lendjel

► **To cite this version:**

| Emeric Lendjel. L'origine statistique du diagramme du cobweb. 1998. halshs-00268370

HAL Id: halshs-00268370

<https://shs.hal.science/halshs-00268370>

Preprint submitted on 31 Mar 2008

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

L'origine statistique du diagramme du cobweb

The statistical origin of the cobweb diagram

Emeric LENDJEL*

Résumé

Le diagramme du cobweb est considéré comme l'une des premières formalisations mathématiques permettant de poser le problème de la stabilité d'un processus marchand (Ezekiel [1938]). Moore fut le premier à avoir l'intuition d'un tel diagramme (Stigler [1962]) même s'il faut attendre la publication simultanée des articles de Ricci [1930], Schultz [1930] et Tinbergen [1930] pour qu'elle soit formalisée. Cet article montre en premier lieu que cette intuition surgit alors que Moore cherche à résoudre un problème statistique lié à l'estimation des courbes d'offre et de demande. Cette intuition, formulée par "inadvertance" (Samuelson [1947]), fut reprise et formalisée indépendamment par Ricci, Schultz et Tinbergen. L'article retrace alors, en second lieu, les liens unissant ces travaux à ceux de Moore, tout en montrant les enjeux dont le diagramme du cobweb était porteur pour ces auteurs. Ce faisant, il permet de mettre en lumière le rôle des mathématiques dans l'histoire de ce diagramme.

Abstract

The "cobweb theorem" or "cobweb diagram" is one of the first mathematical formalization that deals with the stability of the market process (Ezekiel [1938]). Moore gave intuitively its first formulation (Stigler [1962]), but its mathematical formalization was independently done by Ricci [1930], Schultz [1930] and Tinbergen [1930]. First, the paper shows how the idea of the cobweb mechanism appears in Moore's work in order to solve a statistical problem, namely the statistical estimation of supply and demand curves. "Inadvertently" (Samuelson [1947]) Moore sets out the cobweb idea which mathematical formalization was given by Ricci, Schultz and Tinbergen. Second, this paper is an attempt to trace the links between Moore's work and its followers. It shows that the meaning of the

* C.E.S.- MATISSE, Université de Paris I Panthéon-Sorbonne, Centre Pierre Mendès-France, 90 rue de Tolbiac, 75013 Paris.

cobweb diagram was different in the authors' thought. It also stress the role of the mathematics in the investigation process of economic phenomena.

Introduction

L'histoire de la formulation simultanée du diagramme du cobweb par Schultz, Ricci et Tinbergen au début des années 1930 reste relativement méconnue par rapport à celle d'autres processus marchands comme le tâtonnement (Ingrao et Israel [1990], Weintraub [1991]). Cette histoire mérite pourtant d'être étudiée pour au moins deux raisons. En premier lieu, elle témoigne de l'émergence progressive de nouveaux procédés d'investigations en économie. En effet, ces auteurs se servent tous des mathématiques pour mener leurs investigations des phénomènes économiques. Si l'emploi des mathématiques n'est pas nouveau dans la science économique de l'époque, leur usage en tant que mode d'investigation - d'enquête - des phénomènes économiques est récent. Ce nouveau mode d'investigation procède d'abord par des raisonnements mathématiques, puis par leur mise en correspondance avec des phénomènes économiques. Ce nouveau procédé d'investigation va permettre aux trois inventeurs du diagramme du cobweb de suivre le fil de certaines conséquences mathématiques des intuitions de Moore et de découvrir une nouvelle façon de représenter le problème de la formation des grandeurs économiques. L'histoire du diagramme du cobweb présente donc l'avantage de mettre en lumière ce nouveau rôle des mathématiques en tant que mode d'investigation des phénomènes économiques. En second lieu, elle permet de comprendre comment fut abordé la formalisation mathématique d'une des représentations du mode de formation des grandeurs économiques - prix et quantité. En effet, le diagramme du cobweb présente la particularité d'offrir la première perception mathématique de ce problème. Pour apprécier pleinement cette innovation, il faut se rappeler que l'économie politique ne faisait qu'explicitement la procédure à suivre pour obtenir des grandeurs d'équilibre (Cartelier [1990], 6-7). A titre d'exemple, Walras supposait l'existence d'un marché "organisé sous le rapport de la concurrence." Sur ce type de marché, les agents doivent se conformer aux règles suivantes : demander à l'enchère, offrir au rabais, suspension des échanges avant l'équilibre. Ce faisant, le marché walrassien décrit un tâtonnement qui ne s'interrompt qu'une fois parvenu à l'équilibre (Jaffé [1981], 261). Si l'on connaissait l'ensemble de règles suivies par un marché pour y parvenir, on ne trouvait par contre nulle explication théorique du processus engendré par ces règles et, par conséquent, du "chemin" précis qu'il devait emprunter. Depuis Edgeworth, cette

question était restée sans réponse jusqu'aux premières formulations du diagramme du cobweb. L'intérêt de ces premières formulations provient donc du fait qu'elles proposent d'appréhender la question de la formation des grandeurs économiques, non plus sous l'angle d'une procédure ou d'un ensemble de règles à suivre, mais sous l'angle du processus dynamique généré par ces règles.

Afin de faire apparaître ces deux enjeux, notre histoire du diagramme du cobweb débutera avec les travaux de Henry Ludwell Moore et de son disciple Henry Schultz consacrés à l'estimation des courbes d'offre et de demande. Ce point de départ nous permettra de montrer comment et dans quelle perspective surgit l'intuition fondatrice du diagramme du cobweb (**1. L'histoire d'une "inadvertance"**). Ensuite, nous étudierons la manière dont cette intuition est reprise par Henry Schultz, Umberto Ricci et Jan Tinbergen en prenant appui sur des raisonnements mathématiques pour donner les premières formulations du diagramme du cobweb (**2. Les premières formulations du diagramme du cobweb**).

1 L'histoire d'une "inadvertance"

En 1947, Samuelson remarquait à propos de l'ouvrage de Moore, *Synthetic Economics* (1929), que "[c]'est tout à fait par inadvertance, et probablement dans le but purement statistique d'établir l'élasticité de l'offre simultanément avec celle de la demande, que Moore supposa que la quantité offerte dépendait *du temps et du prix de la période précédente* " ([1947], 84). C'est grâce à cette "inadvertance" que Ricci [1930], Schultz [1930] et Tinbergen [1930] purent établir, mais "seulement incidemment" d'après Ezekiel ([1938], 256), les premières formulations du "théorème du cobweb" (Kaldor [1934], 134)¹. Les travaux de Moore, en filiation directe avec ceux de Walras et de Pareto que Moore connaît personnellement (Stigler [1962], 2), constituent donc le point de départ de cette histoire. Mais la singularité des travaux de Moore obligea Schultz, un de ses rares disciples, à expliciter ses intuitions². Les travaux de ces deux auteurs seront donc présentés successivement dans cette section, en ne retenant que ceux concernant la formulation du diagramme du cobweb³.

¹ Tinbergen cite pourtant en 1930 des travaux antérieurs (Donner [1930], Hanau [1928], Leontieff [1928] et Schultz [1928]) qui témoignent de l'existence d'un processus collectif de maturation du diagramme du cobweb.

² D'après Mirowski, Schultz s'éloignera par la suite des positions épistémologiques et théoriques de son professeur (Mirowski [1990], 605).

³ Pour une présentation plus complète des travaux de Moore, voir Stigler [1962], Christ [1985], Epstein [1987], Morgan [1990], Mirowski [1990], Raybaut [1991], Le Gall [1996]. Les travaux de Schultz tout comme ceux des acteurs majeurs de l'histoire de l'économétrie et de la théorie des cycles économiques de l'époque sont présentés dans Christ [1985] et Epstein [1987]. Remarquons seulement que Christ semble curieusement ne pas avoir connaissance de la contribution de Schultz à l'analyse du cobweb.

1.1. Moore et l'introduction du temps dans la fonction d'offre

Pour situer l'entreprise de Moore, il faut évoquer ici les deux principaux reproches adressés aux théories de l'équilibre dans la période de l'entre-deux guerres : leur caractère "statique" et leur "irréalisme". Ricci représente parfaitement ce courant critique⁴ : "toute la construction produit l'effet d'un palace enchanté qui émerveille par sa fantaisie, mais qui n'aide pas à résoudre les problèmes de logement. [...] la théorie reste abstraite et intangible" (Ricci [1924], 43). Avec son "Economie synthétique," Moore souhaite contrer ces critiques de deux manières (Moore [1929], 30-31): d'une part, en tentant de fonder empiriquement les équations d'offre et de demande, suivant en cela le projet de Cournot (Moore [1929], 50); d'autre part, en prenant en compte l'évolution dans le temps des phénomènes économiques et donc de l'équilibre. A cette enseigne,

"le nom *d'économie synthétique* implique : (1) l'usage d'équations simultanées pour exprimer le *consensus* de l'échange, de la production, de la capitalisation et de la distribution; (2) l'extension de l'usage de cette synthèse mathématique à la dynamique économique où toutes les variables dans les problèmes constitutifs sont traitées comme fonction du temps; et (3) [...] [de] donner aux équations des formes concrètes, statistiques. Avec ces implications, *l'Economie Synthétique* est simultanément déductive et inductive; dynamique, positive et concrète" (Moore [1929], 6).

Pratiquement, Moore va traiter conjointement les deux problèmes du réalisme et de la dynamique dans son économie synthétique pour fonder un "équilibre mouvant et réel" :

"Quand ces fonctions concrètes [et] dynamiques sont substituées, dans le raisonnement de Walras, à des fonctions hypothétiques [et] statiques, le nouveau système d'équation [...] détermine un équilibre mouvant, et l'analyse de Walras sur les oscillations d'un équilibre général statique devient pertinente pour une description des oscillations concrètes d'un équilibre général mouvant [et] réel" (Moore [1929], 153).

C'est dans ce contexte que Moore fut à l'origine de l'idée constitutive du cobweb, à savoir le décalage, dans le temps, de l'ajustement de l'offre face à la variation du prix.

L'idée d'un décalage dans le temps de l'effet du prix sur l'offre se rencontre dans un article datant de 1925⁵. Dans cet article, Moore explique sa tentative pour fonder "concrètement," c'est-à-dire statistiquement, les courbes d'offre et de demande (Moore [1925],

⁴ Moore sympathise, semble-t-il, avec ce courant critique comme le suggèrent certains passages relevés par Mirowski ([1990], 597-598) de l'ouvrage *Economic cycles : their law and cause* (1914). Voir également Epstein ([1987], 14).

⁵ En fait, Moore exprime cette idée dès 1914, mais sans s'en servir dans une perspective statistique pour pouvoir estimer simultanément les fonctions d'offre et de demande. Notons que Pareto, à la suite de Walras, développe également cette idée d'un délai d'ajustement de l'offre dans son *Cours* : "Mais s'il a acheté des machines pour doubler sa production, alors que la consommation n'augmentait pas dans cette proportion, il ne se résignera pas à réduire sa production immédiatement, et la perturbation de l'équilibre économique sera plus profonde et plus longue" (Pareto [1896], § 142, p. 19).

358)⁶. La nécessité d'affiner les résultats de ses travaux antérieurs l'oblige à s'intéresser à l'estimation de la fonction d'offre⁷ après avoir donné une forme controversée à la fonction de demande (Epstein [1987], 16)⁸. La tâche n'est pas simple puisqu'elle nécessite, schématiquement, de trouver d'abord la forme typique des courbes d'offre et de demande pour une marchandise donnée - la pomme de terre -, puis de leur donner une forme "concrète" en s'appuyant sur les séries statistiques dont on dispose⁹. En ce qui concerne le premier point, Moore considère que les courbes d'offre et de demande peuvent être caractérisées par les mêmes types d'équations. Il en retient principalement trois (Moore [1925], 357; [1929], 39) :

$$\begin{cases} \phi(x) = a \\ \phi(x) = a + \beta x \\ \phi(x) = a + \beta x + \gamma x^2 \end{cases}$$

Il s'agit, dans tous les cas, de fonctions à une seule variable où l'on suppose que les marchés peuvent être analysés séparément dans le cadre d'un équilibre partiel¹⁰. Par souci de commodité statistique, Moore les exprimera par la suite sous une forme log-linéaire (Raybaut [1991], 919) qui leur permet "d'être facilement fondées sur les observations par la méthode des moindres carrés" (Moore [1929], 100).

Pour donner une forme concrète à ces fonctions, Moore va s'appuyer sur des séries statistiques en utilisant la méthode des "ratios de long-terme" (*trend-ratios*) (Moore [1929], 42). Elle consiste à effectuer un premier traitement purement statistique des séries pour pouvoir ensuite estimer les courbes d'offre et de demande. La première phase proprement statistique s'apparente à un lissage des données puisque Moore rapporte chaque variable sur son "*trend*" ou sa tendance de long-terme (courbe qui représente le comportement moyen d'une variable dans le temps). Plus exactement, ce ratio de long-terme exprime le rapport de la valeur prise par une variable à l'instant t sur la valeur prise par son *trend* au même instant

⁶ Moore reprend cet article dans son ouvrage de 1929, principalement dans les chapitres IV (The Law of Supply) et V (Moving equilibria) de *Synthetic Economics*.

⁷ D'après Epstein, l'estimation de la courbe d'offre comporterait des enjeux plus politiques, puisque "la dérivation des courbes d'offre des industries a été un des problèmes majeurs pour les contrôleurs des prix durant la première guerre mondiale, problème qui n'était qu'imparfaitement résolu" (Epstein [1987], 18).

⁸ L'interprétation des travaux de Moore sur la question reste encore controversée à l'heure actuelle. Voir Epstein [1987], Mirowski [1990], Le Gall [1996].

⁹ Un des débats de l'époque porte sur l'estimation statistique de la courbe de demande, avec notamment les travaux des frères Holbrook Working [1925] et Elmer Working [1927], Schultz [1925], et bien entendu ceux de Moore.

¹⁰ Ce n'est qu'en 1929 que Moore intégrera plusieurs variables dans les fonctions d'offre et de demande, généralisant ainsi ses recherches dans le cadre de l'équilibre général.

(Moore [1929], 42)¹¹. De cette manière, "les ratios de long-terme des prix et des quantités de marchandises sont calculés, et ces ratios de long-terme constituent les données de base à partir desquelles les fonctions typiques sont estimées" (Moore [1929], 69). Moore trouve dans le *Yearbook of the Department of Agriculture* les données nécessaires pour recenser le prix et les quantités produites de pomme de terre aux Etats-Unis entre 1900 et 1913.

I Année	II Prix fermier de décembre (en Cents par boisseau)	III Production (millions de boisseaux)	IV Ratio prix de long-terme	V Ratio production de long-terme	VI Ratio prix de l'année précédente	VII Ratio production de l'année courante
1900	43.1	211	0.794	0.988
1901	76.7	188	1.397	0.810	0.794	0.810
1902	47.1	285	0.850	1.144	1.397	1.144
1903	61.4	247	1.094	0.932	0.850	0.932
(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)
1913	68.7	332	1.054	0.945	0.788	0.945
Moyenne	1.000	0.998	0.996	0.999

Tableau 1

Il les présente alors sous leur forme brute et corrigée dans un tableau (Moore [1925], 368; [1929], 94) où survient une particularité surprenante : le décalage d'une année introduit dans les ratios prix de la colonne VI (tableau 1). En commentant ce tableau en 1925, Moore se contente de mentionner ce décalage, sans véritablement l'expliquer : "La loi de l'offre est obtenue à partir des colonnes VI et VII. Dans la colonne VI, les ratios prix de long-terme qui sont donnés dans la colonne IV sont avancés d'une année" (Moore [1925], 367). Or ce décalage, introduit sans aucune justification apparente, signifie que l'offre est mise en corrélation, non plus avec le prix de la période courante, mais avec celui de la période précédente¹². La demande reste, quant à elle, reliée au prix de la période courante. Cette astuce

¹¹ La méthode paraît d'autant plus curieuse qu'elle suppose un comportement normal de la variable dans le temps puisque, d'après Ricci ([1930], 650), le *trend* s'apparente à l'interpolation d'une droite (ou d'une courbe) à partir d'un nuage de points. Le ratio de long-terme mesurerait ainsi l'écart de la valeur prise par une variable à un instant t par rapport à la valeur que devrait théoriquement prendre cette valeur au même instant. "La courbe ou la droite interpolée représente donc la tendance (ou le *trend*) et la courbe historique est, pour chaque ordonnée, la somme algébrique de la tendance de long-terme et de sa variation" (Ricci [1930], 650). Pour Epstein ([1987] 17), "chaque variable était mesurée comme le pourcentage d'une déviation par rapport à la tendance d'un polynôme".

¹² Moore formule pour la première fois cette idée en 1919 : "Nous supposerions que le mouvement des prix de l'année précédente est l'un des facteurs important conduisant les fermiers à augmenter ou diminuer le nombre d'arpents plantés. Si le prix du coton a baissé, moins d'arpents seront ensemencés dans cette culture ; et, d'un

technique permet à Moore de trouver deux corrélations différentes (et opposées) entre les prix et les quantités observés ($r = - 0,95$ pour la demande, et $r = + 0,80$ pour l'offre) (Moore [1929], 95-96) et donc de fonder les deux courbes de demande et d'offre (l'une décroissante, l'autre croissante). Elle permet surtout de contourner une difficulté statistique majeure lorsque l'on cherche à estimer deux courbes différentes à partir des mêmes données (Christ [1985], 44)¹³. Moore ne disposant en effet que d'observations sur les échanges effectifs, à des prix effectifs, il ne peut trouver empiriquement les "dispositions à l'enchère et au rabais des agents," pour reprendre la terminologie de Walras, qui fondent théoriquement les courbes de demande et d'offre. En l'absence de telles séries statistiques, on ne peut théoriquement pas estimer deux fonctions mathématiques distinctes (l'offre et la demande) à partir des mêmes variables (prix et quantité effectifs).

"Aucune méthode autre que celle des retards n'était disponible pour permettre l'estimation de deux courbes différentes, la demande et l'offre, à partir des mêmes données" (Epstein [1987], 19).

En décalant d'une année le prix qui influence l'offre, Moore se dote artificiellement d'une autre série statistique pour pouvoir résoudre ce problème statistique. De la sorte, il est en mesure de donner une forme concrète aux fonctions, respectivement $p_d = - 1,425x + 2,425$ pour la demande, $p_s = 1,222 x - 0, 222$ pour l'offre (Moore [1925], 370-371; [1929], 97). A ce titre, Moore n'introduit qu'implicitement un décalage temporel dans l'ajustement de la production à un prix en vigueur, puisque ce décalage n'apparaît pas formellement dans l'équation d'offre¹⁴. Si l'équation est empiriquement fondée sur ce décalage, elle n'en laisse rien paraître d'un point de vue formel. Grâce à ce décalage, Moore imagine le concept d'"équilibre mouvant":

autre côté, si les prix ont augmenté, il y a probablement une augmentation de la superficieensemencée" (Moore [1919], 560, cité par Stigler [1962], 14). Epstein suggère que Moore avait une interprétation économique précise de ce décalage temporel de l'effet du prix sur l'offre, même si l'on n'en trouve pas de trace explicite : "le prix retardé devait être interprété, dans le comportement des offreurs, comme le prix courant anticipé" (Epstein [1987], 18).

¹³ Il semblerait, d'après Hendry et Morgan [1995], que les travaux de Warning (1906) et de Lenoir (1913) aient été les premiers à soulever ce problème dit de "l'identification." Mais, l'article d'Elmer J. Working est considéré comme le véritable détonateur sur cette question (Malinvaud [1964], 664, Epstein [1987], 23-28). Elle revient à souligner que le nuage de point obtenu lorsque l'on reporte sur un graphique les observations sur les échanges "ne peut renseigner sur la forme de la courbe de demande" (Malinvaud [1964], 664). La raison en est simple : chaque point obtenu sur ce graphique représente la rencontre, pour une période donnée, entre l'offre et la demande, et donc un équilibre (Working [1927], 218). D'après certains commentateurs, ni Moore ni Schultz n'ont réussi à le traiter correctement dans leurs travaux (Christ [1985], 43-44; Stigler [1962], 13). L'existence d'un délai de production permet, en retardant une variable, de résoudre en pratique ce problème (Tinbergen [1930], 670; Malinvaud [1964], 666; Epstein [1987], 19).

¹⁴ Stigler ([1962], 16) et Christ ([1985], 44) prennent la liberté de présenter sous une forme dynamique - en indexant les variables par le temps - des équations qu'ils attribuent à Moore. Les deux auteurs laissent penser que Moore aurait explicitement daté ses variables alors que ce ne fut pas le cas dans ses équations mathématiques.

"Quand, par exemple, le ratio prix d'offre pour une année donnée était égal à l'unité, le ratio production de l'année suivante était égal à l'unité; et quand le ratio production de l'année suivante était égal à l'unité, le ratio prix de demande de la même année était égal à l'unité" (Moore [1925], 370).

Les variables reposant implicitement sur des valeurs datées, on peut alors concevoir que l'équilibre est lui-même dynamique, ou "mouvant". Or cet "équilibre mouvant" fournit les linéaments d'un raisonnement dont on se servira pour commenter le diagramme du cobweb lorsque le marché se trouve à l'équilibre¹⁵.

On trouve une explication théorique de ce décalage principalement dans le chapitre 2 de *Synthetic Economics*, dans lequel Moore aborde la question du processus marchand. La dimension temporelle des phénomènes économiques n'est pas traitée à titre d'incidence mais bien de front. En effet, Moore estime que le processus marchand doit s'appréhender dans la durée comme un mécanisme dans lequel "les forces [qui agissent sur les prix] prennent du temps pour être mises en action" (Moore [1929], 21). Sur un marché isolé comme sur l'ensemble des marchés, le prix résulte de la confrontation de l'offre et de la demande à un instant donné. Ce "prix de marché" n'est pas forcément celui qui égalise les coûts de production, prix correspondant cette fois-ci au prix "normal". Sur une période d'un an, par exemple, les prix de marché s'établissent en fonction de la demande,

"sans trop se préoccuper des coûts de production. Les prix qui en résultent sont des prix pour des équilibres provisoires. Ces équilibres provisoires génèrent des profits et des pertes qui surviennent de la différence entre prix et coûts de production, et ces profits et pertes deviennent l'aiguillon des ajustements économiques" (Moore [1929], 22).

Les forces du marché n'interviennent qu'en cas de différence entre prix normal et prix de marché. En cas d'excès du prix normal sur le prix de marché, l'industrie considérée développe sa production afin de pouvoir répondre, à la période suivante, à la demande qu'exprime potentiellement ce décalage. L'équilibre alors obtenu diffère selon la nature du prix. Le prix de marché permet d'atteindre un "équilibre provisoire" ("*tentative equilibrium*"), alors que le prix normal correspond à "l'équilibre final" qui s'obtient sur le long terme. Le caractère durable de

¹⁵ Une des difficultés rencontrées à la lecture des travaux de Moore provient du décalage entre le raisonnement qui se dégage du texte et le raisonnement mathématique utilisé. En effet, Moore inverse le sens des fonctions selon le type de raisonnement. Il suppose dans le texte que l'offre de la période courante dépend du prix de la période précédente, ce qui laisserait supposer une fonction mathématique du type $O_t = f(p_{t-1})$. Or, il s'appuie sur une représentation inverse (implicitement marshallienne) du processus marchand, dans laquelle la fonction d'offre s'écrit $P_S = f(Q)$, comme en témoigne la forme concrète qu'il donne à la fonction d'offre pour la pomme de terre : $p_S = 1,222x - 0,222$ (Moore [1929], 97). Ce décalage pourrait provenir d'une forme de syncrétisme de la part de Moore dû au ressentiment que lui inspire Marshall (Mirowski [1990], 599), ou encore d'une forme de pragmatisme typiquement américain (Epstein [1987], 14).

cet équilibre s'explique par le fait que le prix obtenu à l'équilibre "n'offre aucune incitation à changer le moindre facteur à l'équilibre" (Moore [1929], 22). La description du mécanisme fait donc intervenir explicitement la notion de durée d'ajustement définie la même année par Rosenstein-Rodan [1929]¹⁶. Les ajustements pourront se réaliser plus ou moins pleinement en fonction de la durée de la période considérée, selon que l'on raisonne à stock de machines donné ou non. Si l'ajustement s'effectue à l'aide de l'équipement technique existant, l'équilibre atteint ne saurait être que provisoire pour Moore. De ce fait, l'équilibre final de l'ensemble de l'économie ne peut être obtenu qu'à l'aide d'une modification de l'appareil productif, en supposant l'absence de nouvelles perturbations (Moore [1929], 23).

Cette explication théorique préfigure à maints égards le raisonnement qui accompagnera le diagramme du cobweb. En effet, on peut considérer que l'obtention d'un équilibre provisoire requiert l'égalisation du prix d'offre et du prix de demande et constituer ainsi le seul et unique prix de marché pour la période t . En ce sens, le marché atteint une situation d'équilibre provisoire puisque la quantité offerte ne correspond pas forcément à celle demandée.

"[T]oute divergence entre la demande et l'offre engendre une oscillation de réajustement. [...] [I]l est donc possible de voir comment des oscillations peuvent être engendrées ici par une divergence entre coût et prix" (Moore [1929], 171).

On peut alors imaginer que "l'équilibre final" serait celui vers lequel convergerait le processus décrit par le diagramme du cobweb, chaque point de ce processus correspondant à un équilibre provisoire. Le marché atteindrait l'équilibre final après un certain délai d'ajustement nécessaire pour résorber la perturbation initiale (comme, par exemple, le déplacement momentané de la courbe de demande résultant d'une modification des goûts des consommateurs). L'extrapolation s'arrête là puisque, d'une part, Moore n'a jamais conçu un tel diagramme¹⁷ et, d'autre part, l'ajustement décrit par Moore s'appuie sur une altération progressive des moyens de production contrairement au diagramme du cobweb qui suppose une courbe d'offre fixe.

Mais ce n'est pas par hasard si les trois concepteurs du diagramme du cobweb s'appuient tous sur les travaux de Moore pour en donner les premières formulations. La question des cycles économiques constitue en effet un des liens reliant les travaux de Moore à

¹⁶ Raybaut ([1991], 913-914) semble pourtant supposer que ces ajustements s'effectuent instantanément.

¹⁷ Stigler soutient que le système d'équation trouvé par Moore "est explosif dans l'analyse usuelle du cobweb, mais Moore n'a pas recherché sa stabilité" (Stigler [1962], 16). Christ ([1985], 44) reprend presque mot pour mot cette conclusion.

ceux des fondateurs du cobweb. Il suffit simplement de supposer que des nouvelles perturbations exogènes surviennent avant que le marché se soit complètement adapté à la perturbation initiale pour que se génèrent des cycles (Epstein [1987], 19). Les cycles économiques sont alors le résultat de séries de perturbations (récurrentes ou non) dont les effets (cumulés ou non) empêchent le système économique d'effectuer les réajustements nécessaires pour résorber chaque perturbation (Moore [1929], 167). Si le processus n'atteint jamais l'équilibre final, le système économique connaît des oscillations autour de la situation d'équilibre de longue tendance et se caractérise alors par un "équilibre mouvant"¹⁸. Par conséquent, le temps joue un rôle considérable dans l'explication que donne Moore du processus marchand : il donne une profondeur théorique à l'astuce statistique permettant d'estimer les courbes d'offre et de demande et de préfigurer les explications théoriques des cycles économiques que l'on retrouvera dans le diagramme du cobweb¹⁹.

1.2. La "méthode du retard" de Moore explicitée par Schultz

Les premiers travaux d'Henry Schultz, l'élève de Moore, vont consister à expliciter les intuitions de ce dernier. Schultz évoque ainsi deux problèmes auxquels doivent se confronter les théories de l'équilibre :

"[I]l est nécessaire de passer d'un équilibre statique à un équilibre mouvant. Ce problème comporte deux aspects : celui purement déductif ou mathématique, et l'aspect statistique. Le premier n'a pas encore été jusqu'à présent étudié avec succès, bien que des signes évoquent la possibilité du développement d'une économie dynamique dans les prochaines décennies. Le deuxième a été récemment résolu par le Professeur Henry Ludwell Moore" (Schultz [1928], Préface, p. viii).

L'étude de l'impact du temps sur les phénomènes économiques doit donc advenir "dans les prochaines décennies"²⁰. Schultz s'inscrit ici clairement dans la perspective tracée par Moore, tant en ce qui concerne la conception de la dynamique ("l'équilibre mouvant") que pour le rôle de la statistique. Il n'est donc pas étonnant de trouver dans son premier ouvrage, *Statistical Laws of Demand and Supply* (1928), un prolongement des travaux de Moore. Le problème de l'estimation de l'offre figure parmi ces développements; le traitement qu'en fait Schultz permet d'éclairer un certain nombre de points obscurs du raisonnement de Moore, notamment en ce

¹⁸ C'est peu ou prou l'idée que développe Rosenstein-Rodan pour expliquer la formation des prix (Rosenstein-Rodan [1929], 131; [1934], 91).

¹⁹ Remarquons que cette inadvertance s'étale sur plus d'une dizaine d'années, puisque sa première formulation date de 1914 et qu'on la retrouve tout au long des travaux de Moore jusqu'en 1929.

²⁰ Schultz adopte ici une ligne de défense classique (Machlup [1966], 192) lorsque l'on reproche à une théorie de ne pas pouvoir rendre compte d'un phénomène - en l'occurrence le temps. La théorie peut être fautive en l'état, mais ne le sera plus lorsque l'on aura résolu le problème.

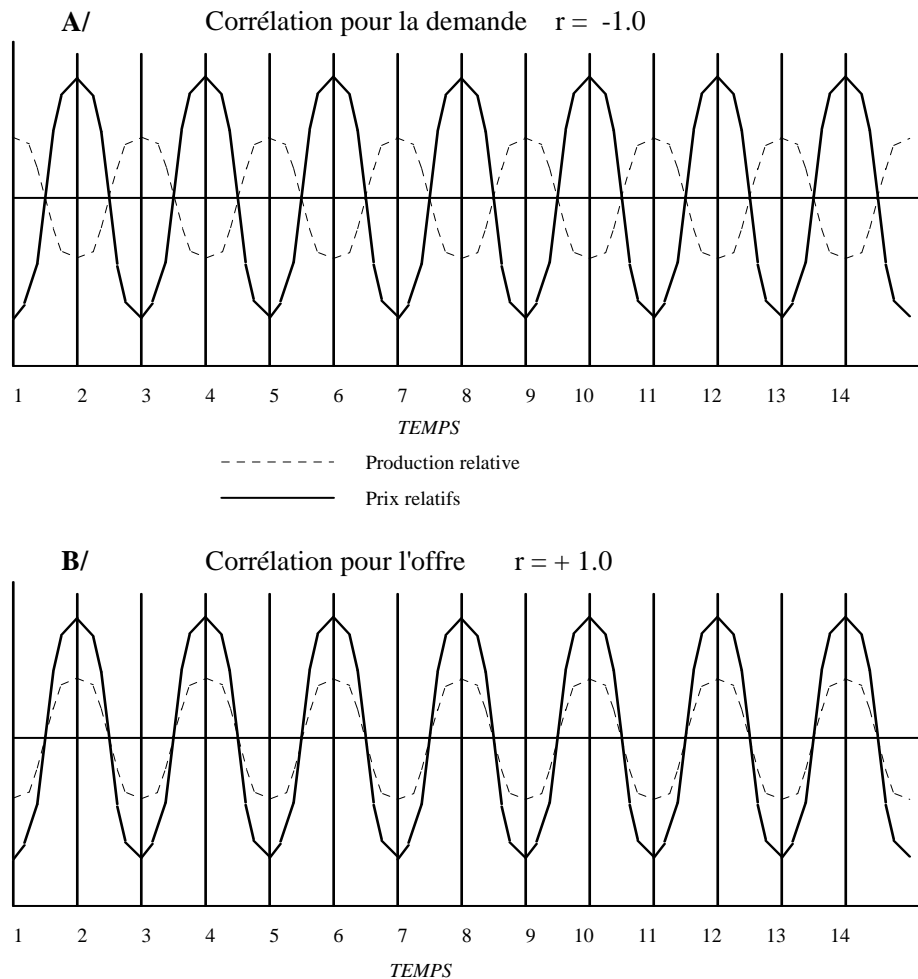
qui concerne son procédé statistique qualifié de "méthode du retard". De fait, le "Professeur Moore ne donne pas une explication détaillée de sa méthode" (Schultz [1928], 136). Or l'explicitation de ce procédé statistique conduira Schultz au diagramme du cobweb. La présentation du raisonnement de Schultz nous permet donc de suivre les fils qui conduiront à la formulation de ce diagrammes et d'en souligner l'origine statistique.

Moore avait pu obtenir, grâce à ce procédé, deux droites (ou deux courbes) correspondant au schéma traditionnel de rencontre d'une offre et d'une demande. Ces deux droites se justifiaient par des coefficients de corrélation importants entre les variables prix et quantité : $r = - 0,95$ pour la demande, et $r = + 0,80$ pour l'offre, lorsque l'on décalait les prix d'une année (Moore [1925], 368). Afin d'explicitier ce résultat surprenant, Schultz ([1928], 136) va construire une situation idéale dans laquelle

"[o]n suppose qu'il existe une corrélation parfaite négative ($r = - 1,0$) entre les prix relatifs et la consommation relative d'une marchandise pour des "points" temporels identiques. Nous pouvons obtenir une courbe de demande parfaite à partir de deux séries parfaitement corrélées de ce type, c'est-à-dire, une courbe à pente négative qui décrit toutes les observations, sans exception" (Schultz [1928], 133).

Par ailleurs, Schultz suppose qu'il existe une corrélation parfaite ($r = + 1,0$) entre le prix de la période courante et la production de la période suivante. "On peut obtenir une courbe d'offre parfaite [...], c'est-à-dire, une courbe d'offre à pente positive qui décrit toutes les observations" (Schultz [1928], 133). Puisqu'il ne peut y avoir qu'un seul prix au même moment, le prix de demande est nécessairement égal au prix d'offre. Mais cette situation parfaite n'est possible que si les séries choisies sont toutes deux "des fonctions périodiques du temps" (*ibid.*). En effet pour que le procédé de Moore ou sa "méthode du retard" permette l'estimation simultanée d'une courbe d'offre et d'une courbe de demande, il faut supposer que les variables retenues (prix et quantité produite) connaissent une évolution cyclique en fonction du temps et que ces cycles soient parfaitement réguliers²¹. Ce faisant, en décalant d'une demi-période le cycle des prix par rapport à celui de la production, on inverse le signe de leur corrélation. D'une corrélation négative parfaite (la demande), on passe à une corrélation positive parfaite (l'offre) comme l'illustrent les graphiques suivants (Schultz [1928], 134) :

²¹ Schultz suit en cela un cas évoqué par Working : "tant que les déplacements des courbes d'offre et de demande restent corrélés dans le même sens, et tant qu'elles se déplacent approximativement selon une même amplitude, la courbe de régression du prix sur la quantité peut être utilisée comme moyen d'estimer les prix à partir des quantités"(Working [1927], 227).



On constate, dans le cas du graphique A, que les deux variables connaissent un cycle de périodicité identique, mais inversé. Lorsque la production de la période courante est faible, le prix de la période courante est élevé, et réciproquement. Cette corrélation négative parfaite permet bien d'obtenir une courbe de demande décroissante en fonction des prix. Dans le graphique B, on retrouve les mêmes variables, avec la même périodicité, mais décalées dans le temps d'une demi-période (une année). Les cycles sont alors parfaitement en phase, avec un coefficient de corrélation de $r = +1,0$. Lorsque le prix de la période précédente baisse, la production de la période courante baisse dans une moindre proportion, et réciproquement en cas de hausse du prix. On retrouve une courbe d'offre croissante en fonction des prix à partir de ces deux séries. De ce fait, deux courbes différentes peuvent être estimées à partir de deux séries statistiques tout comme le suggérait Moore.

Grâce à cet exemple, Schultz montre comment l'on peut retrouver les conclusions de Moore à partir de sa méthode du "retard". De plus, le travail de Schultz met en lumière un certain nombre d'hypothèses implicites qui seraient susceptibles d'être levées. Il rappelle ainsi que l'offre comporte la particularité de nécessiter un délai pour être mise en oeuvre. C'est cette

particularité qui, pour Schultz, rend l'offre plus difficile à estimer que la demande (Schultz [1928], 130). En effet, comment estimer l'offre lorsqu'on ne sait pas *a priori* quel prix influence la production : s'agit-il du prix de la période présente, de celui de la période passée, voire de celui de la période future ? (Schultz [1928], 131) De fait, il existe deux manières d'obtenir une corrélation positive entre prix et quantité en utilisant la méthode du retard : "soit en "retardant" les prix, soit en "retardant" la production" (Schultz [1928], 132). Le simple recours à la méthode statistique ne permet pas toujours de trancher entre ces alternatives, comme l'illustre l'exemple précédent. Dans l'exemple fourni par Moore, Schultz considère que l'hypothèse d'une production "retardée" - l'influence de la production de la période précédente sur le prix de la période courante - a été à juste titre évincée en raison de son faible coefficient de corrélation ($r = + 0,38$) (Schultz [1928], 137). Mais d'un point de vue général, cette hypothèse ne saurait être écartée *a priori*, surtout lorsque la marchandise en question n'est pas périssable et susceptible d'un commerce international²². Il faut alors recourir à des "évidences externes", "c'est-à-dire que [les résultats statistiques] doivent admettre une explication raisonnable en termes de technologie de l'industrie ou de la marchandise considérée" (Schultz [1928], 132). Le traitement théorique des marchés des produits agricoles - rapidement périssables - conduit ainsi à "retarder" le prix plutôt que la production; les marchés des biens durables peuvent, au contraire, être correctement analysés lorsque l'on choisit de "retarder" la production plutôt que le prix.

Il apparaît, au regard de ces derniers développements, que Schultz et Moore réfléchissent sur l'introduction du temps dans l'analyse économique, y compris du point de vue théorique même si la perspective s'avère avant tout statistique. Puisque les phénomènes économiques s'inscrivent dans la durée, la volonté de fonder empiriquement les courbes d'offre et de demande incite ces deux auteurs à intégrer le temps dans la théorie économique. La notion d'équilibre mouvant est alors tout autant un concept théorique, destiné à fournir une analyse dynamique d'un processus marchand, qu'un concept technique permettant de donner un contenu empirique ou statistique aux fonctions d'offre et de demande. Afin d'illustrer ce concept par un exemple, Schultz s'appuie sur le cas du marché du sucre qu'il reprendra en 1930 :

"lorsque, par exemple, le prix relatif de l'offre pour une année donnée était de 1.001, la production relative de l'année suivante était de 1.043; et lorsque la production

²² Schultz reprend ici l'argument de Working ([1927], 223).

relative de cette année était de 1.043, le prix relatif de demande pour la même année était de 1.001" (Schultz [1928], 167).

Il s'agit d'un exemple similaire à celui utilisé par Moore pour montrer comment un marché peut dynamiquement rester à une situation d'équilibre. Il met en scène un schéma d'ajustement temporel de l'offre et de la demande reposant sur une conception dynamique du comportement des acteurs, notamment de l'offre. On trouve dans ce raisonnement toutes les hypothèses nécessaires à la formulation du cobweb : un ajustement instantané de la demande, un ajustement retardé de l'offre, et une égalité à tout instant du prix d'offre et du prix de demande²³. Il n'y a donc rien d'étonnant à ce que Schultz reprenne ce raisonnement, deux ans plus tard, pour formuler le diagramme du cobweb. Il lui suffira de partir non plus d'une situation d'équilibre mais d'une situation de déséquilibre, engendrée par un déplacement de la courbe d'offre. Mais la perspective sera toujours statistique : il s'agira de reprendre la "méthode du retard" de Moore afin d'explicitier la manière dont on peut estimer les deux courbes d'offre et de demande à partir de deux séries statistiques.

2 Les premières formulations du diagramme du cobweb

Contrairement à ce que suggèrent de nombreux commentateurs (Stigler [1962], Christ [1985], Epstein [1987], Mirowski [1990]), l'histoire du cobweb ne s'arrête pas à son ébauche dans l'oeuvre de Moore. Les écrits de Moore sont en effet suffisamment obscurs pour mériter quelques éclaircissements comme en témoignent, on l'a vu, les travaux de Schultz. Notamment, le concept d'équilibre mouvant de Moore intrigue ses contemporains. Ricci remarque ainsi :

"Quand dans une année le prix d'offre est égal à 1 (c'est-à-dire quand dans une année l'offre est égale à 1 et par conséquent également le prix de demande égal à 1), la production de l'année suivante sera de 1, à l'égal du prix de demande 1. C'est tout ce qu'indique Moore, dans ses travaux, sur l'équilibre (voir p. 98); ces indications sont certes trop succinctes" (Ricci [1930], 654).

Les premières formulations du diagramme du cobweb (Schultz [1930], Ricci [1930], Tinbergen [1930]) viennent donc fournir cette explication. Ces premières formulations nous intéressent pour la simultanéité de leur date de publication. Cette simultanéité confirme d'abord que le diagramme du cobweb était bien en latence dans les travaux de Moore. Elle

²³ Schultz, tout comme Moore, raisonne apparemment dans un cadre formel "marshallien", dans lequel les quantités figurent sur l'axe des abscisses, et les prix sur l'axe des ordonnées. Cette inscription marshallienne sera par la suite explicitement revendiquée par Schultz ([1938], 73). Tinbergen, comme on le verra plus tard, est le seul à formuler le diagramme du cobweb dans un cadre walrassien où ce sont les prix qui figurent sur l'axe des abscisses.

révèle ensuite ce qui relie ces travaux aux premières formulations du diagramme. Le lien s'avère avant tout mathématique, puisqu'une seule et même représentation géométrique émerge de ces travaux aux orientations divergentes. Le diagramme du cobweb résulte, nous semble-t-il, d'un raisonnement mathématique conduit sur des variables économiques. En cela, Schultz, Ricci et Tinbergen ont suivi un mode d'investigation mathématique des phénomènes économiques.

Les préoccupations différentes de chacun de ces auteurs viennent renforcer cette hypothèse. Schultz, on l'a vu, se place en disciple de Moore et cherche donc à restituer la cohérence des travaux de ce dernier. Il montre ainsi que le diagramme du cobweb permet de justifier théoriquement l'estimation des courbes d'offre et de demande. Ricci poursuit sa critique de l'économie néoclassique dont les travaux de Moore constituent, à ses yeux, l'un des derniers avatars. La configuration "explosive" d'un diagramme du cobweb vient souligner, selon lui, l'"irréalisme" de ces travaux. Ce faisant, Ricci soulève le premier le problème de la stabilité de l'équilibre. Tinbergen est animé par des motifs plus politiques et souhaite fournir des instruments statistiques au projet d'une planification socialiste. Il s'inscrit ainsi dans une démarche statistique similaire à celle de Schultz. Des trois auteurs, Tinbergen explicite le moins les équations qu'il utilise et vient confirmer la prééminence des mathématiques en tant que procédé d'investigation dans l'histoire du diagramme du cobweb.

2.1. Schultz et le problème de l'estimation des courbes d'offre et de demande

Schultz poursuit en 1930 son travail d'explicitation des thèses trop souvent "implicites" de Moore (Schultz [1938], 81)²⁴. Ce faisant, il est conduit à poursuivre mathématiquement les travaux statistiques de Moore. Cet article de 1930 de Schultz témoigne ainsi de l'existence d'un lien direct entre les travaux de Moore et la formulation du diagramme du cobweb. Il s'agit, dans cet article, de montrer comment l'on peut obtenir théoriquement deux courbes à partir des mêmes données observées.

"Puisque les données statistiques - les séries temporelles des prix et des quantités - sont toujours prises en tant que coordonnées des points d'intersections d'une courbe de demande avec une courbe d'offre, la question [...] peut être reformulée ainsi : Est-il possible de déduire statistiquement la courbe de demande (ou d'offre) théorique quand nous ne connaissons que les coordonnées, à différents moments dans le temps, des points d'intersections de la courbe (inconnue) de demande théorique avec la courbe (inconnue) d'offre théorique ?" (Schultz [1930], 28, [1938], 72)

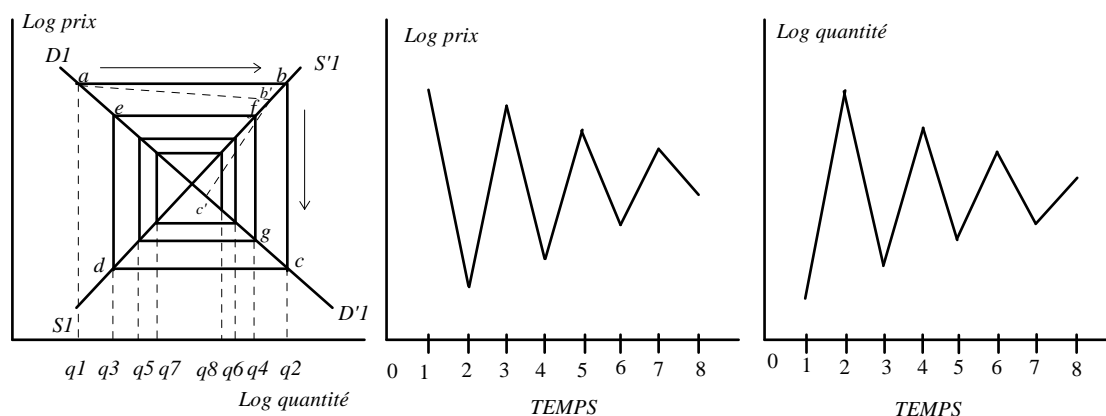
²⁴ Les principaux passages de l'article de Schultz [1930] ont été traduits en anglais dans son livre de 1938 *The theory and measurement of demand*. L'article étant introuvable en France, les citations renverront aux pages de l'article, puis à celles du livre. Ex. : Schultz [1930], 34, [1938], 79.

Schultz envisage une solution possible à ce problème en s'appuyant sur la méthode du retard développée par Moore. L'estimation des deux courbes d'offre et de demande s'avère en effet possible si l'on retient le cadre hypothétique suivant : H1/ l'offre et la demande d'une marchandise donnée sont indépendantes des offres et des demandes concernant toutes les autres marchandises. H2/ Les conditions d'offre et de demande pour la marchandise considérée sont invariables dans le temps. Cela revient à supposer que les deux courbes d'offre et de demande restent constantes pendant toutes les périodes analysées. H3/ Les conditions de production de cette marchandise sont telles que le prix, pour une année - ou toute période fixe - donnée, ne provoque une variation de la production que l'année - ou la période - suivante. H4/ Le producteur réagit mécaniquement à un changement donné du prix. La quantité qu'il produit est en effet optimale si le prix courant reste le même la période suivante. H5/ La quantité produite de cette marchandise est toujours intégralement consommée dans l'année - ou la période - courante. H6/ Le marché doit être dans une situation de déséquilibre de manière à engendrer un processus d'ajustement dans le temps susceptible d'être observé. Ce processus est en effet le seul moyen, pour le statisticien, d'obtenir des observations sur les courbes d'offre et de demande puisque, à l'état d'équilibre, le marché reproduit toujours la même configuration - le même point d'équilibre - de période en période (Schultz [1930], 33 [1938], 77). Si ces conditions sont remplies, "il est possible de déduire ces deux courbes à partir des mêmes données de prix et de quantité" (*ibid.*).

La démonstration proposée par Schultz consiste d'abord à élaborer une configuration théorique conforme à ces conditions, en l'occurrence le diagramme du cobweb. Schultz retient pour cela un cadre formel de type marshallien, dans lequel les deux courbes (qui sont en fait des droites) sont établies indépendamment du temps conformément à l'hypothèse H1 et H2. Il montre qu'en respectant les hypothèses H3, H4 et H5, le processus marchand s'amorce à partir de la situation de déséquilibre suivante (H6) :

"Soit oq_1 la quantité produite et disponible pour une année donnée. Puisque cette quantité est inférieure à la quantité d'équilibre, le prix de demande sera aq_1 . Mais ce prix élevé va générer, par hypothèse, la production oq_2 l'année suivante. Quand une telle quantité produite parvient sur le marché, le prix de demande va baisser jusqu'à cq_2 . Cela réduira la production dans la troisième année à oq_3 . Le prix augmentera alors jusqu'à eq_3 . Ce processus, qui se met en marche dès que l'équilibre est perturbé, continuera jusqu'à ce que l'équilibre soit de nouveau atteint" (Schultz [1930], 34, [1938], 77).

Il s'agit là d'un des rares commentaires économiques accompagnant la représentation mathématique suivante de ce processus marchand (Schultz [1930], 34, [1938], 79) :



Le premier diagramme montre le cheminement qu'emprunte le marché pour parvenir à une situation d'équilibre²⁵. Les deux autres décrivent des séries statistiques de prix et de quantités dont les coordonnées coïncident avec chaque étape du diagramme du cobweb. Les deux séries statistiques se caractérisent par des oscillations cycliques d'ampleur décroissante, générant ainsi un diagramme du cobweb de type convergent. Remarquons que Schultz, en 1930, n'envisage pas la possibilité qu'un processus marchand puisse ne pas converger vers un équilibre stable²⁶.

Schultz relève ensuite que chaque étape de ce processus permet de caractériser les deux courbes d'offre et de demande.

"Le résultat intéressant de ce processus est qu'il donne lieu à une série d'observations sur les *deux* courbes (inconnues). Ainsi les points *a* et *c* sont des observations de la courbe de demande, alors que les points *b* et *d* sont des observations de la courbe d'offre" (Schultz [1930] 34, [1938], 78).

En effet, le point *a* a pour coordonnées le couple $(q_1; p_1)$, *b* le couple $(q_2; p_1)$, *c* $(q_2; p_2)$, *d* $(q_3; p_2)$, *e* $(q_3; p_3)$, etc.. Les points *a*, *c*, *e*, ... se caractérisent par la simultanéité des prix et des quantités, alors que les points *b*, *d*, *f*, ... se caractérisent par un décalage dans le temps entre prix et quantité. Le synchronisme des premiers renvoie par hypothèse au comportement de la demande, alors que le décalage d'une période des seconds concerne par hypothèse l'offre. Les deux séries temporelles du prix et de la quantité échangée servent à l'établissement de deux courbes grâce au décalage temporel caractérisant par hypothèse l'ajustement de l'offre aux

²⁵ Notons que Schultz envisage la possibilité que les producteurs ne réagissent pas aussi mécaniquement qu'il le suppose en H4. Ils peuvent en effet anticiper une partie de l'évolution probable du prix, et produire en conséquence. Plutôt que de suivre *ab, bc* ... , "le processus est plus approximativement celui indiqué par la ligne en pointillée *ab', b'c'*, etc." (Schultz [1930], 35, [1938], 78). Cette hypothèse produit un cobweb de type amorti qui converge plus rapidement vers l'équilibre.

²⁶ Les deux autres cas ("cyclique" et "explosif") seront traités en 1938, mais à titre secondaire (Schultz [1938], 78).

variations de prix (Schultz [1930], 35, [1938], 78). Il rejoint ici les résultats de son ouvrage de 1928 dans lequel la (présente) méthode du retard permettait d'estimer les deux courbes. On retrouve la même inversion des cycles de prix et de quantité (illustrée par le graphique ci-dessus) qui permettait d'inverser le sens de corrélation entre les deux séries et le même exemple d'application à l'industrie du sucre. A cette différence près que Schultz justifie ce procédé, en 1930, par une représentation théorique du processus marchand dont les manifestations sensibles permettent de retrouver les courbes d'offre et de demande.

Si une place est accordée à la justification théorique du diagramme, l'important est ailleurs, pour Schultz :

"[L]'importance d'une telle relation de demande-offre réside dans le fait qu'elle admet une vérification statistique sans détour" (Schultz [1930], 35 [1938], 78).

Et Schultz d'insister sur ce point huit ans plus tard :

"[Q]u'il existe ou non une tendance à l'établissement d'un équilibre entre demande et offre, et que les étapes par lesquelles l'équilibre est atteint soient nombreuses ou pas, le plus important pour notre propos est le fait que le processus d'ajustement fournit des observations sur les deux courbes de demande et d'offre" (Schultz [1938], 78).

Le diagramme du cobweb sert avant tout, pour Schultz, à rendre possible l'estimation des courbes d'offre et de demande, alors même qu'il incarne une des premières formalisations mathématiques d'un processus marchand. Au regard de cette primeur, la brièveté du commentaire économique peut surprendre. Ainsi, lorsque Schultz suppose que la quantité offerte est égale, à tout instant, à la quantité consommée, il suppose implicitement la formation d'un prix de marché assurant cette égalisation. Or la formation de ce prix n'est ni décrite, ni, plus généralement, articulée avec le cadre d'analyse standard de l'époque. Il faut attendre l'article de Kaldor [1934] pour soulever explicitement ce problème d'articulation. Le travail de Schultz représente donc avant tout un effort théorique permettant de justifier un procédé statistique.

2.2. Ricci et la critique de la représentation mathématique d'un processus marchand

Le ton emprunté par Ricci [1930] à l'égard de Moore est nettement plus ironique et critique que celui de Schultz²⁷. Ricci ne voit en Moore et son "économie synthétique" qu'un "synonyme «d'économie mathématique», «d'économie reine» ou «d'économie rationnelle»". Sa volonté de fonder statistiquement ses résultats se réduit aux yeux de Ricci à "un fantasme"

(Ricci [1930], 649). Le concept d'équilibre mouvant constitue la principale cible des critiques de Ricci.

"Qu'un équilibre (ou déséquilibre) d'une année est lié à celui de l'année suivante est un progrès pour lequel nous devons remercier Moore. Mais - ce que nous voulons souligner - l'équilibre [mouvant] de Moore n'en finit pas d'être hypothétique.[...] Dans la réalité par contre, ces grandeurs normales ou de tendances longues ne seront jamais ou presque jamais atteintes. Au lieu de cela il se produit des irrégularités plus ou moins grandes" (Ricci [1930], 657-658).

Ricci va se servir du diagramme du cobweb pour démontrer l'irréalisme des conclusions de Moore. En effet, en reprenant les statistiques de Moore sur la pomme de terre aux Etats-Unis et les équations de ce dernier, Ricci montre que cette industrie serait soumise à un "destin tragique" si l'on devait se fier à l'"économie synthétique" :

"L'économie américaine, au moins en ce qui concerne la pomme de terre, est alors à la merci du destin tragique d'un déséquilibre croissant. [...] Quand on regarde les chiffres du tableau 1 [statistiques tirées de Moore (1929)], on n'a certainement pas l'impression que la production et le prix des pommes de terres aux Etats Unis seraient irrévocablement condamnés à un déséquilibre croissant [...]" (Ricci [1930], 655, 657).

En fait, l'intérêt de l'article de Ricci provient précisément de sa manière de présenter l'argumentation de Moore. En effet, en se contentant de suivre platement le raisonnement de ce dernier, Ricci nous permet de comprendre comment trois auteurs ont pu simultanément présenter leur propre version du diagramme du cobweb sans se concerter. Pour appréhender la notion d'équilibre mouvant, ces auteurs ont repris les deux équations des courbes d'offre et de demande estimées par Moore en appliquant son raisonnement, mais avec de nouvelles hypothèses. En raisonnant dynamiquement à l'équilibre, Moore n'expliquait pas ce qui se passait en dehors de cet équilibre. Ainsi,

"[q]uand dans une année le prix d'offre est égal à 1 (c'est-à-dire quand dans une année l'offre est égale à 1 et par conséquent également le prix de demande égal à 1), la production de l'année suivante sera de 1, à l'égal du prix de demande 1. C'est tout ce qu'indique Moore, dans ses travaux, sur l'équilibre" (Ricci [1930], 654).

C'est donc en voulant aller "plus loin" que Ricci propose de supposer que la production baisse de 20 % pour passer de 1 à 0,8. En appliquant le même raisonnement et les mêmes équations que Moore, Ricci trouve des valeurs de plus en plus éloignées de l'équilibre qu'il recense dans

²⁷ Notons, pour la petite histoire, que l'article de Ricci ("«L'Economie Synthétique» de H.L. Moore") a été traduit en allemand par Oskar Morgenstern.

un tableau²⁸. Le raisonnement mérite d'être cité puisqu'il s'agit du seul commentaire "économique" du cobweb que l'on peut trouver à cette époque :

"Supposons que dans une année l'offre (la production) s'abaisse de 20% à 0,8. A quel prix sera-t-elle vendue ? L'équation (1) donne un prix de 1,285. Quelle sera à ce prix la production pour l'année suivante ? L'équation (4) donne 1,233. Puisque dans l'année suivante la production est effectivement de 1,233, à quel prix sera-t-elle vendue ? L'équation (1) donne : 0,668" (Ricci [1930], 654).

Ce commentaire se révèle pourtant des plus sommaires : il ne donne pas d'explication sur la manière dont se forment les prix, ni sur les raisons qui incitent l'offre à fournir un niveau de production adapté au prix de la période précédente. Le cheminement intellectuel conduisant au diagramme du cobweb s'avère en fait mathématique, comme le suggéraient les travaux de Schultz. En effet, Ricci reprend les équations de Moore en faisant varier ses paramètres pour ensuite en examiner les conséquences. Les variables ayant une signification économique, le raisonnement suivi consiste à mener une investigation mathématique des phénomènes économiques. En cela, il ne s'agit pas d'une réflexion purement mathématique menée par un économiste, mais au contraire d'une réflexion d'économie mathématique, dans laquelle les éléments du raisonnement - économiques - sont conduits mathématiquement. En ce sens, les mathématiques servent de moyen à l'économiste pour arriver à un résultat théorique. Jusqu'à présent, l'économie mathématique s'était surtout appuyée sur des analogies avec la science physique pour importer des concepts mathématiques en économie. Ménard considère ainsi que, pour Walras, la mécanique classique et ses mathématiques "forme[nt] réellement toute la structure et la conceptualisation des *Eléments*" (Ménard [1990], 101). Ricci témoigne au contraire, avec le diagramme du cobweb, d'une invention mathématique d'un concept économique. Nulle analogie physique ne préside à son raisonnement mathématique. En suivant cette méthode d'investigation mathématique des phénomènes économiques, Ricci soulève un nouveau problème en économie : celui de la stabilité de l'équilibre décrit par Moore.

Dans le cadre théorique de l'époque, la stabilité de l'équilibre ne posait pas trop de problèmes selon Ricci :

"[I]a théorie à laquelle on était habitué jusqu'à présent était valable pour un équilibre stable. Quand dans une année l'offre est rare, le prix augmente, il se forme un profit-extra qui stimule la production, l'offre s'accroît et le prix décroît" (Ricci [1930], 655).

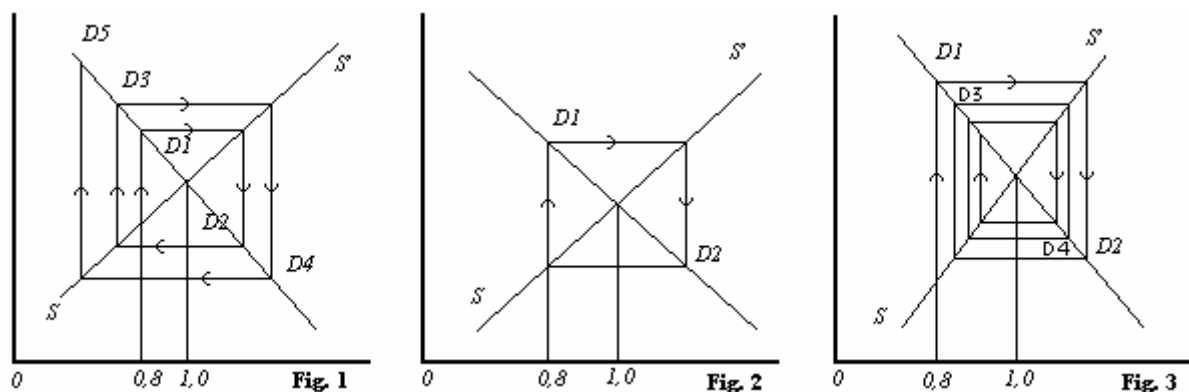
²⁸ Pour mémoire, les deux équations trouvées par Moore sont : (1) $p_d = -1,425x + 2,425$, et (4) $p_s = 1,222x - 0,222$.

D'après cette théorie, les oscillations engendrées par le processus marchand tendent "vers une égalisation et à l'accomplissement d'un équilibre" (Ricci [1930], 655). Avec l'hypothèse du cobweb par contre,

"l'équilibre, une fois perturbé, est aussitôt à jamais perdu.[...] Cela provient de la pente propre des deux droites d'offre et de demande, et le phénomène survient, quelle que soit l'hypothèse de départ" (Ricci [1930], 655-656).

Le résultat est paradoxal : alors que les cycles observés ne sont pas explosifs, les courbes estimées à partir de ces mêmes données engendrent un cobweb explosif (Ricci [1930], 657)²⁹. Dès lors, Ricci va explorer les différents cas de figure afin de trouver quelle configuration de l'offre et de la demande permet de retrouver un équilibre stable puisque, à ses yeux, la réalité économique est fondamentalement stable.

En résultent les graphiques suivants comprenant les trois configurations possibles (Ricci [1930], 656) :



Ricci raisonnant dans un cadre formel marshallien, l'ajustement des grandeurs économiques se fait dans le sens des aiguilles d'une montre³⁰. Le raisonnement économique de Ricci suppose que le prix adopté à tout instant sur le marché résulte du rapport de force quantitatif entre l'offre et la demande. Il en résulte, en suivant la règle dit du "côté court," le mécanisme d'ajustement suivant : en partant (par hypothèse) d'une quantité produite inférieure à la quantité d'équilibre, le prix d'offre permettant de rentabiliser cette production est nettement inférieur à celui auquel la demande est prête à accepter la quantité produite. Le prix de marché qui en résulte pour la période courante témoigne de ce rapport de force. Les transactions s'effectuent donc à cette quantité et à ce prix d'équilibre provisoire. A ce prix, les

²⁹ Ce décalage entre théorie et observation constituera pour longtemps une énigme théorique. Nerlove [1958], suivi par d'autres chercheurs, se confrontera à ce problème en adoptant de nouvelles hypothèses sur les anticipations formées par les agents, mais sans être véritablement conclusif (Pashigian [1987], 463-4).

³⁰ Dans la section suivante, Tinbergen raisonne dans un cadre walrassien, dans lequel les prix figurent en abscisse et les quantités en ordonnée. L'ajustement des variables se fait alors en sens inverse.

entrepreneurs calculent qu'ils pourraient augmenter davantage leur profit en augmentant leur production et les quantités offertes pour la période suivante. Si "le nouveau prix laisse encore subsister un profit - bien qu'il soit plus près que le précédent - , cela signifie que l'offre ne s'est pas suffisamment accrue, et [que] le processus doit se poursuivre" (Ricci [1930], 655). La période suivante, les entrepreneurs se présentent sur le marché avec leurs stocks de marchandises produites en proposant le prix de la période précédente. Cette fois-ci, la demande se retrouve en position de force et impose donc son prix pour les transactions. Ainsi, "le nouveau prix est tombé en dessous du prix d'offre ce qui occasionne une perte, ce qui signifie que l'offre a trop augmenté" (Ricci [1930], 655). Le processus se poursuit de période en période, en convergeant - ou divergeant - vers la situation d'équilibre selon la pente des courbes d'offre et de demande³¹.

Pour Ricci, seuls les deuxième et troisième cas sont logiquement concevables. Il considère ainsi que Moore n'a pas su préserver sa théorie de l'irréalisme d'une situation instable :

"Cette critique nous montre combien est délicat le choix des courbes d'offre et de demande. [...] Alors que [Moore] faisait tant d'hypothèses, qu'il montrait tant de précaution, et qu'il considérait [l'équilibre mouvant] pour particulièrement important, il n'a pas satisfait l'exigence beaucoup plus vitale, que son équilibre devait être stable" (Ricci [1930], 657).

En fait, ce commentaire vient révéler une difficulté inédite soulevée par le nouveau rôle des mathématiques en économie. Il suppose en effet que le raisonnement mathématique conduise à l'identification de phénomènes économiques ou, en d'autres termes, que les conclusions mathématiques renvoient à un signifié économique. Or, comme le souligne implicitement Ricci en se référant à Moore, ce moment de l'identification fait parfois défaut³². Traduit dans les termes de Ricci, l'instabilité de l'équilibre ne peut être qu'une hypothèse mathématique "irréaliste" puisque sans correspondance avec les phénomènes économiques.

L'article de Ricci constitue une étape significative dans l'histoire des théories expliquant la formation des grandeurs économiques, puisqu'il s'agit de la première démonstration mathématique de la possibilité de l'instabilité d'un processus marchand. Mais cet article - conjointement à ceux de Schultz et de Tinbergen - acquiert une autre signification en regard de l'histoire de l'utilisation des mathématiques en économie. S'il n'est peut-être pas

³¹ Kaldor reprendra cette configuration du cobweb sans y ajouter beaucoup plus de commentaires que Ricci.

³² De nombreuses critiques vont en effet souligner le caractère approximatif du raisonnement économique implicite au cobweb. Voir Coase et Fowler [1935], Buchanan [1939] ou encore Waugh [1964].

le tout premier, il témoigne de l'introduction de nouveaux procédés de recherches en économie. La contribution de Tinbergen en fournit la meilleure confirmation.

2.3. Tinbergen : investigation mathématique et estimation statistique

Comme Schultz, le problème auquel cherche à se confronter Tinbergen s'avère principalement un problème statistique³³. Ce dernier tente en effet de résoudre le problème de l'estimation de la courbe d'offre, en s'appuyant sur les travaux de Moore, pour l'appliquer au cas de la Hollande :

"[Son] objectif était de déterminer la position concurrentielle de la Hollande à travers une analyse des élasticités de demande et d'offre, des propensions à exporter, et des élasticités croisées des biens étrangers. Ce premier travail conduisit à une critique du modèle d'offre de Moore parce que le simple cobweb générerait un comportement cyclique irréaliste. Mais il est également remarquable pour la première discussion formelle, bien qu'extrêmement limitée, de l'identification statistique des équations de demande et d'offre" (Epstein [1987], 34-35).

Mais l'enjeu, pour Tinbergen, ne se réduit pas à sa seule dimension statistique (Boumans [1993], p. 148). Il doit à terme permettre à un organe de planification de suivre dynamiquement l'évolution de l'économie (Tinbergen [1930], 678)³⁴. La structure de l'article ("Détermination et interprétation des courbes d'offre : un exemple" [1930]) s'en ressent. Tinbergen commence d'abord par soulever les problèmes d'estimation des courbes de demande et d'offre. Il intègre ensuite dans ses équations des éléments théoriques spécifiques à l'offre (nombre de producteurs sur le marché, délai de production et délai de réaction de l'offre à une modification des prix). Enfin, il applique ses conclusions au cas de la farine de pomme de terre afin d'illustrer le suivi statistique d'une industrie par un organe de planification³⁵. Si le diagramme du cobweb apparaît bien "incidemment" (Ezekiel [1938], 256) dans l'article, il n'en est pas moins au coeur d'une réflexion que mène Tinbergen sur la possibilité d'un suivi temporel des variables économiques par un organe de planification. Le cobweb peut ainsi décrire les ajustements d'une industrie à une modification des objectifs. La réflexion sur le rôle du temps dans les processus économiques apparaît donc derrière les préoccupations statistiques et planificatrice de Tinbergen³⁶.

³³ Pour une présentation très complète de l'apport de cet article à l'économétrie, voir Epstein [1987], 34-36.

³⁴ Epstein ([1987], 18) rapporte que de nombreux auteurs socialistes travaillaient sur l'estimation des fonctions d'offre pour contourner les difficultés du contrôle de l'économie de guerre durant la première guerre mondiale.

³⁵ Pour une présentation synthétique de l'ensemble de cet article et notamment de l'idée de Tinbergen de donner une forme réduite aux équations économiques afin de mieux les estimer, voir Boumans ([1993], 147-149). Boumans ne mentionne curieusement pas dans cet article l'influence de Moore sur Tinbergen.

³⁶ Boumans montre clairement comment la réflexion de Tinbergen sur les processus dynamiques apparaît dès ses premiers travaux en 1927, puis dans sa thèse en 1929 (Boumans [1993], 140).

Sa version du cobweb survient lorsqu'il mentionne la solution apportée par Moore et Schultz pour estimer les courbes de demande et d'offre. Ces derniers posent en effet l'hypothèse "qu'il s'établit entre a [l'offre] et π [le prix] non pas une relation simultanée mais une relation retardée" (Tinbergen [1930], 670). Tinbergen présente sur cette base sa propre version du cobweb qui comporte quatre particularités intéressantes.

En premier lieu, elle se déploie dans un cadre formel analogue à celui de Cournot dans lequel les prix figurent sur l'axe des abscisses et les quantités sur l'axe des ordonnées. Ce cadre, dit "walrassien", s'oppose à la représentation "marshallienne", dominante à l'époque, adoptée par Moore³⁷, Schultz et Ricci. Cette inversion des axes du graphique renverse également le schéma d'ajustement des variables économiques. Elle permet d'instaurer une cohérence entre la description économique du processus d'ajustement et les formalismes mathématiques utilisés jusqu'à présent. Moore supposait en effet que le prix de la période précédente déterminait l'offre de la période courante. Tinbergen reprend cette formulation en posant ³⁸:

$$(1) \quad a^{(t)} = a_0 + a_1 \pi^{(t-1)}$$

où a désigne l'offre, π le prix, les exposants renvoyant à la date de valeur de chaque variable. L'offre à l'instant t dépend ainsi du prix de la période précédente et d'un niveau de production minimal a_0 non spécifié. Tinbergen n'ajoute qu'une équation supplémentaire : "on devra pourtant poser simultanément [2] $a^{(t)} = n^{(t)}$ " (Tinbergen [1930], 670). La demande doit à tout instant être égale à l'offre. La fonction de demande, en tant que telle, n'est pas spécifiée dans le temps. Trois paragraphes plus haut, elle s'énonce ainsi : (3) $n = n_0 + n_1 \pi$, où n est la quantité demandée au prix π . Implicitement, la relation entre prix et quantité demandée reste "simultanée" et non pas "retardée" comme pour l'offre. Tinbergen fournit ici la première formulation algébrique des trois équations du cobweb dans un cadre walrassien³⁹.

En deuxième lieu, l'explication du cobweb fournie par Tinbergen est exclusivement mathématique, ce dernier réservant ses rares commentaires aux caractéristiques des oscillations engendrées par les équations⁴⁰. Il dessine ainsi trois graphiques (Tinbergen [1930], 671): le premier décompose les enchaînements du processus (Fig. 1), les deux autres décrivent des processus oscillatoires divergents (Fig. 2) ou convergents (Fig. 3).

³⁷ Rappelons que l'attitude de Moore vis-à-vis de ce cadre est ambiguë, entre le rejet explicite et l'adoption implicite.

³⁸ Nous reprenons ici les notations de Tinbergen.

³⁹ Samuelson ([1947], 16) reprendra ces équations pour fonder l'un de ses systèmes dynamiques.

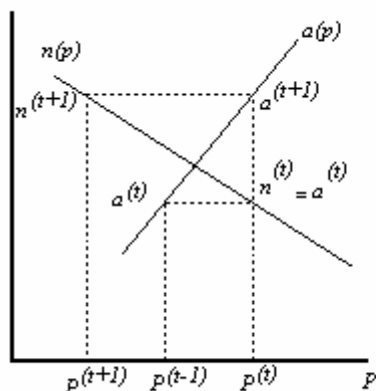


Fig. 1

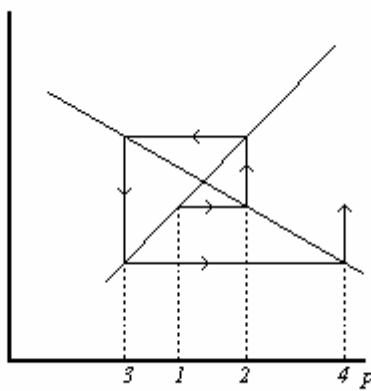


Fig. 2

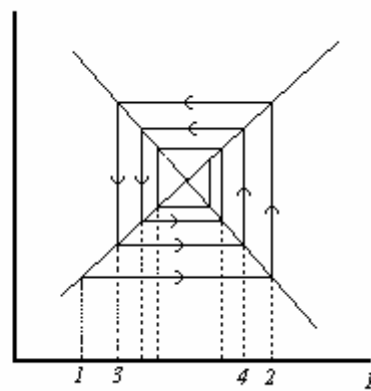


Fig. 3

Tinbergen décompose, dans le premier graphique, les ajustements économiques donnant lieu à la première formalisation mathématique d'un processus marchand. Chaque étape du processus est repéré dans un temps mathématique et s'enchaîne logiquement l'une à l'autre *via* les relations mathématiques. Cette formulation mathématique témoigne bien, en l'absence de commentaires économiques, de la primauté des mathématiques dans la démarche d'investigation de Tinbergen sur ce problème⁴¹. L'interprétation économique - implicite chez Tinbergen - de ce mécanisme est désormais classique : le prix de la période précédente $P^{(t-1)}$ constitue le point de départ du processus d'ajustement, puisqu'il induit un certain niveau de l'offre pour l'année suivante. Si ce prix est inférieur au prix d'équilibre, l'offre $a^{(t)}$ exprimée l'année suivante (en supposant ce prix valable pour la période) se trouve être inférieure à la quantité demandée pour le prix proposé. En fonction de la règle du côté court, la demande $n^{(t)}$ devra se rabattre sur le niveau quantitatif proposé par l'offre. Mais cet ajustement se fera par une hausse du prix courant sur le marché $P^{(t)}$. Ce prix résultant du mécanisme concurrentiel est nécessairement accepté par la demande en contrepartie de la quantité offerte. En vertu du décalage quantitatif patent entre l'offre et la demande, les entrepreneurs sont incités à développer leur production $a^{(t+1)}$ en supposant que le prix constaté sur le marché sera le même

⁴⁰ Tinbergen ([1930], 671) pense que le diagramme du cobweb peut s'appliquer à l'industrie du porc.

⁴¹ Des années plus tard, Tinbergen fera lui-même allusion à ce type d'investigation, en évoquant le danger du recours aux mathématiques dans l'analyse économique : "Si l'analyse est menée par des personnes trop enthousiastes par les mathématiques impliquées, ces personnes peuvent soit quelque peu négliger [l]es fonctions [économiques], soit avancer certaines hypothèses fondamentales parce qu'elles peuvent facilement faire l'objet d'un traitement mathématique. [...] Je voudrais cependant ajouter une remarque qui peut être aisément mal interprétée et que j'hésite donc à formuler : il n'est pas toujours désavantageux, au départ, de mener une recherche sur ces cas qui, bien que peu représentatifs, sont susceptibles d'une analyse mathématique; on peut faire des découvertes d'un caractère plus général qui peuvent s'avérer utile plus tard" (Tinbergen [1954], p. 367).

à la période suivante (Tinbergen [1930], 678). Le processus se poursuit ainsi d'étape en étape⁴².

En troisième lieu, Tinbergen s'avère relativement peu disert sur les conditions d'application du cobweb ainsi que sur les déterminants des deux types d'oscillation susceptibles d'être générés. (i) Concernant les conditions d'application, Tinbergen désigne en fait les conditions statistiques à respecter. L'ajustement retardé de l'offre "n'est réellement valide qu'à la condition que seul le prix d'offre de l'année précédente soit déterminant, sans l'interférence d'un facteur naturel comme c'est le cas pour la plupart des productions agricoles" (Tinbergen [1930], 670). Tinbergen songe ici à l'objection soulevée par Elmer Working (1927) relative aux variables manquantes (Epstein [1987], 34). A cette restriction près, le cobweb peut s'appliquer à n'importe quelle industrie à condition d'adopter une période pertinente (Pashigian [1987], 463). (ii) Concernant les types d'oscillation, Tinbergen explique d'une manière concise les conditions déterminant la structure des oscillations :

"De plus, on comprend facilement au moyen de la fig. 2 analogue à la fig. 1, qu'un mouvement permanent des prix et du chiffre d'affaires est possible seulement pour des cas où l'on approche $a_1 = -n_1$. Sitôt que a_1 s'écarte fortement de $-n_1$, le mécanisme indiqué conduit soit à des oscillations qui deviennent de plus en plus fortes, soit à accélérer l'établissement d'une situation d'équilibre (Fig. 2 ou 3)" (Tinbergen [1930], 670).

Le coefficient a_1 désigne la pente de la courbe d'offre et n_1 la pente de la courbe de demande. Lorsque ces pentes sont égales en valeur absolue, "le mouvement du chiffre d'affaires et des prix" connaît des oscillations "permanentes" et régulières⁴³. Par contre, dès que les pentes des courbes diffèrent, le système engendre des oscillations convergentes ($|a_1| < |n_1|$) ou divergentes ($|a_1| > |n_1|$). Alors que Tinbergen se sert du cobweb pour expliquer théoriquement les cycles économiques, dans la droite filiation de Moore, Samuelson [1947] reprendra ces conclusions pour traiter le problème de la stabilité de l'équilibre économique.

En quatrième lieu, cette version du cobweb comporte également une des toutes premières formulations de la conception "moderne" de la dynamique économique⁴⁴. Pour Tinbergen, la dynamique consiste en

⁴² Tinbergen, contrairement à Ricci, ne souffle mot de la signification économique d'un processus oscillatoire explosif ou divergent.

⁴³ Tinbergen ne représente pas sur un graphique ce cas d'oscillations permanentes, mais il figure clairement parmi les cas possibles, contrairement à ce que soutient Ezekiel ([1938], 256).

⁴⁴ Weintraub semble ne pas avoir connaissance des articles écrits en allemand concernant la stabilité. Il situe en effet la première formulation mathématique de la stabilité dans un article de Tinbergen de 1935 où il relève : "Une théorie est qualifiée de 'dynamique' quand des variables relatives à des moments différents apparaissent

"une suite de périodes économiques (unité de temps) repérées par des exposants à l'intérieur desquelles les grandeurs économiques peuvent à chaque fois changer de valeur" (Tinbergen [1930], 677).

Certes, à la différence de Samuelson, Tinbergen n'applique pas la théorie mathématique des processus pour étudier l'évolution des systèmes dynamiques⁴⁵. Mais l'analyse géométrique y pourvoit amplement et aboutit aux mêmes conclusions. Relevons que la nature du lien temporel supposé entre les variables économiques est relativement simple : il s'agit uniquement d'un retard dans l'effet d'une variable sur une autre. Mathématiquement, la relation s'instaure non plus entre deux variables à dates de valeur identiques, mais entre des variables à dates de valeur différées. L'effet d'une variable sur une autre ne change pas de nature avec l'introduction du temps; il prend simplement du retard. L'effet dans le temps est donc purement mécanique, voire déterministe.

D'un point de vue économique, l'entrepreneur suppose que le prix restera identique la période suivante et produit mécaniquement en conséquence⁴⁶. On peut pourtant supposer que les effets d'une variable sur une autre peuvent se modifier dans le temps sous l'effet de l'intervention de nouvelles variables (d'ordre stratégique, par exemple). Tinbergen a bien conscience du réductionnisme sous-jacent à cette représentation temporelle des processus économiques. Il introduit alors, dans les calculs des agents économiques, "l'ophélimité" des biens présents mais également celle des "biens futurs"⁴⁷, voire des "anticipations sur l'évolution des prix"; autant de facteurs qui subvertissent le déterminisme implicite des relations mathématiques temporelles. Le résultat produit une conception originale de "l'évolution dynamique de l'économie":

"Au début de chaque période, chaque sujet prend une décision relative à ses activités économiques. Il détermine au début de la période t son offre ou sa demande sur différents marchés pour la période t , $t + 1$, $t + 2$ et ainsi de suite. Il ne dispose, à titre de données, que de faits partiels, d'anticipations partielles, comme par exemple les prix actuels et l'évolution des prix qu'il anticipe. Dans cette détermination, l'agent maximise par principe sa fonction d'ophélimité qu'il apprécie dans l'instant (au début de la période t). Dans cette fonction d'ophélimité interviennent tous les biens, mais également les biens futurs, qui jouent un rôle. La décision prise avec ces données et

dans une équation" (Tinbergen [1935], 241; cité par Weintraub [1991], 24). Or Tinbergen reconnaît, dans ce même article, qu'il emprunte cette définition à Frisch (1929). Davantage, Tinbergen en donne une première formulation dans sa thèse de doctorat, en 1929 (Boumans, [1993], 145).

⁴⁵ Boumans note que Tinbergen emprunte à la mécanique classique ses formalismes mathématiques (équations de Lagrange et de Hamilton) pour intégrer le temps dans l'analyse des phénomènes économiques (Boumans [1993], 140).

⁴⁶ La littérature économique considère alors les anticipations des entrepreneurs comme étant "statiques" (Pashigian [1987], 463). Coase et Fowler [1935] seront les premiers à critiquer cette hypothèse.

⁴⁷ Il s'inspire, en cela, des travaux de Pareto [1896-7] et [1909].

d'après ce principe forme le plan économique pour le temps t ; [...] De ce plan, seule une partie des quantités est déterminée pour la réalisation, celles qui devront être vendues dans les faits. [...] Au début de la période $t + 1$ est établi un plan presque de la même façon, dans lequel pour une part les grandeurs déterminées dans le plan (t) se présentent comme des données (seulement celles qui sont déjà réalisées) et d'autre part les autres sont révisées. De ce plan aussi une part déterminée va se réaliser. Le système de toutes les grandeurs ainsi "réalisées" forme l'évolution dynamique de l'économie" (Tinbergen [1930], 677).

L'évolution dynamique de l'économie selon Tinbergen articule ainsi une optimisation inter-temporelle des ressources par les agents, des anticipations à partir desquelles se déterminent des choix et donc des plans, des réalisations partielles de ces plans au cours de la période considérée⁴⁸. Derrière l'énumération par Tinbergen de ces éléments se profile la possibilité d'un traitement dynamique de l'ensemble de l'économie grâce à l'utilisation de formalismes mathématiques analogues au diagramme du cobweb. Grâce à de tels instruments, Tinbergen pourrait être en mesure de défendre la viabilité dynamique d'une économie planifiée. Mais Tinbergen délaisse son projet de recherche puisque cela "l'emmènerait beaucoup trop loin de ses objectifs" (Tinbergen [1930], 679). C'est ce défi que Samuelson sera en mesure de relever des années plus tard.

Le travail de Tinbergen s'avère donc en tout point remarquable par son originalité, sa concision et sa modernité. Sa formalisation mathématique est, de loin, la plus achevée par comparaison à celle de Ricci, de Schultz ou même celle (postérieure) de Kaldor. Mais Tinbergen reste curieusement l'auteur le plus "oublié" du trio, sans doute en raison de son adoption du cadre walrassien. Kaldor [1934], par exemple, ne mentionne pas sa contribution. L'article de Tinbergen apporte pourtant toute la structure mathématique du diagramme du cobweb qui sera reprise par la suite (Samuelson [1947]). De surcroît, Tinbergen montre que des oscillations cycliques de différentes natures peuvent être engendrés par des réactions structurellement différentes de l'offre et de la demande aux variations de prix (tant du point de vue du temps que de l'ampleur de la réaction). Les cycles économiques s'expliquent alors par des phénomènes endogènes, suivant en cela l'analyse, que développe Moore en 1929, des perturbations susceptibles d'engendrer des cycles économiques (Raybaut [1991], 914-6). Enfin, la réflexion de Tinbergen sur l'enchaînement temporel des variables économiques s'avère essentielle à l'histoire des représentations du mode de formation des grandeurs économiques. Il témoigne de l'inflexion dans la manière de penser cette question. Avant les

⁴⁸ Boumans note que l'horizon temporel des agents économiques est de deux ans (Boumans [1993], 149) (Tinbergen [1930], 678).

premières formulations du diagramme du cobweb, la question de la formation des grandeurs économiques s'envisageait surtout au travers de l'étude des règles que devait suivre le marché pour obtenir des grandeurs d'équilibres. L'article de Tinbergen rend désormais possible l'étude du processus engendré par ces règles. Cette question, soulevée par Edgeworth en 1889 dans cette célèbre polémique contre Walras, trouvera sa formulation canonique dans les travaux de Samuelson en 1947 avec l'application de la théorie mathématique des processus dynamiques.

Conclusion

Deux conclusions peuvent être tirées de cette étude. En premier lieu, les travaux des fondateurs du diagramme du cobweb marquent l'irruption de nouveaux procédés de recherches en économie. Moore se servait d'un "truc" - d'un procédé *ad hoc* - pour résoudre le problème statistique de l'estimation statistique des courbes d'offre et de demande à partir de deux séries temporelles (prix et quantités échangées). La solution qu'il avance à partir de 1925 consiste à décaler d'une année la série des quantités par rapport à celle des prix. Economiquement, l'offre ne réagirait qu'avec une année de retard aux modifications des prix. Ce procédé statistique s'avère crucial puisqu'il ouvre une perspective que vont s'empresse de suivre Schultz, Tinbergen et Ricci pour en déduire simultanément (en 1930) le diagramme du cobweb, chacun dans une perspective différente. L'investigation des phénomènes économiques passe alors ici par l'emploi de raisonnements mathématiques, la signification économique de ces résultats n'intervenant qu'*ex post*. En ce sens, les travaux fondateurs du diagramme du cobweb préfigurent d'une part la croissance de l'utilisation des mathématiques en économie après 1945 et, d'autre part, le mode d'utilisation de ces mathématiques en tant que procédé de recherche à part entière.

En deuxième lieu, l'élaboration des premiers diagrammes du cobweb constitue une étape cruciale dans l'histoire qui mène à la formalisation mathématique des processus marchands par Samuelson. En effet, les différentes théories des cycles, dont est tiré le diagramme du cobweb, tentent d'expliquer des phénomènes observables qu'elles supposent ordonnés dans le temps. Les cycles peuvent donc être considérés comme des processus, au sens d'une suite de faits ou de phénomènes s'agencant dans le temps selon un schéma donné. Cette caractéristique s'applique au cobweb puisqu'il s'agit avant tout d'un diagramme destiné à expliquer les cycles économiques. Le cobweb décrit le processus suivi par une grandeur économique donnée (prix, quantité produite) au cours du temps. Appliqué par Ricci au problème de la formation du prix et du volume des transactions d'équilibre sur un marché, le

cobweb devient la première explication mathématique du processus de formation des grandeurs économiques. A la différence de la procédure de tâtonnement décrite par Walras, le diagramme du cobweb vient montrer que la question de la formation des grandeurs économiques peut être problématique⁴⁹. Ce processus peut en effet converger vers le point d'équilibre, mais également s'en éloigner. Cette nouvelle problématique vient ainsi bouleverser les termes dans lesquels se posait la question de la formation des grandeurs économiques. Le cobweb n'est que le moment de ce basculement théorique, sachant que sa connexion avec le problème de la formation des prix n'est pas encore formellement établie dans les écrits de Schultz, Tinbergen et Ricci. Cette connexion sera réalisée grâce à Kaldor [1934] et Samuelson [1947] et marquera l'émergence d'un des problèmes centraux de la théorie de l'équilibre général : celui de la stabilité.

Références Bibliographiques

BOUMANS Marcel [1993], "Paul Ehrenfest and Jan Tinbergen : A Case of Limited Physics Transfer", in *Non-Natural Social Science : Reflecting on the enterprise of More Heat than Light*, supplément annuel du vol. 25 de *History of Political Economy*, édité par Neil DeMarchi, Duke University Press, 1993, p. 131-156.

BUCHANAN Norman S. [1939], "A Reconsideration of the Cobweb Theorem" *Journal of Political Economy*, vol. 47, Fev. 1939, p. 67-81.

CARTELIER Jean [1990], *La formation des grandeurs économiques*, sous la direction de Jean Cartelier, Paris, PUF, 1990.

CHRIST Carl F. [1985], "Early progress in estimating quantitative economic relationships in America," *American Economic Review*, vol. 75, décembre 1985, pp; 39-52.

COASE Ronald H., FOWLER R. F. [1935], "Bacon production and the pig-cycle in Great Britain," *Economica*, vol. 2, mai 1935, p. 142-167.

DONNER O. [1930] "Bestimmungsgründe der Baumwollpreis", *Vierteljahrshefte zur Konjunkturforschung*, Institut für Konjunkturforschung, Berlin, Sonderheft 15, 1930.

EPSTEIN Roy J. [1987], *A History of Econometrics*, North-Holland, Amsterdam, 1987.

⁴⁹ Si Walras envisage explicitement le cas d'un équilibre instable, ce cas s'avère relativement secondaire pour lui, puisque l'on est convaincu, à l'époque, que si un objet occupe une position instable, il finit toujours par adopter une position d'équilibre stable. En termes mathématiques, Walras se donne une définition locale de la stabilité, et non une définition globale.

EZEKIEL Mordecai [1938], "The cobweb theorem", *Quarterly Journal of Economics*, février 1938, vol. 52, n° 2, p. 255-280.

HANAU Arthur [1928], "Die prognose der Schweinepreise," *Vierteljahrshefte zur Konjunkturforschung*, Institut für Konjunkturforschung, Berlin, Sonderheft 7 (1928) et 18 (1930).

HEBERT Robert F. [1973], "Wage Cobwebs and cobweb-type phenomena: an early french formulation," *Western Economic Journal*, vol. XI, n° 4, décembre 1973, pp. 394-403.

HENDRY D. F., MORGAN M.S. [1995], *The Foundations of Econometric Analysis*, Cambridge University Press, 1995.

HICKS John R. [1933], "Gleichgewicht und Konjunktur," *Zeitschrift für Nationalökonomie*, vol. 6, n° 4, 1933.

HOLLAND T. E. [1977], "Marshall, Walras and the Cobweb Theorem," *American Economist*, vol. 21, n° 2, Fall 1977, p. 23-29, réédité par John Cunningham Wood in *Léon Walras critical assessments*, Routledge, Londres, 1993, vol. 3, p. 82-95.

INGRAO Bruna, ISRAEL Giorgio [1990], *The invisible hand : Economic equilibrium in the History of Science*, the MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1990.

JAFFÉ William [1981], "Another Look at Walras's Theory of *Tâtonnement*," *History of Political Economy*, vol. 13, Summer 1981, p. 313-336, réédité in *William Jaffé's Essays on Walras*, par Donald A. Walker, Cambridge University Press, 1983, chap. 14, p. 244-266.

KALDOR Nicholas [1934], "A classificatory Note on the Determinateness of Equilibrium", *The Review of Economic Studies*, fev. 1934, vol 1, n° 2, pp 122-136.

LE GALL P. [1996], "Une énigme de l'histoire de l'économétrie : l'étrange demande de lingots de fonte de Henry Moore (1914)", *Revue d'économie politique*, vol. 106, n° 2, mars-avril 1996, p. 293-318.

LEONTIEF Wassily W. [1929] *Weltwirtschafts Archiv*, S. 1, juli 1929.

LEONTIEF Wassily W. [1934], "Verzögerte Angebotsanpassung und partielles Gleichgewicht", *Zeitschrift für Nationalökonomie*, Band V, Heft 5, 1934, p. 670-676, traduit et réédité dans *Essais d'Economiques*, Paris, Calmann-Lévy, 1974, pp. 303-314.

MACHLUP Fritz [1966], "Operationalism and Pure theory in Economics," in *The Structure of Economic Science*, édité par Sherman Roy Krupp, Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1966, et réédité in Machlup [1978], chap. 7, pp. 189-203.

MALINVAUD Edmond [1964], *Méthode statistiques de l'économétrie*, 3^e édition, collection Finance et Economie Appliquée, vol. 16, Paris, Dunod, 1978.

MÉNARD Claude [1990], "The Lausanne Tradition : Walras and Pareto," in *Neoclassical Economic Theory, 1870 to 1930*, edited by Klaus Hennings and Warren Samuels, Kluwer Academic Publishers, Boston-Dordrecht-London, 1990, pp. 95-135.

- MIROWSKI Philip [1990], "Problems in the Paternity of Econometrics : H. L. Moore," *History of Political Economy*, vol. 22, n° 4, septembre 1990, p. 587-598.
- MOORE Henry Ludwell [1914], *Economic cycles : their law and cause*, New York, the Macmillan Company, 1914.
- MOORE Henry Ludwell [1919], "Empirical Laws of Supply and Demand and the Flexibility of Prices," *Political Science Quarterly*, vol. 34, décembre 1919, p. 546-567.
- MOORE Henry Ludwell [1922], "Elasticity of Demand and flexibilitiy of Prices", *Journal of the American Statistical Society*, vol. 18, mars 1922, p. 8-19.
- MOORE Henry Ludwell [1923], *Generating Economic Cycles*, New York, the Macmillan Company, 1923.
- MOORE Henry Ludwell [1925], "A Moving Equilibrium of Demand and Supply", *Quarterly Journal of Economics*, vol. 39, 1925, p. 357-371.
- MOORE Henry Ludwell [1926], "A Theory of Economic Oscillations", *Quarterly Journal of Economics*, vol. 41, n°1, novembre 1926, p. 1-29.
- MOORE Henry Ludwell [1929], *Synthetic Economics*, New York, the Macmillan Company, 1929.
- MORGAN M. S. [1990], *The History of Econometrics Ideas*, Cambridge University Press, 1990.
- NERLOVE M. [1958], "Adaptive expectations and cobweb phenomena," *Quarterly Journal of Economics*, vol. 72, mai 1958, p. 227-240.
- PARETO Vilfredo [1896-1897], *Cours d'Economie Politique*, vol. I paru en 1896, vol. II en 1897, Lausanne, chez l'auteur, Oeuvres Complètes, Tome I, réédité par G.H. Bousquet et G. Busino, Genève, Droz, 1964.
- PARETO Vilfredo [1909], *Manuel d'Economie Politique*, réédité par G. Busino, Œuvres Complètes, tome VII, Genève, Droz, 1966.
- PASHIGIAN Peter B. [1987], "Cobweb Theorem," in *The New Palgrave*, édité par John Eatwell, Murray Milgate et Peter Newman, Macmillan Press, London, 1987, p. 463-464.
- RAYBAUT Alain [1991], "l'économie synthétique d'H.L. Moore, un compromis original entre la théorie walrassienne de l'équilibre et l'analyse des cycles d'affaires", *Revue d'économie politique*, vol. 101, n° 6, nov.-dec. 1991, p. 907-923.
- RICCI Umberto [1906], "Curve piane di offerta dei prodotti" *Giornale degli Economisti*, vol. XXXII, septembre 1906.
- RICCI Umberto [1930], "Die «synthetische Ökonomie» von Henry Ludwell Moore", *Zeitschrift für Nationalökonomie*, I bild, n° 5, Heft II, 1930, p. 649-679.
- ROSENSTEIN-RODAN P. N. [1929], "Das Zeitmoment in der mathematischen Theorie des wirtschaftlichen Gleichgewichtes," *Zeitschrift für Nationalökonomie*, Bild 1, Heft 1, 1929, p. 129-142.
- SAMUELSON Paul A. [1947], *Les fondements de l'analyse économique*, traduction de G. Gaudat, Paris, Gauthier Villars, 2ème éditions, 1971.

SCHULTZ Henry [1925], "The Statistical Law of Demand," *Journal of Political Economy*, October and December 1925.

SCHULTZ Henry [1928], *Statistical Laws of Demand and Supply*, The University of Chicago Press, 1928.

SCHULTZ Henry [1930], "Der Sinn der Statistischen Nachfragen," *Veröffentlichungen der Frankfurter Gesellschaft für Konjunkturforschung*, Kurt Schroeder Verlag, Heft 10, Bonn, 1930.

SCHULTZ Henry [1938], *The Theory and Measurement of Demand*, The University of Chicago Press, 1938.

SCHUMPETER Joseph A. [1954], *Histoire de l'analyse économique*, 3 vol., Paris, Gallimard, 1983.

STIGLER George J. [1962], "H. L. Moore and Statistical Economics," *Econometrica*, vol. 30, n° 1, janvier 1962, p. 1-21.

TARGETTI F., THIRLWALL A.P. [1989], *The Essential Kaldor*, édité par F. Targetti et A.P. Thirlwall, Duckworth, Londres, 1989.

TINBERGEN Jan [1930], "Bestimmung und Deutung von Angebotskurven : Ein Beispiel", *Zeitschrift für Nationalökonomie*, I bild, n° 5, Heft II, 1930, p. 669-679.

TINBERGEN Jan [1935], "Annual Survey : Suggestions on Quantitative Business Cycle Theory", *Econometrica*, vol. III, n°3, juillet 1935, p. 241-308.

TINBERGEN Jan [1954], "The functions of mathematical treatment," *The Review of Economics and Statistics*, vol. 36, n° 4, novembre 1954, pp. 365-369.

WAUGH F. V. [1964], "Cobweb Models," *Journal of Farm Economics*, vol. 46, novembre 1964, p. 732-750.

WEINTRAUB E. Roy [1991], *Stabilizing Dynamics; Constructing economic Knowledge*, Cambridge University press, 1991.

WORKING Elmer J. [1927], "What do "Statistical Demand Curves" Show?", *Quarterly Journal of Economics*, vol. 41, n° 1, février 1927, p. 212-235.

WORKING Holbrook [1925], "The Statistical Determination of Demand Curves", *Quarterly Journal of Economics*, vol. 39, août 1925, p. 503-543.

Diagramme du cobweb - Processus dynamique - Méthode du retard - Formalisation mathématique - Moore - Schultz - Ricci - Tinbergen

Cobweb diagram - Dynamical process - Lag method - Mathematical formalization - Moore - Schultz - Ricci - Tinbergen

Classification JEL : B2, D5, E32.