



The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search
<http://ageconsearch.umn.edu>
aesearch@umn.edu

Papers downloaded from AgEcon Search may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.

No endorsement of AgEcon Search or its fundraising activities by the author(s) of the following work or their employer(s) is intended or implied.

Une approche pour l'étude de la production agricole»

Richard H. Day

Citer ce document / Cite this document :

H. Day Richard. Une approche pour l'étude de la production agricole». In: Économie rurale. N°66, 1965. pp. 49-64;

doi : <https://doi.org/10.3406/ecoru.1965.1913>

https://www.persee.fr/doc/ecoru_0013-0559_1965_num_66_1_1913

Fichier pdf généré le 08/05/2018

Abstract

The main purpose of this paper is to show how a knowledge of structure may be used to construct a, model that simulates aggregate producers actions. The resulting model , is useful in explaining past production patterns, predicting future changes, assessing effects of alternative policies, and providing a theoretical understanding of the many forces that determine production through time.

The author develops certain hypotheses of long standing in economic theory in an explicitly empirical and institutional context and notes:

- the neoclassical concept. that firms maximise something when they determine output;
- the Marshallian relation of investment to past profits, and quasirents;
- the Schumpeterian relation between investments and technological change.

To these he adds the use of behavioral constraints that arise from uncertainty and lack' of knowledge.

Résumé

Le but principal de cet article est de montrer comment la connaissance des structures peut servir à bâtir un modèle qui représenterait les actions des producteurs sur le plan global. Ce modèle est utile pour expliquer les systèmes de production du passé, pour prévoir des changements futurs, pour évaluer les effets d'autres politiques économiques et pour faciliter la compréhension théorique des nombreuses forces qui déterminent la production au cours du temps.

L'auteur développe certaines hypothèses anciennes de la théorie économique dans un contexte explicitement empirique et institutionnel, et retient :

- le concept néoclassique, selon lequel les firmes , maximisent quelque chose quand elles déterminent le volume de leur production ;
- la relation entre investissement d'une part et profits passés et quasirentes d'autre part, mise au point par Marshall ;
- la relation entre investissement et progrès technique/élaborée par Schumpeter.

Il y ajoute la prise en compte de contraintes de comportement provoquées par l'incertitude et l'information imparfaite. :



UNE APPROCHE POUR L'ETUDE DE LA PRODUCTION AGRICOLE

par Richard H. DAY

Le but principal de cet article est de montrer comment la connaissance des structures peut servir à bâtir un modèle qui représenterait les actions des producteurs sur le plan global. Ce modèle est utile pour expliquer les systèmes de production du passé, pour prévoir des changements futurs, pour évaluer les effets d'autres politiques économiques et pour faciliter la compréhension théorique des nombreuses forces qui déterminent la production au cours du temps.

L'auteur développe certaines hypothèses anciennes de la théorie économique dans un contexte explicitement empirique et institutionnel, et retient :

- le concept néoclassique, selon lequel les firmes maximisent quelque chose quand elles déterminent le volume de leur production ;
- la relation entre investissement d'une part et profits passés et quasirentes d'autre part, mise au point par Marshall ;
- la relation entre investissement et progrès technique, élaborée par Schumpeter.

Il y ajoute la prise en compte de contraintes de comportement provoquées par l'incertitude et l'information imparfaite.

AN APPROACH TO PRODUCTION RESPONSE **

The main purpose of this paper is to show how a knowledge of structure may be used to construct a model that simulates aggregate producers' actions. The resulting model is useful in explaining past production patterns, predicting future changes, assessing effects of alternative policies, and providing a theoretical understanding of the many forces that determine production through time.

The author develops certain hypotheses of long standing in economic theory in an explicitly empirical and institutional context and notes :

- the neoclassical concept that firms maximise something when they determine output ;
- the Marshallian relation of investment to past profits and quasirents ;
- the Schumpeterian relation between investment and technological change.

To these he adds the use of behavioral constraints that arise from uncertainty and lack of knowledge.

* Traduction de P.J. ALBERT et J.M. BOUSSARD, INRA.

** Agricultural Economics research, octobre 1962, Vol. XIV, n° 4.

Les modèles statistiques de la production agricole globale sont souvent basés sur des relations de récurrence dans le temps entre les outputs et les prix. Les modèles structuraux de ce genre lient indirectement ces relations à la structure administrative et technique dont ils sont issus. L'objet de cet article, est de montrer comment la connaissance de cette structure peut permettre directement la construction d'un modèle susceptible de reproduire l'action globale des producteurs. Le modèle qui en résulte est susceptible d'expliquer les formes passées de la production, de prévoir les changements éventuels et les effets des différentes politiques possibles.

Il possède en outre l'avantage de donner une compréhension théorique de l'action des différents éléments qui agissent sur la production au cours du temps.

Des hypothèses ont dû être développées sur le long terme dans la théorie économique, et ceci, dans un cadre délibérément empirique et institutionnel. En particulier ont été retenues les idées suivantes, d'une grande importance (1).

— le concept néoclassique suivant lesquels les firmes maximisent quelque chose quand elles décident une production [2] ;

— la relation Marshallienne entre les investissements, les profits passés et les quasirentiers [3] ;

— la relation Schumpeterienne entre les investissements et les changements technologiques.

A cela, il faut ajouter les contraintes de fonctionnement résultant du hasard et du manque de connaissances. Une partie des observations et des principes dont il sera question dans cet article sont des redécouvertes empiriques de certains principes théoriques nettement mis en évidence par Schumpeter [12].

La méthode est aussi étroitement liée par certains points aux travaux de Leontieff [6, 7, 8], Wood [14], Henderson [5], Beorgescu-Roegen [3], Marshall [9], Walras [13], et Nerlove [10]. La recherche empirique d'où provient cette nouvelle approche, doit beaucoup aux membres du Farm Economic Division, et de l'Economic Research Service. Il convient de remercier aussi le Conseil National du Coton de l'aide qu'il a fournie lors de l'élaboration de cet article.

Le terme de théorie de la production est employé par les chercheurs pour décrire l'étude des forces qui ont déterminé les types de production passés et sont susceptibles de régir les types de production futures. Comme elle inclut prévisionnellement les répercussions d'une politique d'action réelle ou potentielle sur les types de production, la théorie de la production

appartient plus à la branche descriptive et prospective de la science économique qu'à la branche normative. Le terme de « réaction de la production », a été utilisé pendant de nombreuses années dans ce sens pour distinguer des études plus étroitement orientées vers la réaction de l'offre aux prix.

De récents articles écrits par des spécialistes de la théorie de la production ont montré la nature complexe de la production en agriculture. De nombreuses méthodes ont été utilisées, avec des succès divers, pour décrire et analyser le phénomène [4, 6, 7] de la production. Dans un ouvrage précédent, nous avons décrit une nouvelle approche de ce problème (2), nous basant sur une étude terminée l'an dernier (3).

Cette approche utilise un système mathématique et dynamique appelé « programme récursif » pour décrire et interpréter au cours du temps les types de production agricole d'une région. L'essentiel de la méthode consiste à établir une chaîne séquentielle de programmes linéaires périodiques, dans lesquels les contraintes du problème dépendent, chaque année, des résultats des années précédentes. Ceci entraîne que l'optimisation à un moment donné se fasse sur la base de la connaissance provenant de l'expérience du passé, régénérée et reformulée suivant l'expérience acquise chaque année. Le modèle permet d'analyser ensemble une grande variété des éléments impliqués dans un changement dans la production.

Des observations et des hypothèses sur le comportement économique, montrent comment le modèle tient compte de quelques-unes des principales forces économiques susceptibles d'agir sur la production agricole. Beaucoup de ces observations et de ces hypothèses ont joué un rôle majeur dans la théorie économique générale, et dans les discussions concernant l'économie rurale.

Dans cette approche, les observations et hypothèses sont vérifiées empiriquement en rattachant les résultats régionaux aux décisions économiques réelles des agriculteurs. Elles sont exprimées sous forme mathématique pour généraliser notre compréhension théorique de l'économie de la production (4).

(2) DAY (R.H.). — Recursive Programming and Production Response 1961. Ce livre, qui s'appuie sur le présent article, doit être publié dans la Série « Contributions to Economic Analysis », North-Holland Publishing Company, Amsterdam, Hollande.

(3) 1961 (N.D.T.).

(4) Certaines de ces hypothèses ont été considérées comme valables pour des analyses normatives ou descriptives et ont été utilisées par ces analyses [4, p. 203-227] (Voir Day, note 2). Nous nous en servirons pour des applications économiques non normatives ou descriptives, et des applications prévisionnelles.

(1) Les chiffres entre crochets renvoient aux auteurs cités dans la bibliographie.

LE PRINCIPE D'OPTIMISATION

L'aspect le plus nouveau peut-être et le plus controversé de la méthode, est l'application du principe d'optimisation à la description du comportement économique réel. Les méthodes statistiques d'estimation de l'offre ont masqué d'une façon caractéristique le rôle de ce principe, et il en est venu à occuper une position ambiguë aussi bien dans notre compréhension empirique des phénomènes que dans leur interprétation théorique.

Les exploitants agricoles maximisent-ils ?

Une connaissance imparfaite des possibilités techniques et des forces complexes qui influent sur les prix et les coûts de production, rendent la véritable stratégie optimale aussi difficile à déterminer pour les agriculteurs que pour les économistes. Mais pour expliquer le véritable comportement du chef de firme, il est virtuellement impossible d'ignorer le principe de la maximisation du profit. Considérons par exemple, un petit fermier du Sud des U.S.A. qui dispose de

15 acres (5) en culture, et d'un lot de 3 acres de coton. Même s'il refuse d'abandonner l'agriculture avec un revenu inférieur à la normale, il s'efforce de répartir la surface disponible entre les productions qu'il pense être économiquement les meilleures. Sans doute, effectue-t-il cette répartition avec une faible certitude de voir ses prévisions se réaliser, mais il la fait le mieux possible.

Plus on approche différents types d'agriculteurs, plus on voit l'inégalité de leurs résultats, et plus on est impressionné par la validité du principe d'optimisation. Il n'est pas utilisé comme l'outil d'un choix idéal et optimum : il semble plutôt être un simple guide dans le choix entre un nombre limité d'alternatives dans un environnement qui n'est que partiellement soumis à la volonté de l'agriculteur.

Cette hypothèse empirique selon laquelle les exploitants dressent leurs plans du mieux qu'ils le peuvent est la justification de l'utilisation du principe d'optimisation dans une analyse non-normative (6).

Un impératif théorique ?

Les modèles de production portant sur l'équilibre géographique ou sur la concurrence interrégionale sont des exemples de l'utilisation explicite du principe d'optimisation [4, p. 203-227] (voir aussi Day, note 2). Cependant, dans leurs formes habituelles, ces deux modèles sont à la fois statistiques et normatifs par nature. Tous deux ne résolvent que partiellement le problème traité ici, mais ils sont susceptibles de quelques extensions : ainsi leurs résultats peuvent être considérés comme l'expression d'équilibres de long terme, et utilisés pour prévoir les directions vers lesquelles les différents types de production sont susceptibles de s'orienter. Cependant, ce type d'analyses comparatives statiques est un outil utile pour des analyses normatives si l'on accepte l'hypothèse empirique du comportement d'optimisation.

D'autre part ces modèles statistiques d'offre, ne tiennent pas compte directement du comportement d'optimisation. Les résultats statistiques de ces modèles peuvent être interprétés immédiatement, avantage que ne partagent pas souvent les modèles de concurrence interrégionale. Mais l'interprétation économique de ces résultats pose un problème plus difficile. Ici, les statisticiens sont particulièrement imprécis.

Certains affirment que les méthodes statistiques leur sont d'un grand secours pour résoudre les problèmes d'agrégation (sujet sur lequel nous reviendrons) et que le comportement des agrégats diffère, après tout, de celui des firmes individuelles. Mais quand ils en viennent aux interprétations économiques, ils

s'appuient souvent sur le principe d'optimisation. Ainsi l'élasticité de l'offre par rapport aux prix est souvent considérée comme dénuée de sens quand elle est négative, et comme valable quand elle est positive. Ceci repose sur l'idée qu'il n'y aurait aucun sens, pour les producteurs, à accroître leur production quand ils pensent que le prix va baisser : cette marche à rebours de l'offre ne serait pas conforme à notre opinion sur le comportement d'agriculteurs qui désirent maximiser leur profit (7).

Il faut donc en revenir au principe d'optimisation pour obtenir la pleine signification économique de l'ajustement statistique des modèles d'offre. Ainsi son application explicite à l'analyse prospective et descriptive n'est pas nouvelle comme il aurait pu sembler au premier abord.

Les modèles qui emploient explicitement ce principe sont appelés habituellement « modèles de program-

(5) Un acre vaut environ 0,405 ha (N.D.T.).

(6) Cette hypothèse a été vérifiée de façon plus ou moins rigoureuse, ainsi que nous le verrons plus loin. Elle l'a été dans des discussions détaillées avec un groupe d'exploitants réunis au hasard dans le Delta du Mississippi. Elle s'appuie aussi sur des conversations libres entretenues pendant plusieurs années avec des exploitants de l'Iowa. Ces deux sources étaient la validité du principe d'optimisation tel qu'il est exposé plus haut, et tel qu'il est utilisé plus bas.

(7) Ceci n'est vrai que du point de vue statistique. On peut montrer par la théorie des programmes récursifs que de telles relations entre l'offre et les prix peuvent logiquement résulter du principe d'optimisation appliqué dans un contexte dynamique, et qu'il en est souvent ainsi [4, p. 108-125].

mation » et « modèles de programmation mathématique ». Ils incluent des modèles linéaires, non linéaires, stochastiques et dynamiques, et comprennent aussi les programmes récurrents, décrits ici. Appliqués à l'étude de la production en agriculture, les programmes récursifs permettent d'exprimer l'hypothèse que les agriculteurs préparent leurs plans de production en vue de la maximisation de leurs revenus. Mais ils le font en tenant nécessairement compte de la nature incertaine des outputs, des prix, des coûts de production et des rendements de leurs différentes activités. La prise en considération de cette incertitude devient le fond du problème, une fois reconnu le principe de maximisation. Autrement dit la question n'est pas de savoir si oui ou non les agriculteurs cherchent l'optimisation, mais plutôt comment l'environnement qui conditionne leurs stratégies d'optimisation peut être le mieux décrit.

Bien que de solides arguments théoriques et empiriques conduisent à l'emploi formel du principe d'optimisation, il est plus difficile de préciser exactement ce qui est maximisé.

Les applications courantes des programmes récursifs utilisent les marges brutes espérées, c'est-à-dire les produits bruts espérés moins les dépenses courantes de production (y compris les coûts d'opportunité du travail). Puisque chaque revenu ou profit variable est étroitement relié à ces « marges brutes », cette méthode est utile en première approximation. Les résultats obtenus en utilisant cette variable permettent de croire qu'elle est assez adéquate. Mais il serait possible d'essayer d'autres variables susceptibles d'être maximisées : la valeur totale sur plusieurs périodes des produits bruts actualisés, la marge brute sans déduction du coût d'opportunité du travail non payé, ou le revenu net avec déduction des provisions pour amortissements et des autres coûts fixés, semblent des possibilités particulièrement intéressantes. Il s'ensuivrait, du point de vue de la théorie économique de l'exploitation familiale, que l'on maximiserait une fonction d'utilité incluant aussi bien les activités familiales que les activités de production. Mais pour une analyse empirique globale, les difficultés écrasantes d'une telle approche semblent, jusqu'à présent, en écarter l'emploi.

La planification dans le temps

Les plans de production pour une période donnée de production dépendent à la fois du passé et du futur. Les décisions passées déterminent le stock de ressources et l'actif dont dépendent les projets.

D'autre part les plans de production actuels tiennent compte aussi de ceux qui seront mis en place dans l'avenir. Le nombre de périodes futures prévues dans le plan est communément appelé « l'horizon du plan de production ». Par suite de la grande incertitude qui règne en agriculture, cet horizon est, d'une façon caractéristique, proche. Ceci n'est pas dû à une quelconque myopie des agriculteurs mais à la décroissance rapide des certitudes sur les actions à entreprendre, quand l'horizon économique s'éloigne.

La théorie de la planification dans le temps fut introduite récemment dans l'histoire de la théorie économique, mais elle a connu une extension et un approfondissement très rapides dans la littérature sur les programmes dynamiques. L'application de cette théorie aux problèmes empiriques d'agrégation que nous examinons ici est difficile à saisir. A l'échelle régionale il en est ainsi, particulièrement, pour le choix de l'horizon économique à inclure dans le modèle et pour la détermination de la pondération à affecter aux fonctions économiques des différentes périodes futures, en vue de représenter convenablement l'influence de ces variables au niveau de la firme. Des recherches approfondies devraient

montrer, cependant, qu'il est utile de s'attaquer à ces difficultés et de tenir compte explicitement des horizons économiques et du poids de l'incertitude qui les accompagne.

Dans chaque cas, il faut souligner l'importante distinction entre la planification pour une période donnée (programme dynamique) et les plans de productions séquentiels (programme récursif).

La première détermine les plans à exécuter dans la période en cours et anticipe sur les plans déjà retenus pour une exécution future. Les réalités de la vie économique, cependant, obligent à des changements même dans les plans les mieux établis. Ainsi, au cours du temps, les plans futurs sont révisés à la lumière des conditions du moment. Un modèle qui rend compte de la marche réelle de la planification économique pour expliquer les décisions de production, peut être utilisé pour la remise à jour continue des plans. C'est ce que font les modèles de programmes récursifs, même lorsqu'ils incluent une planification dans le temps, et c'est pourquoi ils doivent être distingués des modèles dynamiques de programmation (8).

(8) Nous avons montré ailleurs [4, p. 108-125, et 6] (voir aussi Day note 2), comment les programmes récursifs permettent de traiter à la fois le problème de la planification pour un temps futur déterminé et celui de la succession séquentielle de plans à différentes périodes.

LE CONTEXTE DE LA DECISION

Comment l'environnement influe-t-il sur le comportement de maximisation ? Pour décrire correctement la façon d'agir des agriculteurs, pour prévoir et expliquer avec un minimum de précision les résultats globaux de leurs décisions, il est nécessaire de

considérer les principaux caractères de l'environnement économique.

Parmi ceux-ci, nous étudierons la structure du marché, l'incertitude et l'influence des agriculteurs de pointe.

La structure du marché et son agrégation

L'agriculture est l'un des très rares secteurs industriels et commerciaux aux Etats-Unis où il semble que le marché soit régi par la théorie classique de la libre concurrence. Pour la plupart des produits agricoles, de nombreux agriculteurs produisent et vendent des marchandises sensiblement homogènes. Aucun n'a la possibilité d'agir de façon appréciable sur les prix de vente de ses produits. Et, qui plus est, les producteurs n'exercent que rarement un contrôle sur les prix des inputs productifs. Ainsi, en grande partie grâce à cette structure particulièrement atomistique du marché, les économètres ont avec un succès notable appliqué leurs méthodes à l'agriculture. Ceci nuit beaucoup à l'application formelle du principe d'optimisation pour expliquer le comportement réel dans ce secteur.

Puisque les agriculteurs ne peuvent influer sur les prix par aucune stratégie particulière, ils se contentent d'anticiper. Le prix devient alors une variable prédéterminée dans un schéma de décision. Les nom-

breux problèmes empiriques et théoriques du comportement oligopolistique et oligopsonistique ne sont pas envisagés. On pourra avec vraisemblance réunir les décisions de chaque producteur en un seul problème de décision régionale. Avec un seul modèle régional, on pourra décrire l'évolution d'un agrégat d'unités agricoles, ayant des possibilités linéaires techniques identiques, disposant de quantités proportionnelles de facteurs quasi-fixes et prévoyant des prix identiques (9). Ce concept est le prototype du cadre d'application formelle du principe d'optimisation. Des modèles récursifs devront être appliqués à des régions géographiques ou des agrégats de types d'exploitations assez homogènes pour éviter de sérieuses distorsions. Nous énonçons plus loin l'hypothèse qu'il faut admettre pour qu'il soit possible de déterminer un bon degré d'homogénéité effective entre des exploitations dans une région donnée. Auparavant examinons quelques aspects de la structure du marché entraînant des « imperfections » dans la concurrence parfaite (10).

Manque d'informations et incertitudes

Ainsi que nous l'avons vu plus haut, les agriculteurs savent bien que leurs revenus correspondent rarement à ceux qui ont été prévus et que les prix attendus se forment rarement. La meilleure prévision de prix de vente est aléatoire. En dépit de ce fait, les analystes néoclassiques de la concurrence supposent une « connaissance parfaite »; ils font l'hypothèse que même si les anticipations de demande ne sont pas certaines, l'équilibre des prix qui serait obtenu est connu exactement. Cette acrobatie de la théorie est nécessaire parce que les économistes néoclassiques ne disposent pas d'un outil suffisamment développé pour l'analyse dynamique.

Cette hypothèse était donc nécessaire pour obtenir des solutions d'équilibre aux modèles statistiques du marché.

Ainsi le modèle mathématique de la concurrence parfaite ne répond pas à la nécessité de décrire le véritable comportement des entrepreneurs. Les applications des programmes linéaires conventionnels

(9) Par possibilités linéaires techniques identiques, nous entendons que toutes les structures de production des exploitants peuvent être représentées par les mêmes processus d'analyses ou par des programmes linéaires identiques. En parlant de facteur de proportionnalité, nous exprimons le fait que tous les agriculteurs utilisent les mêmes facteurs quasi fixes, et que les stocks de ces facteurs possédés par un agriculteur donné, diffèrent de ceux d'un autre agriculteur dans une proportion constante pour tous les facteurs.

(10) Un marché atomistique est celui dans lequel tous les agents produisent un produit homogène et dans lequel personne ne peut influencer les prix en sa faveur par son comportement sur le marché : la concurrence parfaite suppose des conditions supplémentaires ; cf. Chamberlin [1, p. 6].

à des analyses normatives de long terme, doivent logiquement reposer sur une semblable hypothèse, à savoir la parfaite connaissance de l'équilibre de long terme des prix. S'il n'en était pas ainsi, leurs résultats pourraient difficilement être considérés comme des solutions normatives à long terme.

Les programmes récursifs donnent au principe d'optimisation un contexte différent en partant du principe que les plans des agriculteurs sont élaborés à partir d'hypothèses qui reposent sur l'expérience antérieure, et qui seront, au mieux, partiellement vérifiées. De plus, l'élaboration de ces plans doit tenir compte d'une connaissance imparfaite de la demande (11).

La première partie de cette hypothèse est commune à tous les types d'anticipation empirique qui tiennent largement compte des prix passés (plus ou moins rabaisés pour tenir compte de l'incertitude). Dans certains modèles de programme linéaire qui comportent un nombre fini d'alternatives, les prévisions relatives au comportement global pourraient être grossièrement inexactes si cette seule partie de l'hypothèse était retenue. Dans certaines régions agricoles, des solutions assez spécialisées, même à des prix sous estimés, seront relativement plus profitables que d'autres, et ceci avec des marges substantielles.

En conséquence, à moins que des contraintes inférieures et supérieures ne soient établies pour tenir compte de l'incertitude, un modèle de programmation prévoira une plus grande spécialisation, pour une année donnée, qu'il n'est habituellement observé en beaucoup de points de la région. Ces contraintes ont donc pour effet de limiter la concentration des spéculations les plus profitables sur une ferme ou dans une région.

Cependant une spécialisation régionale intense réalisée une année pourrait provoquer (en l'absence de soutien des prix) une chute des prix reçus, par suite d'une forte hausse de la production. La spéculation la plus profitable pour les prochaines années peut alors apparaître comme différente de la plus profitable pour la première année. De la sorte une spéculation intense apparaîtrait dans les différentes récoltes annuelles.

En bref, un tel modèle pourrait prévoir de brutales variations annuelles dans les types de production. Puisque la production agricole ne varie pas brutalement d'une année à l'autre, il faut tenir compte d'autre chose que des anticipations sur

(11) Depuis de nombreuses années les modèles statistiques d'offre ont tenu compte de l'incertitude des prix par différents modèles de prévisions cf. Nerlove [10]. Ici, nous essayons d'obtenir le même résultat à partir du principe d'optimisation. Différents modèles de programmes stochastiques ont aussi essayé de prendre en compte l'incertitude, tels que, par exemple, dans un contexte différent, les modèles de sélection de portefeuilles. Ils sont très généralement de nature normative.

les prix pour établir un modèle de production à partir de programmes linéaires. Si, dans un programme linéaire, nous pouvions limiter les niveaux des activités caractérisées par un ensemble donné de marges brutes, au moyen de bornes supérieures et inférieures, nous aurions résolu une partie du problème (12). C'est dans la connaissance imparfaite de la demande que nous trouverons les éléments nécessaires pour établir ces contraintes.

Des conversations dirigées ou libres avec des agriculteurs de l'Iowa et avec des métayers, de petits exploitants et des régisseurs de grandes plantations dans le Mississippi, montrent que partout les exploitants sont conscients de la relative liaison qui existe entre la production et les prix. De même ils savent qu'un changement global de la production d'une activité vers une autre ou dans le niveau général de la production, en l'absence de soutien des prix, provoque toujours une baisse de prix bien déterminée. Un exploitant sait aussi que ce qui lui a réussi, réussit habituellement à beaucoup d'autres exploitants dans la même région de production.

Par conséquent, il sait qu'une solution favorable sera adoptée par beaucoup d'exploitants et que s'il spécialise trop sa production, le résultat en sera de diminuer ses profits. Cette connaissance imparfaite des effets de l'offre globale sur les prix amène à limiter les modifications de types de production provoquées par les anticipations de prix. De telles restrictions peuvent être prévues explicitement dans un modèle de programme récursif grâce à des limites supérieures et inférieures variables. Ces limites sont appelées contrainte de flexibilité. Elles sont décrites plus loin.

Les exploitants de pointe et l'innovation

La troisième caractéristique du processus de décision en agriculture, qui a une particulière importance pour l'application directe du principe d'optimisation à l'analyse non normative, est le rôle joué par les producteurs efficents et les innovateurs d'une région donnée. Dans la plupart des petites régions des pays pour lesquels l'agriculture est importante, des fermes sont, de façon évidente, plus efficaces et prospères que les autres : ceci peut être attribué à de meilleures ressources naturelles, mais surtout à une meilleure gestion. Ces fermes bien gérées tendent à devenir un modèle pour les producteurs plus modestement doués pour la direction d'une exploitation.

Les dirigeants de ces unités particulièrement productives sont fréquemment en relations étroites avec

(12) Henderson a été le premier à reconnaître l'importance de telles contraintes. Mais pour exprimer l'influence contraignante de l'incertitude, du manque de connaissance et des facteurs quasifixes, il a utilisé des bornes « globales » alors que nous traitons séparément chacun de ces facteurs dans un contexte dynamique.

les stations expérimentales et les autres endroits où ils peuvent mieux prendre connaissance des dernières techniques agricoles. Habituellement ils ne sont pas les premiers à adopter une nouvelle technique de production et doivent être distingués des novateurs. Mais ils sont généralement parmi les premiers à adopter une heureuse innovation et, réciprocement, ils en adoptent rarement de mauvaises. Au contraire la plupart des producteurs sont longs à voir les avantages économiques d'une innovation donnée. Ils sont plus prudents dans l'application d'une technique nouvelle et mettent plus longtemps à reconnaître ses avantages économiques. On peut faire la même observation pour la modification du cheptel ou des types de culture.

Pour ces raisons, la réaction à un changement des conditions économiques est habituellement répartie dans le temps. Ceci est vrai des réactions aux changements simultanés des possibilités techni-

ques (par l'innovation) et des autres sources de profit. L'application adéquate du principe d'optimisation doit donc se faire dans ce contexte d'ajustement dynamique.

La recherche systématique du plan de production optimum semble être une activité réservée à un nombre relativement faible de producteurs. Les décisions en résultant guident la plus grande partie des agriculteurs (ainsi qu'on vient de le montrer) dans leurs propres décisions.

Le point important de toutes ces considérations, c'est que les problèmes d'agrégation en seront considérablement simplifiés. Dans un région donnée les variables économiques se comporteront comme si elles étaient les résultats d'un groupe de producteurs plus homogène qu'il n'est en réalité. Les résultats empiriques obtenus semblent confirmer la validité de cette hypothèse.

LA DYNAMIQUE DE L'UTILISATION DES INPUTS

Une observation frappe tout chercheur familiarisé avec les divers types des études économétriques de production : les économistes de la production semblent être intéressés seulement aux détails de structure et non aux résultats globaux. De leur côté les macroéconomistes, ont trop souvent limité leurs recherches au comportement des variables globales sans s'intéresser à la structure qui détermine les mouvements de ces variables. S'ils ont essayé de dégager les structures en utilisant des modèles statistiques de « structures », leurs efforts dans cette voie n'ont pas diminué la nécessité d'une exploration directe de la nature structurelle dynamique de l'économie de l'exploitation.

La conscience de cette impasse explique indiscutablement les efforts croissants dans les dernières années pour laisser de côté les variables globales et pour explorer les relations fondamentales input/output et leurs liaisons avec les productions globales dans le temps.

Les descriptions techniques des relations input/output ont été menées très loin et c'est dans cette voie que nous avons avancé le plus d'hypothèses significatives.

Les analyses du budget, les analyses statistiques de fonctions de production, des analyses input/output et, plus récemment, les analyses de méthodes, constituent maintenant un ensemble assez riche d'instruments d'étude des conditions fondamentales de la dynamique de production. Par conséquent, je soulignerai les liaisons entre les structures techniques de production, telles qu'elles apparaissent à travers les types d'analyse que nous venons d'énumérer, et la dynamique des investissements dans les inputs productifs eux-mêmes.

Pour ce faire, il est utile de suivre la classification habituelle des facteurs de production ; certains, tels que les services du travail, les engrains et les autres produits habituellement épuisés au cours d'un cycle de production, sont variables. D'autres, qui ne sont pas épuisés au cours d'un cycle de production, sont quasifixes ou fixes. Quand les exploitants dépendent à divers degrés du crédit, les deux catégories correspondent grossièrement aux deux types de prêts qui peuvent leur être consentis, les prêts à la production et les prêts pour investissement (13).

Les facteurs variables

d'inputs nécessaires à la production de différentes

(13) Glenn Johnson, Earl Heady, Clifford Hildreth, et Marc Nerlove sont de ceux qui ont essayé de montrer explicitement le rôle des facteurs quasifixes et fixes dans la production agricole.

quantités d'outputs. La seconde permet d'estimer les profits résultants de divers plans de production. Cependant, la demande réelle pour un input donné, ou, en d'autres termes, l'utilisation planifiée d'un input donné, dépend aussi des quantités prévues disponibles de tous les facteurs de production variables, quasi-fixes et fixes. On a mis cela en évidence lorsqu'on a étudié les réactions qu'ont eues les exploitants devant la réduction d'offre de terre imposée par le contrôle des superficies. Par exemple, l'augmentation de l'intensité d'utilisation des engrains semble avoir été accélérée par les effets de la diminution des terres disponibles, pour la culture des produits contrôlés.

Pour expliquer la relation entre la production et l'utilisation correspondante de facteurs variables, l'économiste doit comprendre ce qui limite les quantités d'input productifs à un moment donné.

On a avancé que les quantités d'inputs variables n'affectent pas la production, c'est-à-dire qu'à court terme, le « terme » dans lequel tous les plans sont effectivement réalisés, ces inputs sont disponibles de façon illimitée. On a même supposé qu'ils étaient disponibles de façon illimitée à prix constants. Mais les agriculteurs sont trop bien informés du marché local des facteurs pour supposer qu'il en est ainsi. Ils savent par expérience que certains inputs au moins sont limités, en quantité, par les prix qu'ils peuvent payer.

Le prix des inputs

De même qu'ils limitent la production d'outputs profitables parce que la relation entre l'offre globale et le prix est connue mais incertaine, de même les exploitants limitent-ils leurs demandes d'inputs à cause de l'interaction connue, mais parfois plus incertaine encore, entre les quantités d'inputs et leurs prix. Un exploitant du delta du Mississippi m'expliquait qu'il achetait des machines à récolter le coton bien que la main-d'œuvre locale fut bon marché parce qu'il savait que l'offre locale de main d'œuvre était en train de diminuer : pour faire cueillir son coton par la main d'œuvre des environs, il aurait sans doute été amené à payer un prix non rentable dans un avenir proche.

Les demandes d'inputs sont donc découragées par la considération que les quantités de facteurs disponibles, à des prix abordables pour les agriculteurs, sont limitées. Quand les achats d'inputs variables sont financés par le crédit, ce phénomène prend la forme du rationnement de crédits. Les agriculteurs sont amenés à diminuer leur demande de prêts, pendant que les banques locales sont amenées à diminuer leurs crédits.

Le labour-saving

La migration des travailleurs agricoles vers les

zones urbaines, particulièrement depuis la deuxième guerre mondiale, a provoqué une diminution de la main d'œuvre disponible. L'effet contraignant de cette migration dépend de la vitesse avec laquelle est adoptée la technologie permettant d'épargner la main d'œuvre (labour-saving). Si la vitesse d'adoption est suffisamment grande, la quantité de travail est illimitée dans ses effets et les contraintes de main-d'œuvre n'apparaissent pas.

Mais dans des périodes où l'investissement en techniques labour-saving est faible, le facteur travail risque de limiter l'output. Pour notre part nous ne désirons pas tenir compte de l'un ou l'autre de ces effets. Cependant, nous nous efforcerons de tenir compte de la quantité de travail au cours du temps comme d'une partie de la structure dynamique de la production, ce qui nous permettra d'en déduire des hypothèses sur les moments, les endroits et les conditions dans lesquels l'un ou l'autre des effets possibles peut être observé.

La production d'un facteur est limitée

Un troisième élément introduit une contrainte à court terme dans l'offre d'un facteur variable. Il entre en jeu dans une période de croissance rapide de la demande pour ce facteur. La production suit un processus d'expansion qui lui est propre. Les quantités disponibles d'un tel facteur sont limitées par ce processus. Ce type de restriction de l'offre d'un facteur est particulièrement évident dans des périodes d'innovation et d'adoption de techniques nouvelles, quand la quantité de travailleurs pourvus d'une certaine spécialisation est limitée par la rapidité de l'apprentissage de cette spécialisation ou quand, par exemple, la quantité d'un nouveau type d'engrais ou d'insecticide est limitée par la vitesse de formation du capital dans l'industrie (éventuellement nouvelle) produisant cet engrais ou insecticide.

Ainsi, trois facteurs peuvent entraîner à court terme, une restriction des quantités d'input variables. Le premier est constitué par le niveau de l'offre effective d'un input, qu'un fermier peut et veut payer dans une zone de prix donnée. Le second provient de la diminution en valeur absolue du capital physique qui se trouve à la source du flux de services considéré comme input variable. Le troisième qui est logiquement semblable au second, tient au fait que la vitesse d'augmentation de la quantité disponible d'input variable peut être limitée par la vitesse de développement de l'industrie qui le produit. Ayant, à propos de ces deux derniers, étudié la relation entre le capital physique et la quantité d'inputs variables, nous allons maintenant discuter du capital monétaire.

Le processus d'investissement ne peut être ignoré, même en ne considérant que les plans de production à court terme de la firme. En effet, un exploitant peut répartir tout le capital qu'il a pu acqué-

rir entre les achats de facteurs variables, quasifixes et fixes, c'est-à-dire entre des investissements à court et à long terme. Ici, encore, certains affirment que ce champ d'étude doit être ignoré car la quantité de capital est pratiquement illimitée. Mes conversations avec les exploitants m'ont cependant amené à penser que même les prêts à court terme sont souvent difficiles à obtenir. Au cours d'une de ces conversations, quelqu'un me racontait qu'il s'était établi comme exploitant juste après la guerre. Comme il n'avait pas remboursé une mensualité du prêt annuel à la production, la banque locale lui refusa d'autres avances. Il serait, par conséquent, souhai-

table d'inscrire dans un modèle de production une variable dynamique explicitant les quantités de capital disponibles. Une telle variable agirait comme une borne supérieure, susceptible de se modifier au cours du temps à la demande régionale effective de monnaie à investir dans des inputs productifs.

Cette variable sera liée à des variables telles que le revenu régional de l'année écoulée et le taux d'intérêt. Les modèles récursifs courants n'incluent pas en fait de telles relations, mais la méthodologie peut s'y adapter. D'autres efforts seraient nécessaires pour remédier à cette insuffisance.

Les facteurs quasifixes et fixes

Dans une région développée la quantité de terre est limitée et peut être considérée de façon réaliste, comme un facteur fixe, mais dans les régions sous développées l'investissement en terre ne doit pas être considéré comme différent, de façon essentielle, des investissements en matériels, bâtiments et autres facteurs moins durables. Même dans une région développée, la terre peut être regardée comme un facteur quasifixe. L'érosion et le lessivage des sols diminuent sa productivité, qui ne peut être maintenue que par des investissements dans divers procédés de conservations des sols. Ce phénomène est analogue à celui de la dépréciation des facteurs moins durables. En conséquence, nous ne porterons notre attention dans ce qui va suivre, que sur les facteurs quasifixes (14).

Les facteurs quasifixes (inputs durables de production), ne sont pas utilisés entièrement dans une période de production, mais fournissent un flux de services. La quantité de services provenant d'une machine donnée est limitée par la capacité de la machine. La capacité d'un facteur quasi-fixe est particulièrement difficile à définir et à mesurer. Un facteur donné, dans bien des cas, peut être utilisé de façon plus ou moins intensive, mais souvent il est possible de définir une mesure grossière, utile pour des recherches empiriques. La capacité de labour d'un tracteur à 4 socs, par exemple, est estimée par le nombre d'acres qu'il peut labourer dans des conditions normales et en un jour moyen de travail.

La demande des services de facteurs quasifixes et par conséquent la demande et l'offre des facteurs quasifixes eux-mêmes, est régie essentiellement par les mêmes forces que celles qui régissent la demande et l'offre de facteurs variables. Les quantités de

services demandés pour différents niveaux d'outputs déterminent, avec les prix, les demandes de tels facteurs.

De plus les trois éléments dont nous avons parlé dans le paragraphe précédent avec le capital agissaient dans le même sens. Mais la longévité de ces facteurs durables exige des considérations supplémentaires.

Puisque les facteurs quasifixes peuvent fournir des services non seulement dans la période de production en cours, mais aussi dans les périodes suivantes, la décision d'investissement, pour ces facteurs, doit compter non seulement pour la période en cours mais pour les plans de productions futures. Puisque les prix futurs (ainsi que les politiques de contrôle de gouvernement) sont plus incertains que ceux de la période immédiatement à venir, le nombre des périodes futures qui doivent entrer en compte sera généralement faible.

Même si l'on raisonne à relativement court terme, le problème du choix d'un horizon fini pour l'analyse économique qui permette, d'étudier correctement l'effet des décisions individuelles des exploitants à l'échelon régional, peut être par conséquent plus difficile que la mesure de la capacité des inputs durables. Cependant une deuxième approche s'est révélée utile dans les applications récentes des programmes récursifs à l'échelle régionale. Elle nous permet d'estimer les investissements en facteurs quasifixes sans se référer explicitement à un horizon plus long qu'une simple période.

Supposons qu'un processus donné de production soit particulièrement profitable, mais que la capacité en un certain facteur quasi-fixe, dont les services sont nécessaires à la production, soit limitée dans une région donnée. Par exemple, supposons que la récolte du colza avec une moissonneuse-batteuse automotrice est hautement profitable, mais que les exploitants de la région ne possèdent que quelques moissonneuses-batteuses automotrices. Le nombre maximum de machines nécessaires à la moisson de

(14) Il faut noter aussi que dans une région agricole développée, les implantations urbaines obligent à considérer la terre comme un facteur quasifixe, et non un facteur fixe. Les modèles courants ne tiennent pas encore compte de ce phénomène.

la superficie désirée de la culture en question ne sera pas obtenu immédiatement, en partie pour des raisons déjà indiquées, mais surtout parce que les exploitants ne veulent pas détenir dans les années qui suivent une trop grande quantité du capital investi au cas où les prix du colza tomberaient. Si le processus continue à être profitable, un nombre croissant de machines sera acheté.

On a observé empiriquement [14] que, en cas de profitabilité continue au cours d'une longue période, les achats d'un bien d'investissement donné augmentent à un taux géométrique. En agriculture ce taux dépend de la rapidité avec laquelle les fermiers s'habituent aux nouvelles machines et à l'amélioration des procédés de fabrication dans l'industrie qui fournit les machines. Ces considérations sont exprimées par la notion de « principe de la croissance potentielle maximum ». Elle définit une limite maximum que les investissements en facteurs quasifixes dans une région donnée ne peuvent dépasser. Cette limite maximum ne peut réellement être atteinte, ainsi que nous l'avons indiqué. Les investissements réels en un input particulier peuvent tomber en dessous du taux estimé possible par le principe : il en est souvent ainsi.

D'autres phénomènes, tels qu'une offre limitée en facteurs complémentaires variables, quasifixes et fixes, peuvent restreindre la production. En conséquence, les investissements peuvent tomber parfois, et quelquefois de façon permanente, en dessous du taux potentiel. Dans le cadre de ces contraintes, il est possible de déterminer les investissements régionaux réels. Nous ne nous prononcerons pas tout de suite pour l'un ou l'autre des effets de la limitation de l'offre de facteurs quasi-fixes. Au lieu de cela nous nous demanderons à quelles conditions ils affectent ou non la production d'un produit donné.

Le principe d'optimisation appliqué à l'échelle régionale implique que les stocks de facteurs quasifixes prévus pour la région puissent être répartis entre les exploitants de la meilleure façon. Dans beaucoup de régions, cette condition est à peu près remplie grâce à un marché local des facteurs fixes et quasi-fixes actifs. A partir du moment où de tels marchés ne font pas circuler librement ces facteurs, le modèle est faussé.

L'évolution technologique peut être, pour plus de commodité, divisée en trois composantes : l'invention, l'innovation et la diffusion ou vitesse d'adoption.

La première de ces trois composantes, *l'invention*, est d'une importance cruciale dans le processus de croissance, et elle est particulièrement difficile à traiter avec les outils existants de l'analyse économique. Mais en ce qui concerne le problème de l'analyse de la production globale, il y a pas à en tenir compte explicitement. C'est uniquement grâce à un novateur qu'une invention pénètre dans le processus de production.

En conséquence, l'examen de l'évolution technologique commence avec *l'innovation*. Mais il est à peu près aussi difficile de prévoir les innovations que de prévoir les inventions.

Cette difficulté ne nous arrêtera pas cependant, puisque le nombre de novateurs dans une région donnée est typiquement très faible par rapport à l'ensemble des producteurs. Pour cette raison, l'effet initial sur la production est faible (15). Cet aspect du problème est décrit plus loin.

Nous commencerons donc l'étude des effets de l'évolution technologique sur la production, à la période historique pendant laquelle une innovation majeure, telle que l'emploi du coton-picker ou la production d'un nouveau bien, est introduite, et en considérant que c'est un « fait accompli » (16). C'est-à-dire que nous considérons l'innovation comme l'une des structures de la production historiquement données.

Dans une région développée (ou une région assujettie à des contrôles rigides de la production) dans laquelle les outputs totaux des divers produits sont soit stables, soit en diminution, *l'adoption* d'une nouvelle innovation ne provoquera pas obligatoirement un accroissement de production.

Les effets de cette adoption concernent d'abord l'utilisation d'autres techniques désormais obsolètes. Une substitution se fait entre les nouvelles et les anciennes techniques, les anciennes étant progressivement abandonnées et remplacées par des nouvelles, et ceci à une vitesse croissante dans le temps.

Quand la production totale de certains outputs augmente, il n'est pas certain que cela soit dû à une innovation en train de remplacer les anciennes techniques : si la vitesse d'accroissement de la production est plus grande que celle de l'adoption de la nouvelle technique, les anciennes techniques peuvent même continuer à se répandre pendant un certain temps, jusqu'à ce que le taux d'adoption des nouvelles techniques dépasse celui de la croissance de la production. A ce moment, les mêmes effets de substitution que précédemment seront observés. Il est aussi possible que la totalité de l'expansion soit provoquée par les nouvelles techniques. Alors, pour un temps, les anciennes méthodes resteront relativement inchangées ou commenceront peut-être à disparaître lentement. Les orientations réelles de ces variables sont déterminées par toutes les forces agissant sur l'investissement et la production dans la région.

Pour comprendre la relation entre l'évolution

(15) Ceci n'implique pas que l'économie de l'innovation ne doive pas être étudiée. Mais nous pouvons procéder à une analyse même s'il n'existe pas encore des modèles d'innovations corrects. Les effets n'en deviennent vraiment importants qu'avec la diffusion.

(16) En Français dans le texte (N.D.T.).

technologique et la production, il est évident qu'il nous faut comprendre le processus de la diffusion de l'innovation.

La décision d'investir dans une machine non utilisée auparavant, ou de produire une denrée non cultivée auparavant, est déterminée par la plupart des éléments qui déterminent l'investissement dans des facteurs déjà communément employés dans la région. En conséquence, on peut penser que tous les éléments déjà considérés agiront dans cette région. Ainsi nous adopterons l'hypothèse fondamentale que le processus de l'évolution technologique doit être traité comme partie intégrante du planning de production et d'investissements, et que l'analyse que nous avons faite du processus de décision relatif aux facteurs variables et quasi-fixes s'applique à l'innovation avec la même validité.

Mais les innovations sont, par définition, nouvelles et peu familières : si bien que la distinction entre les anciennes techniques et les innovations sera commandée par un élément supplémentaire. Celui-ci agira sur la production et l'investissement et ne peut donc être ignoré : c'est le progrès de la connaissance technique et la confiance dans l'avantage qu'apporte l'innovation. Ceci doit accompagner l'innovation en sorte que la limitation des connaissances techniques constitue le principal obstacle à la diffusion. A moins que l'on ait tenu explicitement compte de ce phénomène, l'investissement dans

de nouvelles techniques est, souvent, surévalué de façon sensible.

Cette confiance, cette familiarisation et ce savoir sont acquis bien plus lentement par l'ensemble des producteurs que par les novateurs, et ceux qui les imitent rapidement. Aussi, observe-t-on souvent que la diffusion de l'innovation obéit à une loi qui se rapproche d'une exponentielle, ou d'une progression géométrique. En allant plus loin on peut dire que son taux de diffusion semble dépendre de sa nouveauté. Ainsi une innovation radicalement nouvelle est, toutes choses égales d'ailleurs, adoptée plus lentement qu'un changement relativement mineur dans une technique déjà familière. Par exemple, la diffusion de l'emploi d'engrais azotés liquides s'est fait à une vitesse beaucoup plus grande que ne s'est faite autrefois celle de l'emploi d'engrais azotés solides.

Au fur et à mesure que l'ampleur des profits supplémentaires permis par l'innovation (produit marginal de l'investissement) diminue et que la diffusion se poursuit, la quantité de facteurs complémentaires peut se limiter et l'incertitude sur la continuité des profits peut grandir. Par conséquent, quand la diffusion s'est prolongée pendant quelque temps, on peut s'attendre à une diminution du taux d'adoption. Ceci explique la courbe en S, habituellement observée dans les études de diffusion du taux d'adoption d'innovations.

LA METHODE DES PROGRAMMES RECURSIFS

Comment donner une signification empirique, et modéliser toutes les caractéristiques de la production que nous venons d'énumérer ? Nous en arrivons à la construction d'un modèle de programme récursif pour un secteur particulier de l'économie et, de là, à la théorie générale à la fois mathématique et économique des programmes récursifs. Ces deux aspects de notre raisonnement ont été développés ailleurs (17). Ici la discussion se limitera à une description de la façon dont les programmes récursifs stimulent l'économie de la production, telle que nous l'avons imaginée dans les paragraphes précédents.

Comme dans toute recherche économétrique, un modèle particulier est un mélange judicieux entre

la compréhension conceptuelle d'un processus économique et les possibilités existantes de représentation et de confrontation de cette théorie avec des données réelles. Cependant, c'est une chose que d'être satisfait d'un modèle, et une autre d'être satisfait du système théorique général qu'il représente. Pour distinguer ces deux aspects, la description des modèles courants est suivie de quelques remarques plus fournies sur la théorie pure des programme récursifs. Ceci nous rendra capables de voir comment nos idées sur la théorie de la production peuvent être formalisées, même si les modèles économétriques disponibles ne nous permettent pas de les décrire complètement.

Le processus de production

Les processus techniques de la production, disponibles dans une région une année donnée, sont représentés par les coefficients qui lient, pour chacun

d'eux, les inputs aux outputs. Ces coefficients mesurent les productions attendues par unité de processus et les coûts physiques en terme de quantité de facteurs variables totalement utilisés et de services de facteurs quasi-fixes employés par unité de proces-

(17) [4 - pag. 108-125]. Voir Day note 2.

sus. Ces processus sont définis pour des combinaisons mécaniques d'un état technologique donné, pour des classes de sols et pour un certain nombre d'intensités de fertilisation..

Ainsi, des processus distincts sont définis pour chaque machine, pour chaque classe de sols, et pour chacun des niveaux de fertilisation possibles pour chaque culture (18). Chaque processus est mesuré par acre. Chaque coefficient d'output est mesuré en production par acre d'unités convenables telles que le boisseau, le quintal, etc... Chaque coefficient d'input variable traduit les besoins par unité de surface de l'activité en unité convenable du facteur de production (considéré par exemple en heures ou en livres).

Chaque coefficient de facteurs d'input fixes ou quasi-fixes est mesuré en acres ou en unités de production (19).

La complémentarité des diverses spéculations de l'exploitation peut être rendue par l'établissement de ces processus. Ainsi la production d'aliment pour le bétail peut être considérée comme une activité produisant un supplément d'aliments qui peut être vendu ou utilisé comme input dans le processus d'élevage. Par exemple dans le modèle du delta (20), le maïs destiné à l'alimentation du bétail était considéré comme un processus complémentaire de la production de coton, en tant que fournissant l'alimentation des mulets nécessaires à cette culture.

Les marges brutes

Les marges brutes attendues sont mesurées en termes de produit brut par acre, diminuée de coûts variables prévus, en supposant que ces derniers sont évalués pour des productions et des coefficients d'input correspondant à une année du climat normal.

Ainsi, on obtient une mesure des marges brutes attendues en année moyenne. Pour tenir compte du fait que les exploitants ne connaissent pas les prix qu'ils recevront en pleine récolte, on peut utiliser une fonction pondérée par les prix des années précédentes. Les modèles courants utilisent l'évaluation la plus simple, c'est-à-dire les prix de l'année passée. Ceci nous montre ce que les marges brutes auraient

été l'année précédente, si le temps avait été moyen, comme l'exige la notion de marges brutes attendues par unité de chaque activité pour une année donnée (21).

Cette approche considère la production comme déterminée directement par les marges brutes et indirectement seulement par les prix. Tous les prix d'outputs et d'inputs font sentir leurs influences à travers les variables réelles de décision. Ceci est conforme non seulement à la théorie générale de la production mais encore aux processus veritables de décision.

La fonction de choix

La fonction de choix représente ce que les exploitants d'une région s'efforcent de maximiser.

Nous avons discuté cette fonction plus haut et décrit les caractéristiques du processus de décision qui semblent valider son application à l'échelle régionale. Cette fonction est la somme des marges brutes attendues par unité (acre) de chaque processus, multipliée par la surface de culture correspondante. L'agrégation des décisions individuelles d'exploitants est considérée comme un ensemble d'intensité de processus régionaux qui maximisent la recette nette totale attendue de la région que nous venons de définir, compte tenu des contraintes auxquelles sont soumises les intensités des processus.

Ainsi que nous l'avons vu, de nombreuses contraintes empêchent les exploitants d'une région d'at-

teindre un optimum idéal. Nous allons maintenant décrire rapidement la méthode habituelle d'emploi de la fonction de production en vue de la maximisation (22).

Les contraintes de flexibilité

Nous avons montré que les variations, au cours du temps, des bornes supérieures et inférieures de la superficie d'une certaine culture constituent une

(19) La capacité d'utilisation par acre est aussi difficile à définir rigoureusement que la capacité elle-même. Les résultats courants suggèrent cependant que cette approche fournit une approximation empirique utile.

(20) Il s'agit du delta du Mississippi (N.D.T.).

(21) Il faut espérer que l'on trouvera dans les prochaines études de modèles une notion plus réaliste de la marge brute.

(22) Nous avons montré comment on peut inclure la planification dans le temps. La présente remarque concerne seulement les modèles de structure.

(18) Le fait qu'il existe une relation non linéaire entre le rendement d'une culture et la quantité d'engrais utilisée n'entraîne pas de difficulté (Day, page 93-100 voir note 2).

description à la fois théorique et pratique de la façon dont, par suite de l'incertitude, il est nécessaire de limiter les changements de types de production. De telles contraintes limitent la flexibilité de la sélection des intensités de processus et justifient ainsi la perspective prudente sous laquelle nous avons envisagé la maximisation du profit. La superficie maximum impartie dans une région à tous les processus de production qui fournissent le même produit, est fonction de la superficie totale réelle de la culture dans les années précédentes, et aussi peut-être d'autres variables. Il en est de même du minimum de superficie impartie. Pour cette relation a été utilisée une augmentation (ou diminution) constante, par rapport aux superficies réelles des années précédentes (23). J'ai appelé coefficients de flexibilité ces taux d'augmentation (ou de diminution) car ils définissent des degrés de flexibilité qu'une région peut montrer pour les changements de culture.

La superficie totale de chaque produit a une limite supérieure et inférieure annuelle, définie par les superficies réelles de l'année précédente et par ses coefficients inférieurs et supérieurs de flexibilité. Des formulations plus générales ont été examinées récemment (24).

Cette construction conduit à introduire l'effet des retards d'ajustements des prix. Les superficies de l'année antérieure influent sur toutes les décisions qui précèdent la production et représentent ainsi les effets accumulés de tous les prix antérieurs. Par ailleurs, les effets, sur la production, des variations de prix dans une période donnée sont répartis dans le temps par la flexibilité et les contraintes de capacité. Cette observation s'applique à toutes les variables de production et d'investissement comprises dans le modèle.

Les contraintes d'utilisation des facteurs variables, quasi-fixes et fixes

L'investissement potentiel maximum pour un niveau donné de la technique, ou la combinaison des facteurs quasi-fixes, est lié à la valeur qu'il prenait pour les années précédentes : le coefficient constant qui rend compte de cette relation est appelé coefficient d'investissement et définit le taux maximum d'augmentation de la capacité considérée. Ce coefficient représente les effets combinés de la croissance

(23) Mon travail est lié directement à celui d'Henderson.

(24) W. Neill SHALLER, Farm Economics Division, Economic Research Service, dans sa thèse de Ph. D. « A recursive Programming Analysis of Regional Production Response », présentée récemment à l'Université de Californie, a construit un modèle de programme récursif dans lequel les contraintes de flexibilité incluent des fonctions non linéaires des superficies passées, les superficies de culture contrôlées et la superficie agricole totale. Nous avons projeté des investigations plus poussées, incluant les variations de rendement, de prix, de profit et de variables non économiques. Le rôle crucial que jouent ces contraintes, et les phénomènes de comportement compliqué qu'elles décrivent montrent l'intérêt des recherches dans cette voie.

des industries fabriquant les diverses machines impliquées dans la production, le processus d'acquisition de la connaissance nécessaire aux exploitants pour l'adoption de méthodes qu'ils n'utilisaient pas jusqu'alors, et enfin l'incertitude qui plane sur la continuité de la profitabilité d'un investissement pour un état déterminé de la technologie (25).

Cette hypothèse est de même nature que celle qui est exprimée par la théorie de l'accélération de l'investissement souvent utilisée en macroéconomie. Mais elle est plus souple, car l'investissement réel est déterminé par les contraintes de flexibilité, aussi bien que par celle de la croissance potentielle maximum. Les investissements ne se font au maximum que si la maximisation du *profit* restreint le justifie. L'investissement réel ne peut atteindre ce taux. En fait, il se produit souvent un désinvestissement ou une diminution de la capacité d'utilisation (26).

Sur la base des quantités de travail, d'engrais et d'autres facteurs utilisés par le passé, on estime les quantités limitées de facteurs disponibles aux prix que sont déterminés à payer les agriculteurs. On détermine ainsi les variations des bornes supérieures d'utilisation de ces facteurs au cours des différentes périodes. En conséquence, à la différence des capacités de facteurs quasi-fixes, ces facteurs sont des variables exogènes du modèle (27).

Les seuls inputs considérés comme fixes sont les superficies totales des différentes classes de sols ou les types de terres d'une région disponibles pour la production.

Un mécanisme de croissance endogène semblable à celui des facteurs quasi-fixes pourrait être déterminé pour les régions dans lesquelles les ressources de ce type sont sous-employées.

La demande réelle (utilisation) prévue de facteurs variables et fixes, l'investissement dans la plupart des facteurs quasi-fixes, le niveau prévu de chaque processus de production sont déterminés par des décisions de maximisation. Ainsi, l'utilisation réelle d'input peut ou ne peut pas être déterminée au niveau potentiel maximum.

Le même phénomène de liaison dans le temps que

(25) Il faut noter que ce type d'incertitude diffère de celui qui est décrit par les contraintes de flexibilité. Ce type-ci s'applique à une technique donnée de production (et il peut exister plusieurs techniques pour un produit déterminé) alors que les contraintes de flexibilité s'appliquent à la superficie occupée par la totalité des processus relatifs à une culture.

(26) Ce modèle ne tient pas compte des mouvements inhabituels de capitaux, si nous nous entendons par inhabituel un mouvement du capital dépassant le maximum prévu par le principe de croissance potentielle maximum. Cependant j'ai esquisqué un modèle interrégional qui devait prévoir les flux de capitaux circulant entre les régions [4, pages 108-125].

(27) Les recherches actuelles s'orientent vers la mise au point d'un mécanisme endogène pour traduire l'offre de travail et de fertilisants.

nous avons décrit par l'intermédiaire des contraintes de flexibilité, se manifeste pour l'utilisation de tous les types d'inputs. L'utilisation prévue dépend non seulement des recettes nettes de l'année précédente, mais aussi des recettes et des prix d'input et d'output des années antérieures. On peut même montrer que l'investissement est plus important pour les inputs dont la recette marginale nette, ou quasirente, est la plus importante. En conséquence le modèle est une description formelle de la fameuse théorie de Marshall de la quasirente de l'investissement, et aussi une version dynamique de la théorie de la productivité marginale de l'investissement qui en est très proche.

Les variations de la technologie

L'innovation, ainsi que nous l'avons montré, peut être introduite dans le modèle par le moyen de nouveaux processus de production et de la nouvelle capacité, connue ou estimée, qui est utilisée pendant la période d'innovation. L'ensemble des anciennes et des nouvelles capacités, forment un nouvel ensemble de conditions initiales pour le modèle. Le taux d'adoption de ces nouveaux processus est déterminé exactement pour le « même principe de croissance potentielle maximum » décrit pour les techniques anciennes.

L'estimation des coefficients d'investissement pour des processus récemment mis au point, ou l'estimation des nouveaux coefficients de flexibilité des produits d'introduction récente, est plus difficile et moins exacte que l'estimation de ces coefficients pour des méthodes moins nouvelles. Ce problème ne peut être résolu que par la compréhension des forces profondes qui déterminent les types d'investissement. Chaque innovation est, à bien des égards, unique et il est douteux que des prévisions empiriques ou des taux d'adoption puissent être mieux qu'approximatifs. Cependant, il est raisonnable de penser qu'une connaissance détaillée des taux d'adoptions passés pour un certain type de nouveautés technologiques peut être utilisé pour estimer l'augmentation potentielle maximum probable pour des innovations actuelles ou futures du même type.

La dynamique du modèle de structure présenté

Deux points de vue peuvent être adoptés pour schématiser le modèle de structure. Le premier envisage le modèle comme une chaîne de programmes linéaires récursivement dépendants. Le second l'envisage comme un ensemble d'inégalités dynamiques ou d'inéquations auxquelles on a ajouté une fonction dynamique potentielle. Nous envisageons ces deux points de vue.

Notons, tout d'abord, que les contraintes pour chaque années sont fonction des niveaux réels des processus de l'année immédiatement précédente. De même les revenus nets sont fonctions de ceux qui

les précédent. Ainsi, pour une année donnée, il existe un problème de programmation linéaire qui peut être résolu par les méthodes habituelles. On débute le programme par une année de base pour laquelle les superficies totales et les rendements des inputs sont connus (ou estimés). Ces conditions initiales fournissent les matériaux du problème de programmation linéaire pour l'année qui suit l'année de base. La solution donne les niveaux de processus et les types d'investissements pour cette seconde année, et ceux-ci fournissent les informations nécessaires à l'établissement des contraintes de l'année suivante. Le procédé peut être répété pour chaque année de la période étudiée. Puisque les problèmes de programmation de chaque année dépendent de la solution de l'année précédente nous appelons modèles récursifs de programmation la séquence complète de problèmes interdépendants.

D'un autre point de vue l'ensemble des contraintes de flexibilité, d'investissement, de facteurs fixes et variables, définit un ensemble d'inégalités dynamiques dans lequel des niveaux des processus pour une année donnée sont reliés à ceux des années précédentes par leurs différentes flexibilités, leurs différents coefficients techniques et des variables exogènes prédéterminés. Il en résulte un système d'inéquations différentielles simultanées.

Chacune de ces inéquations définit un maximum positif ou négatif de changement dans la superficie totale d'une certaine culture, un montant maximum de l'investissement ou un montant maximum d'utilisation d'input variable ou fixe. Chacune d'elle est un facteur limitant potentiel, mais dont le maximum n'est pas nécessairement atteint. Ainsi, cet ensemble d'inéquations représente un ensemble de solutions possibles dans le temps, pour la production, l'investissement, l'utilisation d'input et les recettes marginales. Une telle souplesse se retrouve aussi dans certains systèmes physiques. L'orientation réelle de tels systèmes est assurée par une équation « potentielle » qui doit être satisfaite à tout moment. Le principe d'optimisation dans notre système est l'équation potentielle qui ramène notre système de changement possible à un système donné de changement réel ou prévu.

De cette façon l'ensemble des solutions est ramené à une solution particulière.

Du point de vue philosophique, le modèle a le sens suivant : si des hommes libres choisissent parmi différentes possibilités d'actions celle qui leur est le plus profitable, leurs actions sont prévisibles. Le libre choix n'est pas incompatible avec une action déterminée. C'est un lieu commun : confronté avec les innombrables éventualités du lendemain, nous choisissons vraiment l'une d'elles, et nous effectuons ce choix aussi bien que nous le pouvons, en nous référant pour cela à notre système de valeurs, même si celui-ci se trouve être à courte vue, comme il l'est inévitablement.

Quelques conséquences pratiques

Avec un peu de réflexion, quelques résultats pratiques peuvent être déduits immédiatement du modèle présenté. D'abord le système de contraintes potentielles peut avoir des solutions différentes à des instants différents. En effet, au cours des différentes périodes, nous trouverons différents ensembles d'inéquations dynamiques juste satisfaites ; en d'autres termes, des contraintes potentielles différentes deviendront effectives. Ceci signifie qu'à certains moments certaines quantités d'input peuvent restreindre la production d'une culture donnée, alors qu'à d'autres moments l'incertitude ou certaines alternatives d'ordre supérieur pourront au contraire l'accroître.

Un autre type de modèle qui tiendrait compte d'un seul des nombreux éléments entrant en jeu, tels que certains inputs ou certains prix, peut décrire les variations de la production au cours d'une certaine période de temps, mais pas de certains autres.

La présente approche nous permet d'obtenir cette possibilité et donne de la souplesse au modèle pour déterminer, parmi les différents éléments, ceux qui influenceront véritablement la production à un instant donné et dans des conditions économiques particulières. D'autre part, la variation de la production d'une culture donnée en fonction de son propre prix dépend en outre de tous les autres prix d'input et d'output, et aussi des effets de contraintes possibles dues à l'incertitude et aux quantités (et ces effets peuvent changer dans le temps) : aussi pouvons-nous prévoir que les élasticités des prix des offres varieront considérablement d'une période à l'autre.

Nous pouvons même dire que ces élasticités varient certainement en fonction des changements qui interviennent dans les prix à court terme, ou pour les autres variables. Par conséquent, elles ne peuvent pas nous guider pour l'estimation des effets d'un changement de prix à court terme. En fait (et cela est vrai aussi dans le long terme), les courbes d'offre de court terme pour un produit donné sont vraisemblablement des fonctions discontinues très irrégulières, et l'élasticité de l'offre par rapport aux prix variera considérablement avec le niveau des prix.

Enfin, le phénomène, fréquemment observé, d'augmentation de la production d'une denrée dont les prix sont en train de tomber, découle naturellement de nos réflexions. Les recettes nettes des différentes alternatives (en nombres finis) de production, envisagées par les exploitants dans leurs plans, varient de façon discrète avec les prix. Ceci permet à un produit donné de rester avantageux à produire même si son prix baisse. Pour la même raison, une culture peut régresser même si son prix augmente.

Nous en arrivons à la conclusion curieuse, qu'un tel phénomène est non seulement en accord avec le comportement séquentiel d'optimisation, mais que, si la demande est stable, on peut s'attendre à le voir se

produire fréquemment. Quand on rejette les modèles statistiques d'offre en fonction du prix à cause de cette « relation de réaction inverse », l'application normale du principe d'optimisation conduit, en s'appuyant sur de bons arguments, à des conclusions fausses.

Finalement on peut montrer que les décisions d'investissements et d'adoption d'innovations peuvent être souvent déterminées par d'autres facteurs que ceux de la croissance potentielle maximum, en particulier quand elles contribuent dans une forte proportion à fixer le niveau de l'output. L'incertitude, en cas de maintien de la rentabilité, fixera ou déterminera pour une grande part les types d'investissement.

Ainsi, l'habituelle courbe en S est peu à peu déterminée au cours du temps et résulte des différents éléments en jeu. Elle n'est plus une simple courbe de tendance.

Sur la théorie pure des programmes récursifs

Le modèle que nous venons de présenter est certainement une image imparfaite de la véritable théorie de la production agricole. Le modèle de structure actuel est très limité, bien que l'expérience montre qu'il est utile dans la pratique (28). Il est le résultat d'un « judicieux compromis » entre la compréhension théorique et les possibilités opérationnelles déjà décrites. Une recherche plus poussée peut éliminer certaines de ses limitations. Une comparaison détaillée des résultats du modèle avec les données réelles et avec les résultats d'autres modèles de production sera utile. De toutes façons, il est clair que les modèles récurrents de programmation apportent leur part à la théorie et à la compréhension des processus de décisions dans un marché atomistique.

De ce point de vue, les principales caractéristiques de la méthode sont d'abord la description formelle de l'optimisation pour une période donnée à partir de la connaissance acquise de l'expérience passée des exploitants, et ensuite la régénération séquentielle du problème de planification. Un problème de programmation récursive n'est pas résolu par une simple décision après détermination de l'action optimale dans chaque période de planification, pour un horizon économique donné, ainsi que le font les versions courantes de « programmation dynamique ». Au contraire le programme récursif admet que les plans dans le futur peuvent être changés au cours de chaque période de la planification pour tenir compte du déroulement réel de l'histoire économique.

La solution d'un tel système ne détermine pas la voie optimale vers un objectif final bien déterminé. Elle détermine plutôt un itinéraire dans lequel cha-

(28) Car le pourcentage de variation des superficies réelles depuis 20 ans est assez élevé : 85 à 95 %, pour 5 cultures principales, dans le Delta du Mississippi.

que pas est le résultat d'une tentative d'optimisation.

Mais les objectifs terminaux changent aussi puisqu'ils sont le résultat, non optimisable, d'un processus historique. Le processus de décision décrit par le modèle ne finit jamais. Comme tout problème de décision, il doit être continuellement reformulé pour tenir compte des informations nouvellement acquises.

Les programmes récursifs reflètent un aspect essentiel du véritable monde économique. On peut espérer des résultats très fructueux du développement plus poussé de leurs structures empiriques particulières, à la fois pour la compréhension théorique de la théorie de la production et pour la prévision des modifications de la production en réponse à certains stimuli déterminés.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] CHAMBERLIN (E.H.). — *The theory of monopolistic competition.* — 6^{me} éd., Harvard University Press, Cambridge, 1948. — 314 p. illus.
- [2] FOX (K.A.). — *Econometric analysis for the public policy.* — Ames, Iowa State University Press, 1958 — 288 p. illus.
- [3] GEORGESCU-ROEGEN (N.). — *Relaxation Phenomena in linear dynamic models.* — In Koopmans, T.C., édit., *Activity analysis of production and allocation.* — John Wiley and Sons, New-York, 1951 — pp. 116-131 illus.
- [4] HEADY (E.O.), BAKER (C.B.), DIESSLIN (H.G.), KEHRBERG (E.), and STANIFORTH (S.). — *Agricultural supply functions, estimating techniques and interpretation.* — Ames, Iowa State University Press, 1961 — 305 pp. illus.
- [5] HENDERSON (J.M.). — *The utilization of agricultural land: A theoretical and empirical inquiry.* — Rev. Econ. and Statist. 41 (3) 1959 pp. 242-259.
- [6] LEONTIEF (W.). — *Theoretical note on time-preference, productivity of capital, stagnation and economic growth.* — Amer. Econ. Rev. 48, 1958 — pp. 105-111. illus.
- [7] LEONTIEF (W.). — *Time-preference and economic growth.* — Reply : Amer. Econ. Rev. 49, 1959 — pp. 1041-1043.
- [8] LEONTIEF (W.) et alii. — *Studies in the structure of the american economy.* — New-York, Oxford University Press, 1953 — 561 p.
- [9] MARSHALL (A.). — *Principles of economics.* — 8^{me} édit. New-York, Macmillan, 1949. — 731 p. illus.
- [10] NERLOVE (M.). — *Distributed lags and demands analysis for agricultural and other Commodities.* — U.S. Dept. Agr., 1958 — Agr. Handb. 141 — 121 p. illus.
- [11] NERLOVE (M.), BACHMAN (K.L.). — *The analysis of change in agricultural supply: Problems and approaches.* — Jour. Farm Econ. 42 (3), 1960 — pp. 531-554.
- [12] SCHUMPETER (J.A.). — *The theory of economic development.* — Cambridge, Harvard University Press, 1955 — 255 p.
- [13] WALRAS (L.). — *Elements of pure economics.* — Traduction par William Jaffe Homewood, Richard D., Irwin, Inc 1954, T. 2 — 620 p.
- [14] WOOD (M.K.). — *Representation in a linear model of non linear growth curves in the aircraft industry.* — In Koopmans, T.C. — Ed. *Activity analysis of production and allocation.* New-York, John Wiley and Sons 1951 — pp. 216-221.