

Informations internes sur L'AGRICULTURE

Prévisions agricoles

I. Méthodes, techniques et modèles

COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES

DIRECTION GÉNÉRALE DE L'AGRICULTURE

DIRECTION « ÉCONOMIE ET STRUCTURE AGRICOLES » - DIVISION « BILANS, ÉTUDES, INFORMATION »

*La reproduction, même partielle, du contenu de ce rapport est subordonnée
à la mention explicite de la source*

APERÇU DES PRINCIPAUX ÉLÉMENTS DE L'ÉTUDE

PREVISIONS AGRICOLES

I. Méthodes, techniques et modèles

Série "Informations internes sur l'Agriculture"

N° 48

La version allemande de cette étude est en préparation
Une traduction anglaise sera également disponible

Les prévisions agricoles élaborées jusqu'à présent pour l'ensemble de la C.E.E. font essentiellement appel à la méthode classique du "trend" (1). Dans ces travaux il n'est pas tenu compte des modifications de prix et des structures agricoles.

Compte tenu des effets de la politique des prix et de celles des structures agricoles dans la Communauté, de telles méthodes ne peuvent plus fournir des résultats satisfaisants. La recherche de techniques plus affinées que celles utilisées jusqu'à présent s'impose donc.

Le présent document procède à un aperçu des principales méthodes, techniques et modèles économétriques utilisés à l'heure actuelle ou qui pourraient l'être.

L'aperçu de la méthodologie utilisable décrite dans cette première partie est le résultat de la recherche de techniques qui devraient permettre :

- de réaliser des prévisions aussi bien par produit ou groupe de produits que pour le secteur agricole considéré dans son ensemble ;
- de tenir compte non seulement de l'évolution des prix, mais aussi de celle des structures agricoles ;
- de ventiler les prévisions de la production, consommation et demande des produits agricoles pour les grandes régions des pays de la C.E.E.
- d'élaborer des prévisions de commerce extérieur autres que celles obtenues par solde entre production et consommation

(1) Voir notamment les ouvrages suivants : "Études-Série Agriculture" n° 2 (1960) et n° 10 (1965) ainsi que "Informations Internes sur l'Agriculture" n° 7 (1966)

- de replacer l'ensemble des prévisions des mécanismes de consommation et de production dans leur cadre structurel et dans le cadre général de l'économie.

Après une introduction sur le sens et la portée des modèles économétriques, il est fait un bref rappel des méthodes de prévision élémentaire basées sur les calculs de tendances.

Les chapitres qui suivent traitent respectivement :

- des méthodes d'estimation directe d'un certain nombre de données agrégées nécessaires à l'établissement de modèles macroéconomiques
- de l'analyse prévisionnelle de la consommation et de la demande de produits agricoles
- des modèles analytiques de l'offre
- des modèles d'analyse simultanée de l'offre et de la demande dans un cadre de programmation interrégionale
- de l'analyse prospective du commerce extérieur.

L'analyse de chacun des modèles cherche en outre à montrer le cadre structurel et économique dans lequel ils peuvent être considérés. Elle tente également de mettre en évidence les données et hypothèses de base nécessaires à leur utilisation ainsi que les avantages et inconvénients présentés par chaque modèle et méthode pour la réalisation de prévisions.

Dans une deuxième partie - actuellement en cours de préparation - ces méthodes seront examinées sous l'angle des expériences acquises dans les Etats membres et des possibilités éventuelles de les appliquer à l'avenir.

Novembre 1969

Informations internes sur L'AGRICULTURE

Prévisions agricoles

I. Méthodes, techniques et modèles

COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES

DIRECTION GÉNÉRALE DE L'AGRICULTURE

DIRECTION «ÉCONOMIE ET STRUCTURE AGRICOLES» – DIVISION «BILANS, ÉTUDES, INFORMATION»

La présente étude a été entreprise dans le cadre du programme d'études de la Direction Générale de l'Agriculture de la Commission des Communautés Européennes par le groupe d'experts composé de :

- Prof. E. DI COCCO Directeur de "Istituto di Economia e politica agraria" - Università di Bologna
en collaboration avec le Prof. F. LECHI - Istituto di Estimo Rurale e Contabilità - Padova
- M. MORIN Chef de la Division Etudes - Ministère de l'Agriculture, Paris
en collaboration avec J.C. TIREL - Institut National de la Recherche Agronomique - Grignon
- Prof. G.J. VAN EIJK Professeur à l'Université de Rotterdam
en collaboration avec W. SIDDEE - Assistent-Professeur à l'Université de Rotterdam
- Prof. Dr.C. WEINSCHECK Directeur de l'Institut für Wirtschaftslehre des Landbaues à Stuttgart - Hohenheim
en collaboration avec Dr. W. HENRICHSMEYER et Dr. P. UHLEMANN de l'Université de Stuttgart - Hohenheim.

Les travaux ont été menés avec la collaboration des divisions "Bilans, Etudes, Information" et "Rapports et questions économiques générales concernant l'agriculture". Le présent rapport a été rédigé par MM. MORIN et TIREL d'après les textes, remarques et commentaires proposés par l'ensemble des membres du groupe et compte tenu des suggestions émises au cours des différentes réunions.

Ce volume constitue le résultat de la première partie d'un ensemble de travaux.

Une deuxième partie sera consacrée aux possibilités d'appliquer les différents modèles décrits dans le présent volume à l'établissement de prévisions agricoles au niveau de la Communauté Economique Européenne.

*

* *

Cette étude ne reflète pas nécessairement les opinions de la Commission des Communautés Européennes dans ce domaine et n'anticipe nullement sur l'attitude future de la Commission en cette matière.

SOMMAIRE 1)

	<u>page</u>
AVANT-PROPOS	III
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I : Méthodes de prévision au niveau élémentaire basées sur des calculs de tendances	22
CHAPITRE II : L'estimation des données du secteur agricole pour des modèles de prévision macroéconomiques : problèmes et méthodes	37
CHAPITRE III : L'analyse prévisionnelle de la consommation et de la demande de produits agricoles	64
CHAPITRE IV : Modèles analytiques de l'offre faisant intervenir les prix et autres facteurs	108
CHAPITRE V : Analyse simultanée de l'offre et de la demande dans un cadre interrégional : les modèles d'équilibre standard	143
CHAPITRE VI : Analyse simultanée de l'offre et de la demande dans un cadre interrégional : les modèles d'équilibre spatial basés sur les méthodes d'analyses par activités	155
CHAPITRE VII : Analyse prospective du commerce international	242
ANNEXES : elles figurent à la fin de chaque chapitre	

1) Une table des matières détaillée figure à la fin de l'étude

AVANT-PROPOS

Le choix d'un plan logique pour la présentation d'un champ d'études aussi vaste que celui des méthodes techniques et modèles pour l'analyse prévisionnelle en agriculture est tâche difficile. Les problèmes soulevés peuvent être classés selon la nature du domaine étudié (offre, demande, commerce extérieur), selon la méthodologie utilisée (extrapolations, analyse statistique, programmation) ou encore d'après le niveau de l'analyse, le terme, etc...

Pour présenter ici l'ensemble des problèmes qui, à notre avis, méritaient d'être discutés, il ne nous a pas semblé possible de sacrifier à l'homogénéité. L'enchaînement des chapitres n'apparaîtra donc pas comme la traduction fidèle d'une typologie formelle des problèmes d'analyse prospective.

Après une partie introductive sur l'utilisation des modèles, nous avons regroupé dans un premier chapitre un ensemble de techniques assez classiques et relativement simples dans leur conception, basées, sur une analyse des phénomènes d'évolution. Ces méthodes sont appliquées dans tous les domaines et conservent un rôle important au niveau des prévisions élémentaires, même lorsque des techniques beaucoup plus élaborées constituent l'essentiel des outils prévisionnels adoptés. Le chapitre 2 est consacré à l'estimation directe d'un certain nombre de données agrégées nécessaires à l'établissement de modèles macroéconomiques.

Après ces deux chapitres assez généraux figurent une série de chapitres consacrés à des techniques plus spécialisées. Le chapitre 3 envisage l'analyse prévisionnelle de la consommation et de la demande de produits agricoles ; le chapitre 4 est consacré à des modèles analytiques de l'offre ; les deux chapitres suivants traitent des modèles d'analyse simultanée de l'offre et de la demande dans un cadre de programmation inter-régionale : dans certains modèles, les fonctions d'offre sont introduites de façon exogène (chap. 5), dans d'autres l'offre est elle-même programmée (chap. 6). Le dernier chapitre est consacré aux problèmes de l'analyse prospective du commerce extérieur.

INTRODUCTION

REFLEXIONS GENERALES SUR L'UTILISATION DES MODELES

Lorsque l'économiste propose à un responsable le recours à des modèles pour préparer la décision, il a conscience d'offrir un service qui vient à son heure. Réciproquement, l'accueil de plus en plus ouvert que les responsables de la décision font aux modèles est la preuve de l'existence d'un besoin qu'ils ressentent. Il serait donc a priori logique d'attendre de ces interlocuteurs manifestes un échange fructueux. Il faut cependant constater que la possibilité de cet échange est plus intimement ressentie que démontrée dans les faits : sur le terrain des modèles, le responsable et l'économiste ont peine à se rencontrer.

Les raisons de cette difficulté ne sont pas simples et leur examen ne peut être tenté qu'avec la plus grande circonspection, aussi ces quelques pages ne se proposent-elles que d'être un essai.

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

XXXXXX

La première question à se poser est de savoir à quoi tient l'apparition de ce besoin que ressent le responsable : s'agit-il d'un changement dans la nature de ses préoccupations ou éprouve-t-il simplement une difficulté plus grande qu'auparavant dans leur maîtrise intellectuelle ? Sauf à connaître un démenti du politique lui-même, il semble bien que rien ne vienne à l'appui de la première hypothèse. Aujourd'hui comme hier, sa fonction paraît être d'introduire dans la gestion du corps social une échelle de valeurs qui se traduit essentiellement en termes d'équilibres. Maintenir un équilibre ancien ou instaurer un

nouvel équilibre, le conduit à des actions ou des projets dont le choix sera soumis à un critère fondamental : ne pas créer des oppositions telles qu'à la limite il soit empêché de poursuivre sa tâche.

La persistance des traits fondamentaux de la fonction politique s'accompagne cependant à l'évidence d'une modification du contenu des préoccupations que suscite son exercice. Le politique exerçait jadis son action sur des ensembles relativement isolés, indépendants et dont la vitesse d'évolution était lente. Ensembles relativement isolés par la difficulté des communications tant spatiales que d'information. Certes, les individus voyageaient, les rumeurs se propageaient vite, mais le flux de marchandises était bien défini à travers des canaux connus et peu nombreux. Les marchés étaient cloisonnés, à la fois par les règlements et les transports. Ensembles relativement indépendants: le paysan de Bavière et celui de Bretagne vivaient dans des univers différents dont les interactions n'étaient pas perçues par les intéressés. Sauf dans les périodes de cassure ou de mutation brusque, l'évolution des relations économiques était lente à l'échelle de la vie humaine. Il faut noter aussi que le champ même des préoccupations avait peu varié au cours de l'histoire: les alliances extérieures, la paix civile, des finances permettant une politique extérieure continue, la maîtrise de l'environnement n'était guère différente au XVII^{ème} siècle de ce qu'elle était au I^{er} Siècle : même technologie à peu de chose près, même type de conception du monde. Ces préoccupations avaient aussi fréquemment un caractère idéologique et religieux qui rendait le recours à l'étude scientifique assez peu utile.

L'existence de problèmes économiques était pourtant réelle mais leur solution n'apparaissait pas dans une maîtrise croissante de l'environnement et du comportement des agents. Les crises étaient fréquentes : famines, dérèglements monétaires, crises d'emploi dues à la rigidité des structures. Ces problèmes étaient résolus dans un cadre local et n'atteignaient que faiblement les pouvoirs centraux, sauf dans les cas extrêmes qu'ils

ne pouvaient alors résoudre. Très tôt des essais de réflexion et d'organisation avaient été tentés, dès le XVIII^e siècle, à mesure que l'esprit scientifique se marquait dans les faits, un effort de compréhension et de maîtrise des phénomènes économiques se répandait et se systématisait sans que toutefois il ne débouchât en pratique, le plus souvent, sur autre chose que des textes, cadres théoriques n'intervenant que très partiellement dans l'action des Pouvoirs Publics.

Durant ces époques, une équipe de conseillers expérimentés suffisait à éclairer les décisions puisque la relative stabilité du cours des choses et de l'environnement privilégiait précisément l'expérience du passé. Or les moyens de réflexion des conseillers sont restés sensiblement les mêmes alors que le cours des choses connaît des changements rapides. Il en résulte une difficulté croissante à maîtriser des situations de plus en plus complexes. D'une part, les équilibres que le politique recherche sont aujourd'hui le produit d'un nombre considérable d'interrelations entre agents économiques ce qui multiplie les possibilités d'intervention et complique d'autant l'estimation de l'opportunité de chacune d'entre elles. D'autre part, notre société -plus mobile- repose aussi sur des équilibres plus fragiles qui appellent une régulation permanente alors que le contrat social s'assortit de clauses de plus en plus précises et diversifiées relatives à la part de chacun dans la croissance des biens disponibles : les pouvoirs publics sont ainsi appelés à intervenir dans des domaines nouveaux et d'une manière toujours mieux adaptée.

Le besoin que ressent le responsable est donc finalement celui d'un nouvel appareil de conseil. Que les modèles de prévision puissent y trouver place n'est pas douteux. Encore convient-il cependant de préciser d'abord les limites de leur apport. Il faudra s'interroger ensuite pour savoir si cet apport peut être utilisé sans intermédiaire par le responsable ou s'il ne prend sa pleine efficacité qu'inséré dans un cadre plus large de préparation des décisions.

* * *

*

SECTION I. - NATURE ET JUSTIFICATION DES MODELES.

L'esprit scientifique se marque par la création de modèles opératoires ; leur introduction dans l'analyse de situations futures n'est évidemment pas propre aux sciences humaines ni à l'économie, bien au contraire, ils sont d'abord apparus dans les sciences de la nature, physique notamment. C'est d'ailleurs à un biologiste, Claude Bernard, que nous empruntons une première définition des buts ainsi poursuivis : "la connaissance de la loi des phénomènes de manière à pouvoir prévoir, faire varier ou maîtriser ces phénomènes" * . Dans le domaine de la prévision économique, la traduction de ces idées pourrait être la suivante : un modèle est une représentation simplifiée de la réalité , permettant à des degrés divers, de simuler une action sur le réel, et fournissant le plus souvent pour certains paramètres des valeurs numériques ayant une relation avec les valeurs observées dans la réalité.

Un certain nombre d'idées sont à souligner dans cette définition et qui vont conduire à faire les remarques qui suivent .

Tout d'abord, le modèle est une représentation simplifiée de la réalité : ce qui implique que le modèle donne toujours une certaine version des phénomènes et qu'il est partiel. Il s'ensuit qu'il n'existe pas de modèle unique. Tout modèle est l'expression d'une certaine vision du réel : le phénomène se définit à partir d'une préoccupation. La multiplicité des facettes d'une réalité, liée à la diversité des problèmes qui s'y rattachent, engendre la nécessaire multiplicité des modèles qui entendent en donner une représentation.

La deuxième idée importante est que le modèle permet de simuler une action, c'est-à-dire de modifier certains paramètres ou certaines relations qui peuvent constituer, pour le responsable, des variables stratégiques dans son action, et d'observer les conséquences . J. Tinbergen *, écrit qu'un modèle économique décrit le fonctionnement du mécanisme que les responsables de la politique doivent diriger ou, pour user d'une métaphore musicale, dont ils doivent jouer". Le principal intérêt d'un modèle est donc de permettre à l'économiste de se livrer à une certaine forme d'expérimentation qui s'apparente un peu à l'expérimentation sur maquette de l'ingénieur. Dans les deux cas, les réactions observées ne valent que ce que vaut la construction

* - Claude Bernard : Introduction à l'étude de la médecine expérimentale.

** - J. Tinbergen : Techniques modernes de la politique économique - Dunod 1961
Traduction de Economic policy Principles and design
North Holland Publishing Company - Amsterdam.

artificielle que l'on a substitué à la réalité.

Ces remarques présentent un intérêt pour le jugement que l'on peut porter d'une façon générale sur l'utilisation des modèles en tant que démarche intellectuelle.

La meilleure justification de l'emploi des modèles pour l'analyse de problèmes économiques nous semble devoir être donnée sous la forme de quelques exemples.

Le premier est tiré de l'étude de problèmes de politique agricole des Etats-Unis, concernant notamment la limitation de la production céréalière par mise hors-production d'une certaine quantité de terre. Il est facile de voir qu'une telle politique peut emprunter plusieurs modalités - retrait volontaire ou réglementé, généralisé à tous les Etats ou localisés, avec ou sans compensation concernant la réglementation propre à d'autres cultures-. Chacune de ces politiques a des implications au niveau global, régional et individuel, des répercussions sur le niveau des revenus, sur l'équilibre interne des exploitations et partant sur l'offre des produits non céréalières, sur l'utilisation des capacités spécifiques de production, de stockage, de transport des différentes régions. Il est pratiquement impossible de porter un jugement sur chacune de ces politiques tenant compte de l'ensemble de leurs conséquences aux différents niveaux. Les premiers travaux de E.O. Heady et de ses collaborateurs à l'Université d'Iowa ont montré qu'il était possible d'élaborer un modèle rendant compte de ces différents aspects (relations entre les productions, entre les exploitations, entre les régions) et permettant de faire varier les conditions d'application de cette politique en agissant sur certaines variables stratégiques, ici le niveau de contingentement de la culture céréalière (production maximum fixée au niveau individuel, régional ou national).

Le second exemple que l'on peut donner concerne le choix du plan de production et d'équipement d'une exploitation, disons dans une zone de colonisation ou de réaménagement. L'interdépendance entre facteurs, entre produits, entre produits et facteurs, le nombre élevé de bilans à vérifier pour l'emploi saisonnier des ressources (main d'oeuvre, traction, capacité des matériels, ressources fourragères, etc), le nombre élevé de solutions possibles à envisager ... à chaque plan d'équipement correspond un plan de production optimal ... et plusieurs autres possibles -, tous ces éléments ont fait des méthodes empiriques de budget, des outils sans intérêt pratique. Par contre, les modèles, basés sur la programmation linéaire et aujourd'hui sur la programmation linéaire en nombres entiers, permettent d'étudier de façon de plus en plus complète ce type de problème.

Il serait facile d'évoquer des applications dans un cadre non limité à l'agriculture, par exemple le problème de la tarification de l'eau d'un canal d'approvisionnement à destinations multiples (irrigation de zones rurales, approvisionnement de zones industrielles et urbaines), compte tenu de l'échelonnement dans le temps des investissements et des réalisations. Là encore, le modèle se révèle un outil puissant de préparation des décisions qui trouve sa justification dans la complexité du problème à résoudre résultant des multiples concurrences et complémentarités pouvant exister entre les diverses activités et les différents agents, et dans l'éventail très large des politiques de tarification possibles.

Quel que soit le désir de simplification qui anime le constructeur de modèles, il va de soi que l'on évolue dans ce domaine vers des modèles de plus en plus raffinés et sophistiqués. Deux raisons principales expliquent cette évolution : tout d'abord, comme nous l'avons dit, la complexité des mécanismes économiques est certainement de plus en plus grande, et de plus, la connaissance que l'on peut en avoir s'élargit sans cesse. Les modèles simplistes ou "naïfs" apparaissent alors insuffisants. En outre, les moyens mis à la disposition de l'économiste par le développement du calcul électronique et par l'informatique constituent un des facteurs favorables à des représentations plus approfondies de la réalité. Les deux phénomènes convergent d'ailleurs vers une même conclusion ; les perfectionnements techniques apportés aux modèles en font des outils privilégiés de préparation des décisions, dont l'utilité apparaît de plus en plus nette compte tenu de la complexité grandissante de la tâche.

Avant d'aborder l'étude des caractéristiques de différents modèles il convient de remarquer que l'important n'est pas tant la nature d'un modèle mais bien, compte tenu de ses caractéristiques et de ses faiblesses, la façon dont on l'utilise. Ceci revient à dire que tout modèle n'a jamais qu'une valeur relative. Un modèle décrivant, nous l'avons dit, un aspect de la réalité, ne doit pas être utilisé dans un registre différent de celui dans lequel il a été conçu. L'expérience prouve cependant qu'il est facile de trahir l'esprit d'un modèle et que ce type d'abus est fréquent. Donnons un exemple simple : un modèle de programmation linéaire comporte une matrice de coefficients techniques, un vecteur "prix", un vecteur "ressources disponibles". On oublie trop souvent que la matrice a été définie à partir d'un certain environnement technique et économique et qu'une variation trop importante des prix ou des disponibilités en ressources conduirait dans la réalité à modifier les processus technologiques mis en oeuvre et donc remettrait en cause la valeur des coefficients utilisés : au delà de certains intervalles de variation des paramètres, l'exploration n'a aucun sens, car des combinaisons techniques qui n'avaient aucun intérêt

dans l'environnement initial et qui ne figurent donc pas dans la matrice seraient vraisemblablement à considérer dans la nouvelle conjoncture.

La multiplicité des modèles constitue apparemment un argument en faveur d'une typologie. A l'analyse, il apparaît très vite que la justification même de cette diversité pourrait être utilisée à nouveau pour justifier la pluralité des typologies possibles. Les modèles sont le plus généralement opposés les uns aux autres sur de multiples plans : type d'économie étudié, introduction du facteur temps, du facteur espace, des phénomènes aléatoires, part des éléments descriptifs et normatifs, nature des techniques utilisées, objectifs recherchés et terme des prévisions, etc. Etablir une typologie générale se fondant sur des critères d'ordre aussi différent ne présenterait ici qu'un intérêt assez limité. Cependant, il est bon d'évoquer certaines des oppositions couramment présentées dans la littérature pour faciliter le jugement sur un modèle donné : notamment il est utile de s'interroger sur la justification de tel ou tel caractère d'un modèle, considérée relativement au problème traité, - et d'examiner dans quelle mesure elles traduisent la possibilité d'utilisation des différents modèles.

Ainsi, l'opposition entre modèle micro-économique et modèle macro-économique qui est relative au niveau d'analyse, implique cependant des conséquences sur la nature des hypothèses fondamentales de chaque type de modèle, conformément à la théorie économique admise. Par exemple, le calcul de l'offre globale par agrégation de modèles d'exploitations individuels établis pour un certain système de prix est une approche micro-économique qui risque de se révéler dangereuse, par omission des mécanismes d'équilibre global. De même la prise en compte ou non du commerce international correspondant respectivement à des modèles d'économie ouverte ou des modèles d'économie fermée, est un facteur à considérer dans l'appréciation de l'aptitude d'un modèle donné à répondre à certaines préoccupations concernant le niveau d'activité d'un secteur. L'opposition entre modèles dynamiques, qui tiennent compte de l'évolution d'une situation, et modèles statiques qui ne s'intéressent qu'à la recherche d'un équilibre à une date fixée se traduira par une utilisation préférentielle des modèles statiques pour étudier des équilibres de production, et des modèles dynamiques pour étudier des actions, effets et conditions nécessairement échelonnées, telles que le financement. Le caractère spatial ou ponctuel des modèles deviendra primordial selon que l'on entendra ou non accorder un certain intérêt à l'analyse des disparités régionales et à la définition d'actions régionalisées. Enfin, le choix entre modèles déterministes ou stochastiques dépendra de l'impact que risquent d'avoir certains événements aléatoires sur la valeur d'une stratégie.

Dans la présentation qui est faite ici des différents modèles utilisables dans le domaine de l'analyse prévisionnelle en agriculture, c'est-peut-être plus d'après l'approche méthodologique utilisée qu'ont été classées les différentes techniques.

Certaines techniques de prévision sont basées sur une approche statistique simple. La première consiste à rapprocher de la variable temps les valeurs d'une série chronologique, relative à un seul paramètre. La relation ne prétend à aucune valeur explicative ; à toute valeur du temps (date) correspond une valeur du paramètre étudié. Une autre approche simple consiste à trouver des corrélations entre différentes grandeurs et à considérer ces relations comme stables pour la période de prévision. En fait, on sait que les coefficients obtenus par ces méthodes incorporent les effets d'un certain environnement, que l'on suppose devoir se maintenir dans l'avenir. Mais deux obstacles surgissent à l'utilisation de ces techniques ; le premier concerne l'accélération des évolutions au sein de l'univers économique, le second concerne le désir des responsables de la politique économique de prévoir pour agir, c'est-à-dire pour modifier l'environnement tel qu'il est implicitement défini dans ces coefficients. La conclusion logique est que ces techniques ne répondent pas à la définition des modèles telle que nous l'avons présentée.

Un second type d'approche statistique consiste à bâtir au préalable un modèle explicatif simple basé sur des relations techniques connues ou sur des comportements observés ou présumés des agents économiques ; les coefficients de ce modèle sont alors déterminés par des méthodes statistiques et compte-tenu de la nature des informations disponibles. A plusieurs reprises, nous rencontrerons dans l'exposé des méthodes la difficulté principale qui réside dans l'incompatibilité entre le nombre important de variables explicatives que l'on désire introduire dans le modèle et l'insuffisance des informations disponibles pour leur détermination.

Le principal avantage de cette approche relativement à la demande précédente est d'introduire des éléments explicatifs qui permettent éventuellement de mieux caractériser la signification des coefficients déterminés et partant, de mieux apprécier la valeur prévisionnelle d'un tel modèle, notamment de juger de la vraisemblance des hypothèses implicitement faites sur la stabilité de ces coefficients.

Le troisième type d'approche consiste à opter pour un certain comportement des agents économiques, compte tenu d'un environnement technique et économique défini d'une façon plus ou moins exogène dans le modèle ; l'aspect normatif de ces modèles qui résulte du choix à priori de comportements est plus ou moins tempéré par l'in-

roduction d'éléments résultant d'analyses empiriques. L'avantage de ce type de modèle réside incontestablement dans le grand nombre de paramètres stratégiques que l'on peut y incorporer - et y faire varier - pour une exploration très large des solutions possibles et des conséquences d'actions déterminées.

Cette progression dans la conception technique des méthodes peut également être présentée comme une évolution historique compte tenu de la complexité progressive qu'elle implique et de la richesse accrue de l'information traitée.

Sur le plan de la validité des méthodes peut-on conclure à une évolution parallèle ?

SECTION II. - VALIDITÉ DES MODELES.

Si les perfectionnements techniques sans cesse apportés à l'arsenal des modèles peuvent en faire à l'heure actuelle des outils privilégiés de préparation des décisions, pour le politique qui en prend son parti, une nouvelle question va se poser : celle de la validité des modèles. A cette question, il n'y a pas de réponse absolue, en raison de la nature même de ces instruments : on a déjà vu, en effet, que les modèles ne pouvaient avoir l'ambition d'être le réel lui-même, mais une représentation de celui-ci à l'aide de relations entre des symboles abstraits.

Il ne faudrait toutefois pas en déduire que l'on soit complètement désarmé pour porter un jugement sur ces outils. Deux voies s'ouvrent à l'utilisateur pour ce faire, voies qui, même si elles n'offrent pas la sécurité absolue, permettent cependant d'acquérir des présomptions qui seront le plus souvent suffisantes.

La première consiste en une vérification de validité par testage du modèle sur une période passée. C'est certainement la méthode la plus répandue, ne serait-ce que parce que nombre d'utilisateurs y trouvent leur compte en raison notamment de son caractère évident, dans la mesure où la comparaison des résultats calculés aux résultats observés est une opération synthétique facile, permettant apparemment d'économiser l'examen approfondi de la conception même du modèle.

Cette méthode peut être utilisée dans le but de vérifier un modèle de prévision à court terme ne faisant intervenir que de faibles variations des paramètres. Dans ce cas, en effet, les hypothèses structurelles qui sont à la base du modèle resteront vraisemblablement analogues dans le futur immédiat à ce qu'elles ont été dans un passé rapproché. Mais c'est à peu près le seul argument positif que l'on puisse amener à la méthode. Ses limitations sont par ailleurs telles qu'elles restreignent considérablement le champ de son usage. Bornons-nous à en énumérer les principales :

- Tout d'abord, surgit le problème de la coïncidence : même si les résultats observés concordent avec les résultats prévus, cela ne veut pas dire que le modèle soit bon. La coïncidence peut être le fait du hasard, ou de variations d'hypothèses tout autres que celles effectuées dans le modèle et donnant pourtant les mêmes résultats.

- Par ailleurs, on a déjà émis une restriction d'usage en n'accordant crédit à cette méthode que pour la vérification de modèles à court terme. Dès que la prévision vise un terme plus lointain, on ne peut plus faire l'hypothèse d'une stabilité des structures entre le passé et l'avenir. Toute la conception du modèle se trouverait remise en question si l'on voulait, pour le tester, l'adapter au passé, ce qui enlèverait du même coup toute signification à cette opération (1).

(1) - Du point de vue des recherches méthodologiques et historiques: il pourrait sembler intéressant de tester un modèle établi antérieurement pour préparer les décisions concernant une période déjà passée, sans que cela entraîne forcément la volonté d'utiliser le même modèle dans le futur. Mais même ici, malheureusement, l'étude des seuls résultats, sans examen de la conception du modèle, risquerait d'être décevante : lorsque, en effet, le modèle aura servi à prendre des décisions, celles-ci auront eu un impact sur l'environnement structurel intervenant explicitement ou implicitement dans sa construction : le modèle secrète ainsi lui-même les raisons de sa propre obsolescence.

Enfin, se pose le problème de l'expérimentation : il est possible de faire des expériences sur le passé qui consisteraient à simuler diverses situations par des variations d'hypothèses afin d'examiner le degré de coïncidence entre résultats observés et calculés. Cette coïncidence réalisée, on peut penser que les mécanismes du modèle forment une des explications possibles de la réalité passée, mais il faut souligner que ce n'est qu'une des explications possibles et que le modèle ainsi ajusté peut ne présenter aucune valeur explicative pour le futur.

Il faut donc formuler les plus expresses réserves quant à l'utilisation de la vérification historique en tant que test de validité d'un modèle de décision. Son seul champ d'application pour la prévision paraît devoir concerner les modèles à court terme, et encore à condition que cette première voie d'approche soit complétée par la mise en oeuvre de la seconde méthode, qui s'applique, elle au degré d'explication du modèle.

Il s'agit cette fois, pour l'utilisateur, d'examiner la conception même du modèle proposé. Contrairement à ce que l'on pourrait croire, ce n'est pas là seulement affaire de spécialiste. La connaissance qu'à l'homme politique du milieu humain est généralement au moins égale à celle du technicien. A partir d'une présentation schématique des hypothèses et relations de base du modèle, un jugement peut être porté sur elles. Ce jugement s'appuiera à la fois sur l'intuition du politique et sur des études spécialisées de comportements des agents mis en cause. Bien entendu, cette méthode n'apporte pas non plus une sécurité absolue. D'abord parce que les comportements aussi changent avec le temps. Il faut donc faire un pari raisonné sur la plausibilité de ceux qui seront finalement retenus. Ensuite, parce que certains types de modèles comme nous l'avons vu, ne renferment aucune valeur explicative, ce qui ôte toute portée à ce type de vérification. Malgré ces réserves, cette voie apparaît moins dangereuse que la première et cela pour une raison essentielle : basée sur la connaissance du milieu, l'analyse des relations, le raisonnement, elle est par là génératrice du nécessaire doute scientifique.

Elle permet de cerner la validité de l'instrument sous son véritable aspect qui est relatif et évite ainsi à l'utilisateur de porter des jugements trop rapides.

SECTION III - CONDITIONS D'EMPLOI DES MODELES.

L'intégration des modèles dans les activités d'analyse prévisionnelle et de préparation des décisions de politique économique exige la réalisation d'un certain nombre de conditions se rapportant aux moyens mis en oeuvre, à la nature de l'information collectée, enfin aux structures mêmes dans lesquelles les modèles sont appelés à venir s'insérer.

La nécessaire multiplicité des modèles pèse lourdement sur le coût de préparation des décisions. S'engager dans la voie des modèles, c'est aussi consentir à dégager tous les moyens matériels et humains nécessaires à leur efficacité : le montage de modèles de prévision ne ressort pas en effet de ce qu'on appelle communément l'activité d'étude. Il est indispensable de réunir des équipes pluri-disciplinaires d'une importance en rapport avec le volume élevé de réflexion requis, travaillant au sein d'une structure garantissant une certaine continuité et assurées de recevoir l'information nécessaire. Bien qu'à partir d'un certain seuil, la réalisation simultanée de plusieurs modèles ne nécessite pas un accroissement proportionnel des effectifs, la quantité des moyens est élevée, et, en ce domaine, c'est gaspiller des hommes et de l'argent que d'agir à moitié. Il est indispensable de réunir de véritables équipes de recherche opérationnelle en associant des hommes de formations diverses; c'est seulement à cette condition qu'il est possible de disposer rapidement d'outils suffisamment éprouvés sur le plan de la technique pure et enrichis par la confrontation des points de vue venus de différents horizons. Par ailleurs, les lacunes de nos connaissances en matière de comportements des différentes catégories d'agents et la nécessité de s'ajuster constamment au réel, exigent la décentralisation des moyens et la mise en place d'un système efficace de coordination des activités des différentes équipes régionales.

L'une des tâches les plus délicates de ces équipes est sans doute le rassemblement de l'information nécessaire. L'expérience montre en effet qu'il est extrêmement difficile d'intégrer directement dans les modèles une information fabriquée sans références aux modèles prévus. Il y a toujours lieu d'élaborer une information adaptée au modèle particulier qui est construit. Ceci explique que la mise au point des modèles est actuellement fort laborieuse, notamment quand il s'agit de traiter les problèmes agricoles à travers le comportement de centres de décisions multiples et éparpillés dans l'espace. L'importance accordée au rassemblement, à la critique, à la mise en forme de l'information n'a pas, heureusement, que des aspects négatifs. Par un effet dialectique, il en résulte que les modèles deviennent à même de servir de guide à l'élaboration des statistiques. Nous reprendrons d'ailleurs cette idée en évoquant les intérêts indirects des modèles. Dans la perspective d'une intégration des modèles à un système de préparation des décisions politiques, le volume d'information nécessaire est incontestablement très supérieur à celui dont on dispose actuellement et de nature assez sensiblement différente. Cette information doit en effet permettre de définir les actions à entreprendre et d'en suivre l'exécution. Une action est repérée par un certain nombre de variables relatives à sa définition même, à ses coûts et à ses effets. Cette conception de l'information est profondément différente de la conception actuelle et entraîne un accroissement du rôle des organes statistiques. Pour l'homme chargé de la décision, elle apparaît alors comme une information vivante, alors que celle dont il dispose actuellement lui apparaît trop souvent comme une information morte. On peut penser qu'un nombre limité de systèmes d'information ainsi intégrés pourraient trouver place, au cours de la prochaine décennie aux côtés de l'information traditionnelle qui conserverait son rôle d'éclairage général.

L'utilisation systématique des modèles implique aussi de modifier les structures de préparation des décisions et notamment les rapports entre l'économiste et le politique. Dans l'optique classique des projections, les difficultés se situent au

niveau de la recherche d'une harmonisation entre les différentes évolutions prévues pour aboutir à une situation cohérente. Cette recherche d'un équilibre, implique toujours des choix politiques majeurs ou mineurs permettant de réaliser les arbitrages nécessaires. Si un dialogue suffisant ne se noue pas entre le politique et l'économiste, ce dernier anticipe le comportement du décideur et assure une cohérence technique interne à ses projections, ce qui leur donne - à tort - un air de fatalité. Si le dialogue s'engage, la nature même des projections, leur manque de valeur explicative, leur tendance à converger progressivement vers une solution unique et à restreindre le domaine du possible, pousseront le politique soit à s'incliner, soit à exiger que l'ensemble du travail soit repris à la base sur des hypothèses fondamentales différentes.

Dans l'utilisation des modèles, le décideur est moins intéressé à deviner le contenu de l'avenir qu'à apprécier l'efficacité potentielle d'une action à entreprendre. Cette modification de point de vue entraîne pour l'économiste un renversement des conditions de l'analyse : au lieu d'avoir à fournir au politique des certitudes a priori sur l'avenir, c'est lui qui va puiser ses premières certitudes dans les intentions du politique. Dans la mesure où un langage commun s'instaure permettant à l'économiste de saisir les objectifs recherchés par le politique, la position du "modélisateur" se trouve de beaucoup améliorée. Pour repérer les rigidités qui s'opposent à un dessein et les moyens de les atténuer, le modèle, parce qu'il permet de simplifier et de quantifier le fonctionnement d'ensembles complexes, va trouver toute son utilité. Ainsi va se nouer entre le politique et le modèle un échange dialectique dont chaque terme va permettre de préciser davantage les caractères de la politique envisagée, ses objectifs, son processus d'action, ses résultats potentiels.

Pour construire son modèle, l'économiste choisit la forme la plus adaptée pour représenter les agents et les relations concernés par l'action envisagée. Prenons un exemple tiré de l'économie agricole. Un modèle qui s'attache à mettre à l'épreuve des politiques

de prix, pourra se contenter d'hypothèses exogènes concernant les structures foncières fournies par des études de tendance ou d'extrapolation dans une structure simple. Ce modèle n'aura donc aucune valeur explicative quant au phénomène d'évolution de ces structures. Par contre un modèle qui se donnera pour objectif l'étude d'une politique des structures ne pourra plus se contenter de ces données globales ; il devra s'attacher aux causes de l'évolution et faire intervenir par exemple les mécanismes de financement, l'évolution démographique, la concurrence du milieu urbain, etc.. C'est donc bien au politique de préciser à l'économiste le champ d'explication du phénomène qu'il souhaite voir couvert.

Cette articulation des modèles et de la réflexion politique suppose l'existence d'un langage commun susceptible à la fois d'exprimer les besoins sous forme de questions et de ne rien perdre du contenu des réponses. De plus, comme nous l'avons dit, l'écriture d'un modèle demande que l'on dispose de l'information nécessaire à son fonctionnement. Ces deux difficultés doivent donc être résolues simultanément au sein d'un système approprié de préparation des décisions : on retrouve ainsi par le chemin des modèles l'intérêt d'un système de programmation des décisions pour les ensembles complexes dont le P.P.B.S.* américain constitue actuellement l'exemple le plus élaboré. Ce n'est pas ici le lieu de traiter au fond de ces systèmes : bornons nous à les examiner rapidement sous l'angle des modèles.

Partir des buts du décideur conduit nécessairement à rechercher et à adapter en permanence les meilleures combinaisons d'action qui permettront d'atteindre ces buts. Cette manière de voir fait de la prévision une notion auxiliaire et privilégie la stratégie en tant qu'art de diriger un ensemble de dispositions pour atteindre un objectif. La réflexion stratégique intervient au niveau de la construction d'un schéma cohérent de politique mais aussi

* - P.P.B.S. Planning, programming, budgeting system.

au niveau de l'articulation la meilleure des décisions. L'élaboration du schéma nécessite que soient définies les finalités de l'action du politique: elle tient compte à la fois de l'analyse de l'ensemble à programmer et du choix politique qui a été fait d'une voie ou d'un état souhaitable. A ce niveau, la réflexion amène à distinguer les finalités, indépendantes du temps, et les objectifs qui en sont la traduction pour la période qu'on veut programmer : ce sont ces objectifs qui seront articulés au sein d'un schéma exprimant la stratégie à suivre.

Au deuxième niveau, ces objectifs assez généraux vont se subdiviser eux-mêmes en objectifs plus particuliers jusqu'à ce qu'il soit possible d'isoler des objectifs concrets et précis. La réflexion prendra alors la forme d'une analyse des systèmes que forment les diverses combinaisons de moyens permettant d'atteindre les objectifs : il s'agira d'apprécier l'efficacité de ces combinaisons voire d'en imaginer d'autres en remettant ainsi constamment en cause les choix déjà faits relatifs à l'emploi des moyens.

Des modèles sont nécessaires à ces deux niveaux : ils représentent le tissu des relations que les agents économiques entretiennent entre eux, chacun simulant le fonctionnement d'une maille dont les limites sont définies par référence à des objectifs isolés ou conjoints. Au premier niveau par exemple, la réflexion qui fait surtout appel à la logique qualitative peut s'appuyer sur des modèles confrontant les comportements de grandes catégories d'agents pour tester des parties du schéma de politique. Selon que le politique considère l'agriculture comme un secteur unique ou comme formée d'exploitations devant relever de deux ou trois statuts différents impliquant chacun des interventions différenciées, selon que dans ses rapports avec les industries de transformation l'agriculture se voit attribuer un sort préférentiel ou qu'on cherche à rationaliser sans privilège la chaîne des produits alimentaires, on conçoit que les modèles doivent être construits d'une manière différente. De même, au second niveau, où les mailles étudiées sont plus réduites, c'est l'atteinte d'un objectif précis qui nécessite l'élaboration d'un modèle. A un ensemble d'objectifs articulés au sein d'un schéma de politique correspond donc en fait un réseau de modèles.

Certes, le tableau est présenté ici d'une façon théorique et quelque peu idéale. Des raisons d'ordre pratique limiteraient le nombre de modèles à envisager dans les premières phases de mise en place de tels systèmes : notamment, les lacunes de nos connaissances sur certains modèles de comportement, et les difficultés matérielles de mise en place d'équipes décentralisées et de collecte d'information. Toutefois, il semble que ce soit dans un schéma de ce type que les modèles, compte tenu de leur nature même, seraient susceptibles de se révéler pleinement efficaces.

* * *

*

CONCLUSIONS . -

Il ressort de ces réflexions générales sur les modèles que leur intérêt direct réside dans la possibilité qu'ils offrent de simuler d'une façon plus simple les choses complexes et de permettre dans certaines limites d'étudier des variantes, c'est-à-dire de se livrer à une exploration plus large de certaines anticipations de l'avenir. A leur désavantage, en revanche, viennent s'inscrire l'impossibilité de se contenter d'un modèle unique et le plus fréquemment l'orientation vers l'établissement de relations d'ordre et non de certitudes quant au niveau des grandeurs étudiées. Pour un responsable, l'apport d'un modèle de prévision sera d'autant plus utile que les conditions dans lesquelles il est établi renforceront ces avantages et réduiront ces faiblesses.

Toutefois, d'autres éléments peuvent être évoqués dans un jugement sur les modèles . Les modèles présentent en effet des intérêts "indirects" sur lesquels nous n'avons pas insisté jusqu'ici. Citons en trois, parmi les plus importants, un quatrième qui concerne la dialectique information - modèles ayant déjà été évoqué.

Les modèles font d'abord prendre conscience de la pluralité des avenir ; on ne construit pas un modèle si l'on est persuadé à l'avance que le futur est déterminé, qu'il n'y a qu'une politique possible et une seule. Or, c'est là pourtant une attitude répandue, peu de gens acceptent dans les faits, de remettre en question l'image unique qu'ils se font de l'avenir , image évidemment fortement tributaire du passé. Obliger ces personnes à rentrer dans la mécanique d'un modèle, c'est opérer une véritable révolution dans leur attitude mentale, créer une souplesse dans la pensée, dont les répercussions bénéfiques peuvent se faire sentir immédiatement, même dans des domaines tout-à-fait étrangers aux modèles.

Mais si l'idée d'une pluralité des avenir s'associe naturellement à la notion de modèle, elle ne se trouve pas nécessairement dans le jeu d'hypothèses de départ. L'expérience montre, qu'en dehors d'intuitions dont on attendait la simple confirmation ou infirmation par le biais du modèle, des résultats inattendus - découvertes de liaisons insoupçonnées entre certaines variables , par exemple - créent de nouveaux rapprochements d'idées, provoquant même la remise en cause de ces hypothèses. Les modèles deviennent ainsi, en quelque sorte, des instruments de non conformisme, soit à priori en obligeant leurs auteurs à explorer plus complètement l'avenir, soit à posteriori en leur suggérant de nouveaux champs de réflexion à défricher. A la limite, un modèle est générateur de progrès en ce qu'il appelle son propre dépassement.

Les avantages ainsi tirés de la conception des modèles, trouvent un complément dans les travaux entrepris lors de la mise en oeuvre de ces outils : il faut voir dans les modèles de puissants "rassembleurs d'études" (Meyer). Nous entendons par là des pôles autour desquels peut être organisé un ensemble cohérent de travaux : prévisions, études de comportement, analyses de relations, etc. Faute de tels pôles, en effet, les études risquent d'être menées de toute façon, mais de manière anarchique, d'aboutir à des résultats non comparables, et finalement par le désordre auquel elles donnent lieu, de desservir le but en vue duquel elles avaient primitivement été entreprises.

Or, la mise en oeuvre d'un modèle nécessite le calcul de nombreux coefficients, l'étude approfondie des relations qui en sont à la base. Des ordres de priorité peuvent alors être établis parmi les travaux envisagés, dont l'articulation permet aux études de s'insérer dans des ensembles clairs et ordonnés.

*

* *

Compte tenu de ces quelques remarques sur les possibilités et limites offertes par les modèles, sur leur validité, leur intérêt et les conditions de leur application est-il possible à notre groupe de conclure sur des recommandations précises ?

En l'état actuel de nos travaux, la réponse ne peut qu'être nuancée. La nature même des problèmes de l'analyse prévisionnelle, la multiplicité des aspects, la diversité des niveaux auquel on peut prétendre mener l'exploration, sont autant de facteurs qui interdisent de formuler des directives précises de portée générale. Deux grandes orientations sont concevables selon que la politique actuelle ne subirait que des changements mineurs ou qu'elle serait appelée à de notables transformations nécessitant des actions nouvelles. Dans le premier cas, les techniques de projection paraissent devoir répondre à elles-seules aux besoins, alors que la seconde orientation impliquerait nécessairement le recours à des modèles, voire à une programmation de décisions.

En se plaçant dans la perspective des besoins immédiats de la Commission des Communautés Européennes, il semble difficile de recommander l'abandon des techniques classiques basées sur les projections ou sur des analyses retrospectives

fondées sur des séries chronologiques, il existe à cela de multiples raisons matérielles. Sur le plan des principes, il va de soi que toutes les méthodes empruntant au passé l'essentiel de leurs mécanismes ne trouvent leur justification que dans une hypothèse générale de stabilité de l'environnement dans le temps.

Dans la mesure où par contre, il serait permis de penser que cet environnement est appelé à se transformer rapidement, ou à être transformé par l'adoption d'une nouvelle politique, ce type de méthode ne serait évidemment plus adapté aux besoins des responsables politiques. En guise d'exemple, citons l'étude de la concentration des exploitations agricoles par la technique des chaînes de Markov (Chap. II.3) qui s'appuie sur une analyse de l'évolution passée des structures : cette technique deviendrait contestable si elle était appliquée dans un cadre d'une politique accélérée des structures.

Envisagée sous l'optique de la préparation des décisions politiques amenées à modifier assez profondément l'environnement des agents économiques, ces techniques classiques se révèlent vite insuffisantes. Seul le montage de modèles privilégiant des variables stratégiques propres à une certaine forme d'action permet de porter un jugement sur les conséquences possibles d'une politique donnée. Là encore, il n'est pas possible d'opter définitivement pour un type unique de modèle, la nature de l'action envisagée, des moyens mis en oeuvre, des mécanismes d'intervention font de tel ou tel autre modèle un outil adapté.

Le choix par la Commission d'une approche prévisionnelle par les modèles appellerait toutefois un certain nombre de remarques. Tout d'abord, les différentes méthodes sont complémentaires, notamment les projections et leurs dérivés conserveraient une place importante dans les travaux à entreprendre soit pour le cadrage des modèles, soit pour les prévisions au niveau élémentaire de certains coefficients. D'autre part les conditions d'application des modèles que nous avons évoquées précédemment impliquent qu'un certain délai serait nécessaire pour atteindre le niveau opérationnel. Aussi, la constitution d'une équipe permanente d'experts, le rassemblement de l'information, la définition des objectifs, devraient alors constituer des tâches immédiatement entreprises, de façon à rapprocher la date de mise en oeuvre des premiers modèles opératoires. Dès maintenant l'usage des modèles à différents niveaux est suffisamment répandu en Europe pour que des interlocuteurs valables soient trouvés à ces experts : par exemple un modèle d'offre basé sur la programmation linéaire ne poserait sans doute dès maintenant aucun problème insurmontable sur le plan purement technique.

La seconde partie du rapport permettra de présenter les nombreuses variantes pouvant exister dans les deux orientations évoquées précédemment. Cette seconde partie ne prétend pas être un lexique faisant correspondre un modèle défini à un problème donné. Nous y avons consigné un certain nombre d'exemples de méthodes et d'applications que le lecteur pourra approfondir en se reportant aux auteurs ou éventuellement à la littérature spécialisée figurant dans les différentes bibliographies. Sans prétendre être exhaustifs, nous avons tenté de couvrir un champ très large allant des méthodes les plus élémentaires aux modèles relativement ambitieux, évoquant dans un premier temps les problèmes limités à la demande ou à l'offre pour aborder ensuite les modèles d'équilibre faisant intervenir progressivement des aspects spatiaux, structurels et dynamiques. Nous avons essayé de préciser pour chacun des modèles les possibilités, limites et conditions d'emploi. Encore une fois, il eut été vain de leur accorder une valeur absolue; seule leur valeur relative pourra faire l'objet de discussions ultérieures, une fois définis les problèmes particuliers à résoudre.

CHAPITRE - I - METHODES DE PREVISION AU NIVEAU ELEMENTAIRE BASEES
SUR DES CALCULS DE TENDANCE.

Les techniques de prévision évoquées dans le cadre de ce chapitre sont généralement connues. Elles ont fait l'objet de très nombreuses applications et sont couramment utilisées dans de très nombreux domaines. Nous ne leur consacrerons volontairement qu'un développement limité car elles ont été par ailleurs analysées en détail par G. SCHMITT dans une étude réalisée pour le compte de la Communauté Economique Européenne : "Méthodes et possibilités d'établissement des projections à long terme pour la production agricole" . Série Agriculture n° 3 - Bruxelles 1961.

Le présent chapitre traite de méthodes de prévision non volontaristes où l'évolution d'un phénomène dans le temps est repérée et prolongée mais non expliquée.

La prévision est alors élémentaire en ce sens que la grandeur étudiée est considérée isolément , sans référence explicite à son contexte et l'approche est globale du fait que l'on vise à décrire l'évolution future du phénomène dans son ensemble , sans chercher à le décontracter selon ses composantes.

Dès lors, l'évolution ne peut être que repérée ; il faut choisir a priori l'instrument de repérage, le modèle sur lequel reposera la validité de l'extrapolation. Ce choix reste entièrement arbitraire quant au futur, bien que la plupart de ces méthodes permettent de mesurer la précision de l'évaluation sur le passé .

Cet exposé présente ces méthodes en deux groupes, où ne sont retenues que celles qui contiennent des calculs formalisables. Ainsi la prévision élémentaire "à dire d'expert" n'est pas étudiée ici.

SECTION 1. - L'Extrapolation statistique et le trend.

Sous cette rubrique sont passées en revue les techniques qui n'utilisent qu'une information chronologique et non des éléments internes aux phénomènes ; ces derniers sont pris en compte dans les méthodes exposées sous la deuxième rubrique, qui se fondent sur une décomposition de la grandeur à projeter.

Le premier groupe de méthodes est très largement représenté dans la théorie économétrique et dans la pratique des prévisions. Aussi est-il quasiment impossible d'en donner une présentation exhaustive, alors qu'une longue expérience permet de dégager des conclusions générales valables.

1.1. - Présentation des principales méthodes.

Elles sont plus ou moins proches de la théorie statistique auxquelles toutes, cependant, font référence.

a) Ajustements par les moindres carrés.

Ils sont directement issus de la statistique mathématique et leur domaine s'étend bien au-delà de la projection simple puisqu'ils aboutissent à calculer au mieux - au sens de la statistique - certains paramètres de relations choisies a priori entre diverses grandeurs mesurées. Mais le présent chapitre se limite à deux variables fondamentales : celle qui est étudiée, et le temps.

Les ajustements portent sur les coefficients d'une forme linéaire, la forme la plus simple étant :

$$V(t) = a t + b$$

Mais la méthode s'applique aussi bien à toute relation où la variable et le temps interviennent non tels quels ; mais par l'intermédiaire de fonctions prédéterminées.

Ainsi le trend exponentiel $V(t) = k e^{at}$ est justiciable de cette méthode quand on l'écrit :

$$\text{logarithme}(V) = \text{Log } k + at$$

Mais le passage à une forme linéaire n'est pas toujours possible. Ainsi dans le cas d'une variable cyclique (sans trend)

$$V(t) = a \sin(ct + d) + b$$

la méthode permet d'estimer a et b, étant donnés c et d.

Si l'on écrit cette relation sous la forme :

$$\text{Arcsin} \left(\frac{V(t) - b}{a} \right) = ct + d$$

on peut estimer c et d connaissant a et b. Mais on ne peut estimer simultanément les quatre paramètres.

De même, il est possible d'introduire plusieurs fonctions du temps, telles que ses puissances successives .

$$V(t) = a + bt + ct^2 + dt^3$$

En remarquant toutefois que plus il y a de coefficients à estimer, moins la précision est grande.

Ainsi bien que toutes les fonctions ne soient pas permises, la méthode de régression permet de rendre compte d'une grande variété de formes d'évolution. Mais elle reste un ajustement, c'est-à-dire que chaque point calculé diffère du point réel correspondant d'un écart aléatoire, la méthode minimisant, la somme des carrés de ces écarts.

Leur prise en compte, sous certaines hypothèses, permet d'évaluer la précision de l'ajustement (donc de tester l'adéquation des différentes formes de relation), ainsi que la distribution de probabilité de la prévision et en particulier sa variance, dans le cadre de la forme choisie.

b) Le lissage.

La nécessité de choisir a priori, dans le cas des moindres carrés, une forme d'évolution paraît très contraignante et le lissage a souvent été présenté comme un affranchissement.

D'autre part, il donne un plus grand poids aux informations récentes qu'aux anciennes, ce qui semble plus conforme à une vue réaliste des choses.

Il n'élimine cependant pas tout arbitraire puisqu'il faut toujours choisir a priori l'opérateur de lissage - qui effectue le passage d'une année à la suivante - et les coefficients de pondération des différentes années.

c) D'autres méthodes, ou des perfectionnements des deux premières s'attachent à améliorer l'étude des écarts aux tendances, ou à déceler les modifications à cette tendance.

L'écart aléatoire peut, par exemple, être décomposé en deux parties, l'une indépendante d'une année à l'autre, comme dans le cas de la régression simple, et l'autre cumulative. Des hypothèses sur les lois de probabilité de ces deux écarts permettent alors de formuler la prévision.

Ces méthodes sont cependant plus adaptées à la prévision à court terme.

1.2. - Information nécessaire.

La seule information nécessaire à ces méthodes, dans leur partie formelle se limite à une série chronologique de la grandeur à prévoir.

Il faut, bien sûr, que les observations soient faites sans erreur.

Le problème essentiel réside dans la longueur de la série. En théorie, elle doit être la plus longue possible, c'est-à-dire plusieurs fois la période de prévision. En fait, on peut se demander si les évolutions étudiées présentent une stabilité telle qu'une observation vieille de 15 ans signifie encore quelque chose.

D'autre part, il convient d'examiner empiriquement si les longues séries ne comportent pas de modification de tendance, examen d'autant plus délicat que les écarts aléatoires sont plus importants, comme souvent en agriculture.

D'un autre côté une série trop courte altère la précision, risquant entre autre de privilégier indûment des écarts purement aléatoires en début ou fin de chronique.

Le choix de la longueur de la série reste donc largement arbitraire.

1.3. - Hypothèses, signification et critiques.

L'hypothèse fondamentale de ces méthodes est la permanence dans le futur du modèle adapté au passé.

Ceci signifie, tout d'abord, qu'elles ne fournissent aucune information sur les conséquences possibles d'une action ou d'un événement.

Ceci signifie ensuite que, pour que la projection se réalise, toutes choses doivent, non pas rester égales, mais avoir des conséquences identiques quant au phénomène étudié.

Enfin, on ne peut pas dire que la confrontation de projections de ce type permet de déceler d'éventuelles incompatibilités, motivant des décisions, car il n'y a pas moyen de tester si ces incompatibilités proviennent d'une évolution inéluctable des événements laissés à eux-mêmes ou simplement de la méthode de prévision retenue.

A un niveau plus technique, on remarque que ces méthodes ne contiennent aucun élément susceptible de guider le choix d'un modèle adapté à l'objet de la prévision. En effet, à moins que le temps ne soit vraiment explicatif, aucun argument interne à la méthode ne permet de confirmer le choix d'un type d'évolution. Or bien souvent, le seul test d'adaptation à l'évolution passée ne permet pas de départager des modèles conduisant à des prévisions fort différentes.

Il semble donc prudent de ne retenir ces méthodes que dans des cas très particuliers, tel que la prévision d'une grandeur nécessaire à l'étude, mais

largement indépendante des décisions que pourra prendre l'agent concerné. Et l'on pourrait soutenir, à l'extrême, que dans certains cas, mieux vaut ne pas prévoir que de le faire dans ces conditions.

Avantages et inconvénients de la méthode des tendances

<u>Avantages</u>	<u>Inconvénients</u>
<ul style="list-style-type: none"> - Simplicité - Volume limité d'information nécessaire : à la limite une seule série chronologique relative à la valeur étudiée - Peu de problèmes statistiques d'estimation 	<ul style="list-style-type: none"> - Hypothèses de base très limitatives - Possibilités d'une grande sensibilité à la définition de la période de base - Conduit à des estimations ponctuelles dont la cohérence mutuelle n'est pas assurée - Pas de valeur explicative

SECTION II - L'EXTRAPOLATION DANS LE CADRE D'UNE STRUCTURE SIMPLE

Dans certains cas, il est possible de mesurer ou d'estimer les déformations de structure d'un agrégat dans le temps, soit que cette structure soit relativement constante, soit que son évolution soit une fonction directe du temps. L'application des méthodes de prévision basées sur des calculs de tendances au niveau des composantes de l'agrégat permet alors d'obtenir une meilleure estimation de la valeur future de l'agrégat lui-même. Cette démarche générale est à l'origine de l'utilisation de modèles sans cesse plus complexes dans les travaux de prévision : les extrapolations se multiplient à des niveaux de plus en plus élémentaires alors que la structure des principaux agrégats est explicitée avec une précision de plus en plus fine. Nous aurons l'occasion de parler longuement des modèles de ce type; nous nous bornerons ici à évoquer le cas de structures très simples qui sont à la base de l'étude de certains aspects démographiques (phénomènes de vieillissement d'une population) ou de certaines prévisions pour des populations stratifiées.

Pour reprendre le cas cité dans le document de G. Schmidt (1) nous citerons le cas des prévisions de production en matière de fruits. Il est évidemment toujours possible d'extrapoler directement la production globale d'un verger donné. Toutefois, l'évolution de la production à moyen terme dépend largement de la structure démographique de ce verger qui peut être matérialisée par une pyramide d'âge. L'établissement des tendances sur l'évolution des rendements de chaque classe d'âge joint à des informations ou à des hypothèses sur le rythme de mortalité et d'arrachage des plantations permet d'aboutir à une prévision de production beaucoup

plus précise que ne le serait une simple extrapolation de la tendance d'évolution du volume global de la récolte.

En s'engageant plus à fond dans cette voie, il est possible de stratifier la population étudiée selon différents autres critères (régions, variétés, types d'unité de production, etc) et de préciser davantage les prévisions élémentaires, ce qui permet de nuancer les conclusions générales de l'étude en apportant des informations supplémentaires sur les déplacements interrégionaux de la production, l'importance future des différents agents de la production, etc... Nous citons en guise d'exemple les travaux effectués par Ph. Mainié, M. Petry et B. Villain sur la pêche en France (2).

Lorsque le terme de la prévision s'éloigne, une difficulté apparaît avec l'arrivée en production d'arbres qui ne figurent pas encore dans les jeunes plantations recensées. Des hypothèses ou des tendances d'évolution du rythme de plantation sont alors nécessaires ; celles-ci auront généralement une fragilité assez grande dans la mesure où les motivations des producteurs en matière de plantations nouvelles sont fortement influencées par un ensemble de conditions techniques et économiques dont on n'a aucune raison de penser qu'elles resteront identiques à celles qui ont prévalu dans le passé, même récent.

En matière de prévision de production bovine, les données sur la structure démographique du troupeau ont fait également l'objet d'application dans le cadre de structures simples. Les travaux effectués en France à partir des enquêtes détaillées sur la structure du troupeau bovin et les flux annuels (3) ont permis d'esquisser un modèle de croissance permettant l'évaluation prévisionnelle de la production. Ce modèle élaboré génération par génération comme une table de mortalité classique caractérise le comportement des éleveurs et l'utilisation du cheptel bovin quant à la viande. Certes l'utilisation d'un tel modèle nécessite de se reporter aux hypothèses de base qui sont susceptibles de nuancer les interprétations des résultats. Ainsi le comportement des producteurs observé lors de l'enquête (ou des enquêtes) est supposé constant : ceci suppose une correction progressive du modèle et une fréquence des enquêtes permettant de tenir compte de l'évolution des comportements ; cette fréquence est estimée à trois ou quatre ans par l'auteur. Les variations d'effectifs des naissances vivantes des générations successives sont supposées d'amplitude modérée et les paramètres d'ordre technique ou économique observés sont supposés constants. L'évolution structurée des élevages bovins est supposée s'effectuer de façon régulière ; enfin, il convient de tenir compte d'aléas climatologiques et de conjoncture économique susceptibles d'affecter les livraisons de bovins pour abattage.

C'est évidemment dans le domaine de prévisions de population humaine que cette approche est la plus largement développée. En ce qui concerne l'agriculture, nous citerons l'étude de A. Brun sur les perspectives de remplacement des chefs d'exploitation agricole qui constituent un préalable à l'étude de la concentration des exploitations. L'étude est basée sur le fait que le rapport x entre le nombre S des chefs d'exploitation "sortant" du secteur au cours d'une période et le nombre N des chefs d'exploitation au début de cette période est fortement lié à la répartition des exploitants suivant l'âge et à l'âge moyen de retraite. Ce rapport peut être mesuré pour une période passée à partir des statistiques existantes. Le flux de sortie correspondant à l'extinction naturelle des générations peut être calculé à partir de la structure par âge de la population des chefs d'exploitation et d'une hypothèse sur l'âge de la retraite. La variation du nombre N au cours de la période résulte du nombre de sorties S et du nombre d'entrées E . Le rapport E/S est appelé taux de remplacement. Ce taux de remplacement r peut être mesuré pour le passé par une analyse démographique simple faite à partir de deux recensements⁵. On peut envisager de l'évaluer pour le futur car il décrit un phénomène plus facile à cerner que la variation du nombre total d'exploitations ou l'évolution du nombre total d'actifs agricoles.

En ce qui concerne le nombre d'entrées il convient d'évaluer le nombre d'accessions à la direction d'une exploitation. Les auteurs proposent une évaluation maximum élargie au nombre de candidatures potentielles au métier d'agriculteur exploitant. Ces évaluations ne tiennent évidemment pas compte des mutations professionnelles. Toutefois, ces extrapolations conduites dans le cadre de structure démographiques simples (répartition des agriculteurs et des différentes catégories de membres de la famille par classe d'âge et par type d'exploitation) permettent de mieux cerner le problème de l'évolution des exploitations, de la libération des terres et partant de la concentration des unités de production et du nombre d'exploitations.

Il est évident que des phénomènes d'ordre économique altérant la viabilité de certaines exploitations ou les possibilités de financement de telle ou telle structure nouvelle sont des paramètres qu'il conviendrait d'introduire dans le modèle d'évolution des structures. Toutefois, l'analyse évoquée ici tente d'explicitier des mécanismes explicatifs permettant de corriger l'orientation des tendances.

Avantages et inconvénients de la méthode des extrapolations
dans une structure simple.

<u>Avantages</u>	<u>Inconvénients</u>
<ul style="list-style-type: none"> - Meilleure précision des valeurs prévues grâce à l'introduction d'éléments explicatifs découlant de la structure des agrégats. - Simplicité de la méthode. 	<ul style="list-style-type: none"> - Réclame une information plus riche permettant d'explicitier la structure des valeurs étudiées. - Les hypothèses fondamentales exigent une mise à jour relativement fréquente des informations de base (Enquêtes statistiques régulières, recensement). - L'évolution des valeurs: élémentaires doit être indépendante de l'évolution structurelle. - Les inconvénients de la méthode des tendances restent valables au niveau des extrapolations élémentaires.

SECTION 3. - L'UTILISATION DES CHAINES DE MARKOV DANS LE DOMAINE DES PREVISIONS

Bien que le principe des chaînes de Markov ait été proposé depuis plus d'un demi siècle ce n'est que très récemment qu'il a été appliqué par les économistes. En agriculture différentes applications ont été proposées dans le domaine du choix des dimensions d'ateliers de production animale notamment. Plus près de nos préoccupations se situe une étude des rendements probables du blé effectuée dans le Montana (8). Mais c'est surtout dans le domaine des projections des structures foncières agricoles que l'on trouve les plus nombreuses applications.

3.1. - Rappel sommaire du principe.

Dans une population un certain nombre de groupes sont constitués et définissent des "situations" ou des "états". Les mouvements des différents éléments entre les différents états sont considérés comme constituant un processus stochastique. On suppose que les états E_0, E_1, \dots, E_n étant définis il est possible de mesurer la probabilité p_{ij} qu'un élément se

trouvant dans l'état i de passer à l'état j au cours d'une période de temps déterminée. Cet ensemble de probabilités de passage entre les différents états au cours d'une période peut être mis sous la forme d'une matrice carrée P . La situation de la population au temps $t_0 + 1$ peut être déduite de la situation au temps t_0 en multipliant le vecteur caractéristique S_0 par la matrice P .

L'utilisation de ce principe réclame donc d'être en possession du vecteur initial c'est-à-dire d'une répartition initiale de la population en fonction des catégories définies et d'une matrice de transition, ce qui nécessite de disposer d'informations permettant l'estimation des probabilités de passage, pour chaque couple d'état. Cette dernière condition est certainement la plus limitante, car elle nécessite une analyse très fine du processus d'évolution. Deux approches sont possibles ; la première s'appuie sur une analyse historique et vise à déterminer les valeurs de probabilités à partir d'une analyse des évolutions au cours des périodes précédentes. Elle se heurte généralement à l'absence des informations nécessaires, la plupart des données statistiques disponibles étant des inventaires dans lesquels il est souvent bien délicat de repérer le passé d'un élément recensé dans une classe donnée. (Certaines sources, comme le cadastre par exemple, permettent cependant de telles analyses) La seconde s'appuie sur une analyse du processus même d'évolution permettant de chiffrer la probabilité d'évolution de chaque élément. Cette approche que l'on conçoit aisément pour des processus mécaniques ou physiques ne peut être facilement applicable dans le domaine des sciences humaines. Comme nous le verrons dans l'application citée, il est très fréquent que les utilisateurs empruntent aux deux approches en introduisant à la fois les informations globales d'origine historique et un certain nombre de données appuyées sur l'expérience ou certaines hypothèses simplificatrices permettant de déterminer les paramètres de la matrice de transition.

3.2. - Application à la projection du nombre d'exploitations.

Nous nous référons ici à une étude de D. KRENZ sur les exploitations du Nord-Dakota (5).

Les exploitations sont réparties par classe de taille d'après les données des recensements quinquennaux de 1935 à 1960. Evidemment les informations issues des recensements ne permettent pas de savoir si les exploitations d'une classe donnée à une date donnée sont les mêmes que lors du recensement précédent ou si elles proviennent d'autres classes. Il convient donc d'émettre un certain nombre d'hypothèses basées sur la connaissance que l'on peut avoir de la population étudiée, et qui vont alors per-

mettre de préciser les règles de transition entre les classes de taille. Ces hypothèses, dans le cas précis envisagé, étaient les suivantes : la superficie de l'exploitation ne diminue jamais, mais l'exploitation peut disparaître ; les exploitations qui ont le plus de chances de s'accroître sont celles qui sont au dessus de la superficie moyenne, enfin l'augmentation de superficie est progressive. Ceci conduit aux règles de transition suivantes : les plus grandes exploitations restent dans leur catégorie (probabilité $p_{nn} = 1$), les accroissements observés ne proviennent que de la classe inférieure, toute diminution non expliquée par la règle précédente est assimilée à une disparition (transition vers l'état E_0). Les états extrêmes qui reçoivent des exploitations sans jamais en perdre - on suppose qu'il ne se crée pas de nouvelles exploitations - sont dits états absorbants.

La matrice de transition est établie pour une période de 5 ans. Une projection de la structure de la populations d'exploitations à cinq ans peut donc être obtenue par multiplication du vecteur structure S_t par la matrice P : $S_{t+5} = S_t P$. Si on entend prolonger les projections sur une période plus longue égale à $5n$ années nous aurons :

$$S_{t+5n} = S_t P^n$$

Le résultat peut être obtenu directement en multipliant S_t par la même puissance de la matrice P , ou bien période par période afin de suivre l'évolution

$$S_{t+5} = S_t P$$

$$S_{t+10} = S_{t+5} P$$

.....

$$S_{t+5n} = S_{t+5(n-1)} P.$$

L'un des principaux problèmes est le choix de la - ou plutôt - des périodes de base. En effet, l'établissement de la matrice de transition exige de choisir une période de base dont on utilisera les informations pour le calcul des probabilités de passage : dans l'étude citée la matrice a été établie pour l'ensemble de la période étudiée 1935 - 1960 en cumulant les différentes matrices de passage établies pour chaque période de cinq ans. Toutefois, et compte tenu des variations très grandes observées dans l'évolution des structures, la décision d'utiliser la matrice relative à telle ou telle période de base est susceptible de modifier largement les résultats :

A titre d'illustration, notons que la réduction du nombre d'exploitations pour chaque période quinquennale a été d'environ 5 à 6 % dans le Nord Dakota au cours de la période de guerre et d'après - guerre, mais de 11 à 12 % au cours des deux périodes extrêmes 1935 - 40 et 1955 - 60.

L'auteur a présenté un tableau de variations des résultats en fonction de la nature de la période de base choisie pour l'établissement de la matrice de transition, montrant que le taux moyen de diminution par an du nombre d'exploitations passait de 1,37 % à 2,18 %.

D'autre part, il convient également de choisir la période de base de la projection proprement dite, c'est-à-dire le vecteur "structure initiale" que l'on utilisera pour les calculs. L'expérience montre que les résultats risquent d'être assez sensibles à ce choix dès que des divergences apparaissent entre les structures observées (*) et les structures calculées par le modèle par application de la matrice de transition à l'une des structures choisies comme base. Si par exemple $S_{0}^{*} P = S_{1} \neq S_{1}^{*}$ les projections à n périodes seront différentes selon que S_{0}^{*} ou S_{1}^{*} est choisie comme structure de base.

En dehors des projections du nombre d'exploitations pour l'ensemble de la population ou par classe la méthode permet différentes études. On peut par exemple rechercher la situation générale d'équilibre du processus. Cet équilibre est atteint quand pour chaque classe le nombre d'entrants est égal au nombre de sortants, ce qui correspond à un équilibre statistique qui évidemment n'est pas incompatible avec une poursuite des mouvements bruts entre les classes. Dans le cas qui nous a intéressé la présence d'états absorbants conduit l'évolution à la disparition de tous les états intermédiaires. Il ne resterait plus que des grandes exploitations qui se conserveraient ensuite compte tenu de la probabilité de survie égale à 1.

Certains calculs peuvent également présenter un intérêt, par exemple celui du nombre moyen d'années pendant lesquelles une ferme reste dans un état avant d'être absorbée par la classe des grandes exploitations ou de disparaître (absorption par l'état E_0).

3.3. - Remarques sur l'utilisation des chaînes de Markov dans le domaine des prévisions.

La technique des chaînes de Markov a été également utilisée pour étudier la concentration des firmes dans une branche de production . Citons l'étude des exploitations laitières dans l'Etat de New-York effectuée par G.J. Conneman à l'Université de Cornell (14) et les études de Colman D.R. sur le même sujet (9). Dans ce cadre une nouvelle difficulté surgit avec l'apparition de nouvelles unités qui entrent dans la branche et qui évidemment ne peuvent être recensés en tant "qu'entrants potentiels" lors des enquêtes. Stanton et Kettunen (12) ont montré qu'on n'avait pas toujours accordé assez d'intérêt à ce nombre "d'entrants potentiels" sur lequel on ne sait évidemment que peu de choses mais qui est susceptible de modifier profondément les projections en nombre et d'altérer les situations d'équilibre . Il en résulte que les projections établies doivent tenir compte de cet aspect et être préparées pour différentes valeurs possibles de ce paramètre .

Sur un autre plan, l'utilisation des chaînes de Markov peut conduire à des inconvénients caractéristiques des méthodes simples de projections indépendantes. Ainsi, la projection des nombres d'exploitations par classe ne tient pas compte directement de la limitation des terres disponibles ce qui risque de créer quelques incohérences lors de l'interprétation ou tout au moins de nouvelles hypothèses quant à l'évolution des superficies moyennes d'exploitation par classe de taille.

Le problème le plus important reste évidemment celui de l'établissement des matrices de transition dans le cas où l'information est limitée. Certes il est toujours possible d'avancer un certain nombre de postulats quant au comportement des différents individus ou éléments de la population, mais ceci peut se révéler dans certains cas assez arbitraire et assez inefficace sur le plan de l'enrichissement de la connaissance. Notamment subsiste le risque d'interpréter comme une conclusion nouvelle ce qui n'est que conséquence matérielle des hypothèses introduites. LEE, JUDGE et TAKAYAMA (11) ont proposé des procédures statistiques permettant d'établir les coefficients des matrices de transition à partir des données agrégées généralement disponibles (par exemple dans les recensements). Ces techniques d'estimation par les moindres carrés utilisant les procédures de la programmation quadratique repose^{nt} sur une hypothèse sur la nature du processus d'évolution (chaîne de Markov - stationnaire de premier ordre).

Toutefois, ce problème limite encore considérablement les utilisations des chaînes de Markov dans le domaine des prévisions. Plusieurs pays européens ont actuellement en cours des essais d'application dans le domaine des structures foncières. Une étude a été réalisée récemment sur deux villages de la région du Frioul - Venetie Julienne - par M. Prestamburgo(16). Le modèle markovien a été envisagé sous deux aspects: tout d'abord en tant qu'outil permettant d'analyser les caractéristiques de la distribution des propriétés foncières selon leur taille, ensuite comme un instrument de projection à court terme appliqué également à la propriété foncière. Dans les deux cas, le modèle s'est révélé utile. A l'usage, le modèle est apparu très sensible à l'hypothèse de l'indépendance stochastique et de la constance des principales variables, affectant le système économique dans lequel évolue le phénomène étudié. C'est pourquoi il est douteux que l'on puisse utiliser de tels modèles pour des prévisions à long terme.

Le χ^2 de Pearson a été utilisé pour tester la valeur significative des résultats obtenus. On doit remarquer qu'un tel test, du point de vue statistique, ne permet que de démontrer éventuellement le caractère non-markovien du processus ; un résultat positif par contre ne constitue qu'une condition nécessaire et non suffisante pour affirmer le contraire.

Avantages et inconvénients

<u>Avantages</u>	<u>Inconvénients</u>
<ul style="list-style-type: none"> - Permet la projection d'une population par classes - Permet d'obtenir des informations spécifiques (situation d'équilibre, délais d'évolution ...) 	<ul style="list-style-type: none"> - <u>L'élaboration de la matrice de transition</u> : <ul style="list-style-type: none"> soit : nécessité des informations analytiques nombreuses à caractère dynamique qui souvent n'existent pas soit : réclame l'utilisation de procédures statistiques assez lourdes appliquées aux informations globales existantes soit : repose sur l'adoption de postulats permettant de déterminer simplement les coefficients mais n'apportant aucune connaissance nouvelle sur les comportements. - Sensibilité nette au choix des périodes de base pour l'élaboration de la matrice de transition et la définition de la structure initiale - La cohérence des projections indépendantes n'est pas assurée

1. G. SCHMIDT Méthodes et possibilités d'établissement des projections à long terme pour la production agricole - C E E Série Agriculture n° 3 - 1961 - Bruxelles .
2. Ph. MAINIE , M. PETRY et B. VILLAIN - La Pêche. Les tendances de sa production. Etude FNCETA n° 1027 , Mars 1965.
3. LENCO Michel Flux annuels du troupeau bovin . Etudes et Conjonctures INSEE N° 12 - Décembre 1967
4. A. BRUN Perspectives de remplacement des chefs d'exploitation agricole. Statistique agricole. Supplément "Série Etudes n° 28 - Juillet 1967.
5. R.D. KRENZ Projection du nombre d'exploitations à l'aide de chaines de Markov . Economie Rurale n° 64; Avril-juin 1965 . Original Agricultural Economics research - Vol 16 n° 3 Juillet 1964.
6. G.G. JUDGE , E.R. SWANSON , - Markov chains : Basic concepts and suggested Use in Agricultural Economics - Illinois Agr. Expt. Station Res. 1961.
7. F.J. REISS - R.C. HUGHES , G.G. JUDGE - Changes in farm tenure : a markov . process analysis.
Illinois - Agr. Econ. 3 (2) - July 1963.
8. Bon BOSTWICK - Yield probabilities as a markov process . Agr. Econ. Res. 14 (2) - Avril 1962.
9. COLMAN D.R. The application of Markov chain analysis to structural change in the northwest dairy industry.
J.of Agric. Economics . Vol XVIII n° 3 sept. 1967
10. HANF Von. E. Prognose mittels Markov - Ketten
Quantitative methoden in den wirtschafts und sozialwissenschaften des Landbaues - B.L.V.
11. LEE, JUDGE, TAKAYAMA - On estimating the transition probabilities of a markov process.
J. of Farm Economics 48 - Août 1965.
12. STANTON B.F. KETTUNEN Lauri - Potential entrants and projections in markov process analysis. J. of Farm Economics Vol 49 n° 3 - Août 1967.

13. KISLEV Yoav AMIAD Amotz - Linear and dynamic programming in Markov chains. American Journal of Agric. Economics Vol. 50 N°1 - Fév. 1968.
14. CONNEMAN G.J. An economic analysis of changes in milk production in the New-York milkshed - Dept. Of Agr. Econ. A.E.Res.195 - Cornell Université - March 1966
15. J. STOYLE "Land utilizations as a Stochastic Process" in Canadian Journal of Agricultural Economics, vol.XI fasc.2-1963
16. M. PRESTAMBURGO "Il modello di Markov e le sue applicazioni in economia agraria" - Rivista di Economia Agraria

CHAPITRE II - L'ESTIMATION DES DONNEES DU SECTEUR AGRICOLE POUR DES MODELES
DE PREVISION MACROECONOMIQUES : PROBLEMES ET METHODES.

Les modèles de prévision macroéconomiques peuvent être classés en quatre groupes :

- 1) La "méthode naïve" basée sur des extrapolations de trend plus ou moins agrégées.
- 2) Les modèles input-output
- 3) Les modèles de prévision à court et à moyen terme basés sur des systèmes d'équations récursives et/ou simultanées.
- 4) Les modèles de prévision à long terme basés sur des modèles de croissance multi-sectoriels.

Dans tous les modèles, le secteur agricole est considéré comme une branche d'activité agrégée, qui ne produit qu'un ou deux agrégats (denrées alimentaires ou produits du règne animal et végétal) à partir d'un ensemble d'inputs plus ou moins différencié.

C'est ainsi que le modèle de Brooking, qui se veut cependant assez détaillé sur le plan agricole, ne distingue que la fabrication des produits du règne animal et végétal. Du côté des dépenses, on trouve des données et des prévisions concernant le montant des investissements, les dépenses courantes et le volume de la main d'oeuvre.

Dans le modèle de prévision macroéconomique actuellement à l'étude pour la République Fédérale d'Allemagne, l'agriculture et la sylviculture ont été groupées en un seul secteur ne comportant plus qu'un agrégat. Même les tableaux input-output de l'Office Statistique des Communautés Européennes ne distinguent plus que la production agricole et les transformations à partir de viande, de lait et de graisses animales et végétales. Cette distinction permet cependant de procéder à une analyse relativement détaillée des relations d'offre.

Dans tous les modèles, on a utilisé ou calculé les données suivantes du secteur agricole :

- 1) Selon les modèles, l'évolution de la production brute du secteur agricole ou le développement de la technologie, représenté par la fonction macro-

économique de production, calculée pour la période de prévision.

- 2) L'évolution des fonctions d'investissement, et cela tant pour les facteurs de production durables que pour les biens de consommation.
- 3) La demande de produits agricoles.
- 4) L'évolution des échanges extérieurs de produits agricoles.

SECTION 1. - L'ESTIMATION DE L'EVOLUTION DE LA PRODUCTION AGRICOLE BRUTE.

Deux méthodes s'offrent pour l'estimation directe de la production brute :

- 1) La méthode du trend
- 2) L'estimation d'une courbe d'offre macroéconomique pour la totalité de l'offre de produits agricoles.

1.1. - La méthode du trend.

L'estimation directe de la production brute par la méthode du trend se pratique surtout dans le cadre des modèles de production macroéconomiques naïfs qui se basent, comme dans d'autres secteurs, sur des extrapolations de trend.

L'application de la méthode du trend présuppose, comme on le sait que l'action des facteurs qui influent profondément sur la production demeure constante (Voir chapitre I Section 1) . S'il n'en est pas ainsi, à la suite de certaines substitutions (passage de la traction animale à la traction mécanique) de changements dans l'orientation de la production (régression ou progression de branches d'activités à production unitaire élevée) ou de modifications dans l'efficacité (reprise rapide de l'offre par accumulation de progrès techniques, soudain accroissement important de la production par l'introduction de variétés hybrides), dont on ne peut prévoir la répétition ou la continuation il convient alors d'éliminer l'incidence des facteurs dont on ne peut présumer l'action future (1).

1.2. - L'estimation d'une fonction prix-offre pour la production du secteur agricole.

Les modèles de prévision macroéconomiques qui se fondent sur des fonctions prix-offre sectorielles valent pour des prévisions à court et à moyen terme. Jusqu'ici, il n'en a guère été fait usage. Sans doute y-a-t-il à cela deux raisons majeures :

- 1) Seuls les modèles de prévision à moyen et à long terme présentent un grand intérêt pour l'étude de l'évolution du coût des facteurs dans les divers secteurs partiels, évolution qui n'apparaît pas ou du moins pas directement dans les modèles basés sur des fonctions prix-offre.
- 2) L'estimation des fonctions prix-offre pour l'ensemble de la production agricole se heurte à de très grosses difficultés sur le plan statistique.

Pour le secteur agricole, l'opinion prévaut dans les milieux scientifiques que l'incidence d'une variation du niveau réel des prix agricoles sur l'offre globale des produits agricoles est minime lorsque la structure du système des prix agricoles ne varie pas (voir 2 à 7).

Jusqu'à présent, il n'y a cependant guère eu d'études quantitatives sur l'évolution de la fonction prix-offre macroéconomique ou sur l'importance de l'élasticité-prix de l'offre globale. La raison en est simple. L'incidence des prix sur l'offre des produits agricoles est subordonnée, à long terme, au progrès technique et, à court terme, aux conditions atmosphériques.

L'élasticité - prix à long terme de l'offre de produits agricoles ne peut donc être calculée que si l'on parvient à isoler l'incidence du progrès technique et à quantifier la relation qui existe entre les découvertes, le progrès technique et les prix agricoles réels. La quantification de l'incidence à court terme des variations de prix sur l'offre des produits agricoles nécessite le calcul d'un indice-climatique qui permette de déterminer, du moins approximativement, l'influence des conditions atmosphériques sur l'offre.

Les deux problèmes sont difficiles à résoudre (8).

Jusqu'à présent, il n'y a qu'aux Etats-Unis qu'on soit parvenu à calculer un indice-climatique * (9 à 12) qui a d'ailleurs permis à GRILICHES de définir une courbe d'offre à court terme pour l'offre globale (13). Pour l'estimation de la courbe d'offre agrégée, Griliches s'est servi d'un modèle de régression qui comportait les variables indépendantes suivantes :

- a) Le niveau réel des prix agricoles,

(*) - En France, Oury a tenté de calculer un indice climatique. Il a isolé l'incidence des conditions atmosphériques mais uniquement sur le plan de leur action sur le blé et les céréales fourragères. Le résultat de ses recherches ne peut être appliqué à l'offre globale.

- b) L'indice climatique calculé par Stallings,
- c) Une variable du trend,
- d) Le volume de la production de l'année précédente.

En l'absence d'un indice climatique, on ne peut tirer de conclusions sur l'élasticité - prix (quantitative) de l'offre globale qu'en analysant l'incidence des prix sur l'affectation des principaux facteurs.

Les possibilités de déduire l'élasticité - prix de l'offre globale de celle de la demande de facteurs de production reposent sur les considérations suivantes : (13) :

La fonction de production pour l'ensemble du secteur agricole se présente comme suit :

$$y = f (X_1, X_2 \dots X_n) \quad [1]$$

y = volume de la production du secteur agricole,

X_1, X_2, \dots, X_n = coûts des facteurs de production $x_1, x_2 \dots x_n$.

Toute variation de y à la suite d'une variation du niveau réel des prix agricoles p se déduit comme suit de la fonction [1]:

$$\frac{dy}{d_p} = \frac{\partial y}{\partial x_1} \cdot \frac{dx_1}{d_p} + \frac{\partial y}{\partial x_n} \cdot \frac{dx_n}{d_p} \quad (2)$$

En multipliant l'équation (2) par p/y, on obtient :

$$e_{y_p} = \sum_{i=1}^n a_i n_{ip} \quad (3)$$

où l'on a :

e_{y_p} = élasticité-prix de l'offre globale

a_i = élasticité de l'offre par rapport à une variation de l'utilisation du facteur i (élasticité de la production)

n_{ip} = élasticité de l'utilisation du facteur i par rapport à une variation du niveau réel des prix agricoles.

En clair ceci signifie que l'élasticité - prix de l'offre globale est à la fois fonction de l'élasticité de la demande de facteurs de production par rapport aux variations du niveau réel des prix agricoles et de l'incidence des variations dans l'utilisation des facteurs de production sur

l'offre globale.

La fonction prix-offre pour l'ensemble de la production peut être obtenue à partir de la fonction de la production totale.

La détermination de la fonction de production sectorielle et de ses variations dans le temps se heurte aux mêmes difficultés et parfois même à d'autres encore. Les projections relatives à chaque technologie à partir de fonctions de production sectorielles et de leurs variations n'en demeurent pas moins les principaux éléments de la plupart des modèles de prévision à moyen et à long terme.

SECTION 2. - PROJECTION DE LA TECHNOLOGIE DU SECTEUR AGRICOLE.

La plupart des fonctions de production agrégées pour l'ensemble d'une économie ou pour ses différents secteurs, distingue les facteurs de production primaires, soit le travail, la terre et le capital, et les dépenses courantes en facteurs de production, ventilées, le cas échéant, selon leur origine. Pour le secteur agricole, la fonction de production se présente alors généralement comme suit :

$$X_t = f_t (A_t, B_t, K_t, V_t) \quad [4]$$

où l'on a :

X_t = volume de la production au cours de la période t

A_t = quantité de travail utilisée au cours de la période t

B_t = terres utilisées au cours de la période t

K_t = capital utilisé au cours de la période t

V_t = dépenses au cours de la période t

$f(t)$ = nature de la relation fonctionnelle en l'année t.

La fonction de production [4] décrit la structure technique du secteur agricole à l'instant t. Elle peut se rapporter, selon le but poursuivi et la définition des séries de base, à l'ensemble des facteurs disponibles et à l'output optimal ou à l'ensemble des facteurs utilisés et à l'output effectif. La nature de la relation fonctionnelle entre l'affectation des facteurs et le produit se modifiera dans le temps sous l'effet des facteurs d'influence les plus divers. Si ces modifications sont telles qu'elles se traduisent par un accroissement de la production sans qu'il y ait augmentation du volume des facteurs de production, on parle communément de "progrès technique" (encore que le choix de cette notion ne soit assurément pas des plus

heureux). Cette notion comprend toute une série de facteurs d'influence qu'il n'est pas possible de quantifier séparément, dont nous reparlerons par la suite, lorsque nous aborderons l'étude des diverses fonctions.

Le choix du type de fonction de production le plus approprié dépend de la technique de production appliquée dans le secteur, de l'objectif économique (période de prévision), de l'information statistique disponible et, dans le cadre qui nous occupe, de la nature du modèle de prévision macro-économique utilisé. Pour la description de la technologie d'un secteur économique, on distingue généralement trois types de fonction :

- 1 Dans les cas les plus simples, on considère qu'il existe une relation technique bien déterminée entre l'output et les facteurs utilisés d'un secteur et que la technologie se caractérise donc par des coefficients d'input fixes. C'est sur cette considération que se fondent, entre autres, les modèles input-output, les modèles de croissance du type Harrod - Domar et les méthodes de prévision plus simples basées sur des prévisions de productivités partielles.
- 2 En extrapolant, on base la description de la technologie du secteur sur un plus grand nombre de processus de production qui, comme au point précédent se caractérisent par des coefficients d'input et d'output fixes mais qui sont entre eux substituables. Cette considération inspire les modèles linéaires de programmation qui s'efforcent d'aboutir à une combinaison optimale des processus en tenant compte de certaines conditions particulières.
- 3 Enfin, les relations entre les dépenses et le produit peuvent être décrites au moyen de fonctions dans lesquelles les facteurs de production qui donnent lieu à un rendement déterminé sont substituables. Cette hypothèse correspond à la représentation néo-classique d'une fonction de production.

Dans les modèles agrégés pour l'ensemble d'une économie ou pour ses différents secteurs, on se sert surtout des types de fonction 1) et 3) et en particulier, des fonctions à coefficients fixes pour les objectifs à court et à moyen terme et de la fonction de production néo-classique pour les objectifs à long terme. Les fonctions qui s'inspirent de l'analyse par activités sont plutôt réservées, du moins l'ont-elles été jusqu'ici - aux recherches micro-économiques (voir chapitre VI). Aussi le présent chapitre ne détaille-t-il que les types de fonction 1 et 3.

2.1. - Fonctions de production à coefficients fixes.

L'hypothèse la plus simple en ce qui concerne la nature des relations techniques consiste à admettre que la production d'une unité de l'output agrégé du secteur agricole nécessite des quantités bien déterminées de travail, de capital, de terre et de services. Cela implique que les différents facteurs soient utilisés dans des relations fixes et qu'il y ait des rendements d'échelle constants. Les diverses relations pour l'année t s'écrivent alors comme suit :

$$X_t = \frac{1}{a_t} A_t \quad A_t = \frac{1}{b_t} B_t \quad B_t = \frac{1}{v_t} V_t \quad V_t = \frac{1}{k_t} K_t \quad [5]$$

Dans ces relations, a_t , k_t , b_t , et v_t sont des coefficients fixes que l'on peut interpréter de façon différente selon l'optique de la prévision: les valeurs inverses de ces coefficients peuvent être considérées comme des productivités partielles. Il faut alors calculer l'output optimal pour un nombre donné de facteurs.

Dans les modèles de croissance, ces coefficients sont généralement considérés dans l'autre sens : quel doit être la quantité de facteurs pour parvenir à un output déterminé ? Cette relation est représentée par les valeurs directes des coefficients (a_t , k_t ...) de travail, de capital, etc. Les coefficients de dépenses sont généralement ventilés par destinations et constituent ainsi une matrice de coefficients input-output.

Si les relations 5 expriment le rapport entre l'output et chacun des facteurs mis en oeuvre, la fonction de production [6] indique, elle, le rapport entre l'output et l'ensemble de ces facteurs. Avec l'utilisation de coefficients fixes, elle s'écrit alors comme suit :

$$X_t = \min \left(\frac{1}{a_t} A_t, \frac{1}{k_t} K_t, \frac{1}{b_t} B_t, \frac{1}{v_t} V_t \right) \quad [6]$$

L'output possible est déterminé par le facteur le plus limitant ; un excédent d'autres facteurs de production n'entraîne aucun accroissement de l'output mais reste inutilisé. Les isoquantes ont alors le tracé à angle droit bien connu, avec une élasticité de substitution égale à zéro.

Projetées dans le temps, les valeurs des coefficients décrits constituent les relations technologiques de base de la plupart des modèles de pré-

vision à court et à moyen terme, des simples estimations "naïves" aux modèles macro-économiques fermés *.

L'estimation prévisionnelle des coefficients sectoriels de production (ou des indices de productivité) s'effectue, dans la plupart des études empiriques, sur la simple base de l'extrapolation du trend (pour le domaine des dépenses très souvent par le simple calcul du quotient des dépenses pour un facteur par la valeur de la production du secteur dans les tableaux input-output d'une seule année). Cette méthode d'estimation présuppose que la variation (ou la constance des coefficients soit déterminée sur le plan technique ou qu'il se produise en même temps des processus de substitution déterminés par certains facteurs économiques, qui suivent un tracé plus ou moins uniforme pendant quelque temps et qui soient donc extrapolables.

Il suffit d'une analyse des relations économiques pour montrer qu'on ne peut aboutir à des résultats valables par une simple extrapolation du trend des coefficients sectoriels que dans quelques cas seulement et encore, pour une période souvent limitée. En effet, les variations sont généralement déterminées par toute une série de facteurs d'influence qui se recouvrent mutuellement et dont l'incidence relative se modifie dans le temps, comme les phénomènes de substitution entre facteurs, le progrès technique et les modifications de structure, par exemple. Les coefficients relatifs à un facteur (ou productivités partielles correspondantes) reflètent dès lors toujours l'ensemble des forces en présence. C'est ainsi que le coefficient de capital est également déterminé par la qualité de la main d'oeuvre et, inversement, celui du travail par la capacité des machines utilisées. La simple extrapolation des coefficients de chaque facteur peut dès lors se traduire, après quelques années et surtout lorsqu'il s'agit d'études dispersées, par des résultats fantaisistes **, lorsque les processus de substitution entre facteurs déterminant la variation des coefficients viennent à disparaître.

C'est pour cela qu'on a tenté dans la nouvelle analyse de la produc-

* - L'estimation directe de la production brute par la méthode du trend, que nous avons évoquée au point 1.1., implique elle aussi, en fin de compte, une projection de la variation (ou de la constance) des coefficients techniques.

** - Encore que des coefficients macro-économiques de capital, par exemple, soient demeurés constants pendant plus longtemps dans certains pays.

tivité et de la recherche du développement de séparer l'incidence des divers facteurs d'influence, afin de faciliter l'extrapolation (progrès technique) ou l'explication économique (phénomènes de substitution) des variations de chacune des composantes. Cette tentative a conduit à un élargissement du concept de la fonction de production néo-classique agrégée.

2.2. - Fonctions de production à possibilité de substitution permanente.

Depuis les premiers travaux de Cobb et Douglas au cours des années 30, les fonctions de production macro-économiques de ce type ont souvent été estimés de façon empirique, tant sur le plan des économies nationales que sur celui des différents secteurs économiques (14). Ce n'est cependant qu'à la suite des travaux des représentants de la théorie de croissance néo-classique, c'est-à-dire vers le milieu des années 50, que ces fonctions ont acquis de l'importance pour l'analyse des phénomènes de croissance et les prévisions économiques à long terme. Ces travaux ont en effet permis d'améliorer les possibilités de l'estimation statistique par la voie de certaines hypothèses en matière de production, d'élargir le concept de la fonction de production et de l'introduire comme élément de base dans des modèles plus généraux de croissance.

2.2.1. L'estimation des fonctions de Cobb-Douglas.

Dans leurs premiers travaux empiriques, Cobb et Douglas sont partis de la fonction bien connue à laquelle ils ont donné leur nom par la suite (15). (Nous la formulons ci-après en conservant, pour les facteurs "travail" et "capital" considérés par Douglas, les symboles déjà utilisés pour le secteur agricole. Il va de soi que l'on pourrait encore subdiviser ces facteurs de la façon précédemment décrite).

$$X = a_0 A^\alpha K^\beta \quad [7]$$

Dans cette fonction, α et β représentent l'élasticité de la production par rapport au travail et au capital, cependant que a_0 est un paramètre de niveau.

Dans cette fonction, la variation de l'output est totalement imputée à la variation des quantités de facteurs utilisées. Les élasticités de production indiquent de quel pourcentage l'output varie lorsqu'un des facteurs varie de 1%. Si l'on fait varier tous les facteurs d'un même pourcentage λ ,

l'output varie, lui de $\lambda^{\alpha+\beta}$. Si la somme de $\alpha + \beta$ est supérieure à 1, l'accroissement de l'output est plus que proportionnel à celui des facteurs utilisés; si elle est inférieure à 1, il lui est moins que proportionnel. Pour toute valeur différente de 1 de la somme des élasticités partielles de production, il existe donc une relation entre la capacité du processus de production et le niveau de production ("returns to scale"). Si l'on croit pouvoir éliminer cette relation sur la base d'inf.ext. au modèle d'estimation, on peut alors poser comme condition particulière pour l'estimation du paramètre que $\alpha + \beta = 1$ ce qu'a notamment admis Douglas dans ses premières tentatives d'estimation.

Dans le cas d'estimations portant sur des séries chronologiques * il faut cependant s'attendre à ce qu'une certaine partie de l'accroissement de l'output ne soit due ni à des accroissements de facteurs ni à l'effet d'échelle mais qu'elle en soit totalement indépendante et qu'elle relève, selon la définition donnée, du progrès technique. Il peut en être tenu compte dans l'équation en y introduisant un facteur "trend" e^{ft} ** :

$$X_t = a_0 e^{ft} A_t^\alpha K_t^\beta \quad [8]$$

Dans cette équation, f représente le taux annuel de progrès technique. Par estimation statistique des fonctions [7] et [8] les élasticités de production α et β et le taux de progrès technique (équation 8) apparaissent, dans le cas de séries chronologiques pour l'output et les facteurs de production considérés, comme des paramètres de l'analyse de régression. Les principales difficultés économétriques que pose l'estimation des fonctions de production selon cette méthode résident surtout dans le pourcentage élevé de multi-collinéarité et d'auto-corrélation qui existe, dans presque tous les cas, entre ou dans les diverses séries et dont il faut tenir compte (voir le paragraphe 3.3.). C'est la raison pour laquelle de nombreuses objections ont déjà été formulées à l'encontre de ce mode de détermination des relations technologiques de base (17). Il n'empêche que la méthode de Cobb et Douglas a déjà inspiré un grand nombre de tentatives d'estimation depuis 1930, qui englobent également des estimations de fonctions de production dans le secteur agricole (14).

* - L'estimation des fonctions peut également se faire par une analyse de la situation à un moment donné, ce qui est cependant moins valable pour des prévisions.

** - Cette fonction a été choisie pour la première fois par Tinbergen (16)

2.2.2. La méthode de Solow.

Pour éviter certaines difficultés statistiques, Solow a proposé, vers le milieu des années 50, une modification de la méthode d'estimation, qui en modifie en même temps le principe (18). Alors que dans la méthode de Cobb-Douglas, on cherche surtout à déterminer les élasticités de production (principe de la répartition), Solow considère que celles-ci se dégagent de considérations théoriques et d'hypothèses en matière de production et que la partie résiduelle à déterminer équivaut au taux de progrès technique.

Cela pose le problème de l'isolement de la substitution des facteurs et du progrès technique et partant du principe même des prévisions. La méthode fournit en même temps une base théorique aux méthodes d'estimation de la productivité globale à partir des fonctions développées par Kendrick.

En dérivant la fonction (8) dans le temps et en l'identifiant au taux de croissance, Solow obtient l'équation suivante*:

$$\frac{\dot{X}}{X} = f + \alpha \frac{\dot{A}}{A} + \beta \frac{\dot{K}}{K} + \eta \frac{\dot{B}}{B} \quad [9]$$

Dans cette équation, $\dot{X} = \frac{dX}{dt}$ est la dérivée dans le temps et $\frac{\dot{X}}{X}$ le taux de croissance annuel.

La méthode de Solow se fonde sur l'hypothèse que dans le secteur considéré, les facteurs de production sont rémunérés sur la base de leurs produits marginaux et que l'élasticité d'échelle est égale à 1. Il s'ensuit que les élasticités de production correspondent aux parts de rémunération des facteurs.

Partant de cette hypothèse, l'équation [9] permet alors de dégager très facilement, et sans aucune difficulté sur le plan statistique, les taux annuels de progrès technique, étant donné qu'on peut également déduire des données statistiques, outre les taux de croissance annuels du produit et des facteurs de production utilisés, les rémunérations des divers facteurs.

* - Dans l'équation [9], la terre est encore considérée comme un facteur particulier; η est son élasticité de production. Si le facteur "terre" reste constant pendant la période considérée, on a :

$$\eta \frac{\dot{B}}{B} = 0.$$

La relation 9 devient alors une équation qui détermine le taux de progrès et dans laquelle toutes les autres grandeurs sont des grandeurs exogènes :

$$f = \frac{\dot{X}}{X} - \alpha \frac{\dot{A}}{A} - \beta \frac{\dot{K}}{K} - \eta \frac{\dot{B}}{B} \quad [10]$$

avec $\alpha + \beta + \eta = 1$ d'après l'hypothèse précitée de Solow.

Vu sous l'angle de l'analyse de la productivité, l'équation [10] peut être considérée comme une mesure de la productivité globale, dans laquelle les coûts des facteurs sont pondérés en fonction de leur part de rémunération.

La fonction de Solow a pour avantage d'être d'application facile, de ne poser aucun problème économétrique et de permettre (à l'opposé des fonctions de régression) le calcul, d'année en année, des taux de progrès et partant l'étude des variations à court terme dans le temps. Aussi s'est-elle rapidement généralisée.

L'application de la méthode de Solow au secteur agricole pose quelques difficultés sur le plan statistique, du fait que la production agricole est surtout l'affaire d'exploitations familiales, dans lesquelles le revenu ne peut être imputé aux divers facteurs qu'en ayant recours à des statistiques plus précises. Il s'avère en tout cas que la méthode de Solow n'est pas très sensible aux variations de la rémunération, de sorte qu'il ne faut pas accorder trop d'importance aux écarts, à condition cependant qu'ils ne soient pas excessifs.

Les objections de principe formulées à l'encontre de la méthode de Solow ont trait aux hypothèses sur lesquelles elle se fonde en matière de production. Tout d'abord, l'hypothèse de fonctions de production linéaires homogènes dont les isoquantes se déplacent vers l'origine sous l'effet de progrès techniques autonomes. Le progrès mesuré est ainsi considéré comme totalement indépendant du travail et du capital engagés ; on dit qu'il est neutre - (Hicks) - Ces deux hypothèses sont très particulières et s'appuient toutes deux sur des considérations qui ont donné lieu, au cours des années 60, à un concept fondamentalement élargi de ces nouveaux développements. La méthode de Solow n'a cependant pas perdu tout intérêt, étant donné que dans bien des cas, les faits empiriques (en particulier, la constance approximative des parts de rémunération, dont il faut bien souvent tenir compte) correspondent, en ordre de grandeur, aux types de fonction admis par Solow. Dans ces cas, le mode bien moins compliqué de l'estimation plaide en faveur de la méthode, d'autant plus que les sources d'erreurs dans les séries statistiques de base (notamment dans la série "capital") ne laissent pas présumer d'un haut degré d'exactitude.

La méthode de Solow pose en outre un problème d'identification. En admettant que $\alpha + \beta = 1$, on exclut les "économies d'échelles". S'il y en avait, elles seraient estimées dans le taux de progrès. Etant donné cependant que ces "économies d'échelle" et les progrès autonomes ont le même effet lorsqu'il s'agit de fonctions de production homogènes, on peut penser que le taux de progrès trouvé serait fait d'un pur effet de progrès et d'un effet d'échelle.

L'hypothèse d'une concurrence parfaite qui est actuellement très problématique dans d'autres secteurs économiques, est peut-être une hypothèse plus facilement acceptable pour le secteur agricole.

c) Fonctions de production plus générales du type C E S.

Une catégorie bien plus générale de fonctions de production, dont la fonction de Cobb-Douglas et les fonctions à coefficients de production fixes constituent des cas particuliers, a été développée, dans les années 60, par deux groupes de travail composés, l'un de Solow, Arrow, Chenery et Minhas (19), l'autre de Murray Brown (20).

La fonction est la suivante :

$$X = \gamma \left[\delta K^{-\rho} + (1 - \delta) A^{-\rho} \right]^{-\frac{m}{\rho}}$$

Outre les symboles déjà utilisés, on y trouve :

- γ = paramètre d'efficience
- δ = paramètre de distribution
- m = paramètre d'homogénéité
- ρ = paramètre de substitution
- σ = élasticité de substitution.

Dans la fonction, il est par ailleurs admis que $\sigma = \frac{1}{\rho} - 1$

La fonction de production à élasticité de substitution constante (c'est-à-dire la fonction C E S) permet de représenter toutes les formes de substitutions possibles entre les facteurs de production et la relation entre les facteurs engagés et le volume de la production, et, partant, de décrire toutes les formes possible de l'isoquante :

- la valeur de l'élasticité de substitution (du paramètre de substitution) détermine la courbure de l'isoquante et partant les possibilités de substitution des facteurs de production, (cas particuliers : lorsque σ tend vers 1, la fonction

C E S se rapproche plutôt de la fonction de Cobb-Douglas ; lorsque ζ tend vers 0 elle s'apparente davantage à la fonction de production de Leontief).

- La valeur du paramètre de distribution détermine la pente de l'isoquante et, partant, l'intensité de capital du secteur.

- Le paramètre d'efficience correspond au paramètre f de la fonction de Cobb-Douglas. Son accroissement fait se déplacer l'isoquante vers l'origine.

- Le paramètre d'homogénéité indique la relation entre un accroissement proportionnel de l'ensemble des facteurs engagés et l'output, et caractérise ainsi les "économies d'échelle".

En principe, la fonction C E S permet donc de décrire toutes les formes possibles des relations technologiques d'un secteur déterminé et, notamment toutes les formes de progrès techniques qui peuvent résulter des variations de la concavité ou de la pente de la courbe, dues au déplacement neutre de Hicks ou à des progrès non-neutres.

Le développement de la fonction C E S a ouvert de larges horizons à l'étude empirique des relations technologiques de base des secteurs économiques. Au cours de ces dernières années, le concept de la fonction C E S a donné lieu à l'établissement et à la vérification empirique de toute une série de fonctions de régression visant à déterminer les différents paramètres (20, 21) (jusqu'à présent, surtout pour des économies nationales et non pas des secteurs économiques). Les divers modèles d'estimation se distinguent essentiellement par la nature des hypothèses qui en sont à la base et qui consistent à fixer à l'avance certaines propriétés des relations technologiques (ainsi pour la méthode de Solow, qui se distingue de la fonction de Cobb-Douglas par le fait qu'elle se fonde sur l'hypothèse que les élasticités de production correspondent aux parts de rémunération des facteurs). Ces hypothèses s'appuient sur des considérations ou des règles "a priori" comme celle du progrès neutre de Hicks ou celle d'une élasticité de production constante (mais arbitraire) pour la période considérée.

Malgré le caractère théorique très satisfaisant de ce type de fonction pour la description de la technologie d'une économie nationale, on ne peut cependant trop en attendre sur le plan de son utilité pratique pour la recherche économique empirique et, en particulier, pour les prévisions, étant donné qu'il s'agit d'une méthode très différenciée, qui requiert une grande précision dans les séries chronologiques relatives aux quantités produites, au volume des facteurs utilisés et aux taux de rémunération. La fonction C E S semble néanmoins prometteuse pour l'analyse des divers secteurs économiques, car les possibilités de substitution

entre les facteurs de production sont sans doute fort nombreuses dans les différents secteurs. Dans les types de fonction employés jusqu'ici, on n'avait le choix qu'entre les cas extrêmes et particuliers d'une élasticité de substitution égale à 0 (fonction de Leontief) ou à 1 (fonction de Cobb-Douglas). La fonction CES permet une différenciation caractéristique pour les différents secteurs, dont le degré doit pouvoir être déterminé, même lorsque l'on ne dispose que d'informations limitées.

SECTION 3. - L'ESTIMATION DES FONCTIONS D'INVESTISSEMENT.

3.1. - Modèles explicatifs possibles.

Tous les modèles de prévision macro-économiques ou sectoriels à court et à moyen terme comprennent une (ou plusieurs) équation(s) visant à déterminer la propension à investir des entrepreneurs. Cette (ces) équation (s) décrit (vent) la relation entre le montant des investissements et les grandeurs qui l'influence, qu'on appelle fonction d'investissement. Sans approfondir davantage la théorie de l'investissement, on peut dire que ces principales grandeurs quantifiables sont les profits, les liquidités, les amortissements en tant que facteur de financement, le coût des facteurs et les prix de vente, ainsi que, sous certaines réserves, le taux d'intérêt. Toutes ces variables se retrouvent d'ailleurs dans la plupart des fonctions d'investissement empiriques estimées jusqu'ici.

On s'est efforcé, en outre, de généraliser le théorème d'accélération qui avait été établi dans le cadre de l'étude de la conjoncture et des modèles de croissance. Enfin, on a également développé, pour le secteur micro-économique surtout, des modèles dits de stocks de capital, qui s'apparentent assez bien au modèle d'accélération mais qui, à l'inverse de celui-ci, doivent être considérés comme des fonctions "générales" d'investissement.

En ce qui concerne les investissements dans le secteur agricole, on pourrait également faire intervenir comme éléments de base, outre les variables et modèles précités, le nombre des personnes actives et l'importance des aides financières de l'état.

Conformément à la théorie, les modèles explicatifs pour la propension à investir dans le secteur agricole devraient alors englober les profits réalisés (G) en tant que différence entre les recettes et les dépenses, les liquidités (Q)

y compris les crédits octroyés mais non encore utilisés, le potentiel de main-d'oeuvre (A), le coût des facteurs de production (P_B), les salaires (P_L) et les prix de vente (P), en raison de leur effet normatif sur les quantités de facteurs utilisés lorsque les productivités ou productions marginales varient, les amortissements (D) les aides financières de l'Etat (S) ainsi que les taux sur la propension et la possibilité d'investir.

La fonction d'estimation pour les investissements bruts dans le secteur agricole aurait alors la forme suivante :

$$I_{\text{brut}} = I (G, Q, A, P_B, P_L, P, D, S, Z)$$

A convenance, on pourrait alors actualiser les grandeurs monétaires qu'elle contient au moyen d'un indice des prix approprié et prévoir un délai de réponse pour toutes les variables dont l'influence sur la propension à investir pourrait subir un certain décalage dans le temps.

L'introduction dans le modèle - très important du point de vue théorique - de valeurs anticipées et de grandeurs stratégiques d'origine qualitative s'avère en tout cas impossible, en raison des difficultés que pose le calcul des données.

A l'inverse de ce modèle explicatif "général", le modèle d'accélération ne comporte comme variable explicative que la variation de la consommation ou de la production de denrées alimentaires et ne permet de décrire, dans sa forme rigoureuse, que la seule évolution des investissements nets induits ; le modèle des stocks de capital part, quant à lui, du principe que les entrepreneurs désirent adapter périodiquement leur stock de capital à une capacité qu'ils jugent optimale, mais qu'ils ne réalisent jamais que partiellement.

Plus la capacité réelle s'écarte de la capacité souhaitée, plus la propension à investir est grande et plus le coefficient d'adaptation se rapproche de sa valeur limite 1, plus le financement des investissements nécessaires à combler l'écart entre les deux capacités est assuré. Le modèle des stocks de capital explique alors non seulement le montant des investissements nets mais également celui des investissements de remplacement et peut, dès lors, être qualifié, comme nous l'avons dit précédemment, de modèle totalement explicatif.

3.2. - Problèmes de la formulation des modèles d'estimation.

3.2.1. - Interprétation de la notion d'investissement.

La transformation du modèle explicatif général en un modèle d'estimation particulier pose, avant tout, sur le plan des variables dépendantes, le problème de l'interprétation de la notion d'investissement. Dans son sens le plus strict, la notion d'investissement n'englobe, par exemple, que les dépenses qui visent à l'acquisition de biens "durables" ; dans un sens général, elle englobe également celles qui visent à l'acquisition de biens "rapidement consommables".

Sans entrer dans des discussions d'interprétation, on peut admettre que les motifs qui animent les entrepreneurs ne sont pas les mêmes lorsqu'ils engagent des dépenses pour l'acquisition de biens de consommation immédiate, destinés à accroître la productivité (engrais et fourrages par exemple) que lorsqu'ils engagent des dépenses pour l'acquisition de moyens de production durables (machines et bâtiments par exemple).

Pour des raisons théoriques, mais aussi pour donner plus de valeur aux fonctions estimées, il convient dès lors de répartir l'ensemble des investissements selon des secteurs d'investissement déterminés ; pour ce faire, on pourrait se baser sur les échéances formelles des projets d'investissement ou encore sur des considérations de destination. Il semble également judicieux de déterminer séparément les investissements bruts et les investissements nets, étant donné qu'il est plus facile d'expliquer, à l'aide des variables contenues dans le modèle explicatif, l'activité d'investissement dans le secteur des investissements de remplacement que dans celui des investissements nets, qui contient également des investissements autonomes, dont la réalisation dépend essentiellement de valeurs anticipées.

3.2.2. - Détermination de variables explicatives utilisables.

Sur le plan des variables explicatives, le passage du modèle explicatif au modèle d'estimation pose un sérieux problème empirique.

Outre qu'on ne peut déterminer ni le montant des bénéfices réalisés dans le secteur agricole ni la valeur des liquidités réelles, par des documents comptables précis, on ne peut par ailleurs se faire une idée exacte de la part réelle des amortissements dans les prix à la production. Dans les enquêtes statistiques, on admet d'ailleurs généralement, pour la facilité, que les amortissements équivalent aux investissements de remplacement, ce qui permet de ne pas devoir en tenir compte dans les fonctions d'investissement (du moins pour

les investissements bruts). Enfin, il s'avère également difficile, en raison des bonifications d'intérêt consenties dans les pays concernés, de déterminer pour le secteur agricole, un taux d'intérêt représentatif du capital emprunté.

Etant donné l'importance capitale des variables "bénéfice" et "liquidités" pour la propension à investir dans le secteur agricole, on a tenté, à partir des données statistiques disponibles, de déterminer des variables qui soient susceptibles de décrire, du moins approximativement, la situation du bénéfice et des liquidités des agriculteurs. La valeur de remplacement la plus simple mais aussi la moins significative dont on dispose, est constituée par le chiffre d'affaires global agrégé des exploitants agricoles, exprimé en prix courants ou constants.

Le "revenu disponible" ou les "moyens disponibles" - que l'on peut calculer comme indiqué ci-dessous - permettent une vue d'ensemble bien meilleure surtout en ce qui concerne la possibilité d'investir dans le secteur agricole :

	Chiffre d'affaires global	en l'année	t - 1	
+	chiffre d'affaires global	en l'année	t	
-	Dépenses globales d'exploitation	en l'année	t - 1	
-	Coûts d'exploitation	en l'année t	(Dépenses d'exploitation - investissements).	
<hr/>				
=	Revenu disponible en l'année t			
+	Modification du capital par apports de tiers en l'année t.			
<hr/>				
=	Moyens disponibles en l'année t.			

Les moyens disponibles semblent tout indiqués pour expliquer la propension à investir des exploitants agricoles, étant donné qu'ils correspondent si l'on fait abstraction du montant de la consommation et de l'épargne nette, c'est-à-dire des prélèvements des ménages agricoles, aux investissements bruts (sans modification du stock de capital). Un inconvénient certain de cette moyenne mobile réside cependant dans le fait qu'on ne peut en modifier arbitrairement le délai de réponse.

Une autre possibilité permettant d'étudier la relation qui existe du moins à court terme, entre les investissements et le profit, consiste à formuler une régression multiple contenant, comme variables explicatives, le volume de la

production ainsi que le coût des facteurs et les prix de vente, qui expriment conjointement, dans le cas d'une fonction de production donnée, le montant du profit réalisé.

Bien qu'en théorie, l'intérêt ait beaucoup perdu de son importance pour les investissements, il ne faut cependant pas l'éliminer a priori des études empiriques. Dans la mesure toutefois où des bonifications d'intérêt sont consenties dans les pays concernés, seul le taux d'intérêt moyen que l'investisseur agricole doit payer pour les capitaux empruntés peut être inclus dans le modèle d'estimation. Ce taux d'intérêt est calculé en prenant en considération la totalité des capitaux empruntés investis dans le secteur agricole et le montant effectif des intérêts versés.

Les autres variables indépendantes du modèle explicatif peuvent être déterminées sans autre difficulté, sous les réserves faites à propos des amortissements, ou sont déjà disponibles. Leur introduction simultanée dans la fonction d'estimation est cependant soumise, indépendamment du problème de la multicollinéarité, à certaines limites, eu égard à la durée des séries chronologiques. Si l'on tient compte de la situation dans l'après guerre, il semble peu judicieux de prolonger les séries "ex-post" en deçà de l'année 1950 ; dans ce cas, on ne dispose environ, jusqu'à cette date, que de 16 degrés de liberté. En formulant le modèle explicatif considéré comme une équation de régression, on perd automatiquement, au prorata du nombre des variables, 10 degrés de liberté, ce qui ne permet pas de procéder à un test valable prouvant que les coefficients obtenus sont significativement différents de zéro.

3.3. Problèmes statistiques de l'estimation des fonctions de production et d'investissement.

Pour l'estimation de fonctions de production et d'investissement empiriques sur la base de séries statistiques, on peut aussi bien se servir sous certaines conditions, de la méthode des moindres carrés que de la méthode du maximum de vraisemblance (Likelihood maximum).

Les deux conditions essentielles posées à l'utilisation de ces méthodes pour l'estimation d'équations de régression sont :

a) en cas d'application à des séries chronologiques que les résidus soient exempts de toute auto-corrélation,

b) qu'il n'y ait pas multicollinéarité, c'est-à-dire qu'il n'y ait aucune corrélation entre les variables indépendantes d'une équation de régression.

En dehors du cas où les relations entre les variables sont économiquement fondées, la condition visée sous b) soulève toujours de grosses difficultés lorsque les séries de données marquent une tendance confirmée par la statistique, du fait que, dans ces conditions, la succession chronologique provoque obligatoirement une multicollinéarité qui exclut la détermination de paramètres de régression valables et qui diminue la valeur économique des fonctions d'estimation.

La forme des fonctions à estimer ne fait quant à elle l'objet d'aucune limitation : les méthodes citées permettent aussi bien l'utilisation de fonctions linéaires que non linéaires. Il est à remarquer cependant que si le choix d'une fonction non linéaire semble s'imposer sur le plan théorique, il n'en va pas de même sur le plan pratique, étant donné qu'il complique sensiblement la solution du modèle.

SECTION 4. - ANALYSE DE L'EVOLUTION DE LA PRODUCTION AGRICOLE ERUTE DANS LE CADRE D'UN MODELE DE CROISSANCE.

Bien que ce chapitre soit consacré à l'estimation des données du secteur agricole pour des modèles macro-économiques, il convient d'évoquer ici les modèles dans lesquels un certain nombre de ces données sont des variables endogènes. Nous mentionnerons plus particulièrement les modèles néo-classiques de croissance économique dans lesquels, par exemple, l'évolution de la production globale agricole est considérée dans le processus complexe de croissance économique.

Les modèles néo-classiques (22 à 24) se composent d'un système d'équations établis sur la base de fonctions de production agrégée de deux secteurs (dans le cas qui nous occupe l'agriculture et le secteur non-agricole). D'autres équations déterminent le niveau d'emploi des facteurs, l'égalité entre les productivités marginales et le revenu des différents facteurs ; enfin d'autres relations soumettent l'évolution des fonctions de production à certaines relations fonctionnelles propres à un système économique donné. Une fonction de demande peut être introduite dans le système d'équations et être connectée aux autres relations. Enfin, il est toujours possible de compléter le système au gré des besoins .

Un système de ce type peut être décrit comme suit ;

$$(1) D = f (R, P, T_a)$$

$$(2) (1 - X) D = O_a = f (K_a, L_a, T_a)$$

$$(3) O_n = f (K_n, L_n, T_n)$$

$$(4) L = L_a + L_n$$

$$(5) K = K_a + K_n$$

$$(6) \frac{\alpha O_a}{L_a} : \frac{\gamma O_n}{L_n} = I_L$$

$$(7) \frac{\beta O_a}{K_a} : \frac{\delta O_n}{K_n} = I_K$$

D est la demande de produits agricoles

X est une constante

R le revenu par tête

P le rapport entre prix agricoles et non agricoles

T le progrès technique *

L le travail

K le capital

O la production

I le rapport entre les revenus pour une situation d'équilibre de la répartition du travail et du capital dans l'agriculture et les autres secteurs,

α et γ les parts du produit imputables au travail et β et δ , les parts du produit imputables au capital.

En dérivant les équations par rapport au temps, on peut considérer comme variables le taux d'évolution des paramètres connus ou recherchés.

Le système ci-dessus peut s'avérer utile pour expliquer de façon quantitative l'évolution des différentes variables, parmi lesquelles la valeur de la production agricole, en fonction du développement économique.

Le modèle proposé par Di Cocco (25 à 28) relie différentes variables liées

* - L'indice a se réfère au secteur agricole et l'indice n au secteur non agricole.

à la croissance et explique de façon synthétique les différentes évolutions d'une économie agricole en fonction du développement économique et démographique : ces deux derniers paramètres étant supposés être les plus importants dans l'évolution.

Le modèle est basé sur la relation fondamentale

$$\frac{\sigma}{\delta} \leq \frac{a}{a - \alpha} \quad [1]$$

dans laquelle σ est le taux de croissance du revenu par tête, δ le taux de croissance de la population, "a" la part des dépenses consacrée aux produits agricoles et α le pourcentage d'accroissement du revenu consacré à l'acquisition de produits agricoles (propension marginale).

Le rapport σ/δ pondère les variables les plus importantes affectant la capacité productive globale et la demande totale des biens de consommation. Le rapport figurant au second membre de la relation, que l'on peut

écrire $\frac{1}{1 - \frac{\alpha}{a}}$, e étant l'élasticité de la demande de produits agricoles au niveau des exploitations par rapport au revenu, traduit le comportement de la population en matière de consommation du revenu.

A partir de la relation [1] il est possible de comparer les deux aspects fondamentaux de l'activité économique d'un pays : la production et la consommation. Lorsque le premier membre est supérieur au second, il s'ensuit une réduction de la population active agricole; lorsqu'il est inférieur nous assistons à une augmentation.

Pour donner une illustration simple nous avons fait figurer dans le tableau ci-dessous les cas de 4 pays présentant différents taux de croissance du revenu et de la population en faisant figurer en regard les conséquences sur la population active agricole.

Pays	Augmentation du revenu national S	Accroissement démographique δ	Accroissement du revenu par tête $\sigma = S - \delta$	Valeur du rapport σ/δ	Valeur du rapport $\frac{a}{a - \alpha}$	Tendance de l'évolution de la population active agricole
A	5	1	4	4	2	Exode
B	5	2	3	1,5	2	Accroissement
C	2,5	1	1,5	1,5	2	Accroissement
D	2,5	0,5	2	4	2	Exode

Par ailleurs, on peut grâce à la valeur de la productivité moyenne, déterminer une tendance de l'évolution de la population active agricole à partir du volume de la production agricole totale et de son évolution d'après la relation

$$n = \frac{P_{lv}}{P}$$

n étant le nombre d'actifs agricoles, P_{lv} la production agricole totale et P la productivité moyenne.

Cette dernière, comme la valeur de la production totale agricole est définie par le système économique, étant liée au niveau des salaires et donc aux phénomènes d'exode rural ou d'accroissement de population active agricole. La valeur de la productivité moyenne pourrait aussi être obtenue par extrapolation d'une tendance.

Le modèle ainsi défini implique une hypothèse restrictive sur l'égalité entre l'offre et la demande. Celle-ci peut - être abandonnée ensuite pour adapter le modèle à des cas particuliers.

Ces suggestions du professeur Di Cocco peuvent très bien s'introduire dans le cadre de modèles de croissance à deux secteurs ; elles permettent des application parfaitement réalistes.

Cette insertion des projections quantitatives de l'offre dans des modèles de croissance présente l'avantage d'en permettre le contrôle dans le cadre des processus dynamiques du développement d'un système économique. Par rapport aux techniques plus fines présentées dans les paragraphes précédents la méthode présente l'avantage de replacer les projections agricoles dans un contexte plus large permettant de faire intervenir les paramètres économiques plus généraux qui provoquent et contrôlent les transformations de l'agriculture dans la croissance économique.

ANNEXE . - I - BIBLIOGRAPHIE .

- (1) Weinschenck, G., und Scheller, G. : Voraussichtliche Entwicklung der Nahrungs : mittelproduktion in Westdeutschland.
Manuscrit, Göttingen - 1959.
- (2) COCHRANE, W.W. - Farm Prices Myth and Reality. Minnesota 1958.
- (3) SCHULTZ, T.W. - Reflection on Agricultural Production Output and Supply
Journal of Farm Economics, Vol. 38 (1956) S. 748 f.
- (4) SCHMITT, G. - Die Best immungsgründe des Angebots und Probleme der Angebotsanalyse. In : Bedeutung u. Anwendung Ökonometrischer Methoden i.d. Agrarwirtschaftl. Forschung . Hiltrup 1963.
- (5) JOHNSON G.L. - Some Basic Problems for Economists and Statisticians Arising from U.S. Agricultural Policy. Vortrag vor der Manchester Statistical Society, Nov. 1959.
- (6) HANAU, A. - Die Stellung der Landwirtschaft in der Sozialen Marktwirtschaft, Agrarwirtschaft (1958), H.I.
- (7) DERSELBE - The disparate Stability of Farm and Non-Farm Prices, Proceedings of the 10th Intern. Confér. of Agricultural Economists . London 1960.
- (8) Pour le problème de la quantification du progrès technique, voir : Willer H. : Technischer Fortschritt und Landwirtschaft, Hambourg et Berlin 1967, et la bibliographie y afférente.
- (9) SEALLINGS, J.I.--Weather Indexes. Journal of Farm Economics, Vol. 42, 1960, S. 180 ff.
- (10) DOLL, J.P. - An Analytical Technique for Estimating Weather Indexes from Meteorological Measurements. Journal of farm Economics, Vol. 49, 1967, S. 79 ff.
- (11) HOFFMANN, E. und BAHN, E. : Die Auswertung langjähriger Reihen von Feldversuchserträgen in Verbindung mit agrarmeteorologischen Daten. Albrecht - Thaer - Archiv, H. 5 und H. 7, 1965.
- (12) OURY B. - A tentative production model for wheat and feedgrains in France (1946 - 1961) Dept. of Agr. Economics Univ. of Wisconsin Madison 1963.

- (13) GRILICHES, Z. : Estimates of the Aggregate U.S. Farm Supply Function. Journ. of Farm Economics, Vol. 42, 1960, S. 282 ff.
- (14) WALTERS A.A. Production and cost functions ; An Econometric survey Econometrica vol 31 (1963) p. 1 - 66
(voir bibliographie de 345 titres).
- (15) COBB C.W., and DOUGLAS, P.H. : Theory of production. American Economic Review, XVIII, 1928.
- (16) TINBERGEN J. Zur theorie der langfristigen Wirtschaftsentwicklung Weltwirtschaftl. Archiv. 1942 - 3.
- (17) MENDERSHAUSEN, H. : ON THE Significance of Professor Douglas Production Function. Econometrica, VI, 1938.
- (18) SOLOW, R.M. Technical Change and the aggregate Production Function The Review of Economic Studies 39 (1957)
- (19) ARROW K.H., Chenery H.B., Minhas B.S.
and SOLOW R.M. Capital Labour Substitution
And Economic Efficiency - The review of Economics and statistics Vol XLIII (1961).
- (20) BROWN M. On the theory and measurement of technological change. Cambridge - 1966.
- (21) HESSE H. et GHALEN B. - Die Beziehungen Zwischen ergentlicher und historischer substitutionselastizitat. Weltwirtschaftl. Arch. 1967.
- (22) MEADE J.E. A neo-classical theory of economic growth - LONDON 1965
- (23) TOLLEY G.S., S. SMIDT - Agriculture and the secular position of the U.S. Economy - Econometrica vol. 32 - n° 4 (october 1964).
- (24) F. LECHI L'analisi quantitativa dello sviluppo economico in relazione all'agricoltura (in Rivista Intern. di Scienze Economiche e commerciali).
- (25) E. DI COCCO Agricoltura e sviluppo economico (in "Politica Agraria")
- (26) E. DI COCCO Per una legge di variazione degli attivi agricoli in economie dinamiche . Rivista di Economia agraria.
- (27) E. DI COCCO - Evoluzione strutturale dell'agricoltura in una economica in sviluppo economico e linee per una politica delle

strutture aziendali e fondiarie - Milano 1964.

28. E. DI COCCO The problems of agricultural activity in relation to the demographic and economic development. Bologna - 1966
29. G. DE MECO Produttività e distribuzione del reddito in Italia nel periodo 1951-63 - Annali di statistica, Serie VIII, Vol. 15, ISTAT, Roma 1965.
30. A. GRAZIANI Sviluppo del Mezzogiorno e produttività delle risorse - Napoli, 1964.
31. A. DEPOLLO Alcune considerazioni sul contributo del progresso tecnico all'incremento del prodotto per addetto in Italia dal 1951 al 1963 - Giornale degli Economisti, n. 7/8, 1966.

CHAPITRE III - L'ANALYSE PREVISIONNELLE DE LA CONSOMMATION ET DE LA
DEMANDE DE PRODUITS AGRICOLES

SECTION 0 - Consommation de denrées alimentaires ou demande de produits
agricoles

Lorsqu'on examine les techniques de prévision relatives à l'agriculture, il convient de faire une nette distinction entre la demande finale de denrées alimentaires au niveau des ménages consommateurs et la demande de produits agricoles à la ferme. En effet, la demande des consommateurs concerne essentiellement quelques sous-secteurs agricoles (aviculture et horticulture) et les industries transformatrices d'aliments. C'est pourquoi les activités économiques de ces secteurs et industries sont directement fonction de la demande des consommateurs, alors qu'ils sont à leur tour des consommateurs sur les autres marchés agricoles.

Pour ces raisons, l'élaboration de prévisions pour l'ensemble du secteur agricole nécessite, en plus d'un modèle descriptif du comportement des consommateurs, un modèle "entrées-sorties" qui fasse apparaître les inter-relations de l'agriculture et des industries alimentaires transformatrices d'une part et les relations entre ces secteurs d'autre part. Parmi ces relations, celles qui concernent les livraisons de fourrage sont sans doute les plus importantes et les plus difficiles à saisir. Le sous-secteur agricole "production végétale" fournit des produits qui sont livrés directement, ou par l'intermédiaire des industries transformatrices, aux secteurs de l'élevage. L'estimation des coefficients représentatifs de ces relations soulève de multiples problèmes techniques et économiques particulièrement complexes (productions liées et substitution de divers types de fourrage).

Le schéma ci-après d'un tableau input-output et des principaux flux intéressant notre problème donne un exemple du type de modèle approprié et contribue à montrer le rôle que les modèles de la demande des consommateurs, dont il sera question dans la suite du présent chapitre, joue dans les modèles globaux du secteur agricole.

Les fonctions de la demande finale de produits agricoles au niveau des ménages consommateurs devraient être fondées sur la théorie de la demande

du consommateur. Les équations de la demande des produits intermédiaires ont en revanche un caractère plus technique. Les fondements théoriques et les recherches à effectuer pour établir ces équations sont par conséquent très différents et doivent être traités séparément. Le reste du présent chapitre sera essentiellement consacré au modèle de la demande finale, la consommation intermédiaire étant laissée de côté. Cela signifie du point de vue du schéma que les modèles se rapportent uniquement à la colonne "consommation privée". Les modèles globaux de marché étudiés aux sections 1.1 et 2.1 sont évidemment mixtes.

Tableau entrées-sorties

	Agriculture					Industrie alimentaire					Autres industries	Consommation intermédiaire totale	Demande finale	
	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e			Consommation privée	etc.
1. Agriculture														
a. Elevage de porcs						x								
b. Elevage de volaille							x							
c. Elevage de bovins								x					x	
d. Culture végétale	x	x	x						x					
e. Horticulture										x				
2. Industrie alimentaire fondée sur :														
a. l'élevage de porc													x	
b. l'élevage de volaille													x	
c. l'élevage de bovins													x	
d. la production végétale	x	x	x										x	
e. l'horticulture													x	
3. Etc., autres industries														
.														
.														
Production intermédiaire totale														
Importations														
Valeur ajoutée														
Total														

SECTION 1. - MODELES ET DONNEES.

L'établissement des prévisions de la demande future implique une analyse des relations entre la demande et les paramètres qui la déterminent, parmi lesquels le revenu et les prix sont sans doute les plus importants. Différents modèles ont été établis dans ce but et différents ensembles de données peuvent être utilisés pour les tester et pour en estimer les coefficients. Le tableau ci-dessous permet de donner une présentation synthétique de ces différents éléments.

Tableau 1. - Modèles et données.

Modèles Données	Modèles faisant intervenir l'of- fre et la demande	Equations de demande par produits considé- rés isolément	Systemes complets d'é- quations de demande
Séries chronologiques	1. Modèles illus- trant l'inter-dé- pendance de l'of- fre et de la de- mande .	2. Equations ajustées sur des séries chro- nologiques de données concernant la dépen- se, le revenu, les prix, etc.	4. Ensemble d'équations de demande dont les coef- ficients satisfont des contraintes inspirées de la théorie du comporte- ment du consommateur.
Données tirées de budgets des ménages	-----	3. Equations ajus- tées sur des données de budgets et utili- sant comme variables explicatives les ca- ractéristiques des ménages telles que le revenu, la composition de la famille , l'impor- tance numérique de la famille, etc...	5. Idem

Quelques précisions seront apportées sur les cinq approches citées dans le cadre des paragraphes qui suivent. La section 2 est consacrée à l'illustration des différentes méthodes à l'aide d'exemples ; la dernière section permettra de présenter quelques conclusions sur leurs avantages relatifs et leurs inconvénients. Les annexes seront consacrées à la discussion de quelques questions techniques et à des compléments sur des points particuliers.

1.1. - Modèles faisant intervenir l'offre et la demande.

Les équations de demande ne peuvent pas toujours être convenablement déterminées à partir d'observations sur les ventes, les prix, les revenus et autres variables ; très souvent les fonctions de demande et d'offre doivent être considérées simultanément. Ceci provient du fait que les valeurs observées résultent d'une interaction entre les facteurs de l'offre et les facteurs de la demande, impliquant que les quantités vendues et le niveau de prix, pour ne citer que ces valeurs figurent à la fois parmi les variables endogènes dans le système d'équations d'offre et de demande.

On peut démontrer que si les variables endogènes interviennent à la fois dans les deux équations en tant que variables explicatives, l'estimation des coefficients de l'équation de demande par les méthodes applicables au cas de l'équation unique ne conduira pas à des résultats satisfaisants sur le plan statistique.

Dans ces cas-là les coefficients des équations d'offre et de demande peuvent être estimés d'une façon indirecte en recourant à la forme réduite des équations.

Supposons que le système simplifié décrive la demande q^d et l'offre q^s sur un certain marché :

$$q^s(t) = \alpha_1 p(t) + \alpha_2 w(t) + \alpha_0 + v(t), \quad \boxed{1}$$

$$q^d(t) = -\beta_1 p(t) + \beta_2 y(t) + \beta_0 + u(t), \quad \boxed{2}$$

$$q^d(t) = q^s(t) \quad \boxed{3}$$

p mesure le prix, y le revenu et w les autres variables exogènes influençant l'offre. Les erreurs sont désignées respectivement par v et u . p intervient en tant que variable explicative à la fois dans l'équation de demande et dans l'équation d'offre, de sorte que les estimations des coefficients β_1 et β_2 par la méthode des moindres carrés applicable au cas de l'équation unique seront biaisées et non cohérentes.

Les coefficients des équations sous forme réduite :

$$p(t) = \frac{-\alpha_2}{\alpha_1 + \beta_1} w(t) + \frac{\beta_2}{\alpha_1 + \beta_1} y(t) + \frac{\beta_0 - \alpha_0}{\alpha_1 + \beta_1} + \lambda(t) \quad [4]$$

$$q(t) = \frac{\beta_1 \alpha_2}{\alpha_1 + \beta_2} w(t) + \frac{\beta_2 \alpha_1}{\alpha_1 + \beta_1} y(t) + \frac{\beta_0 \alpha_1 + \beta_1 \alpha_0}{\alpha_1 + \beta_1} + \omega(t) \quad [5]$$

dans lesquelles $\lambda(t)$ et $\omega(t)$ désignent les erreurs, peuvent toutefois être estimées sans biais et de façon cohérente par la méthode des moindres carrés.

A partir de ces coefficients, les coefficients de structure de [1] et [2] peuvent être déterminés. Si l'on désigne par γ_{11} , γ_{12} , γ_{13} , γ_{21} , γ_{22} et γ_{23} respectivement les coefficients de [4] et [5] nous pouvons écrire :

$$\gamma_{11} = \frac{-\alpha_2}{\alpha_1 + \beta_1}$$

$$\gamma_{21} = \frac{\beta_1 \alpha_2}{\alpha_1 + \beta_2}$$

$$\gamma_{12} = \frac{\beta_2}{\alpha_1 + \beta_1}$$

$$\gamma_{22} = \frac{\beta_2 \alpha_1}{\alpha_1 + \beta_1}$$

$$\gamma_{13} = \frac{\beta_0 - \alpha_0}{\alpha_1 + \beta_1}$$

$$\gamma_{23} = \frac{\beta_0 \alpha_1 + \beta_1 \alpha_0}{\alpha_1 + \beta_1}$$

Ces six équations peuvent être résolues pour les six paramètres de structure qui sont les inconnues. La valeur des résultats dépend toutefois de la valeur des estimations obtenues pour les coefficients de la forme réduite des équations. Si ces estimations ne sont pas précises la méthode de la forme réduite pour l'estimation des paramètres de structure n'est pas d'un grand secours.

Il ne sera pas toujours possible de procéder de cette façon. Si, par exemple, les quantités offertes sont fonction uniquement des prix

$$q^s(t) = \alpha_1 p(t) + \alpha_0 + v(t)$$

Les équations sous forme réduite sont :

$$p(t) = \frac{\beta_2}{\alpha_1 + \beta_1} y(t) + \frac{\beta_0 - \alpha_0}{\alpha_1 + \beta_1} + \lambda(t)$$

$$q(t) = \frac{\beta_2 \alpha_1}{\alpha_1 + \beta_1} y(t) + \frac{\beta_0 \alpha_1 + \beta_1 \alpha_0}{\alpha_1 + \beta_1} + \omega(t)$$

Les quatre équations qui lient maintenant les coefficients de la forme réduite des équations aux paramètres de structure ne sont généralement pas suffisantes pour déterminer ces derniers. Ni l'équation de demande, ni l'équation d'offre ne peuvent être identifiées. Seul le coefficient α_1 peut être déterminé.

Si la fonction de demande avait été définie comme suit :

$$q^D(t) = -\beta_1 p(t) + \beta_2 y(t) + \beta_3 p_c(t) + \beta_0 + u(t)$$

p_c désignant les prix des biens concurrents et l'équation d'offre [2] étant retenue, il n'aurait pas été possible de calculer des valeurs uniques pour les coefficients β à partir des coefficients de la forme réduite. Les équations de structures seraient surdéterminées.

Lorsque, en définissant les équations d'offre et de demande, on considère certains arguments inspirés de la théorie de la demande et de la production, on tombe très facilement dans des problèmes d'identification. Un trop grand nombre de variables explicatives exogènes semble devoir être introduit si l'on ne prend clairement soin de limiter ce nombre en vue de rendre possible l'identification.

L'estimation simultanée des équations de demande par la méthode de la forme réduite des équations est alors hors de question. D'autres méthodes, cependant, existent qui utilisent également les informations contenues dans l'équation d'offre et dans l'équation de demande, par exemple la méthode du maximum de vraisemblance en cas d'information limitée, ou la méthode des moindres carrés à deux stades. Ces méthodes ne seront pas analysées ici.

Outre les raisons d'ordre statistique, d'autres considérations peuvent intervenir en faveur de la construction de modèles complets de marché. Notamment ces modèles peuvent s'avérer utiles, voir indispensables, pour résoudre des problèmes d'intervention publique sur des marchés agricoles. La définition de programmes de stabilisation des prix, en vue de maintenir le revenu agricole constitue un exemple de ces problèmes.

1.2. - Equations de demande indépendantes basées sur des séries chronologiques.

L'estimation simultanée des équations n'est pas toujours nécessaire. Cette nécessité apparaît dès que l'on introduit des variables explicatives qui sont endogènes dans l'ensemble du système d'équations d'offre et de demande. Si cela n'est pas indispensable et que les résidus dans les équations d'offre et de demande sont mutuellement indépendants, les méthodes applicables aux équations uniques peuvent conduire à des estimations cohérentes et non biaisées .

A titre d'exemples , citons les systèmes dans lesquels :

- l'équation d'offre pour le marché intérieur n'utilise pas les prix courants comme variable explicative.
- le revenu , utilisé comme variable explicative dans l'équation de demande n'est pas significativement affecté par le niveau des prix et l'offre des produits considérés.
- les prix concurrents, utilisés comme variables explicatives, ne dépendent pas de l'offre du produit considéré.
- le prix du produit considéré est utilisé comme variable dépendante.

La première condition présente différents aspects . Même si la production est indépendante des prix, l'offre peut très bien ne pas l'être si les importations sont considérables et dépendent de la situation courante du marché intérieur . Ce sera aussi le cas si le stockage et l'exportation sont fonction du niveau de prix intérieur.

D'autres arguments en faveur de l'application des méthodes relatives aux équations indépendantes ont été trouvés dans les difficultés soulevées par l'estimation des équations simultanées. L'expérience a montré que les coefficients de la forme réduite ne peuvent pas toujours être déterminés avec une précision suffisante pour pouvoir servir de base au calcul des coefficients de structure tels qu'ils ont été présentés au paragraphe précédent, même s'ils sont bien déterminés. De plus, il s'avère souvent extrêmement difficile de formuler sur le plan théorique des équations d'offre appropriées, tout au moins en ce qui concerne les secteurs non agricoles. Dans de nombreuses études donc, les méthodes relatives aux équations indépendantes ont été utilisées parce que leurs auteurs n'avaient pas confiance en d'autres approches.

1.3. - Equations de demande indépendantes établies sur la base de données tirées des budgets familiaux.

Les difficultés statistiques qui surgissent lors de l'estimation de fonctions de demande à partir de séries chronologiques au moyen des méthodes relatives aux équations indépendantes et ayant pour origine l'interdépendance existant entre l'offre et la demande , disparaissent lorsqu'on utilise des données tirées de budgets familiaux pour analyser la demande. Ces données se rapportent généralement à de courtes périodes durant lesquelles les prix peuvent être supposés constants. Les observations concernant la demande ne sont donc pas générées par un processus dans lequel les quantités offertes et demandées et les prix sont déterminés simultanément , comme on doit le supposer quand on recourt aux séries chronologiques.

Au lieu de fournir des informations sur l'évolution de la dépense et du revenu, les données de budgets familiaux indiquent les différentes valeurs prises par ces variables selon les différents ménages. Ceci implique que les fonctions établies à partir de ces données ne pourront pas dans tous les cas être utilisées pour l'analyse des problèmes ayant une dimension

"temps". Les hypothèses sous lesquelles ceci sera possible devront être précisées avec soin.

Le caractère spécial des données de budgets implique également que les élasticités - prix ne peuvent être calculées à partir d'observations sur les variations de prix. Si on accepte, toutefois, les hypothèses de la théorie du comportement du consommateur telles qu'elles sont présentées au paragraphe suivant, on peut alors formuler une relation entre les élasticités-prix et les élasticités-revenus ; étant donnée une information indépendante sur une ou plusieurs élasticités-prix, et connaissant les élasticités-revenus tirées des données de budgets familiaux, les autres élasticités-prix peuvent être calculées.

A partir des données tirées des budgets certains problèmes peuvent être analysés qui ne peuvent être traités à partir des séries chronologiques. Le nombre d'observations est généralement très grand et il est possible d'analyser un grand nombre de caractéristiques des ménages considérés. Ceci implique que l'on peut rechercher séparément l'influence de très nombreux facteurs sur la dépense. On peut constituer des groupes homogènes de ménages dans lesquels un seul facteur varie : le revenu, ou l'importance du ménage ou encore sa composition, etc...

Pour chaque groupe des coefficients d'élasticité de la demande par rapport au facteur variable peuvent être mesurés.

Les données tirées des budgets familiaux se prêtent particulièrement bien aux recherches permettant de déterminer si oui ou non, la dépense du consommateur pour un certain produit atteint un niveau de saturation quand le revenu augmente. Dans ce but des équations de formes mathématiques différentes peuvent être essayées, allant des fonctions permettant à la consommation de croître indéfiniment avec le revenu à des fonctions faisant apparaître un maximum de la demande lorsque le revenu a atteint un certain niveau et qui permettent ensuite une régression de la consommation quand le revenu continue d'augmenter.

Lorsque les budgets familiaux disponibles permettent de mesurer la consommation à la fois en unités physiques et en valeur, les élasticités de la dépense et les élasticités de la qualité par rapport au revenu peuvent

être calculées.

Le coefficient d'élasticité de la qualité est lié aux élasticités de la dépense et du volume de la façon suivante :

$$\frac{dp}{p} \frac{y}{y} = \frac{d}{d} \frac{pq}{y} \frac{y}{pq} - \frac{d}{dy} \frac{q}{q} \frac{y}{q}$$

expression dans laquelle p désigne le prix unitaire du produit , q les quantités achetées et y le revenu disponible.

Un des inconvénients de l'emploi des données de budget est qu'elles ne sont d'aucun secours pour l'analyse des aspects dynamiques du comportement du consommateur . En particulier, en ce qui concerne la consommation alimentaire , il n'est pas possible d'étudier les conséquences de progrès en matière de conditionnement des produits alimentaires, de l'introduction de nouveaux produits et d'évolutions analogues des habitudes du consommateur.

1.4. - Systèmes complets d'équations de demande.

Toutes les méthodes dans lesquelles les équations de demande sont établies pour des liens spécifiques considérés isolément peuvent être considérées comme non satisfaisantes d'un point de vue théorique, car elles ne tiennent pas compte des efforts du consommateur visant à donner une composition cohérente à sa consommation ; celui-ci doit confronter les diverses possibilités de dépense tout en conservant le montant de la dépense totale à l'intérieur de certaines limites, dépendant vraisemblablement du revenu disponible. Ces efforts imposent plusieurs restrictions aux coefficients des équations de demande que l'on peut définir à partir d'une théorie du comportement du consommateur. Si l'on considère utile de prêter attention à ces contraintes lors de l'estimation des coefficients des équations de demande, celles-ci ne sauraient être établies indépendamment les unes des autres mais bien dans le cadre d'un système d'équations complet et intégré dont les coefficients doivent être estimés simultanément.

Cependant, lorsqu'on utilise cette méthode pour l'analyse de la demande, on ne peut introduire qu'un nombre limité de variables explicatives dans les équations de demande et l'on doit opter pour la même forme mathématique pour tous les produits.

Ceci peut apparaître comme une hypothèse trop astreignante notamment en ce qui concerne les biens durables. D'autre part, comme on le verra plus loin, les équations peuvent être établies de telle façon qu'elles puissent s'adapter à l'évolution dans le temps de la structure de la dépense.

Outre la rigueur théorique, un avantage de cette méthode est que, si dans les équations de demande - comme c'est souvent le cas - la dépense totale est introduite comme variable explicative, les prévisions pour chacun des éléments sont cohérentes avec le total calculé indépendamment.

La procédure d'estimation des coefficients des équations de demande par cette méthode, n'est pas très longue et consiste en des règles très simples.

Supposons, en accord avec la théorie généralement admise, que les consommateurs se comportent comme s'ils maximaient un indice d'utilité "rationnel" U .

$$(1) U = U(q_1, q_2, \dots, q_n)$$

expression dans laquelle les q_i sont les quantités des différents biens, sous la condition :

$$(2) q_1 p_1 + q_2 p_2 + \dots + q_n p_n = Y$$

expression dans laquelle les p_i sont les prix donnés et Y le revenu total disponible (l'épargne est ici considérée comme nulle).

Les équations de demande peuvent alors être tirées de (2) et des conditions suivantes :

$$(3) u_1 / p_1 = u_2 / p_2 = \dots = u_n / p_n = \lambda$$

dans laquelle $u_i = \partial U / \partial q_i$

λ désigne l'utilité marginale de la monnaie. Les fonctions de demande ont la forme générale :

$$(4) q_i = f_i(p_1, p_2, \dots, p_n, Y) \quad i = 1, 2, \dots, n$$

Les hypothèses faites jusqu'ici imposent au moins trois restrictions aux élasticités prix et revenus des équations (4). L'égalité des rapports entre la dérivée de l'indice d'utilité et le prix - équation (3) - implique que des variations de prix représentant un même pourcentage pour tous les produits

n'auront aucune influence sur les dérivées et par conséquent sur les quantités q_i , à moins que le revenu réel ne change. Exprimé différemment, une variation égale à un même pourcentage de tous les prix et du revenu monétaire n'aura aucun effet sur les quantités achetées : les équations de demande (4) sont homogènes de degré zéro pour les prix et le revenu monétaire. En terme d'élasticité par rapport au prix ϵ_{ij} , et d'élasticité par rapport au revenu η_i , ceci signifie que pour chaque bien on doit vérifier que :

$$(5) \quad \boxed{\sum_{j=1} \epsilon_{ij} = -\eta_i}$$

Ceci est la première contrainte. La seconde apparaît si l'on considère qu'une variation de revenu dY conduira à des variations de quantités consommées :

$$dq_i = \frac{\sigma_{q_i}}{\sigma_Y} dY$$

satisfaisant à

$$p_1 \sigma_{q_1} / \sigma_Y \cdot dY + p_2 \sigma_{q_2} / \sigma_Y \cdot dY + \dots + p_n \sigma_{q_n} / \sigma_Y \cdot dY = dY$$

soit encore :

$$(6) \quad \boxed{\eta_1 p_1 + \eta_2 p_2 + \dots + \eta_n p_n = 1}$$

expression dans laquelle le p_i désigne les parts respectives des différents biens dans le budget.

En d'autres termes : la somme pondérée des élasticité par rapport au revenu des différents produits, les parts de chaque produit dans le budget étant utilisés comme coefficients de pondération, est identiquement égale à l'unité. Cette restriction assure que la somme des variations des dépenses consacrées aux différents produits et imputables à une variation du revenu est toujours égale à cette variation de revenu. Si l'épargne n'est pas nulle, on peut remplacer la dépense totale par le revenu. Cette propriété des équations de demande est extrêmement utile pour la prévision de la consommation future.

De la relation (2) on peut tirer que le revenu monétaire et tous les prix excepté p_j étant constants on a :

$$(7) \quad \boxed{\sum_i p_i \epsilon_{ij} = -p_j}$$

Ceci provient de ce que :

$$p_1 \frac{\delta q_1}{\delta p_j} dp_j + p_2 \frac{\delta q_2}{\delta p_j} dp_j + \dots + p_n \frac{\delta q_n}{\delta p_j} dp_j = - q_j dp_j$$

ou

$$q_1 p_1 \frac{\delta q_1}{\delta p_j} \frac{p_j}{q_1} + q_2 p_2 \frac{\delta q_2}{\delta p_j} \frac{p_j}{q_2} + \dots + q_n p_n \frac{\delta q_n}{\delta p_j} \frac{p_j}{q_n} = - q_j p_j$$

ou encore après division par Y

$$p_1 \varepsilon_{1j} + p_2 \varepsilon_{2j} + \dots + p_n \varepsilon_{nj} = - p_j$$

Si la matrice des dérivées secondes de l'indice d'utilité est supposée symétrique par rapport à i et j - hypothèse qui se rapporte à l'hypothèse de cohérence du comportement du consommateur - on peut démontrer que

$$(8) \quad \frac{\delta q_i}{\delta p_j} + q_j \frac{\delta q_i}{\delta Y} = \frac{\delta q_j}{\delta p_i} + q_i \frac{\delta q_j}{\delta Y}$$

ou, exprimé en termes de coefficients d'élasticité :

$$(9) \quad \boxed{\frac{\varepsilon_{ij}}{p_j} + \eta_i = \frac{\varepsilon_{ji}}{p_i} + \eta_j}$$

Ces conditions, dites conditions de Slutsky, stipulent que les conséquences pour q_i d'une modification compensée de p_j sont les mêmes que les conséquences pour q_j d'une modification compensée de p_i . Dans la relation (8) la compensation du changement de prix est choisie de telle sorte que le niveau de l'indice d'utilité est resté constant.

Dans le cas d'un indice d'utilité additive

$$(10) \quad U' = f(q_1, q_2, \dots, q_n)$$

pour lequel les variations de quantité du bien i n'influencent pas les dérivées de U' par rapport aux quantités des autres biens. On peut montrer que :

$$(11) \quad \varepsilon_{ii} = -\eta_i \left[\rho_i - \frac{1 - \rho_i \eta_i}{\frac{\delta \lambda}{\delta Y} \frac{Y}{\lambda}} \right]$$

et

$$(12) \quad \varepsilon_{ij} = -\eta_i \left[\rho_j + \frac{\rho_j \eta_j}{\frac{\delta \lambda}{\delta Y} \frac{Y}{\lambda}} \right]$$

relations qui, moyennant quelque information sur $\frac{\delta \lambda}{\delta Y} \frac{Y}{\lambda}$, peuvent être utilisées pour calculer des élasticités directes et indirectes par rapport aux prix à partir de données de budget (voir annexe II).

Les informations sur $\frac{\delta \lambda}{\delta Y} \frac{Y}{\lambda}$, qui ne sont pas directement disponibles peuvent être obtenues à partir de (11) si pour un ou plusieurs biens on connaît les élasticités directes par rapport aux prix obtenues par d'autres sources. On doit cependant avoir conscience de ce que l'hypothèse d'additivité est assez restrictive et qu'elle ne semble pas vérifiée pour des biens considérés isolément. En particulier, en ce qui concerne la consommation alimentaire "l'indépendance des besoins" comme on l'a également fait remarquer n'est probablement pas caractéristique.

SECTION 2. - APPLICATIONS.

Dans cette section nous présenterons à titre d'illustration de certains points soulevés dans les paragraphes précédents, quelques applications des modèles décrits dans la section 1.

Le paragraphe 2-1 est consacré à la discussion d'un modèle complet de marché tiré d'une étude du Département de l'Agriculture des Etats-Unis.

Ce modèle donne une bonne idée des raisons et des circonstances de la nécessité d'un système interdépendant d'équations d'offre et de demande. Il permet d'illustrer l'utilité que peut présenter ce type de modèle pour l'analyse de problèmes de politique économique. Le paragraphe 2.2. est consa-

cré à l'étude bien connue de Houthakker et Taylor dans laquelle des équations de demandes indépendantes, renfermant différents ensembles de variables explicatives sont utilisés pour la prévision de la demande des consommateurs. Le paragraphe 2.3. renferme l'analyse d'une étude utilisant les données de budgets familiaux pour déterminer les élasticités de la demande par rapport aux prix et au revenu. Deux modèles complets de demande, dans lesquels les contraintes théoriques sur les coefficients évoqués au paragraphe 1.4 sont satisfaites, sont présentés au paragraphe 2.4 Ces deux études s'appuient sur des données issues de séries chronologiques.

2.1. - Un Modèle de marché.

Dans l'étude intitulée "La demande, l'offre et les prix pour les oeufs" du Département de l'Agriculture des Etats-Unis, Washington 1959, un modèle est défini pour la détermination simultanée des prix, des quantités demandées et offertes pour les oeufs. Deux équations de demande sont établies l'une pour l'ensemble de l'année, l'autre pour la première moitié de l'année.

La production obtenue à partir d'équations décrivant les décisions des agriculteurs relatives au nombre de poules pondeuses qu'ils désirent avoir et d'une équation reliant ce nombre au volume de la production d'oeufs. Comme les variations du nombre de pondeuses, et donc de la production, dépendent du prix des oeufs et que cette variable, au moins partiellement, détermine la demande, une estimation simultanée est nécessaire.

Le prix des oeufs influence le nombre de poules pondeuses de deux façons :

- durant la première période de l'année il détermine le nombre de poulettes élevées,

- le prix moyen sur l'ensemble de l'année détermine le nombre de poules vendues.

Ce modèle de production (décrit en utilisant les symboles d'origine) se présente ainsi :

$$Q_F = Q_A \cdot L_F$$

$$L_F = L_J + C_F - M - L_C$$

$$C_F = a_5 + b_{52} \frac{P'_F}{P'_G} + u_5$$

$$L_C = a_6 + b_{62} \frac{P_F}{P_G} + u_6$$

relations dans lesquelles :

L_F : nombre moyen de poules pondeuses durant l'année

L_J : nombre de poules et de poulettes le 1er Janvier.

C_F : nombre de poulettes élevées durant l'année

L_C : Nombre de pondeuses vendues

M : mortalité des pondeuses

P_F : Prix des oeufs à la production

P'_F : Prix des oeufs à la production du cours de la première partie de l'année

P_G : Prix moyen de la ration alimentaire des volailles

P'_G : Prix de la ration alimentaire des volailles au cours de la première partie de l'année.

Q_A : production par pondeuse

Q_F : production totale.

La consommation totale d'oeufs est fixée égale à la production moins le nombre d'oeufs A, prélevé sur le marché par le Département de l'Agriculture pour l'exportation ou pour des raisons de politique agricole. Ce nombre est considéré comme une donnée exogène et peut être utilisé comme un outil d'intervention sur le marché.

$$Q_E = Q_F - A$$

Dans la fonction de demande, les prix de détail P_R , le revenu par tête $\frac{I}{H}$ et l'indice des prix à la consommation pour l'ensemble des articles P_O sont les principales variables explicatives :

$$\frac{Q_E}{H} = a_1 + b_{12} P_R + c_{11} \frac{I}{H} + c_{16} P_O + u_1$$

Les variables exogènes étant connues, revenu par tête et indice général des prix, cette équation jointe à la fonction d'offre détermine le niveau du prix de détail sous la forme d'une fonction de P_F . La relation entre les prix à la production, le coût unitaire du travail nécessaire à la commercialisation des produits alimentaires, W , et les prix de détail est donnée par :

$$P_F = a_7 + b_{72} P_R + b_{73} \frac{Q_E}{H} + C_{71} W + u_7$$

Le terme $\frac{Q_E}{H}$ est introduit de façon à indiquer que les marges de détail dépendent de la quantité d'oeufs vendus aux consommateurs.

Dans la partie du modèle traitant de la production, le rapport de prix oeufs-alimentation animale au cours de la première moitié de l'année a été utilisé pour expliquer le nombre de poulettes élevées au cours de cette période. Ceci implique de décrire les mécanismes du marché également pour cette période. Au cours de ces mois, la production est considérée comme prédéterminée par le nombre de pondeuses présentes au début de l'année. Comme la production au cours du printemps est beaucoup plus forte qu'au cours de la seconde moitié de l'année, les oeufs sont stockés au cours de la première période et vendus plus tard. Le stockage des oeufs S' dépend des fluctuations saisonnières et des caractères spéculatifs des futurs contrats, F :

$$S'/H = a_{10} + b_{10} \frac{Q'_F}{Q_F} + C_{10} F + u_{10}$$

Au cours de cette période la consommation est ainsi égale à la différence entre la production et le stockage :

$$Q'_E = Q'_F - S'$$

Les prix de détail sont déterminés par :

$$P'_R = a_9 + b_{92} Q'_E / H + b_{93} S'/H + C_{91} I/H + C_{96} P'_O + u_9,$$

relation dans laquelle les prix à la production proviennent de :

$$P'_F = a_8 + b_{82} P'_R + b_{83} Q'_E / H + C_{81} W + u_8,$$

équation qui a la même structure que celle donnant les prix moyens à la production au cours de l'année.

Ce modèle est un exemple typique de modèle de marché dans lequel les prix courants influencent à la fois l'offre et la demande et déterminent ainsi l'équilibre du marché. Ceci entraîne des interdépendances entre ces va-

riables qui rendent peu satisfaisants les coefficients estimés par les méthodes propres aux équations indépendantes. Les prix à la production au cours de la première moitié de l'année, qui sont déterminés par l'offre exogène et la demande endogène déterminent, au moins partiellement, le nombre de poudeuses pour le reste de l'année et de la production. D'autre part, le revenu par tête et les autres prix étant donnés, ainsi que les exportations et le stockage, la production détermine le niveau de prix moyen qui à son tour influence également le nombre de poudeuses et donc la production. Les coefficients du modèle sont estimés en utilisant à la fois les méthodes des moindres carrés propres aux équations indépendantes et l'estimation simultanée : "la méthode du maximum de vraisemblance en cas d'information limitée". Pour celles des équations dans lesquelles les variables endogènes sont utilisées comme variables explicatives, les différences entre les différentes estimations obtenues sont considérables.

L'introduction de la variable A dans le modèle permet d'évaluer les conséquences de programmes de stabilisation de prix comportant des activités de stockage. Outre les considérations statistiques évoquées plus haut, concernant l'établissement de modèles complets de marché, la nécessité d'analyser les interventions publiques à court terme sur les marchés constitue une raison supplémentaire d'adopter cette approche pour l'étude du comportement du consommateur. Il semble préférable de souligner que pour formuler ce type de modèle des études approfondies des différents marchés sont nécessaires. Cette approche exige donc beaucoup de temps. On peut en dire autant des techniques d'estimation. Si les futures études du Marché Commun devaient être élaborées dans cette voie, des équipes d'experts devraient être formées pour mener ces recherches.

2.2. - Méthodes propres aux équations indépendantes ; séries chronologiques.

Dans l'étude de H.S. Houthakker et L.D. Taylor, "Demande des consommateurs aux Etats-Unis, 1929-1970, Analyse et projections, Cambridge 1966", le recours aux méthodes propres aux équations indépendantes est motivé par la remarque selon laquelle jusqu'ici l'estimation simultanée a "rarement conduit à des résultats probants dans le domaine de l'analyse de la demande"

Ceci, d'après les auteurs, est dû au fait que dans bien des cas - en dehors de l'agriculture - les fonctions d'offre sont difficiles à formuler. De plus, il est dit que l'un des inconvénients des méthodes propres aux équations indépendantes, à savoir le fait que les prévisions élémentaires

ne peuvent s'additionner pour donner automatiquement la dépense totale qui est utilisée comme variable explicative des fonctions de demande élémentaires, n'est probablement pas très importante dans la recherche effectuée. Il n'est toutefois pas certain qu'il en soit toujours ainsi.

Les équations de demande pour les différents produits sont basées sur une théorie générale du comportement du consommateur exprimée de la façon suivante

$$q(t) = \alpha + \beta S(t) + \gamma y(t) - \eta p(t)$$

expression dans laquelle $q(t)$ désigne la demande pour un certain produit mesurée en prix constants, $S(t)$ le stock disponible de ce produit dans les ménages, $y(t)$ la consommation totale et $p(t)$ le prix relatif du bien. En général la variable stock a une influence négative sur la demande. Dans le cas de produits ne faisant pas l'objet de stocks la variable $S(t)$ peut être considérée comme exprimant le décalage dans le temps des réactions des consommateurs. Le coefficient de $S(t)$ sera alors positif.

Les modifications de stocks s'écrivent :

$$S(t) = q(t) - w(t)$$

$w(t)$ exprime l'usure moyenne des stocks. Cette variable est supposée être une fonction des stocks eux-mêmes :

$$w(t) = \delta s(t)$$

Ces trois équations conduisent à :

$$\dot{q}(t) = \alpha\delta + (\beta - \delta) q(t) + \gamma \dot{y}(t) + \gamma\delta Y(t) + \eta \dot{p}(t) + \eta\delta p(t)$$

relation qui, écrite en utilisant les différences finies, constitue la base de tous les essais suivants.

Pour chaque bien particulier, on décide à l'aide de tests statistiques si toutes les variables explicatives seront utilisées ou non. L'équation générale est alors modifiée selon les caractéristiques de la demande de chacun des biens. Cette souplesse de la méthode des équations indépendantes présente évidemment un grand avantage. Toutefois, lorsqu'on utilise des variables dépendantes à effet retardé dans le temps comme variables explicatives, les erreurs résiduelles sont autocorrélées. Ceci interdit l'utilisation des écarts-types des valeurs estimées, pour décider de celles des variables qui doivent être exclues. Pour surmonter cette difficulté une technique spé-

ciale d'estimation a été utilisée dans les cas où, au départ, l'auto-corrélation des résidus était trop forte.

L'équation dynamique n'était pas appropriée pour tous les produits. Dans les cas où elle ne l'était pas, l'une des équations suivantes a été choisie :

- une équation linéaire $q = \alpha + \beta y + \gamma p$
- une équation semi-logarithmique $q = \alpha + \beta \ln y + \gamma \ln p$
- une équation logarithmique double $\ln q = \alpha + \beta \ln y + \gamma \ln p$
- une équation semi-logarithmique inverse $\ln q = \alpha + \beta y + \gamma p$

Le coefficient d'élasticité par rapport au revenu d'une équation linéaire peut être supérieur ou inférieur à l'unité. S'il est inférieur à 1, mais plus grand que zéro, il augmente avec le revenu. S'il est supérieur à 1, il diminue au fur et à mesure que le revenu augmente. La demande ne présente pas de niveau de saturation. En utilisant des coefficients raisonnables et à l'intérieur de certaines limites, la valeur de l'élasticité par rapport aux prix diminue au fur et à mesure que les prix augmentent. Les élasticités positives par rapport au revenu de l'équation semi-logarithmique diminuent pour des revenus croissants et tendent vers zéro quand le revenu tend vers l'infini. Dans cette expression et en utilisant des coefficients raisonnables et à l'intérieur de certaines limites, l'élasticité par rapport aux prix diminue pour des prix croissants. Dans le cas de l'équation logarithmique double, les coefficients d'élasticité sont constants.

Les propriétés de la forme proposée pour l'équation semi-logarithmique inverse n'apparaît pas très appropriée. Si l'élasticité par rapport au revenu est positive, elle augmente proportionnellement avec le revenu, si elle est négative, elle diminue proportionnellement à l'augmentation de revenu. L'élasticité négative par rapport au prix diminue avec des prix croissants.

Dans une étude de la FAO "Projections de la FAO sur les produits agricoles pour 1975 et 1985" Rome 1967, étude basée pour partie sur des données tirées de budgets familiaux, et pour partie sur des séries chronologiques, des équations logarithmiques inverses plus élaborées ont été utilisées :

- $\ln q = a - b/y$, avec un coefficient d'élasticité $\eta_{q, y} = b/y$
- et - $\ln q = a - b/y - c \ln y$, avec un coefficient d'élasticité $\eta_{q, y} = b/y - c$

Dans la seconde formulation l'élasticité par rapport au revenu peut s'annuler et même devenir négative pour des valeurs croissantes du revenu. Ceci implique que la demande pour un produit atteint une valeur maximale pour un certain niveau de revenu et décroît ensuite lorsque le revenu continue de croître.

2.3. - Méthodes propres aux équations indépendantes ; données de budgets familiaux.

Dans l'étude "Prévisions sur la consommation aux Pays-Bas de J.G. Van Beeck et H. Den Hartog, publiée dans le volume de Asepelt sur "la consommation future en Europe" on a tenté d'établir des élasticités par rapport au revenu pour différents postes de budget.

Les élasticités sont utilisées avec d'autres statistiques pour la prévision de la consommation en 1970. Comme nous l'avons déjà dit, la structure de la dépense des consommateurs pour les différents biens varie lorsque le revenu augmente. Les équations de demande, et par conséquent les coefficients d'élasticité, doivent donc être adaptés à ces différentes structures. Ceci peut-être réalisé en choisissant pour les courbes d'Engel la forme mathématique s'ajustant le mieux aux observations des budgets des ménages .

L'étude fait appel au système bien connu d'équations de demande de Törnquist pour les biens usuels, les produits de demi-luxe et les produits de luxe, ce système renferme les fonctions suivantes .

1 - Biens usuels
$$pq = \frac{\alpha y}{y + \beta} \quad \text{avec } \alpha > 0 ; \beta > 0$$

2 - Produits de semi-luxe
$$pq = \frac{y - \gamma}{y + \beta} \quad \text{avec } \alpha > 0 ; \gamma > 0$$

$$\beta > -\gamma \quad ; \quad y \geq \gamma$$

3 - Produits de luxe :
$$pq = \alpha y \frac{y - \gamma}{y + \beta} \quad \text{avec } \alpha > 0 ; \gamma > 0$$

$$\beta > -\gamma \quad ; \quad y \geq \gamma$$

expressions dans lesquelles pq est la dépense consacrée à un produit donné et y la dépense totale .

Les coefficients d'élasticité par rapport à la dépense totale correspondant à ces fonctions sont :

$$(1) \quad \eta = \frac{\beta}{(y + \beta)}$$

$$(2) \quad \eta = \frac{\beta + \gamma}{(y + \beta)(y - \gamma)} y$$

$$(3) \quad \eta = 1 + \frac{\beta + \gamma}{(y + \beta)(y - \gamma)} y$$

Pour les produits usuels, les coefficients d'élasticité diminuent avec l'augmentation du revenu et restent toujours inférieurs à l'unité. Ceci implique que la dépense augmente avec le revenu jusqu'à un certain niveau de saturation α .

Les coefficients d'élasticité sont égaux à l'infini pour les produits de semi luxe si y est égal à γ et la dépense tombe à zéro. Si le revenu augmente le coefficient décroît et peut tendre vers zéro. Il s'ensuit qu'à partir d'un revenu relativement bas, les dépenses en produits de semi-luxe augmente relativement vite avec une augmentation du revenu, tandis qu'à un certain niveau de revenu, un niveau de saturation α peut être atteint. Dans le cas des produits de luxe le coefficient d'élasticité sera plus fort que l'unité pour des niveaux de revenus déterminés. Si le revenu est égal à γ la dépense en produits de luxe est égal à zéro et le coefficient d'élasticité infini. Le coefficient α désigne dans cette équation le pourcentage de revenu vers lequel la dépense tend lorsque le revenu devient très important.

Des techniques spéciales doivent être utilisées pour l'estimation de certains coefficients des fonctions de Törnquist.

Nous ne les discuterons pas ici.

La connaissance des équations (1), (2), et (3) n'est pas suffisante pour prévoir la consommation future. Ceci constitue l'un des freins à l'utilisation des données de budget pour l'estimation des élasticités de la demande. Les équations ne font pas appel aux prix comme variables explicatives. Par ailleurs, l'expérience a montré que les élasticités tirées des budgets, étant basées sur des différences de dépense entre les ménages ne reflètent pas les aspects dynamiques du comportement des consommateurs qui déterminent l'évolution de la dépense dans le temps ; aussi les prévisions basées uniquement sur ces élasticités ont tendance à être trop faibles.

Dans l'étude considérée, les élasticités par rapport aux prix ont été obtenues à partir des données de budgets par le biais de la méthode évoquée au paragraphe 1.4., bien que les élasticités par rapport au revenu n'aient pas été calculées en respectant les restrictions théoriques qui y ont été définies. A partir de ces élasticités par rapport aux prix et de ces élasticités par rapport au revenu, on a calculé des tendances sur les résidus à partir de séries chronologiques concernant la dépense, la consommation totale et le niveau relatif des prix pour la période 1929-1960.

De cette façon, des équations de demande ont été obtenues dans lesquelles la dépense totale, les prix et un terme de tendance du résidu étaient les variables explicatives. Les prévisions pour 1970 ont été établies à partir de ces équations.

2.4. - Modèles complets de demande.

Dans ce paragraphe deux modèles de demande composés d'équations de demande respectant les restrictions mentionnées au paragraphe 1.4. seront analysés.

Le premier modèle a été publié par C.E.V. Leser dans un article "Family budget data and prices elasticities of demand" dans The Review of Economic Studies 1941 - 1942 . Ce modèle a été appliqué à des données Néerlandaises issues de budgets familiaux et de séries chronologiques, par W.H. Somermeyer. Ce que nous présentons ici est principalement tiré de son article "A method for estimating price and income elasticities from time series and its application to consumer's expenditures in the Netherlands 1949-1959" , dans Statistical Studies n° 13 Octobre 1962 . Central Bureau of Statistics , The Hague.

Le second modèle a été formulé par R. Stone : "Linear expenditure Systems and Demand Analysis : an Application to the Pattern of British Demand" dans Economic Journal de Septembre 1945. Ce modèle a été appliqué aux séries chronologiques Belges par Jean Paëlinck " Fonctions de consommation pour la Belgique 1948 - 1959 - Namur 1964).

2.4.1. - Le premier modèle est constitué d'équations de la forme

$$(1) Q_{it} = q_{it} P_{it} = \frac{c_i (P_{it} / Y_t)^{\alpha_i} Y_t}{\sum_j c_j (P_{jt} / Y_t)^{\alpha_j}} \quad i = 1, 2 \dots n$$

expression dans laquelle les symboles ont la même signification que précédemment;

c_i et α_i sont des coefficients et t désigne le temps. Les conditions du second ordre assurant un maximum de l'indice d'utilité sont $\alpha_i < 1$. Pour les quantités demandées les équations sont :

$$(2) \quad q_{it} = \frac{c_i P_{it}^{\alpha_i - 1} Y_t^{1 - \alpha_i}}{\sum_j c_j P_{jt}^{\alpha_j} Y_t^{-\alpha_j}}$$

Les parts de chaque produit dans le budget, dont nous aurons besoin plus loin sont données par :

$$p_{it} = \frac{c_i P_{it}^{\alpha_i} Y_t^{-\alpha_i}}{\sum_j c_j P_{jt}^{\alpha_j} Y_t^{-\alpha_j}}$$

Il apparaît aussitôt que :

$$\sum_i q_{it} = Y_t$$

et qu'une variation d'un même pourcentage de tous les prix et du revenu monétaire n'a aucune influence sur q_i . Ceci implique que les conditions (5) et (6) de la section 1.4. sont remplies, résultat qui peut aussi être tiré des coefficients d'élasticité eux-mêmes.

Ces coefficients d'élasticité sont :

$$(3) \quad \eta_{it} = 1 - \alpha_i + \frac{\sum_j \alpha_j c_j P_{jt}^{\alpha_j} Y_t^{-\alpha_j}}{\sum_j c_j P_{jt}^{\alpha_j} Y_t^{-\alpha_j}} = 1 - \alpha_i + \sum_j \alpha_j p_{jt}$$

$$(4) \quad \epsilon_{iit} = -1 + \alpha_i \left[1 - \frac{c_i P_{it}^{\alpha_i} Y_t^{-\alpha_i}}{\sum_j c_j P_{jt}^{\alpha_j} Y_t^{-\alpha_j}} \right] = -1 + \alpha_i (1 - p_{it})$$

$$(5) \epsilon_{ijt} = \frac{-\alpha_j c_j p_{jt} \alpha_j^j Y_t^{-\alpha_j}}{\sum_j c_j p_{jt} \alpha_j^j Y_t^{-\alpha_j}} = -\alpha_j \rho_{jt}$$

Les conditions (8) du paragraphe 1.4 sont également satisfaites compte tenu de

$$\frac{-\alpha_j \rho_{jt}}{\rho_{jt}} + 1 - \alpha_i + \sum_j \alpha_j \rho_{jt} = \frac{-\alpha_i \rho_{it}}{\rho_{it}} + 1 - \alpha_j + \sum_j \alpha_j \rho_{jt}$$

Pour déterminer si le modèle peut être utilisé pour la prévision de la demande de produits alimentaires, une analyse des propriétés des élasticités par rapport aux prix et au revenu, et de l'évolution dans le temps de la structure de la dépense telle qu'elle est impliquée par le modèle, est nécessaire.

Les points les plus importants sont les suivants :

- La relation (3) montre que les élasticités par rapport au revenu peuvent être inférieures ou supérieures à l'unité, selon que α_i est supérieur ou inférieur à la moyenne des α . Le modèle peut donc traiter des produits de luxe ou des produits de première nécessité. Les élasticités par rapport au revenu peuvent même être négatives.

- En dérivant η_i par rapport à Y on obtient :

$$\frac{\delta \eta_i}{\delta Y} = \frac{-1}{Y} \sum (\alpha_i - \sum \alpha_i \rho_i)^2 \rho_j < 0,$$

ce qui indique que les élasticités diminuent avec des valeurs croissantes de Y .

Intuitivement, ceci semble constituer une propriété raisonnable du modèle ; toutefois, tout dépend du taux de décroissance :

$$\text{Le fait que : } \eta_i - \eta_j = -\alpha_i + \alpha_j$$

est indépendant du revenu montre que la décroissance est égale pour toutes les élasticité, propriété qui apparaît quelque peu artificielle.

- L'équation (4) montre que les élasticités directes par rapport aux prix sont négatives. Leurs valeurs absolues peuvent être inférieures ou supérieures à l'unité, de sorte que la demande peut être inélastique ou élastique.

- D'après l'équation (5) les élasticités indirectes par rapport aux prix peuvent être négatives ou positives selon le signe de α_j . Ceci signifie que des relations de complémentarité et de substituabilité entre les produits sont possibles.

- En dérivant les élasticités-prix par rapport à p on obtient :

$$\frac{\delta \varepsilon_{ij}}{\delta p_j} = \frac{1}{p_j} (\alpha_j^2 p_j - \alpha_j^2 p_j^2) > 0$$

ce qui montre que la valeur absolue des coefficients augmente avec les prix.

Une propriété importante du modèle est que la dépense consacrée à un certain bien peut augmenter indéfiniment lorsque le revenu augmente, ou encore atteindre un niveau de saturation ou diminuer après qu'un certain maximum ait été atteint. Ceci peut être montré de la façon suivante :

Les équations de demande peuvent être écrites ainsi ,

$$q_{it} = \frac{c_i p_{it}^{\alpha_i - 1}}{\sum_j c_j p_{jt}^{\alpha_j} \cdot Y_t^{-\alpha_j - 1 + \alpha_i}}$$

Si les exposants des termes Y au dénominateur sont tous inférieurs à zéro un accroissement de revenu aura certainement tendance à réduire le dénominateur et q_i croîtra indéfiniment. Tel sera le cas si pour le plus petit α_j , disons α_j^* , on a :

$$-\alpha_j^* - 1 + \alpha_i < 0$$

ou $\alpha_i < \alpha_j^* + 1$

Si cependant :

$$\alpha_i = \alpha_j^* + 1$$

Il y aura au moins un exposant de Y au dénominateur qui sera nul, alors que tous les autres seront inférieurs à zéro. Ceci signifie que q_i tend vers un niveau déterminé quand Y augmente.

Si enfin,

$$\alpha_i > \alpha_j^* + 1$$

les exposants de l'un des termes Y , au moins, sera plus grand que zéro, et ce terme augmentera indéfiniment avec le revenu. En conséquence q_i aura tendance à disparaître.

- L'évolution des préférences sur une période pas trop longue peut être prise en compte en remplaçant c_{it} par $c_{i0} e^{\delta t}$

- Les équations peuvent être dynamisées par l'introduction de variables à effet retardé.

2.4.2. - Les équations de demande du modèle de Stone sont les suivantes :

$$(6) \quad q_{it} = c_i + b_i \frac{Y_t - \sum_i p_{it} c_i}{p_{it}}$$

ou

$$(7) \quad Q_{it} = q_{it} p_{it} = p_{it} c_i + b_i (Y_t - \sum_i p_{it} c_i)$$

sous les conditions:

$$\sum_i b_i = 1 \quad b_i > 0 \quad \text{et} \quad Y_t - \sum_i p_{it} c_i > 0$$

d'où il apparait immédiatement que :

$$\sum Q_{it} = Y_t$$

et qu'une variation, dans une même proportion, des prix et du revenu monétaire n'affecte pas les valeurs q_i . Ces propriétés impliquent, comme on l'a déjà dit, que la somme pondérée des élasticités par rapport au revenu est identiquement égale à l'unité, et que pour chaque produit la somme des élasticités par rapport aux prix et de l'élasticité par rapport au revenu est égale à zéro.

Ceci peut être facilement vérifié pour les élasticités qui sont données par :

$$(8) \quad \eta_i = b_i / Q_i \cdot Y$$

$$(9) \quad \varepsilon_{ij} = - b_i / Q_i \cdot c_j p_j$$

$$(10) \quad \xi_{ii} = -1 + \frac{c_i P_i}{Q_i} (1 - b_i)$$

La substitution de ces expressions des élasticités dans les conditions de Slutsky (équation 9 du paragraphe 1.4.) conduit à :

$$b_i / b_j = \frac{Q_i - c_i P_i}{Q_j - c_j P_j}$$

ce qui apparaît immédiatement comme correct en se référant à (7).

Jusqu'à présent le modèle de Stone a les mêmes propriétés que celles décrites au paragraphe 2.4.1. Il ne présente toutefois pas la grande souplesse d'adaptation aux différentes structures d'évolution de la dépense du consommateur qui peuvent être observées dans la réalité et qui caractérisait le précédent modèle. Les points suivants sont importants à souligner dans cette optique :

- les élasticités par rapport au revenu sont toujours positives,
- les élasticités de substitution $\sigma_{ij} = \frac{\epsilon_{ij}}{P_j} + \eta_i$ sont toujours

positives ce qui implique que les équations de demande ne peuvent s'appliquer qu'à des produits substituables.

- la valeur absolue des élasticités directes par rapport aux prix ne peut être supérieure à l'unité.

SECTION 3. - RESUME.

Le choix des modèles et des données de base dépend de l'objectif de l'étude dont ils constituent les instruments et de la confiance que l'on accorde aux hypothèses sur lesquelles le modèle est basé. Le tableau suivant donne un résumé des avantages et inconvénients des différentes possibilités offertes.

Les modèles de demande, complets et intégrés peuvent donner des prévisions cohérentes de la demande des consommateurs au prix d'hypothèses relativement astreignantes, notamment si des élasticités par rapport aux prix doivent être calculées à l'aide de données tirées de budgets familiaux.

L'approche par la méthode des équations indépendantes peut entraîner dans bien des cas, sur le plan statistique, l'apparition de biais et d'incohérences des valeurs estimées des coefficients. La possibilité d'adapter les

équations à différentes structures de dépense constitue toutefois un grand avantage, qui est indépendant de l'origine des données : séries chronologiques ou budgets des ménages. Dans ce dernier cas les problèmes d'estimation peuvent être résolus.

Les modèles complets de marché présentent l'avantage de pouvoir déboucher sur des estimations statistiquement valables sur le plan statistique en utilisant des techniques d'estimation très élaborées. Ils permettent une analyse interne des mécanismes du marché qui s'avère indispensable pour l'étude des problèmes de politique économique. Jusqu'à présent toutefois, les fonctions d'offre n'ont fait que très rarement l'objet d'une détermination satisfaisante. L'établissement de tels modèles réclame de disposer d'une quantité importante de travail d'experts.

Avantages et Inconvénients des différentes méthodes.

Modèles Données	Modèles de Marché	Méthodes à équations indépendantes	Modèles complets de demande
Séries chronologiques	<p><u>Avantages</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Valeurs estimées plus satisfaisantes sur le plan statistique - Analyse interne des mécanismes du marché - Possibilité d'analyse des problèmes de politique économique - Possibilité d'introduire de nombreuses variables explicatives et d'adapter les équations à différentes structures de la dépense (contrainte : le nombre d'observations). <p><u>Inconvénients.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Recherche demandant un travail très important. - On ne connaît que peu de chose sur les fonctions d'offre - Equations de demande mutuellement incompatibles. 	<p><u>Avantages</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Hypothèses relativement simples - Possibilité d'introduire de nombreuses variables explicatives et d'adapter les équations aux structures de la dépense (contraintes: le nombre d'observations) - Possibilité d'analyser la structure dynamique des décisions des consommateurs. <p><u>Inconvénients.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Recherche demandant un travail très important. - Valeurs estimées souvent biaisées et non cohérentes. - Equations de demande mutuellement incompatibles. 	<p><u>Avantages</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Equations de demande mutuellement compatibles. - Les élasticités par rapport aux prix et par rapport aux revenus peuvent être estimées. - Satisfaisants sur le plan théorique <p><u>Inconvénients.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Hypothèses restrictives. - Valeurs estimées souvent biaisées et non cohérentes. - Possibilités limitées d'adaptation des équations à différentes structures de la dépense.
Données de budgets familiaux	<p><u>Avantages</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Observations nombreuses - Peu de problèmes d'estimation - possibilité d'adapter les équations à différentes structures de la dépense. <p><u>Inconvénients.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Pas d'élasticités par rapport aux prix. - Les observations ne concernent pas des évolutions, mais des différences. - Pas d'analyse des aspects dynamiques. 	<p><u>Avantages.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Equations de demande mutuellement compatibles. <p><u>Inconvénients.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Elasticités par rapport aux prix obtenues aux prix d'hypothèses très restrictives. - Possibilités limitées d'adapter les équations à différentes structures de la dépense. 	

ANNEXE - I - QUELQUES REMARQUES SUR L'ETABLISSEMENT D'EQUATIONS DE DEMANDE
INDEPENDANTES BASEES SUR DES SERIES CHRONOLOGIQUES.

La possibilité d'application des méthodes propres aux équations indépendantes pour l'estimation des coefficients des équations de demande dépend de certaines des propriétés des variables explicatives. Notamment, l'un des points importants concerne la validité de l'hypothèse d'indépendance des variables explicatives par rapport aux erreurs. Il convient aussi de tenir compte de leur matrice des moments lorsque la taille de l'échantillon tend vers l'infini. Une analyse soignée des mécanismes réels du marché de différents biens peut parfois donner un aperçu de la validité de l'hypothèse considérée. Ceci ne s'applique pas aux conséquences d'un accroissement de la taille de l'échantillon. Dans ce qui suit nous ne nous attachons donc qu'aux relations existant entre les erreurs et les variables.

Supposons que les équations d'offre et de demande d'un modèle de marché soient :

$$q^s(t) = \alpha_1 p(t) + \alpha_2 w(t) + \alpha_0 + \eta_1(t)$$

$$p(t) = \beta_1 q^d(t) + \beta_2 y(t) + \beta_0 + \eta_2(t)$$

$$q^s(t) = q^d(t)$$

Dans la fonction d'offre, $w(t)$ est une variable exogène et l'équation de demande est exprimée en prenant le prix comme une variable dépendante.

On suppose par ailleurs que $y(t)$ est exogène et en particulier est indépendant de l'offre et du prix du bien considéré. Ceci peut être fait sans risque si la production de ce bien est faible comparée à la production intérieure totale de l'ensemble des produits. Le système est interdépendant puisque la fonction de demande et la fonction d'offre sont nécessaires pour déterminer les prix et les quantités vendues. En particulier, les erreurs de l'équation de demande vont, par l'intermédiaire de $p(t)$, influencer $q^s(t)$ et par conséquent $q^d(t)$, ce qui implique que les méthodes à équations indépendantes ne sont pas entièrement appropriées sur le plan statistique.

Si l'offre était indépendante du niveau de prix ($\alpha_1 = 0$) la situation

verait toute autre. L'offre serait complètement exogène et, comme la totalité de l'offre est achetée par les consommateurs, la consommation serait déterminée. Le revenu étant donné, le prix est fixé à un niveau qui résulte de la forme de la demande et de l'erreur $\eta_2(t)$. Cette erreur n'est pas dans ce cas liée à $q^d(t)$ par l'intermédiaire $p(t)$. Si elle ne recouvre pas de variables non explicitées qui soient corrélées à $q^d(t)$ il n'y a plus de raison de ne pas appliquer les méthodes des équations indépendantes pour estimer la fonction de demande .

Si l'équation de demande avait été écrite sous la forme :

$$q^d(t) = \beta_1^* p(t) + \beta_2^* y(t) + \beta_0^* + \eta_2^*(t)$$

la variable explicative , à présent $p(t)$, ne pourrait être considérée comme indépendante de $\eta_2^*(t)$ et la méthode directe des moindres carrés ne serait pas appropriée.

L'hypothèse selon laquelle l'offre en période (t) est indépendante des prix courants, n'exclue pas la possibilité que les prix influencent l'offre avec un décalage dans le temps. Ceci peut être le cas quand la superficie cultivée et donc la production est fonction du niveau des prix pratiqués au cours de la période de semis. Toutefois, l'introduction d'un décalage dans le temps dans la relation production - prix rompt les interdépendances et accroît donc les possibilités d'application des méthodes propres aux équations indépendantes. Comme on l'a déjà dit au paragraphe 1.2. il existe plusieurs raisons à ce que l'offre soit influencée par le niveau de prix courants même si la production ne l'est pas .

Un second exemple de modèle de marché dans lequel l'équation de demande peut être estimée par les méthodes propres aux équations indépendantes est le suivant :

$$p(t) = \alpha_0 + \alpha_1 Z(t) + \eta_1(t)$$

$$q^d(t) = \beta_0 + \beta_1 p(t) + \beta_2 y(t) + \eta_2(t).$$

Dans ce système l'offre est supposée totalement élastique. Les prix sont déterminés par une variable exogène $Z(t)$, par exemple par les coûts de production et la demande dépend du niveau de prix et du revenu.

C'est l'exemple d'un marché dans lequel les producteurs font les prix et adaptent leur production au niveau de la demande induite par le revenu et les prix. Dans l'équation de demande, $q^d(t)$ étant la variable dépendante, $p(t)$ peut être rendue indépendante de $h_2(t)$ par une définition précise de l'équation de demande. Si par exemple la demande est influencée par les prix de produits concurrents leur exclusion de l'équation peut conduire à une relation entre $p(t)$ et $h_2(t)$ par le truchement des coûts de production.

ANNEXE II. - L'INDEX D'UTILITE ADDITIVE.

Les équations [11] et [12] de la section 1 peuvent être dérivées comme suit : la maximisation de la fonction d'utilité [10] sous une contrainte de budget total conduit à la condition

$$\frac{\partial U' / \partial q_1}{P_1} = \frac{\partial U' / \partial q_2}{P_2} = \dots = \frac{\partial U' / \partial q_n}{P_n} = \lambda$$

pour laquelle

$$\partial U' / \partial q_1 = f_1(q_1) = u_1$$

$$\partial U' / \partial q_2 = f_2(q_2) = u_2$$

$$\partial U' / \partial q_n = f_n(q_n) = u_n$$

Nous pouvons alors définir les coefficients d'élasticité

$$u_{ii} = \frac{\partial u_i}{\partial q_i} \frac{q_i}{u_i},$$

$$\text{et } q_{ii} = \frac{\partial q_i}{\partial u_i} \frac{u_i}{q_i},$$

u_{ij} et q_{ij} étant nuls en raison de l'hypothèse "d'indépendance des besoins". Les variations de revenu et de prix entraineront des variations de λ l'utilité marginale de la monnaie. Ceci peut s'écrire de la façon suivante :

a) variation de revenu

$$\frac{\partial \lambda}{\partial Y} \frac{Y}{\lambda} = \frac{\partial u_1}{\partial q_1} \frac{q_1}{u_1} \cdot \frac{\partial q_1}{\partial Y} \frac{Y}{q_1} = u_{11} \eta_1$$

$$\frac{\partial \lambda}{\partial Y} \frac{Y}{\lambda} = \frac{\partial u_2}{\partial q_2} \frac{q_2}{u_2} \cdot \frac{\partial q_2}{\partial Y} \frac{Y}{q_2} = u_{22} \eta_2$$

$$\frac{\partial \lambda}{\partial Y} \frac{Y}{\lambda} = \frac{\partial u_n}{\partial q_n} \frac{q_n}{u_n} \cdot \frac{\partial q_n}{\partial Y} \frac{Y}{q_n} = u_{nn} \eta_n$$

En général :

$$\frac{\partial \lambda}{\partial Y} \frac{Y}{\lambda} = \eta_i \quad u_{ii}$$

soit (13) $\eta_i = \alpha_{ii} \quad \frac{\partial \lambda}{\partial Y} \frac{Y}{\lambda} .$

b) Variation de prix

- si $u_1/p_1 = \lambda :$

$$\frac{\partial \lambda}{\partial p_1} \frac{p_1}{\lambda} = \frac{\partial u_1}{\partial q_1} \frac{q_1}{u_1} \cdot \frac{\partial q_1}{\partial p_1} \frac{p_1}{q_1} - 1 = \frac{\partial u_1}{\partial q_1} \frac{q_1}{u_1} \epsilon_{11} - 1$$

$$\frac{\partial \lambda}{\partial p_2} \frac{p_2}{\lambda} = \frac{\partial u_1}{\partial q_1} \frac{q_1}{u_1} \cdot \frac{\partial q_1}{\partial p_2} \frac{p_2}{q_1} = \frac{\partial u_1}{\partial q_1} \frac{q_1}{u_1} \epsilon_{12}$$

$$\frac{\partial \lambda}{\partial p_n} \frac{p_n}{\lambda} = \frac{\partial u_1}{\partial q_1} \frac{q_1}{u_1} \cdot \frac{\partial q_1}{\partial p_n} \frac{p_n}{q_1} = \frac{\partial u_1}{\partial q_1} \frac{q_1}{u_1} \epsilon_{1n}$$

- si $u_2/p_2 = \lambda :$

$$\frac{\partial \lambda}{\partial p_1} \frac{p_1}{\lambda} = \frac{\partial u_2}{\partial q_2} \frac{q_2}{u_2} \cdot \frac{\partial q_2}{\partial p_1} \frac{p_1}{q_2} = \frac{\partial u_2}{\partial q_2} \frac{q_2}{u_2} \epsilon_{21}$$

$$\frac{\partial \lambda}{\partial p_2} \frac{p_2}{\lambda} = \frac{\partial u_2}{\partial q_2} \frac{q_2}{u_2} \cdot \frac{\partial q_2}{\partial p_2} \frac{p_2}{q_2} - 1 = \frac{\partial u_2}{\partial q_2} \frac{q_2}{u_2} \epsilon_{22} - 1$$

$$\frac{\partial \lambda}{\partial p_n} \frac{p_n}{\lambda} = \frac{\partial u_2}{\partial q_2} \frac{q_2}{u_2} \cdot \frac{\partial q_2}{\partial p_n} \frac{p_n}{q_2} = \frac{\partial u_2}{\partial q_2} \frac{q_2}{u_2} \epsilon_{2n}$$

- si $u_n/p_n = \lambda$:

$$\frac{\partial \lambda}{\partial p_1} \frac{p_1}{\lambda} = \frac{\partial u_n}{\partial q_n} \frac{q_n}{u_n} \cdot \frac{\partial q_n}{\partial p_1} \frac{p_1}{q_n} = \frac{\partial u_n}{\partial q_n} \frac{q_n}{u_n} \xi_{n1}$$

$$\frac{\partial \lambda}{\partial p_2} \frac{p_2}{\lambda} = \frac{\partial u_n}{\partial q_n} \frac{q_n}{u_n} \cdot \frac{\partial q_n}{\partial p_2} \frac{p_2}{q_n} = \frac{\partial u_n}{\partial q_n} \frac{q_n}{u_n} \xi_{n2}$$

$$\frac{\partial \lambda}{\partial p_n} \frac{p_n}{\lambda} = \frac{\partial u_n}{\partial q_n} \frac{q_n}{u_n} \cdot \frac{\partial q_n}{\partial p_n} \frac{p_n}{q_n} - 1 = \frac{\partial u_n}{\partial q_n} \frac{q_n}{u_n} \xi_{nn} - 1$$

En général :

$$\frac{\partial \lambda}{\partial p_i} \frac{p_i}{\lambda} = u_{ii} \xi_{ii} - 1 \quad i = 1, \dots, n$$

et $\frac{\partial \lambda}{\partial p_j} \frac{p_j}{\lambda} = u_{ij} \xi_{ij} \quad i \neq j = 1, \dots, n$

ce qui peut s'écrire aussi :

$$(14) \quad \xi_{ii} = \frac{\partial \lambda}{\partial p_i} \frac{p_i}{\lambda} \quad a_{ii} + q_{ii}$$

et

$$(15) \quad \xi_{ij} = \frac{\partial \lambda}{\partial p_j} \frac{p_j}{\lambda} \quad a_{ij} \quad (j \neq i)$$

De ces équations q_{ii} peut être éliminé après avoir tiré de (13)

$$q_{ii} = \frac{\eta_i}{\frac{\partial \lambda}{\partial Y} \frac{Y}{\lambda}}$$

ce qui donne :

$$(16) \quad \xi_{ii} = \frac{\eta_i}{\frac{\partial \lambda}{\partial Y} \frac{Y}{\lambda}} \left(\frac{\partial \lambda}{\partial p_i} \frac{p_i}{\lambda} + 1 \right)$$

et

$$(17) \quad \xi_{ij} = \frac{\eta_i}{\frac{\partial \lambda}{\partial Y} \frac{Y}{\lambda}} \frac{\partial \lambda}{\partial p_j} \frac{p_j}{\lambda} \quad (j \neq i).$$

L'équation (7) exprime que la somme pondérée des élasticités-prix des différents biens par rapport au prix du j^{ème} produit est égal à $-\rho_j$. Partant de cette propriété on tire de (16) et (17) :

$$\sum_i p_i \epsilon_{ij} = \rho_1 \frac{\eta_1}{\frac{\partial \lambda}{\partial Y} \frac{Y}{\lambda}} \cdot \frac{\partial \lambda}{\partial p_j} \frac{p_j}{\lambda} + \rho_2 \frac{\eta_2}{\frac{\partial \lambda}{\partial Y} \frac{Y}{\lambda}} \frac{\partial \lambda}{\partial p_j} \frac{p_j}{\lambda} + \dots$$

$$+ \rho_j \left[\frac{\eta_j}{\frac{\partial \lambda}{\partial Y} \frac{Y}{\lambda}} \left(\frac{\partial \lambda}{\partial p_j} \frac{p_j}{\lambda} + 1 \right) \right] + \dots + \rho_n \frac{\eta_n}{\frac{\partial \lambda}{\partial Y} \frac{Y}{\lambda}} \cdot \frac{\partial \lambda}{\partial p_j} \frac{p_j}{\lambda} = -\rho_j$$

soit :

$$\frac{\partial \lambda}{\partial p_j} \frac{p_j}{\lambda} \bigg/ \frac{\partial \lambda}{\partial Y} \frac{Y}{\lambda} \sum_i p_i \eta_i + \frac{p_j \eta_j}{\frac{\partial \lambda}{\partial Y} \frac{Y}{\lambda}} = -\rho_j$$

Comme d'après (6) $\sum_i p_i \eta_i = 1$, il s'ensuit que :

$$(18) \quad \frac{\partial \lambda}{\partial p_j} \frac{p_j}{\lambda} \bigg/ \frac{\partial \lambda}{\partial Y} \frac{Y}{\lambda} = -\rho_j \left[\frac{\eta_j}{\frac{\partial \lambda}{\partial Y} \frac{Y}{\lambda}} + 1 \right]$$

Ceci nous fournit une relation entre $\frac{\partial \lambda}{\partial p_j} \frac{p_j}{\lambda}$ et $\frac{\partial \lambda}{\partial Y} \frac{Y}{\lambda}$

qui va permettre de simplifier (16) et (17).

En introduisant la relation (18) dans les relations (16) et (17) nous obtenons :

$$(19) \quad \epsilon_{ii} = \eta_i \left[-\rho_i \left(\frac{\eta_i}{\frac{\partial \lambda}{\partial Y} \frac{Y}{\lambda}} + 1 \right) + \frac{1}{\frac{\partial \lambda}{\partial Y} \frac{Y}{\lambda}} \right]$$

$$= -\eta_i \left[\rho_i - \frac{1 - \rho_i \eta_i}{\frac{\partial \lambda}{\partial Y} \frac{Y}{\lambda}} \right]$$

et

$$(20) \quad \epsilon_{ij} = -\eta_i \left[\frac{p_j \eta_j}{\frac{\partial \lambda}{\partial Y} \frac{Y}{\lambda}} + \rho_j \right]$$

ANNEXE - III - QUELQUES REMARQUES SUR LA DEMANDE TOTALE DE PRODUITS ALIMENTAIRES EXPRIMEE EN VALEUR ET SUR LA DEMANDE DE PRODUITS AGRICOLES PAR GROUPES DE PRODUITS HOMOGENES.

1. - Demande totale de produits alimentaires en valeur.

1.1. Demande individuelle totale de produits alimentaires exprimée en valeur.

Cette demande comprend un ensemble de produits variés, accusant des différences sur le plan commercial.

Cet ensemble est variable en quantité et en qualité.

Considéré comme un tout, il constitue un bien unique propre à satisfaire un besoin unique (alimentation et besoins connexes).

S'il n'y avait pas de variation dans la qualité et pas de besoins connexes, le besoin pourrait rapidement être satisfait et l'utilité marginale se réduirait rapidement à zéro.

Ce comportement, qui est propre au consommateur, est exprimé par la loi d'Engel selon laquelle :

- la dépense totale pour l'alimentation augmente avec le revenu ;
- la dépense en pourcentage diminue avec l'augmentation du revenu.

De ce fait, on peut écrire ;

$$y = f(x) \cdot x$$

étant entendu que :

y = dépense pour l'alimentation, au stade et au prix de l'exploitation

x = revenu individuel

f(x) = propension moyenne.

Cette dernière doit permettre de former la fonction propre à satisfaire les conditions précédentes de la loi d'Engel.

La fonction logarithmique double est une fonction propre à satisfaire les besoins indiqués par la loi d'Engel.

$$y = k x^e \quad e < 1$$

dans laquelle en effet :

y : croît lorsque x croît.

$f(x)$: décroît lorsque x croît avec $f(x) = \frac{K}{x^{1-e}}$

Le degré d'élasticité de la demande en fonction du revenu - e_r - est égal à l'exposant e de la fonction logarithmique double, et il est donc constant.

Cette fonction, appliquée à des séries historiques et à des budgets familiaux italiens s'est avérée plus satisfaisante que la fonction semi-logarithmique. Toutefois, on peut utiliser n'importe quelle fonction à condition que son élasticité soit inférieure à 1 et supérieure à zéro de façon que la dépense totale en aliments soit croissante en valeur absolue et décroissante en valeur relative lorsque le revenu croît. Cela peut être considéré comme vérifié, au moins en ce qui concerne les pays à revenu individuel élevé.

Pour des produits isolés ainsi que pour des produits de première nécessité, on peut proposer des fonctions à élasticité nulle ou négative à partir de certains niveaux de revenu.

Si la dépense est y , a étant la propension moyenne à consommer pour un revenu donne x , on a : $y = a x$

on peut donc poser l'augmentation dy comme étant égale à

$$d y = \alpha a dx$$

α étant un coefficient inférieur à 1.

Par conséquent : $y' = y + dy = ax + \alpha a dx$.

Si l'on considère dx comme l'augmentation annuelle du revenu individuel et si l'on écrit celui-ci σx , on obtient :

$$y' = ax + \alpha a \sigma x = ax (1 + \alpha \sigma)$$

Si le comportement est exprimé par la fonction logarithmique double, il est possible d'écrire avec des erreurs négligeables pour de faibles valeurs de σ :

$$y' = ax (1 + e \sigma) = \frac{K}{x^{1-e}} x (1 + e \sigma)$$

1.2. - La demande d'ensemble totale par rapport à la variation de la population

Si la population est P et le revenu par tête r , la demande d'ensemble totale sera :

$$Y = a r P = a R$$

R étant le revenu total.

Si la population augmente en un an de δP , alors que les revenus individuels restent constants, la demande finale sera :

$$Y' = arP (I + \delta) = a R' = a R (I + \delta)$$

$$\Delta Y = ar \delta P = a \delta R$$

1.3. - La demande d'ensemble totale par rapport à la variation du revenu individuel.

Si le revenu individuel augmente en un an au taux de σ , alors que la population reste constante, la demande finale sera :

$$Y' = a r (I + e \sigma) \cdot P = a (I + e \sigma) R$$

$$\Delta Y = a r e \sigma P = a e \sigma R$$

1.4. - La demande d'ensemble totale par rapport à la variation du revenu individuel et de la population.

Si, en un an, la population augmente au taux δ , et le revenu par tête au taux σ , la demande passera de :

$$Y = a r P$$

à

$$Y' = a r (I + e \sigma) P (I + \delta) \text{ qui se développe :}$$

$$Y' = Y + \delta Y + \sigma e Y (I + \delta)$$

Cette dernière relation est l'équation fondamentale. Elle permet d'évaluer l'augmentation totale de la demande d'une ou plusieurs années en fonction des deux variables les plus déterminantes.

Elle permet également une bonne vérification, bien qu'elle exige que l'on recherche la valeur de e .

En outre, elle permet de séparer l'augmentation de demande due à l'effet démographique - δY - de l'augmentation due à l'effet de développement - $e \sigma Y (I + \delta)$.

1.5. - Importance de ce qui précède.

Ce qui précède revêt une grande importance pour interpréter l'évolution dans le secteur agricole et revêt également une grande importance en matière de prévision et de politique agricole.

- 1) - La demande intérieure en valeur de produits alimentaires d'un agrégat quelconque obéit à des lois très rigides de comportement humain et elle est conditionnée par l'augmentation démographique et le taux de développement des revenus.
- 2) - Les modifications de l'offre qui ne suivent pas celles de la demande entraînent soit une réduction des prix, soit un relèvement des prix selon que la première est plus grande ou plus petite que la seconde.
- 3) - Le pourcentage d'augmentation de la demande, due à l'accroissement démographique ne provoque pas de graves modifications dans la demande des divers produits agricoles. De ce fait, elle ne nécessite pas de conversion de la production . Il est important de le connaître, étant donné qu'il tend à se répartir proportionnellement sur tous les produits.
- 4) - Le pourcentage d'augmentation de la demande, du au développement, provoque des modifications correspondantes dans la demande des divers produits - effet sélectif - et de ce fait également des conversions dans la production. Il agit d'ailleurs de façon différente d'un produit à l'autre.
- 5) - Il est évident que l'on peut penser à augmenter l'offre plus que l'expansion de la demande, mais il est nécessaire de se rendre compte que dans ce cas : ou bien l'on réduit l'importation ou bien l'on augmente ou l'on provoque l'exportation ; ou bien l'on réduit les prix agricoles intérieurs ou bien l'on met en oeuvre des interventions de protection : prix politiques et exportations en dumping, etc.
- 6) - Dans tous les cas, le calcul qui précède semble être un calcul de base, servant de point de départ pour les déductions ultérieures.

2. - DEMANDE DE PRODUITS AGRICOLES PAR GROUPES HOMOGENES.

Alors que l'effet démographique fait varier à peu près parallèlement la demande de tous les produits alimentaires composant la demande globale en valeur, il n'en va pas de même pour les variations de demande provoquées par l'effet de développement.

Si l'on veut passer de la projection globale en valeur à la projection physique, au besoin par groupe de produits, il devient alors nécessaire de réunir ces derniers en groupes homogènes.

A cet égard, il semble opportun d'examiner les critères d'homogénéité suivants :

1 - Du point de vue de la dynamique de la demande.

Réunir des produits d'élasticité égale ou semblable en ce qui concerne la demande totale par rapport au revenu. Celle de l'agrégat total étant e , certains produits ont une élasticité supérieure, égale ou inférieure à e mais positive, et d'autres enfin une élasticité e négative. Puisque l'élasticité des divers produits varie en fonction du revenu et que de positive elle peut devenir négative, il conviendra de tenir compte, lors du choix de la fonction, de la longueur de la période considérée et de la variation du revenu qui sert de base à l'hypothèse.

2 - Du point de vue technologique, il conviendra de distinguer les produits de l'élevage des produits maraîchers, des fruits etc.

3 - Du point de vue de l'offre, il conviendra d'harmoniser les classifications établies pour l'offre et pour la demande étant donné qu'à un certain moment il faudra comparer la compatibilité entre les prévisions d'offre et les prévisions de demande.

Les prévisions pour tous les n groupes formés doivent être compatibles entre elles. En général, on doit avoir :

$$\sum_i \Delta Y_i \cdot P_i = Y' - Y$$

où

P_i : prix moyen à la production du groupe de produit i

$Y' - Y$ = augmentation totale en valeur de la demande.

ANNEXE IV - BIBLIOGRAPHIEA. MODELES DE MARCHE

- K. Fox - Econometric Analysis for Public Policy
- Journal of Farm Economics
- Marco Nerlove - Distributed lags and estimation of long-run supply and demand elasticities : theoretical considerations - 1958
- M. Nerlove & W. Addison - Statistical estimation of long-run elasticities of supply and demand - 1958
- D.S. Ironmonger - A note on the estimation of long-run elasticities : a reply - 1959
- M. Nerlove - On the estimation of long-run elasticities : a reply - 1959
- H.S. Houthakker - Revealed Preference and the Utility Function. Econometrica - May 1950
- P.K. Newman - The Foundations of Revealed Theory, Oxford Economic Papers, 1955, n.2
- R.T. Norris - The Theory of Consumer Demand, Yale University Press, 1952
- S.J.Prais & H.S.Houthakker - The analysis of Family Budgets with an application to two British Surveys conducted in 1937-9 and their Detailed Results, Cambridge University Press, 1955
- H. Wold - L.Jurrien - Demand analysis, Ed.Wiley and Sons Inc.N-Y.1953
- I. Aitchison & J.A.C.Brown - A synthesis of Engel curve Theory, The Review of Economic Studies, Volume XXII 1954-55
- H. Schultz - The Theory and Measurement of Demand, The University of Chicago Press, Chicago 1958

United States Department of Agriculture - Technical Bulletins

- n° 1080 - Kenneth Meinken - The demand and price structure for Oats, Barley and Sorghum Grains 1953
- n° 1081 - Karl Fox 1953 - The analysis of demand for Farm Products
- n° 1105 - Milton Shuffett - The demand and price structure for selected vegetables 1954
- n° 1136 - Kenneth Meinken - The demand and price structure for Wheat 1955
- n° 1168 - Anthony Rojko - The demand and price structure for dairy products 1957
- n° 1204 - Martin Gerra - The demand, supply and price structure for eggs
- n° 1253 - Harold Breimyer - Demand and prices for meat - factors influencing their historical development 1961
- n° 1316 - Frederik Waugh - Demand and price analysis ; some examples from agriculture.

B. METHODES PROPRES AUX EQUATIONS INDEPENDANTES

- H.S.Houthakker & Taylor - Consumer Demand in the United States -
1929 - 1970, Analysis and Projections,
Cambridge, 1966
- F.A.O. - Agricultural Commodities Projections for
1975 and 1985, Rome 1967
- O. Ferro - La domanda dei beni di consumo in Italia -
Bologna, 1962
- V. Cao Pinna - Le prospettive dei consumi alimentari in
Italia - Milano 1962
- Svimez - Stima sui consumi privati in Italia nel pros-
simo decennio - Roma 1960
- F. De Stefano - L. Pieraccini - Stima della domanda di prodotti ortofrutticoli,
Napoli 1965

C - MODELES COMPLETS DE DEMANDE.

J. Sandee, Ed., Europe's Future Consumption . Asepelt Volume II, 1964

J. Paelinck, Fonctions de Consommation pour la Belgique 1948-1959.

Namur, 1964.

Reprint series - University of Cambridge.

- no. 98 - Richard Stone, J. Aitchison - Some estimation problems in demand analysis , 1955.
and JAC Brown
- no. 210 - Richard Stone - - Consumers' wants and expenditures: a survey of British Studies since 1945, 1964
- no. 236 - Richard Stone - Models for demand projections, 1965.

Econometrica -

- Vol. 27, 1959 - Ragnar Frisch - A complete scheme for computing all direct and cross demand elasticities in a model with many sectors .
- vol. 27, 1959 C. Fourgeaud and André Nataf - Consommation en Prix et revenu réels et Théorie des Choix.

The Review of Economic Studies

- 1941 - 42 - C.V.E. Leser - - Family budget data and price-elasticities of demand.

Statistical Studies , Central Bureau of Statistics , Netherlands.

- No. 13, October 1962, - Price and income elasticities from time series.
W.H. Somermeyer

CHAPITRE IV. -MODELES ANALYTIQUES DE L'OFFRE FAISANT INTERVENIR LES PRIX ET
AUTRES FACTEURS.

Ce chapitre a pour but essentiel de définir un ensemble d'éléments de l'analyse de l'offre susceptibles, à eux seuls ou combinés à d'autres sources d'information, de décrire certains aspects de l'offre des produits agricoles. Cette approche se justifie par le fait qu'il n'existe pas de modèle d'offre "général" pour tous les produits et tous les horizons, et que chaque analyse implique un recours à la méthode qui lui convient le mieux.

Pour la détermination des fonctions prix-offre, on distingue généralement, d'après le type de modèle de prévision choisi, les hypothèses sur lesquelles il se fonde et les données statistiques de base, les trois grands groupes de modèles suivants :

1) - Les modèles d'offre normatifs.

Lorsqu'on se sert d'un modèle d'offre normatif, on ne suit pas directement l'évolution de l'offre. On l'estime plutôt à partir des fonctions de coûts et des prix ou à partir des facteurs engagés, des fonctions de production et des prix, dans l'hypothèse d'un comportement uniforme des entreprises. On part généralement du principe que les chefs d'entreprise s'efforcent avec succès de maximiser leurs gains.

2) - Les modèles d'offre combinant les résultats d'analyses normatives aux résultats d'analyses empiriques.

Dans ce groupe, on combine des modèles d'offre normatifs, tels la programmation linéaire statique, aux résultats d'analyses empiriques, c'est-à-dire aux observations directes de l'évolution de l'offre.

3) - Les analyses d'offre empiriques.

Dans le cas d'une analyse d'offre empirique, on observe directement l'évolution de l'offre, que l'on analyse ensuite par le biais de modèles statistiques, le plus souvent, en s'inspirant de la méthode des moindres carrés.

Lorsque l'élasticité - prix de la demande de facteurs de production est nulle on peut toujours se baser pour l'analyse de l'offre, sur des données d'entreprises individuelles représentatives (le cas échéant, sur les résultats de sondages stratifiés) ou sur toutes les données disponibles de régions ou de secteurs économiques. Lorsque l'élasticité-prix de la demande de facteur de

production est différente de zéro et, en particulier, lorsqu'il est fait usage, dans la fabrication des produits finis, de produits intermédiaires échangeables des entreprises (veaux, porcelets, etc...), il y a lieu d'inclure toutes les entreprises de la région concernée dans l'analyse.

SECTION I. - LES MODELES D'OFFRE NORMATIFS.

L'utilisation de tout modèle d'offre normatif se fonde généralement sur l'hypothèse selon laquelle toutes les entreprises adaptent régulièrement leur production en fonction des prix, en recherchant le niveau optimal de leurs gains, c.à.d. en recherchant l'égalité du produit marginal et du coût marginal.

On distingue généralement deux types de modèles d'offre normatifs:

1) Les modèles d'offre qui se fondent sur la théorie de production néo-classique. Pour leur utilisation, les fonctions prix-offre se déterminent par le biais des fonctions de coûts statistiques des entreprises individuelles considérées.

2) Les modèles d'offre qui se fondent sur la théorie de production linéaire. Dans ce cas, les fonctions prix-offre se déterminent par le biais de modèles de programmation.

1.1. - Détermination de fonctions prix-offre normatives agrégées par le biais de fonctions de coûts statistiques.

Dans l'hypothèse précitée que les entreprises adaptent régulièrement leur production aux prix pratiqués, on peut assimiler leur fonction prix-offre à leur courbe de coûts marginaux. La fonction prix-offre peut alors être directement déduite, par différenciation, de la fonction des coûts. Selon le mode de calcul de la fonction des coûts, on distingue généralement deux méthodes :

a) La méthode qui se fonde sur l'existence de groupes totalement homogènes. Dans ce cas, la fonction prix-offre agrégée est estimée à partir de la fonction moyenne des coûts des différents groupes et du poids relatif de chacun des groupes dans la formation de la production totale.

b) La méthode consiste à déterminer les fonctions prix-offre normatives à partir d'échantillons, en tenant directement compte de la répartition des coûts.

1.1.1. - Détermination de fonctions prix-offre normatives à partir des fonctions de coûts moyennes pour des groupes d'entreprises totalement homogènes.

Dans l'hypothèse d'un nombre constant d'entreprises produisant un produit y dans une région z et d'une classification possible de ces entreprises en n groupes homogènes, on peut déterminer la fonction prix-offre agrégée de la manière suivante. ^{Dans le cas où, par exemple,} La fonction des coûts de toutes les entreprises est une fonction du type Cobb-Douglas, elle prend, pour chacune d'entre-elles, du groupe i par exemple, la forme suivante :

$$y_i = a_i x_i^{b_i} \quad (i = 1, 2 \dots n) \quad [1]$$

y_i = volume de la production du produit y d'une entreprise du groupe i , en unités physiques.

x_i = coûts variables d'une entreprise du groupe i en unités monétaires.

Pour les coûts variables d'une entreprise du groupe i , on a alors :

$$x_i = \frac{y_i}{a_i} \frac{1}{b_i} \quad [2]$$

La fonction des coûts marginaux s'écrit dès lors comme suit :

$$\frac{d x_i}{d y_i} = \frac{1}{a_i} \frac{1}{b_i} \cdot \frac{1}{b_i} \cdot y_i^{\frac{1-b_i}{b_i}} \quad [3]$$

$$\frac{d x_i}{d y_i} = p_y \text{ à l'équilibre} \quad [4]$$

On obtient alors, après introduction de 4 dans 3 et transformation adéquate de l'équation, la fonction prix-offre suivante pour chacune des entreprises du groupe i :

$$y_i = (p_y a_i \frac{1}{b_i} \cdot b_i)^{\frac{b_i}{1-b_i}} \quad [5]$$

La fonction prix-offre agrégée devient alors :

$$Y = \sum_{i=1}^{i=n} w_i (p_y a_i \frac{1}{b_i} \cdot b_i)^{\frac{b_i}{1-b_i}} \quad [6]$$

w_i = nombre d'entreprises du groupe i .

Conformément au modèle explicatif, l'analyse se déroule donc en trois phases :

1) Dans la première phase, on répartit les unités observées - le plus souvent, un échantillon de toutes les entreprises considérées - dans des groupes aussi homogènes que possible et on calcule la part de ces groupes dans la production totale.

2) Dans la deuxième phase, on estime, partant des données de chacune des entreprises individuelles, la fonction des coûts de chacun des groupes. L'estimation se fait selon la méthode des moindres carrés. Les problèmes de méthodologie statistique que pose cette estimation, ne peuvent être débattus dans le cadre de la présente étude.

3) A partir des fonctions de coûts déterminées dans la deuxième phase, il est alors possible de calculer directement la fonction prix-offre normative de chacun des groupes en se servant de l'équation [5] et la fonction prix-offre agrégée de l'ensemble des groupes en se servant de l'équation (6).

Valeur et champ d'application.

Les mêmes réserves doivent être faites à l'égard de la méthode pré-décrite qu'à l'égard de tous les modèles normatifs. (Voir le point 1.4.) . Si cette méthode a pour avantage de permettre le calcul direct des élasticités-prix à partir de la fonction prix-offre, il faut cependant admettre que ces élasticités sont généralement surestimées.

Les principales-objections à l'égard de cette méthode relèvent toutefois de la logique. L'estimation de la fonction des coûts nécessite des observations en différents points de la courbe des coûts. Il est très rare qu'on parvienne à les réunir en une année si les conditions d'application de la méthode sont scrupuleusement respectées (entreprises tout-à-fait homogènes, alignement des entreprises sur le principe de la maximisation des gains). Il faudrait alors que toutes les entreprises d'un même groupe produisent , à prévisions de prix égales, en un point identique de la courbe des coûts. Aussi les observations d'une seule année ne permettent-elles de déduire la fonction des coûts que si l'on peut admettre que les anticipations de prix des entreprises d'un groupe homogène sont différentes.

Si l'on dispose d'observations portant sur plusieurs années, d'où il ressort que des quantités différentes ont été produites. à des prix différents, il apparaît plus judicieux de déterminer directement des fonctions prix-

offre empiriques (cf. le point 3.1.).

Les difficultés que pose la collecte des données font elles aussi sans doute que cette méthode n'est que très rarement appliquée. Kehrberg a tenté un jour d'estimer les fonctions d'offre d'un groupe fermé de producteurs de lait dans le Kentucky (Kehrberg, 3.) . Pour ce faire, il s'est essentiellement inspiré de la méthode pré-décrite. Il a utilisé des observations ne portant que sur une année et a admis a priori que les entreprises avaient des anticipations de prix différentes. La comparaison entre la situation réelle et son aspect normatif n'a pas été concluante.

1.1.2. - Détermination de la fonction prix-offre à partir des fonctions de coûts individuelles, compte tenu de la structure des coûts.

Toute variation de la production totale à la suite d'une modification des prix se compose toujours de deux éléments :

a) L'augmentation ou la diminution du nombre des entreprises de production,

b) La variation du volume de la production des entreprises.

La forme et l'évolution de la courbe d'offre macro-économique sont déterminées :

a) par le niveau et la répartition des prix minimums individuels qui conditionnent la production dans les diverses entreprises (= seuil de production).

b) par la forme des courbes de coûts marginaux dans les diverses entreprises et par la répartition des coûts marginaux par entreprise, dans le cas d'une production donnée. Nerlove a montré qu'il était possible de procéder à partir d'échantillons, en effectuant des analyses horizontales ou "cross-section" (Nerlove , 47).

Pour déterminer la forme et l'évolution de la courbe d'offre normative, la méthode proposée requiert, d'une part, la détermination de la forme des courbes de distribution des valeurs des divers facteurs qui influent sur le niveau des coûts marginaux dans le cas d'une production donnée.

On admet :

1) que les deux entreprises produisent un produit y_0 à partir de quantités de facteurs de production v_{1f} et v_{2f} .

- 2) que les conditions d'application de la théorie néo-classique sont remplies,
 3) que la forme des courbes de coûts marginaux est, la même dans toutes les entreprises mais que leur paramètre est différent,

p_y = prix du produit y_o ,

p_v = prix du facteur de production v ,

m_{of} = volume de la production de l'entreprise f ,

m_{vf} = charge de la production de l'entreprise f

et

$$z_{of} = p_y \cdot m_{of}$$

$$z_{vf} = p_v \cdot m_{vf}$$

et que la forme générale de la fonction de production est alors décrite par l'équation [7.]

$$m_{of} = (a \cdot u_{of}) m_{1f}^{a_1 u_{1f}} m_{2f}^{a_2 u_{2f}} \quad [7]$$

La non-identicité du paramètre des courbes individuelles de coûts marginaux s'exprime par les valeurs u_{of} , u_{1f} et u_{2f} .

Dans l'hypothèse que chacune des entreprises s'efforce de maximiser ses gains, il s'ensuit que :

$$a_v \cdot u_{vf} = z_{vf} / z_{of}, \quad (v = 1, 2) \quad [8]$$

La fonction d'offre de chaque entreprise s'écrit alors comme suit :

$$m_{of} = g_f \left[p_o^{a_1 u_{1f} + a_2 u_{2f}} p_1^{-a_1 u_{1f}} p_2^{-a_2 u_{2f}} \right] \frac{1}{1 - a_1 u_{1f} - a_2 u_{2f}} \quad [9]$$

Dans cette équation, g_f est une fonction de a_o , de u_{of} , de $a_1 \cdot u_{1f}$ et de $a_2 \cdot u_{2f}$.

Si (u_o, u_1, u_2) exprime la densité de distribution des valeurs u dans les entreprises, l'offre M_o de toutes les entreprises correspond à l'équation suivante :

$$M_o = \int_{u_o} \int_{u_1} \int_{u_2} m_{of} \phi(u_o, u_1, u_2) d u_o d u_1 d u_2 \quad [10]$$

Dans l'hypothèse où les valeurs u suivent une distribution logarithmique normale :

$$w_{if} = \log u_{if} \quad \text{avec} \quad i = 0, 1, 2 \quad [11]$$

nous pouvons écrire :

$$\phi(u_0 u_1 u_2) = \frac{\sqrt{|r^{-1}|}}{(2\pi)^{3/2}} e^{-w_0 + w_1 + w_2} e^{-1/2(w_0 w_1 w_2) r^{-1} \begin{pmatrix} w_0 \\ w_1 \\ w_2 \end{pmatrix}} \quad [12]$$

Dans cette équation, r est la matrice de variance-covariance des valeurs w dans le cas de valeurs moyennes toujours nulles.

L'offre de l'ensemble des entreprises s'écrit alors comme suit :

$$M_0 = \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} x_0 \frac{e^{-w_0 + w_1 + w_2} \sqrt{|r^{-1}|}}{(2\pi)^{3/2}} e^{-1/2(w_0 w_1 w_2) r^{-1} \begin{pmatrix} w_0 \\ w_1 \\ w_2 \end{pmatrix}} dw_0 dw_1 dw_2 \quad [13]$$

L'équation [13] montre qu'il est possible de déterminer la fonction prix-offre agrégée d'un groupe homogène à partir d'un échantillon lorsque les valeurs des variables observées dans cet échantillon permettent d'estimer la matrice de variance-covariance des valeurs w .

La technique exposée - de l'équation [7] à l'équation [13] - pour déterminer la fonction d'offre agrégée à partir des données d'un échantillon montre toutes les difficultés que pose l'application de la méthode proposée par Nerlove, même dans les cas les plus simples. Dans des cas plus compliqués, il pourrait bien s'avérer impossible de trouver l'intégrale d'une fonction aussi complexe que la fonction [13]. L'utilisation de formules aussi compliquées que [13] - qui ne représente en fait que l'évolution de la fonction d'offre normative - dans des modèles d'estimation statistiques pourrait par ailleurs donner lieu à de très grosses difficultés.

Par ailleurs, la méthode implique que l'on dispose évidemment des données nécessaires, que ces données soient suffisamment significatives sur le plan statistique et que le problème de l'imputation des coûts communs puisse être résolu d'une manière satisfaisante. Ce type de modèle ne con-

vient donc pas à l'analyse de l'offre des produits agricoles dont la production est étroitement liée à d'autres activités productives et se forme à partir de facteurs fixes utilisés en commun. Par contre, ce type de modèle est adapté au cas d'entreprises hautement spécialisées lorsque la part des coûts fixes du produit considéré est minime ou lorsqu'il s'agit de l'offre de groupes de produits agrégés, l'agrégation des coûts et des produits ayant alors pour effet d'éliminer totalement ou partiellement le problème de l'imputation.

1.2. - La détermination de fonctions prix-offre normatives par le biais de modèles de programmation.

Les modèles de programmation qui permettent de déterminer des fonctions prix-offre peuvent être classés en deux groupes :

- 1) Les modèles de programmation dans lesquels on considère séparément les divers groupes ou entreprises représentatives et dans lesquels il n'est donc pas tenu compte des produits intermédiaires échangeables des entreprises sinon en les assimilant aux autres facteurs de production commercialisables. L'élasticité-prix de la demande de facteurs de production est alors nulle ou presque nulle.
- 2) Les modèles de programmation dans lesquels il est tenu compte des produits intermédiaires échangeables et échangés - des entreprises.

Des deux groupes de modèles peuvent encore être subdivisés en modèles statiques ou dynamiques.

1.21 - Modèles de programmation statiques ne tenant pas compte de l'échange des produits intermédiaires.

La détermination de fonctions prix-offre agrégées par le biais de modèles de programmation se fonde sur les mêmes principes que la détermination de fonctions prix-offre par le biais de fonctions de coûts. On admet que les entreprises s'alignent avec succès sur le principe de la maximisation des gains.

Au lieu de se baser sur des fonctions de coûts, on se base ici sur les quantités de facteurs engagés dans les entreprises, sur les fonctions élémentaires de production sur les prix des différents produits et sur les prix des différents facteurs de production nécessaires.

La démarche suivie est alors la suivante :

Après répartition des unités observées en groupes aussi homogènes que possible, on établit, pour chacun de ces groupes, un modèle de programmation linéaire. La fonction prix-offre de la production concernée est à chaque fois déterminée par augmentation paramétrique du prix du produit dont on veut connaître la fonction prix-offre.

Le prix des autres produits reste constant ou est lui aussi modifié dans certaines limites (price-mapping) si l'intérêt de l'étude le demande.

La fonction prix-offre de chacun des groupes est alors agrégée en une fonction prix-offre macro-économique, au prorata de la part des groupes dans la production totale.

Deux méthodes s'offrent à l'établissement des modèles de programmation :

- 1) Le modèle de programmation est à chaque fois établi pour une entreprise représentative d'un groupe aussi homogène que possible. Le résultat multiplié par le nombre d'entreprises fournit l'offre du groupe.
- 2) A partir de la somme des capacités de toutes les entreprises d'un groupe homogène, que l'on détermine à chaque fois sur la base des facteurs disponibles, on constitue un "ensemble de groupe". Le modèle de programmation est alors établi pour cet ensemble de groupe.

Il est clair que les résultats des deux méthodes coïncident lorsque les groupes agrégés sont totalement homogènes ou qu'il est satisfait aux conditions minimales d'homogénéité exposées dans le chapitre spécial consacré aux problèmes d'agrégation. (Chapitre VI, Annexe I)

Application. -

Le modèle prédécrit a déjà été assez souvent utilisé, tant sur la base d'entreprises représentatives que sur la base d'ensembles de groupe, pour l'estimation de fonctions d'offre normatives (Golter, 16, Sheehy, Mac Alexander, 51). La bibliographie citée est loin d'être exhaustive, étant donné qu'il n'est pas possible de cerner tous les cas d'application. Les exemples d'utilisation s'inspirent tous du modèle prédécrit. Leur valeur est surtout limitée par la solution généralement insuffisante qu'ils

apportent au problème de l'agrégation - cf. Golter et Mc Alexander - et par le caractère normatif de leurs résultats - cf. à cet égard le point 1.4.

Les exemples d'utilisation montrent que ces modèles sont surtout susceptibles de déterminer les réactions à moyen terme de certains groupes d'entreprises à des variations de prix mais qu'ils ne précisent en rien l'évolution temporelle du processus d'adaptation.

L'observation isolée des groupes n'est possible que lorsque l'élasticité-prix de la demande de facteurs de production est nulle ou presque nulle. Cette condition n'est généralement pas remplie dans le secteur agricole lorsque la fabrication des produits finis y nécessite la mise en oeuvre de certains facteurs de production que les entreprises fournissent elles-mêmes comme produits intermédiaires commercialisables (veaux, porcelets, et céréales fourragères).

1.22. - Modèles tenant compte de l'utilisation des produits intermédiaires.

Ce point est analysé en détail par G. WEINSCHENCK (57)

Il semble opportun de classer les produits intermédiaires en trois groupes.

1 - Les produits intermédiaires qui peuvent être importés ou exportés à des prix déterminés (par exemple, les céréales fourragères).

2 - Les produits intermédiaires qui ne sont ni importés ni exportés et qui ne sont généralement pas échangés entre les entreprises (par exemple, dans de très nombreux cas, le fourrage vert).

3 - Les produits intermédiaires qui ne sont ni importés ni exportés mais qui sont échangés entre les entreprises (par exemple, dans de très nombreux cas, les veaux et les porcelets).

Remarque : -

La classification des produits intermédiaires considérés dans tel ou tel groupe dépend de la nature même de chacune des entreprises et ne peut donc être généralisée. Les produits cités le sont à titre d'exemple d'une classification assez courante que nous reprendrons lorsque nous généraliserons les modèles de programmation, au chapitre V.

La prise en considération des produits intermédiaires visés au point 1) ne pose aucune difficulté. D'une façon générale, on peut admettre que

que l'élasticité-prix de la demande de produits est nulle ou presque nulle dans les limites considérées. La fabrication des produits intermédiaires visés au point 2) limite la capacité de production des diverses entreprises. Leur productivité marginale se déduit alors de l'accroissement des bénéfices dû à l'augmentation de la production des produits finis dans chacune des entreprises. Cette augmentation est la même dans toutes les entreprises d'un groupe totalement homogène. Dans les modèles relatifs aux entreprises individuelles à des sous-ensembles, il est toujours tenu compte séparément, par des restrictions correspondantes, des limitations posées à la production de ces produits.

Les produits intermédiaires visés au point 3) limitent au contraire la capacité de production de toutes les entreprises dans leur ensemble. Le prix du marché des produits intermédiaires échangeables correspond à l'équilibre, au gain marginal, qui résulte de l'augmentation de la production des produits finis correspondants dans toutes les entreprises considérées, ce qui revient à dire qu'il dépend du prix du marché des produits finis et qu'il se modifie en même temps que lui. La fonction prix-offre des produits finis dépend donc de la fonction prix-offre des produits intermédiaires.

Les deux doivent être déterminés en même temps. Il s'ensuit que la fonction prix-offre des produits finis ne peut être calculée qu'en groupant toutes les entreprises impliquées dans la production des produits finis et des produits intermédiaires dans un modèle d'ensemble.

Des modèles d'offre aussi détaillés marquent la transition vers les modèles de programmation interrégionaux décrits au chapitre 6 qui tiennent également compte de la demande. Jusqu'à présent on ne connaît guère d'études qui se soient limitées à la seule analyse de l'offre, l'introduction de la demande n'impliquant finalement que peu de travail comparé à l'enrichissement des résultats. Aussi renverrons-nous le lecteur à la structure du modèle général en limitant pour l'instant son analyse au calcul de l'offre de chaque sous-ensemble.

En ce qui concerne l'application et la valeur du système, on peut faire les mêmes remarques que pour les modèles décrits au point précédent. On peut dire aussi que l'analyse prix-offre qui se fonde sur des entreprises individuelles ou sur des sous-ensembles est surtout susceptible de donner une

idée de l'élasticité-prix de l'offre des divers types ou groupes d'entreprise ; la programmation interrégionale permet quant à elle de déterminer l'évolution générale de la production dans de plus larges espaces économiques et de la rapprocher des causes motrices telles que l'évolution des structures l'extension des marchés, etc...

1.3. - Les modèles d'offre normatifs dynamiques.

En dehors des modèles d'offre normatifs statiques, que nous venons d'évoquer, il en existe d'autres, tout aussi importants, qui sont les modèles d'offre normatifs dynamiques. A l'opposé des modèles statiques, les modèles dynamiques tiennent également compte des besoins d'investissement et des liquidités. Au lieu de modèles monopériodiques, on se trouve en présence de modèles à n périodes pour des entreprises individuelles représentatives ou pour des sous-ensembles.

L'utilisation de modèles dynamiques dans l'analyse prix-offre correspond alors à l'utilisation prédécrite des modèles statiques. Au lieu de calculer des points d'équilibre pour des intervalles de prix donnés, on détermine le cheminement de l'adaptation optimale à des systèmes de prix donnés, portant sur plusieurs périodes.

Les avantages de l'utilisation de modèles dynamiques ou, plus exactement, de modèles à plusieurs périodes pour des entreprises individuelles résident dans la détermination du cheminement de l'adaptation dans des conditions optimales et dans le cas de disponibilités en capitaux et d'habitudes de consommation données.

L'incidence des prix est non seulement analysée sur le plan des optima à long terme mais aussi sur le plan de l'aspect du cheminement de l'adaptation dans le temps.

En dépit de ces avantages, le modèle de programmation linéaire à plusieurs périodes n'a pas encore été utilisé, jusqu'à présent, dans l'analyse de l'offre. La raison en est qu'il nécessite d'assez longs calculs et qu'il vient à peine d'être expérimenté pour la recherche de solutions optimales pour des entreprises individuelles.

Nous aurons l'occasion de revenir sur ces problèmes dans le cadre de l'approche dynamique des modèles de programmation interrégionaux.

1.4. - La valeur des modèles prix-offre normatifs.

L'utilisation des modèles prix-offre normatifs se fonde - comme nous l'avons déjà dit - sur l'hypothèse que les chefs d'entreprise s'adaptent de façon optimale aux variations de prix ou aux modifications apportées par d'autres facteurs exogènes. Les modèles décrits au point 1.1. et 1.2. ont de plus un caractère statique et ne tiennent dès lors pas compte de l'évolution temporelle du processus d'adaptation.

Tous les modèles décrits au point 1 sont des modèles de décision qui visent à déterminer le niveau optimal des diverses productions considérées. Les résultats de leur application dépeignent donc une situation idéale. Ils permettent de prévoir l'orientation et généralement aussi l'ampleur à long terme du processus d'adaptation mais ne donnent aucune indication quand à l'évolution de ce processus dans le temps (à l'exception du type de modèle évoqué au point 1.3. qui détermine le chemin idéal de l'adaptation).

Jusqu'à présent, on ne dispose que de très peu d'études empiriques sur la comparaison entre l'adaptation effective et l'adaptation optimale (Golter, 16). Ces études permettent néanmoins de constater qu'en utilisant les modèles de programmation décrits, on surestime généralement quelque peu l'accroissement de la production des secteurs qui dépendent principalement du facteur main d'oeuvre, cependant qu'on sous-estime la production des secteurs qui en sont moins tributaires. Cela peut être dû à une erreur d'agrégation dans la constitution des sous-ensembles ou au fait que les chefs d'entreprises surestiment le profit qu'ils retirent des loisirs par rapport à ce qu'il est censé être dans les modèles.

SECTION 2. Combinaison des résultats d'analyses empiriques à des modèles de programmation.

La combinaison des résultats d'analyses empiriques à des modèles de programmation peut se faire de trois façons :

- 1) Par la combinaison de modèles de prévision statistiques à des modèles de programmation linéaires statiques;
- 2) Par l'introduction directe d'éléments empiriques dans les modèles de programmation ;
- 3) Par l'étude des relations entre les résultats d'analyses normatives et l'évolution effective.

2.1 Combinaison de modèles de prévision statistiques à des modèles de programmation linéaires.

La combinaison de modèles de prévision statistiques à des modèles de décision (ou d'optimisation) statiques se fonde sur l'hypothèse suivante : dans les entreprises individuelles, la production optimale d'un produit déterminé ne varie pas automatiquement en même temps que les prix. Chaque production est déterminée comme optimale pour un intervalle de prix déterminé. C'est la raison pour laquelle la production optimale reste très souvent constante pendant quelque temps encore, alors même que les prix varient (Weinschenck, 57). L'organisation des entreprises agricoles et, partant, la structure même de la production agricole d'une région déterminée se modifient généralement dans le sens de l'optimum qui a été calculé sur la base du principe du profit et dans des conditions de parfaite transparence du marché. L'adaptation (diminution ou augmentation de la production d'un produit déterminé) se fait cependant très souvent de façon imparfaite et avec beaucoup de retard, étant donné qu'elle est entravée par une transparence insuffisante du marché, par la peur du risque par le manque de capitaux ou par d'autres influences encore. Il s'ensuit que le cheminement de l'adaptation d'une production déterminée dans un groupe d'entreprises vers un niveau optimal calculé par rapport à une modification des prix, à un progrès technique ou à certaines mesures de politique agricole, est fonction du temps.

Comme modèles statistiques, on peut employer les modèles de trend simples ou modifiés ou se servir des chaînes de Markov (voir chapitre III. Bibliographie 13). Dans les modèles de trend simples, le facteur temps est introduit comme variable indépendante dans l'équation d'estimation. L'extrapolation possible du trend est limitée par l'optimum calculé. Dans les modèles de trend modifiés (dits modèles de Mitscherlich), on introduit également, outre le facteur temps, la valeur optimum dans l'équation d'estimation. La fonction d'estimation se présente alors comme suit :

$$g(t) = A (1 - e^{cx+b}) \quad (14)$$

$g(t)$ = volume de la production en l'année t

A = optimum calculé

x = période entre l'année de base t_0 et l'année t en années

L'utilisation de l'équation (14), implique l'hypothèse selon laquelle l'évolution se rapproche progressivement de l'optimum.

Dans l'utilisation des chaînes de Markov, on dispose des données suivantes pour la calcul de la matrice p :

1) Les entreprises individuelles ou les sous-ensembles (groupes ou régions) constitués à partir de ces entreprises qui constituent les éléments du système.

2) La production effective par entreprise ou par sous-ensemble définie par période de production. Si les entreprises ont une structure hétérogène, il y a lieu d'exprimer le volume de leur production effective en % de la production optimum, afin d'obtenir des grandeurs comparables. Pour pouvoir exprimer les volumes de production sous la forme de situations ou d'états au sens de la matrice des probabilités il est nécessaire de créer certaines classes (intervalles) qui caractérisent ces situations par exemple : 40 à 50 % de l'optimum, 50 à 60 % de l'optimum, etc.

Application : Les conditions posées à la combinaison de modèles d'optimisation à des modèles de prévision statistiques ne sont pour ainsi dire vérifiées que dans les pays hautement industrialisés, et, plus particulièrement, dans le domaine des productions spécialisées, étant donné que les rapports de prix y permettent généralement l'utilisation presque totale des capacités de production existantes. Il en résulte que l'application de cette méthode est restée presque exclusivement limitée à ce domaine. L'estimation de l'évolution s'y fait en tout cas généralement sans référence expresse à l'optimum.

La méthode susvisée n'a encore été que très rarement appliquée à l'estimation de l'évolution d'une spéculation (nombre d'hectares, nombre d'animaux). Une tentative d'analyse, selon le schéma décrit, de l'évolution de la production porcine et de la production betteravière dans un groupe de 50 entreprises peut être citée ici. Mais les résultats de cette analyse ne sont pas

extrapolables. (Weinschenck, 57).

2.11 Appréciation sur la méthode

L'une des difficultés d'application des chaînes de Markov dans ce cadre concerne l'impossibilité de tenir compte de l'évolution des revenus pour chacune des classes. Les résultats obtenus ne valent dès lors que pour certains prix ou certaines anticipations de revenus. Certes, cet inconvénient est compensé par les possibilités offertes sur le plan de la vérification des hypothèses utilisées.

Un autre inconvénient de l'utilisation des équations de trend et des chaînes de Markov consiste dans le fait que la production optimale calculée ne peut varier pendant la période de base et la période de prévision. Dans des conditions d'application moins sévères, on peut accepter, dans certains cas, l'abandon de cette condition, mais les variations doivent toujours intervenir dans le même sens et dans des proportions sensiblement égales d'année en année. Eu égard à ces restrictions, la méthode concernée n'a guère été appliquée que dans le domaine des productions spécialisées. La question de savoir si elle pourrait également servir à l'étude de certains phénomènes en cas de changement dans l'orientation de la production reste encore à examiner.

2.2 L'introduction directe des résultats d'analyses empiriques dans des modèles de programmation (un exemple : les modèles récurrents)

La prise en considération directe des résultats d'analyses empiriques dans des modèles de programmation se fait par l'introduction de "contraintes de comportement" ou "contraintes d'adaptation" qui fixent à l'augmentation ou à la diminution de la production entre deux périodes considérées, des limites plus strictes que celles qui résultent des facteurs de production existants. La production à l'instant t dépend donc également, outre des prix, des fonctions de production et des facteurs mis en oeuvre, de la production effective ou calculée en l'année $t-1$. Les modèles de programmation linéaires statiques deviennent des modèles récurrents dynamiques.

La programmation linéaire se fonde sur la même hypothèse que la combinaison des modèles de prévision statistiques à des modèles d'optimisation statiques. Henderson a été le premier à se servir de cette hypothèse et à en tenir compte en fixant, par des "contraintes de comportement", des limites plus strictes à la marge de décision des "sous-ensembles régionaux" que celles qui lui étaient posées par la seule existence de facteurs de production fixes. (Henderson, 25). Les limitations posées à l'augmentation ou à la diminution d'une production x à l'instant t compte-tenu des anticipations des producteurs dépendent, de l'avis de Henderson et de Day, du volume de la production de l'année précédente (la période de production immédiatement antérieure à t) et de certains coefficients d'adaptation. Elles peuvent se déterminer comme suit :

$$x(t) \leq \beta x_{t-1} \quad (\beta > 1) \quad (15)$$

$$x(t) \geq \alpha x_{t-1} \quad (\alpha < 1) \quad (16)$$

α et β sont des coefficients de "régionalisation" reflétant le comportement économique d'une région déterminée (Henderson 25, Day, 9).

Outre la variation de la production, il est également possible de limiter la variation des facteurs de production par des restrictions complémentaires (Heidhues, 24).

L'analyse de l'offre par la programmation récursive correspond en tout point à l'analyse de l'offre par la programmation linéaire statique. Outre le calcul des données nécessaires à l'établissement des modèles de programmation statiques, il faut également estimer les coefficients d'adaptation pour chacun des groupes et les introduire dans des contraintes complémentaires des modèles linéaires. On détermine l'évolution de la production en fonction des prix en résolvant les modèles pour plusieurs années consécutives. La résolution du problème peut être faite période par période. Partant des conditions initiales connues pour la période $t_0 - 1$ on peut générer les coefficients de la fonction économique et du second membre du problème de programmation linéaire pour

la période t_0 . La solution x_{t_0} est ensuite utilisée pour préparer les données du problème correspondant à la période $t_0 + 1 \dots$ etc... Par ailleurs, à des dates fixées, des données exogènes peuvent être introduites dans le modèle, modifiant la matrice (innovations, abandon de certaines techniques) ou le second membre (limitations de certains facteurs, contingentements officiels, etc.). Si l'on dispose de programmes de calcul adéquats, on peut déterminer l'évolution de la production pour toutes les années considérées en une seule série d'opérations.

La solution obtenue répond au principe du choix séquentiel et traduit le fait que l'horizon de toute décision effective est toujours infiniment plus rapproché que l'horizon du processus dynamique global auquel il se rattache. Dans le modèle récursif, les producteurs ne prennent pas leurs décisions de production en fonction d'un objectif final mais tentent à tout moment de respecter un certain équilibre entre ce qui apparaît intéressant de modifier relativement aux anticipations de revenus, et le désir de ne s'écarter qu'avec précaution de la situation existante, compte tenu d'une part de l'incertitude qui règne sur les anticipations et d'autre part de l'évolution des connaissances indispensables à tout investissement effectif en matière d'innovations

Les valeurs duales correspondant à la solution s'interprètent comme des rentes s'il s'agit de facteurs fixes, des quasi-rentes s'il s'agit par exemple de capacités limitées de technicité limitant la diffusion du progrès technique, enfin comme des primes d'assurances contre le risque pour les contraintes limitant les changements d'orientation.

2.21 Application : Dans l'analyse de l'offre, les travaux les plus connus sont ceux de Henderson et de Day. (Henderson, 25 - Day, 9).

Henderson s'en tient à l'analyse des principaux produits de la terre aux U S A. Il distingue cent sous-ensembles régionaux (décision making units) -respectivement cinquante-cinq dans un modèle agrégé- aux U S A. Les contraintes de comportement sont déduites de séries chronologiques allant de 1946 à 1954.

Le type de modèle utilisé par R. DAY pour l'étude du

Delta du Mississippi vise à répondre à plusieurs questions : comment interpréter l'évolution passée ? Comment risque d'évoluer la production dans le futur ? Quelle pourrait être, à un moment donné la réponse de la production à différentes mesures envisagées par les pouvoirs publics ?

Pour répondre à ces questions le modèle doit donc être étalonné sur une période passée, ce qui implique de tenir compte non seulement des conditions naturelles de la production mais encore de l'évolution des techniques, de l'apparition et de la diffusion des innovations.

Les aspects dynamiques introduits dans ce modèle concernent :

- l'incertitude sur les revenus unitaires (les niveaux de prix et de rendements ne sont pas connus de façon certaine au moment où se prennent les décisions).

- les variations dans le stock disponible de facteurs de production (capital, main d'oeuvre, niveau de technicité des producteurs).

- les limitations dans les changements d'orientation des producteurs (attitudes devant le risque et l'incertitude).

En ce qui concerne les conditions naturelles de la production ce type de modèle n'implique aucune originalité par rapport aux modèles statiques : il suffit d'individualiser les facteurs imposant des conditions de production caractéristiques par exemple les différentes qualités de terre.

L'apparition des innovations (machinisme, fertilisation) se traduit ici par de nouvelles activités dans la matrice de programmation et la disparition d'autres au fur et à mesure du déroulement de la programmation pour l'analyse des différentes périodes.

La diffusion des innovations est schématisée par un mécanisme récursif : l'extension de capacité d'une innovation j , représentée par la superficie de la culture i pouvant être traitée selon la technique j , est fonction de la capacité utilisée lors de la période précédente.

$$C_{ij}(t) \leq [1 + \alpha_{ij}] C_{ij}(t-1)$$

α_{ij} joue le rôle d'un coefficient d'investissement. La demande

effective des agriculteurs pour l'innovation dépend, dans le modèle, de la diffusion des connaissances.

Les changements d'orientation des producteurs sont limités comme dans le modèle Henderson.

$$\begin{aligned} X_{jt} &\leq (1 + k_j) x_{j\ t-1} \\ X_{jt} &\geq (1 - k'_j) x_{j\ t-1} \end{aligned}$$

Plus l'élasticité de la demande est faible pour le produit j ou plus la variabilité des rendements est grande, plus il convient d'être prudent sur l'amplitude des fluctuations considérées comme possibles d'une période à l'autre.

L'évolution des quantités globales de facteurs disponibles (main d'oeuvre, engrais dans le modèle de Day) est aussi prise en compte pour une meilleure représentation des périodes où ces facteurs ont pu jouer un rôle limitant.

Un sous-modèle d'anticipation est adopté pour traduire les décisions des agriculteurs. Dans le modèle étudié le "revenu unitaire normal" ^{*} obtenu à une période pour chaque production, devient le "revenu anticipé" pour la période suivante. Des modèles d'anticipation plus raffinés pourraient évidemment être retenus.

2.2.2 Remarques sur la méthode

On peut dire tout d'abord que le principal apport de cette formulation est de pallier les inconvénients des modèles statiques. Notamment l'hypothèse selon laquelle les décisions peuvent être prises en fonction de leurs conséquences globales futures et aboutir ainsi à une solution d'équilibre, n'est plus retenue ici. Par ailleurs, et surtout, le modèle récursif entend expliquer les cheminements, tant passés que futurs, et déboucher sur une action directe s'appuyant sur une situation donnée.

Par nature ce modèle s'oppose également aux modèles dynamiques entièrement déterminés dont la solution n'est fonction

*En effet, il est possible de faire intervenir a posteriori dans le calcul de l'offre effective l'influence des facteurs aléatoires du rendement ; le revenu normal ne tient pas compte de cet aspect.

que de la situation initiale et du temps, et qui débouchent sur une programmation linéaire multipériodique dont la structure diagonale par blocs est bien connue. En effet, la solution obtenue pour chaque période correspond à un ensemble unique de décisions optimales par rapport à un objectif final, ce qui suppose que les producteurs prennent leurs décisions dans un cadre de connaissance parfaite, ce qui n'est pas réaliste.

L'un des problèmes majeurs posés par l'utilisation de cette méthode concerne la détermination des coefficients des contraintes d'adaptation. Day et Henderson pensent que ces coefficients peuvent être calculés à partir de séries chronologiques ; ceci se heurte cependant à un certain nombre de difficultés.

Tout d'abord, comme le signale Day ceci présuppose qu'il soit possible de déterminer les limitations réellement existantes au moment de l'estimation. Il faut alors partir du principe que l'augmentation (ou la diminution) de la production d'un produit déterminé entre deux périodes de production est liée à l'accroissement du profit qu'elle implique et que les contraintes de comportement dépendent dès lors des prix ou des variations de prix. Cette dépendance peut être formulée de deux façons différentes :

a) On part du principe que les variations de la production entre deux périodes de production dépendent d'un coefficient de contrainte d'adaptation "indépendant" et de la valeur limite de la production en l'année $t - 1$. Dans ce cas la formule est la suivante :

$$x(t) < \beta x_{(t-1)} + aG_x(t-1) x(t-1) \quad (17)$$

b) En supposant β égal 1 dans l'équation (17), on admet que l'augmentation de la production en l'année t ne dépend plus que de l'accroissement du profit qu'elle implique. La formule devient alors la suivante :

$$x(t) = x(t-1) + aG_x(t-1) x(t-1) \quad (18)$$

La question de savoir laquelle des deux formules proposées est la plus à même de décrire le comportement effectif est une question artificielle, à laquelle il ne peut être répondu que selon les cas.

Si l'on utilise l'équation d'estimation (18), on se heurte à de grosses difficultés sur le plan statistique, étant donné que β et a sont pratiquement incalculables, si ce n'est sous certaines conditions très restrictives. Il s'agit d'un problème analogue à celui qui se pose pour la détermination des coefficients d'adaptation de la production et des coefficients de prévision pour les prix dans le modèle d'offre de Nerlove. (Nerlove, 48).

Un autre problème particulier à ce type de modèle concerne son cadrage sur la période passée étudiée. R.J. Crom et W.R. Maki (VI.12) ont proposé une technique permettant d'ajuster les modèles en vue d'en améliorer la qualité prévisionnelle. Les méthodes statistiques traditionnelles, même lorsqu'elles font apparaître des résultats très satisfaisants, conservent néanmoins une part d'incertitude conduisant les mécanismes du modèle à des amplitudes de variation intolérables au bout d'un certain nombre, (variable) de périodes. Il est évidemment toujours possible de réduire le champ d'exploitation du modèle à une durée inférieure à ce nombre de périodes, mais c'est aux dépens de l'utilité même de ce modèle. Les auteurs proposent donc une technique d'approximation successive. Partant de la période origine on suit les valeurs des résultats du modèle en comparaison avec les valeurs observées. Dès le premier point de divergence, on tente de corriger le modèle en cherchant les variables stratégiques susceptibles d'intervenir dans ce phénomène. Le modèle ainsi modifié est repris à partir de la période origine : si une divergence intervient pour un point antérieur à celui précédemment obtenu on abandonne la première correction pour une autre. Si la divergence intervient pour un point postérieur, une nouvelle correction s'ajoutera à la première jusqu'à ce que la représentation générale des phénomènes observés soit considérée comme satisfaisante.

Ce point permet immédiatement de souligner une des limites de cette approche : l'élaboration d'un tel modèle demande non seulement d'avoir les données qui sont nécessaires à l'élaboration d'un modèle statique, mais de surcroît exige de disposer de séries sur ces données permettant de cadrer le modèle. Nous verrons dans le chapitre VI que ce type de modèle peut s'insérer dans un

complexe plus général analogue à celui connu sous le terme de "dynamic coupling".

2.3 Combinaison des résultats d'analyses empiriques aux résultats d'analyses d'offre normatives

Par cette méthode, on détermine, pour une région ou pour un secteur économique composé de plusieurs régions, soit plusieurs modèles statiques consécutifs pour huit à dix périodes par exemple, soit un modèle dynamique équivalent. La production obtenue par l'application de ces modèles pour les produits considérés sert de variable explicative pour l'évolution effective de l'offre. Les relations entre la production effective et la production normative sont déterminées par l'analyse de régression. Comme variable explicative pour la production à l'instant t , on peut alors se servir d'une ou de plusieurs des données suivantes :

- a) la production optimale à l'instant t ,
- b) la production optimale en l'année t et la production effective en l'année $t-1$ ou, ce qui revient au même, la différence entre la production optimale en l'année t et la production effective en l'année $t-1$,
- c) l'augmentation des gains qui résulterait de la réalisation de la production optimale en l'année t au lieu de la production effective en l'année $t-1$.

Remarque : Pour déterminer la production optimale et l'augmentation des gains, on peut toujours se baser sur des prix réels ou sur des anticipations de prix.

2.3.1 Valeur de la méthode :

Cette méthode a pour avantage de permettre la comparaison directe de l'évolution effective aux résultats des analyses normatives. Ses inconvénients résident, d'une part, dans les difficultés mathématiques qu'implique le calcul de modèles statiques s'étalant sur dix années ou le calcul d'un modèle dynamique de dix périodes et, d'autre part, dans le problème que pose la recherche des données de base à prendre en considération dans le cas d'une période de production remontant à dix ans. Ces difficultés -que nous avons évoquées également pour l'application de la programmation récursive- pourraient bien être la raison majeure pour laquelle, à notre connaissance, il n'a pas encore été fait usage, jusqu'ici, de ces modèles.

SECTION 3 - LES ANALYSES D'OFFRE EMPIRIQUES.

Les analyses prix-offre empiriques qui se fondent sur des modèles d'estimation statistiques s'inspirent presque exclusivement de la méthode des moindres carrés. Tout comme pour les analyses d'offre normatives, on distingue généralement :

- 1) La détermination de fonctions d'offre empiriques agrégées à partir de la situation effective de l'offre d'un groupe d'entreprises représentatives .
- 2) La détermination de fonctions prix-offre macro-économiques à partir des données d'un secteur économique déterminé, par le biais d'analyses de régression ou de méthodes d'estimation analogues.

3.1. - Agrégation de fonctions d'offre empiriques d'entreprises individuelles.

La détermination de fonctions prix-offre empiriques agrégées à partir de fonctions prix-offre empiriques d'entreprises individuelles peut se faire comme suit :

- 1) Partant d'échantillons de groupes aussi homogènes que possible, on détermine la fonction prix-offre empirique de l'entreprise moyenne. Ceci suppose que l'on dispose, pour chaque entreprise de l'échantillon, d'observations portant sur quelque 10 années.
- 2) Après avoir déterminé la part des différents groupes dans la production totale, on transforme les diverses fonctions d'offre individuelles obtenues en une fonction prix-offre macro-économique correspondante.

Cette méthode représente une combinaison idéale d'analyses de séries chronologiques et d'analyses horizontales (cross-section). Indépendamment de sa valeur directe, elle pourrait également servir à valoriser les modèles de programmation récursifs en permettant une détermination adéquate des contraintes de comportement. Son application est cependant liée aux conditions suivantes :

- 1) La part des différents groupes de producteurs considérés dans l'ensemble de la production doit être connue ou pouvoir être déterminée sur la base de méthodes d'enquête statistiques appropriées.
- 2) Pour chacun des groupes de producteurs ou tout au moins pour chacun des principaux groupes de producteurs considérés, il faut disposer d'un nombre

d'observations permettant de déterminer la fonction prix-offre moyenne du groupe ; le volume total d'information nécessaire dépendra du nombre de variables, de l'hétérogénéité de l'ensemble étudié et de la précision recherchée .

La première condition est généralement satisfaite lorsqu'on dispose d'un nombre suffisant de données statistiques provenant d'enquêtes relativement récentes sur les entreprises individuelles, comme on en organise, par exemple, tous les dix ans en république fédérale d'Allemagne et présentement dans le cadre de la C.E.E.

La deuxième condition par contre n'est que très rarement réalisée. D'une manière générale, il est déjà difficile de recueillir des données portant sur 10 exercices pour un groupe d'entreprises individuelles constitué pour les besoins d'une étude. En ce qui concerne la C.E.E., la collecte de telles données à partir d'échantillons tirés au hasard pourrait bien ne s'avérer possible que dans des cas exceptionnels.

Dans certains pays, on dispose déjà d'un assez grand nombre d'observations pluri-annuelles sur les entreprises individuelles. C'est le cas, par exemple, en République fédérale d'Allemagne , grâce aux "rapports verts". Ces observations ne se prêtent toutefois pas à l'analyse scientifique ; il n'y a dès lors aucun intérêt à les regrouper dans l'optique de l'analyse de l'offre. Dans le cadre de la C.E.E., il est à prévoir qu'on ne disposera d'un tel matériel que lorsque les enquêtes projetées auront été affectuées dans les différentes entreprises pendant 8 à 10 ans. Les difficultés de la collecte des données sont sans doute à l'origine de l'absence de toute tentative d'application de cette approche, jusqu'à ce jour.

3.2. - Analyses empiriques d'offre globale basées sur des modèles statistiques.

Nous retrouverons ici un certain nombre des remarques faites aux chapitres 2 et 3 .

La détermination de la fonction prix-offre par la méthode des moindres carrés se fonde sur l'équation d'estimation générale

$$y = f(x_1, x_2 \dots x_n) \quad [19]$$

y étant l'offre et $x_1, x_2 \dots x_n$ les variables explicatives exogènes.

Nous ne reviendrons pas ici sur les problèmes statistiques que pose l'application de cette méthode (multicollinéarité, auto-corrélation, etc.)

Indépendamment de ces problèmes, l'application de la méthode des moindres carrés pose également certaines difficultés en ce qui concerne la détermination des variables exogènes appropriées, la prise en considération de l'irréversibilité de la fonction prix-offre et le respect des conditions d'homogénéité.

La détermination des variables exogènes appropriées fait généralement l'objet d'un compromis entre les exigences de la théorie économique, le nombre et la nature des observations disponibles et les exigences de la théorie statistique. Ce compromis prélude généralement au choix d'un grand nombre de variables explicatives possibles (établissement d'un modèle explicatif). Ces variables sont alors réunies dans un modèle d'estimation qui tient compte des exigences de la théorie statistique et des possibilités de collecte des données.

Le modèle explicatif donne généralement lieu à plusieurs modèles d'estimation, parmi lesquels on choisit alors ceux qui se prêtent le mieux à des modèles explicatifs et (ou) à des prévisions quantifiables.

C'est ainsi, par exemple, que dans le modèle d'estimation statistique détaillé qu'il a calculé pour la production du blé et des céréales fourragères en France, Oury fonde son estimation de la production du blé sur quatre modèles de base qui tiennent à chaque fois compte, outre des données climatiques analysées pour la première fois, de variables explicatives différentes (consommation d'engrais commerciaux, consommation d'engrais azotés et prix différents à périodes différentes par exemple). Il n'est généralement possible d'apprécier la valeur de ces modèles qu'en confrontant plusieurs modèles d'estimation. Le choix des modèles d'estimation et du modèle de prévision est très souvent subjectif, étant donné que la pondération des critères de sélection (conformité au modèle explicatif, précision de l'estimation exogène, etc) ne peut se faire d'une manière objective.

La valeur des modèles d'estimation est liée à l'intervalle du temps minimum devant s'écouler entre l'observation de la variable explicative et la date à laquelle la variable endogène est censée prendre la valeur prévue ; elle est liée par ailleurs à la plus ou moins grande possibilité de

prévision de l'évolution quantitative des variables explicatives. Si l'une des variables explicatives, disons x_i appartient à la même période que y , la valeur de prévision est nulle à moins qu'il ne soit possible de prévoir la valeur quantitative des variables indépendantes à l'aide d'autres analyses.

Par ailleurs, l'utilisation de la méthode des moindres carrés se fonde sur l'hypothèse que la fonction prix-offre est réversible. Cela signifie que dans l'analyse de régression, on part du principe que l'effet d'une hausse des prix sur l'offre en l'année t est compensé par une baisse correspondante des prix en l'année $t + n$.

Cette hypothèse n'est cependant vérifiée que dans la mesure où l'accroissement de la production dû à la hausse des prix a été réalisé à partir des mêmes facteurs de production que ceux qui ont été utilisés au cours des diverses périodes de production ou à partir de facteurs de production dont la valeur vénale correspond au prix d'achat. Si l'accroissement a été réalisé à partir de facteurs de production quasi-fixe ou dont la valeur vénale diffère assez sensiblement du prix d'achat, il faut admettre que la fonction prix-offre est irréversible, en ce sens que l'effet d'une hausse des prix en l'année t n'est pas entièrement compensé par une baisse correspondante des prix en l'année $t + n$.

Enfin, l'utilisation des modèles d'estimation statistiques est liée aux mêmes conditions d'homogénéité des entreprises productrices que celle des analyses de programmation. Cela revient à dire qu'il est indispensable que les groupes considérés pour une analyse de régression soient homogènes ou que l'on puisse admettre que la structure hétérogène des entreprises reste constante pendant toute la période de prévision et n'exerce aucune influence sur l'évolution de l'offre.

Le respect de ces conditions et l'hypothèse de la réversibilité des incidences de prix font que les prévisions établies à partir de l'analyse de régression ont généralement un caractère à court terme. L'expérience montre qu'il est parfaitement possible d'aboutir à des prévisions à court terme assez satisfaisantes en s'inspirant de la méthode des moindres carrés.

Cela vaut en particulier lorsque le volume de l'offre (ou certains éléments qui la déterminent, comme la surface cultivée ou le nombre des animaux) de la période précédente est introduit comme variable explicative dans l'analyse. Le recours au volume de l'offre d'une ou de plusieurs périodes

précédentes - qui s'est rapidement généralisé depuis les recherches fondamentales de Nerlove - permet en outre d'atténuer, sinon de réduire totalement les erreurs qui pourraient résulter de la non-observance de l'irréversibilité possible de la courbe d'offre. (Nerlove, 48).

Remarque :

Si l'hypothèse de la structure constante ne peut être retenue, on ne peut se servir de l'analyse de régression que s'il est possible de définir une "variable de structure" et d'en mesurer l'effet sur l'évolution de l'offre. (cf. par exemple Muller, 45 a).

Application :

La méthode des moindres carrés a déjà tellement servi à l'estimation de l'offre de divers produits qu'il n'est pas possible de s'attarder à ses différentes applications. Le lecteur se reportera au chapitre 3., paragraphe 1.2., pour les applications au niveau de la production globale du secteur agricole. (Travaux de Griliches 18 ; HEADY, TWEETEN, 23).

Au niveau des produits isolés, une autre difficulté de l'établissement des fonctions prix-offre est qu'il faut que le produit considéré ait fait l'objet d'un certain nombre de variations de prix dans le passé, ce qui n'est pas toujours le cas.

SECTION 4. - PROBLEMES GENERAUX POSES PAR L'ANALYSE ISOLEE DE L'OFFRE.

Les problèmes spécifiques des différentes méthodes d'analyse de la fonction prix-offre ont été évoqués dans l'exposé. En dehors de ces problèmes cette analyse se heurte à un ensemble d'autres difficultés qui sont communes à de nombreuses techniques évoquées. Parmi elles, quatre ont une importance particulière :

- 1 - le problème de l'agrégation
- 2 - le problème de l'irréversibilité des fonctions prix-offre
- 3 - le problème de l'identification de l'effet des progrès techniques
- 4 - le problème de l'incertitude des prévisions de prix.

4.1. - Le problème de l'agrégation.

Le problème de l'agrégation se pose pour les analyses isolées de la fonction offre comme pour les modèles d'équation simultanés ou les modèles de programmation dans lesquels l'offre et la demande sont intégrées simultanément. C'est pourquoi il sera traité dans le chapitre concernant les modèles de programmation (Chapitre VI, annexe 1)

4.2. - Le problème de l'irréversibilité des fonctions prix-offre.

L'irréversibilité des fonctions prix-offre ne constitue un problème que dans des modèles normatifs se basant sur la théorie néo-classique. (voir chapitre 4, point 11) et dans des analyses empiriques pour lesquelles est utilisée la méthode des moindres carrés. Lorsqu'on utilise des modèles de programmation (statiques ou récursifs), le problème peut être résolu en considérant des facteurs de production quasi-fixes. En effet, de tels modèles permettent de tenir compte du fait que les décisions optimales de production peuvent être différentes avant et après l'acquisition de ces facteurs.

Dans des analyses de régression, il faut à proprement parler faire une distinction entre l'effet des prix en baisse et l'effet des prix en hausse.

4.3. - La prise en considération du progrès technique dans l'analyse de la fonction d'offre.

Le progrès technique joue dans l'analyse de la fonction prix-offre un rôle analogue à celui de la variation des revenus ou de la structure des préférences dans l'analyse de la fonction prix-demande. C'est lui qui dé-

place la courbe de l'offre dans le système des coordonnées. Cela signifie que les fluctuations de la production globale apparaissant dans des séries chronologiques peuvent dans tous les cas être imputées tant à l'influence des variations de prix qu'au progrès technique.

Les difficultés auxquelles se heurte la définition des effets de progrès technique sont dues essentiellement aux facteurs suivants :

1) A l'inverse des revenus dans l'analyse de la demande, le progrès technique ne peut guère être défini quantitativement, c'est-à-dire ramené à une ou plusieurs variables indépendantes.

Il n'y a eu jusqu'ici que des tentatives isolées de définition et de mesure de l'influence du progrès technique. C'est ainsi par exemple que Koppejan a essayé de définir aux Pays-Bas l'effet du progrès technique et biologique sur les rendements à l'hectare en analysant des expériences menées pendant 30 ans sur certaines variétés (Koppejan, A.W.G. 39). Le résultat auquel il est parvenu est que l'influence du progrès technique sur les rendements à l'hectare n'était en aucun cas semblable à l'influence d'un trend constant, mais que des périodes caractérisées par des taux d'accroissements élevés dus au progrès technique alternaient avec des périodes où l'état des techniques de culture restait inchangé. L'évolution était pour les rendements céréaliers plus soutenue que pour les rendements de plantes sarclées. Les taux d'accroissement annuels imputables au progrès technique s'élevaient aux Pays-Bas, entre 1932 et 1959, à 0,15 - 0,37 %. Il faut ajouter cependant qu'il n'est pas tenu compte ici du changement de l'équilibre économique provoqué par ces progrès et de la possibilité qui en résulte d'accroître, sans variation de coût l'utilisation de moyens de production propres à augmenter le rendement.

2) L'adoption du progrès technique est généralement marquée par des hésitations. Pour ce qui est de la rapidité d'adoption, on constate entre les entreprises des différences considérables qui dépendent des conditions naturelles, du volume des liquidités disponibles, des capacités du chef d'entreprise et de l'importance du profit qui résulte de l'adoption du progrès technique.

Griliches a, il y a quelque temps, fait l'expérience intéressante consistant à déterminer les causes de ces différences. Il a étudié le développement de la culture du maïs hybride aux U.S.A. et a pu prouver que la

variation de la vitesse d'adoption entre zones différentes était principalement fonction de la rentabilité relative des nouvelles variétés. Les données existantes ne permettent cependant pas de dire dans quelle mesure la vitesse d'adoption, à l'intérieur d'une même zone, est influencée par le niveau de formation des agriculteurs et le capital disponible (Griliches, Hybrid Corn 17).

3) L'adaptation de l'organisation de l'exploitation à un nouvel équilibre économique résultat du progrès technique s'effectue fréquemment après l'adoption du progrès technique mais avec plus ou moins de retard.

Dans la plupart des cas, on essaie d'identifier l'effet du progrès technique au moyen de la méthode du trend. Ceci signifie que l'on considère le progrès technique comme le facteur de trend qui exerce un effet dans le même sens, avec une force égale ou progressivement décroissante selon la forme de l'équation du trend.

Comme on l'a déjà dit, cette méthode est applicable là où l'optimum économique se déplace de manière continue et dans le même sens, sous l'influence du progrès technique et où l'on peut supposer que l'évolution effective tend vers cet optimum avec plus ou moins de retard, mais de manière continue. Ces conditions sont généralement remplies lorsque le progrès technique entraîne tout d'abord une augmentation de productivité spécifique (augmentation des rendements par unité de surface ou du rendement par animal).

Les progrès techniques tels que l'introduction de machines, et par suite, la réduction de la main d'oeuvre provoquent par contre un changement profond dans l'organisation des exploitations se traduisant par une nouvelle affectation des ressources aux différentes productions. L'évolution est généralement rapide et s'étend très vite dans des zones jouissant de conditions économiques et naturelles semblables. La méthode du trend n'est alors pas applicable.

Il est donc opportun, pour l'analyse de l'offre, de faire une distinction entre progrès biologique et progrès mécanique.

Le progrès d'ordre biologique entraîne en premier lieu un accroissement du rendement par unité de surface ou du rendement par animal, ou une

utilisation plus efficace de moyens de production propres à augmenter le rendement. Son adoption demande généralement l'introduction de nouvelles variétés, de nouvelles races ou de l'utilisation d'animaux plus rentables de la même race et a principalement pour effet de modifier l'emploi des moyens de production destinés à augmenter le rendement (engrais, semences, etc.). Des analyses empiriques montrent que l'on peut du moins approximativement , déterminer l'influence du progrès biologique à l'aide de la méthode du trend, lorsqu'on doit étudier les variations de l'accroissement de la production à l'hectare ou par animal.

A l'inverse du progrès biologique, il n'est guère possible de déterminer l'effet du progrès mécanique à l'aide de la méthode du trend. Celui-ci est la plupart du temps rapide . Il est généralement lié à un emploi accru de moyens de production durables, le plus souvent très spécialisés, et entraîne un changement profond des rapports entre revenus marginaux des différentes productions.

Ces variations provoquent des changements brusques de l'extension de la production des diverses branches d'exploitation, que l'on peut difficilement déterminer en introduisant un facteur de trend. On ne dispose jusqu'ici que de peu d'expériences en ce qui concerne l'analyse de l'effet des progrès

mécaniques. Des considérations théoriques permettent de penser que des modèles de programmation récursifs ou d'analyse de l'évolution technique évoquée dans le même chapitre conviendraient le mieux, par combinaison des résultats de modèles normatifs et de l'évolution effective , pour dégager l'effet des progrès mécaniques.

4.4. - Le problème de l'incertitude sur les prévisions de prix.

Il est manifeste que les exploitants ne laissent guider leurs décisions de production non pas par les prix actuellement pratiqués, mais par les anticipations de prix pour la fin de la période de production. La plus ou moins grande stabilité des prix joue un rôle assez primordial dans la décision, surtout lorsque l'augmentation de la production implique des investissements (augmentation du volume de facteurs quasi-fixes).

Cela signifie que le mode de formation des prix (prix libres, prix minima garantis, prix fixes, etc...) doit être pris en considération et qu'à

proprement parler, seules sont comparables des fonctions prix-offre de marchés basés sur un même système de formation des prix.

Mais cela signifie de plus aussi, qu'il se pose pour l'analyse empirique, le problème de la détermination du prix qui influence les décisions des agriculteurs.

Pour la détermination de ce prix, on peut distinguer trois types de modèles d'estimation :

- 1 - la détermination des prix par extrapolation,
- 2 - la détermination des prix reposant sur l'hypothèse de l'adaptation,
- 3 - la détermination des prix reposant sur l'hypothèse de la prévision raisonnable.

4.41 - détermination du prix par extrapolation.

La détermination du prix par extrapolation est d'un usage très courant dans l'analyse de l'offre. Elle se base sur l'hypothèse que le prix escompté P_t^* est égal à un ou plusieurs prix antérieurs ou qu'il est proportionnel à ceux-ci :

$$P_t^* = P_{t-1} \quad [21]$$

ou

$$P_t^* = P_{t-1} + a(P_{t-1} - P_{t-2}) \quad [22]$$

4.42 - L'hypothèse de l'adaptation.

Le prix est calculé à partir de la moyenne pondérée de l'ensemble des prix antérieurs. D'après l'hypothèse de l'adaptation, il existe toujours un certain degré de corrélation entre la correction à apporter à la période t à la prévision établie pour la période $t - 1$ et l'écart qui a été observé pour la période $t-1$ entre la prévision et le prix effectif du marché :

$$P_t^* - P_{t-1}^* = \beta(P_{t-1} - P_{t-1}^*) \quad [23]$$

β = coefficient de prévision ou d'anticipation. L'équation [23] conduit à une relation dans laquelle le prix anticipé pour une période t dépend de la moyenne pondérée de l'ensemble des prix des périodes précédentes :

$$P_t^* = \beta P_{t-1} + (1 - \beta) \beta P_{t-2} + (1 - \beta)^2 \beta P_{t-3} \dots (1 - \beta)^{n-1} \beta P_{t-n} \quad [24]$$

L'équation [24] est une équation différentielle dont la solution générale pour le prix anticipé pour la période t , P_t^* , en fonction du coefficient d'anticipation β , du temps, et des prix effectifs P_λ est donnée par l'équation [25.]

$$P_t^* = H (1 - \beta)^t + \sum_{\lambda=0}^t \beta (1 - \beta)^{t-\lambda} P_\lambda \quad [25]$$

Dans cette relation H est une constante dont la valeur dépend des conditions initiales. Si l'on suppose qu'au temps $t = 0$, il y a eu équilibre et que l'on exprime tous les prix sous la forme d'écarts par rapport au prix d'équilibre au temps $t = 0$, on peut alors poser $H = 0$. L'équation se simplifie alors de la façon suivante :

$$P_t^* = \sum_{\lambda=0}^t \beta (1 - \beta)^{t-\lambda} P_\lambda \quad [25 a]$$

4.43. - Introduction dans les modèles d'offre des anticipations de prix calculés par extrapolation ou adaptation.

Il n'est pas possible, si ce n'est lorsque les modèles de programmation linéaires statiques sont associés à des modèles de prévisions statiques, de prendre explicitement en considération des anticipations de prix étant donné que l'optimum est supposé constant pendant la période d'observation et de prévision. Dans le modèle de programmation récursif, on peut sans difficulté introduire directement les anticipations de prix calculées à l'aide des modèles décrits. La détermination des contraintes de comportement est cependant alors, très difficile, étant donné que les coefficients d'adaptation calculés à partir des séries chronologiques reflètent au moins partiellement l'incertitude des prévisions de prix chez les producteurs. L'introduction d'anticipations de prix dans des modèles de programmation récursifs demanderait, pour la détermination des contraintes de comportement, qu'une distinction soit faite entre l'effet produit par l'incertitude des prévisions de prix et celui exercé par d'autres facteurs déterminant l'incertitude ou le retard d'adaptation.

Il semble que cette distinction soit très difficile à opérer.

Si, dans des analyses de régression, on doit tenir compte tant du retard d'adaptation de l'offre que du retard d'adaptation imputable aux antici-

pations de prix des problèmes analogues surgissent . Cette question a été étudiée en détail par Nerlove.

4.44. - L'hypothèse de la prévision raisonnable.

Elle repose sur l'opinion selon laquelle "les anticipations n'étant que des prévisions informelles concernant des événements futurs peuvent toujours s'identifier aux résultats donnés par une bonne théorie" (Muth 46).

Ceci conduira , en règle générale à considérer l'offre et la demande simultanément dans les modèles.

CHAPITRE - V - ANALYSE SIMULTANEE DE L'OFFRE ET DE LA DEMANDE
 DANS UN CADRE INTERREGIONAL - LES MODELES
 D'EQUILIBRE STANDARD.

Les modèles dans lesquels l'offre et la demande sont prises en compte simultanément se répartissent en deux groupes :

- 1 - les modèles se basant sur une économie localisée en un seul point et qui n'explicitent pas les coûts de transport .
- 2 - les modèles dans lesquels la répartition géographique de la production et de la demande, et par suite les coûts de transports sont explicités.

Les modèles relatifs au point 1 ont été déjà abordés dans le cadre de l'étude de la demande (Chap. I, paragraphes 1.1 et 2.1.) , nous n'y reviendrons pas ici.

Les modèles relatifs au point 2 sont désignés sous le terme général de modèles spatiaux. Parmi eux nous ne traiterons dans ce chapitre que les modèles désignés dans la terminologie anglo-saxonne sous le terme de modèles d'équilibre standard (D. Lee BAWDEN 58) réservant les modèles d'analyse par activités dans lesquels l'offre est programmée simultanément à la détermination de l'équilibre pour le chapitre suivant.

SECTION. 1. - PRESENTATION DES MODELES D'EQUILIBRE STANDARD.

Une complication importante apparaît lorsque le montant des coûts de transports rend nécessaire la prise en considération de marchés géographiquement distincts. Le produit n'est donc plus seulement défini par ses propriétés physiques, mais aussi par sa localisation. Par suite, les fonctions d'offre des producteurs et les fonctions de demande des consommateurs se rapportant à des lieux différents ne peuvent pas être facilement agrégées en fonctions macroéconomiques. Au problème de l'agrégation macroéconomique des quantités produites et des quantités demandées et de la détermination du niveau global des prix s'ajoutent les aspects d'échanges interrégionaux et de différenciation régionale des prix.

Le problème peut être présenté comme suit *. Le secteur économique

* On pourrait aisément concevoir l'application à un modèle d'équilibre spatial pour le marché d'un facteur de production.

considéré est divisé en une série de régions représentées chacune par un marché situé en un point précisé pour les besoins du calcul. Entre ces régions un ou plusieurs produits agricoles sont échangés. Pour chaque produit on connaît les fonctions régionales prix-offre et prix-demande ainsi que les coûts de transport. On cherche :

- 1 - les prix d'équilibre régionaux
- 2 - le flux existant à l'équilibre entre les différentes régions pour les différents produits.

Pour déterminer la solution d'équilibre géographique il est nécessaire d'admettre que les agents du circuit de distribution se comportent d'une certaine façon. On admet généralement qu'ils veulent accroître leurs bénéfices dans les conditions de concurrence parfaite. Ces hypothèses signifient que même si les fonctions offre et demande ont été évaluées statistiquement et qu'elles ont par conséquent un "caractère positif", on introduit dans le modèle un élément "normatif".

Les conditions pour la solution d'équilibre géographique peuvent, compte tenu de ces hypothèses, être décrites comme suit : tout produit est échangé jusqu'au moment où la différence de prix entre les deux régions excède le coût de transport. Il en résulte que les différences de prix régionales sont égales aux frais de transport : lorsqu'un échange a lieu entre les régions considérées. Si aucun échange n'est pratiqué entre deux régions, les frais de transport sont supérieurs aux différences des prix d'équilibre (ou égaux dans le cas limite).

SECTION 2. - DETERMINATION DE LA SOLUTION D'EQUILIBRE SPATIAL.

La détermination de la solution d'équilibre spatial est possible par deux approches :

- 1) Selon une méthode itérative où les quantités et les prix sont modifiés progressivement et par "essai systématique" jusqu'à ce que les conditions d'équilibre soient remplies.
- 2) En posant explicitement le problème général que l'on peut ramener à un problème de programmation non linéaire.

Lorsqu'on ne distingue que peu de régions différentes, la solution d'équilibre spatial peut en général être trouvée par "tatonnements" sans qu'il soit besoin de suivre des règles de calcul spéciales.

Pour des situations plus complexes, des méthodes itératives ont été mises au point, qui conduisent systématiquement à une solution d'équilibre. Au centre de ces méthodes se trouve le modèle de transport de type Koopmanns-Hitchcock qui, comme on le sait permet de calculer les termes d'échanges optima pour des volumes d'offre et de demande et des coûts de transport régionaux prédéterminés. Dans le cas particulier de fonctions d'offre et de demande, parfaitement élastiques, la solution du problème de transport mène directement à la solution d'équilibre spatial. Pour des fonctions à élasticité-prix quelconque, on peut donner certaines règles permettant de se rapprocher graduellement de la solution d'équilibre spatial. A chaque étape, on tient compte des interdépendances régionales par résolution de modèles de transport. Les règles pour la succession des stades itératifs sont quelque peu compliquées de sorte qu'il n'est pas possible de les aborder en détail ici (Judge, G.G. et Wallace, T.C. 31, Tramel, T.E. et Seale, A.D. 55). Une solution générale et directe du modèle se base sur l'idée de ramener le problème de l'équilibre à un problème de valeurs extrêmes (Samuelson, P.A., 50, Smith, V.L. 52). Il apparaît que la solution d'équilibre spatial peut être calculée par minimisation de la rente du producteur et du consommateur à la condition que les différences de prix régionales ne dépassent pas les frais de transport. Les modèle mathématique résultant équivaut à un problème de programmation quadratique, régi par des conditions complémentaires linéaires. On dispose pour la résolution de ce problème d'une série de programmes de calcul plus appropriés (Künzi et Krelle 41, Boot, 2, Künzi, 41).

On donne :

- fonctions régionales prix-demande

$$r^d_i = r^{\alpha}_i - \sum_{j=1}^n r^{\beta}_{ij} \cdot r^{P_{d,j}} \quad [26]$$

avec $r = 1, 2 \dots \dots \dots t$

$i = 1, 2 \dots \dots \dots n$

L'indice d désigne qu'il s'agit de la variable prix de l'équation de demande.

r^d_i est le volume de la demande pour le produit i et $r^{P_{d,j}}$ le prix du produit j, r^{α}_i et r^{β}_{ij} sont des paramètres de la fonction de demande .

L'indice r se réfère évidemment à la région.

- Fonctions prix-offre régionales.

$$r^S_i = r \lambda_i + \sum_{j=1}^n r \gamma_{ij} \cdot r^{P_{s,j}} \quad [27]$$

avec $r = 1, 2, \dots, g, \dots, t$

$i = 1, 2, \dots, n$

L'indice S désigne qu'il s'agit de la variable prix de l'équation d'offre.

r^S_i est le volume d'offre pour le produit i et $r^{P_{s,j}}$ le prix du produit j dans la région r.

$r \lambda_i$ et $r \gamma_{ij}$ sont des paramètres de la fonction d'offre.

Le modèle peut prendre la forme suivante (Voir Takayama, T et Judge G.G. 53, Henrichsmeyer W. 26) .

Minimisation de la rente :

$$\text{Min } R = \sum_{g=1}^t \sum_{i=1}^n \int_{g^{P_{o,i}}}^{g^{P_{s,i}}} (g \lambda_i + \sum_{j=1}^n g \gamma_{ij} g^{P_j}) \cdot d_g P_{s,i} \quad [28]$$

$$- \sum_{r=1}^t \sum_{i=1}^n \int_{r^{P_{o,i}}}^{r^{P_{d,i}}} (r \alpha_i - \sum_{j=1}^n r \beta_{ij} \cdot r^{P_j}) \cdot d_r P_{d,i}$$

ou après intégration

$$\text{Min } R = \sum_{g=1}^t \sum_{i=1}^n (g \lambda_i \cdot g^{P_{s,i}} + \frac{1}{2} \sum_{j=1}^n g \gamma_{ij} \cdot g^{P_{s,j}} \cdot g^{P_{s,i}}) \quad [29]$$

$$- \sum_{r=1}^t \sum_{i=1}^n (r \alpha_i \cdot r^{P_{d,i}} - \frac{1}{2} \sum_{j=1}^n r \beta_{ij} \cdot r^{P_{s,j}} \cdot r^{P_{s,i}})$$

Sous les conditions complémentaires

$$- g^P s, i + r^P d, i - g r^k i \leq 0$$

$$g^P s, i ; r^P d, i \geq 0$$

30

avec $g = 1, 2 \dots \dots \dots t$ $r = 1, 2 \dots \dots \dots t$ $i = 1, 2 \dots \dots \dots n$

SECTION 3. - APPLICATION DES MODELES D'EQUILIBRE STANDARD.

L'application des modèles d'équilibre spatial décrits ici implique la connaissance des fonctions régionales prix-offre et prix-demande pour les produits agricoles. Les difficultés de la détermination des fonctions prix-offre ont déjà été discutés au chapitre IV... L'estimation statistique de fonctions prix-demande a, à l'échelon national, donné des résultats satisfaisants mais la spécification régionale pose des problèmes considérables. L'insuffisance de l'information statistique sur les courants d'échanges interrégionaux ne permet généralement pas de procéder à l'estimation particulière de fonctions régionales ; par ailleurs, pour des analyses horizontales régionales basées sur des sondages de consommation, les groupes de consommation statistiques font généralement l'objet d'enquêtes trop compactes. Pour l'adaptation régionale de fonctions calculées à l'échelon national, on est également confronté à des problèmes considérables dûs aux différences dans la structure de la population et les habitudes de consommation des diverses régions.

D'autres difficultés sont dues au fait que la majeure partie des produits agricoles est demandée par l'industrie de transformation, alors que les enquêtes sur la demande se rapportent généralement à la demande finale de produits alimentaires par les consommateurs. Il est alors nécessaire de partir de la demande régionale finale de produits alimentaires pour calculer (par exemple à l'aide de la méthode input-output ou des modèles de transport élargis) la demande régionale de produits agricoles qui est en grande partie déterminée par la répartition géographique des capacités de transformation. L'utilisation de tels modèles est liée aux possibilités d'estimation de fonctions d'offre satisfaisantes. Cette estimation ne s'est jusqu'ici avérée possible que dans certains cas et dans des régions limitées ; aussi les mo-

dèles d'équilibre standard ne valent encore que pour des analyses à très court terme et pour des fonctions d'offre parfaitement inélastiques. Dans ces limites, ces modèles complètent les modèles de programmation interrégionaux qui concernent plus particulièrement l'évaluation à moyen et long terme de la production et des structures.

Ainsi, à très court terme et en raison de la durée de la production on peut considérer l'offre de certains produits comme déterminée par des facteurs extra-économiques. On peut, avec plus ou moins de précision, prévoir quelques mois à l'avance, la production des terres arables sur la base de statistiques de culture et de l'évolution des conditions atmosphériques ainsi que la production de produits animaux sur la base d'inventaire des effectifs, et des prévisions de production fourragère. Dans des modèles d'équilibre spatial du type décrit, on peut alors déterminer prévisionnellement les échanges interrégionaux et les prix régionaux. (Fox, K.A., 13, Fox, K.A. et Tauber, R.C., 14, Judge, G.G., 30, Judge G.G. et Wallace T.D., 32).

Comme nous le verrons, le principe du dynamic-coupling qui revient à associer dans le temps les décisions de production et l'équilibre sur le marché permet de définir l'offre dans un premier temps et de définir l'équilibre dans un second temps à partir d'un modèle de ce type dans lequel le volume de l'offre est fixé.

Enfin, signalons qu'une version dynamique de ces modèles d'équilibre a été proposée et que nous en dirons quelques mots dans le cadre du chapitre réservé à l'approche dynamique.

ANNEXE 1. -

1. Anderson, T.W. and Rubin H.
2. Boot, J.C.G.
4. Buchholz, H.E.
Judge, G.G. and West, V.J. :
5. Candler , W.
6. Chernoff, H. and Divinski, N.
9. Day, R.H.
10. Duesenberry, J.S.;
Fromm , S. ;
Klein,L.R. and Kuh, E.
11. Fox K.:
12. Fox, K.A.
13. Fox. K.A.

BIBLIOGRAPHIE.

- Estimation of the Parameters of a Single Equation in a Complete System of Stochastic Equations. Ann. Math. Stat. , Vol. 20 (1950)
- Quadratic Programming . Amsterdam 1964.
- A Summary of Selected Estimated Behavior Relationships for Agricultural Products in the United States. Urbana , III, 1962.
- A Modified Simplex Solution for Linear Programming with Variable Capital Restrictions, JFE 38 (1956) , S. 940-955.
- The Computation of Maximum Likelihood Estimates of Linear Structural Equations in : Studies in Econometric Method . Cowles Commission Monograph 14, New-York - London - 1953.
- Recursive, Programming and Production Response. Amsterdam 1958.
- (Hrsgb) : The Brookings Quarterly Econimetric Model of the United States. Amsterdam - Chicago - 1965
- A Submodel of the Agricultural Sector, in : Duesenberry, J.S. ; Fromm, S. ; Klein, L.R. and Kuh, E. (Hrsgb.) : The Brookings Quarterly Econometric Model of the United States. Amsterdam Chicago - 1965.
- Spatial Price Equilibrium and Process Analysis in the Feed and Agricultural Sector. In ; A.S. Manne and H.M. Markowitz ed., Studies in Process Analysis. Cowles Foundation Monograph 18, Yale 1963. - S. 215 - 233.
- A spatial Equilibrium Model of the Live-stock-Feed Economy in the United States. Econometrica Vol. 21 (1953) S. 547 - 568.

14. Fox, K.A. and
Taeuber, R.C. Spatial Equilibrium Models of the Live-stock-
Feed Economy. The American Economic Review, Vol
45 (1955), S. 584-608.
16. Golter F. Beitrag sur Untersuchung des Aggregations
problemes und des Verhältnisses von tatsächli-
cher zu optimaler Betriebsorganisation. Disser-
tation Hohenheim 1966.
17. Griliches Z. Hybrid Corn ; An Exploration in the Economics of
Technical Change, Econometrica 25 (1957), S.
501-522.
18. Griliches Z. The Aggregate U.S. Farm Supply Function.
Journ. Farm. Ec., Vol. 42, S. 282 ff (1960),
19. Halvorson, H.W. The supply Elasticity for Milk in the Short
Run, JFE 37 (1955), S. 1186-1196.
20. Heady, E.O. The Supply of U.S. Farm Products under Condi-
tions of Full Employment. Amer. Ec. Rev. Vol,
45, S. 228 ff (1958).
21. Heady E.O. Agricultural Supply Functions. Iowa State
Baker, C.B. ,
Diesslin, H.G. u.a
University Press . Ames 1961
22. Heady, E.O. and
Candler, W. Linear Programming Methods, Ames (Iowa)
1958.
23. Heady E.O. and
Tweeten, L.G. Resource Demand and Structure of the Agricul-
tural Industry. Iowa State University Press.
Ames 1963, S. 80 ff
24. Heidhues, T. A Recursive Programming Model of Farm Growth in
Northern Germany. J. of Farm Economics. 48
(1966), S. 668-684.
25. Henderson J.M. The Utilization of Agricultural Land : A
Theoretical and Empirical Inquiry, Rev. Ec. Stat.
41 (1959), S. 242-259.
26. Henrichsmeyer, W. Das sektorale Gleichgewicht..., a.a.O;,
Kap. 4. 442.

27. Hildreth, C. and Jarrett, G.G. A statistical Study of Livestock Production and Marketing. Cowles Commission Monograph Nr. 15, New-York - London 1955.
28. Johnson, D.G. The Nature of the Supply Function for Agricultural Products. Amer. Ec. Rev., Vol. 40, S. 722 ff (1951).
- 29 Johnson G.L. Supply Functions - Some Facts and Notions ; in: Agricultural Problems in a Growing Economy, Ames (Iowa) 1956.
30. Judge, G.G. A Spatial Equilibrium Model for Eggs. Connecticut Agricultural Experiment - Station Bulletin 318, 1956.
31. Judge, G.G. and Wallace, T.C. Estimation of Spatial Price Equilibrium Models Journal of Farm Economics, Vol. 40 (1958) S. 801- 820.
32. Judge G.G. and Wallace, T.C. Econometric Analyses of the Beef and Pork Sectors of the Economy. Oklahoma Agricultural Station Bulletin 75, 1958.
33. Kehrberg, E.W. An Example of Estimating a Supply Function through Estimating the Use of Data obtained from a Cross Section of Individual Farm Cost-Relations; Vortrag auf der Tagung der Gesellschaft für Wirtschafts und Sozialwissenschaften des Landbaues in Stuttgart (Oktober 1961).
34. Kehrberg, E.W. : Determination of Supply Functions from Cost and Production Functions, in : Heady, Baker, Diesslin Kehrberg, Staniforth, a.a.O. S. 139 - 150.
37. Knudtson, A.C. and Cochrane, W.W. A Supply Function for Flax at the Firm Level JFE 40 (1958), S. 117-123.
38. Koopmans, T.C. and Hood, W.C. The Estimation of simultaneous Linear Economic Relationships Cowl. Comm. Mon. 14, 1953
39. Koppejan, A.W.G. Growth of Arable Productivity, especially by Plant Breeding ; Vortrag auf der Tagung der E.C.E. über die Methodik der Projektion der landwirtschaftlichen Erzeugung, Genf, Okt.1961

40. Krenz, R.D.
Heady, E.O. and
Baumann, R.V. Profit-Maximizing Plans and Static Supply Schedules for Fluid Milk in the Des Moines Milkshed, Agricultural and Home Economics Experiment Station, Iowa State University of Science and Technology ; Research Bulletin 486, Okt. 1960.
41. Kunzi, H.P. and
Krelle, W. Nichtlineare Programmierung. Berlin, Göttingen Heidelberg, 1962.
42. Ladd, G.W. and
Easley, E.V. An Application of Linear Programming to the Study of Supply Responses in Dairying, Agricultural and Home Economics Experiment Station, Iowa State College, Research Bulletin 467, Mai 1959.
43. Loftsgard, L.D.
Heady E.O. and
Howell Programming Procedures for Farm and Home Planning under Variable Price, Yield and Capital Quantities ; Agricultural and Home Economics Experiment Station, Iowa State - University of Science and Technology, Research Bulletin 487 (Nov. 1960).
44. Mc. Kee, D.E. and
Loftsgard, L.D. Programming Intra-Farm Normative Supply Functions, in : Heady, Baker, Diesslin, Kehrberg, Staniforth, a.a.O., S. 152 - 169.
45. Mc. Pherson, W.W. and
Faris, J.E. "Price Mapping" of Optimum Changes in Enterprises JFE 40 (1958), S. 821 - 834.
- 45a. Müller , G. Entwicklungstendenzen der Rindviehhaltung in der Bundesrepublik Deutschland seit 1950 mit einer Projektion bis 1975. Dissertation Göttingen 1967.
46. Muth, J.F. Optimal Properties of Exponentially Weighted Forecasts of Time Series with Permanent and Transitory Components. Carnegie Inst. of Tech. ONR Res. Mem. No. 64, 1959. Derselbe : Rational Expectations and the Theory of Price Movements. Carnegie Inst. of Tech. ONR Res. Mem. No. 65. 1 1959. Zit. nach Nerlove, M. : Time-Series Analysis, a.a.O., S. 46 ff. und S. 59.

47. Nerlove, M. Time-Series Analysis of the Supply of Agricultural Products, in : Heady, Baker, Diesslin, Kehrberg, Staniforth, a.a.O., S. 31-60
48. Nerlove, M. The Dynamics of Supply : Estimation of Farmers' Response to Price, Baltimore 1958.
49. Oury , B. Tentative Production Model for Wheat and Feed Grain in France 1946-61. Department of Agricultural Economics, Wisconsin 1963.
50. Samuelson, P.A. Spatial Price Equilibrium and Linear Programming. The American Economic Review, Vol. 42 (June 1952), S. 285.
51. Sheehy, S.J. and
Mc. Alexander, R.H. Selection of Représentative Benchmark Farms for Supply Estimation. J. of Farm Economics 47 (1965) , S. 681-695).
52. Smith, V.L. Minimization of Economic Rent in Spatial Price Equilibrium . Review of Economic Studies, Vol. 30 (1963), S. 24-31.
53. Takayama , T. and
Judge, G.G. Equilibrium among Spatially Separated Markets: A Reformulation. Econometrica, Vol. 32 (1964) S. 510-524.
55. Tompkin, J.R. Response of Farm Production Unit as a Whole to Prices, JFE 40 (1958), S. 1115 bis 1128.
56. Tramel, T.E. and
Seale, A.D. Reactive Programming of Supply and Demand Relations-Application to Fresh Vegetables. Journal of Farm Economics, Vol. 41 (1959) S. 1012 bis 1022
57. Weinschenck, G. Möglichkeiten und Grenzen der Verknüpfung von Makro - und Mikroanalyse in der quantitativen Forschung in: Landwirtschaftliche Marktforschung in Deutschland *, München- Basel - Wien, 1968
58. Bawden D. Lee An evaluation of altermative spatial models. J.of Farm Economics - Vol 46 - n° 5 . Déc. 64.

* herausgegeben von G.Schmitt

59. G. Orlando Previsioni delle produzioni agricole italiane
1965-1970-1975 - Milano
60. G. Perone Pacifico, Funzioni di offerta del pomodoro - Rivista di
L. Pieraccini, M. economia agraria, fasc. V, 1966
Grassini
61. M. De Benedictis, Irrigazione ed ordinamenti colturali - Le aziende
M. Bartolelli, G.W. della riforma del Metapontino - Napoli
Dean
62. INRA-Economie L'offre de produits agricoles - Bibliographie
commentée - Paris - septembre 1968

CHAPITRE VIANALYSE SIMULTANÉE DE L'OFFRE ET DE LA DEMANDE
DANS UN CADRE INTERREGIONAL

Modèles d'équilibre spatial basés sur les
méthodes d'analyses par activités

Dans les modèles décrits au chapitre précédent l'offre est explicitée et les quantités de produits sont précalculés ou prédéfinies en fonction d'un petit nombre de paramètres comme les prix régionaux et quelques variables exogènes.

Les modèles que nous évoquerons dans le cadre de ce chapitre font intervenir l'offre de façon implicite par le truchement d'une matrice de coefficients techniques permettant de programmer l'offre simultanément à la détermination de l'équilibre (*). Ces modèles sont désignés, toujours selon la même terminologie, sous le nom de modèles d'analyse par activités (activity analysis). Ils comportent généralement des activités liées à la production physique et des relations de demande. Ces modèles peuvent être statiques ou présenter un caractère plus ou moins dynamique ; après avoir analysé les modèles de programmation statiques en général, nous évoquerons différentes approches dynamiques.

(*) Il est difficile d'opposer radicalement les deux types de modèles ; en effet les modèles d'équilibre standard pour lesquels l'offre est prédéfinie à partir d'une agrégation des résultats de modèles de programmation pour différentes exploitations-types présentent de nombreux caractères des modèles d'analyse par activités.

SECTION 1 - Modèles statiques

Par opposition aux modèles dynamiques les modèles statiques ne prétendent pas décrire un cheminement, mais donner une photographie d'une situation cohérente définie en fonction d'un certain nombre d'hypothèses et répondant à un certain objectif pour un horizon fixé. Ces modèles sont datés par le fait que chaque donnée exogène (coefficient technique, rendement, population, demande, etc ...) prend une valeur définie relativement à l'horizon choisi selon diverses techniques de prévision ; par contre le facteur temps n'intervient pas directement dans ces modèles.

Nous ne passerons pas en revue les différentes formulations des modèles statiques car il doit être assez facile d'en dénombrer plusieurs centaines. Nous nous contenterons de prendre une structure simple et classique et de la commenter en évoquant un certain nombre de variantes que l'on peut y apporter.

1.1 Quelques hypothèses de base pour l'établissement de ce type de modèle

Un certain nombre d'hypothèses sont nécessaires à l'établissement du type de modèle que nous étudions ici. Takayama et GG. Judge (2) en ont proposé une liste assez générale que nous reprenons ici en grande partie.

- a) L'économie est divisible en secteurs ; le modèle peut être établi pour le secteur agricole.
- b) Le secteur agricole peut être divisé en régions elles-mêmes sont divisibles en sous-ensembles (par exemple sous-ensembles d'exploitations homogènes).

c) Il est possible de définir un ou plusieurs types d'unité de production au sein d'une région.

d) Dans le cadre d'un même sous-ensemble d'unités de production, la technologie est uniforme, il n'existe pas d'économies d'échelle internes.

e) Différents types de produits peuvent être distingués :

- les produits primaires intermédiaires : issus de la production agricole ils sont réutilisables par l'agriculture sous forme de facteurs de production (fourrages ...)

- les produits secondaires intermédiaires : issus de la production agricole, ils nécessitent une transformation ou un conditionnement et servent de ressources (matières premières) aux activités de transformation.

- les produits finals : destinés à la consommation en l'état.

Chacun de ces produits sont, par ailleurs, transportables ou non.

f) Différents types de facteurs peuvent être distingués :

- les facteurs primaires consommés par la production agricole. Ils peuvent être mobiles, c'est-à-dire transportables d'une région à l'autre moyennant un coût ou fixes c'est-à-dire non transportables (terre, bâtiments, ...). En fait rien n'est définitif en ce domaine : des facteurs géographiquement fixes, comme la terre, peuvent se transférer d'une catégorie d'exploitation à l'autre ; d'autre part des facteurs mobiles par nature (main d'oeuvre ...) peuvent être considérés comme attachés à

certaines régions et à certaines structures dans le court terme.

- Les produits intermédiaires, primaires (fourrages, porcelets, veaux ...) ou secondaires considérés ou non comme transportables ou transférables.

g) On considère un secteur de transformation susceptible de transformer les produits secondaires intermédiaires en produits finals, ou encore de traiter des produits primaires intermédiaires (aliments du bétail).

A l'horizon choisi les capacités régionales existantes sont connues ainsi, éventuellement, que leurs possibilités d'extension. Les coûts de transformation sont connus et peuvent présenter des disparités régionales assez grandes.

h) On connaît les disponibilités en facteurs primaires dans chacune des régions ou dans chacun des sous-ensembles, pour la période choisie pour horizon.

i) Les besoins d'une région en ressources mobiles sont satisfaits à partir de ses propres disponibilités ou de celles des autres régions en faisant intervenir les transports ou les transferts.

j) Les transports sont supposés assurés par un secteur hors-agriculture et l'on connaît les coûts de transport par produit et pour tout couple de points reliés.

k) On suppose connu le niveau d'activité des autres secteurs à l'horizon choisi ; une certaine souplesse peut être introduite pour certains flux intersectoriels.

l) Les lois de demande, en chaque point de consommation retenu, sont supposées connues : demandes parfaitement élastiques, ou totalement inélastiques, relations demandes/prix.

m) Un comportement concurrentiel est généralement adopté pour l'ensemble des agents considérés se rencontrant sur des marchés de concurrence parfaite.

1.2 structure générale du modèle

Nous distinguons un ensemble de régions de production P , un ensemble de régions de transformation industrielle agricole V , et un ensemble de régions de consommation F . Chacune est schématiquement assimilée à un point ; les coûts de transport interrégionaux seront calculés en moyenne entre ces points. Les coûts de collecte régionale, qui sont souvent les plus importants, sont le plus généralement inclus dans les coûts de production.

Dans chacune des régions p de l'ensemble P on distingue un ensemble K de types d'exploitation. Pour chacun des sous-ensembles k , J représente l'ensemble des activités de production offertes (unités techniques de production).

- Soit I l'ensemble des produits primaires intermédiaires
- S l'ensemble des produits secondaires intermédiaires
- D l'ensemble des produits finals.

Nous allons analyser les différentes relations constituant le modèle et nous récapitulerons ensuite la structure générale.

a) Offre au niveau d'un sous-ensemble d'exploitations

L'offre au niveau d'un sous-ensemble d'exploitations de type k de la région p (*) peut se définir ainsi.

(*) Nous préférons préciser ainsi l'ensemble auquel se réfère chaque relation plutôt que d'utiliser des indices supplémentaires pour chaque donnée qui surchargent inutilement l'écriture par exemple $x_{j k p}$ pour l'activité j , des exploitations k , de la région p .

pour un produit final d :

$$Q_{dk} = \sum_j q_{dj} x_j \quad (1)$$

x_j est la dimension de l'activité j

q_{dj} est la quantité unitaire de produit final d offerte par l'activité j

Pour un produit secondaire intermédiaire nous aurons

$$Q_{sk} = \sum_j q_{sj} x_j \quad (2)$$

q_{sj} étant la quantité unitaire de produits secondaires intermédiaire fournie par l'activité j.

Cette offre est évidemment limitée par les ressources primaires dont dispose l'ensemble d'exploitations k. Nous supposons ici, le cas le plus simple où les ressources F sont fixées en quantité. On peut donner une interprétation très large de la notion de ressource et introduire ici toutes les contraintes individuelles au niveau de l'exploitation (limitation de capacité de production d'origine agronomique, zootechnique, organique, financière, psychologique, etc...)

$$\sum_j a_{fj} x_j \leq b_f \quad (3)$$

b_f est la quantité de ressource primaire f disponible pour le sous-ensemble d'exploitations k.

a_{fj} est la consommation unitaire de ressource f de l'activité j .

Cette relation est ici valable pour la terre ; en effet, dans le cas d'une structure fixée la terre l_p de la région de production p est répartie intégralement entre les différents sous-ensembles k qui la composent.

$$\sum_k l_k = l_p \quad (4)$$

Nous verrons qu'il est possible de jouer sur ces contraintes pour étudier certains aspects des problèmes de structure.

Cas des produits primaires intermédiaires

- α) Le produit primaire i n'est ni transférable, ni transportable

On doit écrire :

$$\sum_j (a_{ij} - q_{ij}) x_j \leq 0 \quad (5)$$

Ce qui traduit que le bilan du produit intermédiaire doit être équilibré dans chaque sous-ensemble d'exploitations (c'est-à-dire en fait, dans le cadre de chaque exploitation). Ceci pourrait être le cas pour les fourrages consommés en vert par exemple.

- β) Le produit intermédiaire est transportable

L'expression

$$Q_{ik} = \sum_j (a_{ij} - q_{ij}) x_j \quad (6)$$

définit le déficit du sous-ensemble d'exploitation k pour le

produit intermédiaire i . Ce déficit peut prendre une valeur négative (excédent) et va entrer dans des relations de bilan.

Remarque

Dans le cas où l'on considère que le produit i peut donner lieu à transferts dans le cadre d'une région mais non à transports interrégionaux il est possible de boucler le bilan au niveau de la région p . (voir relation 6 ter).

b) Offre au niveau d'une région de production

L'offre au niveau d'une région de production p se déduit par simple sommation des offres propres à chaque sous-ensemble

Pour les produits finals d

$$Q_{dp} = \sum_k Q_{dk} \quad (1 \text{ bis})$$

Pour les produits secondaires intermédiaires

$$Q_{sp} = \sum_k Q_{sk} \quad (2 \text{ bis})$$

Pour les produits primaires intermédiaires (déficit régional)

$$Q_{ip} = \sum_k Q_{ik} \quad (6 \text{ bis})$$

Si le produit intermédiaire ne fait pas l'objet d'échanges interrégionaux alors un bilan régional est nécessaire.

$$Q_{ip} = \sum_k Q_{ik} \leq 0 \quad (6 \text{ ter})$$

relation qui exprime qu'on ne tolère pas de déficit global au niveau de chaque région p .

- o) Equilibre interrégional de produits primaires
intermédiaires
a) Absence d'importations et d'exportations

Le modèle doit exprimer qu'en toute région p la quantité de produit intermédiaire i utilisée ne peut excéder la quantité disponible. L'utilisation comprend la consommation proprement dite et les transports vers d'autres régions de production $q \in P$ que nous désignerons par T_i^{pq} ; la quantité disponible comprend les quantités produites et les quantités transportées à partir d'autres régions q vers la région p soit T_i^{qp} . Nous connaissons déjà l'expression du déficit (consommation - production) il suffit d'exprimer qu'un déficit réel doit être comblé par les transports en provenance des autres régions, alors qu'un excédent permet éventuellement de transporter vers les autres régions.

$$Q_{ip} + \sum_q T_i^{pq} - \sum_q T_i^{qp} \leq 0 \quad (7)$$

- β) Possibilités d'introduire des importations et des exportations

Il suffit de définir un certain nombre de points de réception des importations Y et d'expédition pour les exportations E (ports ferroviaires, fluviaux ou maritimes) et de les traiter respectivement comme des points de production ou de consommation finale.

Il convient d'ajouter pour chaque point d'importation y une contrainte exprimant que l'on ne peut expédier plus qu'on a importé, soit Q_i^y .

$$\sum_p T_i^{yp} - Q_i^y \leq 0 \quad (8)$$

Parallèlement, pour chaque point d'exportation e , une contrainte implique que l'on ne peut exporter que ce qui est disponible en e .

$$- \sum_p T_i^{pe} + Q_i^e \leq 0 \quad (9)$$

Remarques

Des points d'importation ou d'exportation peuvent être confondus avec certains points de production ; pour ces points il est alors possible d'écrire un seul type de relation combinant (7) et (8) ou (9). Par ailleurs les quantités importées ou exportées peuvent être éventuellement limitées pour l'ensemble du secteur agricole pour des raisons de politique économique ou de débouchés. On écrira alors

$$\sum_y Q_i^y \leq M_i \quad (10)$$

$$\sum_e Q_i^e \leq M'_i \quad (10 \text{ bis})$$

M_i étant la quantité maximale de produit i que l'on peut importer, M'_i étant la quantité limite qu'il est possible d'exporter.

d) Equilibre interrégional de produits secondaires
intermédiaires

Les produits agricoles à transformer ou à conditionner S , doivent être d'abord transportés vers les industries de transformation qui sont localisées en un ensemble de points V ; en pratique ces points sont généralement confondus avec des points de production P et des points de consommation finale R .

Il convient d'écrire deux types de contraintes pour chaque point de transformation v . La première exprime que les quantités d'un produit S transformé dans l'industrie située en v , sont bien disponibles c'est-à-dire transportées en v à partir des points de production p .

$$-\sum_p T_s^{pv} + Q_s^v \leq 0 \quad (11)$$

La seconde exprime que la quantité de produit s traité en v ne peut excéder la capacité de l'industrie correspondante.

$$Q_s^v \leq M_s^v \quad (12)$$

Remarques

Nous supposons ici que le produit s ne donne lieu qu'à un seul type de traitement ; en fait, la capacité d'une industrie se définit par les deux termes de la transformation

s \longrightarrow d ce qui ne pose pas de problèmes particuliers mais conduit à une écriture un peu plus détaillée.

Dans les modèles où l'on envisage une éventuelle augmentation de capacité des industries de transformation il convient de faire intervenir dans la relation (12) une activité "extension de capacité" ΔM_s^V

$$Q_s^V - \Delta M_s^V \leq M_s^V \quad (12 \text{ bis})$$

Par ailleurs, au niveau de la région de production p les quantités transportées vers les points de transformation ne peuvent être supérieures à l'offre de produit s

$$- Q_{sp} + \sum_v T_{sv}^{pv} \leq 0 \quad (13)$$

Ici encore lorsque les points de transformation et de production sont confondus, il est possible d'économiser des relations en fusionnant les relations du type (11) et (13).

e) Equilibre offre-demande de produits finals

Nous nous plaçons dans le cas le plus classique où la demande M_d^r de chaque produit final d est fixée de façon exogène pour chaque région de consommation r.

a) Le produit d est directement issu de la production

Il convient seulement d'écrire que ce produit d doit être transporté des régions de production P vers les régions de consommation R. Pour cela on écrit qu'à partir de chaque région de production p on ne peut transporter plus que la quantité produite.

$$- Q_{dp} + \sum_r T_d^{pr} \leq 0 \quad (14)$$

Nous exprimons par ailleurs que l'offre aux consommateurs de la région r , c'est-à-dire les quantités de produits d offertes par l'ensemble des régions P à la région r , est suffisante pour satisfaire la demande.

$$\sum_p T_d^{pr} \geq M_d^r \quad (15)$$

β) Le produit d est issu de la transformation d'un produit secondaire s

Il convient de répartir l'offre de produit d au sortir des industries des différentes régions de transformation V vers les différentes régions de consommation R .

Pour chaque région de transformation v la quantité de produit d transportée vers les régions de consommation R ne peut excéder la quantité issue de la transformation

$$-\lambda_s^v Q_s^v + \sum_r T_d^{vr} \leq 0 \quad (16)$$

λ_s^v est le coefficient de transformation du produit s en produit d par les industries localisées en v .

Pour chaque région de consommation r la quantité reçue des différentes régions de transformation V doit être capable d'assurer la satisfaction de la demande

$$\sum_v T_d^{vr} \geq M_d^r \quad (17)$$

Remarque

La quantité demandée peut très bien incorporer une demande internationale (exportations). On peut très bien supposer aussi qu'elle ne représente qu'une certaine proportion de la demande intérieure, le reste étant assuré implicitement par des importations. Enfin on peut aussi considérer qu'elle représente l'ensemble de la consommation intérieure et faire intervenir explicitement des importations dans les points de l'ensemble Y qui joueront le rôle des régions de production ou de transformation dans les relations (15) et (17).

Il est évidemment possible d'intégrer dans le modèle des mécanismes comparables pour les marchés de différents facteurs et expliciter des transferts et des transports de ressources. Les mécanismes étant les mêmes nous n'insisteront pas ici pour ne pas alourdir la présentation de la structure de base du modèle-type.

f) La fonction-objectif

Nous aurons à revenir sur le choix de la fonction-objectif selon les différents modèles. Par rapport à la structure présentée ici (demande fixée) il convient de se référer à une minimisation des coûts. La nature des coûts à prendre en considération dépend évidemment de l'horizon choisi et du degré de mobilité des différentes ressources. Dans le cas d'un horizon très rapproché ou d'une structure définie, les facteurs fixes entraînent une masse constante de charges fixes ; la plupart des coûts à prendre en considération seront des coûts variables ou marginaux. Dans le cas d'un horizon plus lointain,

la mobilité des facteurs est plus importante et les coûts intégreront la rémunération d'un plus grand nombre de facteurs.

L'objectif sera ici la minimation du coût global d'obtention des quantités de produits finaux demandées (nous excluons pour l'instant la possibilité d'importer des produits finaux). Ce coût global comprend :

- les coûts de production
- les coûts de transformation
- les coûts de transport.

a) Coûts de production

Pour un sous-ensemble d'exploitations k d'une région p le coût de production est

$$C_k = \sum_j c_j x_j \quad (18)$$

Les coûts c_j ne tiennent pas compte des produits primaires intermédiaires dont les prix de cession seront établis par le modèle (propriétés du programme dual).

Pour l'ensemble d'une région p le coût de la production est

$$C_p = \sum_k C_k = \sum_k \sum_j c_j x_j \quad (19)$$

Pour l'ensemble des régions de production le coût de la production est

$$C = \sum_p C_p = \sum_p \sum_k \sum_j c_j x_j \quad (20)$$

β) Coûts de transformation

Si w_s^v est le coût unitaire de transformation du produit s dans les industries localisées en v , le coût total de ce type de transformation en v est :

$$W_s^v = w_s^v Q_s^v \quad (21)$$

Pour l'ensemble du produit s le coût de la transformation est la somme des coûts de transformation de s dans les différentes régions de l'ensemble V .

$$W_s = \sum_v W_s^v = \sum_v w_s^v Q_s^v \quad (22)$$

Enfin pour l'ensemble du secteur de la transformation il convient de sommer les coûts de transformation des différents produits s .

$$W = \sum_s W_s = \sum_s \sum_v w_s^v Q_s^v$$

soit

$$W = \sum_s \sum_v w_s^v Q_s^v \quad (23)$$

γ) Coûts de transports

- Produits primaires intermédiaires

Appelons g_i^{pq} le tarif du transport d'une unité de produit intermédiaire de la région de production p vers la région de production q .

Le coût de transport du produit intermédiaire i à

partir de la région p est égal à

$$G_i^p = \sum_q g_i^{pq} T_i^{pq} \quad (24)$$

Le coût de transport du produit intermédiaire i à partir de l'ensemble des régions p sera :

$$G_i = \sum_p G_i^p = \sum_p \sum_q g_i^{pq} T_i^{pq} \quad (25)$$

Enfin le coût de transport total des produits primaires intermédiaires de l'ensemble I sera :

$$G^I = \sum_i G_i = \sum_i \sum_p \sum_q g_i^{pq} T_i^{pq} \quad (26)$$

- Produits secondaires intermédiaires

En admettant un symbolisme homologue, p étant la région de départ, v la région de destination nous avons :

$$G_s^p = \sum_v g_s^{pv} T_s^{pv} \quad (27)$$

$$G_s = \sum_p G_s^p = \sum_p \sum_v g_s^{pv} T_s^{pv} \quad (28)$$

enfin

$$G^S = \sum_s G_s = \sum_s \sum_p \sum_v g_s^{pv} T_s^{pv} \quad (29)$$

- Produits finals

. Pour un produit d au départ d'une région de production p nous avons :

$$G_d^p = \sum_r g_d^{pr} T_d^{pr} \quad (30)$$

Soit pour l'ensemble des régions de production

$$G_d^p = \sum_p G_d^p = \sum_p \sum_r g_d^{pr} T_d^{pr} \quad (31)$$

. Si le produit se trouve au départ d'une région de transformation v nous avons :

$$G_d^v = \sum_r g_d^{vr} T_d^{vr} \quad (32)$$

et pour l'ensemble des régions de transformation

$$G_d^v = \sum_v G_d^v = \sum_v \sum_r g_d^{vr} T_d^{vr} \quad (33)$$

Pour l'ensemble des produits finals transportés il convient de faire la somme pour les différents produits de l'ensemble D , qu'ils soient directement issus des régions de production (31) ou des régions de transformation (33).

$$G^D = \sum_d \sum_p G_d^p + \sum_d \sum_v G_d^v \quad (34)$$

Remarque

Dans le cas d'importations il conviendrait d'ajouter les coûts d'importation et de transport des différents produits concourant, directement ou indirectement, à la satisfaction de la demande de produits finals.

g) Récapitulation de la structure du modèle

La structure de base du modèle peut donc être résumé de la façon suivante :

Fonction

$$\min Z = C + W + G^I + G^S + G^D \quad \text{(relations 18 à 34)}$$

production trans-
formations transports

Sous les contraintes suivantes :

- Pour chaque sous-ensemble k de chaque région p , un ensemble de contraintes sur les capacités des appareils de production

$$\sum_j a_{fj} x_j \leq b_f \quad \text{(relation 3)}$$

- Pour chaque produit primaire intermédiaire i et pour chaque région p une contrainte de bilan quantitatif

$$Q_{ip} + \sum_q T_i^{pq} - \sum_q T_i^{qp} \leq 0 \quad \text{(relation 7)}$$

- Pour chaque produit secondaire intermédiaire s

. pour chaque région p une contrainte de disponibilité de l'offre

$$- Q_{sp} + \sum_v T_s^{pv} \leq 0 \quad (\text{relation 13})$$

. pour chaque région v une contrainte assurant l'approvisionnement des industries de transformation

$$- \sum_p T_s^{pv} + Q_s^v \leq 0 \quad (\text{relation 11})$$

et une contrainte de capacité des industries de transformation

$$Q_s^v \leq M_s^v \quad (\text{relation 12})$$

- Pour chaque produit d

. pour chaque région p ou v une contrainte de disponibilité de l'offre

$$\text{soit } - Q_{dp} + \sum_r T_d^{pr} \leq 0 \quad (\text{relation 14})$$

$$\text{soit } - \lambda_s^v Q_s^v + \sum_r T_d^{vr} \leq 0 \quad (\text{relation 16})$$

. pour chaque région de consommation r une contrainte assurant la satisfaction de la demande

soit à partir des régions de production

$$\sum_p T_d^{pr} \geq M_d^r \quad (\text{relation 15})$$

soit à partir des régions de transformation

$$\sum_v T_d^{vr} \geq M_d^r \quad (\text{relation 17})$$

1.3 RESULTATS DU MODELE.

1.3.1 INFORMATIONS FOURNIES PAR LA SOLUTION PRIMALE.

La solution primale du modèle fournit les valeurs physiques correspondant au programme optimal, c'est-à-dire au programme conduisant ici au minimum du coût global pour les hypothèses retenues et traduites par les contraintes sur le choix et la capacité de production, sur la capacité de traitement des produits, sur la mobilité des ressources d'une façon générale, sur la nature et le volume de la demande finale.

La solution primale nous donnent les valeurs suivantes :

x_j : pour chaque sous-ensemble k de chaque région p nous obtenons les éléments du plan de production. Si toutes les exploitations sont supposées identiques au sein d'un sous-ensemble le plan de production individuel de l'exploitation-type peut être calculé en rapportant les valeurs x_j au nombre d'exploitations n_k . Si le sous-ensemble comprend des exploitations de structure différente répondant à des conditions d'agrégation plus générales (voir section 4.4.), il n'est pas possible de remonter directement au niveau de l'exploitation.

Un simple programme d'édition permet de passer très facilement des résultats en termes d'unités techniques (hectares de culture, têtes de bétail) à des résultats en termes de produits en appliquant les relations présentées aux paragraphes Ba et Bb.

Le modèle définit par ailleurs un programme optimal de transports interrégionaux. Bien que nous ne l'ayions pas envisagé ici, il est possible de mettre en concurrence plusieurs moyens de transport (route, rail par exemple); le programme ajoute alors une dimension à chaque information présentée ici en précisant, par mode de transport, les quantités transportées par produit et pour chaque couple de régions.

T_i^{pq} : Quantités de chaque produit primaire intermédiaire transportées à partir de chaque région de production p , vers chacune des autres régions de production q .

T_s^{pv} : Quantités de chaque produit secondaire intermédiaire transportées à partir de chaque région de production p vers chacune des régions de transformation v .

T_d^{vr} : Quantités de chaque produit final transportées à partir de chaque région de transformation v vers chacune des régions de consommation r.

T_d^{pr} : Quantités de chaque produit final transportées à partir de chaque région de production p vers chacune des régions de consommation r.

Enfin le modèle précise la localisation optimale des transformations industrielles (éventuellement la localisation des investissements visant à augmenter la capacité de ces industries).

Q_s^v : Quantités de chaque produit secondaire intermédiaire traité dans des industries implantées dans chacune des régions de transformation.

Nous avons déjà fait remarquer qu'un produit intermédiaire s pouvait donner lieu à plusieurs types de transformation conduisant à plusieurs produits d ; il est donc possible de spécifier la nature de la transformation considérée Q_{sd}^v .

La solution primale fournit aussi la valeur des variables d'écart relatives aux différentes contraintes non limitantes.

x_f excédent de ressource f existant pour le sous-ensemble d'exploitations k de la région p.

Q_s^v excédent de capacité de transformation du produit s dans la région v .

Rien ne s'oppose en théorie à l'existence de variables d'écart positives pour les autres contraintes, mais la forme du problème (minimisation des coûts) exclut logiquement les productions inutiles ou les transports inutiles conduisant à des excédents de produits au niveau des régions de production x_i^p , ou de produit intermédiaire au niveau des régions de production x_s^p , ou de transformation x_s^v , ou encore de produits finals au niveau des régions de production x_d^p , de transformation x_d^v , ou de consommation x_d^r .

1.3.2 - INFORMATIONS FOURNIES PAR LA SOLUTION DUALE.

La résolution du problème de programmation linéaire permet

de dégager une série d'informations constituant la solution duale. A l'optimum, à toute variable x de la base correspond une variable duale nulle; nous nous intéresserons donc aux valeurs duales correspondant aux variables qui se trouvent hors base à l'optimum : variables d'écart (contraintes limitantes) ou variables actives (activités non retenues dans le programme optimal). Dans notre formulation type du problème la valeur duale correspondant à toute variable x est égale à la dérivée partielle de la fonction économique par rapport à cette variable $u = \frac{\partial Z}{\partial x}$.

Il est à regretter que trop souvent cette information soit négligée dans l'analyse des résultats de ce type de modèles. Norman K, Whittlesey et Melvin D. Skold (3) ont insisté sur la richesse de cette information qui apparaîtra clairement d'après l'interprétation des valeurs duales que l'on peut obtenir du modèle - type que nous avons présenté.

$u_f = \frac{\partial Z}{\partial x_f}$. Vouloir libérer un unité de ressource f de son affectation entraînerait un coût égal à u_f . u_f est donc la valorisation marginale de la ressource f dans les exploitations k de la région p .

Si la ressource fait l'objet de transfert dans le cadre d'une même région avec les autres secteurs de l'économie qui peuvent absorber les excédents à un prix p_f , et/ou fournir un supplément de ressources à un prix $p'_f \geq p_f$ nous avons

$$p_f \leq u_f \leq p'_f$$

A la limite, il y a marché de la ressource et à l'équilibre la valorisation marginale de la ressource est égale au prix du marché régional. Dans le cas des ressources fixées l'analyse des valeurs u_f permet de saisir les disparités interfirmes et interrégionales et de chiffrer les rentes.

$u_i^p = \frac{\partial Z}{\partial x_i^p}$ Vouloir un excédent d'une unité de produit intermédiaire i coûterait u_i^p .

Cette valeur peut être définie pour chaque type d'exploitation k si le produit ne fait l'objet d'aucun transfert. Cette valorisation marginale ou prix d'opportunité du produit intermédiaire est surtout intéressante dans ce cas dans les études micro-économiques.

Si des transferts sont possibles u_i devient un prix régional de cession de la ressource.

Si des transports sont possibles d'une région p vers une région q on peut assurer que $u_i^q - u_i^p \leq \sum_i p_{pq}$

La différence de prix d'équilibre du produit intermédiaire i entre la région q et la région p ne peut excéder le coût unitaire de transport. S'il y a échange entre ces deux régions la différence de prix est juste égale au coût du transport.

$u_s^p = \frac{\delta Z}{\delta x_s^p}$ Vouloir un excédent d'une unité de produit secondaire intermédiaire s au niveau de la région de production p coûterait u_s^p . u_s^p peut donc s'interpréter comme le prix d'équilibre à la production ; certains auteurs parlent aussi de prix d'offre, c'est-à-dire du prix minimum réclamé par les producteurs pour offrir la quantité précisée par le programme.

$u_s^v = \frac{\delta Z}{\delta x_s^v}$ Vouloir un excédent d'une unité de produit secondaire intermédiaire s au niveau de la région de transformation v coûterait u_s^v . u_s^v peut donc s'interpréter comme le prix d'équilibre à l'entrée des usines de transformation. Entre les prix à la production et à la transformation existe une relation limitant la différence au coût unitaire de transport.

$$u_s^v - u_s^p \leq c_s^{pv}$$

Si la différence est plus faible que le coût du transport la région p ne peut approvisionner la région v .

$u_s^{v'} = \frac{\delta Z}{\delta q_s^v}$ Vouloir ne pas utiliser une unité de capacité de traitement du produit s par les industries de v coûterait $u_s^{v'}$. $u_s^{v'}$ peut s'interpréter comme la rente unitaire attachée à la capacité des usines v .

$u_d^v = \frac{\delta Z}{\delta x_d^v}$ Vouloir un excédent d'une unité de produit d au niveau de la région de transformation v coûterait u_d^v , qui s'interprète comme le prix d'équilibre du produit d à la sortie de l'usine. Si les usines sont en plein emploi une unité de produit s est achetée u_s^v , doit rémunérer une rente $u_s^{v'}$, entraîne un coût de transformation w_s^v , et produit λ_s^v unité de produit d dont le prix à la sortie de l'usine est u_d^v .

De la relation du dual nous tirons :

$$\lambda_s^v u_d^v - (u_s^v + u_s^{v'}) \leq w_s^v$$

Si la transformation a lieu, la différence entre le coût unitaire du produit intermédiaire (y compris la rente de capacité) et la valeur du produit final obtenu est égal au coût de transformation. Si la différence est inférieure, la transformation en v n'est pas rentable.

Par nature du problème, cette relation permet surtout d'expliquer la rente de capacité lorsqu'elle existe

$$u'_s{}^v = \lambda_s^v u_d^s - (u_s^v + w_s^v)$$

$u'_s{}^v$ est la différence entre la valeur du produit obtenu et le coût d'acquisition et de transformation du produit intermédiaire : c'est une rémunération supplémentaire des facteurs propres à l'unité de transformation v .

$$u_d^p = \frac{\delta Z}{\delta x_d^p}$$

Vouloir un excédent unitaire de produit d au niveau de la région de production p coûterait u_d^p qui s'interprète comme un prix régional d'équilibre à la production comme pour les autres produits.

$$u_d^r = \frac{\delta Z}{\delta x_d^r}$$

Vouloir un excédent unitaire de produit d au niveau de la région de consommation coûterait u_d^r qui s'interprète comme un prix régional d'équilibre au niveau de la distribution.

Nous avons les relations :

$$u_d^r - u_d^p \leq \beta_d^{pr}$$

$$u_d^r - u_d^v \leq \beta_d^{vr}$$

exprimant que les différences régionales de prix ne peuvent excéder les coûts de transport, l'égalité étant nécessairement réalisée si la région p (ou v) approvisionne la région r .

Dans le cas où des importations sont introduites, le prix à l'importation remplace le prix d'équilibre d'une région de production ou de transformation.

Les variables duales correspondant aux activités non retenues dans le programme optimal correspondent à des coûts de substitution et mesurent le coût unitaire additionnel qui résulterait de leur introduction.

1.4 VARIANTES DU MODELE DE BASE.

A partir du schéma présenté ici un très grand nombre de modèles ont été élaborés mettant plus ou moins l'accent sur la production, la transformation, les transports ou les mécanismes de l'équilibre de l'offre et de la demande. Les principaux modèles élaborés tant aux Etats-Unis qu'en Europe apportent généralement beaucoup de simplifications afin de conserver au problème une taille raisonnable (limitation du nombre de produits traités, élimination du programme de transport pour les petits pays, utilisation d'une demande de produits secondaires intermédiaires pour éviter de traiter le secteur de la transformation, etc...)

Par contre, cette structure de base est fréquemment modifiée et complétée par un certain nombre de relations permettant de donner des éclairages complémentaires sur certains points intéressants. Les variantes que nous évoquerons séparément peuvent souvent se combiner ce qui explique le très grand nombre de modèles sensiblement différents rencontrés dans la littérature existante.

1.4.1 Influence du progrès technique.

La nature statique du modèle ne permet pas de traduire le phénomène de diffusion du progrès technique ; seule la méthode d'analyse statique comparative permet de tester l'influence qu'aurait, dans un certain cadre d'hypothèses, la généralisation, pour un ou plusieurs types d'exploitations d'une ou plusieurs régions, de techniques différentes (augmentation des rendements physiques, réduction de la consommation de facteurs, ...). Ces nouvelles techniques sont traduites dans le cadre de nouvelles activités qui viennent s'ajouter aux activités du modèle initial ou les remplacer.*.

On peut trouver des applications de cette technique dans le modèle suédois (4 : Lars Folkesson) dans lequel trois niveaux de technicité sont envisagés, dans un des modèles établis pour l'agriculture américaine (5 : E.O. Heady . Melvin Skold), dans lequel interviennent différentes options sur les prévisions de rendement et par ailleurs des hypothèses de rattrapages techniques de certaines régions des états du Sud traduites par l'adoption de techniques définies pour d'autres régions. Enfin, dans le modèle français du Ministère de l'Agriculture, un certain nombre de

* - Ces nouvelles activités peuvent aussi bien intéresser de nouvelles techniques de transport ou de transformation.

systemes de production plus avances peuvent être introduits en proportions variables pour les différents sous-ensembles d'exploitation . (6 : L. FAHRI J. VERCUEIL).

1.1. 2- Evolution des structures.

Le problème de l'évolution des structures concerne la mobilité de certaines ressources fixées dans le court terme. Pour conserver un caractère prévisionnel à un modèle de ce type élaboré pour un horizon assez rapproché, il est souvent nécessaire, non seulement de fixer assez strictement les structures mais encore de rajouter des contraintes d'inertie exprimant qu'au niveau global les évolutions ne peuvent se faire que lentement même si la structure des facteurs fixes et des coûts qui en résultent permet théoriquement une modification plus rapide .

Différentes raisons peuvent justifier cette conception, notamment le comportement des agriculteurs, le caractère incertain des résultats obtenus, la diffusion lente de l'information, le délai de réaction de l'offre aux conditions économiques favorables à certaines décisions des producteurs (cas des produits à cycle long...).

Outre les contraintes de capacité des appareils de production, des contraintes limitant directement le niveau de certaines productions au niveau de la région ou même du sous-ensemble d'exploitations peuvent être introduites dans le modèle.

$$M_s^k \leq \sum_j q_{sj} x_j \leq M'_s{}^k$$

Dans les modèles récursifs les niveaux minima et maxima pour une période t sont calculés à partir de l'offre effective Q_s^k pour la période $t - 1$.

Réciproquement, on peut traduire la possibilité, à l'horizon choisi, d'une certaine concurrence entre les différents agents d'une même région, ou entre les régions, pour l'affectation d'une certaine part des ressources au des débouchés communs.

On peut ainsi traduire au sein d'une région une certaine concurrence pour l'affectation d'une certaine superficie de terre laissée libre par les contraintes d'inertie des structures. Pour chaque sous-ensemble d'exploitation k une certaine superficie minimum l_k est imposée

$$\sum_j l_j x_j \geq l_k$$

mais la somme de ces superficies minimales est inférieure à la superficie

régionale l_p .

$$\sum_k l_k^* < l_p.$$

la contrainte de superficie régionale disponible :

$$\sum_k \sum_j l_j x_j \leq l_p.$$

assure qu'une partie de la terre ($l_p - \sum_k l_k^*$) est laissée à la disposition du type d'exploitation le mieux placé relativement à l'objectif poursuivi. La variable duale relative à la superficie régionale indique la valorisation marginale de la terre donnée par la "meilleure" exploitation ; les variables duales accrochées aux contraintes relatives aux sous-ensembles peuvent être interprétés comme les coûts unitaires imputables aux rigidités de structures, et correspondant à l'opposé du concept de rente.

Dans certains modèles, le nombre d'exploitations de chaque type est explicité et constitue une variable endogène plus ou moins limitée par les contraintes d'inertie des structures (7. J.C. TIREL).

D'autres variables correspondant à des variations de capacité productive peuvent également être introduites comme nous l'avons vu pour les industries de transformation. Ces possibilités peuvent être précieuses pour tenter d'apprécier les effets possibles au niveau de la production et des prix de telle ou telle action sur les structures.

1.4.3 Analyse des mesures de politique agricole.

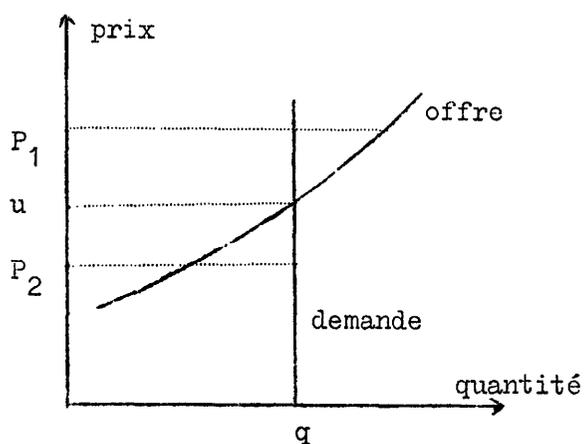
Il s'agit là d'une généralisation des possibilités présentées au paragraphe précédent et concernant les structures. On peut par exemple mettre en comparaison plusieurs programmes d'affectation d'une ressource nationale rare comme l'eau d'irrigation par exemple ou de contingentement d'un produit à débouchés limités. Selon que les contraintes sont fixées au niveau du type d'exploitation, de la région, de la nation, la concurrence peut intervenir dans un domaine de plus en plus large. Il est évidemment possible de combiner la concurrence et de nouvelles contraintes en limitant la portée, en fonction de soucis d'ordre divers (socio-économiques, psychologiques, voir - même stratégiques lorsque l'élimination de l'agriculture sur une partie du territoire conduirait à un dépeuplement incompatible avec la sécurité du pays, ou risquerait de placer le pays dans une situation alimentaire difficile en cas de conflit armé - voir modèles suédois et suisse).

Un certain nombre d'objectifs de politique économique peuvent également être introduits dans le modèle concernant par exemple le taux minimal de rémunération des facteurs utilisés dans l'agriculture (terre, travail, capital). Ainsi, une politique de parité des rémunérations est - elle traduite dans le modèle suédois par l'intervention d'activités "achats de ressource par l'agriculture au prix de parité" ; ceci suppose que toutes les ressources peuvent trouver une utilisation d'opportunité à ce prix dans d'autres branches ou secteurs (la forêt pour la terre, le reste de l'économie pour le travail et le capital). La valeur de l'hypothèse est évidemment différente selon l'importance du secteur agricole dans l'économie nationale .

Un très grand nombre de modèles ont été utilisés dans l'optique étudiée dans le cadre de ce paragraphe, les plus connus sont incontestablement ceux de E.O. HEADY et de ses collaborateurs (Voir 5 ; 8 ; 9 ; 10 ; 11 ; 12 ; 13)

1.4.4 Forme de la demande.

α) Demande totalement inélastique.



La demande est fixée en quantité ; c'est le cas général utilisé pour la présentation du modèle. Une courbe d'offre, contenue implicitement dans le modèle peut être décrite en paramétrant la quantité demandée toute chose égale par ailleurs. Il faut bien voir que chaque fois qu'une des hypothèses est modifiée une nouvelle courbe apparaît. Selon qu'on demande 100 ou 105 du pro-

duit A, la courbe d'offre du produit B est modifiée. De même on peut paramétrer la demande d'une région r , la demande des autres régions de consommation restant inchangée ou bien paramétrer parallèlement toutes les demandes régionales selon la nature du phénomène que l'on entend simuler (par exemple accroissement du revenu régional ou bien augmentation générale de la consommation) : nous obtiendrons alors deux courbes d'offre distinctes pour la même région . La courbe d'offre coupe la droite de demande et définit le prix d'équilibre régional u.

La demande étant fixée en quantité le prix d'équilibre régional u

peut être quelconque. Dans certains types d'économie un prix officiel et imposé existe, simultanément aux objectifs impératifs de production. Si tous les produits font l'objet d'une demande fixée, ces prix ne vont jouer aucun rôle dans la détermination de l'équilibre. En effet, la valeur globale de la production finale est alors une constante et la maximisation du revenu correspond à la minimisation du coût : nous sommes ramenés au problème précédent.

Si le prix est fixé au niveau p_1 au détriment du consommateur, ces contraintes limitant la production vont être effectives et une duale égale à $p_1 - u$ apparaîtra pour définir à partir du prix p_1 le prix d'équilibre u . En fait, cette rente peut se localiser au niveau de la transformation (rente de capacité) ou de la production (rente de contingent). Le marché français de la betterave correspondait à ce mécanisme au cours des dernières années (prix et contingents fixes).

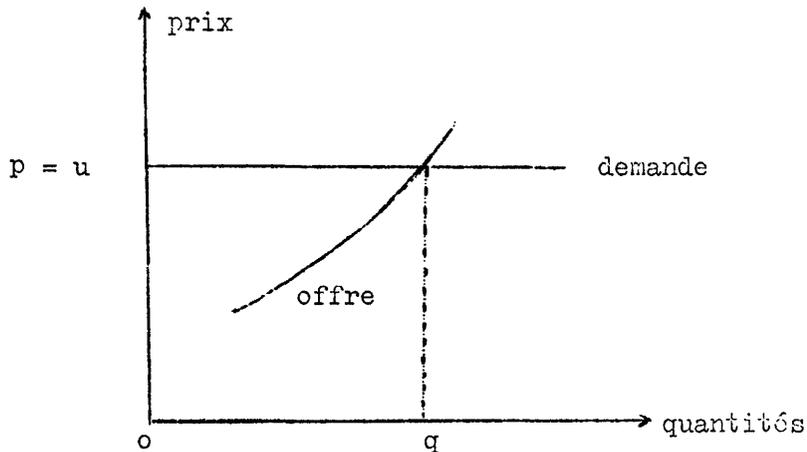
Si le prix est fixé au niveau p_2 au détriment des producteurs les contraintes imposant la production vont être effectives et une valeur duale égale à $u - p_2$ apparaîtra pour définir le prix d'équilibre u . Le poids de cette imposition pèse généralement sur les producteurs et peut correspondre soit à un système de réquisition en cas de disette soit à un système d'épargne collective forcée dont le prélèvement est fait au stade de la distribution.

Dans tous ces cas, le prix ne joue pas le rôle d'indicateur, mais n'est qu'un moyen de répartition des revenus aux différents niveaux.

La conclusion à tirer pour la modélisation est qu'il n'est pas nécessaire de se préoccuper des prix au stade de l'établissement d'un modèle statique comportant des demandes inélastiques.

β) Demande parfaitement élastique.

Le prix est fixé quelle que soit la quantité produite. Les producteurs vont pousser la production jusqu'au moment où la recette marginale (prix reçu) est égale au coût marginal (prix d'offre) soit : $p = u$. Pratiquement il suffit dans le modèle d'ajouter des activités "commercialisation du produit" ou encore "volume de demande satisfaite" et

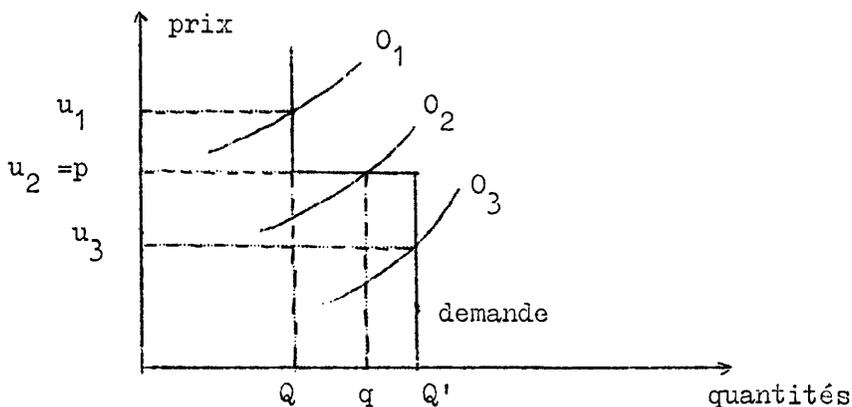


de maximiser le revenu des agents considérés.

En fait de nombreuses variantes d'écritures peuvent intervenir selon les hypothèses adoptées pour justifier un ajustement de ce type. On peut considérer que c'est au niveau de la demande finale que le mécanisme trouve sa justification : par exemple, on peut importer ou exporter n'importe quelle quantité au prix p en certains points des ensembles Y et E (ports); en fait la localisation de la demande intérieure, des industries de transformation, le réseau des transports transformeront cette courbe de demande en une courbe décroissante par palier au niveau des régions de production. On peut considérer aussi que c'est au niveau de la production que le mécanisme est défini : les pouvoirs publics garantissent pour toute quantité des prix fixes. Les secteurs de la production et le secteur de la transformation et des transports peuvent alors être pratiquement dissociés puisque théoriquement les quantités offertes par les agriculteurs sont indépendantes des coûts d'aval.

8) Prix défini pour un intervalle fixé.

La combinaison des deux premiers cas conduit à la défini-



tion d'une courbe de demande assez particulière pour laquelle le prix est fixé pour un certain intervalle défini QQ' .

Si QQ' s'annule nous sommes ramenés au cas de la demande inélastique, si QQ' devient très grand nous nous rapprochons du cas de la demande parfaitement élastique.

Si la courbe d'offre (O_2) coupe la courbe de demande entre Q et Q' le prix d'équilibre u_2 est égal au prix p . Si la courbe d'offre (O_1) coupe la courbe de demande pour la quantité minimum demandée Q le modèle rétablit le prix d'équilibre u_1 par le jeu d'une valeur duale $u_1 - p$ venant s'ajouter au prix initial. En l'absence de contraintes effectives sur les producteurs une hausse de prix $u_1 - p$ serait nécessaire pour que la demande Q soit satisfaite à l'optimum. Si la courbe d'offre (O_3) coupe la courbe de demande pour la quantité maximum permise Q' le modèle rétablit le prix d'équilibre u_3 par le jeu d'une valeur duale ($p - u_3$) venant se déduire du prix initial. En l'absence de contraintes effectives sur les producteurs une baisse de prix ($p - u_3$) serait nécessaire pour que la demande Q' ne soit pas dépassée à l'optimum.

Il faut souligner que contrairement à ce qui se passait pour le cas de la demande totalement inélastique, les prix initiaux utilisés p jouent ici un rôle dans la définition des prix d'équilibre u , en raison de l'existence pour les différents produits d'un palier QQ' non nul.

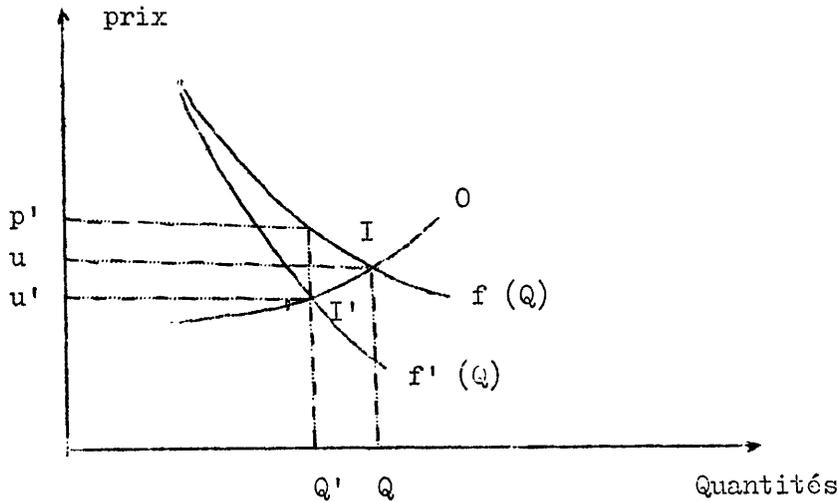
δ) Courbes de demande séparables par produit.

On suppose par exemple au niveau de la région de consommation que pour chaque niveau de prix p_d existe une demande Q_d indépendante des prix des autres produits*.

Le prix du produit peut être mis sous la forme

$$P_d = f(Q_d)$$

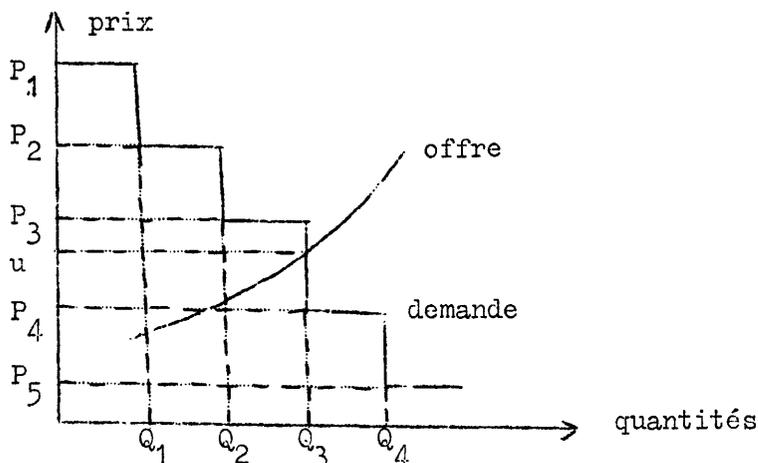
* - Ceci peut être obtenu dans certains cas en regroupant des produits substituables en une catégorie homogène, ce qui pose certains problèmes d'agrégation (Voir 4.4.)



Si l'on suppose que les agriculteurs se comportent de façon individuelle en régime de concurrence, la seule information connue d'eux est le prix moyen sur le marché ; ils poussent leur production tant que le coût marginal d'opportunité (prix d'offre) reste inférieur au prix du marché. L'équilibre se fait donc en I qui correspond au maximum du surplus. c'est-à-dire à l'aire comprise entre la courbe de demande $f(Q)$ et la courbe d'offre O . La fonction économique du modèle comporte donc en plus du profit ou du revenu des producteurs le surplus des consommateurs

$$S_d = \int_0^Q [f(Q) - u]$$

Dan Yaron et Heady (14) ont montré comment ce problème pouvait recevoir une formulation linéaire conduisant facilement à une solution approchée du problème *. Il suffit de transformer la courbe $f(Q)$ en une courbe linéaire par paliers.



* - Les auteurs définissent également les techniques permettant de donner une solution exacte du problème qui ne nous intéressent pas particulièrement ici.

Il convient d'ajouter à notre modèle de base pour chaque région de consommation des activités "demande satisfaite de produit d au prix p_t " et de limiter d'une part la satisfaction de la demande satisfaite à la demande existante.

$$q(p_1) \leq Q_1$$

$$q(p_2) \leq Q_2 - Q_1$$

..... etc

et d'autre part la demande satisfaite à l'offre disponible en transformant les relations (15) et (17) du type offre \geq demande fixée en relation d'équilibre offre - demande satisfaite ≥ 0 .

Les valeurs duales u_{dt} accrochées aux contraintes artificielles limitant les paliers ont pour valeur la différence entre le prix p_{dt} et le prix d'équilibre u_d ; on peut donc avoir directement la valeur du surplus des consommateurs pour un produit $\sum_t q_{dt} u_{dt}$

et pour tous les produits $\sum_d \sum_t q_{dt} u_{dt}$

expressions dans lesquelles q_{dt} est la demande additionnelle de produit d au niveau de prix t . Ce calcul n'a généralement pas pour but de définir la valeur exacte du surplus mais de déduire rapidement de la valeur optimale de la fonction économique Z , la valeur du revenu calculé en prix d'équilibre.

Les modèles français (6, 7), ont introduit ce type de mécanisme.

Si l'on suppose que l'agriculture constitue une sorte de monopole qui entend maximiser son revenu, la production doit être poussée tant que le coût marginal d'opportunité (prix d'offre) est inférieure à la valeur marginale du produit défini cette fois comme la dérivée $f'(Q)$ de la fonction $f(Q)$. Ceci suppose que les agriculteurs ne prennent pas de décisions individuelles en fonction des informations du marché, mais qu'un pouvoir unique de décision existe leur communiquant les ordres de production. L'équilibre se réalise alors en I' correspondant à un volume de production Q' inférieur et à un prix p' supérieur sur le marché; u' représente alors la valeur marginale du produit pour l'ensemble des producteurs. Le profit de l'ensemble des agriculteurs est alors maximum.

Le problème peut être résolu de la même manière que précédemment en linéarisant la courbe $f'(Q)$ par paliers; l'introduction des nouvelles activités "satisfaction d'une demande de valeur marginale p'_t " n'est qu'un artifice pour déterminer le point d'équilibre I' .

La linéarisation directe de la courbe $f(Q)$ sous la forme

$$P_d = P_d^0 - \alpha_d Q_d$$

conduit directement à un problème de programmation quadratique permettant une résolution directe du problème. Comme nous allons le voir cette technique est le plus souvent réservée aux problèmes à fonction de demande non séparables.

T. TAKAYAMA et G.G. JUDGE (15) ont proposé une approche du problème dans le cas de fonctions linéaires d'offre et de demande dans le cas de modèles traités au chapitre 3.

E) Courbes de demande non séparables.

On suppose au niveau de la région de consommation une demande de produit Q_d dépendante du prix de différents produits de l'ensemble D .

$$\text{Par exemple : } Q_{d'} = Q_{d'}^0 - \sum_d \beta_d P_d$$

avec $d' \in D$

$$\beta_d > 0 \quad \text{pour } d' = d$$

$$\beta_d \geq 0 \quad \text{pour } d' \neq d.$$

T. TAKAYAMA et G.G. JUDGE (2) ont proposé d'utiliser des fonctions linéaires non séparables de ce type dans le cadre de modèles d'analyse par activité visant la maximisation du surplus et permettant d'intégrer dans le même cadre la production, le conditionnement, la distribution et la consommation.

Le problème peut être résolu par les techniques de programmation quadratique ou par les techniques modifiées de programmation linéaire. Les auteurs proposent par ailleurs une formulation faisant intervenir simultanément les relations du problème primal et du problème dual, permettant d'obtenir les informations relatives aux quantités et aux prix * .

* - Il nous a été signalé la résolution récente d'un modèle interrégional quadratique de grande dimension à l'université d'IOWA, mais nous n'avons pas encore obtenu d'informations précises sur sa structure.

1.5 POSSIBILITES ET LIMITES.

Ce type de modèle permet d'obtenir des informations cohérentes sur les secteurs de la production, des transports, des transformations industrielles et de la consommation. Ces informations sont régionalisées voir même précisées par type d'agents. Elles peuvent avoir un caractère prévisionnel (les données sont datées et les comportements sont simulés) elles peuvent constituer également des solutions à caractère normatif ou pour le moins rationalisé par le recours à une optimisation, enfin elles sont conditionnelles et correspondent à un ensemble d'hypothèses se rapportant non seulement à la valeur des données exogènes utilisées mais à l'ensemble de l'environnement économique défini pour l'horizon étudié ce qui permet de tester ce que pourrait être les conséquences de telle ou telle modification artificielle de cet environnement. (législation). Un certain nombre de problèmes importants se posent cependant au sujet de ces modèles. *

1.5.1 VOLUITE D'INFORMATION ET TAILLE DES MODELES.

L'un des plus importants problèmes consiste à concilier le souci d'obtenir une bonne description de l'ensemble étudié et celui de conserver au modèle une taille raisonnable compte tenu des capacités des moyens de calculs disponibles, des moyens financiers **affectés au** projet, du désir de couvrir un champ important de solutions possibles correspondant à de multiples hypothèses, enfin de la volonté de conserver au modèle un caractère très maniable permettant d'obtenir très vite des solutions à la demande qui soient très facilement interprétables.

La définition de situations - types conduisant à la définition des régions de production, de transformation, de consommation, des unités-représentatives de production et de transformation et des moyens de transports, enfin le choix des produits ou groupes de produits considérés

* - Ils ne sont pas tous propres aux modèles de programmation statiques mais historiquement, ils se sont posés dès les premières tentatives d'application des modèles les plus simples.

permet évidemment de simplifier la réalité mais soulève immédiatement des problèmes d'agrégation auxquels nous avons consacré l'annexe I.

α) Les possibilités de décomposition des programmes linéaires .

Tout problème de programmation linéaire pour lequel existe au moins un sous-ensemble de contraintes S spécifiques d'un sous-ensemble d'activités J est justiciable d'une résolution par décomposition. Le principe de la méthode est basé sur un certain nombre de propriétés: la solution optimale du problème (que nous désignons sous le terme de problème initial) comporte pour les activités J des valeurs qui constituent une solution admissible d'un problème de programmation linéaire limité aux ensembles SJ et que nous désignons sous le terme de sous-problème . Par ailleurs toute solution admissible X_I d'un problème de programmation linéaire peut se mettre sous la forme d'une combinaison linéaire convexe des solutions extrémales de base X_P .

$$X_I = \sum_P \lambda_P X_P$$

$$\sum_P \lambda_P = 1$$

Ces deux propriétés permettent de remplacer le problème initial par un problème équivalent dit problème principal dans lequel les activités J seront remplacées par des activités P dont chacune représente une solution admissible de base du sous-problème SJ. Les contraintes S (toujours satisfaites par les solutions P donc par toute combinaison linéaire convexe de ces solutions) peuvent être éliminées de la formulation du problème principal et remplacées par une contrainte unique assurant le caractère linéaire convexe de la combinaison. Les problèmes que nous avons examinés dans le cadre de ce chapitre présentent généralement ces caractéristiques à savoir des ensembles de contraintes spécifiques d'un sous-ensemble d'exploitations ou d'une région et qui constituent généralement la plus grande partie de la matrice. Par exemple si pour chacun des 100 types d'exploitation distingués, une vingtaine de contraintes spécifiques sont retenues le nombre de contraintes passera par décomposition de $20 \times 100 = 2.000$ dans le problème initial à 100 seulement dans le problème principal.

Par contre, le nombre d'activités pourrait devenir très grand s'il convenait d'introduire toutes les solutions de base des sous-problèmes dans le problème principal. En fait, les propriétés de la solution duale permettent de générer progressivement les solutions de base des sous-problèmes et de se limiter à un problème principal restreint qui ne comprend pour chaque sous-problème SJ qu'un sous-ensemble de P. La résolution s'achève dès que le problème principal restreint renferme pour chaque sous-problème le sous-ensemble de P permettant de définir la solution optimale du problème initial.

Un problème du type de celui qui est étudié ici peut être résolu de la façon suivante :

- Un sous-problème est défini pour chaque ensemble d'exploitation k . A partir d'un système de prix arbitraire pour les produits et ressources faisant l'objet de contraintes communes dans le problème initial, une première solution est calculée pour chaque sous-problème.

- Un problème principal restreint est défini visant à donner à chaque système de production obtenu un poids optimal compte tenu des contraintes communes du problème initial. La solution duale donne un nouveau système de prix.

- Le calcul des sous-problèmes est repris en utilisant le nouveau système de prix et conduit à un nouveau jeu de systèmes de production qui sont ajoutés au problème restreint.

- Le problème restreint ainsi augmenté conduit à une solution améliorée conduisant à un système de prix se rapprochant de la solution duale du problème initial.

- Le processus est poursuivi jusqu'à ce que pour le système de prix optimal dégagé par la solution duale du problème principal restreint, tous les sous-problèmes génèrent une solution déjà connue et introduite dans le problème principal restreint.

On peut facilement montrer alors (16 : TIREL J.C.) que chaque solution du sous-problème est identique ou équivalente à celle dégagée, pour le même type d'exploitation, par le problème principal restreint. Par exemple, en ce qui concerne la relation offre-prix on assure que

les décisions d'offre des producteurs (sous-problème) sont bien prises en fonction des prix résultant de la confrontation de cette offre agrégée et de la demande (problème principal).

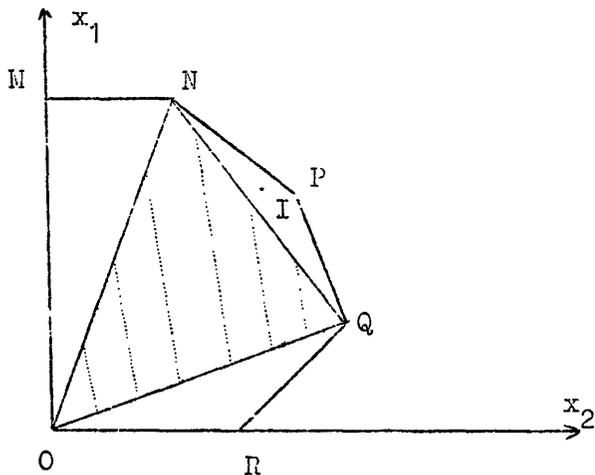
- La décomposition envisagée ici est réalisée au niveau des ensembles d'exploitations. Si l'on analyse la structure du problème principal, on constate qu'elle se prête elle-même à une décomposition au niveau des régions de production P. Il est donc possible de définir des sous-problèmes régionaux et un nouveau problème principal combinant linéairement des solutions ou situations régionales. On arrive à la conception générale suivante d'un enchaînement modèles d'exploitation-modèles régionaux - modèle sectoriel-, remplaçant le modèle initial dont la taille peut apparaître prohibitive. L'opération 75 envisagée par le Ministère de l'Agriculture en France doit s'appuyer sur une telle décomposition au niveau régional (17. Ministère de l'Agriculture).

β) Limites d'utilisation de la décomposition des programmes linéaires.

Pour résoudre le modèle établi pour la République Fédérale Allemande, W. HENRICHSMEYER et G. WEINSCHENCK (18), ont tenté une application de cette technique qui s'est révélée finalement assez lourde dans le cas où l'ensemble des modèles doit être traité par une seule et même équipe centrale ; dans le cas où les interrelations entre types d'exploitations et régions sont nombreuses la convergence vers la solution optimale d'équilibre risque évidemment d'être assez lente. De plus les capacités des ordinateurs modernes permettent de traiter des problèmes de grandes dimension ; pour peu que certains travaux périphériques aient permis de définir une solution de base admissible pour le modèle général la solution optimale peut être obtenue pour des temps de calcul très raisonnables.

Une autre technique consiste, comme c'est le cas pour le modèle français utilisé pour l'opération Moyen Terme Rapide (17) à partir d'une structure de problème principal restreint après décomposition au niveau des exploitations mais en ne retenant pas le processus progressif de génération de la matrice.

Un certain nombre de systèmes de production (sous-ensemble des solutions admissibles de base des modèles d'exploitations ou systèmes de production observés et considérés comme tels) sont introduits simultanément dans le modèle. La critique que l'on peut apporter à cette méthode est que le sous-ensemble de systèmes de production retenus ne s'identifie pas forcément avec celui qui aurait été généré par l'application des règles précédemment évoqués, mais, et ceci est plus grave, rien n'assure qu'il comprend bien tous les systèmes nécessaires à la définition de la solution optimale.



Le petit graphique ci-contre montre . pour un problème à deux dimensions, que si deux systèmes N et Q sont décrits seuls les programmes appartenant à $O N Q$ sont susceptibles d'être définis comme optimaux par rapport au problème général alors que l'application des règles de l'algorithme de décomposition aurait désigné par exemple le point I en faisant intervenir le programme P qui n'a pas été retenu. La méthode de l'ensemble des systèmes prédéterminé entraîne donc des rigidités (dans le cas correspondant au schéma on ne peut pratiquer l'activité 1 sans pratiquer aussi dans un rapport minimum l'activité 2 et réciproquement). Dans la réalité, compte-tenu du grand nombre de dimensions des problèmes d'exploitation comparé au nombre limité de systèmes que l'on doit retenir, il est inévitable que ce type de rigidité intervienne. Il convient donc d'en réduire les effets par une série de cadrages successifs permettant de modifier les ensembles de systèmes de production retenus en s'appuyant, d'une part, sur les informations fournies par les variables duales donnant une mesure des rigidités et d'autre part sur l'analyse de certaines anomalies des courbes d'offre obtenues par paramétrage. D'après quelques expérimentations (16) il semble que la conséquence la plus notable se traduise par une diminution de la signification des résultats au fur et à mesure que l'on approfondit l'analyse. Ainsi, un tel modèle ne peut, en aucun cas, fournir d'informations précises pour une orientation économique au niveau d'un type d'exploitation.

1.5.2 Nature de l'information nécessaire.

Une remarque préliminaire s'impose , la nature des informations nécessaires ne dépend pas de la méthodologie choisie mais de la définition du problème que l'on entend traiter, des paramètres que l'on juge bon de faire intervenir et du degré d'analyse choisi. Les exigences en matière d'information seront donc toujours imputables à l'ambition des problèmes abordés et non à telle ou telle technique de résolution.

Dans la présentation du modèle établi pour l'Inde E.O. HEADY et RANDHAWA N.S. (9) ont insisté sur l'intérêt que pouvait présenter la formalisation de l'information existante. La philosophie de leur remarque peut être résumée ainsi : les problèmes de prévision ou de planification devant, quoi qu'il en soit, être résolus à partir de l'information disponible autant que cela soit fait dans un cadre cohérent et formalisé .

Il n'en reste pas moins qu'un certain nombre de problèmes touchant à la nature de l'information n'ont pas toujours trouvé jusqu'à présent de solutions satisfaisantes.

La définition des différents sous-ensembles d'unités de production et de transformation pose le problème d'une typologie adaptée à la résolution des problèmes d'agrégation et reposant sur des critères de structures (terre, travail familial, capital fixe) sur des critères techniques (éventail des productions et des techniques possibles) et sur des critères humains (niveau de technicité, comportement).

L'introduction de contraintes d'inertie, nécessaire à traduire la lenteur des ajustements mériterait souvent d'être justifiée d'une façon plus fondamentale. Certains auteurs ont tendance à confondre le mécanisme qui dans le modèle leur assure une solution jugée acceptable et le ou les phénomènes qu'il serait en fait nécessaire de connaître pour expliquer la réalité. Mieux vaut sans doute utiliser une contrainte directe artificielle et attendre sagement que des études analytiques fournissent une base théorique plus sûre pour la définition des mécanismes de comportement.

Un certain nombre de données ont aussi actuellement une valeur

assez fragile il s'agit des coûts de transport ou, ce qui revient au même pour les modèles ne retenant pas explicitement un sous programme de transport, les différences de prix interrégionales.

Enfin, un problème très sérieux concerne la collecte et l'harmonisation des données, notamment dans les pays où existe une forte hétérogénéité des structures des productions et des conditions naturelles et économiques comme l'ont souligné les experts italiens de notre groupe de travail. Cet aspect peut être un frein à une conception très décentralisée d'un modèle décomposé. Le modèle actuellement traité par le Département d'Agriculture des Etats-Unis était initialement prévu dans une optique de raccordement de modèles régionaux, mais les responsables y ont renoncé pour faciliter l'harmonisation des conventions et l'homogénéisation de l'information.

Au niveau communautaire, la généralisation d'enquêtes statistiques effectuées simultanément dans l'ensemble des pays devrait permettre de faciliter les premières tentatives en ce domaine.

1.5.3 Valeurs des résultats.

Un certain nombre d'auteurs se sont penchés sur le problème de l'appréciation des résultats fournis par ce type de modèle : D.L. BANDEN (1) L.M. DAY (19) J.B. HASSLER (20) ; différents groupes d'experts réunis dans le cadre des travaux de l'O.C.D.E. (21-22-23).

D.L. BANDEN considère ces résultats en fonction de leur aptitude à donner, à différents niveaux géographiques, des informations destinées à aider les pouvoirs politiques (publics ou professionnels) par des prévisions sur les conséquences potentielles de certains programmes régionaux ou sectoriels, à éclairer les catégories d'entrepreneurs par des solutions normatives et cohérentes et des prévisions de marchés enfin à informer les consommateurs par des prévisions sur les prix régionaux.

L'auteur analyse un certain nombre de points concernant les principaux résultats du modèle à savoir le programme de transport et d'échanges et le programme de production et d'allocation des ressources. En ce qui concerne le programme optimal de transport, il peut donner une idée de l'inefficacité des circuits commerciaux mais une divergence par rapport à l'organisation actuelle peut traduire soit une inefficacité

réelle, soit une information erronée soit un modèle inadapté.

L'hypothèse générale du modèle qui consiste à supposer que l'information circule parfaitement entre les différents agents risque de ne pas être très solide au niveau du secteur des transports (chaque transporteur connaît-il le prix exact au point de destination ?) . Par ailleurs le comportement rationnel économique ramené à la maximation du profit peut être contesté au niveau des transports, enfin les coûts de transport eux-mêmes sont difficiles à saisir. Comme une erreur sur un transport en entraîne évidemment d'autres en cascade, il s'ensuit que si la structure générale du programme de transport reste utile au niveau sectoriel , il ne peut être d'un grand secours au niveau des entrepreneurs.

Le programme des échanges interrégionaux apparaît donc assez sensible et donnerait surtout, d'après l'auteur , des tendances à terme.

Le programme de production et d'affectation des ressources semble intéressant si l'horizon de la prévision n'est pas trop rapproché (délais d'ajustements)* ni trop éloigné (apparition d'économies externes, nouvelles possibilités de production difficiles à prévoir).

Un problème peut être soulevé à ce propos concernant la réaction possible des agriculteurs à une vulgarisation des résultats, et à fortiori à une politique d'orientation basée sur les résultats du modèle.

Au niveau de la consommation régionale et des prix , on ne peut prétendre à une très grande précision car les erreurs se propagent tout au long des circuits décrits dans le modèle ; la précision des prix est cependant plus grande que celle des transports car le coût de transport ne représente qu'une faible part du prix à la consommation ; par contre une faible erreur sur les prix risque de bouleverser le programme des transports.

* - Ce point est aussi rappelé par J.B. HASSLER (20).

La consommation régionale peut être évaluée avec une précision égale à celle des prix ; à plus long terme les modifications de comportement du consommateur sont plus difficiles à prévoir.

Enfin c'est au niveau de l'analyse des conséquences prévisibles de différents plans ou programmes de politique agricole que ce type de modèle semble le plus précieux.

Lee M. DAY (19) insiste sur ce dernier point : le chercheur peut éclairer les décisions des responsables politiques en utilisant de tels modèles pour résoudre, éventuellement en les reformulant les problèmes de prévisions conditionnelles permettant d'attacher à une action donnée (soutien des prix, redistribution des contingents, politique des structures) une situation cohérente prévisible. Par ailleurs, l'auteur insiste sur la valeur que peuvent présenter dans cette optique des relations en termes relatifs même lorsque les données ne sont pas suffisamment précises.

1.5.4 Réalisme du modèle.

Comme dans tout modèle de programmation linéaire le réalisme dépend à la fois des coefficients, de la nature des contraintes et de l'objectif poursuivi.

Le niveau des résultats est évidemment lié à la nature des hypothèses faites sur le niveau des paramètres exogènes (évolution technique des agents, évolution économique de l'environnement, etc...). Par ailleurs le réalisme des solutions ne doit être jugé que relativement à l'horizon défini. FOLKESSON (4) cite l'exemple suivant : dans le modèle suédois établi pour 1975 la production laitière disparaît d'une région marginale alors qu'elle y est actuellement importante. Ce résultat, apparemment surprenant, s'explique par le fait qu'actuellement une population active âgée, qui aura cessé toute activité d'ici 1975, continue de produire sans souci de reconstituer le capital fixe (maximisation de la valeur ajoutée) ; le modèle s'appuyant par contre sur un coût de production global indique que, compte tenu de la nécessité en 1975 de reconstituer le capital bâtiments, mieux vaudra abandonner la production laitière dans cette région.

Pour un modèle à plus court terme rien ne s'opposerait à l'adoption d'un objectif différent pour les différentes catégories d'agents économiques (profit pour les uns, valeur ajoutée pour les autres...). L'idée générale est que la solution d'un modèle ne sera réaliste que dans la mesure où les agents économiques, à l'intérieur du système de contraintes où ils sont enserrés, auront bien tendance à préférer la solution maximant l'objectif choisi.

Dans une économie décentralisée où l'on essaie de contraindre le moins possible les choix des individus (contingents ou contraintes impératives de livraison) les tentatives de prévision doivent tenir compte de la façon dont les entrepreneurs sont censés réagir aux conditions économiques qui leurs sont faites (prix, débouchés).

Les deux biais pouvant intervenir à ce niveau concernent l'un l'erreur que peut commettre le modélisateur sur la nature de l'objectif poursuivi réellement par une catégorie d'agents économiques ; l'autre est relatif à l'impossibilité à laquelle se heurterait les responsables d'une politique économique de réaliser pratiquement les conditions économiques susceptibles de conduire ces agents à prendre effectivement les décisions dégagées par le modèle .

Sur ce dernier point il faut être conscient qu'une contrainte artificielle limitant par exemple une production ne peut être introduite dans un modèle qu'à la condition de pouvoir effectivement être répercutée de façon autoritaire (législation, contrôles) ou de façon libérale (modifications des incitations admettant éventuellement un bouleversement des systèmes de prix).

Une illustration de ce dernier point peut être fournie par la façon dont la demande est traitée dans les modèles : demande fixée par régions ou courbes de demandes régionales.

L'intervention du temps dans le processus de décisions des différents agents est un facteur important dans l'explication des comportements et constitue évidemment le point faible des modèles statiques qui

n'apprennent rien sur la façon dont on passe d'une situation donnée à la "situation d'équilibre" définie, ni sur les moyens nécessaires à mettre en oeuvre pour inciter les agents à s'orienter vers une telle situation.

Les approches suggérées dans les sections suivantes permettent d'apporter quelques éléments de réponse à ce problème important.

SECTION II Approche dynamique

Une partie importante des travaux relatifs à une approche dynamique des modèles d'analyse par activité ont été effectués au niveau micro-économique.

En ce qui concerne les modèles d'équilibre interrégionaux, plusieurs auteurs ont eu recours à la programmation récursive qui a fait l'objet d'une analyse dans le cadre du chapitre consacré aux modèles d'offre (chapitre IV ; 2.2). Nous ne reviendrons pas sur les caractéristiques générales de cette méthode, nous bornant à en présenter une application dans le contexte de la recherche de l'équilibre interrégional et de son évolution dans le temps en utilisant le principe du dynamic-coupling.

2.1 MODELES ETABLIS SUR LE PRINCIPE DU DYNAMIC-COUPLING

R. H. Day , considérant les modèles spatiaux notait en 1964 que les progrès à accomplir dans ce domaine concernait d'une part la prise en compte de la structure intertemporelle des mécanismes de production et d'autre part la traduction dans les modèles de l'interdépendance de l'offre, des transports et de la demande.

Si pour des raisons historiques la plus grande partie des travaux réalisés en ce domaine présente une nature statique, l'approche dynamique se révèle indispensable pour comprendre l'évolution des processus de production. La programmation récursive offre de ce point de vue un certain nombre d'avantages intéressants.

Par ailleurs, en se plaçant dans le cadre d'une période donnée un modèle d'équilibre temporaire peut venir compléter les informations sur les flux interrégionaux (transports) et sur l'équilibre offre-demande déterminant les prix régionaux. Cet assemblage des deux techniques est désigné dans la littérature sous le terme de "dynamic-coupling".

La justification d'un modèle de programmation récursive dans cette optique semble être justifiée par un certain nombre de remarques. La programmation est basée sur le principe d'optimisation qui repose sur un critère de choix rationnel que l'on ne doit pas confondre avec le concept de choix normatif. L'optimalité est toujours une notion relative et se définit par rapport au modèle considéré qui, dans le cas de la programmation récursive laisse une large part aux facteurs de comportement. Par ailleurs la programmation présente une souplesse que ne présente pas les équations d'offre pour ce qui concerne la description des structures de production. Enfin les modèles de

programmation réursive offrent des possibilités de testage de leur valeur descriptive et prévisionnelle que ne présentent pas les modèles statiques.

Les recours à un modèle complémentaire d'équilibre offre-demande, se justifie par ailleurs par un certain nombre d'hypothèses. L'offre effective de produit dépend non seulement des décisions de production, mais aussi des facteurs non maîtrisés (aléas climatiques) enfin éventuellement de décisions de report dans le temps (stockages). Si l'on considère le décalage existant entre la décision de produire et la formation du prix sur le marché, on peut dire que le volume de la production est indépendant des conditions d'équilibre temporaire qui se réalisent sur un marché à la fin de la période ; la proposition réciproque n'est évidemment pas vraie. On considère que dans le cadre d'une période, l'offre régionale est prédéterminée et que le marché va la distribuer en fonction des relations régionales demande-prix existantes, des capacités et des coûts de transports. Il en résultera un système de prix régionalisé. Si l'on considère que le marché remplit efficacement son rôle, le recours à un modèle s'appuie sur une bonne description des mécanismes existants; il est possible d'y introduire certaines contraintes de friction permettant d'en accroître le réalisme. Les demandes régionales ne sont pas fixées en quantité mais dépendent des prix ; si des déplacements de demande sont susceptibles d'intervenir dans le temps, on peut cependant considérer qu'à une période donnée les courbes de demande sont relativement stables.

L'équilibre temporaire ainsi défini n'est ni statique ni normatif: il correspond à la distribution d'une offre donnée, réalisée de façon efficace (en ce qui concerne les coûts par exemple), mais d'une période à l'autre les prix et les flux peuvent varier de façon cyclique, explosive ou aléatoire (en raison des aléas climatiques) , par exemple selon un schéma basé sur le principe de la toile d'araignée (théorème du cobweb ; c.f. 14).

La méthode du dynamic-coupling apparaît donc comme une synthèse entre la programmation récursive et un modèle d'équilibre temporaire de marchés.

Les décisions de produits étant prises avant que soient connues les conditions d'équilibre sur le marché, elles ne peuvent être justifiées par les prix d'équilibre mais doivent être fondées sur des anticipations.

Le mécanisme général schématisé par le diagramme ci-après peut être résumé ainsi. Pour une période initiale et sur la base de prix et de rendements escomptés, les modèles de production sont calculés (on sait que pour chaque période la programmation récursive se ramène à une programmation classique généralement linéaire) ; l'agrégation conduit à une offre "anticipée" qui se trouve modifiée par les aléas climatiques et conduit à l'offre effective. Cette offre entre alors dans le modèle d'équilibre temporaire qui définit les flux interrégionaux et les prix.

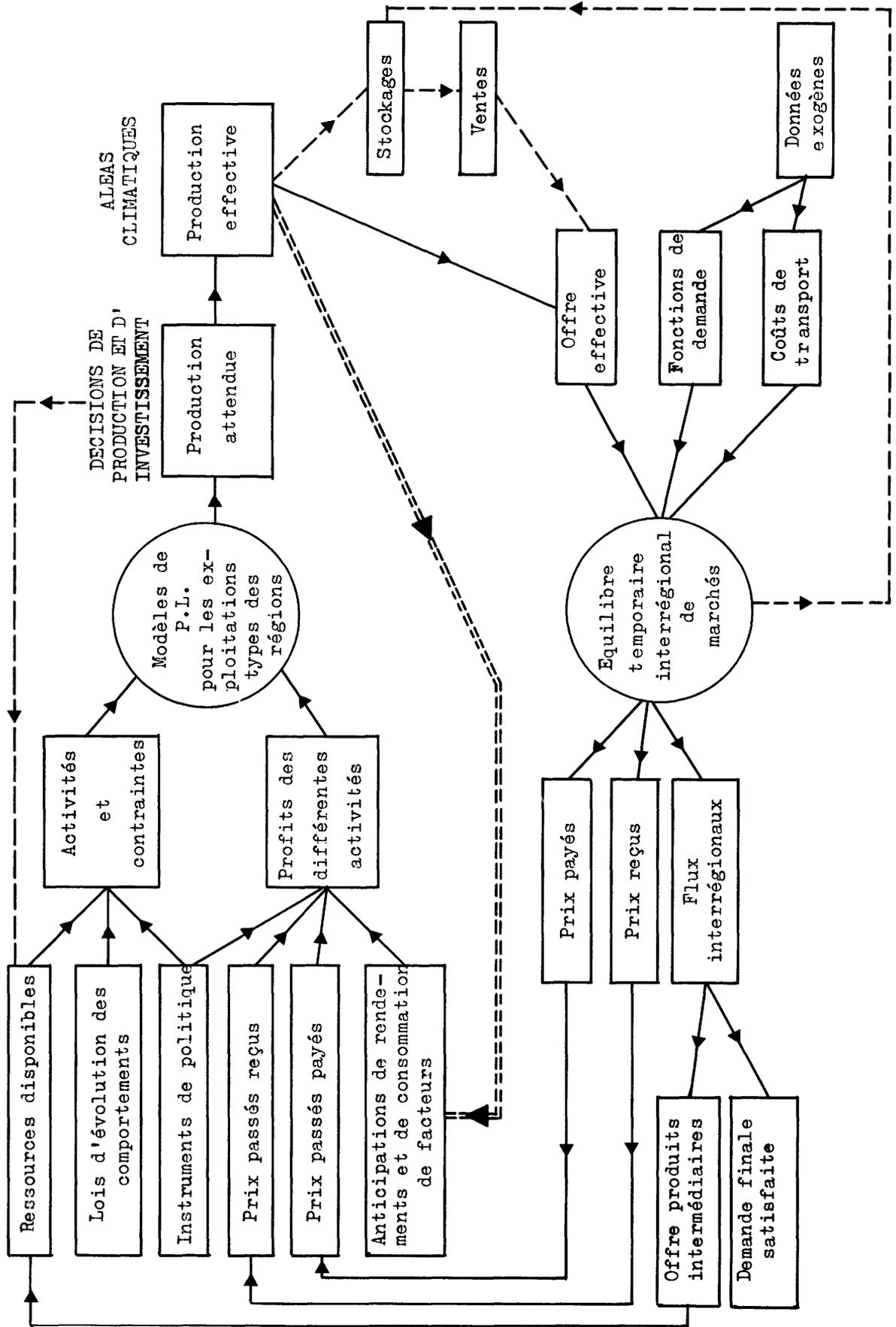
Les conditions d'équilibre temporaire de la période t_0 sont utilisées pour définir les anticipations des producteurs pour la période $t_0 + 1$ pour laquelle le processus est répété.

Dans le cas où des décisions de vente ou de stockage s'intercalent dans le processus (circuit pointillé) entre la détermination du volume effectif de production et la mise sur le marché, celles-ci peuvent être ajoutées au modèle d'équilibre temporaire de marché car ces décisions peuvent être considérées comme étant fonction des prix réellement observés.

Le modèle national élaboré présentement par le Ministère Fédéral de l'Agriculture des Etats-Unis (U.S.D.A.) sous la direction de W.N. SCHALLER (C.f. 6, 7, 9, 10) est basé sur ce principe.

DIAGRAMME . PROCESSUS DYNAMIQUE DE CONCURRENCE INTERREGIONALE

Schéma inspiré du diagramme proposé par R.DAY



L'objectif de ce modèle est la mise au point d'un cadre quantitatif permettant l'estimation des variations de valeurs globales concernant la superficie des principales cultures, l'offre des principaux produits, l'utilisation des ressources en fonction des variations de prix, de l'évolution des techniques, des quantités de ressources disponibles et des programmes de politique agricole.

Dans un premier temps, l'objectif est limité à l'expérimentation d'un modèle national pour l'estimation de la sensibilité de l'offre globale agricole, année par année.

91 modèles-types de programmation récursive sont définis pour 47 régions géographiques ; la fonction de choix est le profit à court-terme dont on recherche le maximum, compte-tenu des contraintes physiques et institutionnelles et des limites de comportement. Ces modèles ont été testés sur la période 1960-1964. L'exploitation du modèle à des fins de prévision à court-terme est actuellement en cours.

Les difficultés rencontrées par les auteurs concernent principalement les problèmes d'agrégation liés au petit nombre de situations-types retenu, les simplifications apportées à la description des processus de décisions individuelles ; enfin l'absence de données ou d'informations précises sur les contraintes limitant l'amplitude des ajustements.

L'un des principaux avantages de ces modèles concerne les possibilités de l'analyse dynamique comparative dont le principal intérêt est de pouvoir analyser une évolution possible à partir d'une situation donnée. L'analyse statique comparative ne permet, par contre, que de définir une solution datée dans des conditions dont on suppose qu'elles seront alors effectivement réunies. Ceci n'apporte aucune information sur l'évolution du système, donc sur la valeur des délais prévus et sur la possibilité effective d'atteindre une solution d'équilibre.

L'analyse des conséquences d'une politique possible peut être menée en utilisant le modèle intertemporel à partir d'une situation initiale connue, et en fixant un certain nombre de variables stratégiques et de paramètres. On peut incorporer l'aspect aléatoire des résultats (rendements) en établissant des moyennes à long terme des résultats escomptés, ou en multipliant les exploitations du modèle en revenant chaque fois aux conditions initiales, mais en tenant compte par exemple de différentes séquences d'événements aléatoires (conditions climatiques des périodes successives).

La comparaison de différentes politiques multiplie évidemment les explorations à effectuer ce qui sur le plan matériel est évidemment un inconvénient de cette approche.

2.2 REMARQUES COMPLEMENTAIRES SUR L'APPROCHE DYNAMIQUE

Les tentatives d'approche dynamique du problème de prévisions des conditions d'équilibre dans le secteur agricole ne se limitent pas aux applications de la programmation réursive ou du principe du dynamic-coupling.

En dehors des techniques d'analyse par activités, certains modèles d'équilibre spatial ont une structure dynamique. Takayama et Judge ont généralisé leur modèle d'équilibre en leur conférant une structure intertemporelle (12). Ces auteurs ont montré que le concept de surplus pouvait être utilisé pour définir les conditions de l'équilibre dans l'espace et dans le temps. En supposant une dépendance linéaire entre l'offre, la demande et les prix régionaux pour chaque période, des coûts de transport fixés dans l'espace et des coûts de stockage fixés dans le temps ; le problème peut être ramené à un problème de programmation quadratique. Dans une analyse critique de ce modèle, R.A. Schrimper a insisté sur la nécessité

de tenir compte de l'incertitude régnant sur les résultats attendus par les agents économiques et sur l'intérêt qu'il y aurait à actualiser les coefficients de la fonction économique pour traduire le fait que le surplus escompté pour une période éloignée n'a pratiquement pas d'influence sur la politique courante des décideurs.

D'autres types de modèles dynamiques faisant intervenir des équations d'offre et de demande ont aussi été utilisés (5 ; 15 ; 16).

Dans un article récent J.M. Boussard (11) a proposé un modèle pour l'étude des décisions à long terme des agriculteurs basé sur des mécanismes, inspirés des théories de Shackle, visant à reproduire l'attitude des exploitants devant l'incertitude attachée aux résultats futurs. Le modèle est multi-périodique pour tenir compte des décisions d'investissements et le critère de choix est la valeur maximum de liquidation de l'entreprise à l'horizon de planification. L'auteur pense que ce modèle pourrait s'appliquer à un niveau régional et interrégional à condition d'être basé sur une typologie des exploitations établie d'après les ressources disponibles dont l'importance joue un rôle considérable dans l'évolution réelle des exploitations.

ANNEXE ILES PROBLEMES D'AGREGATION

Agréger, c'est réunir différents éléments en un tout. Une mauvaise description des relations réciproques entre le tout et les parties peut être à l'origine d'erreurs ou biais d'agrégation.

Preons le cas classique de la description d'une population d'exploitations par un petit nombre d'exploitations "représentatives". Une première erreur d'origine statistique peut intervenir, liée à la difficulté de réaliser une description parfaite de l'ensemble à l'aide du petit nombre d'observations retenues. Généralement, toute étude sur une valeur globale sans référence explicite à ses composantes soulève un problème d'agrégation de ce type. Une seconde erreur d'origine économique peut survenir dès que l'on néglige l'effet global des décisions ou des réactions élémentaires sur les conditions mêmes qui président à leur détermination : par exemple l'offre est calculée pour un système de prix, lequel risque d'être modifié par l'offre qu'il détermine.

Il convient de remarquer que, si les problèmes d'agrégation prennent une importance évidente dans les études de programmation régionale ou inter-régionale en agriculture, ils peuvent en fait intervenir à tous les niveaux dès que l'on raisonne sur des agrégats sans expliciter les relations internes faisant intervenir les éléments qui composent l'ensemble étudié. Ainsi, au niveau de l'exploitation, raisonner sur les besoins protidiques globaux du bétail, pose un problème d'agrégation dans la mesure où les équilibres biologiques par animal et par période ne sont pas explicités.

A I.1 Le problème économique d'agrégation

Il concerne l'erreur que l'on risque de commettre en assimilant les solutions globales à une simple sommation de solutions individuelles d'équilibre définies de façon autonome.

Il convient de noter immédiatement que la généralisation des modèles d'agrégation tend à supprimer ce type d'erreur dans la mesure où l'offre de produits et/ou la demande de facteurs, par exemple, sont calculées simultanément à la définition des variables endogènes du modèle, il devient donc théoriquement possible de respecter les limitations globales ou certaines conditions générales d'équilibres dans la définition des solutions aux différents niveaux.

En agriculture, un certain nombre d'approches des modèles d'offre posent ce problème. Le point de départ en est généralement le concept de "firme représentative" d'Alfred Marshall (1), utilisé fréquemment dans nos études sous le terme d'exploitation-type. La technique qui fut utilisée par exemple par R.L. Mitchell et J.D. Black (2) correspond à la démarche générale suivante :

- classement des exploitations en catégories homogènes
- définition de fonctions d'offre par type d'exploitation
- agrégation des fonctions d'offre pour aboutir à une offre régionale
- ajustement empirique des résultats sur la base de l'expérience pour définir des prévisions d'offre.

Ce schéma général a été repris fréquemment avec des variantes et des perfectionnements techniques dans l'exécution des différentes phases. Citons, par exemple l'approche

suggérée par Ph. Logrontac (3)

Outre les problèmes statistiques d'agrégation que pose cette démarche et que nous analyserons à la section suivante, il apparaît un problème économique d'agrégation dans la mesure où les fonctions d'offre individuelles sont définies pour des conditions générales (prix par exemple) qui risquent d'être remises en question par l'effet même de l'agrégation des décisions individuelles (offre par exemple).

R. Barker et B.F. Stanton (4) ont souligné le défaut de cette approche : "... les fonctions d'offre par simple sommation n'existent pas ..." ; ils ont montré par ailleurs que ne pas tenir compte des solutions générales d'équilibre revenait à négliger le concept d'avantage relatif qui est fondamental pour toute analyse de concurrence inter et intra-régionale.

J.M. Boussard et M. Petit (5) ont également souligné l'importance de ce problème économique d'agrégation en montrant comment les deux premières phases de la procédure permettraient de faire apparaître les conflits d'intérêt qui résulteraient de la confrontation des solutions individuelles calculées. De même Albert, Petit et Viallon (6) limitent leur analyse de la production de viande aux conclusions tirées des résultats obtenus au niveau des structures de production faute d'un modèle entièrement satisfaisant pour résoudre le problème économique d'agrégation.

Le recours à un modèle récursif, dans lequel les décisions des agriculteurs sont prises en fonction d'anticipations sur les prix basées sur les équilibres globaux de la période précédente permet de se débarrasser d'une partie du problème économique d'agrégation. En effet, l'offre globale de produits et la demande globale de facteurs ne réagissent qu'avec un délai d'au moins une période sur les décisions individuelles. Il devient donc théoriquement possible de calculer les fonctions

individuelles d'offre à court terme sur la base des anticipations de prix et de les agréger, puisque les conséquences d'éventuels déséquilibres globaux ne sont pas susceptibles de modifier les décisions de la période étudiée mais seulement celles de la période suivante. En fait les prix ne sont pas les seuls secteurs susceptibles de transmettre les contraintes globales. Un certain nombre de contraintes physiques globales, pouvant porter sur des ressources limitées pour l'ensemble des exploitations (eau d'irrigation par exemple) ou sur des bilans de produits intermédiaires qu'il convient absolument de respecter (veaux d'élevage, bétail maigre), ne peuvent être prises en compte au niveau individuel ; l'agrégation des solutions élémentaires calculées de façon autonome conduit généralement à une solution globale incohérente, donc à des conclusions erronées à tous les niveaux.

De plus les modèles de prévision à court terme comportent généralement des "contraintes d'inertie" traduisant l'impossibilité d'un ajustement parfait à une solution souhaitable (diffusion du progrès technique, délais de mise en place des équipements fixes, délais de production pour les plantations, réticences des agriculteurs devant le risque et l'incertitude ...). Nombre de ces contraintes sont par nature des contraintes globales exprimant que l'amplitude des phénomènes d'évolution mesurée au niveau global ne saurait être comparée à l'amplitude potentielle de l'évolution d'une exploitation isolée ; il paraît donc assez difficile de les répercuter objectivement au niveau des exploitations représentatives étudiées, en vue d'une agrégation ultérieure.

L'utilisation de modèles d'agrégation, intégrant des relations d'offre ou de demande implicites des différents ensembles étudiés, permet d'éviter les écueils du problème économique d'agrégation tel que nous l'avons présenté. L'inconvénient le plus évident réside dans une augmentation de la taille des modèles non seulement par le fait que les relations d'agrégation sont introduites explicitement,

mais aussi et surtout parce que la procédure répercute directement toute augmentation du nombre de sous-ensembles étudiés (régions ou exploitations-types) au niveau du nombre des activités et des contraintes du modèle d'agrégation.

La conclusion que l'on peut en tirer est que le choix d'un modèle d'agrégation permettant de donner une solution plus satisfaisante au problème économique de l'agrégation a pour contre-partie une limitation des possibilités de donner une solution entièrement satisfaisante au problème statistique de l'agrégation en réduisant le nombre de sous-ensembles que l'on peut raisonnablement considérer pour conserver un caractère opérationnel au modèle. Nous verrons que la technique de décomposition multiple des programmes linéaires peut apporter certaines solutions à ce problème.

A. 1.2. Le problème statistique d'agrégation

a) Nature du problème

En agriculture, l'approche des problèmes par agrégation comporte généralement une phase de stratification en zones géographiques homogènes faisant intervenir des critères physiques et économiques, une phase d'échantillonnage aboutissant à une classification des exploitations en sous-ensembles correspondants à des unités-types, enfin une phase de construction de modèles pour les unités-types. Que ces modèles soient ou non intégrés ultérieurement dans un cadre global, le problème statistique d'agrégation subsiste car il concerne la valeur représentative de l'exploitation-type par rapport aux exploitations agrégées dans le sous-ensemble correspondant.

Si nous nous plaçons dans l'optique de la programmation linéaire, l'erreur ou biais d'agrégation sur un paramètre est la différence existant entre, d'une part, la valeur obtenue par sommation des valeurs optimales de ce paramètre dans chacun des programmes calculés individuellement pour les exploitations du sous-ensemble, et d'autre part la valeur optimale du paramètre dans le programme calculé pour le sous-ensemble considéré globalement. Cette dernière

valeur est évidemment identique à celle que l'on obtiendrait en pondérant par n le programme de l'exploitation-type moyenne du sous-ensemble.

Soit $1, 2 \dots, k \dots, n$ exploitations composant le sous-ensemble, Pour chaque exploitation k disposant de ressources b_{ik} , la programmation linéaire définit comme optimales des valeurs x_{jk} .

Pour le sous-ensemble d'exploitations considéré globalement (*) comme disposant de ressources $B_i = \sum_k b_{ik}$ la programmation linéaire définit comme optimales des valeurs X_j . Le biais d'agrégation au niveau de l'activité j sera mesuré par la différence

$$E_j = \sum_k x_{jk} - X_j$$

Frick G.E. et Andrews (7) ont testé selon cette formule le biais provoqué par quatre méthodes d'agrégation des résultats d'un ensemble de 51 exploitations laitières faisant apparaître, au niveau de la quantité globale de lait produit, des écarts pouvant s'étaler entre 5 et 20 %, ce qui illustre l'importance à donner à ce problème pour l'utilisation de ces méthodes dans le domaine des prévisions.

*) Ceci ne signifie pas que l'on considère que les exploitations ont une stratégie de groupe et que les décisions y sont prises selon des lois monopolistiques mais qu'elles sont toutes identiques et censées avoir un même comportement.

L'une des principales sources d'erreur d'agrégation est que le fait de considérer le sous-ensemble d'une façon globale, implique matériellement une parfaite mobilité des ressources au sein de ce tout, alors que certaines rigidités existant au niveau des exploitations peuvent entraîner des divergences dans les solutions adoptées.

S.J. Sheehy et R.M. Mac Alexander (8) ont évoqué notamment ce point en montrant qu'une limitation intervenant sur une ressource non retenue comme critère de classification des exploitations peut entraîner ce type de biais d'agrégation.

Supposons deux exploitations A et B produisant un seul produit F. Dans la première la terre, T est le facteur le plus limitant, dans la seconde c'est le capital C.

La programmation linéaire conduira en A à la définition d'une production optimale $F(T_A)$ telle que

$$F(T_A) < F(C_A) \quad \text{I}$$

alors que dans l'exploitation B la production optimale $F(C_B)$ sera telle

$$F(C_B) < F(T_B) \quad \text{II}$$

La production optimale réelle de l'ensemble des deux exploitations est :

$$F_{AB} = F(T_A) + F(C_B) \quad \text{III}$$

Si nous agrégeons et si nous programmons l'ensemble nous disposons de ressources en terre $T_A + T_B$ et de ressource en capital $C_A + C_B$. S'il n'y a qu'un produit, nous nous heurterons soit à la limitation terre et la production obtenue sera

alors $F_{AB} = F(T_A) + F(T_B)$; soit à la limitation capital et la production obtenue sera alors $F_{AB} = F(C_A) + F(C_B)$.

Dans les deux cas la production sera surévaluée par rapport à la production possible donnée par III ; la relation I assure en effet que :

$$F(T_A) + F(C_B) < F(C_A) + F(C_B)$$

alors que la relation II implique réciproquement que :

$$F(T_A) + F(C_B) < F(T_A) + F(T_B)$$

L'agrégation dans un cas semblable entraîne donc un biais qui intervient ici au niveau de la quantité produite mais qui pourrait aussi se traduire s'il y avait plusieurs produits en concurrence par des différences sur la composition qualitative et quantitative de l'offre.

Une erreur d'agrégation pourrait surgir également dans le cas d'une hétérogénéité des comportements économiques ou des coefficients de revenus marginaux : un revenu moyen pour le lait appliqué à l'ensemble des agriculteurs ne conduit pas forcément à la même offre globale que des revenus faibles appliqués à certaines exploitations et des revenus élevés appliqués à d'autres unités appartenant au sous-ensemble étudié

Résoudre le problème statistique d'agrégation consiste pratiquement à rechercher les conditions d'une erreur aussi faible que possible dans les limites des possibilités matérielles disponibles pour l'étude envisagée. Ceci revient à définir un certain nombre de règles concernant le nombre minimum d'exploitations-types à retenir et les critères significatifs permettant d'établir cette typologie.

Plusieurs chercheurs se sont penchés sur cette question et ont abouti à quelques réflexions théoriques susceptibles de guider les travaux en ce domaine.

b) Conditions suffisantes pour une agrégation parfaite

- les règles d'homothétie

Richard H. Day (9) a défini un certain ensemble de conditions suffisantes pour une agrégation parfaite en utilisant le cadre de raisonnement de la programmation linéaire.

Si nous reprenons le symbolisme utilisé précédemment le problème de programmation pour l'ensemble des n exploitations peut s'exprimer par exemple ainsi :

$$\begin{aligned} \max Z &= \sum_j C_j X_j \\ \text{avec} \quad \sum_j A_{ij} X_j &\leq B_i & (E) \\ X_j &\geq 0 \end{aligned}$$

dans lequel

X_j est la dimension de l'activité j pour l'ensemble des n exploitations

C_j est le revenu unitaire de l'activité j

A_{ij} est la consommation unitaire de ressource i par l'activité j

B_i est la quantité globale de ressource i disponible.

Parallèlement le problème de programmation pour une exploitation quelconque k de l'ensemble s'énonce ainsi :

$$\begin{aligned} \max \quad Z_k &= \sum_j c_{jk} x_{jk} \\ \text{avec} \quad \sum_j a_{ijk} x_{jk} &\leq b_{ik} \\ x_{jk} &\geq 0 \end{aligned} \quad (k)$$

dans lequel

x_{jk} est la dimension de l'activité j pour l'exploitation k

c_{jk} est le revenu unitaire de l'activité j dans l'exploitation k

a_{ijk} est la consommation unitaire de ressource i par l'activité j dans l'exploitation k

b_{ik} est la quantité de ressource i disponible dans l'exploitation k .

R.H. Day démontre qu'une condition suffisante pour que le programme E conduise à des résultats non entachés d'erreur d'agrégation par rapport à ceux que donnerait l'ensemble des programmes (k) est que l'on ait pour chacun d'eux :

$$\begin{aligned} a_{ijk} &= A_{ij} \\ c_{jk} &= \lambda_k C_j \\ b_{ik} &= \alpha_k B_i \end{aligned}$$

Il convient donc que les matrices des coefficients techniques soient identiques et que les vecteurs "revenus" et/ou "seconds membres" soient proportionnels.

λ_k est un scalaire positif qui est propre à l'exploitation k mais constant pour toutes les activités. Les rapports des revenus n'étant pas modifiés par ce coefficient, la théorie montre que la solution primale ne sera pas affectée alors que les valeurs duales seront multipliées par λ_k . Si $\lambda_k = 1$ pour tout k alors les anticipations de revenus sont identiques pour tous les agriculteurs du groupe considéré.

α_k est un scalaire positif mais par définition inférieur à 1^{*}. Il est propre à l'exploitation k mais constant pour tous les seconds membres (ressources, contingents, limites, etc ...). Les rapports des seconds membres n'étant pas modifiés par ce coefficient, la théorie montre que la solution duale n'est pas affectée, les activités entrent dans la base dans les mêmes proportions mais la solution primale est multipliée par le coefficient α_k .

Les coefficients λ_k et α_k peuvent être interprétés comme des rapports d'homothétie.

Nous avons illustré sur les graphiques I et II ces conditions. Sur le graphique I nous avons présenté la résolution du problème primal pour deux exploitations et pour leur ensemble. La matrice des coefficients est la même pour les trois programmes et un même rapport d'homothétie est conservé pour les deux

* Pour $\alpha_k = 1$ l'exploitation k serait la seule unité du sous-ensemble et $1 = k = n$.

contraintes $\frac{OA_1}{OA} = \frac{OE_1}{OE} = \frac{OC_1}{OC} = \frac{OF_1}{OF}$. Les arêtes

homologues des polygones sont donc parallèles et les programmes optimaux (B_1, B_2, B) pour une certaine fonction objectif (D) sont alignés. On démontre facilement que la solution B en x_1, x_2 est la somme des programmes B_1 et B_2 .

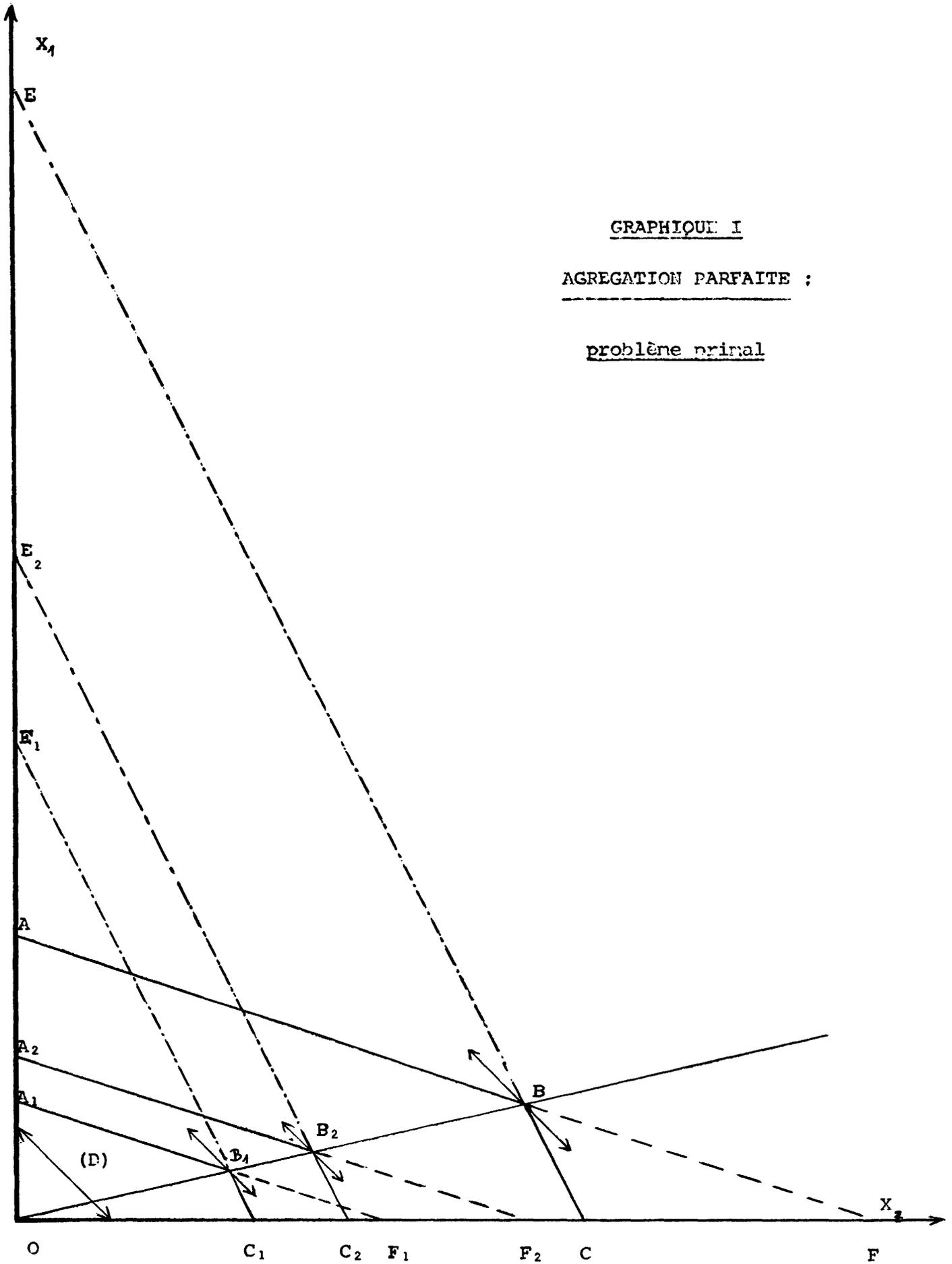
On voit aussi que multiplier les revenus C_1 et C_2 par un même coefficient pour chaque exploitation ne modifie pas la pente de la fonction économique D et n'altère donc pas la nature des programmes optimaux.

Le graphique II présente la résolution du problème dual ; le rapport des seconds membres donne la direction de la fonction économique D' qui définit les solutions duales optimales N_1, N_2 et N_3 correspondant à trois valeurs possibles λ_1, λ_2 et λ_3 . Ce rapport n'est évidemment pas altéré par l'intervention d'un coefficient α sur l'ensemble des seconds membres. Les programmes N_1, N_2^k et N_3 sont alignés et les valeurs duales sont proportionnelles aux rapports d'homothétie λ_1, λ_2 et λ_3 .

- Théorème de Miller

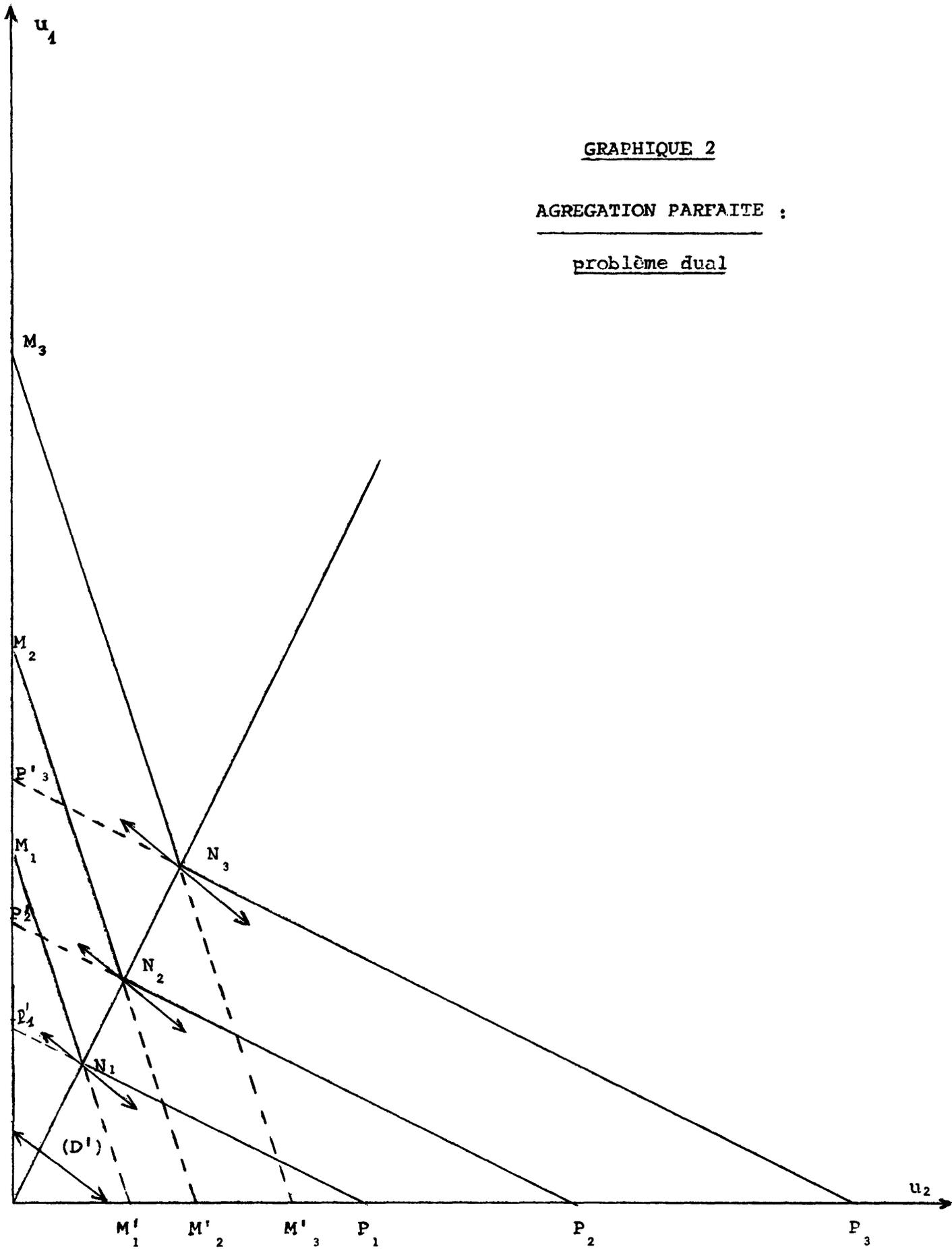
Thomas A. Miller (10) a cherché à élargir les conditions définies par R. Day. Se plaçant dans la même optique de programmation linéaire il aboutit aux conditions suffisantes suivantes : identité des matrices des coefficients techniques et homogénéité qualitative de l'ensemble des solutions de base. Cette dernière condition signifie que pour toute exploitation appartenant au sous-ensemble, la programmation linéaire conduit à une solution primale retenant les mêmes

GRAPHIQUE I
AGREGATION PARFAITE ;
problème primal



GRAPHIQUE 2

AGREGATION PARFAITE :

problème dual

variables dans la base optimale c'est-à-dire, d'une part les mêmes activités, d'autre part les mêmes variables d'écart. Cette identité n'est que qualitative la condition n'impliquant évidemment pas que les variables aient la même valeur dans toutes les solutions. On remarque aussitôt que la présence des mêmes variables d'écart dans la base implique que chaque solution retienne les mêmes activités limitées par les mêmes contraintes. Dans ces conditions, l'agrégation n'implique aucun biais, le plein emploi des mêmes ressources est assuré par les mêmes activités tant au niveau global qu'au niveau individuel.

Ces conditions sont moins restrictives que celles de R. Day. Si nous reprenons le graphique I nous voyons qu'il n'est plus nécessaire que les solutions B_1 , B_2 et B soient alignées mais seulement que les programmes définis par l'intersection des deux contraintes soient optimaux dans l'intervalle de variation de la fonction économique envisagé ce qui laisse place à une certaine variation possible des rapports entre les ressources et/ou entre les coefficients de la fonction économique.

- Compléments au théorème de Miller

John E. Lee J.R. (11) a repris la formulation du théorème de Miller en s'attachant à la forme duale du problème dans le cas où tous les agriculteurs sont supposés avoir les mêmes anticipations de revenus. Les conditions suffisantes à l'agrégation parfaite deviennent : l'identité des matrices de coefficients techniques, l'identité des revenus anticipés, des rapports de ressources compris dans des intervalles tels que l'on ait identité des solutions duales pour l'ensemble des exploitations.

En se reportant au graphique II on peut voir fa-

cilerent que pour un certain niveau de revenus anticipés, disons pour le domaine défini par $M_3 N_3 P_3$, la solution duale reste inchangée tant que la pente de D' (rapport des ressources) reste comprise entre la pente de $M_3 N_3$ et celle du segment $N_3 P_3$. L'élargissement des conditions suffisantes de parfaite agrégation par rapport à celles définies par R. Day est ici clairement illustré.

c) Valeur pratique de ces considérations théoriques

Il faut avant tout souligner qu'il ne s'agit là que de conditions suffisantes mais non nécessaires; elles sont donc généralement trop restrictives pour constituer des règles impératives de définition des exploitations types. Les règles d'homothétie de R. Day sont les plus restrictives; les règles de Miller et de Lee permettent de se libérer de la contrainte d'homothétie générale. En effet, une hétérogénéité quelconque peut être tolérée sur celles des ressources qui ne sont jamais limitantes sans pour autant provoquer de biais d'agrégation. Par ailleurs, un certain degré de variation non homothétique, tant sur les ressources limitantes que sur les coefficients de la fonction économique, reste compatible avec une agrégation exempte de biais.

Sur le plan pratique, les conditions d'homothétie présentent l'avantage de se rapporter à des grandeurs analytiques observables (ressources ou limitations, revenus anticipés) sur la base desquelles peut être établie la typologie des exploitations. Par contre de nombreux faits limitent la portée pratique de ces règles générales. Très souvent les petites exploitations ont un appareil de production déséquilibré; la crois-

sance de ces exploitations permet justement de rééquilibrer les appareils de production en modifiant les rapports entre les différentes ressources (travail / terre par exemple). La dynamique des exploitations apparaît donc ne pas devoir laisser aux règles d'homothétie un champ d'application très étendu. En outre certains seconds membres sont relatifs à des contraintes de limitation de la production (contrats, contingentements, etc ...) dont l'origine historique n'implique généralement pas une distribution homothétique*. Enfin, une exploitation correspond normalement à une unité de direction et à une unité de consommation ; en admettant que l'homothétie existe à court terme au niveau des ressources, de la production et des revenus, elle a tendance à disparaître au niveau de la consommation du ménage, donc au niveau des liquidités, puis des investissements.

Ceci conduit à moyen terme à un nouvel équilibre des ressources : l'homothétie ne se conserve pas dans le temps !

Les conditions définies par Miller sont théoriquement plus souples ; elles ont le défaut de se référer non plus à des observations mais à des résultats économiques que l'on désire justement éviter de calculer dans toute la mesure du possible au niveau individuel. Par ailleurs, l'homogénéité qualitative des solutions de base doit se conserver dans la totalité du champ des variations de prix exploré dans le modèle. Plus ce champ est étendu, plus le sous-ensemble d'exploitations a tendance à se restreindre ; à la limite ces conditions deviennent aussi restrictives que les conditions d'homothétie.

En présentant une version duale du théorème de Miller, J.E. Lee a surtout cherché à redonner la priorité à l'équilibre interne des ressources. La valeur des intervalles

* Cette difficulté disparaît lorsque le modèle remet en question ces contraintes en vue d'une redistribution plus rationnelle des contrats ou des contingents.

tolérables pour les rapports entre ressources peut être déterminée par application de programmation paramétrique par exemple. Les résultats obtenus sont ensuite applicables aux valeurs physiques directement observables. Cette technique qui permet de pallier le premier inconvénient de la théorie de Miller ne change rien par contre aux difficultés soulevées dans le cas où il existe une variabilité sensible des systèmes de prix.

d) Autres techniques

Divers auteurs, sans prétendre définir des conditions théoriques d'une parfaite agrégation, ont suggéré des techniques pratiques susceptibles de conduire à des résultats intéressants.

Randolph Barker et Bernard F. Stanton (4) ont signalé la possibilité de classer les exploitations en fonction de la nature du facteur le plus limitant pour un produit ; on distingue par exemple le sous-ensemble des exploitations dans lesquelles la production laitière est limitée par les bâtiments, ou par le travail, ou par la terre. Cette technique appliquée à l'ensemble des exploitations laitières étudié par Frick et Andrews (7) s'est révélée la plus intéressante des techniques mises en comparaison.

L'intérêt de la procédure est d'être facile à appliquer : la comparaison des ressources disponibles et des consommations unitaires de la production considérée, désigne directement le facteur limitant. Elle est d'autant plus intéressante que les exploitations sont spécialisées. En effet, bien qu'une plus grande homogénéité sur un produit réduise l'hétérogénéité sur l'ensemble des autres produits en raison de la concurrence interne pour l'affectation des ressources, il n'en demeure pas moins que l'existence de plusieurs produits importants implique l'établissement de plusieurs typologies. Par

ailleurs, comme toute classification ne retenant pas explicitement le critère dimension, cette procédure risque d'être insuffisante et de devoir être complétée par le recours à des considérations sur la nature des techniques utilisées (économie d'échelle).

e) Remarques générales et conclusions

James S. Plaxico & Luther G. Tweeten (12) dans un article consacré aux possibilités d'utilisation du concept d'exploitation-type dans les recherches en matière de politique agricole et de prévision, ont soulevé un certain nombre de problèmes liés à la définition de ces exploitations représentatives. Tout d'abord les techniques utilisées font peut-être une place relativement trop importante aux critères physiques ; par ailleurs, l'analyse préalable des unités est souvent trop normative alors qu'il serait nécessaire d'accorder beaucoup d'attention au degré d'information des différents types d'agriculteurs et à leur comportement pour garantir une certaine valeur prévisionnelle des résultats. Devant l'impossibilité d'appliquer des règles strictes visant à une agrégation parfaite, il serait nécessaire d'explicitier l'intervalle de variation autour d'une valeur moyenne que l'on admet comme tolérable. Enfin il est indispensable de définir les exploitations-types en fonction de la situation que l'on entend décrire: situation présente ou situation probable à l'horizon choisi. Dans le même ordre d'idée, l'évolution que l'on cherche à prévoir peut très bien n'être pas le fait des exploitations "moyennes" ou "nodales", mais celui d'exploitations marginales répondant particulièrement bien à un type donné d'incitation économique. Cet aspect doit être retenu dans la définition de la représentativité.

Les conclusions que l'on peut tirer des considérations théoriques exposées et de ces quelques remarques générales, est qu'il n'existe pas de lois universelles en la matière : la représentation d'une population d'exploitations par une ou plusieurs exploitations-types est avant tout une affaire de cas particuliers. Certes les considérations théoriques sont extrêmement précieuses pour guider le choix des critères de définition mais une large part reste aux ajustements en fonction de l'objectif poursuivi, des possibilités matérielles d'analyse et des caractéristiques mêmes de la population étudiée.

Les auteurs s'accordent à penser qu'il est toujours souhaitable de s'appuyer sur une analyse statistique préalable de la population étudiée ou d'un échantillon suffisant de celle-ci. Un cadre général de raisonnement comme celui de la programmation linéaire peut fournir les éléments permettant d'ordonner un certain nombre de critères de typologie : ainsi on accordera une attention plus ou moins grande à la nature des activités possibles (productions et techniques), à l'homogénéité des coefficients input-output (économie d'échelle, technicité, environnement naturel), à la nature des objectifs poursuivis par les individus (comportement) et au niveau des coefficients de résultats économiques (environnement économique) enfin à la nature et à l'équilibre des ressources disponibles (dimension, appareils de production). La plupart du temps on est amené à ne retenir qu'un petit nombre de critères significatifs ; dans ce cas, il est possible de faire appel à des critères dont la définition même combine plusieurs paramètres élémentaires. Ainsi l'étude française repose sur une classification retenant la dimension et le mode d'utilisation du sol qui est défini lui-même en fonction de l'importance relative de huit catégories de cultures. On a pu

noter que ce dernier concept, combiné avec la dimension, était en corrélation avec d'autres éléments possibles comme le type d'appareil de production, l'importance de certaines productions, voir même le comportement des agriculteurs.

Le choix de ces critères de définition semble devoir être facilité, par ailleurs, par l'étude préalable de modèles individuels, statiques ou dynamiques selon la nature de l'objectif poursuivi, permettant de déterminer par paramétrages par exemple, les intervalles de variation de certains coefficients correspondant à une certaine homogénéité dans les effets observés.

Enfin, pour conclure, citons la remarque d'un économiste assez philosophe soulignant que malgré les effets de compensation qui peuvent survenir, toute méthode d'agrégation comporterait encore un biais important si les agriculteurs n'avaient pas une heureuse tendance à s'inspirer fortement du comportement d'un petit nombre d'entréux ...

A.I.3 Agrégation et définition des régions

Le problème de la définition des régions s'estompe largement du fait de la description de sous-ensembles d'exploitations répondant à des conditions d'agrégation, sinon parfaites, du moins acceptables. En effet si chaque sous-ensemble représenté par une exploitation-type est constitué d'exploitations ayant des matrices de coefficients techniques comparables (mêmes activités possibles, mêmes techniques) et des résultats économiques voisins (mêmes rendements, mêmes prix reçus et payés), ces conditions impliquent qu'une homogénéité des conditions naturelles et économiques se trouve réalisée au niveau du type d'exploitation. La région homogène se définit donc dans ce cas comme la réunion de plusieurs

sous-ensembles d'exploitations bénéficiant de conditions naturelles et économiques comparables.

Deux régions ayant des structures différentes, c'est-à-dire une répartition différente du territoire entre plusieurs types d'exploitations communs, peuvent très bien être regroupées si par ailleurs les conditions naturelles et économiques sont comparables : c'est au niveau des types d'exploitation qu'interviennent en fait les différences. En pratique cette remarque peut être utile pour choisir entre deux orientations possibles : soit distinguer un grand nombre de petites régions ne comportant chacune qu'un petit nombre d'exploitations-types, soit ne retenir qu'un petit nombre de grandes régions comportant chacune de nombreux types d'exploitations.

En ce qui concerne l'homogénéité des conditions économiques, il s'agit surtout de la situation par rapport aux marchés des produits et des facteurs ; il convient d'éviter de négliger les disparités trop grandes quant à l'éloignement par rapport aux points de consommation finale ou intermédiaire, ou à certains pôles d'attraction pour certaines ressources comme la main d'oeuvre agricole par exemple. Que le modèle appréhende ces situations de façon explicite - par introduction d'un sous-problème de transport et de transformation des produits et le recours à des courbes de demande régionale - ou de façon implicite - par utilisation de revenus et de coûts différenciés tenant compte à priori des coûts de transports et de transformation - l'idée directrice pour la définition de régions homogènes reste la même.

Ces conditions laissent une possibilité de regroupement en "région homogène" de zones géographiques non contiguës ; toutefois il est souvent préférable de ne pas utiliser pleinement cette possibilité afin de retenir des

circonscriptions respectant, à un certain niveau, des limites administratives facilitant l'étalonnage du modèle par comparaison à des informations statistiques disponibles.

A I.4, Agrégation des produits

Il est le plus souvent impossible de prendre en compte simultanément tous les produits agricoles. Par contre une agrégation parfaite au niveau des produits nécessiterait que tout produit-type se comporte tant au niveau de la production qu'au niveau de la demande d'une façon très comparable à celle des autres produits qui sont censés être ainsi représentés. Les solutions adoptées ne sont souvent pas satisfaisantes. Si l'on représente l'ensemble des produits laitiers par le lait nous supposons implicitement que les problèmes des excédents se posent de la même façon qu'il s'agisse en fait de beurre ou de fromage ... Considérer un groupe de produit comme les légumes par exemple, implique généralement de renoncer à utiliser les grandeurs physiques au profit d'une expression en valeur, seule commune mesure entre des produits physiquement hétérogènes. Le risque est de satisfaire l'ensemble de la demande ainsi agrégée par une offre de composition très déséquilibrée, par exemple satisfaire la demande globale de légumes uniquement par des artichauts bretons et des asperges de Sologne.

Deux voies s'offrent pour résoudre partiellement ce problème. La première consiste à réduire le champ des prévisions du modèle à quelques produits principaux en réservant a priori une certaine quantité de ressources pour les autres produits faisant l'objet d'un traitement exogène. [C'est la technique utilisée dans le modèle espagnol (13) et dans certaines études des Universités des Etats-Unis] . La seconde

consisterait à recourir systématiquement aux techniques de décomposition qui permettent à chaque niveau d'introduire un niveau de détail plus grand et de retenir la plupart des produits importants.

ANNEXE II : BIBLIOGRAPHIE

1. modèles statiques

1. BAWDEN D. Lee - An evaluation of alternative spatial models - J. of Farm Economics - Vol. 46 - n° 5 - Dec. 64.
2. TAKAYAMA T. , JUDGE G.G. - An interregional activity analysis model for the agricultural sector - J. of Farm Economics - Vol. 46 - n° 2 - May 64.
3. WHITTLESEY Norman K. , SKOLD Melvin D. - Production quotas and land values: importance of the dual in a spatial linear programming problem - J. of Farm Economics - Vol. 46 - n° 5 - Dec. 64.
4. FOLKESSON L. - An interregional linear programming analysis of the agricultural sector in Sweden - Mimeo Uppsala 1967.
5. HEADY E.O. , SKOLD Melvin d. - Projections of U.S. Agricultural capacity and interregional adjustments in production and land use with spatial programming models. Iowa Agr. Expt. States Res. Bulletin 539 - Août 1965.
6. L. FARHI, J. VERCUEIL - Etudes concertées pour la définition d'un programme agricole : le modèle de prévision 1970 - Article pour la revue de l'I.S.E.A "Economie Appliquée S.E.D.E.S. - Oct. 1967.
7. J.C. TIREL - Programmation interrégionale 1 : La structure du modèle théorique Zidore. Ronéo Laboratoire I.N.R.A. d'économie - Grignon 1966.
8. HEADY E.O., A.C. EGBERT - Modeles de programmation linéaire pour déterminer des systèmes régionaux de production en agriculture. Cahiers de l'I.S.E.A.- Progrès et agriculture 2 - Supplément 135. Mars 1963.

9. HEADY E.O. - RANDHAWA N.S. - An interregional programming model for agricultural planning in India. J. of Farm Economics - Vol. 46 - n° 1 - Feb. 1964.
10. HEADY E.O., A.C. EGBERT - Programming regional adjustments in grain production to eliminate surpluses - J. of Farm Economics - Vol. 41 - nov. 1959.
11. HEADY E.O., WHITTLESEY N.K. - A programming analysis of interregional competition and surplus capacity of american agriculture. Iowa Agr. and Home Economics Exp. Stat. Res. - Bulletin 538 - July 1965.
12. HEADY E.O., SKOLD Melvin K. - Regional location of production of major field crops at alternative demand and price levels 1975. - Tech. Bull. n° 1.354 - U.S.D.A. - Washington.
13. HEADY E.O., WHITTLESEY N.K. - Aggregate Economic effects of alternative land retirement programs : a linear programming analysis - U.S.D.A. - E.R.S. - Techn. Bull. 1.351. Août 1966.
14. HEADY E.O., Dan YARON - Approximate and exact solution to non-linear programming problem with separable objective function - J. of Farm Economics - Vol. 43 - 1 - Feb. 1961.
15. JUDGE G.G., TAKAYAMA T. - Spatial equilibrium and quadratic programming - J. of Farm Economics - Vol. 46 - n° 1 - Feb. 1964.
16. TIREL J.C. - Programmation interrégionale n° 2 - La décomposition des programmes linéaires - I.N.R.A. Grignon - 1967.

17. Ministère de l'Agriculture - Etudes concertées pour la définition d'un programme agricole - Bulletin Technique d'Information - n° 227 - Fev. 1968.
18. HENRICHSMEYER W., WEINSCHENK G. - Spatial equilibrium and prediction of structural change in production - paper for European meetings of the Econometric Society Warsaw - Sept. 1966.
19. L.M. DAY - Spatial economics : discussion - J. of Farm Economics - Vol. 46 - n° 5 - Dec. 1964.
20. J.B. HASSLER - An appraisal of spatial studies related to agriculture - J. of Farm Economics - Vol. 46 - n° 5 - Dec. 1964.
21. O.C.D.E. AGR/T (65) 21 - Promotion de la recherche pour l'adaptation de l'agriculture au développement économique - Paris 1965.
22. O.C.D.E. AGR/T(65)1 - Programmation interrégionale en agriculture ; problèmes méthodologiques - Paris 1967.
23. O.C.D.E. AGR/T(67)2 - Recherche sur la planification économique en agriculture ; modèles de localisation optimale dans les pays membres de l'O.C.D.E. - Paris 1967
24. DE BENEDICTIS M. , FABIANI C. , MARENCO G. , TERRASI M. - I modelli di analisi quantitativa nella pianificazione regionale dell'agricoltura.
25. WILLIAMS W.F. , DIETRICH R.A. - An interregional analysis of the fed beef economy - Agr. Econ. Rep. 88. U.S.D.A. - Oklahoma and Texas Agr. exp. stations.
26. PLESSNER, YARON D., E.O. HEADY - Competitive equilibrium application of mathematical programming - Canadian J. Agric. Econ. 13 : 65 - 79 - 1965.
27. O. FERRO
Problemi e applicazioni di programmazione lineare in agricoltura - Estratto da Giornale degli Economisti e Annali di Economia - n. IX-X, 1965

2. Approche dynamique

1. DAY R.H. - Dynamic coupling, Optimizing and regional interdependence. J. of farm economics - Vol. 46 - 2
Mai 1964.
2. FOX Karl - "A spatial equilibrium model of the livestock-feed economy in the United States - Econometrica
Octobre 1953.
3. SCHRAEDER Lee., Gordon A. KING - Regional location of beef cattle feeding - J. farm Economics - Fev. 1962.
4. GOODWIN Richard M. "Dynamic coupling with especial reference to markets having production lags" - Econometrica
July 1947.
5. BAWDEN D. Lee "A dynamic interregional programming model" workshops in firm and market - Social systems research Institute - December 1963.
6. SCHALLER W. Neill - "Improving the predictive reliability of regional analysis through the use of recursive programming" paper delivered at Western Farm Economics Association, Laramie Wyoming - July 1963
7. SCHALLER W. Neill - A recursive programming analysis of regional production response unpublished -
Ph. D. Thesis - Berkeley University of California
Sept. 1962.
8. DAY Richard H. - Recursive programming and production response - North Holland Publishing-Company -
Amsterdam 1963.
9. SCHALLER W.N., DEAN G.W. - Predicting regional crop production - U.S.D.A. E.R.S. Bull. Techn. 1329.

10. SCHALLER W.N. - A national model of agricultural production adjustment and supply response. (U.S.D.A.) 1966.
11. BOUSSARD J.M. - Un modèle pour l'étude des décisions à long terme des agriculteurs. Revue d'économie politique n° 6. 1967.
12. TAKAYAMA T. and JUDGE G.G. - An intertemporal price equilibrium model - Journal of farm economics - Vol. 46. 2 - May 1964.
12. CROM Richard J. , MAKI , WILBUR R. - Adjusting dynamic models to improve their productive ability - J. of farm economics - Vol. 47.4 - Nov. 1965.
14. WAUGH Frederick V - Cobweb models - Journal of farm economics Vol. 46 n° 4 - Nov. 1964.
15. EGBERT Alvin C , REUTLINGER Shlomo - A dynamic long-run model of the livestock-feed sector - Journal of farm economics - Vol. 47 n° 5. Dec. 1965.
16. REUTLINGER Shlomo - Analysis of a dynamic model, with particular emphasis on long-run projections - Journal of farm economics - Vol. 48 n° 1 - Feb. 1966.
17. M. NERLOVE - The dynamics of supply - Baltimore : Johns Hopkins Press - 1958.
18. M. NERLOVE - Distributed lags and estimation of longrun elasticities theoretical considerations Journal of farm economics - May 1958.
19. M. NERLOVE, V. ADDISON - Statistical estimation of long-run elasticities of supply and demand - Journal of farm economics - :Nov. 1958.
20. HENDERSON James M. - The utilization of agricultural land, a theoretical and empirical inquiry - Review of economics and statistics - Vol. XLI - n° 3 - August 1959.

21. MUTO Kazuo - Producting acreage of major crops crops in **New-York** state using recursive programming -- **Bulletin of the national institute of agricultural sciences - Nishigahara Kita-Ku - Tokyo.**

Annexe 3; L'agrégation

- (1) Alfred Marshall - Principles of economics 8th ed. London
Mac Millan and company University, 1959.
- (2) Ronald L. Mighell, John D. Black - Interregional competi-
tion in agriculture - Cambridge -
Harvard University Press - 1951.
- (3) Ph. Legrontec -- Construction de familles de modèles
d'exploitation agricole ; étude des
possibilités d'application au calcul de
modèles d'offre régionale agrégée de pro-
duits agricoles -- Thèse ronéotée par
I.N.R.A. Département d'Economie PARIS-
1966.
- (4) R. Barker, B.F. Stanton - Estimation and aggregation of
firm supply functions - Journal of farm
economics - 47 - 3 - 1965.
- (5) J.M. Boussard, M. Petit - L'analyse sur modèles des con-
flits d'intérêt - Etude économétrique d'une
petite région irriguée. Recherches d'éco-
nomie et de sociologie rurales - n° 1 -
1967.
- (6) P.J. Albert, M. Petit, J.B. Viallon - Décisions de produc-
tion et offre de viande - Ronéoté labora-
toire d'Economie Rurale - I.N.R.A. Paris -
1967.

- (7) G.E. Frick, R.A. Andrews - Agregation bias and four methods of summing farm supply functions. Journal of farm economics - 47 - 3 - 1965.
- (8) S.J. Sheehy, R.H. Mc Alexander - Selection of representative benchmark farms in synthetic supply function - Journal of farm economics - 47 - 3 - 1965.
- (9) Richard H. Day - On aggregating linear programming models of production - Journal of farm economics - Vol. 45 - Novembre 1963.
- (10) Thomas A. Miller - Sufficient conditions for exact aggregation in linear programming models - Agr. Economics research - 18 - 2 - 1966.
- (11) John E., Lee Jr. - Exact aggregation. A discussion of Miller's theorem. Agr. Economics research 18 - 2 - 1966.
- (12) James S. Plaxico, Luther G. Tweeten - Representative farms for policy and projection research. Journal of farm economics - Vol. 45 - 5 - 1963.
- (13) Ministerio de Agricultura - Secretariat general tecnica - Programacion interregional de la agricultura - Madrid 1967.
- (14) L.M. Day - Use of representative farm in studies of interregional competition and production response - Journal of farm economics - Vol. 45 - Déc. 1963.
- (15) Gunther Weinschenk - Marktwirtschaft und Betriebswirtschaft. Möglichkeiten und Grenzen der Verknüpfung von Makro und Mikroanalyse in der quantitativen Forschung in Bayerischer Landwirtschafts verlag München Basel Wien

CHAPITRE VII - ANALYSE PROSPECTIVE DU COMMERCE INTERNATIONAL

Les problèmes de prévisions des échanges internationaux sont certainement parmi les plus complexes : au niveau national ils impliquent de tenir compte non seulement de l'offre et de la demande des produits considérés mais aussi de l'interdépendance des différents secteurs de production dans la définition d'une politique de commerce extérieur ; au niveau international, il convient de tenir compte des conditions économiques des pays tiers - clients, fournisseurs ou concurrents potentiels - et des facteurs propres aux échanges internationaux (distance, règlements et accords, existence de circuits privilégiés, contraintes politiques, etc). A ce tableau peu engageant, il convient d'ajouter encore la remarque de A.L.A. Vincent (8) soulignant que la théorie des échanges internationaux n'a pas encore trouvé son unité, ce qui ne facilite guère la construction de modèles explicatifs.

Il n'est pas possible de proposer ici un ensemble de méthodes éprouvées susceptibles de résoudre de façon satisfaisante les différents problèmes liés au commerce international ; nous nous bornerons à citer les approches empiriques empruntées généralement pour réaliser les prévisions du volume du commerce extérieur, et à signaler un certain nombre de modèles faisant l'objet actuellement de recherches méthodologiques.

SECTION 1. - DETERMINATION DES FLUX DE COMMERCE EXTERIEUR PAR LA TECHNIQUE DES SOLDES

Dans l'approche par solde le commerce extérieur est traité comme une valeur résiduelle. En effet, l'offre et la demande ayant fait l'objet de projections indépendantes la différence est interprétée comme un volume d'importation nécessaire (demande sur les marchés internationaux) ou un volume d'exportations potentielles (offre sur les marchés internationaux).

Un certain nombre de problèmes matériels sont soulevés par cette approche, liés au fait que le calcul conduit à une différence positive ou négative tendant à placer le pays soit comme importateur soit comme exportateur pour un produit donné. L'analyse du commerce international montre qu'en fait un même pays est souvent importateur et exportateur pour le même produit. Il peut y avoir là, une conséquence de l'insuffisante désagrégation des comptes : un même pays exporte du blé tendre et importe du blé dur ; exporte de l'orge de brasserie et importe de l'orge

fourragère, exporte des quartiers avant de porc et importe des quartiers arrière... etc. Ces flux ne peuvent être saisis dans des comptes agrégés blé, orge, porc. En dehors des difficultés soulevées par la définition même des produits, il peut exister des mécanismes d'équilibre des échanges internationaux amenant un pays A à importer un produit d'un pays B alors qu'il exporte par ailleurs ce même produit vers un pays C. Enfin, il peut exister des exportations visant à conserver des débouchés ou à ménager des débouchés nouveaux apparaissant comme indispensables pour l'avenir.

Toutefois, il semble que les principaux inconvénients de la technique des soldes est qu'elle risque de conduire à des résultats non cohérents, et ce, à deux niveaux. Toute d'abord, la simple juxtaposition des soldes obtenus ne constitue pas forcément une politique d'échanges extérieurs acceptable ; les effets d'une telle politique peuvent être jugés non compatibles avec les objectifs économiques nationaux (balance des comptes, politique monétaire, etc). Par ailleurs ces flux peuvent se révéler non cohérents avec les conditions générales du commerce international. Nous verrons que les modèles étudiés dans les sections suivantes tentent de résoudre dans une certaine mesure ces défauts de cohérence.

Une application détaillée de cette technique des soldes se trouve dans la publication de l'Institut de Recherche en Economie Rurale de La Haye concernant les prévisions pour 1970 et 1975 (9).

! Avantages	! Inconvénients	!
! - <u>Simplicité</u> : les volumes	! - L'analyse n'a d'intérêt que pour un degré	!
! d'échange résultent des études	! de décontraction assez élevé.	!
! de l'offre et de la demande	! - La cohérence interne n'est pas assurée au	!
!	! plan de la politique nationale.	!
!	! - La cohérence n'est pas non plus assurée au	!
!	! niveau international.	!
!	!	!

Le développement des modèles spatiaux, a incité certains auteurs, notamment aux Etats-Unis, à généraliser ces modèles en^{les} étendant au domaine des échanges internationaux.

Section II. - MODELE SPATIAL D'EQUILIBRE DE PRIX POUR LE COMMERCE INTERNATIONAL.

Le modèle proposé par D.L. BAWDEN (4) est une adaptation au commerce international du modèle d'équilibre interrégional proposé par TAKAYAMA et JUDGE (Chap. V. 53 ; chap. VI 2, 15). Ce modèle spatial d'équilibre partiel qui permet de traduire les interrelations entre pays et entre produits dans un cadre de libre échange et de concurrence parfaite sur les marchés, a été modifiée pour tenir compte de l'existence de certaines politiques nationales ou internationales qui viennent altérer plus ou moins profondément ces hypothèses de base.

Le modèle de base appartient à la catégorie des modèles d'équilibre standard (chap. V) ; la production globale et la consommation totale de chaque produit sont définies dans chaque région sous la forme d'équations linéaires d'offre et de demande faisant intervenir les prix du produit, les prix des autres produits concernés et certaines variables exogènes. Les coûts de transports entre les zones sont définies. Le modèle permet de déterminer pour chaque région les quantités produites et consommées, les importations et exportations de chaque produit et les prix d'équilibre. La fonction objectif est la maximation du surplus net, qui rappelons-le est égale à l'aire comprise entre la courbe de demande et la courbe d'offre amputée des coûts de transports.

Les contraintes logiques du modèle sont des bilans régionaux entrées-sorties déjà rencontrés dans le modèle - type du chapitre VI. :

Production + Importation \geq Consommation + Exportations, que l'on peut compléter par la prise en considération d'une politique de stockage.

Le modèle peut être utilisé sous cette forme dans l'hypothèse d'un commerce international libre et parfait, ou complété de façon à tenir compte des caractéristiques réelles des marchés internationaux.

Dans l'article cité en référence l'auteur présente une application simple du modèle sous ses différentes formes. Notamment il montre comment on peut très facilement faire intervenir des droits fixes unitaires à l'importation, des droits à l'importation proportionnels à la valeur, des droits différenciés par pays, des subventions unitaires à l'exportation, des contraintes de contingentement du volume d'importation fixées en valeur absolue ou proportionnellement à la production inté-

rière du pays, des garanties de prix intérieurs à la production, des limitations d'emblavements, etc. D'autres mécanismes de politique commerciale peuvent être introduits, accords bilatéraux, interdiction des échanges avec certains pays, etc. Nous retrouvons dans ce domaine tous les avantages liés à l'extrême souplesse des méthodes de programmation, qui permettent d'utiliser le modèle à des fins d'analyse comparative de différentes politiques de commerce extérieur.

Le modèle restant ouvert, les interactions entre les variables endogènes et des facteurs comme l'investissement, le revenu, la balance des paiements et les taux de change ne sont pas prises en compte. Par ailleurs, le volume d'information nécessaire limite généralement ce type de modèle à l'analyse d'un seul secteur.

! Avantages	! Inconvénients	!
!- Possibilité de traiter une informa- ! tion volumineuse et de mener l'ana- ! lyse à un niveau de décontraction ! assez poussé.	!- Importance des travaux de montage du ! modèle. !- Nécessité pratique de limiter l'analyse! ! à un secteur.	!
!- Permet de réaliser des analyses com- ! paratives de politiques agricoles ! et commerciales	!-Caractère conditionnel des solutions ob- ! tenues, relativement à des paramètres ! tels que revenu, balance des paiements ! etc.	!
!-Souplesse de la méthode.		!

Cette généralisation d'un modèle spatial au cas du commerce extérieur n'est évidemment qu'une des voies possibles dans cette approche : il est certes possible de transformer de la même façon les modèles d'analyse par activité et leurs différentes variantes dynamiques que nous avons évoqués précédemment.

Une tentative dans ce sens a été faite par R.W. FOX (5) pour l'étude des effets possibles d'une politique céréalière de la C.E.E. Deux modèles de programmation linéaire ont été utilisés pour cette analyse faisant intervenir des variables stratégiques de politique agricole (prix et droits d'importations) des relations économiques et des relations techniques de production dans le but d'apprécier l'é-

volution de la production et de l'affectation des ressources de chaque région et le commerce interrégional. La structure des modèles utilisés s'apparente à celle des modèles de Egbert et Heady (chap. VI 10) . Les modèles ont été calculés pour une période de base 1959/62 et pour 1970 ; ils concernent trois groupes de produits céréaliers , le blé panifiable, le blé fourrager et les autres céréales fourragères. Le premier modèle fait intervenir les pays de la C.E.E., les Etats-Unis, le Canada et le Royaume Uni répartis en 7 zones de production . Le second modèle considère 8 zones de production : l'Australie et l'Argentine remplaçant le Royaume - Uni. Plusieurs hypothèses sont faites quant à l'objectif poursuivi : maximation du revenu de la production et du commerce de l'ensemble des régions, ou minimation du coût d'obtention des céréales par les pays du Marché Commun. La demande intérieure de chaque pays est fixée , toutefois en ce qui concerne la demande de céréales fourragères des pays de la CEE trois niveaux ont été estimés en se basant sur différentes hypothèses d'évolution de la production de viande bovine affectant l'indice de consommation de céréales fourragères par tonne de viande produite.

L'exploitation de ces modèles a permis de tirer un certain nombre de conclusions intéressantes quant à l'influence de la politique céréalière de la CEE sur la nature et le volume des flux internationaux.

Tout en admettant la part d'arbitraire introduite à l'origine dans de tels modèles, l'auteur souligne qu'à tout moment il est possible, une fois le modèle établi, d'utiliser au mieux l'information existante et notamment d'actualiser et de préciser les résultats obtenus.

Section III . - METHODES BASEES SUR L'ETABLISSEMENT DE TABLEAUX D'ECHANGES INTERNATIONAUX.

Un certain nombre de ces méthodes ont fait l'objet d'une étude de synthèse par le Centre d'Etude de la prospection économique à moyen et long termes (CEPREL 6, 7) . Par rapport aux techniques évoquées précédemment, l'approche des problèmes de commerce extérieur est basée sur l'établissement d'une représentation du réseau de commerce international au moyen d'un tableau d'échange. Ainsi, dans ces travaux, l'éclairage principal est centré sur les relations entre les pays ou les zones, et ainsi sur la cohérence globale des différents flux constituant le commerce international. Différentes démarches sont suivies tant pour l'établissement d'un tel tableau, que pour son utilisation en matière de prévisions.

Réseau du commerce international.

P A Y S		I M P O R T A T E U R S						
		1	2	..	j	..	n	Monde
E X P O R T A T E U R S	1	X_{11}	X_{12}	..	X_{1j}	..	X_{1n}	$X_{1.}$
	2	X_{21}	X_{22}	..	X_{2j}	..	X_{2n}	$X_{2.}$

	i	X_{i1}	X_{i2}	..	X_{ij}	..	X_{in}	$X_{i.}$

	n	X_{n1}	X_{n2}	..	X_{nj}	..	X_{nn}	$X_{n.}$
	Monde	$X . 1$	$X . 2$..	$X . j$..	$X . n$	$X ..$

(D'après AYI FOLYKOUÉVI : 7)

avec :

 X_{ij} : exportation de i vers j $X_{i.}$: total des exportations de i $X_{.j}$: total des importations de j $X_{..}$: total du commerce mondialA : $\left[\begin{array}{c} X_{ij} \\ \dots \\ X_{ij} \end{array} \right]$; ensemble du réseau des échanges.

Ce type de tableau présente un certain nombre de propriétés générales qui sont utilisées en pratique notamment lorsqu'il s'agit de la reconstituer à partir d'un nombre limité d'informations : marges, valeurs de certains flux, etc. Ces propriétés permettent également de vérifier la cohérence d'un ensemble de prévisions sur les importations et les exportations de différents pays menées indépendamment.

L'ambition des différents modèles utilisant ce type de tableau est très variable ; elle peut se borner à assurer une certaine cohérence des projections d'un pays ou d'une zone établies de façon indépendante ou aller jusqu'à la description ou la prévision de l'ensemble du réseau.

3.1. - Modèles à conservation de parts.

Ces modèles reposent sur un certain nombre de remarques ou d'opinions. Tout d'abord c'est au niveau des importations totales par pays que se situe la partie la plus solide des projections en matière de commerce extérieur. Par ailleurs la demande renfermerait les facteurs moteurs du commerce international; ce qui reviendrait à penser que les exportations sont entraînées de façon plus ou moins passive par les importations, et que la part des exportations d'un pays dans les importations d'un autre pays est un chiffre que l'on peut considérer comme demeurant à peu près constant.

Il est alors possible de monter un modèle dont les paramètres sont les rapports constants, entre les exportations d'un pays i vers un pays j et les importations totales du pays j .

3.1.1. - Modèle à conservation des parts des exportateurs dans les importations.

$$\text{On pose } \alpha_{ij} = \frac{X_{ij}}{X.j} = \text{cte}$$

Connaissant la matrice $|\alpha_{ij}|$ il est possible de reconstituer la matrice des flux à partir soit des n flux d'importations totales, soit de n flux non nuls de pays à pays à condition de n'en retenir qu'un par pays importateur (colonne).

3.1.2. - Modèle à conservation des parts des importateurs dans les exportations.

$$\text{On pose } \beta_{ij} = \frac{X_{ij}}{X.i} = \text{cte}$$

La procédure est moins fréquemment utilisée mais offre les mêmes possibilités que celle que nous venons de voir. Comme précédemment il suffit de connaître soit n flux d'exportations totales, soit n flux non nuls de pays à pays à condition de n'en retenir qu'un par pays exportateur (ligne).

3.1.3. - Modèle à conservation des parts des différents flux dans le commerce total.

$$\text{On pose } \gamma_{ij} = \frac{X_{ij}}{X_{..}} = \text{cte}$$

La connaissance d'un seul flux non nul détermine l'ensemble du tableau. Il s'agit évidemment là d'un modèle extrêmement rigide.

3.2. - Modèles à élasticités totales.

Nous avons vu dans le premier modèle à conservation de parts qu'il suffisait d'adjoindre à la matrice des coefficients le vecteur des n importations totales pour reconstituer le tableau prospectif du commerce extérieur. Ces prévisions d'importations sont souvent établies sur une hypothèse d'élasticité constante des importations par rapport à un indicateur de l'activité économique de l'importateur. Cet indicateur peut d'ailleurs être relatif à l'économie globale (PIB par exemple) ou à l'économie d'un secteur voir d'une branche selon que l'on s'intéresse aux importations globales ou par produits.

On peut également envisager la prévision de chacun des flux de la matrice en posant que ce flux dépend de la valeur observée pour une période de base et du niveau atteint par un indicateur propre à l'importateur durant la période étudiée

$$X_{ij}^t = X_{ij}^0 P_j^t e_{ij}$$

expression dans laquelle P_j^t est l'indicateur relatif à l'importateur j au temps t , et e_{ij} l'élasticité des exportations de i vers j par rapport à l'indicateur P_j .

Là encore, il suffit de connaître les n valeurs P_j^t , ou un flux pour chacune des n colonnes pour déterminer complètement le tableau. On démontre que sous certaines conditions, il serait possible de déterminer le tableau à partir des seules importations totales à la condition que les flux ayant une destination commune présentent une élasticité de même signe.

3.3. Modèles d'établissement direct du réseau par des projections interdépendantes.

3.3.1. - La méthode de R. FROMENT et J. ZIGHERA.

La méthode utilisée par les auteurs (1) consiste à caractériser la structure du commerce international par une matrice dérivée d'un tableau d'échange, à projeter les coefficients de cette matrice, et à appliquer cette structure déformée à un vecteur exogène définissant le volume des échanges globaux des différents pays pour en déduire la nature, la valeur et le sens des flux entre tout couple de pays ou de zones.

Pour ce faire, les auteurs définissent un concept d'exportations normales d'un pays A représentant 10 % des exportations mondiales vers un pays B représentant 5 % des importations mondiales devraient être de

$$10 \% \times 5 \% = 0,5 \% \text{ du commerce mondial.}$$

En rapprochant de ce chiffre la valeur relative des exportations réelles de A vers B on obtient un coefficient d'intensité permettant de porter un jugement sur la structure du commerce international entre les deux pays : si les exportations réelles de A vers B représente 2,5 % soit une intensité de $2,5 : 0,5 = 5$ celle-ci dénote l'existence de relations très intenses dues à la proximité, à la complémentarité, ou à des avantages directs. Par contre, si les exportations réelles ne représentent que 0,2 %, l'intensité tombe à 0,4 dénotant des relations très limitées par la distance, les protections douanières, différents obstacles physiques ou liés aux politiques économiques. L'analyse de l'évolution de ces coefficients au cours des années récentes montre une certaine stabilité ; les fluctuations autour d'une valeur moyenne ou d'une tendance assez régulière sont de faible amplitude. C'est pourquoi il semble préférable aux auteurs d'utiliser pour les projections du Commerce Extérieur une extrapolation de ces coefficients de structure de préférence à une extrapolation des valeurs des échanges dont les fluctuations sont plus importantes.

De tels coefficients peuvent être établis non seulement pour l'ensemble du Commerce mais aussi pour les échanges concernant les différents types de produits.

Le découpage du monde en différentes zones d'importations et d'exportations pose le problème des coefficients à inscrire dans la diagonale de la matrice

carrée ; c'est-à-dire des coefficients permettant d'apprécier le commerce international interne d'une même zone. Les propriétés de la matrice ainsi définie sont susceptibles de varier selon les conventions adoptées sur ce point. Notamment, les auteurs ayant démontré qu'une situation "normale" et donc une mesure des structures ne pouvant être définie si les coefficients figurant dans la diagonale sont nuls ont été conduits à définir un commerce fictif d'une zone avec elle-même, posé normal par définition, ce qui permet de donner la valeur 1 à tout coefficient de la diagonale.

Ces matrices étant établies pour une série d'années ; une analyse de la tendance de l'évolution de chacun des coefficients est réalisée. La diagonale est laissée inchangée et l'analyse des séries de valeurs se présentant régulièrement comme très faibles, est négligée. Des tentatives d'extrapolations ou d'intrapolation des coefficients peuvent ensuite être faites. La matrice des coefficients ainsi obtenue n'est généralement pas une "vraie matrice de structure" et n'en possède pas les propriétés. Il est donc nécessaire de la déformer par une méthode permettant de laisser inchangés les termes de la diagonale et de n'altérer qu'au minimum les coefficients dont la projection est la plus précise. Ceci étant réalisé, on peut, comme pour les modèles à conservation de parts, obtenir à partir d'une hypothèse sur le volume global du commerce entre les régions considérées, le tableau des échanges en valeur des différentes régions entr'elles. En fait, il est possible que les coefficients extrapolés conduisent à une situation non cohérente ; cette cohérence peut alors être recherchée par des techniques empiriques (multiplication d'une ligne ou d'une colonne par un même scalaire), en s'inspirant des méthodes utilisées par d'autres auteurs (2 - 3).

Certes la méthode proposée ici présente le défaut de ne posséder aucun élément explicatif ; de l'avis des auteurs eux-mêmes, il conviendrait d'introduire des considérations de prix, de distance, d'élasticité par rapport à la production, etc... Un second inconvénient repose sur la nécessité d'adapter constamment les résultats des calculs (la matrice extrapolée n'a pas les propriétés d'une véritable matrice de structure, la cohérence des projections doit être recherchée de façon empirique, etc...).

Par ailleurs, il est toujours gênant d'introduire des concepts conventionnels dont les effets sur les résultats peuvent très bien ne pas être neutres. On aurait pu envisager de définir comme "normal" un système d'échange résultant d'un modèle normatif du type utilisé par les chercheurs américains . Le concept de com-

merce fictif, normal par définition. apparaît aussi quelque peu artificiel.

A l'actif de la méthode, il faut signaler la stabilité ou la régularité d'évolution, des coefficients calculés offrant évidemment un intérêt certain pour des prévisions de commerce extérieur tenant compte explicitement de sa structure. En effet, on peut voir facilement qu'il suffirait théoriquement de connaître un flux pour définir l'ensemble du tableau comme dans le cas des modèles 3.1.2, ce qui constitue une propriété assez dangereuse.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> - Les prévisions sont établies en tenant explicitement compte de l'évolution de la structure du commerce international . - Utilisation relativement simple d'informations facilement disponibles. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pas de facteurs explicatifs - Nécessite d'adaptations empiriques successives. - Influence possible des concepts utilisés par convention. - Nécessité d'une étude particulière sur les prévisions du volume du commerce extérieur global des différentes zones. - Rigidité.

3.3.2. - Modèles dits "gravitationnels"

Ces modèles décrits et utilisés par différents auteurs (10, 11, 12, 3) ont été repris par le CEPREL.

L'objectif du modèle du CEPREL est d'explicitier une liaison, utilisable pour la projection, entre les flux d'échanges extérieurs et le développement économique des différents pôles du réseau. D'autre part, les importations et les exportations totales par pays doivent non pas être considérées comme les éléments déterminants des flux mais résulter d'une agrégation de flux élémentaires déterminés plus ou moins indépendamment (mais répondant toutefois, au niveau global à certaines contraintes concernant l'équilibre du commerce extérieur par pays). L'hypothèse de base admise dans le cadre d'une décontraction convenable par produit est que le flux d'un pays i vers un pays j est posé comme étant proportionnel à la production totale de l'exportateur et aux utilisations totales intérieures de l'importateur

$$X_{ij} = \lambda_{ij} P_i U_j$$

λ_{ij} = paramètre relatif au couple de pays i et j

P_i = production du pays i

U_j = utilisation du pays j

Ce coefficient que l'on tente d'expliquer devrait refléter l'état des relations commerciales entre l'importateur et l'exportateur (accords commerciaux, politiques douanières, distance, etc).

Dans le tableau carré ainsi défini, on admet :

$$X_{ii} = 0 \quad \forall i$$

$$\lambda_{ii} = 0$$

Une première utilisation de ce modèle a été tentée dans le domaine des flux internationaux de véhicules automobiles.

3.3.3. - La méthode de RAS.

Si nous nous référons à la définition donnée par AYI FOLY KOUÉVI (7) la méthode RAS consiste en une technique de remplissage d'un tableau vide défini par ses marges. Le résultat est obtenu à partir d'un tableau de base par la construction d'une suite de tableaux convergents dont les marges sont alternativement égales à celles du tableau vide donné. On construit donc à partir du tableau A^0 et des marges données $X_{i.}^t$ et $X_{.j}^t$ une suite de tableaux $A_{(1)} \ A_{(2)} \ \dots \ A_{(m)}^t$ dont la limite si elle existe, constituera la structure théorique normale A_{*t}^t des échanges internationaux pour l'année t. L'application de la méthode implique évidemment la cohérence des prévisions d'importations et d'exportations totales des différents pays.

$$\sum_i X_{i.}^t = \sum_j X_{.j}^t = X^t \dots$$

Cette condition suppose donc au préalable un certain nombre d'ajustements pour assurer la compatibilité de ces prévisions.

L'évolution théorique normale du commerce international est définie de la façon suivante . Les échanges entre deux pays sont déterminés par :

- des facteurs internes au pays exportateur i, désignés par r_{ij}
- des facteurs internes au pays importateur j, notés s_{ij}
- des facteurs externes aux deux pays, notés μ_{ij}

En simplifiant beaucoup les relations entre ces paramètres, on peut écrire :

$$X_{ij}^t = \mu_{ij}^t r_{ij}^t X_{ij}^0 s_{ij}^t$$

Les facteurs r et s synthétisent les effets de différentes variables économiques (PIB, coût des facteurs, prix des produits, demande, politiques commerciales ...). Les facteurs μ traduisent l'influence de la conjoncture internationale qui échappe aux deux pays considérés.

Grâce à de nouvelles simplifications la composante normale du flux d'échange X_{ij}^t est définie par la relation

$$X_{ij}^{*t} = r_{ij}^t X_{ij}^0 s_{ij}^t$$

Cette relation conduit à un processus d'évolution théorique normale du commerce international, impliquant donc un accroissement des échanges extérieurs imputable à un double effet uniforme, proportionnel à l'influence ou à l'amplitude des facteurs internes relatifs à chaque couple de pays considérés. L'ensemble des échanges X_{ij}^{*t} définit le tableau théorique normal A^* .

Si nous connaissons un tableau de base A^0 du commerce international nous pouvons déterminer par la méthode R A S le tableau théorique A^{*t} connaissant les marges $X_{i.}^t$ et $X_{.j}^t$.

En effet, les éléments de A^{*t} vérifient les relations :

$$X_{ij}^{*t} = r_i^t X_{ij}^0 s_j^t$$

$$\sum_j X_{ij}^{*t} = X_{i.}^t$$

$$\sum_i X_{ij}^{*t} = X_{.j}^t$$

ce qui revient à déterminer deux matrices diagonales R et S telles que

$$X_{ij}^* = R X_{ij}^0 S$$

Soit encore :

$$A^{*t} = R A^0 S$$

formule générale que l'on a utilisée pour désigner la méthode.

Dans une application prospective et dans la mesure où certains flux X_{ij}^t sont connus avec une sécurité suffisante il est toujours possible de remplacer les valeurs X_{ij}^0 correspondantes par des zéros que la transformation conservera . Il suffira de retirer les valeurs correspondantes à ces flux fixés , des marges du tableau pour l'année t ; en poursuivra ensuite le calcul des autres coefficients et on rétablira ensuite la matrice finale A^*_{t} .

L'intérêt de cette détermination est de permettre d'évaluer les modifications structurelles du commerce international comme la mesure du rapport entre la structure réelle et cette structure théorique normale résultant des effets uniformes des variables déterminantes.

Les rapports entre valeurs réelles des échanges et leurs composantes théoriques normales constituent comme dans la méthode de Froment et Zighera , des coefficients structurels dont on peut préciser la nature en se reportant aux définitions des composantes théoriques .

Si au cours d'une période donnée ces coefficients suivent une évolution relativement stable, ou du moins régulière une extrapolation de cette tendance peut-être tentée et aboutir à une estimation des coefficients pour une année donnée . Par combinaison de ces valeurs et de la matrice A^* pour la même année il est possible d'estimer un tableau de prévisions des échanges . Comme dans la méthode précédente il conviendra de rétablir la cohérence qui n'est pas exactement conservée dans la démarche d'extrapolation des coefficients de structure.

Une application de la méthode à l'analyse de l'évolution des coefficients structurels au cours de la période 1953 - 1962 et à un essai de projection de la structure du commerce international en 1970 figure dans l'article cité en référence (7).

SECTION IV. - UN MODELE LIANT LE COMMERCE EXTERIEUR A LA POLITIQUE ECONOMIQUE A
LONG TERME DU MARCHE COMMUN.

Il s'agit d'un modèle faisant actuellement l'objet des travaux du Pr . J. WAELBROECK, et qui constitue une tentative d'approche plus économétrique. Cette étude comporte deux phases ; l'une consiste à réaliser une projection du commerce extérieur dans l'ensemble du monde dans une hypothèse de non modification de la politique économique, la seconde est une étude de variantes correspondant à des modifications de politique.

Les projections établies pour 1975 doivent être établies en faisant intervenir un certain nombre de paramètres économiques pour chacune des zones ; l'étude doit s'appuyer sur des fonctions de production, des projections de dépenses, des fonctions d'épargne et sur l'établissement par régression de fonction d'importations et d'exportations.

La technique des soldes pouvant s'avérer peu raisonnable , il est prévu d'assurer une cohérence de ces différents flux. Pour le marché commun, traité dans un premier temps de façon indépendante, un tableau d'ensemble du type input-output est établi pour 6 groupes de produits et 6 zones. Il est prévu d'établir un tableau analogue pour les Etats-Unis.

Pour l'étude des variantes, un modèle input-output interrégional pour l'ensemble du monde a été élaboré . Ce modèle est un modèle fermé. Il comporte pour les différentes zones des relations input-output sur l'offre, des fonctions de consommation privée et publique , des relations sur la formation du capital et l'investissement combinant une fonction de production linéaire et une fonction d'accumulation du capital basée sur l'hypothèse selon laquelle l'investissement varie de façon linéaire du début à la fin de la période considérée. Dans chaque zone un système de relations assure la répartition de la demande entre production nationale et importations, et la détermination du niveau des exportations ; enfin, le modèle fait intervenir des relations d'ajustement du niveau des prix.

Dans le modèle , le sous-modèle de la CEE est plus désagrégé que ceux relatifs aux autres zones ce qui implique simplement d'harmoniser la définition des produits d'après les zones les plus agrégées.

Le modèle doit être résolu dans un premier temps dans une version très synthétique, mais la même structure pourra être conservée pour les études plus analytiques. Par ailleurs, sous sa forme originale le modèle est non linéaire ; en fait, il ne sera calculé qu'après approximation linéaire des fonctions utilisées. Cette approximation des coefficients du système linéaire sera réalisée sur ordinateur afin de conserver un maximum de précision .

Enfin, la structure du modèle permettra une résolution par bloc s'apparentant d'assez près aux principes de décomposition utilisés dans les modèles de programmation.

Le principal intérêt de ce type de modèle réside dans la tentative d'intégration des problèmes de commerce extérieur dans un modèle général macroéconomique. Il est encore trop tôt pour tirer des conclusions quant à son application.

B I B L I O G R A P H I E

-
- (1) R. FROMENT et J. ZIGHERA. -
La structure du commerce mondial . Analyse et projections. Application de la Formule Leontief Strout simplifiée. Conférence Européenne de la Société d'Econométrie - Zürich 1964.
- (2) J.R.N. STONE and A. BROWN . -
A computable model of Economic Growth - Chapman Hall 1962.
- (3) J. WAELBROECK . -
Une nouvelle méthode d'analyse des matrices d'échanges internationaux. Cahiers Economiques de Bruxellès - 1964 - n° 21.
- (4) D. Lee. BAWDEN . -
A spatial Price Equilibrium Model of International Trade. J. of farm Economics - Vol 48 n° 4 Part 1 - Nov 1966.
- (5) R.W. FOX. -
Estimating the effects of the EEC Common Grain Policy. Journal of Farm Economics - Vol 49 n° 2 - May 67.
- (6) B. MARIN CURTOUD. -
Les modèles prévisionnels des réseaux d'échanges internationaux et leur structure. Bulletin du CEPREL - 5 - 6 Oct. 1965.
- (7) AYI FOLY KOUEVI - Essai d'application prospective de la méthode RAS au commerce international.
Bulletin du CEPREL 5 - Oct. 1965.
- (8) A.L.A. VINCENT . -
Vers une théorie unifiée des échanges internationaux . Revue économique N°1 - Janv. 68.
- (9) Agricultural Economics Research Institute.
Supply and demand, Imports and exports of selected Agricultural products in the Netherlands.
Forecast for 1970 and 1975 - The Hague 1967.

(10) J. TINBERGEN -

Shaping the world economy 20 th Century Fund - New-York 1962.

(11) P. POYHONEN

Towards a general theory of international trade.

(12) K. PULLIAINEN .

A world trade study . Ekonomiska - Samfundet Tidskrift - 1962 N°2

(13) J. WELBROECK .-

Un modèle de variations pour l'étude de la relation entre la politique économique à long terme dans le Marché Commun et le commerce extérieur. Communication sur travaux en cours.

TABLE DES MATIERES

	<u>page</u>
SOMMAIRE	II
AVANT-PROPOS	III
<u>INTRODUCTION</u>	1
<u>CHAPITRE I</u> : Méthodes de prévision au niveau élémentaire basées sur des calculs de tendances	22
Section 1 : L'extrapolation statistique et le trend	22
1.1. Présentation des principales méthodes	23
a) Ajustements par les moindres carrés	23
b) Le lissage	24
1.2. Information nécessaire	24
1.3. Hypothèses, signification et critique	25
Section 2 : L'extrapolation dans le cadre d'une structure simple	26
Section 3 : L'utilisation des chaînes de Markov dans le domaine des prévisions	29
3.1. Rappel sommaire du principe	29
3.2. Application à la prévision du nombre d'exploitations	30
3.3. Remarques sur l'utilisation des chaînes de Markov dans le domaine des prévisions	33
Annexe I - Bibliographie	35
<u>CHAPITRE II</u> : L'estimation des données du secteur agricole pour des modèles de prévision macroéconomiques : problèmes et méthodes	37
Section 1 : L'estimation de l'évolution de la production agricole brute	38
1.1. La méthode du trend	38
1.2. L'estimation d'une fonction prix-offre pour la production du secteur agricole	38
Section 2 : Projection de la technologie du secteur agricole	41
2.1. Fonctions de production à coefficients fixes	43
2.2. Fonctions de production à substitution permanente	45
2.2.1. Estimation des fonctions de Cobb-Douglas	45
2.2.2. La méthode de Solow	47
2.2.3. Fonctions de production plus générale du type CES	49
Section 3 : L'estimation des fonctions d'investissement	51
3.1. Modèles explicatifs possibles	51
3.2. Problèmes de la formulation des modèles d'estimation	53

	<u>page</u>
3.2.1. Interprétation de la notion d'investissement	53
3.2.2. Détermination de variables explicatives utilisables	53
3.3. Problèmes statistiques de l'estimation des fonctions de production et d'investissement	55
Section 4 : Analyse de l'évolution de la production agricole brute dans le cadre d'un modèle de croissance	56
Annexe I - Bibliographie	61
<u>CHAPITRE III</u> : L'analyse prévisionnelle de la consommation et de la demande de produits agricoles	64
Section 0 : Consommation de denrées alimentaires ou demande de produits agricoles	64
Section 1 : Modèles et données	65
1.1. Modèles faisant intervenir l'offre et la demande	66
1.2. Equations de demande indépendantes basées sur des séries chronologiques	69
1.3. Equations de demande interdépendantes établies sur la base de données tirées de budgets familiaux	70
1.4. Systèmes complets d'équation de demande	72
Section 2 : Applications	76
2.1. Un modèle de marché	77
2.2. Méthodes propres aux équations indépendantes ; séries chronologiques	80
2.3. Méthodes propres aux équations indépendantes ; données de budgets familiaux	83
2.4. Modèles complets de demande	85
Section 3 : Résumé	90
Annexe I - Quelques remarques sur l'établissement d'équations de demande indépendantes basées sur des séries chronologiques	93
Annexe II- L'index d'utilité additive	96
Annexe III-Quelques remarques sur la demande totale de produits alimentaires exprimée en valeur, et sur la demande de produits agricoles par groupes de produits homogènes	100
Annexe IV - Bibliographie	105
<u>CHAPITRE IV</u> : Modèles analytiques de l'offre faisant intervenir les prix et autres facteurs	108
Section 1 : Les modèles d'offre normatifs	109
1.1. Détermination de fonctions prix-offre normatives agrégées par le biais de fonctions de coûts statistiques	109
1.1.1. Détermination de fonctions prix-offre normatives à partir des fonctions de coûts moyennes pour des groupes d'entreprises totalement homogènes	110

	<u>page</u>
1.1.2. Détermination de la fonction prix-offre à partir des fonctions de coûts individuelles compte tenu de la structure des coûts	112
1.2. Détermination de fonctions prix-offre normatives par le biais de modèles de programmation	115
1.2.1. Modèles de programmation statistiques ne tenant pas compte de l'échange des produits intermédiaires	115
1.2.2. Modèles tenant compte de l'utilisation des produits intermédiaires	117
1.3. Modèles d'offre normatifs dynamiques	119
Section 2 : Combinaison des résultats d'analyses empiriques à des modèles de programmation	121
2.1. Combinaison de modèles de prévision statistiques à des modèles de programmation linéaire	121
2.1.1. Appréciation sur la méthode	
2.2. Introduction directe des résultats d'analyses empiriques dans des modèles de programmation (un exemple: les modèles récursifs)	123
2.2.1. Application	125
2.2.2. Remarques sur la méthode	127
2.3. Combinaison des résultats d'analyse empiriques aux résultats d'analyse d'offre normatives	130
2.3.1. Valeur de la méthode	130
Section 3 : Les analyses d'offre empiriques	131
3.1. Agrégation de fonctions d'offre empiriques d'entreprises individuelles	131
3.2. Analyses empiriques d'offre globale basées sur des modèles statistiques	132
Section 4 : Problèmes généraux posés par l'analyse isolée de l'offre	136
4.1. Le problème de l'agrégation	136
4.2. Le problème de l'irréversibilité des fonctions prix offre	136
4.3. La prise en considération du progrès technique	136
4.4. Le problème de l'incertitude sur les prévisions de prix	139
4.4.1. Détermination du prix par extrapolation	140
4.4.2. L'hypothèse de l'adaptation	140
4.4.3. Introduction dans les modèles d'offre des anticipations de prix calculées par extrapolation ou adaptation	141
4.4.4. L'hypothèse de prévision raisonnable	142

	<u>page</u>
<u>CHAPITRE V</u> : Analyse simultanée de l'offre et de la demande dans un cadre interrégional : les modèles d'équilibre standard	143
Section 1 : Présentation des modèles d'équilibre standard	143
Section 2 : Détermination de la solution d'équilibre spatial	144
Section 3 : Application des modèles d'équilibre standard	147
Annexe 1 - Bibliographie	149
 <u>CHAPITRE VI</u> : Analyse simultanée de l'offre et de la demande dans un cadre interrégional : les modèles d'équilibre spatial basés sur les méthodes d'analyses par activités	 155
Section 1 : Modèles statiques	156
1.1. Quelques hypothèses de base pour l'établissement de ce type de modèle	156
1.2. Structure générale du modèle	159
1.3. Résultats du modèle	175
1.3.1. Informations fournies par la solution primale	175
1.3.2. Informations fournies par la solution duale	176
1.4. Variantes du modèle de base	180
1.4.1. Influence du progrès technique	180
1.4.2. Evolution des structures	181
1.4.3. Analyse des mesures de politique agricole	182
1.4.4. Forme de la demande	183
1.5. Possibilités et limites	191
1.5.1. Volume d'information et taille des modèles	191
1.5.2. Nature de l'information nécessaire	196
1.5.3. Valeur des résultats	197
1.5.4. Réalisme du modèle	199
Section 2 : Approche dynamique	202
2.1. Modèles établis sur le principe du dynamic-coupling	203
2.2. Remarques complémentaires sur l'approche dynamique	208
Annexe I : Les problèmes d'agrégation	210
A I.1. Le problème économique d'agrégation	211
A I.2. Le problème statistique d'agrégation	214
A I.3. Agrégation et définition des régions	230
A I.4. Agrégation des produits	232
Annexe II : Bibliographie	234

	<u>Page</u>
<u>CHAPITRE VII</u> : Analyse prospective du commerce international	242
Section 1 : Détermination des flux de commerce extérieur par la technique des soldes	242
Section 2 : Modèle spatial d'équilibre de prix pour le commerce international	244
Section 3 : Méthodes basées sur l'établissement de tableaux d'échanges internationaux	246
3.1. Modèles à conservation de parts	248
3.2. Modèles à élasticités totales	249
3.3. Modèles d'établissement direct du réseau par des projections interdépendantes	250
Section 4 : Un modèle liant le commerce extérieur à la politique économique à long terme du marché commun	256
Annexe I - Bibliographie	258

Informations internes sur L'AGRICULTURE

		Date	Langues
N° 1	Le boisement des terres marginales	juin 1964	F D ⁽¹⁾
N° 2	Répercussions à court terme d'un alignement du prix des céréales dans la CEE en ce qui concerne l'évolution de la production de viande de porc, d'œufs et de viande de volaille	juillet 1964	F D ⁽¹⁾
N° 3	Le marché de poissons frais en république fédérale d'Allemagne et aux Pays-Bas et les facteurs qui interviennent dans la formation du prix du hareng frais	mars 1965	F D ⁽¹⁾
N° 4	Organisation de la production et de la commercialisation du poulet de chair dans les pays de la CEE	mai 1965	F ⁽¹⁾ D ⁽¹⁾
N° 5	Problèmes de la stabilisation du marché du beurre à l'aide de mesures de l'Etat dans les pays de la CEE	juillet 1965	F D
N° 6	Méthode d'échantillonnage appliquée en vue de l'établissement de la statistique belge de la main-d'œuvre agricole	août 1965	F ⁽¹⁾ D ⁽²⁾
N° 7	Comparaison entre les « trends » actuels de production et de consommation et ceux prévus dans l'étude des perspectives « 1970 » 1. Produits laitiers 2. Viande bovine 3. Céréales	juin 1966	F D
N° 8	Mesures et problèmes relatifs à la suppression du morcellement de la propriété rurale dans les Etats membres de la CEE	novembre 1965	F D
N° 9	La limitation de l'offre des produits agricoles au moyen des mesures administratives	janvier 1966	F D
N° 10	Le marché des produits d'œufs dans la CEE	avril 1966	F ⁽¹⁾ D
N° 11	Incidence du développement de l'intégration verticale et horizontale sur les structures de production agricole – Contributions monographiques	avril 1966	F ⁽¹⁾ D
N° 12	Problèmes méthodologiques posés par l'établissement de comparaisons en matière de productivité et de revenu entre exploitations agricoles dans les pays membres de la CEE	août 1966	F ⁽¹⁾ D
N° 13	Les conditions de productivité et la situation des revenus d'exploitations agricoles familiales dans les Etats membres de la CEE	août 1966	F D
N° 14	Situation et tendances des marchés mondiaux des principaux produits agricoles – « bovins – viande bovine »	août 1966	F D
N° 15	Situation et tendances des marchés mondiaux des principaux produits agricoles – « sucre »	février 1967	F D ⁽¹⁾
N° 16	Détermination des erreurs lors des recensements du bétail au moyen de sondages	mars 1967	F ⁽¹⁾ D ⁽³⁾

(1) Epuisé.

(2) La version allemande est parue sous le n° 4/1963 de la série « Informations statistiques » de l'Office statistique des Communautés européennes.

(3) La version allemande est parue sous le n° 2/1966 de la série « Informations statistiques » de l'Office statistique des Communautés européennes.

		Date	Langues
N° 17	Les abattoirs dans la CEE I. Analyse de la situation	juin 1967	F D
N° 18	Les abattoirs dans la CEE II. Contribution à l'analyse des principales conditions de fonctionnement	octobre 1967	F D
N° 19	Situation et tendances des marchés mondiaux des principaux produits agricoles – « produits laitiers »	octobre 1967	F D ⁽¹⁾
N° 20	Les tendances d'évolution des structures des exploitations agricoles – Causes et motifs d'abandon et de restructuration	décembre 1967	F D
N° 21	Accès à l'exploitation agricole	décembre 1967	F D en prép.
N° 22	L'agrumiculture dans les pays du bassin méditerranéen – Production, commerce, débouchés	décembre 1967	F D
N° 23	La production de produits animaux dans des entreprises à grande capacité de la CEE – Partie I	février 1968	F D
N° 24	Situation et tendances des marchés mondiaux des principaux produits agricoles – « céréales »	mars 1968	F D
N° 25	Possibilités d'un service de nouvelles de marchés pour les produits horticoles non-comestibles dans la CEE	avril 1968	F D
N° 26	Données objectives concernant la composition des carcasses de porcs en vue de l'élaboration de coefficients de valeur	mai 1968	F D
N° 27	Régime fiscal des exploitations agricoles et imposition de l'exploitant agricole dans les pays de la CEE	juin 1968	F D en prép.
N° 28	Les établissements de stockage de céréales dans la CEE – Partie I	septembre 1968	F D
N° 29	Les établissements de stockage de céréales dans la CEE – Partie II	septembre 1968	F D
N° 30	Incidence du rapport des prix de l'huile de graines et de l'huile d'olive sur la consommation de ces huiles	septembre 1968	F D en prép.
N° 31	Points de départ pour une politique agricole internationale	octobre 1968	F D
N° 32	Volume et degré de l'emploi dans la pêche maritime	octobre 1968	F D en prép.
N° 33	Concepts et méthodes de comparaison du revenu de la population agricole avec celui d'autres groupes de professions comparables	octobre 1968	F D en prép.
N° 34	Structure et évolution de l'industrie de transformation du lait dans la CEE	novembre 1968	F en prép. D
N° 35	Possibilités d'introduire un système de gradation pour le blé et l'orge produits dans la CEE	décembre 1968	F D en prép.
N° 36	L'utilisation du sucre dans l'alimentation des animaux – Aspects physiologiques, technologiques et économiques	décembre 1968	F D

⁽¹⁾ Epuisé.

		Date	Langues
N° 37	La production de produits animaux dans des entreprises à grande capacité de la CEE – Partie II	février 1969	F D
N° 38	Examen des possibilités de simplification et d'accélération de certaines opérations administratives de remembrement	mars 1969	F D en prép.
N° 39	Evolution régionale de la population active agricole – I : Synthèse	mars 1969	F D en prép.
N° 40	Evolution régionale de la population active agricole – II : R.F. d'Allemagne	mars 1969	F en prép. D
N° 41	Evolution régionale de la population active agricole – III : Bénélux	avril 1969	F D en prép.
N° 42	Evolution régionale de la population active agricole – IV : France	mai 1969	F D en prép.
N° 43	Evolution régionale de la population active agricole – V : Italie	mai 1969	F D en prép.
N° 44	Evolution de la productivité de l'agriculture dans la CEE	juin 1969	F D en prép.
N° 45	Situation socio-économique et perspectives de développement d'une région agricole déshéritée et à déficiences structurelles – Etude méthodologique de trois localités siciliennes de montagne	juin 1969	F I (4)
N° 46	La consommation du vin et les facteurs qui la déterminent – RF d'Allemagne	juin 1969	F en prép. D
N° 47	La formation de prix du hareng frais dans la Communauté économique européenne	août 1969	F D en prép.
N° 48	Prévisions agricoles I Méthodes, techniques et modèles	septembre 1969	F D en prép.

(4) Cette étude n'est pas disponible en langue allemande.

