



HAL
open science

Economie et technologie des systèmes céréaliers : une approche duale et économétrique

Dominique Vermersch

► **To cite this version:**

Dominique Vermersch. Economie et technologie des systèmes céréaliers : une approche duale et économétrique. Economies et finances. Université de Rennes 1, 1989. Français. NNT: . tel-02857537

HAL Id: tel-02857537

<https://hal.inrae.fr/tel-02857537>

Submitted on 8 Jun 2020

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

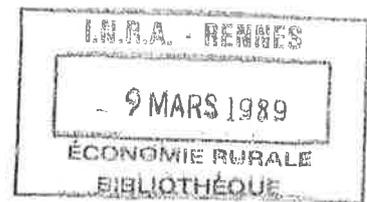
L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

ECONOMIE ET SOCIOLOGIE RURALES / RENNES 1989

dominique vermersch



**ÉCONOMIE ET TECHNOLOGIE
DES SYSTÈMES CÉRÉALIERS:
UNE APPROCHE DUALE ET ÉCONOMÉTRIQUE**

SOMMAIRE

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Chapitre I. Technologie et économie des systèmes céréaliers : une approche descriptive.

PREMIÈRE PARTIE. APPROCHE DUALE EN THÉORIE DE LA PRODUCTION

Chapitre II. Admissibilité de l'approche duale en théorie de la production.

Chapitre III. Mesures duales de la technologie et du déséquilibre.

DEUXIÈME PARTIE. APPROCHE ÉCONOMÉTRIQUE DES SYSTÈMES CÉRÉALIERS

Chapitre IV. Modélisation duale de la technologie céréalière : analyse de court terme et détermination des équilibres de long terme.

Chapitre V. Modélisation TOBIT d'une demande de facteur semi-fixe : allocation du travail dans les exploitations cérésières.

Chapitre VI. Mise en évidence de l'intérêt d'une spécialisation céréalière à partir d'une analyse multiproduits-multifacteurs.

Chapitre VII. Evaluations de différentes politiques économiques dans le cadre d'une approche duale.

CONCLUSION GÉNÉRALE.

ANNEXE : La construction des variables nécessaires à la modélisation.

INTRODUCTION GENERALE

La Politique Agricole Commune (PAC) a atteint aujourd'hui un certain nombre de ses objectifs initiaux. En particulier, la sécurité des approvisionnements alimentaires est garantie, de même que l'accroissement de la productivité de l'agriculture a été remarquable durant ces vingt dernières années. Si cette politique a bien permis de sortir rapidement d'une période de pénurie, le soutien massif des prix agricoles a montré dès le début des années soixante-dix ses inconvénients. La production de la CEE est désormais largement excédentaire pour la plupart des produits agricoles et le poids budgétaire de la PAC est devenu considérable. Par ailleurs, le développement de la production de la Communauté et de ses principaux concurrents (Etats-Unis, Canada, Australie ...) entraînent des tensions de plus en plus fortes dans les relations commerciales. Un ensemble de facteurs internes et externes à la CEE conduisent donc à une révision progressive de la PAC. Celle-ci est déjà engagée puisqu'un certain nombre de mesures de limitations de l'offre ont déjà été prises. L'évolution prévisible de la PAC va probablement consister dans la poursuite de ce mouvement d'instauration de quotas, d'introduction du gel des terres et de diminution du soutien des prix. Sur un autre plan l'intensification de l'agriculture a perturbé le milieu

naturel et a entraîné des nuisances qui inquiètent de plus en plus le citoyen. La politique agricole va devoir intégrer de plus en plus des contraintes liées à l'environnement. L'harmonisation de la PAC et de la politique de l'environnement est désormais considérée comme un objectif à atteindre à brève échéance.

Le secteur céréalier français illustre la situation qui vient d'être évoquée. Cette production agricole appelle des investigations particulières, compte tenu tout d'abord de son importance. Ainsi, les céréales représentent 17 % de la production agricole totale en 1987. En second lieu, l'activité céréalière risque de subir les effets de la révision en cours de la politique agricole ; en particulier, la baisse des prix à la production, les restrictions quantitatives sont appelées à infléchir le processus de choix des producteurs. Sur un autre plan, l'intensification des productions céréalières, comme celle d'autres produits agricoles, a entraîné des nuisances environnementales. Leur internalisation pourrait modifier les combinaisons factorielles mises en oeuvre et favoriser certaines formes d'extensification.

L'utilisation effective d'autres instruments de politique économique, tenant compte de ces nouveaux éléments, suppose au préalable une analyse approfondie de leurs effets potentiels. L'étude proposée ici tente de fournir une base de réflexion. Elle s'appuie sur l'élaboration de modèles microéconomiques et économétriques. Ces modèles permettent, en effet, grâce notamment à leur caractère mesurable, d'apprécier assez finement les effets de diverses politiques agricoles. Fondés par ailleurs sur l'adoption d'une hypothèse de comportement, ils situent de fait l'importance cruciale de cette hypothèse et motivent une observation attentive des comportements économiques et de leur diversité.

L'analyse microéconomique va donc porter sur le comportement des producteurs et la technologie d'exploitations agricoles produisant principalement des céréales. L'échantillon du RICA (Réseau d'Information Comptable Agricole) permet une approche économétrique. Cette dernière se démarque des travaux récents de modélisation de l'agriculture française tout en leur étant complémentaires. L'effort a porté jusqu'ici en effet sur une modélisation macroéconomique au niveau national (Mahé et al., 1983 ; Guyomard, 1988) et régional (Bonnieux, 1986a). L'approche microéconomique, à partir de données individuelles, semble aujourd'hui de plus en plus nécessaire du fait des limites de l'outil macroéconomique, en particulier de l'inévitable perte d'information qu'engendre l'agrégation des données (Milleron, 1987). Ceci étant, la modélisation microéconomique a ses propres limites tenant aux outils théoriques et économétriques utilisés ainsi qu'aux données empiriques. Il faudra les préciser et tenir compte de leurs conséquences dans l'analyse des effets des politiques agricoles.

Cette modélisation microéconomique a l'ambition d'aborder certains débats de politique agricole : résorption des excédents céréaliers par la baisse des prix ou les restrictions quantitatives, internalisation des effets externes négatifs. Nous avons veillé en effet à conduire la recherche en tenant compte des préoccupations actuelles de politique économique. Par ailleurs, si l'analyse porte sur les systèmes céréaliers, qui sont responsables d'une part importante des excédents agricoles, le modèle conserve une flexibilité suffisante pour s'adapter aux systèmes de grandes cultures. La substitution poussée du capital au travail, la forte productivité du travail, l'importance des économies d'échelle, les mouvements d'intensification et de spécialisation sont autant de spécificités marquées des systèmes céréaliers, mentionnées par les approches descriptives (Carles, 1985). Si ces dernières guident la spécification d'une modélisation, la lecture duale de la technologie contribue à expliquer les spécificités précédentes.

Cette étape permet également d'éclairer des politiques structurelles ou d'internalisation des effets externes, en cherchant à vérifier l'existence d'économies d'échelle locales et à isoler certains facteurs à l'origine de l'intensification céréalière. De plus, un traitement spécifique est réservé au travail familial et à la terre, facteurs structurels qui sont directement concernés par les politiques agricoles ; la mise en évidence de déséquilibres factoriels permet de dissocier les effets de ces politiques selon l'horizon temporel considéré.

Le champ théorique investi ici demeure insuffisant pour englober toute la réalité économique des systèmes céréaliers. Il s'ouvre cependant sur de nouvelles perspectives telles que la modélisation sur données de panel et conserve une souplesse suffisante pour être transposée à d'autres systèmes agricoles confrontés à des politiques spécifiques : les systèmes laitiers avec leurs quotas, les systèmes hors sol avec la lutte contre leurs nuisances.

Comme l'illustre le chapitre introductif, l'agriculture se prête difficilement à un découpage strict en systèmes de productions céréaliers, laitiers, hors-sol, ... C'est que la technologie agricole demeure encore largement multiproduits. Cette réalité est prise en compte dans le développement de l'étude et fournit l'occasion d'élargir le débat de politique économique à l'ensemble de l'agriculture française. En effet, la problématique économique céréalière se transpose partiellement au niveau global, sur le plan tout au moins des objectifs : gestion moins coûteuse des excédents, maintien de revenus agricoles "équitables", sauvegarde d'une certaine "vie rurale", préservation du milieu naturel, défense des intérêts des consommateurs. La détermination d'un espace de conciliation des souhaits précédents requiert en toute rigueur une analyse théorique élargie, en référence aux choix publics. En outre, l'essentiel de cette problématique se

greffe, nous le verrons, sur les facteurs supposés quasi-fixes (1) que sont le travail familial et la terre. A titre d'illustration, il est observé classiquement que le rapport terre-homme est déterminant dans l'obtention d'un "bon" revenu ; de manière analogue, le facteur terre se trouve être le substrat principal des effets externes agricoles préjudiciables à l'environnement.

Plus généralement, s'il apparaît souhaitable d'infléchir une économie afin qu'elle soit davantage au service de l'homme, est-il opportun de maintenir en l'état une agriculture génératrice d'un chômage latent et peut-être aujourd'hui plus souvent nuisible qu'utile à l'environnement naturel ? L'outil d'analyse microéconomique, utilisé ultérieurement, ne contribue que très partiellement à l'éclairage des interrogations précédentes. De plus, l'hypothèse de comportement adoptée structure la modélisation et infléchit, par conséquent, les seuls facteurs variables. Ne serait-il pas dès lors malaisé d'évaluer, à partir de tels modèles, l'effet de politiques agricoles structurelles ? Cette dernière remarque perd de sa pertinence si l'on considère une fonction d'objectif restreint. En effet, celle-ci est issue de l'optimisation des seuls facteurs variables, mais est conditionnée par les niveaux observés des facteurs quasi-fixes. Une méthode d'inférence peut alors être appliquée pour déterminer les niveaux d'équilibre de long terme des facteurs quasi-fixes et variables. On peut donc apprécier leurs élasticités en fonction des variables exogènes du modèle. Quant aux différentes mesures d'économies d'échelle élaborées dans les chapitres d'économétrie appliquée, ils peuvent eux aussi éclairer utilement la mise en oeuvre de politiques structurelles.

(1) dans la mesure où ils pourront s'ajuster dans un moyen ou long terme.

Ceci étant, dans la distinction entre facteurs variables et quasi-fixes, il convient d'aller au-delà d'une simple différence de fixité à court terme. Ceci est possible dans la mesure où l'on dissocie l'affectation des facteurs variables, laissée à la rationalité du producteur, sous réserve de contraintes d'internalisation, de l'allocation des facteurs quasi-fixes. Cette dernière relève davantage d'un choix public et constitue, de ce fait, une possibilité d'action pour rendre compatibles les objectifs précédents. La gamme actuelle des politiques agricoles traduit une certaine absence de choix structurels raisonnés ou du moins un manque de hardiesse dans ce domaine. Il en découle peut-être une certaine naïveté dans les effets attendus des politiques agricoles actuelles qu'elles concernent les régulations de l'offre ou les mesures d'internalisation des effets externes.

L'analyse des effets des politiques agricoles constitue l'un des axes d'orientation de cette recherche. Elle s'appuie sur une modélisation qui a un double ancrage : la théorie économique sous-jacente et la spécification stochastique. Ces dernières motivent des choix qu'il importe de replacer dans un cadre plus général.

Considérons tout d'abord la théorie économique. La formalisation de la technologie est traditionnellement assurée au moyen d'une fonction de production : celle-ci traduit, en particulier, la possibilité de substitutions marginales entre facteurs. Cependant, le côté simpliste des premières formes fonctionnelles introduites a conduit à des constatations erronées de phénomènes économiques (2). L'exposé de la théorie de la

(2) "Le succès des fonctions Cobb-Douglas provient de ce que toutes les fonctions de ce type ont une élasticité de substitution égale à un ; dans le cas de deux facteurs capital et travail, cette caractéristique assure que les parts relatives de ces deux facteurs ne seront pas modifiées par l'offre relative des deux facteurs et elle fournit une explication simple de la "relative fixité" que l'on prétendait constater sur de longues périodes dans les pays développés" (d'après Blaug 1981, p. 527).

production à partir d'un ensemble des possibilités techniques de production permet à la fois d'introduire le concept de fonction de production et de s'en affranchir dans le cadre d'une modélisation de l'équilibre général ou d'une représentation duale de la technologie. Les travaux de Shephard (1953, 1970) et Debreu (1959) utilisent cette approche ensembliste et ont précédé l'introduction de nouvelles formes fonctionnelles dites flexibles, qui élargissent les possibilités de substitution entre facteurs. Cette description primale de la technologie se heurte encore à un écueil bien connu d'ordre économétrique. La non-prise en compte des relations économiques entre facteurs et produits, introduit, en effet, des biais d'estimation. A l'inverse, se donner une hypothèse de comportement économique et des hypothèses sur l'ensemble de production permet d'éviter cette difficulté et d'inférer l'ensemble des caractéristiques de la technologie. Cette approche, qualifiée de duale, se justifie ici principalement par son applicabilité économétrique. La conjonction des approches ensembliste et duale permet donc, en première analyse, de répondre à certaines critiques classiques faites au concept même de fonction de production microéconomique (3).

Parallèlement à ces développements dans la formalisation, l'applicabilité de la théorie de la production au secteur agricole se vérifie dès les premiers travaux de modélisation (Heady et Dillon, 1961) ; en outre, les spécifications originelles concernant une technologie multiproduits portent sur l'agriculture (Mundlak, 1963). La modélisation s'appuie donc sur une application de la théorie de la dualité. Plus précisément, dans une approche ensembliste, la fonction d'objectif, issue de l'adoption d'une hypothèse de comportement, peut contenir toute l'information relative aux choix techniques possibles. Autrement dit, l'ensemble des choix techniques ou technologie est observé au travers d'une

(3) voir, à ce propos Blaug (1981, p. 543).

hypothèse de comportement ; celle-ci associée à un environnement économique (prix des facteurs, contraintes de débouchés, ...) permet d'inférer non seulement l'état de la technologie mais également son évolution, sa dynamique, à la suite par exemple de modifications dans l'environnement économique.

Néanmoins, cette formalisation voit sa portée limitée par trois hypothèses. En premier lieu, si l'on considère que la théorie néoclassique peut être décrite comme l'exploration systématique des implications de l'hypothèse de rationalité de l'homo economicus (Laffont 1985, p. 7), l'approche duale est en quelque sorte "hyper-néoclassique" dans la mesure où l'hypothèse de rationalité (ici un comportement d'optimisation) précède et oriente l'observation de l'acteur économique (en termes de choix techniques adoptés). En second lieu, s'il importe de choisir une hypothèse de comportement qui se rapproche le plus possible du processus exact d'optimisation du producteur, le souci d'évaluation des politiques de régulation par les prix agricoles conduit rapidement à raisonner en termes de courbe d'offre et, par voie de conséquence, à opter pour la maximisation du profit. De notre point de vue, nous adoptons une hypothèse moins restrictive mais qui est emboîtée dans la précédente, consistant à minimiser le coût des facteurs variables. Ce choix permet en outre de déduire une estimation des économies d'échelle qui peut, dans certains cas, invalider l'hypothèse de maximisation du profit. La gamme des comportements possibles est, bien sûr, variée ; aussi, dans un souci d'évaluation des mesures de politique agricole, n'y a-t-il pas lieu, au préalable, d'identifier plus précisément les différents types de comportement ? Cette remarque rejoint la troisième hypothèse concernant l'unicité du comportement qui est admise dans la phase d'estimation du modèle. Notre souci sera d'assouplir cette unicité, au travers notamment d'une modélisation TOBIT et d'un découpage en classes de surface. La théorie économique révèle ainsi un caractère proprement approximatif qui,

dans la spécification stochastique, conduit la progression des modèles économétriques.

L'approche duale s'avère d'une réelle pertinence dans son application économétrique ; ce faisant, il est tentant d'opter pour une spécification des termes d'erreurs qui soit portée par la théorie économique associée au modèle déterministe. Tel est bien le cas des modèles de fonctions frontières pour lesquels une composante du terme d'erreur peut s'interpréter comme une inefficacité technique ou allocative ; ces modèles, en outre, traduisent une relative souplesse des comportements possibles. Cependant, le point de vue adopté ici se réfère à l'analyse de Stigler (1976) selon laquelle les inefficacités observées ne sont qu'apparentes et reflètent davantage l'ignorance de l'économètre quant au processus exact d'optimisation. En particulier, le caractère approximatif de la théorie influe fortement sur la composante stochastique et infirme toute tentative de traduction de celle-ci en termes d'inefficacités économiques. Cette option précède l'adoption d'un modèle économétrique qui permet d'étendre les relations de dualité à un cadre stochastique. De manière générale, l'approche duale en théorie de la production conduit à être attentif au positionnement de la spécification stochastique entre la théorie économique et la réalité observée, ce qui fait l'objet, par ailleurs, de nouvelles recherches économétriques (Trognon, 1987).

En conséquence, si la première partie de l'étude discute la correspondance duale entre comportement et technologie, la deuxième partie contribue à vérifier une applicabilité de cette approche dans l'univers des exploitations agricoles. Cette applicabilité est recherchée dans un souci d'adéquation de la théorie économique à la réalité au travers notamment de la spécification stochastique. Au préalable, le chapitre I (ou introductif) situe l'approche duale par rapport à une démarche descriptive. Les chapitres II et III constituent la première

partie et fournissent une présentation de la dualité en théorie de la production. En particulier, les hypothèses sur l'ensemble de production sont discutées dans le contexte agricole, la confrontation de différents travaux théoriques conduit à adopter un corps réduit d'hypothèses. Le chapitre III montre comment, au travers de l'outil différentiel, nous pouvons inférer des informations relatives à la technologie et au déséquilibre factoriel, tout ceci à partir de la fonction d'objectif.

L'introduction de la deuxième partie nous fait transiter du modèle mathématique au modèle économétrique. Le chapitre IV, associé à une spécification classique des erreurs, présente un cadre général d'inférence des niveaux d'équilibre de long terme. Le chapitre V développe la notion de semi-fixité pour un facteur et justifie théoriquement l'adoption d'un modèle TOBIT qui permet d'estimer une offre latente de travail familial. Le chapitre VI prend en compte le caractère multiproduit de la technologie agricole et étend l'analyse aux systèmes de grandes cultures (4) ; en outre, la spécification stochastique utilisée n'infirme pas la cohérence fonctionnelle du modèle. Enfin, le chapitre VII reprend les différents résultats économétriques des chapitres précédents, en termes d'élasticités-prix, d'économies d'échelle, tout ceci pour tenter d'éclairer les effets de trois politiques affectant particulièrement les systèmes céréaliers : celle du gel des terres, celle des prix en vue d'ajuster l'offre, celle visant à préserver le milieu naturel.

(4) grandes cultures : notamment céréales, oléoprotéagineux, pommes de terre, betteraves sucrières, légumes de plein champ...

TECHNOLOGIE ET ECONOMIE DES
SYSTEMES CEREALIERS :
UNE APPROCHE DESCRIPTIVE

CHAPITRE I.

INTRODUCTION

La plupart des travaux portant sur les systèmes de production agricoles ont essentiellement un caractère descriptif. Cette étape apparaît généralement suffisante pour une première analyse économique et inévitablement préalable à une phase ultérieure de modélisation. Cependant, dans le développement d'une démarche descriptive, il est fait appel parfois, du moins implicitement, à des hypothèses de comportement du producteur qui contribuent à expliciter certaines caractéristiques économiques du sujet observé. Cette insertion déborde du cadre descriptif stricto-sensu et confirme la nécessité d'un cadre théorique rigoureux support d'une modélisation économétrique ; la nette dissociation des approches descriptive et théorique permet, en outre, une clarification des concepts utilisés. Le constat précédent structure ce premier chapitre consacré à une approche descriptive et conduit à y trouver deux niveaux de lecture.

Sur un premier niveau de lecture, ce chapitre introductif constitue tout d'abord une étape d'observation qui porte sur les systèmes de production céréaliers. La notion de système de production (1) est d'usage courant en statistique agricole et fournit généralement une typologie des exploitations. La classification par orientation technico-économique représente la

(1) Le Larousse agricole définit un système de production comme étant la combinaison des productions et des facteurs de production (terre, travail, capital). Le système de production, appelé aussi système de culture, est le résultat du choix de l'agriculteur, effectuée en fonction des conditions naturelles de la structure de l'exploitation, de son niveau technique et des possibilités du marché.

typologie adoptée dans cette étude. Ce choix se justifie par deux raisons majeures : d'une part, cette classification a été mise au point dans le cadre du réseau d'information comptable agricole (RICA) sur lequel s'appuieront nos observations ; d'autre part, le qualificatif technico-économique qui lui est associé, rend compte d'une correspondance entre système technique de production et résultats économiques de l'exploitation, correspondance qui, justement, structure l'approche duale en théorie de la production développée ultérieurement.

Les systèmes de production céréaliers comprennent une classe particulière d'exploitations agricoles dont le produit brut est constitué principalement de céréales. Sur la base de l'enquête sur la structure des exploitations agricoles de 1983, cette classe ne constitue que 6,7 % du total des exploitations mais représente 28,1 % des surfaces céréalières (Carles, 1987, p. 263). L'unité économique sur laquelle porte cette recherche est donc définie comme une exploitation céréalière spécialisée : ce choix, a priori restrictif, sera justifié dans le développement de ce chapitre.

L'étape d'observation, d'exploration de données, préalable à une phase ultérieure de modélisation, va permettre de guider la spécification d'un modèle. A titre d'illustration, Carles et Chitrit (1985) considèrent la concentration et la spécialisation des exploitations, l'efficacité technico-économique, la présence d'économies d'échelle et un niveau élevé de revenus comme des spécificités du secteur céréalier. Ce constat, confirmé par l'analyse descriptive qui suit, permettra de spécifier le modèle, en termes notamment d'hypothèse de comportement et de prise en compte de facteurs fixes.

Dans le prolongement de cette correspondance entre observation et modélisation, ce chapitre introductif propose un deuxième niveau de lecture qui tente d'établir une relation de dualité entre observation et modélisation. Plus précisément, l'observation s'appuie sur une description du système technique de production et se prolonge par l'analyse des résultats économiques, le terme en est généralement le constat des revenus agricoles. A l'inverse, la modélisation, introduite dans cette étude, se fonde sur une approche duale qui, sur la base de l'adoption d'une hypothèse de comportement, est fondée sur la fonction d'objectif du producteur (revenu, coût, profit, ...) et permet d'inférer l'ensemble des caractéristiques économiques et techniques des exploitations céréalières.

Les deux niveaux de lecture sont présents dans les trois sections de ce chapitre. En effet, dans la première section, le RICA est présenté comme une des seules sources de données microéconomiques qui collecte les caractéristiques tant techniques qu'économiques des exploitations agricoles ; ceci étant, il n'est pas exempt de faiblesses qu'il importe de souligner.

La section deux privilégie l'analyse descriptive : l'évolution des choix techniques aboutit à une simplification et une spécialisation des systèmes de production céréalières, un double phénomène qu'il est nécessaire de relier à l'environnement économique pour y trouver une portée explicative.

L'économie des exploitations céréalières est abordée dans la troisième section ; cette dernière termine la phase d'observation et permet d'affiner la correspondance entre approche descriptive et approche duale.

SECTION 1. CARACTERISATION DES PRODUCTEURS DE CEREALES AU TRAVERS DU RICA

Le réseau d'information comptable agricole (RICA) constitue une source de données sur les caractéristiques tant techniques qu'économiques des exploitations agricoles ce qui lui confère un côté opérationnel pour une approche duale en théorie de la production. Il n'en demeure pas moins nécessaire de souligner ses principales faiblesses.

1.1.1. Présentation rapide du RICA

Le RICA est une opération statistique communautaire qui a démarré en France, dans le cadre de la C.E.E., en 1968. Deux objectifs majeurs étaient alors assignés à cette enquête (Cranney, de Miribel, 1983) :

- La constatation annuelle des revenus dans les exploitations agricoles situées dans le champ d'observation retenu, les éléments obtenus servant notamment à établir un rapport annuel sur la situation de l'agriculture dans la Communauté.

- L'analyse du fonctionnement économique d'exploitations agricoles, les éléments obtenus pouvant aider à apprécier les effets sur les revenus des mesures prises par la Communauté concernant des exploitations ou des exploitants d'un type donné.

A cet effet, le RICA collecte un échantillon de comptabilités qui en 1979 comprend 5215 exploitations agricoles. Cet échantillon n'est toutefois pas homogène et agrège trois sous-échantillons de nature différente. Carles (1982, p. 15) en précise le contenu :

- le premier, dénommé sous-échantillon I est formé par les exploitations dont la comptabilité est mise en place spécialement à cette fin et entièrement financée par les Pouvoirs Publics. Ces exploitations sont sélectionnées à partir des listes du Recensement Général de l'Agriculture. Le mode de recrutement, malgré les taux de refus enregistrés, permet d'estimer qu'il s'agit là d'un sous-ensemble d'exploitations agricoles apte à donner une image assez fidèle du secteur agricole.

- le deuxième (plans de développement) est constitué par des exploitations engagées dans un plan de développement et qui fournissent la comptabilité de l'année de base (début du plan) mais aussi des années suivantes, puisque leur séjour dans l'échantillon comme d'ailleurs pour les exploitations du sous-échantillon précédent peut durer cinq ans. De telles exploitations sont caractérisées par un volume d'investissements important et leur endettement est également très particulier puisqu'il s'agit de financer une modernisation rapide, engagée sur une durée de six ans.

- enfin le troisième (comptabilités aidées) correspond aux entreprises bénéficiant d'une comptabilité aidée, c'est-à-dire subventionnée. Les conditions dans lesquelles cette aide est accordée (elle concerne la première comptabilité "déclarée") font qu'il s'agit souvent de jeunes agriculteurs venant de s'installer et bénéficiant de la dotation aux jeunes agriculteurs, mais aussi d'agriculteurs venant à la comptabilité en vue de préparer un passage au régime d'imposition de leur bénéfice réel. Les

caractéristiques exactes de cette population ne sont pas complètement identifiées.

La réunion des deux derniers sous-échantillons est souvent dénommée "échantillon III". A titre d'exemple, les effectifs correspondant à ces sous-échantillons sont respectivement de 174, 9, 139 sur les 322 exploitations céréalières de l'exercice RICA 1979. Par ailleurs, au vu de la spécificité du deuxième sous-échantillon, nous avons écarté les exploitations engagées dans un plan de développement dans l'échantillon utilisé pour la phase d'estimation.

Le RICA utilise une typologie des exploitations, basée sur trois critères initiaux, à savoir la localisation géographique, l'orientation économique et la dimension ; ces trois critères ont été redéfinis lors de l'exercice 1979.

La région de programme française où est située l'exploitation agricole constitue le critère géographique.

Les deux autres critères (dimension et orientation) sont déterminés à partir de la marge brute standard (MBS). Celle-ci est une évaluation, en unités de comptes européennes, du produit brut potentiel, déduction faite des frais directement affectés aux divers types de production tels que frais pour semences et plants, engrais chimiques, produits de traitements, achat d'animaux jeunes ou de remplacement, frais d'alimentation du bétail. Pour établir la MBS d'une exploitation, on dispose d'une série de coefficients de marge brute standard élémentaire établis pour chacune des spéculations possibles ; ainsi, les superficies cultivées et les cheptels présents ayant été convertis en terme de MBS, l'exploitation est classée selon deux opérations :

- l'addition des MBS élémentaires correspondant à toutes les spéculations pratiquées conduit à la MBS totale qui caractérise la dimension économique de l'exploitation.

- la part de chacune des MBS partielles correspondant aux spéculations principales (pôles et sous-pôles) dans la MBS totale détermine son orientation technico-économique.

Le RICA français ne retient que les exploitations dont la MBS totale est supérieure à 4000 UCE et les exploitations dont la main-d'oeuvre est égale ou supérieure à une UTA (2).

Tableau 1.2. Classes selon la dimension des exploitations

classes	Valeur de MBS totale (en UCE 1973) (3)	
1	moins de 2000	
2	2000 à moins de 4000	

3	4000 à moins de 8000	seuil de sélection du RICA
4	8000 à moins de 16000	
5	16000 à moins de 40000	
6	40000 et plus	

La typologie des orientations technico-économiques (OTEX) comporte deux niveaux de détail ; l'OTEX 21 est le niveau de base reproduit dans le tableau 1.3.

(2) UTA (unité de travailleur annuelle) : une UTA correspond à 2200 heures de travail par an. Pour les personnes qui travaillent moins de 2200 heures par an, on obtient le nombre d'UTA en divisant par 2200 heures le nombre d'heures réellement effectuées. Dans le cas contraire, on limite à une UTA la prestation fournie par un travailleur.

(3) 1 UCE = 5,6163 F en 1973.

Tableau 1.3. OTEX 21

code	intitulé	code	intitulé
11	Céréales	44	Autres herbivores
12	Autre agriculture générale	51	Porcs
210	Horticulture sous serre	52	Autres granivores
219	Autre horticulture	61	Horticulture et cultures permanentes
311	Vin de qualité	62	Autres "polyculture"
319	Autre viticulture	71	Herbivores partiellement dominants
32	Fruits/autres cultures permanentes	72	Autres "polyélevage"
411	Bovins spécialisation lait	810	Agriculture générale avec herbivores
412	Autre élevage bovin laitier	819	Herbivores avec agriculture générale
42	Bovins viande	82	Autres "culture-élevage"
43	Bovins lait et viande		

La connaissance statistique de l'univers des exploitations agricoles est obtenue à partir des résultats d'enquêtes de structures agricoles (EPEXA, RGA) ; cet univers est donc stratifié selon les trois critères de sélection précédents, à savoir les vingt deux régions de programme, les quatre classes de dimension et les vingt et une orientations (4).

L'utilisation de ces critères conduit cependant à des problèmes de définition et de représentativité de l'échantillon.

(4) pour une définition des quotas de sélection, nous pouvons nous reporter au guide d'utilisation du RICA 1979 (SCEES - INSEE).

1.1.2. Limites des critères de sélection

Ces limites sont ici cernées au travers des exploitations céréalières du RICA, autrement dit l'OTEX 11. Les exploitations appartenant à cette OTEX sont celles dont 2/3 de la marge brute standard proviennent des productions céréalières : blé tendre, blé dur, seigle, orge de printemps, orge d'hiver, avoine, maïs-grain, riz, céréales secondaires (seigle, sorgho, millet, sarrasin, ...).

En premier lieu, les coefficients servant à définir la marge brute standard (MBS) de l'exploitation jouent un rôle majeur dans la sélection des exploitations céréalières (5) ; leur remise en cause a été faite notamment par Carles (1985, p. 99). En particulier, ces coefficients anciens ne traduisent pas les gains de productivité récents et inégaux selon les régions et selon le type de cultures céréalières. D'une manière générale également, le critère de la MBS conduit à une frontière entre orientations relativement floue.

Le second point concerne l'importance de l'échantillon céréaliier et sa représentativité. En 1986, l'OTEX 11 comprend 333 exploitations sur un total de plus de 5000 exploitations observées ; la petite taille de l'échantillon constitue un écueil important dans la prise en compte notamment d'une analyse régionale : celle-ci ne peut être menée à bien que par l'intermédiaire d'une augmentation conséquente de la taille de l'échantillon (Cranney, de Miribel, 1983, p. 47).

(5) Les coefficients sont calculés sur la base des moyennes de résultats de la comptabilité nationale agricole 1972, 1973 et 1974 (prix moyen, rendement moyen à l'hectare pour ce qui concerne le produit brut et charges moyennes de semences et plants, d'engrais et de produits phytosanitaires) puis modulés régionalement au prorata des productions (Carles, 1985, p. 99).

Le tableau 1.4 présente la distribution de l'échantillon RICA 86 OTEX 11 selon les régions. Les régions Centre (20,7 %) et Ile-de-France (14,4 %) représentent à elles seules plus d'un tiers de l'échantillon.

Tableau 1.4. Distribution régionale de l'échantillon OTEX 11, RICA 1986

région	nombre	pourcentage
Ile-de-France	48	14,4
Champagne-Ardennes	21	6,3
Picardie	20	6,0
Haute-Normandie	13	3,9
Centre	69	20,7
Basse-Normandie	4	1,2
Bourgogne	36	10,8
Nord-Pas de Calais	4	1,2
Lorraine	2	0,6
Alsace	17	5,1
Franche Comté	2	0,6
Pays de Loire	4	1,2
Bretagne	3	0,9
Poitou-Charentes	16	4,8
Aquitaine	33	9,9
Midi Pyrénées	24	7,2
Limousin	-	-
Rhône-Alpes	5	1,5
Auvergne	5	1,5
Languedoc-Roussillon	2	0,6
Provence-Côte d'Azur	5	1,5
Corse	-	-
TOTAL FRANCE	333	100,00

Viennent ensuite les régions Bourgogne (10,8 %) et Aquitaine (9,9 %). A l'inverse, le Limousin et la Corse ne sont pas représentés ; la Lorraine, la région Franche-Comté, le Languedoc-Roussillon le sont très faiblement (0,6 %).

Tableau 1.5. Distribution de l'échantillon OTEX 11, RICA 1986 selon la classe de MBS

classe	nombre	pourcentage
3	30	9,0
4	97	29,1
5	165	49,6
6	41	12,3
total	333	100,00

Le tableau 1.5 présente la répartition des exploitations par classe de MBS. Les classes 5 (49,6 %) et 4 (29,1 %) sont les mieux représentées ; cette répartition peut être comparée avec celle de l'univers des exploitations céréalières tel que le décrit le recensement général de l'agriculture de 1979 (RGA 79). Il convient cependant de remarquer qu'une telle comparaison est nécessairement biaisée eu égard notamment à l'évolution démographique des exploitations agricoles entre 1979 et 1986. Le tableau 1.6 croise les deux critères - région et classe de MBS - pour l'échantillon RICA 86 et l'univers RGA 79. Les exploitations de petite taille (classe 3) sont sous-représentées : elles constituent en effet 9 % de l'échantillon RICA 86 et 16,4 % de l'univers RGA 79 (champ restreint aux classes 3 - 4 - 5 - 6) ; de plus dans cette classe, neuf régions sur vingt-deux sont représentées. Les grandes exploitations (classe 6) sont plutôt sous-représentées. D'une manière générale, la représentativité est

très différente selon les régions et les classes de MBS ; l'étroitesse de la configuration de l'échantillon qui en résulte, invalide fortement une analyse régionale des exploitations céréalières.

Tableau 1.6. Répartition par classe de MBS et région

classe	3		4		5		6		Total	
	RGA	RICA	RGA	RICA	RGA	RICA	RGA	RICA	RGA	RICA
Ile-de-France	205	-	709	2	1873	22	1468	24	4255	48
Champagne-Ardenne	223	-	944	2	1998	18	661	1	3826	21
Picardie	177	-	466	4	850	16	591	-	2084	20
Haute-Normandie	66	-	171	5	376	8	189	-	802	13
Centre	1329	2	4126	14	7109	42	2205	11	14769	69
Basse-Normandie	73	-	164	3	131	1	20	-	388	4
Bourgogne	325	1	1025	7	1904	25	439	3	3693	36
Nord-Pas-de-Calais	258	2	220	-	72	2	10	-	560	4
Lorraine	107	-	213	-	380	1	83	1	783	2
Alsace	216	-	280	9	255	7	21	1	772	17
Franche-Comté	60	-	96	2	92	-	9	-	257	2
Pays de Loire	395	-	569	4	282	-	6	-	1252	4
Bretagne	131	2	68	1	11	-	-	-	210	3
Poitou-Charentes	580	-	1082	8	969	8	88	-	2719	16
Aquitaine	1093	13	970	15	509	5	123	-	2695	33
Midi-Pyrénées	1273	6	1519	11	918	7	136	-	3846	24
Limousin	2	-	9	-	6	-	-	-	17	-
Rhône-Alpes	515	2	571	3	271	-	19	-	1376	5
Auvergne	334	1	473	2	240	2	44	-	1091	5
Languedoc-Roussil.	120	-	155	2	105	-	17	-	397	2
Provence-Côte d'A.	125	1	135	3	97	1	45	-	402	5
Corse	1	-	-	-	1	-	-	-	2	-
TOTAL FRANCE	7608	30	13965	97	18449	165	6174	41	46196	333

Sources : Carles, 1985, p. 102 ; RGA 1979 ; RICA 1986.

Nous nous intéressons enfin aux exploitations céréalières ; l'OTEX 11, comme critère de sélection, n'épuise pas l'ensemble des

exploitations de l'échantillon RICA produisant des céréales ; l'importance de cette OTEX sur le plan national traduit cependant un mouvement de spécialisation de longue période de l'agriculture française. Les travaux de modélisation des chapitres suivants porteront essentiellement sur cette orientation ainsi que sur l'OTEX 12 (autre agriculture générale) qui combine avec les céréales, des cultures industrielles (oléoprotéagineux, lin textile), des plantes sarclées (pommes de terre, betteraves industrielles...), des légumes secs et frais, des cultures fourragères.

1.1.3. Conclusion

Le RICA constitue la première source de données sur les caractéristiques économiques des exploitations agricoles. Le faible nombre de petites et de très grandes exploitations, associé à une insuffisante représentativité régionale, limitent sensiblement la portée des analyses. D'une manière générale, la configuration des données du RICA se prête aisément à des analyses descriptives ; par contre, la construction de variables nécessaires à la modélisation se heurte à de nombreux écueils (cf. annexe), ce qui constitue une autre faiblesse de cet échantillon. L'étude poursuivie ici, s'oriente maintenant plus précisément sur les systèmes dits "de grandes cultures" et plus particulièrement céréaliers. L'utilisation des données du RICA permet un "ciblage" sur ces orientations productives ; la section suivante caractérise ainsi les systèmes de grandes cultures au travers notamment des OTEX 11 et 12 du RICA.

SECTION 2. SIMPLIFICATION ET SPECIALISATION DES SYSTEMES DE PRODUCTION : LE CAS DES SYSTEMES CEREALIERS

Le processus de croissance de l'agriculture française de ces dernières décennies se fonde et s'explique principalement par l'insertion progressive du secteur agricole dans le reste de l'économie. La spécialisation régionale et la concentration des productions apparaissent ici comme des corollaires de ce phénomène de croissance et sont particulièrement marquées pour le secteur céréalier.

Ce constat de spécialisation se double corrélativement d'un mouvement de simplification des systèmes de productions ; il revêt, par ailleurs, un caractère à la fois microéconomique, au niveau de l'exploitation, et macroéconomique, au niveau régional, voire national. Cette section a donc pour objet de préciser l'articulation précédente en situant, au préalable, l'activité céréalière dans les systèmes de production "grandes cultures".

1.2.1. Les systèmes de grandes cultures

Bonnieux et Rainelli (1984) ont noté l'étroite imbrication entre le mouvement de spécialisation régionale et la différenciation des systèmes de production ; cette dernière est particulièrement manifeste pour ce qui concerne les productions céréalières : celles-ci s'effectuent en effet de plus en plus largement dans le cadre d'un système de production spécifique et caractérisé essentiellement par les OTEX 11 et 12 du RICA. A titre d'illustration (Carles, 1986) :

- 93,9 % des superficies céréalières sont détenues par des producteurs cultivant plus de 5 ha de céréales,
- 59,3 % des superficies céréalières sont détenues par des producteurs spécialisés (OTEX 11 et 12 du RICA).

En première analyse, les OTEX 11 et 12 peuvent être assimilées aux systèmes de grandes cultures (6) ; ceux-ci correspondent à une succession culturale relativement spécifique ; la tête de rotation demeure classiquement une plante sarclée (pomme de terre, betterave sucrière), de manière générale une culture qui peut valoriser utilement une fertilisation organique récente. La succession est ensuite généralement assurée par les céréales (blé, orge, maïs pour l'essentiel), avec une intercalation possible d'oléagineux (colza, tournesol, soja), de légumes secs (haricot, pois) voire de prairies artificielles.

(6) Carles et Chitrit (1985) reprennent également cette terminologie : "par grandes cultures, on entend ici les exploitations spécialisées dans les cultures de vente céréalières et industrielles, appartenant aux orientations "céréales" et "autre agriculture générale" au sens de la classification des exploitations agricoles utilisée par la statistique agricole nationale et européenne (OTEX 11 et 12)".

La règle de la tête de rotation n'est, aujourd'hui, plus systématique (7) ; la présence de céréales définissant à elle seule un assolement de grandes cultures.

Au-delà de la nature des spéculations pratiquées dans de tels systèmes, Carles (1986, p. 5) propose plusieurs critères de spécification d'un système de production "grandes cultures" : importance de la superficie consacrée à la grande culture, spécialisation et performance du matériel utilisé, main-d'oeuvre employée peu abondante ; la combinaison de ces différents critères est caractéristique de ces systèmes. Ainsi, il devient courant d'observer des superficies par travailleur de 80 à 120 ha ; des temps de travaux de 10 à 25 heures par ha et par an (Carles, 1987, p. 260).

En résumé, et par anticipation sur la terminologie adoptée dans les chapitres suivants, la description primale de la technologie suffit à la définition d'un système de grandes cultures ; autrement dit, la nature et l'importance relative des facteurs utilisés, la nature et l'importance relative des productions réalisées caractérisent de manière pratiquement exhaustive un système dit "de grandes cultures". L'illustration de ce constat est fournie par Carles (1987, p. 261) dans une nouvelle définition de ce système : "La grande culture est donc le produit du croisement de deux critères essentiels : l'utilisation de certains moyens de production dans des rapports caractéristiques, et en même temps, la nature des cultures pratiquées".

(7) certaines exploitations se réduisent parfois à la monoproduction exclusive du blé.

Nous porterons notre attention, dans toute la suite de l'étude, sur les systèmes de grandes cultures. Les raisons qui motivent ce choix sont, entre autres, les suivantes :

- l'importance du secteur "grandes cultures" français (les céréales à elles seules représentent 17 % des livraisons totales de la branche en 1987).
- les débats actuels concernant la régulation de l'offre céréalière.
- la nécessité de simulations sur des exploitations agricoles qui seront soumises de plein fouet aux diverses politiques de contrôle d'offre.

Il convient cependant de remarquer les limites inhérentes à ce choix ; en particulier, les producteurs céréaliers spécialisés, correspondant aux OTEX 11 et 12, ne constituent environ qu'un tiers de l'ensemble des producteurs céréaliers français, un autre tiers étant constitué de polyculteurs-éleveurs, le dernier tiers étant plus composite (Carles 1986, p. 24). Ceci étant, comme nous l'avons souligné précédemment, la majeure partie des superficies est cultivée par les céréaliers spécialisés (59,3 %). L'observation d'une seconde spécialisation en faveur du blé tendre (Carles 1985, p. 7) dans l'univers des producteurs céréaliers spécialisés retient également notre attention. La superficie en blé tendre peut dépasser parfois 50 % de la SAU ; les producteurs céréaliers spécialisés détiennent 65,3 % des surfaces en blé tendre ; cette double spécialisation s'affirme avec l'augmentation de la surface en céréales.

D'une manière générale, le choix de se restreindre aux OTEX 11 et 12 est cohérent avec l'évolution démographique actuelle des exploitations agricoles ; en effet, reprenant les conclusions de Carles et Chitrit (1985) et Carles (1986), nous pouvons observer les faits suivants :

- un mouvement marqué des systèmes de production vers la grande culture.

- un renforcement conséquent de l'importance des producteurs spécialisés : entre 1983 et 1985, l'effectif des exploitations des OTEX 11 et 12 s'est accru de 3,6 %.
- une diminution consécutive du poids des producteurs non spécialisés.

Ce mouvement, de caractère microéconomique, entraîne une évolution parallèle au niveau régional. Nous nous proposons d'apprécier ce mouvement dans le paragraphe suivant.

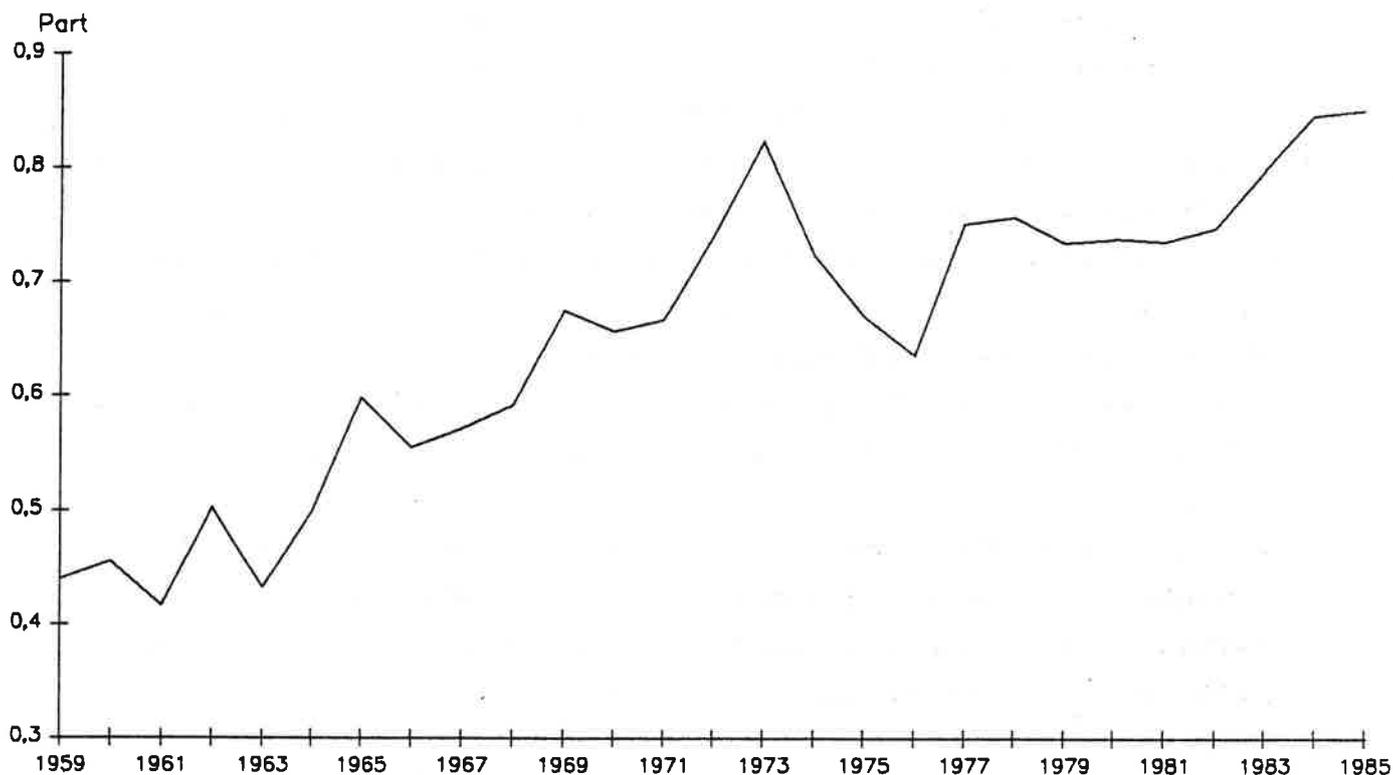
1.2.2. Concentration et spécialisation céréalières régionales

Si la production de céréales ne constitue pas le monopole de quelques régions françaises, la majeure partie des exploitations produisant des céréales (plus de 5 ha) se concentrent dans quelques régions seulement : Midi-Pyrénées (42 600) (8), Centre (35 700), Pays-de-Loire, Poitou-Charente, Aquitaine. Les producteurs céréaliers spécialisés sont, quant à eux, les plus nombreux dans la région Centre (plus de vingt mille exploitations), suivie des régions Picardie, Nord-Pas de Calais, Champagne-Ardenne, Midi-Pyrénées et Aquitaine.

(8) les chiffres sont obtenus d'après l'enquête structure SGEES 1983.

Ce processus de concentration-spécialisation régionale apparaît nettement dans le cadre de l'activité céréalière ; il n'est cependant pas spécifique de cette activité et s'étend à d'autres orientations pour d'autres régions. Bonnieux, Fouet et Rainelli (1987), dans une synthèse de leurs travaux récents, combinent la simplification des systèmes de production et le processus de concentration-spécialisation régionale en proposant une typologie d'orientations productives applicable au niveau départemental. Outre une analyse statique, la typologie proposée permet de décrire les trajectoires suivies entre 1960 et 1980 ; nous assistons ainsi à une extension de la zone traditionnelle de grandes cultures (Bassin Parisien) à des départements périphériques (Aube, Yonne, Côte d'Or, Vienne) ou extérieurs (maïs en région Aquitaine). Parallèlement, la spécialisation des départements orientés vers les grandes cultures a augmenté notablement : c'est le cas de l'Eure-et-Loir (tableau 1.7) dont la part des céréales dans la production finale est passée de 45 % en 1959-62 à 81 % en 1982-85.

Tableau 1.7. Part des céréales dans la production finale en volume
département Eure et Loir



Il convient cependant de replacer cette évolution dans un cadre national : la part des céréales dans la production finale a doublé en vingt-cinq ans (de 9,9% en 1959-62 à 20,8 % en 1982-85). Un tel processus de concentration-spécialisation céréalière peut s'expliquer en termes d'évolution des dotations en facteurs primaires (terre - travail) et des rapports de prix (Bonnieux, 1986a). Il n'en demeure pas moins nécessaire de replacer un tel phénomène dans un cadre d'analyse de longue période.

1.2.3. Conclusion

La simplification et la spécialisation des systèmes de production se révèlent particulièrement importantes dans le secteur céréalier. Cette évolution se projette également à l'échelon régional : à ce propos, le processus de spécialisation régionale mérite une analyse explicative approfondie, dans le cadre notamment des modifications récentes de l'environnement des prix agricoles et de l'échéance du marché unique de 1992. L'ensemble des remarques précédentes motive un centrage de l'analyse sur les producteurs céréaliers spécialisés, autrement dit les OTEX 11 et 12 du RICA.

Les caractéristiques techniques des systèmes de grandes cultures ont été analysées par ailleurs (Carles et Chitrit, 1985; Carles, 1986) et traduisent en quelque sorte une description primale de la technologie.

Dans le prolongement de cette caractérisation, la section suivante analyse l'économie des exploitations céréalières spécialisées en prenant appui sur quelques études récentes.

SECTION 3. ECONOMIE DES EXPLOITATIONS CERÉALIÈRES SPÉCIALISÉES

Dans le prolongement de la caractérisation technique des exploitations céréalières spécialisées en termes notamment de surface agricole utilisée, de main-d'oeuvre présente sur l'exploitation, d'équipements employés, il convient maintenant de proposer un cadre d'analyse économique des entreprises céréalières. Ici encore, l'aspect exhaustif d'une telle analyse n'est pas recherché ; nous nous contentons seulement d'illustrer la démarche descriptive conventionnelle qui aboutit au constat des revenus agricoles, solde dont la maximisation peut être assimilée, en première analyse, à l'objectif du producteur.

1.3.1. Quelques caractéristiques économiques des exploitations céréalières

A ce niveau d'analyse, il apparaît parfois difficile de distinguer les caractéristiques techniques des caractéristiques économiques d'une exploitation agricole ; de ce fait, le qualificatif technico-économique est plus largement usité. Au-delà d'un simple problème de terminologie, l'apparente confusion des termes révèle partiellement toute la stratégie de l'approche duale

en théorie de la production. De manière plus explicite, et sous certaines conditions (ou hypothèses), à environnement identique, les caractéristiques économiques peuvent refléter les caractéristiques techniques d'une entreprise et vice versa. La présentation de certains résultats d'analyse descriptive éclaire le constat précédent ; nous l'illustrons au travers de deux exemples.

1.3.1.1. Mouvements de substitution entre facteurs de production

Conjointement au phénomène de spécialisation mis en évidence dans la section précédente, après d'autres auteurs (Ruttan, 1978), (Bonnieux 1986a) attribue un rôle central à l'intensification de tous les autres facteurs par rapport au travail dans le processus de croissance de l'agriculture française. Autrement dit, en termes de substitutions de facteurs, la croissance agricole se caractérise par un accroissement du rapport terre-travail et la substitution des consommations intermédiaires et du capital au travail. Ce mouvement est particulièrement perceptible au travers des systèmes céréaliers ; ainsi, nous avons déjà remarqué l'accroissement du rapport superficie par travailleur (cf. infra).

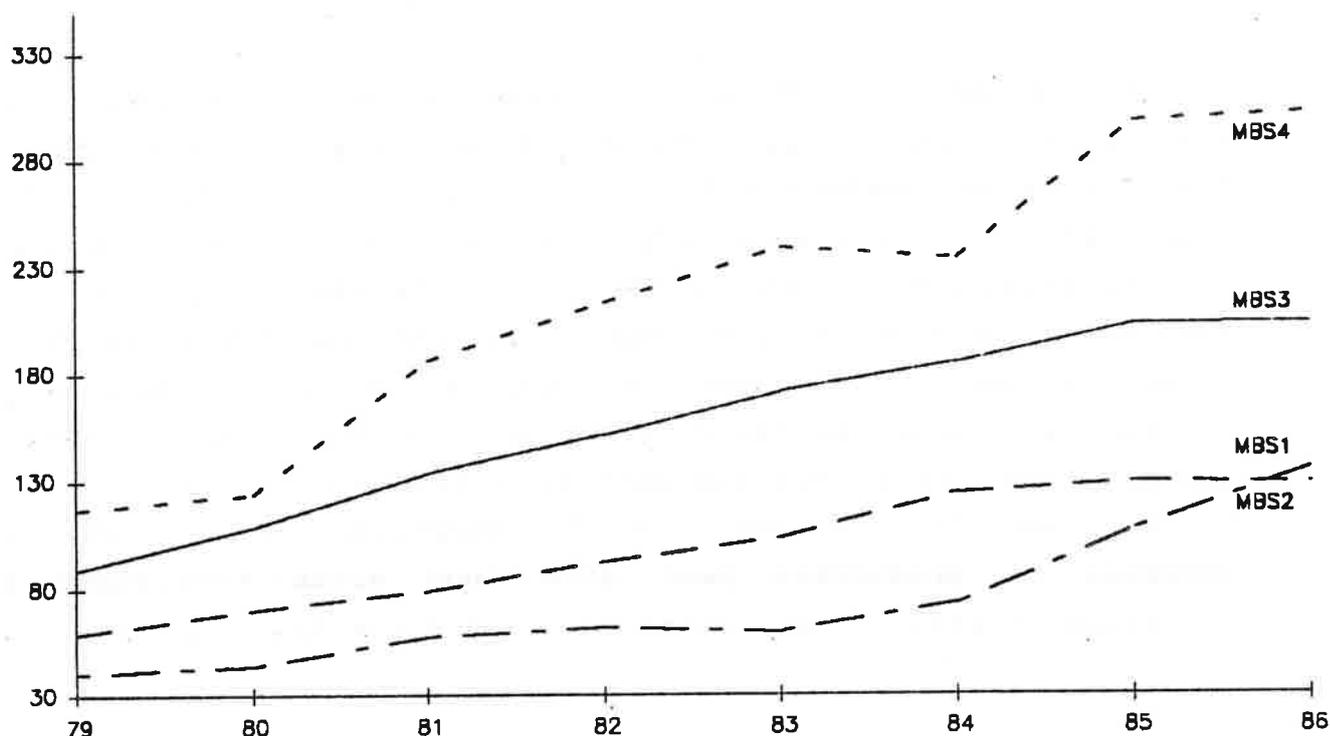
La substitution poussée du capital au travail est également un trait spécifique du secteur céréalier ; Carles et Chitrit (1985, p. 6) notent ainsi que l'immobilisation financière est forte : pour les régions Centre - Ile-de-France en 1983, celle-ci est de 1,563 million de francs par travailleur familial. Pour les mêmes auteurs, un tel rapport entre main-d'oeuvre et équipement caractérise la productivité de l'appareil de production. A l'inverse, dans une optique duale, l'efficacité allocative induite par la minimisation du coût des facteurs explique la substitution

entre capital et travail ; l'approche duale, développée dans les chapitres suivants, est ainsi révélée dans le cadre d'une approche descriptive.

Si l'échantillon RICA dont nous disposons ne permet pas d'apprécier finement les évolutions en terme de substitution, celui-ci permet néanmoins d'en obtenir un certain reflet. A titre d'exemple, le graphique 1.8 représente l'évolution du ratio CI/UTAT selon les classes de MBS (9). D'une manière générale, ces mouvements de substitution sont régis par les modifications de l'environnement économique, en termes de disponibilités en facteurs naturels, de rapports de prix, voire d'opportunités de travail dans les autres secteurs de l'économie. De ce fait et à titre d'exemple, la relation de substituabilité entre deux facteurs de production peut être tout autant expliquée par l'élasticité-prix croisée entre ces deux facteurs.

(9) UTAT : unité travailleur annuelle totale.
CI : consommations intermédiaires.

Graphique 1.8. Consommations intermédiaires par UTAT (Francs courants/UTAT)



La même correspondance entre approche descriptive et approche duale peut être remarquée pour ce qui concerne les rendements d'échelle.

1.3.1.2. Effets d'échelle et rendements d'échelle (10)

Au-delà de la confusion qui règne parfois sur ce concept, le débat sur l'existence ou l'absence d'un tel phénomène en agriculture est parfois controversé. Ceci étant, Carles (1987, p. 260) considère que les exploitations de grande culture sont celles

(10) Nous ne précisons pas ici le concept de rendements d'échelle qui sera défini ultérieurement (cf. paragraphe 3.3.1.).

qui bénéficient le plus d'économies d'échelle ; dans ce cadre, les "effets d'échelle" sont principalement définis par rapport à un accroissement des surfaces : "L'avantage économique de la grande exploitation s'exprime dès lors que l'on peut utiliser les machines les plus performantes, permettant d'effectuer rapidement les façons culturales requises. Cela suppose que les chantiers de travaux soient organisés sur de grandes parcelles où les tracteurs et leurs matériels complémentaires peuvent manoeuvrer facilement" (Carles et Chitrit 1985, p. 6). En réalité, l'effet d'échelle décrit par Carles est composite et associe, en plus des rendements d'échelle stricto sensu, des économies d'innovation, éventuellement des économies de transport pour une certaine classe de surface.

Ces effets d'échelle sont par ailleurs reliés logiquement aux économies de prix de revient. Le tableau 1.9 reprend les résultats de l'étude pré-citée pour ce qui concerne les céréales.

Tableau 1.9 Coûts de production dans les exploitations agricoles produisant des céréales (1982-1983).

classes de dimension (ha)	20 à 30	30 à 50	50 à 70	70 à 100	100 à 150	> 150
CEREALES						
Produit/ha (F)	6546	7604	7144	7390	7650	7769
Charges réelles/ha (F)	5182	5298	5013	5081	5298	5615
Charges globales/ha (F)	7061	6951	6382	6367	6442	6556
Coût de revient de 10 F de produit	10,78	9,14	8,93	8,61	8,42	8,43

Source : INRA Grignon d'après les résultats IGER 1982-1983.

Autrement dit, le terme de l'analyse descriptive des effets d'échelle consiste à analyser l'évolution du prix de revient (ou du coût unitaire) lorsque la dimension de l'activité augmente, cette dimension étant ici mesurée par la classe de surface. La correspondance de cette analyse avec l'approche duale est, ici encore, très éclairante ; en effet, nous y définirons la présence d'économies d'échelle comme la diminution du coût unitaire d'une production lorsque le volume de celle-ci augmente (cf. paragraphe 3.3.1.). Cette mesure duale permettra alors de constater la nature locale des rendements d'échelle au point d'approximation.

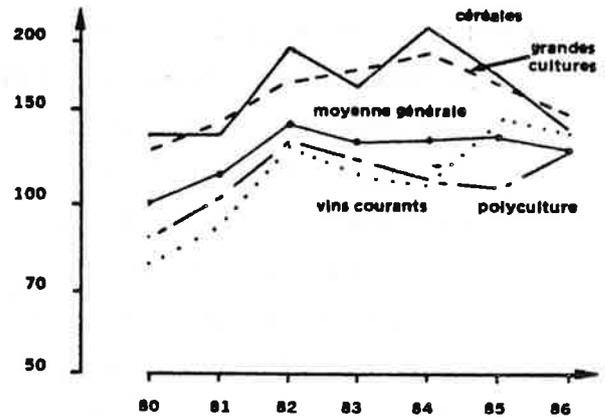
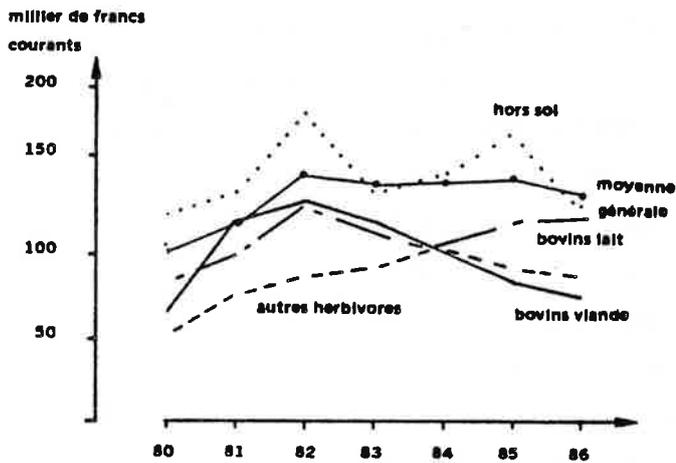
D'une manière générale, la disponibilité de superficies importantes permet d'exploiter les effets d'échelle, ce qui aboutit, en conséquence, à l'obtention d'un revenu plus important. Le paragraphe suivant propose une analyse des revenus céréaliers.

1.3.2. Quelques éléments d'analyse des revenus céréaliers

L'efficacité technico-économique des exploitations cérésières, le niveau des prix garantis pour les céréales ainsi que

l'amélioration continue des rendements physiques expliquent les niveaux de revenus généralement élevés de ces exploitations. Les graphiques 1.10 et 1.11 illustrent cette situation dans le champ d'observations RICA où les exploitations des systèmes végétaux dégagent un revenu supérieur à la moyenne générale.

Graphiques 1.10 et 1.11. Résultat brut d'exploitation, optique production par système de production



(d'après SCEES, RICA 1986).

Une dégradation du revenu est cependant sensible depuis 1984, année exceptionnelle du point de vue des rendements obtenus ; de ce fait, cette année de référence fausse quelque peu l'analyse de l'évolution des revenus qui subissent également la mise en oeuvre de politiques de prix plus restrictives.

Cette évolution moyenne des revenus masque par ailleurs une forte dispersion qui n'apparaît pas comme spécifique des exploitations céréalieres ; sur la base d'une analyse du coefficient de variation, Carles (1988, p. 51) conclut à une dispersion qui n'est pas très différente de celle de l'ensemble des exploitations agricoles. Ce même auteur constate plusieurs facteurs de variation du revenu ; ce dernier, en terme de résultat net d'exploitation par travailleur familial, s'améliore avec le degré de spécialisation céréalier. Ce premier effet est amplifié considérablement par un effet "taille", elle-même mesurée par la superficie en céréales : ainsi, dans l'étude pré-citée, le revenu du travail familial est multiplié par 5,8 lorsqu'on passe des producteurs qui cultivent entre 5 et 20 ha de céréales aux producteurs ayant plus de 100 ha de céréales. La composante régionale peut également être notée comme facteur de variation, du fait d'une dépendance pédo-climatique évidente des productions végétales ; cet effet régional se superpose souvent dans la réalité aux deux effets précédents : ainsi, les régions Centre et Ile-de-France, en plus d'un complexe pédo-climatique favorable, cumulent un fort degré de spécialisation et un rapport structurel homme-terre très satisfaisant. Ce rapport, d'une manière générale, se révèle stratégique pour l'obtention d'un revenu décent.

La brève analyse qui vient d'être faite met un terme à l'approche descriptive menée jusqu'ici (11). Celle-ci a permis de

(11) Carles (1985) a mené une étude plus approfondie des revenus céréaliers.

caractériser de manière technico-économique les exploitations céréalières ; ces caractéristiques peuvent être autant de facteurs explicatifs du revenu agricole céréalier. Le paragraphe suivant se propose de reprendre, en l'approfondissant, la correspondance précédemment évoquée entre l'approche descriptive et l'approche duale. Nous mettrons en exergue notamment comment l'approche descriptive permet de guider l'approche duale qui sera utilisée dans les chapitres suivants.

1.3.3. Eléments d'une correspondance entre approche descriptive et approche duale

Le paragraphe 1.1.1 rappelle le premier objectif assigné au RICA à savoir la constatation annuelle des revenus agricoles ; cet objectif constitue en fait le terme de l'analyse descriptive menée précédemment, une analyse qui a mis en évidence différentes caractéristiques structurelles, techniques, économiques des exploitations céréalières.

Par ailleurs, le revenu agricole est souvent retenu comme la fonction d'objectif du producteur ; autrement dit, nous supposons que le producteur maximise son revenu agricole sous diverses contraintes. L'adoption d'une telle hypothèse de comportement est largement utilisée dans la mise en oeuvre d'un autre objectif assigné au RICA, à savoir l'évaluation des effets des différentes politiques économiques sur les revenus agricoles.

Les deux objectifs précédents - analyse descriptive et effets de politiques économiques - s'articulent par l'entremise d'une hypothèse de comportement : son adoption constitue le point de départ de l'approche duale en théorie de la production et permet d'intégrer logiquement les deux objectifs. Cette première présentation souligne simultanément un intérêt majeur de l'application de la théorie de la dualité et sa fragilité intrinsèque dans la mesure où la description duale de la technologie dépend, d'une manière cruciale, de l'hypothèse de comportement retenue.

Plusieurs considérations, voire des contraintes, peuvent guider le choix de l'hypothèse de comportement. En premier lieu, le degré de précision de l'hypothèse adoptée élargit le cadre possible des investigations duales de la technologie et des effets des politiques économiques ; à titre d'exemple, la maximisation du profit du producteur englobe l'hypothèse de minimisation du coût des facteurs (12) et permet d'étendre l'analyse duale en terme de systèmes d'offres de produits. A l'inverse, l'aspect restrictif du comportement peut infirmer la réalité économique observée : paraît-il souhaitable d'opter pour la maximisation du profit alors que les analyses descriptives mettent en évidence des économies d'échelle potentielles ?

En second lieu, le choix d'un comportement se réfère à un souci de modélisation, autrement dit à une représentation schématique d'un phénomène réel et complexe. En particulier, le processus exact d'optimisation peut intégrer un nombre important de paramètres, tels qu'une possible désutilité du travail, une aversion pour le risque... Ce processus peut également dépasser le simple caractère rationnel du producteur. Dans la mesure où l'hypothèse de comportement fonde ensuite toute l'approche

(12) Nous reviendrons sur cet aspect d'emboîtement des hypothèses dans le paragraphe 7.1.2.

théorique ultérieure, il importe de se rappeler son côté approximatif ; nous en aurons particulièrement le souci dans le chapitre V qui, suite à un résultat paradoxal, propose un ajustement de l'hypothèse de comportement. Dans le prolongement, le chapitre VI utilise une spécification stochastique pouvant traduire, entre autres, notre ignorance quant au processus exact d'optimisation.

Une troisième considération revêt davantage un caractère de contrainte. En effet, la configuration des données microéconomiques du RICA limite les choix d'hypothèses de comportement. Ainsi, l'absence de données en volume pour certains postes de consommations intermédiaires empêche une prise en compte du coût total de facteurs a priori variables. L'analyse descriptive précédente constitue enfin un autre critère de choix. En effet, l'exploration des données de l'échantillon RICA guide efficacement les fondements de la modélisation ; d'une part, l'observation d'effets d'échelle conduit à fonder les premiers modèles économétriques sur la minimisation du coût des facteurs. D'autre part, la diversité des structures observées, en termes de rapport homme-terre, la rigidité de ces mêmes facteurs aux mouvements de substitution induits par l'environnement économique, conduisent à considérer le travail familial et la terre comme n'étant pas soumis, du moins à court terme, au processus d'optimisation du producteur.

Ainsi, l'analyse descriptive conduit à retenir, dans une première approche, le coût des facteurs variables comme fonction d'objectif. Si cette même analyse a révélé, dans son développement, des correspondances avec l'approche duale, les deux chapitres suivants précisent comment, à partir d'une fonction d'objectif, peut-on inférer les caractéristiques de la structure de production céréalière. Autrement dit, la fonction d'objectif, terme de l'analyse descriptive devient le fondement de l'approche duale.

CONCLUSION

L'utilisation des données du RICA permet une observation technico-économique détaillée et un "ciblage" des systèmes de production céréaliers, éléments importants des débats actuels de politique agricole. Les faiblesses de l'échantillon portent surtout sur les effectifs insuffisants des exploitations appartenant aux petites et aux très grandes classes de MBS ainsi que sur la non-représentativité régionale. Au sein de l'univers des producteurs céréaliers, les mouvements observés de simplification et de spécialisation des systèmes de production conduisent à centrer l'analyse sur l'OTEX 11 du RICA. Enfin l'analyse économique des exploitations céréalières fournit les principales spécificités du secteur ; celles-ci apparaîtront comme les centres d'intérêts de la modélisation qui va suivre. Plus précisément, le comportement et l'environnement économiques tenteront d'expliquer les choix techniques opérés, les mouvements de substitution possibles ; de même, la fonction d'objectif (appréciée ici au travers du revenu agricole) se trouve fortement dépendante de facteurs structurels tels que la main-d'oeuvre familiale ou la terre : l'allocation de ces facteurs, la décision d'utiliser du travail salarié, la détermination des niveaux d'équilibre de long terme de ces facteurs constituent autant de problèmes spécifiques d'une démarche de modélisation ; cette dernière tentera enfin d'expliquer le mouvement microéconomique de spécialisation, une caractéristique importante des exploitations céréalières.

La deuxième partie de l'étude utilise effectivement les données du RICA dans la phase d'estimation. Ainsi, le chapitre IV se fonde sur un échantillon de cinquante-huit exploitations issues

de l'OTEX 11 (année 1981) et ne disposant pas de travail salarié. La modélisation TOBIT du chapitre V permet une estimation sur l'ensemble de l'échantillon de l'OTEX 11 (année 1984), soit trois cent sept exploitations, en éliminant celles engagées dans un plan de développement. Le chapitre VI, dans le cadre d'une technologie multiproduits, utilise un sous-échantillon de cent dix-huit exploitations de l'OTEX 12 (année 1984), produisant pratiquement exclusivement des céréales et des oléoprotéagineux.

Par la mise en évidence d'une correspondance entre approche descriptive et approche duale, ce chapitre constitue une introduction à l'application de la théorie de la dualité. Au delà de la nécessaire étape d'observation, les deux approches peuvent être affinées par symbiose : l'analyse descriptive permet de guider le choix de l'hypothèse de comportement ; l'approche duale éclaire les relations entre les caractéristiques techniques et économiques des exploitations. Loin de s'exclure, analyse descriptive et modélisation duale gagnent à être menées conjointement. Il apparaît enfin nécessaire de souscrire à une grande rigueur dans la terminologie utilisée. La confusion autour de notions telles que les effets ou les économies d'échelle peut être à l'origine de controverses inutiles. Ce souci de rigueur est introduit dans les deux chapitres suivants par l'adoption d'une formalisation mathématique qui évitera d'infirmier sensiblement la réalité économique observée.

PREMIERE PARTIE

**APPROCHE DUALE
EN THEORIE DE LA PRODUCTION**

INTRODUCTION

Théorie duale de la production appliquée au secteur agricole

La théorie microéconomique s'emploie classiquement à étudier le comportement et les interactions d'agents individuels, ceux-ci étant généralement scindés en deux groupes : les producteurs (assimilés souvent à des entreprises) et les consommateurs. L'analyse du comportement des agents est restreinte à son caractère économique, à savoir la production, la distribution et la consommation de biens. Cette théorie procède, par ailleurs, d'une démarche scientifique ; aussi s'attache-t-elle, en particulier, à postuler des hypothèses de comportement des agents, dotés eux-mêmes d'une certaine liberté mais soumis inévitablement à des contraintes techniques, naturelles, voire institutionnelles. Pratiquement, les contraintes précédentes seront associées à l'optimisation d'une fonction d'objectif : coût de production, revenu, profit d'entreprise ou fonction d'utilité d'un consommateur. Autrement dit, la formalisation du comportement de l'agent se réduit à une hypothèse d'optimisation.

La microéconomie est aussi une science sociale dans la mesure où, par exemple, elle étudie les interactions et les conséquences des comportements individuels sur la situation qui se réalisera

dans la collectivité (Malinvaud, 1982, p. 2) (1). Plus précisément, la théorie microéconomique s'emploie à expliquer comment se déterminent simultanément les quantités de biens produits et offerts, les quantités consommées et les prix associés. Autrement dit, l'approche adoptée ici se traduit en terme d'équilibre de l'état de l'économie. L'analyse du comportement des agents et de leurs interactions constitue la portée positive ou explicative de la théorie économique mais son aspect normatif n'en demeure pas moins présent en s'attachant, notamment, à rechercher et à caractériser une organisation optimale de l'activité économique dans son ensemble ; ainsi, la théorie économique génère, par corollaire, une théorie de l'optimum social (2).

Son applicabilité à la réalité économique agricole

De manière évidente, l'analyse des problèmes de politique agricole ne peut manquer de faire référence à la théorie microéconomique, lors de considérations telles que le rôle des prix dans la régulation des marchés, les effets externes, la

(1) Le caractère social de la science économique peut encore être traduit par la définition suivante (Malinvaud, 1982, p. 1) : "L'économie est la science qui étudie comment des ressources rares sont employées pour la satisfaction des besoins des hommes vivant en société ; elle s'intéresse d'une part aux opérations essentielles que sont la production, la distribution et la consommation des biens, d'autre part aux institutions et aux activités ayant pour objet de faciliter ces opérations".

(2) Poursuivant sa discussion sur l'objet de la théorie économique, Malinvaud (1982, p. 2) décrit aussi son aspect normatif : "en tant que science normative, l'économie doit s'interroger sur la meilleure manière d'organiser la production, la distribution et la consommation. Elle doit nous fournir les moyens conceptuels permettant un jugement sur les avantages comparés des diverses formes d'organisation".

recherche de moyens d'intervention publique à des fins distributives. Il convient de noter cependant quelques spécificités propres aux exploitations agricoles (3). Ainsi, le producteur, à savoir l'exploitant agricole, se trouve être également un consommateur et parfois même, simultanément, un "offreur" de travail. Les contraintes naturelles associées à l'activité de production demeurent encore pesantes ce qui rend parfois indispensable la prise en compte d'un environnement incertain pour décrire le comportement individuel. La spécificité du secteur tient aussi à la nature de certains facteurs de production : considérons simplement la terre et le travail familial ; l'utilisation encore massive de la terre en agriculture induit une problématique de localisation des productions ; de même l'allocation de travail familial se prête parfois difficilement, nous le verrons par la suite, à un comportement d'optimisation. La non-prise en compte de telles spécificités peut se traduire par l'inadéquation des hypothèses de comportement et a conduit certains auteurs tels que Nakajima (1986) à développer une théorie microéconomique propre de l'exploitation agricole familiale.

Son caractère dual ...

Le modèle microéconomique de base relatif à la théorie du producteur, repose sur la définition d'un ensemble des possibilités de production, dont la frontière peut être décrite, dans certains cas, par une fonction de production ou de transformation ; cette démarche est celle d'ouvrages reconnus (Malinvaud 1982, Debreu 1984). Le développement du modèle se

(3) ce caractère se rencontre dans d'autres secteurs : petit commerce, artisanat mais est plus marqué en agriculture.

structure ensuite autour de l'hypothèse de comportement du producteur et aboutit à la définition de demandes de facteurs et d'offres de produits fonctions de la technologie (4) et de l'environnement économique. Cette approche, dénommée primale, s'est trouvée limitée dans son applicabilité économétrique eu égard à deux difficultés principales.

Il faut, en effet, spécifier, d'une part, une forme fonctionnelle pour la fonction de production : les premières générations de ces fonctions supposaient des proportions fixes entre facteurs ou des élasticités de substitution constantes, ce qui représente trop imparfaitement la réalité ; il faut attendre les années 1970 pour assister à l'introduction systématique des formes fonctionnelles flexibles qui permettent de représenter toutes les possibilités de substitution. En second lieu, une estimation économétrique correcte des paramètres de la fonction de production requiert la prise en compte de l'ensemble des relations économiques qui expliquent la détermination conjointe des facteurs et des produits, autrement dit, après optimisation (Malinvaud, 1978, p. 683).

C'est Nerlove (1963) qui, le premier, a mis en évidence, la pertinence de l'approche duale dans son applicabilité économétrique par l'estimation du coût de production en fonction des seules variables exogènes du modèle.

De manière plus générale, l'approche duale associe conjointement la donnée d'un ensemble des possibilités de production et un comportement d'optimisation du producteur, ce qui

(4) Par technologie, nous entendons un ensemble de certains moyens, les arrangements de ces moyens et les utilisations de biens et services par lesquels d'autres biens et services peuvent être produits (Shephard, 1970, p. 13). Ici, la technologie est formalisée par l'ensemble des possibilités de production.

aboutit à la spécification d'une fonction d'objectif ne dépendant que de seules variables exogènes. De plus, sous un corps d'hypothèses relativement peu contraignantes, la théorie de la dualité assure que la fonction d'objectif précédente contient toute l'information relative au sous-ensemble des possibilités de production sur lequel s'est faite l'optimisation. En conséquence, le caractère dual de la théorie microéconomique du producteur résulte de l'adoption d'un comportement d'optimisation ; nous verrons également que la cohérence des relations duales entre technologie et comportement est assurée moyennant des hypothèses nécessaires de convexité sur la technologie : l'approche duale en théorie de la production constitue en effet, ni plus ni moins, qu'une application de la théorie des ensembles convexes (5). Cette application trouve ses origines dans les travaux de Hotelling (1932), Roy (1942) et Samuelson (1947) ; Shephard (1953) apporte un premier traitement complet de la dualité entre fonction de production et fonction de coût. Des approfondissements ultérieurs sont fournis par Uzawa (1964), Shephard (1970) et Diewert (1971). Fuss et Mac Fadden (1978) ont enfin collecté une série de travaux de nature théorique et empirique sur la dualité : un ouvrage collectif qui confirme toute la cohérence de l'approche duale dans sa finalité économétrique. L'utilisation de formes fonctionnelles flexibles, a permis, ces dernières années, du moins aux Etats-Unis, un large développement des recherches empiriques sur les systèmes de production.

(5) Comme le souligne Guesnerie (1980), une propriété mathématique importante des ensembles convexes est que la connaissance de leur fonction de support fournit une information exhaustive sur ces ensembles.

L'utilisation d'une telle méthodologie en France n'a été que progressive (6), son applicabilité au secteur agricole ayant été soulignée par Bonnieux (1986a).

Biais et limites d'une approche duale en théorie microéconomique

Il convient peut-être, au terme de cette introduction, de prendre conscience des limites inhérentes à une telle approche. Laffont (1985, p.7) décrit la théorie néo-classique comme l'exploration systématique des implications de l'hypothèse de rationalité de l'homo economicus : nous touchons ici le caractère partiel et réducteur de la science économique en tant que science humaine.

Ajoutons également deux remarques relatives à l'hypothèse précédente.

La rationalité du producteur se conjugue avec l'adoption d'hypothèses nécessaires à la formalisation de la technologie mais dont la validité et l'interprétation économique sont parfois discutables. Cette même rationalité trouve, de plus, son plein développement dans l'approche duale où la caractérisation et les

(6) à ce caractère progressif, nous pouvons y associer une certaine suspicion ; ainsi Malinvaud (1982, p. 64) commente ainsi l'approche duale en théorie de la production : "La théorie de la firme est souvent élaborée à partir de la fonction de coût prise comme notion première. Une telle manière de faire simplifie beaucoup l'analyse. Elle est cependant critiquable : la liaison entre valeur des inputs et quantité produite dépend des prix des divers inputs de sorte que la fonction de coût se modifie quand ces prix changent. la fonction de production constitue ainsi une notion plus fondamentale puisqu'elle représente les contraintes techniques indépendamment du système des prix".

mesures de la technologie s'effectuent conditionnellement à une hypothèse d'optimisation autant technique qu'économique. De plus, l'élaboration de ces diverses mesures nécessitera d'autres hypothèses permettant, par exemple, le calcul différentiel (7) mais dont l'interprétation économique est encore moins évidente.

La démarche consiste, bien sûr, à envisager la théorie microéconomique du producteur comme une approximation testable empiriquement : ainsi nommée, l'utilisation de l'outil économétrique s'associe également et inévitablement à d'autres contraintes d'approximation. Ainsi, nous supposons que la technologie (ou la fonction de production) est identique pour toutes les observations, de même pour l'hypothèse de comportement.

La prise de conscience du caractère partiel et approximatif de l'approche duale dans la théorie et dans l'application empirique peut entraîner des conséquences situées à deux niveaux différents.

Au niveau général de la recherche en théorie économique et en économétrie où la prise en compte des écueils précédents a rendu possible vraisemblablement des efforts de recherches parallèles au développement des applications empiriques et portant le souci d'une meilleure visualisation du processus de production. Il convient de citer, à ce propos, les travaux sur les modèles frontières de production (8) qui autorisent et mesurent des inefficacités techniques et allocatives ; la prise en compte de rigidités de certains facteurs, eu égard au comportement du producteur : ce sera le cas de certaines exploitations agricoles ; notons enfin tous les raffinements portant sur la spécification stochastique que nous aurons l'occasion de préciser par la suite.

(7) nous consacrerons, dans le chapitre III, toute une section sur l'hypothèse, voire la propriété de différentiabilité.

(8) Førsund, Lovell et Schmidt (1980) proposent une revue de la littérature sur le sujet.

Au niveau localisé de notre recherche où la reconnaissance explicite du caractère quelque peu biaisé et limité de l'approche néo-classique se conjugue avec le souci d'une conformation la plus proche possible de la réalité économique. Ce double aspect est présent dans cette première partie de l'étude et guidera, d'une manière générale, sa progression dans les applications économétriques de la deuxième partie. Ainsi, le chapitre II précise et discute les hypothèses nécessaires à la cohérence d'un schéma dual en théorie de la production ; il sera tenu compte des spécificités du secteur agricole, ce qui aboutira, notamment à l'adoption d'un corps limité d'hypothèses. Le chapitre III se structure sur la prise en compte d'une possible fixité de facteurs ; nous établirons des mesures duales de la technologie et du déséquilibre induit par la fixité de ces facteurs.

CHAPITRE II.

**ADMISSIBILITE DE L'APPROCHE DUALE
EN THEORIE DE LA PRODUCTION**

INTRODUCTION

L'approche duale associe conjointement la donnée d'un ensemble des possibilités de production et un comportement d'optimisation du producteur. L'objet de ce chapitre consiste justement à préciser les deux données précédentes sous un cadre hypothétique suffisant mais relativement minimal pour assurer une dualité entre la technologie et le comportement.

La première section précise, au préalable, les notions duales de biens et de prix, assorties de quelques hypothèses qui pourront parfois infirmer la généralité de la réalité économique.

La formalisation de la technologie dans une notation ensembliste constitue l'objet de la deuxième section ; celle-ci s'emploie notamment à présenter les différentes hypothèses associées à la technologie agricole et à décrire la frontière de l'ensemble des possibilités de production au travers des concepts de fonction de production et de fonction distance. Nous supposons, par ailleurs, une certaine rationalité technique du producteur, caractérisée par l'adoption exclusive de plans de production techniquement efficaces.

L'hypothèse de minimisation du coût des facteurs de production est retenue dans la troisième section, ce qui permet de mettre en évidence l'existence d'une fonction de coût munie de diverses propriétés.

Le lemme de Shephard (1), élément central d'une approche duale en théorie de la production, est présenté dans sa plus grande généralité. Ceci précède la mise en évidence de relations duales entre la technologie et le comportement : autrement dit, la fonction de coût, sous les hypothèses adoptées dans la deuxième section, décrit de manière exhaustive le sous-ensemble de l'ensemble de production sur lequel s'est faite l'optimisation.

La quatrième section propose quelques extensions de l'approche duale : le concept d'ensemble de production est généralisé pour prendre en compte certaines rigidités relatives aux biens, une possible déformation temporelle de la technologie ou encore certains paramètres d'environnement. Cette généralisation, associée à celle de l'hypothèse de comportement, permet alors de définir une nouvelle fonction d'objectif, support dual de la technologie. Nous terminons sur l'adoption d'un corps limité d'hypothèses pour assurer la relation duale entre technologie et comportement.

Enfin, la section cinq précise le schéma dual adopté dans l'étude économétrique ultérieure ; la prise en compte de facteurs fixes conduit, en effet, à définir la fonction de coût restreint et à montrer quelques propriétés de celle-ci par rapport aux quantités fixées.

(1) selon les hypothèses de comportement adoptées, il s'agira du lemme de Shephard ou du lemme de Hotelling.

SECTION 1. NOTIONS DUALES DE MARCHANDISES OU BIENS ET DE PRIX

La théorie microéconomique se développe à partir des deux concepts de biens et de prix dont la réciprocité explique l'aspect dual de toute caractérisation d'une économie. Cette première section a pour objet de préciser ces deux concepts assortis de quelques hypothèses, utiles pour la formalisation ; il conviendra de remarquer cependant que celles-ci pourront infirmer parfois la généralité de la réalité économique agricole.

2.1.1. Marchandises, biens et services

Une marchandise peut être définie comme un bien ou un service complètement spécifié physiquement, temporellement et spatialement (Debreu, 1984) ; nous y associons également deux caractères :

- un caractère de rareté,
- un caractère échangeable.

Des exemples agricoles permettent d'illustrer ce concept général. Ainsi, nous portons notre attention, dans cette étude, sur les exploitations céréalières : une première classe de biens est représentée par une céréale telle que le maïs ; dans ce cas,

la triple caractérisation précédente est évidente :

- physique (variété, degré hygrométrique, ...),
- temporelle : deux quantités de maïs disponibles respectivement en mai et en octobre sont des biens différents ; cette différenciation temporelle est particulièrement tangible dans des régions soumises à des pénuries alimentaires, lesquelles confèrent à des productions agricoles, durant certaines périodes de soudure, un caractère accru de rareté
- spatiale : un maïs disponible dans la région Aquitaine joue un rôle différent d'un maïs disponible dans le Nord-est brésilien en période de sécheresse.

La formalisation de l'ensemble des biens nécessite, dans une première approche, l'introduction de deux hypothèses, notées ici B1 et B2.

(B1) : le nombre, L , de marchandises ou biens est fini.

(B2) : toute quantité d'un bien peut être représentée par un nombre réel.

L'hypothèse (B1) traduit correctement une réalité où l'on raisonne très souvent en horizon temporel borné, avec un nombre fini de localisations géographiques.

L'hypothèse (B2) est plus restrictive ; elle suppose d'une part que les biens soient homogènes (deux quantités égales d'un même bien sont parfaitement équivalentes) : ce caractère d'homogénéité découle de la triple spécification précédente qui permet d'introduire autant de biens que nécessaire. D'autre part (B2) implique que les biens sont parfaitement divisibles : ce caractère peut être remis en cause au sein d'une deuxième classe possible de biens représentée, pour rester dans la réalité agricole, par les tracteurs. Un tracteur sera décrit par la marque industrielle, la durée de fonctionnement depuis l'achat, ... Par ailleurs, la non-divisibilité d'un tel bien est évidente ; cet

écueil peut être évité en considérant la notion de service rendu par le tracteur : la description du service d'un tracteur comprend l'état du tracteur, la durée d'utilisation, le nombre de kilomètres parcourus, la date, le lieu, ... Ainsi donc, la quantité du bien tracteur sera définie par une mesure (en heures, en kilomètres, ...) du service rendu. Le travail humain constitue un autre exemple de service économique défini par la qualification du travailleur, la quantité de travail, la date, le lieu.

Les hypothèses (B1) et (B2) conduisent donc à assimiler l'espace des biens à \mathbb{R}^L . Bien que le terme de "marchandise" soit plus adéquat, nous utiliserons, dans ce qui suit, la notion de bien économique qui recouvre l'ensemble des biens et services susceptibles de donner lieu à des échanges, cette notion étant la plus fréquemment utilisée dans les exposés théoriques récents (Guesnerie, 1980 ; Malinvaud, 1982).

Remarquons, pour terminer, que ce concept de bien économique échangeable ne recouvre pas la totalité des facteurs de production agricole ni même des productions issues de l'activité agricole : l'eau de pluie, l'ensoleillement ne sont pas, jusqu'à maintenant, des biens échangeables, de même l'enrichissement en oxygène de l'air issu de l'activité agricole.

2.1.2. Agent producteur, termes de l'échange et système de prix

L'activité économique à laquelle nous nous intéressons principalement est la production ; celle-ci est assurée par le producteur (producteur individuel, firme, entreprise) dont le rôle est de choisir des quantités de certains biens (facteurs de

production ou inputs) en vue de produire d'autres biens (produits ou outputs). Nous ne précisons pas, pour l'instant, suivant quel type de comportement, le producteur exécute ce plan de production.

En amont et en aval de cette activité de production, se situe une activité d'échange : le producteur doit se procurer les facteurs (autrement dit les acheter), de même les produits obtenus sont, pour la plupart, destinés à être vendus sur des marchés. Les échanges, qui en découlent, traduisent le caractère de rareté du bien économique, non disponible en quantité illimitée. Aussi, les termes de l'échange, censés refléter la rareté relative des différents biens (2), sont fixés par le système des prix : le prix d'un bien peut s'interpréter comme le montant payé maintenant par un producteur pour chaque unité du bien qui sera mis à sa disposition ; réciproquement, c'est le montant payé à un agent pour chaque unité du bien qu'il rendra disponible (Debreu, 1984).

Soit p_l , le prix du bien l , $l = 1, \dots, L$

$p_l > 0$: le bien est rare

$p_l = 0$: le bien est gratuit

$p_l < 0$: le bien est nuisible.

Nous nous limiterons, dans la suite de l'exposé à des quantités réelles positives pour les prix, ce qui amène à poser l'hypothèse suivante :

(P1) : l'espace des prix est \mathbb{R}^{*+L}

La diversité des biens économiques envisagés précédemment, implique, à l'évidence, une grande variété dans la nature du

(2) Dans la théorie de l'équilibre général, les prix, en effet, reflètent la rareté relative de chacun des biens et assurent la compatibilité entre les demandes et les ressources.

prix : prix propre du bien, coût d'usage calculé, salaire, loyer, honoraires, ... De plus, l'existence de prix négatifs peut se produire dans la réalité agricole dans le cas, par exemple, d'une dépense pour l'élimination des déchets ou sous-produits (traitement du lisier de porc) (3). Notons enfin que nous ne nous intéressons pas au mécanisme de formation des prix.

Les notions duales de bien et de prix représentent deux concepts majeurs dans la description d'une économie ; l'activité des producteurs assure, pour une part seulement (4), la correspondance entre l'espace des biens et l'espace des prix. La section suivante se propose de fournir un corps d'hypothèses associées à la formalisation de la technologie du producteur ; celles-ci constituent, nous le verrons, la charpente formelle du schéma dual en théorie de la production.

(3) Nous tenterons d'apprécier ultérieurement l'existence de prix négatifs associée à la technologie et aux hypothèses de comportement.

(4) Il nous faudrait connaître, en sus, l'activité des consommateurs et les ressources initiales de l'économie.

SECTION 2. ENSEMBLE ET FONCTION DE PRODUCTION

Les concepts ensemblistes permettent une représentation rigoureuse de la technologie, caractérisée par la liste des facteurs de production utilisés, des produits issus de l'activité productive et des possibilités alternatives de transformation. Notre exposé s'appuie sur la notion d'ensemble de production, les hypothèses classiquement associées à cet ensemble sont précisées dans un premier temps ; elles permettent l'introduction du concept de fonction de production dans le cas monoproduit. La présentation de la fonction distance permet enfin la généralisation au cas multiproduit. Dans chaque cas, une relation de dualité est établie entre la fonction et l'ensemble de production sous-jacent.

2.2.1. Définitions et hypothèses

Par souci de clarté, distinguons les biens facteurs de production et les biens produits ; une autre convention, couramment utilisée, représente les facteurs de production par des nombres négatifs et les produits par des nombres positifs : nous l'utiliserons ultérieurement. Ceci étant, un bien de même nature peut être à la fois facteur de production et produit ; le blé fourrager autoconsommé sur l'exploitation agricole est un exemple ; dans ce cas, nous considérons seulement la quantité nette de ce bien.

Soit alors, un producteur qui dispose de N facteurs ou inputs, $n = 1 \dots N$ pour produire M produits ou outputs, $m = 1 \dots M$ avec $M + N \leq L$.

Un plan de production est représenté par un vecteur de $\mathbb{R}^{M+N} \subset \mathbb{R}^L$, de composantes $(x', y') = (x_1, \dots, x_n, \dots, x_N, y_1, \dots, y_m, \dots, y_M)$;

$x' = (x_1, \dots, x_n, \dots, x_N)$ désigne le vecteur des facteurs auquel on associe le vecteur-prix $p' = (p_1, \dots, p_n, \dots, p_N)$

$y' = (y_1, \dots, y_m, \dots, y_M)$ désigne le vecteur des produits.

Par ailleurs, $x \geq 0$ et $y \geq 0$. Certains vecteurs (x, y) correspondent à des plans de production techniquement possibles (pour le producteur), d'autres ne le sont pas ; aussi, nous définissons dans \mathbb{R}^{M+N} , l'ensemble de production T qui contient tous les plans de production possibles.

Précisons cette définition par un exemple agricole : l'ensemble de production T est défini par les lois physico-chimiques et biologiques qui régissent la production agricole, l'état des connaissances techniques : l'ensemble T peut donc se déformer dans le temps.

Les hypothèses associées à l'ensemble de production peuvent être scindées en trois groupes :

- hypothèses de régularité : elles peuvent être qualifiées de minimales dans la mesure où elles n'infirmement pas sensiblement la généralité économique,
- hypothèses de monotonie ou de libre-disposition nécessaires pour assurer la monotonie de la fonction de production, de la fonction de coût par rapport aux quantités fixées,
- hypothèses de convexité : elles assurent la dualité entre la technologie et la fonction d'objectif.

2.2.1.1. Hypothèses de régularité

(T1) : T est fermé.

Si une suite de plans de production $(x, y)_q$ est possible, alors $(x, y)_0 = \lim_{q \rightarrow \infty} (x, y)_q$ est également possible.

(T2) : T est non-vide

(T2') : $0 \in T$ (5)

(T3) : (i) $\forall (x, y) \in T, \quad y \neq 0 \Rightarrow x \neq 0$

(ii) $\forall (x, y) \in T, \quad x < \infty \Rightarrow y < \infty$

Autrement dit, un plan de production possible dont toutes les quantités de facteurs sont nulles a également toutes les quantités de produits nulles : la production libre est impossible. D'autre part, il est impossible de produire une quantité infinie de produit avec des quantités finies de facteurs.

L'ensemble de production T, sous les hypothèses (T1), (T2), (T3) est dit régulier (nous parlerons également de régularité de l'ensemble de production T). Notons enfin que Mac Fadden (1978 I, p. 7) n'inclut pas la proposition (ii) pour la définition de la régularité de T.

(5) nous mentionnons ici simplement l'hypothèse T2' : dans la plupart des exposés, elle remplace (T2) ; elle peut être mise en défaut lorsque le producteur est astreint à un coût fixe même s'il n'exécute aucun plan de production.

2.2.1.2. Hypothèse de monotonie ou de libre-disposition

$$(T4) : \forall (x, y) \in T, \text{ soient } x^1 \geq x \text{ et } y^1 \leq y ; \\ \text{alors } (x^1, y^1) \in T \quad (6)$$

Cette hypothèse implique qu'il est possible de détruire sans coût toute quantité positive de chacun des biens.

L'hypothèse de libre-disposition peut se trouver infirmée dans le contexte agricole : le stockage ou la destruction du lisier, utilisé à un certain niveau comme facteur de production, peut nécessiter un coût pour l'élimination ; d'un point de vue différent, la production de lisier serait affectée d'un prix négatif à partir d'un certain seuil. Lau (1976) restreint l'hypothèse de monotonie à un seul facteur.

2.2.1.3. Hypothèses de convexité et rendements d'échelle

L'hypothèse la plus couramment admise est celle de convexité globale de l'ensemble de production T :

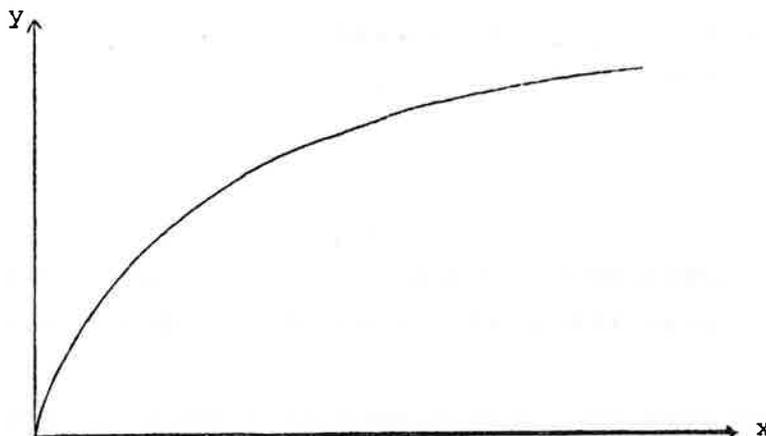
$$(T5) : T \text{ est convexe :} \\ \forall \alpha \in [0,1] , \forall (x, y) \text{ et } (x^1, y^1) \in T$$

$$\alpha (x, y) + (1 - \alpha) \cdot (x^1, y^1) \in T$$

$$(6) \quad x^1 \geq x \text{ est équivalent à : } x_n^1 \geq x_n, \quad n = 1, \dots, N$$

La figure 2.1 illustre la propriété de convexité dans le cas d'une technologie monoproduit monofacteur.

Figure 2.1.



La technologie agricole présente des non-convexités locales ; aussi, nous affaiblirons l'hypothèse (T5) en limitant la convexité à des sections de l'ensemble de production. Ainsi, si l'on définit :

$$X(y) = \{ x ; (x, y) \in T \} , X(y) \text{ défini pour tout } y \in Y$$

Y est l'ensemble des productions possibles ; $X(y)$, l'ensemble des vecteurs de facteurs rendant possible la production de y . Nous posons alors :

(T6) : $X(y)$ est convexe.

Autrement dit, T est un ensemble de production à sections convexes (produits fixés).

Nous verrons, dans la suite de l'exposé, que cette hypothèse de convexité sur $X(y)$ est suffisante pour assurer "une dualité" entre technologie, ensemble de production et fonction de coût.

Ceci étant, Mac Fadden (Fuss et Mac Fadden, 1978, I, p. 8) admet une hypothèse plus faible de convexité :

$X(y)$ est convexe "par-dessous" ; ce qui est équivalent à :

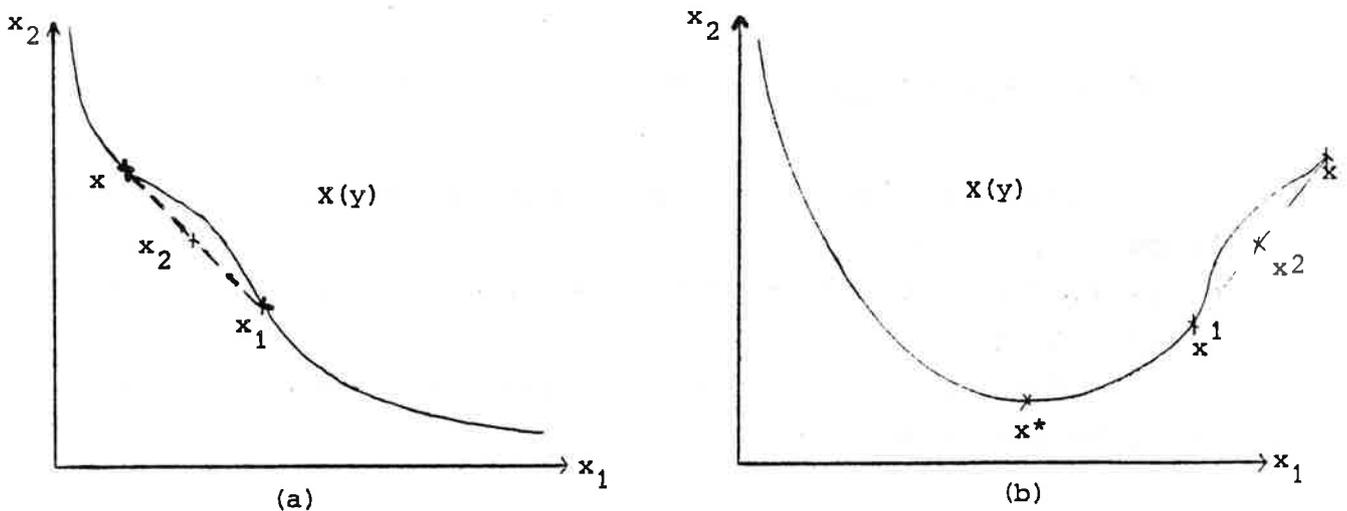
$$\forall x \text{ et } x^1 \in X(y)$$

$$\text{Soit } x^2 = \lambda x + (1 - \lambda) x^1, \forall \lambda \in]0, 1[$$

Alors, $\exists x^* \in X(y)$ tel que $x^2 \geq x^*$

La figure 2.2 , (Mac Fadden, 1978, I, p. 9) est une illustration de cette propriété.

Figure 2.2.



Le cas de figure (b) traduit l'hypothèse de convexité par-dessous.

On peut montrer que l'hypothèse de libre disposition des facteurs associée à l'hypothèse de convexité par dessous de $X(y)$, (7) entraîne la convexité de $X(y)$.

Soit, en effet, $X(y)$ convexe par dessous ; nous avons donc :

$\forall x$ et $x^1 \in X(y)$, $\exists x^* \in X(y)$ tel que

$x^* \leq x^2 = \lambda x + (1 - \lambda) x^1$, pour tout $\lambda \in]0, 1[$

Or, il y a libre-disposition des facteurs, ce qui implique :

$x^2 \in X(y)$; $X(y)$ est donc convexe.

Plus généralement, dans le cas de facteurs fixes ou de débouchés limités, la convexité portera sur un certain nombre de facteurs et de produits ; si z désigne l'ensemble des h facteurs et des k produits fixés, soit :

$$T^z = \left\{ (x_{-h} ; y_{-k}) ; (x, y) \in T \right\}$$

x_{-h} représente les $n-h$ composantes du vecteur de facteurs non fixés.

De même, y_{-k} représente les $m-k$ composantes du vecteur de produits non fixés.

Nous associons à T^z l'hypothèse :

(T6') : T^z est convexe

(7) Ces deux hypothèses sont utilisées conjointement par Mac Fadden.

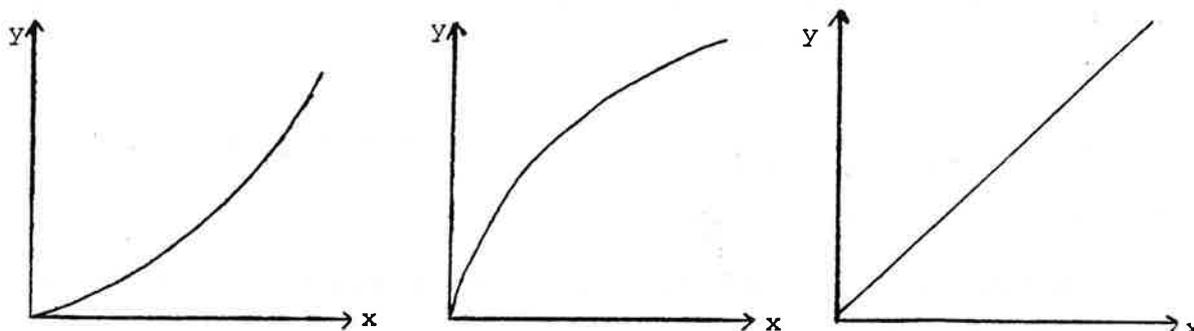
Les hypothèses de convexité sont classiquement associées aux rendements d'échelle, caractéristique importante d'une technologie de production.

Soit, en effet $(x, y) \in T$.

- . T obéit à la loi des rendements d'échelle non-décroissants si et seulement si $\forall t \geq 1 \quad (tx ; ty) \in T$
- . T obéit à la loi des rendements d'échelle non-croissants si et seulement si $\forall 0 \leq t < 1 \quad (tx ; ty) \in T$
- . T obéit à la loi des rendements d'échelle constants si et seulement si $\forall t \geq 0 \quad (tx ; ty) \in T$

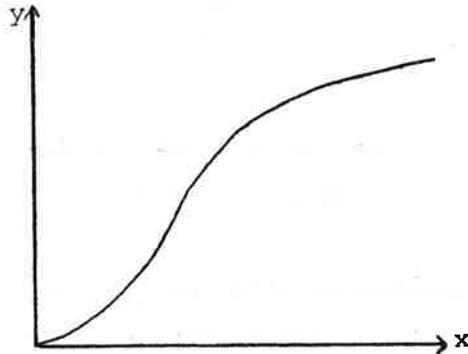
La figure 2.3 illustre les trois cas précédents dans le cas d'un seul facteur et d'un seul produit.

Figure 2.3.



Un ensemble de production peut n'appartenir à aucun des trois cas de figure précédents (cf. figure 2.4) ce qui soulève des difficultés : nous aborderons ultérieurement une mesure locale des rendements d'échelle (paragraphe 3.3.1).

Figure 2.4.



La loi des rendements d'échelle non-croissants est encore présentée comme l'hypothèse de divisibilité d'un ensemble de production : il est possible de réduire dans les mêmes proportions facteurs et produits. Nous remarquons également que les hypothèses (T2') ($0 \in T$) et (T5) (T est convexe) impliquent les rendements d'échelle non-croissants.

La loi des rendements d'échelle constants est associée aux hypothèses de divisibilité et d'additivité de T , la propriété d'additivité s'exprimant par :

$$\forall (x, y) \text{ et } (x^1, y^1) \in T \quad (x + x^1 ; y + y^1) \in T.$$

Enfin, les hypothèses (T2'), de divisibilité et d'additivité impliquent (T7)

(T7) : T est un cône convexe de sommet 0.

Nous venons de présenter différentes hypothèses relatives à l'ensemble de production T : si les premières n'appellent pas de commentaire particulier, celles relatives à la convexité sont fondamentales pour l'établissement du schéma dual en théorie de la production ; le concept de rendement d'échelle, défini dans sa plus grande généralité, rend compte d'une première caractéristique importante de la technologie : il se prêtera ensuite à de nouveaux approfondissements.

Dans la suite du chapitre, nous raisonnerons sur un ensemble de production T classique, c'est-à-dire muni des propriétés T1 - T2 - T3 - T4 - T6.

Le degré de généralité de ces hypothèses équivaut à celui associé aux hypothèses de Shephard (1970) ou Mac Fadden (1978) sur la technologie.

Le producteur, muni d'un tel ensemble de production, se limitera vraisemblablement à certains plans de production possibles ; d'autre part, l'observation laisse à penser que certaines substitutions marginales entre facteurs ou entre produits sont possibles (8) : le concept de fonction de production ou de transformation tente de formaliser ces deux aspects.

2.2.2. Fonctions de production et de transformation

Le producteur est avant tout un technicien qui prend en considération les plans de production possibles, techniquement efficaces : dans une telle transformation, il est impossible d'augmenter la quantité d'un produit sans augmenter la quantité d'un ou de plusieurs facteurs ou réduire la quantité d'un autre produit (9). Formellement, (x^0, y^0) est dit techniquement efficace si et seulement si :

$$(i) \quad (x^0, y^0) \in T$$

$$(ii) \quad \nexists (x^1, y^1) \in T \text{ tel que :}$$

$$x_n^1 \leq x_n^0 \quad \forall n = 1 \dots N$$

et

$$y_m^1 \geq y_m^0 \quad \forall m = 1 \dots M$$

$$(x^1, y^1) \neq (x^0, y^0)$$

(8) substitutions induites, en particulier, par la variation des prix relatifs, ceci ne doit pas cacher l'existence de contraintes de proportionnalité entre facteurs.

(9) l'introduction du concept d'efficacité technique dissocie les aspects d'optimisation technique de l'analyse spécifiquement économique.

Autrement dit, les plans de production techniquement efficaces appartiennent à la frontière de l'ensemble de production T : soit donc T^E l'ensemble des plans de production techniquement efficaces, nous avons alors : $T^E \subset T^*$, si T^* désigne la frontière de T . A ce stade de l'analyse, une remarque s'impose : d'une part, il apparaît souhaitable de formaliser et de décrire plus précisément T^E car le producteur se restreindra dans une logique rationnelle à ce sous-ensemble de T ; d'autre part, l'ensemble T est muni de propriétés suffisantes pour permettre la définition d'une fonction décrivant, entre autres, l'ensemble T^E . Cette description formelle est un point de passage délicat en théorie de la production ; Malinvaud (1982, p. 47 et sq.) précise cette difficulté sans générer explicitement la fonction de production de l'ensemble de production.

Par souci de clarté, nous raisonnerons en deux étapes : le cas d'un seul produit, puis la généralisation au cas multiproduits. Nous considérons toujours un ensemble de production T , classique (au sens défini précédemment) caractérisé par Y l'ensemble des productions possibles et les sections :

$$Y(x) = \left\{ y ; (x, y) \in T \right\}$$

$$X(y) = \left\{ x ; (x, y) \in T \right\}$$

2.2.2.1. Le cas monoproduit

$(x, y) \in T^E$ vérifie :

$$\forall y^1 \in Y(x), \quad y^1 \leq y \quad [1]$$

ou encore :

$$y = \max_{y^1} [y^1 ; (x, y^1) \in T]. \quad [1a]$$

Nous posons alors :

$$\begin{aligned} f(x) &= \max_y [y ; (x, y) \in T] \\ &= \max_y [y ; x \in X(y)] \quad [2] \\ &= \max_y [y ; y \in Y(x)] \end{aligned}$$

Il convient de remarquer ici que tout couple (x, y) vérifiant $y = f(x)$ n'appartient pas forcément à T^E , nous avons seulement l'équivalence :

$(x, y) \in T^E$ si et seulement si :

(i) $y = f(x)$

(ii) $\forall x^1 \leq x \quad x^1 \notin X(y) \quad x^1 \neq x \quad [2a]$

proposition 1 : existence et propriétés de la fonction de production f (Diewert, 1971)

Soit T un ensemble de production classique, la fonction de x définie par :

$$f(x) = \max_y [y ; x \in X(y)]$$

possède les propriétés suivantes :

(f1) : f est une fonction à valeur réelle, définie pour tout $x \geq 0$; si $x < \infty \Rightarrow f(x) < \infty$

(f2) : f est non-décroissante

(f3) : f est semi-continue supérieurement

(f4) : f est quasi-concave.

corollaire 1 : la fonction de production f, définie précédemment, engendre l'ensemble de production ; en effet :

$$X_f(y) = [x ; f(x) \geq y] = X(y) \quad [3]$$

Il existe donc une dualité entre la fonction de production f et l'ensemble de production $T = \bigcup_{y \in Y} X_f(y)$

Démonstration (Diewert, 1971)

(f1) : $Y(x)$ est fermé, non-vidé, borné supérieurement par l'hypothèse (T3) pour tout $x < \infty$, d'où l'existence de

$$f(x) = \max_y [y ; y \in Y(x)]$$

(f2) : soit $x^1 \geq x$, $f(x) = \max_y [y ; y \in Y(x)]$

or, l'hypothèse (T4) implique : $Y(x) \subset Y(x^1)$; en conséquence, $f(x^1)$ résulte de la maximisation sur $Y(x^1)$ contenant $Y(x)$ et donc $f(x^1) \geq f(x)$.

(f3) : démontrer que f est continue à droite revient à démontrer que $X_f(y) = [x ; f(x) \geq y]$ est fermé pour tout $y \in Y$ (Shephard, 1970).

$$X_f(y) = \left[x ; \max_{y^1} [y^1 ; x \in X(y^1)] \geq y \right]$$

$$= [x ; x \in X(y^1) ; y^1 \geq y] = X(y)$$

en utilisant l'hypothèse (T4)

$X(y)$ est fermé, donc $X_f(y)$ est fermé.

(f4) : $X(y)$ est convexe (hypothèse T6) donc $X_f(y)$ est convexe ce qui est équivalent à dire que f est quasi-concave.

L'existence et les propriétés de la fonction de production f sont donc conditionnées par les hypothèses précédentes sur la technologie.

Soit enfin : $E(y) = [x ; x \in X(y) ; x^1 \leq x, x^1 \neq x \Rightarrow x^1 \notin X(y)]$

$E(y)$ est le sous-ensemble efficace de $X(y)$ et l'on vérifie facilement que $E(y) \subset X^*(y)$ (10) (Shephard, 1970, p. 15). Définissons alors la fonction suivante :

$$f^E(x) = \max_y [y ; x \in E(y)] \quad [4]$$

Dans ce cas alors, $y = f^E(x)$ est équivalent à $(x, y) \in T^E$. Sans approfondir la question, l'existence et les diverses propriétés de $f^E(x)$ mériteraient d'être étudiées. Par ailleurs, $E(y)$ peut ne pas être fermé (Arrow, Barankin and Blackwell, 1953).

2.2.2.2. Généralisation au cas multiproduit

Le vecteur y contenant plus d'une composante, le concept de fonction distance, introduit en économie par Shephard (1970), permet de générer l'ensemble de production T , d'une manière

(10) $X^*(y)$ désigne la frontière de $X(y)$.

analogue à la fonction de production dans le cas monoproduit. Soit $D(y, x)$ la fonction distance :

$$D(y, x) = \max_{\lambda} [\lambda > 0 ; \frac{1}{\lambda} x \in X(y)] \quad [5]$$

pour tout $y \in Y$ et $x > 0_N$.

Il est possible également de définir la fonction de transformation comme la quantité maximale du produit y_1 qui peut être obtenue, étant données les quantités des autres produits $\hat{y}' = (y_2, \dots, y_M)$ et facteurs $x' = (x_1, \dots, x_N)$,

autrement dit :

$$F(\hat{y}, x) = \max_{y_1} [y_1 ; (y_1, \hat{y}, x) \in T] \quad [6]$$

Fuss, Mac Fadden et Mundlak (1978, I, p. 228) relie simplement $D(y, x)$ et $F(\hat{y}, x)$:

$$D(y, x) = \max_{\lambda} [\lambda > 0 ; y_1 = F(\hat{y}, \frac{1}{\lambda} \cdot x)] \quad [6a]$$

Ainsi, $y_1 = F(\hat{y}, x)$ est la solution de l'équation :

$$D(y_1, \hat{y}, x) = 1 \quad [6b]$$

Plus généralement, pour tout couple (x, y) de l'espace des biens nous avons les relations suivantes :

$$\left\{ \begin{array}{l} D(y, x) \geq 1 \Leftrightarrow x \in X(y) \\ D(y, x) < 1 \Leftrightarrow x \notin X(y) \end{array} \right. \quad [7]$$

Comme précédemment, $D(y, x) = 1$ n'implique pas forcément le caractère d'efficacité du couple (x, y) ; le vecteur x est dit techniquement efficace pour la production de y si et seulement si :

- (i) $D(y, x) = 1$
- (ii) $x \in E(y)$
avec $E(y) = [x ; D(y, x) = 1 ; D(y, x') < 1 \forall x' \leq x]$

La proposition 2 suivante se réfère à l'existence de la fonction distance et à la dualité entre fonction distance et ensemble de production.

propriété 2. Existence de la fonction distance et dualité fonction distance - ensemble de production (Mac Fadden, 1978)

Soit T , un ensemble de production classique.

- (i) la fonction distance, définie par [5] possède les propriétés suivantes :

D1 : D est une fonction, à valeur réelle, définie pour tout $y \in Y$ et $x > 0_N$, positive, linéaire homogène en x .

D2 : D est non-décroissante en x .

D3 : D est continue en x ; si $D(y, x) = +\infty$, alors $y = 0$

D4 : D est concave en x.

(ii) soit $X_D(y) = [x ; x > 0_N, D(y, x) \geq 1]$

Si $D(y, x)$ est la fonction distance associée à un ensemble de production classique, alors $\overline{X_D}(y) = X(y)$ pour tout $y \in Y$ (11).

Une démonstration de ce théorème est fournie par Mac Fadden (1978, I, p. 26-27).

De la même manière, on peut établir des théorèmes de dualité entre la fonction de transformation et l'ensemble de production T (Diewert, 1973).

2.2.3. Conclusion

L'approche ensembliste développée dans cette deuxième section constitue désormais le point de départ traditionnel en théorie de la production. Sous un corps d'hypothèses peu contraignantes, l'ensemble de production peut être décrit complètement par la fonction de production ou la fonction distance. La donnée du comportement économique du producteur, des prix des différents biens, des demandes de facteurs, des offres de produits permet également de caractériser l'ensemble de production dans une approche que l'on peut qualifier de duale. La troisième section de ce chapitre précise cette approche dans un cadre relativement général de minimisation du coût des facteurs et montre l'équivalence avec l'approche primale.

(11) $\overline{X_D}(y)$ désigne la fermeture de $X_D(y)$.

SECTION 3. LA FONCTION DE COUT DUALE

Nous établissons, dans cette section, une relation de dualité entre la technologie (représentée par T , $y = f(x)$ ou $D(y, x)$) et le comportement formalisé par un programme d'optimisation d'une fonction d'objectif. Pour cela, l'environnement économique du producteur est précisé dans un premier temps. La notion de correspondance permet d'établir le schéma dual entre l'espace des prix et l'espace des facteurs. Nous mettons enfin en évidence l'existence et les propriétés de la fonction de coût duale ainsi que les relations de dualité qui lui sont associées avec la technologie.

2.3.1. Environnement, correspondance et comportement

Nous supposons qu'à tout vecteur $x \in X(y)$ est associé un vecteur-prix, $p' = (p_1, \dots, p_n, \dots, p_N)$, p_n désignant le prix du facteur x_n , $p_n > 0$ $n = 1, \dots, N$.

Par ailleurs, les vecteurs prix p satisfont l'hypothèse suivante :

P2 : les prix sont donnés et ne dépendent pas des décisions de l'entreprise (12).

Cette hypothèse se justifie dans le secteur agricole céréalier : il n'existe pas d'exploitation agricole en situation de monopole ; les entreprises sont suffisamment petites vis-à-vis du marché de sorte que leur action individuelle n'influence pas les prix.

La donnée du vecteur-prix p caractérise, dans une première étape, l'environnement économique du producteur. Une approche plus générale préciserait d'une part l'information sur laquelle les choix du producteur sont opérés. D'autre part, elle prendrait en compte le caractère incertain de l'environnement (aléas climatiques sur les prix, sur la composition des facteurs, ...).

La formalisation adoptée ici spécifie complètement l'environnement du producteur par la donnée du vecteur-prix $p' = (p_1, \dots, p_n, \dots, p_N)$, strictement positif, p_n étant le prix du facteur x_n .

Suivant Debreu (1984, p. 6), nous introduisons maintenant le concept de correspondance.

Si à tout élément s d'un ensemble donné S est associé un sous-ensemble non-vide X d'un ensemble donné T , on définit une fonction φ de S dans l'ensemble des sous-ensembles de T , φ est appelée une correspondance de S dans T et l'on note $X = \varphi(s)$.

Reprenons cette définition dans le cadre de la formalisation précédente.

(12) autrement dit, l'entreprise est "price-taker".

L'ensemble de production T représente l'ensemble des actions a priori possibles ou des choix possibles pour le producteur ; p est défini comme un état possible de l'environnement, \mathbb{R}^{*+N} désigne ainsi l'ensemble des états possibles. La donnée d'un état p de l'environnement peut restreindre la liberté d'action du producteur ; autrement dit, l'élément p détermine le sous-ensemble $\varphi(p)$ de T auquel le choix est effectivement restreint : nous introduisons ainsi une correspondance de \mathbb{R}^{*+N} dans T , notée φ .

Soit donc un état de l'environnement p donné pour le producteur ; celui-ci est donc astreint à un coût de production $c(p, x) = p' \cdot x$

Nous adoptons ici la minimisation du coût de l'ensemble des facteurs sous contrainte d'un niveau désiré des différents produits formalisé par le vecteur y . Cette hypothèse de comportement doit être considérée comme une étape dans la formalisation. Des comportements plus spécifiques, minimisation du coût de certains facteurs, maximisation du profit, pourront être considérés par la suite.

L'objectif de minimisation du coût se traduit de la manière suivante :

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Min } p' \cdot x \\ x \\ x \in X(y) \end{array} \right. \quad [8]$$

La fonction $c(x) = p' \cdot x$ définit une fonction continue sur $X(y)$. Par ailleurs, la minimisation précédente peut se restreindre à un sous-ensemble non-vide, fermé, borné (donc compact) de $X(y)$:

$$X(y) \neq \emptyset \Rightarrow \exists x^0 \in X(y)$$

$$\text{Aussi } X^0(y) = \left\{ x \in X(y) ; p' \cdot x \leq p' \cdot x^0 \right\}$$

est un ensemble non-vide, fermé, borné (le vecteur p_x étant strictement positif) ; le programme [8] est équivalent à :

$$\begin{cases} \text{Min } p' \cdot x \\ x \\ x \in X^0(y) \end{cases} \quad [8']$$

L'application du théorème de Weierstrass (13) permet d'affirmer alors que le programme [8'] a au moins une solution et de démontrer l'existence d'une fonction de coût, que l'on note $C(y, p)$ définie par :

$$C(y, p) = \underset{x}{\text{Min}} [p' \cdot x ; x \in X(y)] \quad [9]$$

(13) théorème de Weierstrass : soit f une application de S dans R . si f est continue sur S et si S est compact, non vide, alors $f(S)$ a un maximum et un minimum.

La fonction de coût $C(y, p)$ indique pour tout vecteur de produits $y' = (y_1, \dots, y_m)$ et tout vecteur de prix p , le coût minimum de production de y pour l'entreprise considérée.

Le cadre décisionnel précédent partitionne l'ensemble des $M+N$ biens en deux sous-ensembles :

- (a) un ensemble de biens variables, soumis au choix du producteur
- (b) un ensemble de biens fixes, non soumis à ce choix.

Dans le cas étudié de minimisation du coût, les biens variables s'identifient aux facteurs de production à la différence des produits qui sont, ici, les biens fixes. La prise en compte de facteurs fixes, à ce niveau de l'analyse, n'ajoute rien à la généralité de l'exposé et sera effective dans la modélisation. Ainsi, la correspondance φ , introduite précédemment, est donc plus précisément, une relation entre \mathbb{R}^{*+N} l'espace-prix des facteurs et $X(y)$, l'ensemble des vecteurs de facteurs rendant possible la production de y et l'on a : $\varphi(p) = X(y)$. En outre, $C(p, x) = p' \cdot x$ définit une fonction continue de (p, x) sur $\mathbb{R}^{*+N} \otimes X(y)$.

Etant donné p_x , les solutions du programme (8) déterminent un ensemble que l'on note $K(y, p) \subset \varphi(p)$ avec :

$$K(y, p) = \left\{ x ; p' \cdot x = C(y, p) \right\} \quad [10]$$

$K(y, p)$ est une correspondance de \mathbb{R}^{*+N} dans $X(y)$: en effet, K relie tout élément $p \in \mathbb{R}^{*+N}$ à un sous-ensemble non-vide de $X(y)$.

$K(y, p)$ est encore appelée la correspondance de demande de facteur. Par ailleurs, $\varphi(p) = X(y)$ est constante pour tout $p \in$

\mathbb{R}^{*+N} : φ est donc continue ; dans ce cas, nous pouvons tirer les résultats suivants (Debreu, 1984, p. 51) :

- (i) $K(y, p)$ est semi-continue supérieurement en p_x sur \mathbb{R}^{*+N}
(14)
- (ii) $C(y, p)$ est continue en p sur \mathbb{R}^{*+N} .

En particulier, si $K(y, p)$ est réduit à un singleton (le programme (8) a une solution unique), la proposition (i) est équivalente à $K(y, p)$ continue en p , ce qui assure, nous le verrons dans le chapitre suivant, la différentiabilité de la fonction de coût par rapport aux prix.

Le résultat (ii) constitue une deuxième propriété de la fonction de coût par rapport à p , suite à la démonstration de l'existence de $C(y, p)$.

Le paragraphe suivant recense les différentes propriétés de la fonction de coût, notamment par rapport aux prix des facteurs.

2.3.2. Propriétés de la fonction de coût

Nous considérons dans ce paragraphe l'expression $C(y, p)$ comme une fonction de p , y est un paramètre.

(14) la correspondance K est semi-continue supérieurement au point p_0 si : " $p_q \rightarrow p_0, x_q \in K(p_q), x_q \rightarrow x_0$ " \Rightarrow " $x_0 \in K(p_0)$ "

$C(y, p)$ possède les propriétés suivantes :

C1 : $C(y, p)$ est une fonction, à valeur réelle, définie pour tout $y \in Y$ et $p > 0_N$, non négative, positive pour $y \neq 0$, linéaire homogène en p .

C2 : $C(y, p)$ est non-décroissante en p

C3 : $C(y, p)$ est concave en p

C4 : $C(y, p)$ est continue en p .

Démonstration (Diewert 1982, Varian 1984)

C1 : l'existence de $C(y, p)$ est montrée dans le paragraphe précédent ; $C(y, p) \geq 0$ par définition ($p > 0_N$; $x \geq 0$) ; l'hypothèse (T3) sur la technologie assure : $C(y, p) > 0$ pour $y > 0$; soit $p > 0_N$, $\lambda > 0$ et $y \in Y$ alors :

$$C(y, \lambda p) = \min_x [(\lambda p)' \cdot x ; x \in X(y)]$$

$$= \lambda \min_x [p' \cdot x ; x \in X(y)]$$

$$= \lambda C(y, p) ; C(y, p) \text{ est donc linéaire homogène en } p$$

$$C2 : \text{ soit } p^1 \geq p^0 ; C(y, p^1) = \min_x [p^1' \cdot x ; x \in X(y)]$$

$$= p^1' \cdot x^1 \geq p^0' \cdot x^1$$

Par ailleurs, $p^{0'} \cdot x^1 \geq \min_x [p^{0'} \cdot x ; x \in X(y)] = C(y, p^0)$

d'où $C(y, p^1) \geq C(y, p^0)$

$C(y, p)$ est donc non-décroissante en p .

C3 : soit $y \in Y$, $p^0 > 0_N$, $p^1 > 0_N$ et $0 \leq \lambda \leq 1$

$$C(y, p^0) = \min_x [p^{0'} \cdot x ; x \in X(y)] = p^{0'} \cdot x^0$$

$$C(y, p^1) = \min_x [p^{1'} \cdot x ; x \in X(y)] = p^{1'} \cdot x^1$$

$$\begin{aligned} C(y, \lambda p^0 + (1 - \lambda) p^1) &= \min_x [(\lambda p^{0'} + (1 - \lambda) p^{1'}) \cdot x ; x \in X(y)] \\ &= (\lambda p^{0'} + (1 - \lambda) p^{1'}) \cdot x^\lambda \\ &= \lambda p^{0'} \cdot x^\lambda + (1 - \lambda) p^{1'} \cdot x^\lambda \\ &\geq \lambda p^{0'} \cdot x^0 + (1 - \lambda) p^{1'} \cdot x^1 \end{aligned}$$

donc $\lambda C(y, p^0) + (1 - \lambda) C(y, p^1) \leq C(y, \lambda p^0 + (1 - \lambda) p^1)$

$C(y, p)$ est donc concave en p .

C4 : cette propriété est montrée dans le paragraphe précédent.

En résumé, l'hypothèse de régularité de l'ensemble de production T (hypothèses T1, T2, T3) suffit pour démontrer les propriétés C1 à C4 ; parmi elles, certaines ont une interprétation économique simple : l'homogénéité linéaire de la fonction de coût

traduit ainsi l'absence d'illusion monétaire du producteur. Remarquons enfin que la fonction de coût, dans sa définition, s'affranchit du concept de fonction distance $D(y, x)$ ou de fonction de production ; ceci étant, $C(y, p)$ et $D(y, x)$ vérifient les mêmes propriétés relatives respectivement à p et x , ce qui constitue une première expression de la dualité existant entre la technologie et le comportement du producteur.

Nous examinons maintenant une propriété fondamentale de la fonction de coût liant celle-ci aux demandes optimales de facteurs.

2.3.3. Hypothèse de différentiabilité et lemme de Shephard

Les demandes optimales de facteurs, x_n^* , $n = 1, \dots, N$, solution de (8) sont des fonctions de y et p et sont aussi appelées demandes compensées ou hicksiennes ; sous l'hypothèse de différentiabilité de la fonction de coût par rapport à p , les demandes hicksiennes $x_n^*(y, p)$ sont obtenues comme dérivées partielles de $C(y, p)$ par rapport à p ; ceci étant, le lemme de Shephard (1953) introduit l'hypothèse précédente mais sans la supposer ex-ante :

Lemme de Shephard

Soit $C(y, p)$ la fonction de coût définie précédemment ;

(i) si la dérivée partielle de $C(y, p)$ par rapport à p_n , notée $\partial C / \partial p_n$, existe au point (y, p) , alors :

$$\partial C / \partial p_n = x_n^*(y, p) \quad [11]$$

$x_n^*(y, p)$ étant la solution unique de [8] pour x_n

(ii) si $x_n^*(y, p)$ est la solution unique de x_n pour [8], alors $\partial C / \partial p_n$ existe.

L'hypothèse de différentiabilité étant généralement admise, le lemme de Shephard est généralement assimilé à l'égalité [11] et se présente alors comme une application directe du théorème de l'enveloppe (Beattie, Taylor, 1985, p. 232) ; Fuss et Mac Fadden (1978, I, p. 14) en fournissent une démonstration plus rigoureuse.

Ce résultat montre donc que la fonction de coût contient une information suffisante pour déduire les demandes de facteurs. La théorie de la dualité permet d'énoncer un résultat plus puissant : moyennant l'hypothèse que T est un ensemble de production classique, la fonction de coût contient toute l'information relative à la technologie, ou, plus rigoureusement, relative à la section de l'ensemble de production sur laquelle se fait l'optimisation [8].

2.3.4. Dualité entre comportement économique et technologie

La régularité d'un ensemble de production T assure l'existence d'une fonction de coût munie des propriétés C1 à C4. De manière réciproque, étant donnée une fonction C munie des propriétés précédentes, peut-on générer un ensemble de production, que nous pouvons appeler T^C possédant diverses propriétés ? Enfin, la fonction de coût, $C(y, p)$, générée par un ensemble de production classique, peut-elle engendrer, à son tour, l'ensemble de production initial ?

Le lemme de dualité suivant, proposé par Mac Fadden (1978, I, p. 20) établit formellement les réponses aux deux questions précédentes.

Lemme de dualité entre la fonction de coût et l'ensemble de production T (Mac Fadden, 1978, p. 19 et sq.)

(a) soit $C(y, p)$ une fonction définie pour tout $y \in Y$, Y étant un ensemble non vide de vecteurs de dimension M et pour tout p , vecteur-prix de dimension N ; C vérifie les propriétés C1 à C4.

$$\text{soit } X^C(y) = \left[x \in \mathbb{R}^N ; x \geq 0 ; p' \cdot x \geq C(y, p) ; \forall p_x > 0 \right] \quad [12]$$

$$\text{et } T^C = \left[(x, y) \in \mathbb{R}^{M+N} ; y \in Y ; x \in X^C(y) \right]$$

alors :

(i) $X^C(y)$ est non vide pour tout $y \in Y$

(ii) T^C est un ensemble de production classique (autrement dit, un ensemble de production régulier qui vérifie l'hypothèse de libre-disposition et la convexité des sections $X(y)$).

(b) si $C(y, p)$, définie précédemment, est la fonction de coût générée par un ensemble de production classique T , soit :

$$C(y, p) = \min_x [p' \cdot x ; x \in X(y)]$$

$$\text{avec } X(y) = [x ; (x, y) \in T]$$

$$\text{alors } X^C(y) = \left[x \in \mathbb{R}^N ; x \geq 0 ; p' \cdot x \geq C(y, p) ; \forall p > 0 \right] = X(y)$$

$$T^C = \left[(x, y) \in \mathbb{R}^{M+N} ; y \in Y ; x \in X^C(y) \right] = T$$

Démonstration de l'égalité $X(y) = X^C(y)$ (Mac Fadden, 1978, p. 23) :

(i) Soient $y \in Y$ et $x^0 \in X(y)$; alors :

$$\begin{aligned} p' x^0 &\geq C(y, p) \quad \forall p > 0, \quad \text{or :} \\ X^C(y) &= \left[x ; p' \cdot x \geq C(y, p) \quad \forall p > 0 \right] \end{aligned}$$

et ceci implique :

$$x^0 \in X^C(y) \text{ et donc}$$

$$X(y) \subset X^C(y)$$

(ii) Soient $y \in Y$ et $x^0 \notin X(y)$

$X(y)$ étant un sous-ensemble convexe fermé de \mathbb{R}^N , nous pouvons alors démontrer l'existence d'un hyper-plan :

$$H(p, c) = [x ; x \in \mathbb{R}^N, p' \cdot x = c]$$

p étant un vecteur non-nul de \mathbb{R}^N et $c \in \mathbb{R}$ tel que :
 $x^0 \in H(p, c)$ et $X(y)$ soit inclus dans l'un des demi-espaces ouverts déterminés par $H(p, c)$.

L'hypothèse [T4] de libre-disposition satisfait par $X(y)$ implique :

$$X(y) \subset H^+ = \{x ; x \in \mathbb{R}^N ; p' \cdot x > c\}$$

et p est un vecteur non-négatif

$$x^0 \in H(p, c) \Rightarrow p' \cdot x^0 = c < p' \cdot x, \forall x \in X(y)$$

cela implique :

$\exists \theta > 0$ tel que :

$$p' \cdot x^0 + \theta \leq p' \cdot x \text{ et ceci pour tout } x \in X(y).$$

Choisissons un vecteur p^0 , supérieur à p en chacune de ses composantes mais suffisamment proche pour satisfaire :

$$| p' \cdot x^0 - p^0' \cdot x^0 | < \theta / 2$$

cela implique :

$$p^{\circ'} \cdot x^{\circ} < p' \cdot x^{\circ} + \frac{\theta}{2} \Leftrightarrow$$

$$p^{\circ'} \cdot x^{\circ} + \frac{\theta}{2} < p' \cdot x^{\circ} + \theta \leq p' \cdot x \leq p^{\circ'} \cdot x$$

et ceci pour tout $x \in X(y)$

En particulier $p^{\circ'} \cdot x^{\circ} < C(y, p^{\circ})$

d'où $x^{\circ} \notin X^C(y)$

donc $X^C(y) \subset X(y)$, ce qui établit $X(y) = X^*(y)$

La fonction de coût, engendrée par un ensemble de production régulier, génère à son tour un ensemble de production classique ; ainsi la convexité de $X(y)$ apparaît comme une condition nécessaire pour qu'il y ait correspondance univoque entre $C(y, p)$ et $X(y)$.

En effet, l'existence de $C(y, p)$ seulement assure que $X^C(y)$ est convexe :

soient, en effet : $x^1, x^2 \in X^C(y)$

$$\lambda x^1 + (1-\lambda) x^2 \geq 0$$

$$\begin{aligned} p' [\lambda x^1 + (1-\lambda) x^2] &= \lambda p' \cdot x^1 + (1-\lambda) p' \cdot x^2 \\ &\geq \lambda C(y, p) + (1-\lambda) C(y, p) \\ &\geq C(y, p) \end{aligned}$$

Il en résulte que : $\lambda x^1 + (1-\lambda) x^2 \in X^C(y)$; $X^C(y)$ est donc convexe.

Ce résultat démontre ainsi la nécessité de la convexité de $X(y)$ pour établir la dualité entre $C(y, p)$ et $X(y)$.

De manière générale, l'énoncé du lemme précédent nous situe au coeur de l'approche duale en théorie de la production ; les deux transformations (I) et (II) générant respectivement une fonction de coût $C(y, p)$ et un ensemble $X^C(y)$, sont mutuellement inverses :

$$X(y) \xrightarrow{(I)} C(y, p) \xrightarrow{(II)} X^C(y) = X(y)$$

avec (I) $C(y, p) = \min_x [p' \cdot x ; x \in X(y)]$

et (II) $X^C(y) = [x \in \mathbb{R}^N ; x \geq 0 ; p' \cdot x \geq C(y, p) ; \forall p > 0]$

Cette correspondance univoque n'est effective que pour des ensembles de production à section $X(y)$ convexe ; dans le cas contraire, la composée des transformations (I) et (II) aboutit à une convexification de $X(y)$.

De manière analogue, sous l'hypothèse que T soit un ensemble de production classique, on peut établir une correspondance univoque entre la fonction $D(y, x)$ et la fonction de coût $C(y, p)$ qui s'exprime sous forme d'un lemme dû initialement à Shephard (1970).

Lemme de dualité entre la fonction de coût et la fonction distance

soit $C(y, p)$ la fonction de coût générée par un ensemble de production T classique auquel est associée la fonction distance $D(y, x)$ définie en (2.2.2.2.).

$$\text{alors } D^C(y, x) = \text{Max} [\lambda > 0 ; p' \cdot x \geq \lambda C(y, p), \forall p > 0]$$

$$= D(y, x).$$

2.3.5. Conclusion

Sous le corps d'hypothèses (T1 - T2 - T3 - T4 - T6), la fonction de coût duale, $C(y, p)$ contient toute l'information relative à la section $X(y)$ de l'ensemble de production T .

L'hypothèse (T6) de convexité de $X(y)$ est fondamentale pour l'établissement du schéma dual. La généralité du cadre formel que nous avons adopté peut être illustrée par le cas d'une technologie multiproduits multifacteurs et dans l'insertion de biens fixes, à savoir le vecteur des produits y .

La section suivante propose quelques extensions de la dualité relevant notamment de la prise en compte d'autres hypothèses de comportement. Nous proposons également l'affaiblissement de certaines hypothèses sur l'ensemble de production.

SECTION 4. QUELQUES EXTENSIONS DE L'APPROCHE DUALE

Dans cette section, le concept d'ensemble de production est élargi afin de prendre en compte certaines fixités, une déformation temporelle de la technologie ou encore certains paramètres d'environnement ; la généralisation corrélative de l'hypothèse de comportement, permet alors de définir une fonction d'objectif support, duale de la technologie.

Dans un deuxième temps, sur la base de comparaison de travaux théoriques portant sur la dualité, les hypothèses habituelles qui régissent le schéma dual sont discutées en vue d'en établir un corps minimal pour assurer la dualité entre technologie et comportement.

2.4.1. Une caractérisation généralisée de la technologie et du comportement

Une première extension logique de l'approche duale, menée précédemment, consiste à généraliser l'hypothèse de comportement du producteur ; en effet, ce dernier peut mener une optimisation sur un sous-ensemble quelconque de T , voire sur l'ensemble de production T lui-même. Cette approche conduit à introduire le concept général de fonction de profit variable (15) qui, dans certains cas, peut se réduire à une fonction de coût variable, à une fonction de coût total (dans la mesure où tous les facteurs sont variables) ou enfin à une fonction de profit total (l'optimisation étant réalisée alors sur l'ensemble T).

D'une manière analogue à ce qui a été présentée dans la section précédente, Shephard (1970), Diewert (1973), Lau (1976), Mac Fadden (1978) ont établi des théorèmes de dualité entre un ensemble des possibilités de production satisfaisant certaines conditions et la fonction de profit variable correspondante ; dans une première étape, nous présentons ceux de Mac Fadden :

soit une entreprise qui dispose de N biens, $n = 1, \dots, N$, disponibles selon un vecteur-prix $p' = (p_1, \dots, p_N)$. Un plan de production est donc un N -uplet $x' = (x_1, \dots, x_N)$ avec :

$$\begin{cases} x_n > 0 & \text{si } x_n \text{ est produit} \\ x_n < 0 & \text{si } x_n \text{ est un facteur} \end{cases}$$

(15) on la dénomme encore fonction de profit restreint.

T désignant, comme précédemment, l'ensemble des plans de production, x , possibles. Comme nous l'avons souligné dans la deuxième section, l'ensemble de production T peut être caractérisé par l'état des connaissances techniques mais également par :

- des contraintes sur certains biens (débouchés limités, rationnement sur certains facteurs).
- des paramètres d'environnement : l'activité agricole, prise ici pour exemple, peut générer des effets externes négatifs sur le milieu dont l'internalisation pourra se reporter sur la combinaison productive ; nous pouvons très bien imaginer par exemple, dans un avenir proche, un seuil maximal d'épandage de lisier, de fertilisants azotés à l'hectare, ...
- la compétence de l'entrepreneur (16).

La prise en compte d'une telle généralité dans la caractérisation de la technologie peut se formaliser par la donnée d'un vecteur $z' = (z_1, \dots, z_M)$ appartenant à un ensemble $Z \subset \mathbb{R}^M$; les z_m , $m = 1, \dots, M$ désignent alors des paramètres de comportement, d'environnement, des biens en quantités fixées, ... Nous définissons ainsi une nouvelle correspondance T telle que :

$$\begin{array}{c} T \\ z \rightarrow T(z) \end{array}$$

L'ensemble de production T dépend de la valeur de z . Illustrons cette nouvelle formalisation dans le cadre formel précédent : en effet, nous avons $z = y$, le vecteur des produits ; $T(z)$ peut être alors représenté par $X(y)$, l'ensemble des vecteurs de facteurs rendant possible la production de y .

(16) On notera, dans ce cas, la distinction qui est faite entre l'entreprise et le producteur ou entrepreneur.

En vue d'établir le schéma dual entre le concept généralisé $T(z)$ et le comportement du producteur, Mac Fadden introduit trois hypothèses préalables sur $T(z)$:

$(T_z 1)$: (i) $Z \neq \emptyset$; $Z \subset E^M$, E^M espace euclidien de dimension M
(ii) $\forall z \in Z$, $T(z)$ est un sous-ensemble non-vidé, fermé de \mathbb{R}^N .

$(T_z 2)$: $T(z)$ est semi-borné, $\forall z \in Z$

$(T_z 3)$: $\forall z \in Z$, $T(z)$ est convexe.

$(T_z 1)$ correspond à (T1) et (T2) et n'appelle pas de commentaire particulier.

Pour clarifier $(T_z 2)$, soit :

$$P(z) = \left\{ p \in \mathbb{R}^N ; p \cdot x < +\infty, \forall x \in T(z) \right\}$$

et soit $\overset{\circ}{P}(z)$ l'intérieur de $P(z)$,

Ainsi $T(z)$ est dit semi-borné si $\overset{\circ}{P}(z) \neq \emptyset$.

Cette hypothèse implique, en particulier, qu'à des niveaux de production suffisamment grands, les plans de production sont

irréversibles, autrement dit :

$$\text{si } x \in T(z) \Rightarrow -x \notin T(z) \quad (17)$$

Enfin, $(T_z \ 3)$ généralise l'hypothèse de convexité $(T5)$ précédente.

La fonction de profit variable est alors définie de la manière suivante :

$$\pi(p, z) = \sup_x [p \cdot x ; x \in T(z)] \quad [13]$$

pour tout $p \in P(z)$ et $z \in Z$.

Cette fonction est associée à un lemme de dualité qui la relie à la technologie $T(z)$.

Lemme de dualité entre $\pi(p, z)$ et $T(z)$: (Mac Fadden, 1978)

Soit une technologie $T(z)$, $z \in Z$, munie des propriétés $(Tz \ 1)$, $(Tz \ 2)$, $(Tz \ 3)$; nous avons alors :

(i) $P(z) = \left\{ p \in \mathbb{R}^N ; p \cdot x < +\infty, \forall x \in T(z) \right\}$ est un cône convexe d'intérieur non-vidé.

(17) Debreu (1984) inclut également cette hypothèse d'irréversibilité.

(ii) pour tout $z \in Z$, $\pi(p, z)$ est une fonction positive, linéaire homogène, continue et convexe en p ; par ailleurs, elle satisfait :

$$\pi(p, z) = \underset{x}{\text{Max}} [p' \cdot x ; x \in T(z)]$$

(iii) soit :

$$T^\pi(z) = \left\{ x \in \mathbb{R}^N ; p' \cdot x \leq \pi(p, z) \forall p \in P(z) \right\}$$

alors $T^\pi(z) = T(z)$.

Mac Fadden (1978, I, p. 67) fournit une démonstration explicite de ce lemme.

Diewert (1973), Lau (1976), entre autres, ont proposé également des lemmes de dualité semblables : les hypothèses utilisées varient cependant quelque peu : la synthèse de ces différents travaux permet de dégager un corps minimal d'hypothèses suffisant pour assurer la cohérence du schéma dual ; c'est ce que nous tentons de réaliser dans le paragraphe suivant.

2.4.2. Affaiblissement des hypothèses et cohérence du schéma dual

Reprenons la partition de l'ensemble des hypothèses établie au début de la deuxième section :

- (a) hypothèses de régularité
- (b) hypothèses de libre-disposition
- (c) hypothèses de convexité.

Le corps d'hypothèses [T1 - T7], établi dans cette étude, est tiré principalement des travaux de Mac Fadden cités précédemment ; considérons maintenant trois autres corps d'hypothèses, utilisés par différents auteurs, pour assurer le schéma dual.

(1) Diewert (1974)

- (i) T est un sous-ensemble fermé, non-vide, d'un espace de dimension $I+J$
- (ii) si $(y ; x) \in T$, alors $x \leq 0$ (les J derniers biens sont toujours des facteurs)
- (iii) si $(y, x) \in T$, $y < \infty$
- (iv) si $z^0 \in T$, $\forall z^1 \leq z^0$, alors $z^1 \in T$ (libre-disposition des facteurs et des produits)
- (v) T est un cône convexe (rendements constants).

(2) Sakai (1974)

x et y désignent respectivement des vecteurs de facteurs et de produits non-négatifs.

- (i) T est non-vide ; $(0, y) \in T \Rightarrow y = 0$ (production libre impossible)
- (ii) T est fermé
- (iii) T est borné supérieurement
- (iv) $(-x, y) \in T \Rightarrow (-x^1 ; y^1) \in T$ pour tout $x^1 \geq x$ et $0 \leq y^1 \leq y$ (libre-disposition des facteurs et des produits)
- (v) T est strictement convexe.

(3) Lau (1976)

- (i) $0 \in T$
- (ii) T est fermé.
- (iii) un bien, au moins, qui ne soit que facteur de production et qui soit en libre-disposition.
- (iv) T est convexe.

Dans chacun des trois cas, nous avons présenté les hypothèses selon la partition (a) - (b) - (c) précédente.

Les hypothèses de régularité concernent essentiellement trois aspects :

- T est non-vide
- T est fermé
- T est borné.

Les deux premières propriétés sont présentes dans tous les corps d'hypothèses et peuvent être considérées comme des hypothèses minimales. La troisième permet, entre autres, d'assurer l'existence de la fonction de production pour toute valeur finie du vecteur de facteurs ; par ailleurs, l'hypothèse (iii) de Sakaï assure que la fonction de profit est définie pour tout vecteur-prix. En conséquence, Lau (1976) introduit davantage de généralité en n'imposant pas l'existence d'une borne supérieure pour T : la fonction de production n'est alors pas définie pour toute valeur finie du vecteur de facteurs ; d'autre part, Lau assure l'existence de la fonction de profit associée par la propriété de convexité de T ; enfin lorsque ce même auteur définit la fonction de revenu, l'intérêt de la propriété précédente (T borné supérieurement) apparaît inévitablement. Le corps d'hypothèses adopté dans cette recherche introduit la propriété de T borné plus précisément par l'hypothèse (T3 ii) ; le gain de

généralité adopté par Lau doit être compensé par une propriété de convexité globale sur T ; il restreint, par ailleurs, le domaine de définition de la fonction de production.

L'impossibilité de la production libre ainsi que l'aspect irréversible du processus de production peuvent apparaître également au sein du groupe (a) des hypothèses de régularité : (T3 i), (Tz 2), ((i) de Sakaï) ; l'aspect irréversible de certains plans de production apparaît également chez Lau : si $(x_1, y) \in T$ avec $x_1 \neq 0$, le bien qui ne soit que facteur de production (hypothèse iii), il en résulte que $(-x_1, -y) \notin T$. Par contre, le corps d'hypothèses de Lau admet la production libre.

L'hypothèse de libre-disposition apparaît vraisemblablement au point minimal chez Lau qui ne suppose qu'un seul bien en libre-disposition ; l'absence de libre-disposition pour certains biens, associée à l'existence de prix négatifs pour ces biens n'affecte pas la cohérence du schéma dual au sens où l'approche duale peut générer une technologie primale où certains biens ne sont pas en libre-disposition. Ceci étant, la prise en compte de prix négatifs pour certains biens demeure délicate ; la nature exogène du prix du bien peut, par exemple, être remise en cause : un bien pouvant être affecté d'un prix négatif au-delà seulement d'un certain seuil.

Nous avons adopté l'hypothèse de libre-disposition pour les facteurs et les produits (T 4) ; nous la justifions principalement par deux raisons :

(1) : l'hypothèse (T 4) implique des propriétés de monotonie de la fonction de production et des fonctions d'objectif comportant des biens fixés (ce que nous verrons dans la section suivante).

(2) : elle ne semble pas être infirmée par la réalité agricole céréalière.

Nous terminons ce paragraphe avec une discussion sur les hypothèses de convexité.

L'hypothèse (v) de Diewert, T est un cône convexe, est relativement forte, dans la mesure, où l'approche duale, sur l'ensemble T tout entier, se contente de la propriété (T5) seulement (T est convexe). Cette restriction permet toutefois de mettre en évidence des propriétés de convexité et d'homogénéité de la fonction de profit variable.

La stricte convexité imposée par Sakaï est en fait reliée étroitement à la propriété de différentiabilité de la fonction d'objectif ; elle assure, par ailleurs, une relation de dualité plus forte entre la technologie et le comportement : nous préciserons ces deux points dans le chapitre suivant.

Lau utilise l'hypothèse de convexité globale de T et introduit dans la suite de l'article de 1976, une nouvelle hypothèse de "biconvexité" sur T : il convient de remarquer cependant que, sous cette nouvelle hypothèse de convexité, l'approche duale est possible moyennant l'introduction d'une hypothèse sur la technologie et concernant la séparabilité entre facteurs. En conséquence, l'affaiblissement proposé de la convexité apparaît relativement coûteux en termes d'hypothèses de séparabilité sur la technologie.

Au terme de notre étude sur l'approche duale, nous retenons une hypothèse de convexité qui ne concerne que le sous-ensemble de T sur lequel se fait l'optimisation : $X(y)$ convexe, hypothèse (T 6') dans le cas d'une optimisation sur T^Z , T lui-même dans le cas d'une fonction de profit total.

Ainsi, la fonction d'objectif $C(y, p)$, définie dans la section précédente, contient toute l'information relative à $X(y)$

seulement :

$$X^C(y) = [x \in \mathbb{R}^N ; p' \cdot x \geq C(y, p) ; \forall p > 0] = X(y)$$

La donnée de la fonction support, $C(y, p)$, permet, en faisant varier les prix des facteurs de générer $X(y)$. L'ensemble T lui-même s'obtient alors comme une réunion infinie de sous-ensembles $X^C(y)$:

$$T = T^C = [(x, y) \in \mathbb{R}^{M+N} ; y \in Y ; x \in X^C(y)]$$

Autrement dit, T est obtenu moyennant la résolution d'une infinité de programmes de minimisation, correspondant à tout $y \in Y$. Il apparaît alors intéressant de préciser sous quelles conditions la donnée d'une fonction de comportement, admettant pour arguments des facteurs fixes ou des produits fixes, permet à elle seule de générer l'ensemble T lui-même ; ainsi Diewert (1973) sous l'hypothèse que T soit un cône convexe, montre que T peut être construit en utilisant la fonction de profit variable $\pi(p, x)$:

$$T = [(u ; -x) ; p' \cdot u \leq \pi(p, x) ; \forall p \geq 0 ; \forall x \geq 0]$$

u désigne le vecteur des facteurs et produits variables
 x désigne le vecteur des facteurs fixes.

D'une manière générale, la prise en compte de facteurs fixes sera effective dans les études économétriques ultérieures. Ceci nous conduit à préciser, dans la section suivante, la fonction de coût restreint ainsi qu'à établir certaines de ses propriétés en fonction des quantités (facteurs ou produits) fixées.

SECTION 5. LA FONCTION DE COUT RESTREINT

La fonction de coût restreint fournit un cadre conceptuel relativement commode pour appréhender, les différentes mesures sur la technologie et le déséquilibre qui seront présentées dans le chapitre suivant. Par ailleurs, cette fonction d'objectif correspond à l'hypothèse de comportement adoptée lors de la modélisation de la technologie céréalière ; une présentation claire de la fonction de coût restreint apparaît donc comme nécessaire.

2.5.1. Définition

Nous reprenons les notations de la section deux en considérant un producteur qui dispose de N facteurs, $n = 1 \dots N$ pour produire M produits, $m = 1 \dots M$. Un plan de production est représenté par un vecteur de \mathbb{R}^{M+N} , de composantes $(x, y, z) = (x_1, \dots, x_n, y_1, \dots, y_m, z_{n+1}, \dots, z_N)$. Nous avons effectué une partition de l'ensemble des N facteurs :

- $x = (x_1, \dots, x_n)$ désigne le vecteur des facteurs variables

(autrement dit qui peuvent être soumis à un comportement d'optimisation du producteur).

- $z = (z_{n+1}, \dots, z_N)$ désigne le vecteur des facteurs fixes ou quasi-fixes. (18)

- $y = (y_1, \dots, y_m, \dots, y_M)$ désigne le vecteur des produits.

- $p' = (p'x, p'z)$

Nous adoptons ici la minimisation du coût des facteurs variables, sous les contraintes suivantes :

(a) niveaux fixés des autres facteurs de production désignés par le vecteur z .

(b) niveaux désirés des différents produits désignés par le vecteur y .

Le programme de minimisation s'écrit alors :

$$\left[\begin{array}{l} \text{Min } p'_x \cdot x \\ x \in X(y, z) = \{x ; (x, z, y) \in T\} \end{array} \right. \quad [14]$$

Les hypothèses précédentes sur la technologie assurent l'existence d'une solution, au moins, pour le programme [14] ; celles-ci, notées $\bar{x} = (\bar{x}_1, \dots, \bar{x}_n)$ ont pour arguments :

- les prix p_i des facteurs x_i , $i = 1, \dots, n$ sur lesquels s'est effectuée l'optimisation.
- les niveaux fixés z_h , $h = n+1, \dots, N$
- le niveau de production y .

(18) facteurs quasi-fixes dans la mesure où ils pourront s'ajuster dans un moyen ou long terme.

Par ailleurs, l'existence de solutions définit une fonction de coût restreint, notée $CR(p_x, y, z)$ telle que :

$$CR(p_x, y, z) = \min_x \left[p'_x \cdot x ; x \in X(y, z) \right] \quad [15]$$

L'expression [15], fonction de p_x , possède les propriétés classiques d'une fonction de coût par rapport aux prix des facteurs, à savoir : $CR(p_x, y, z)$ est une fonction, à valeur réelle, non négative, positive pour $y \neq 0$, linéaire homogène non-décroissante, concave et continue en p_x (cf. paragraphe 2.3.2.). Nous nous intéressons maintenant aux propriétés de $CR(p_x, y, z)$ par rapport aux arguments y et z qui sont, en réalité, des biens fixes.

2.5.2. Monotonie et convexité de la fonction de coût restreint

Un premier résultat relie l'hypothèse, T4, de libre-disposition des biens et les propriétés de monotonie de la fonction de coût restreint par rapport aux biens fixes.

(T4) implique que $CR(p_x, y, z)$ soit non-décroissante en y et non-croissante en z .

Démonstration

Soient y_0 et $y_1 \in Y$, avec $y_0 \leq y_1$.

L'hypothèse (T4) assure :

si $(x, y_1, z) \in T$, alors $(x, y_0, z) \in T$

d'où encore $X(y_1, z) \subset X(y_0, z)$.

D'autre part :

$$\begin{aligned} CR(p_x, y_0, z) &= \min_x \left[p'_x \cdot x ; x \in X(y_0, z) \right] \\ &\leq \min_x \left[p'_x \cdot x ; x \in X(y_1, z) \right] \\ &\leq CR(p_x, y_1, z) \end{aligned}$$

En effet, $CR(p_x, y_0, z)$ est obtenue par une minimisation sur un ensemble $X(y_0, z)$ contenant $X(y_1, z)$, cela impliquant :

$$CR(p_x, y_0, z) \leq CR(p_x, y_1, z)$$

La fonction de coût $CR(p_x, y, z)$ est donc non décroissante en y .

Le même raisonnement se transpose aisément pour le cas des facteurs fixes : soient z_1 et z_2 , deux vecteurs de facteurs fixes tels que $z_1 \leq z_2$. Par l'hypothèse (T4), nous avons :

si $(x, y, z_1) \in T$, alors $(x, y, z_2) \in T$

ou encore $X(y, z_1) \subset X(y, z_2)$

$CR(p_x, y, z_2)$ est obtenue par une minimisation sur un ensemble $X(y, z_2)$ contenant $X(y, z_1)$ et ceci implique :

$$\begin{aligned} CR(p_x, y, z_2) &= \min_x \left[p'_x \cdot x ; x \in X(y, z_2) \right] \\ &\leq \min_x \left[p'_x \cdot x ; x \in X(y, z_1) \right] \\ &\leq CR(p_x, y, z_1) \end{aligned}$$

La fonction de coût $CR(p_x, y, z)$ est donc non-croissante en z .

La relation établie simplement entre l'hypothèse de libre-disposition des facteurs et la monotonie de la fonction d'objectif permet d'éclairer utilement certains résultats d'estimation : nous en ferons allusion dans le chapitre IV.

Notons enfin que Diewert (1973) a démontré cette propriété pour le seul cas des facteurs fixes pour une fonction de profit restreint ; ce même auteur établit des propriétés de convexité et de continuité par rapport aux facteurs fixes ; en effet sous l'hypothèse (T6), à savoir $X(y)$ est convexe, $CR(p_x, y, z)$ est convexe en z .

Démonstration

Soient z_1 et z_2 , deux vecteurs de facteurs fixes, $p_x > 0$ et $\lambda \in [0, 1]$.

On peut définir x_1 et $x_2 \in X(y, z)$ tels que :

$$\begin{cases} p'_x \cdot x_1 = CR(p_x, y, z_1) \\ p'_x \cdot x_2 = CR(p_x, y, z_2) \end{cases} \quad [16]$$

Rappelons la définition de $X(y)$:

$$X(y) = \left\{ (x, z) ; (x, y, z) \in T \right\}$$

De [16], nous en déduisons :

$$(x_1, z_1) \text{ et } (x_2, z_2) \in X(y)$$

$X(y)$ étant convexe, nous avons encore :

$$(\lambda x_1 + (1 - \lambda) x_2, \lambda z_1 + (1 - \lambda) z_2) \in X(y)$$

ou encore :

$$\lambda x_1 + (1 - \lambda) x_2 \in X(y, \lambda z_1 + (1 - \lambda) z_2)$$

soit alors :

$$\begin{aligned} & CR(p_x, y, \lambda z_1 + (1 - \lambda) z_2) \\ &= \text{Min}_x \left[p'_x \cdot x ; x \in X(y, \lambda z_1 + (1 - \lambda) z_2) \right] \\ &\leq p'_x \cdot [\lambda x_1 + (1 - \lambda) x_2] \\ &\leq \lambda p'_x \cdot x_1 + (1 - \lambda) p'_x \cdot x_2 \\ &\leq \lambda CR(p_x, y, z_1) + (1 - \lambda) CR(p_x, y, z_2) \end{aligned}$$

$CR(p_x, y, z)$ est donc convexe en z .

Diewert (1973) montre également que cette propriété de convexité implique la continuité de $CR(p_x, y, z)$ en z .

La convexité de $CR(p_x, y, z)$ en y est assurée moyennant une hypothèse de convexité globale sur T , soit (T5) (19) ; la démonstration, identique à la précédente, n'a pas lieu d'être rappelée. Enfin, Diewert (1971) établit la continuité à gauche en y de $CR(p_x, y, z)$.

2.5.3. Conclusion

La fonction de coût restreint, $CR(p_x, y, z)$ comme fonction des facteurs et produits fixes, possède donc quelques propriétés remarquables, étroitement liées aux hypothèses de monotonie et de convexité associées à l'ensemble de production. Ces résultats théoriques se prêtent facilement à des vérifications lors de l'estimation de modèles économétriques : nous le constaterons ultérieurement.

Cette section établie sur la fonction de coût restreint, marque également une étape : celle-ci a consisté à construire un schéma dual de la description de la technologie sur la base d'hypothèses de nature ensembliste. Cependant, les objectifs classiques assignés à une analyse de la production (substitutions,

(19) en réalité, nous pourrions nous satisfaire d'une hypothèse moins restrictive, analogue à (T6').

effets d'échelle, séparabilité, ...) s'affranchissent encore difficilement d'outils mathématiques peut-être plus élaborés et plus puissants pour l'analyse mais dont l'interprétation économique, en termes d'hypothèses, est moins évidente. L'hypothèse de différentiabilité est l'exemple type du constat précédent. La première section du chapitre suivant tente de lever l'aspect arbitraire de cette hypothèse en montrant notamment comment certaines propriétés de différentiabilité sur la fonction d'objectif peuvent être déduites des hypothèses ensemblistes précédentes.

CONCLUSION

Nous venons de mettre en évidence, dans ce chapitre, un corps d'hypothèses relativement faibles mais cependant suffisantes pour assurer la cohérence du schéma dual en théorie de la production ; sous ces conditions, la fonction d'objectif du producteur contient toute l'information relative au sous-ensemble, voire à l'ensemble de production sur lequel s'est faite l'optimisation. La pertinence d'une telle approche est renforcée dans la mesure où les différentes hypothèses adoptées n'infirmement pas sensiblement la généralité de la réalité agricole ; elles permettent, par ailleurs, de définir la fonction de production ou de transformation munie de diverses propriétés.

Dans le prolongement des extensions de l'approche duale proposées dans la section quatre, l'application de la théorie de la dualité permet diverses recherches du champ. Citons, en premier lieu, l'approche duale de l'analyse des inefficacités techniques et allocatives (Lovell et Schmidt, 1979) ; Lau et Yotopoulos (1971) ont, quant à eux, proposé une méthode de comparaison des efficacités économiques entre deux ou plusieurs groupes d'entreprises, méthode basée sur le concept de fonction de profit variable. De même, la prise en compte d'un environnement incertain, sur les biens ou sur les prix, de marchés imparfaits, d'une structure dynamique de l'économie constituent autant d'applications potentielles de la théorie de la dualité.

Revenant au cadre de notre analyse, nous porterons notre attention, dans la suite de l'étude, sur la fonction d'objectif du producteur, ici, une fonction de coût ; celle-ci, associée à la spécification d'une forme fonctionnelle, caractérise la technologie au travers de mesures paramétriques telles que les élasticités de substitution ou les économies d'échelle. La fonction de coût propose également des mesures de déséquilibre, ce dernier pouvant s'interpréter comme une distance entre l'hypothèse de comportement initialement adoptée et d'autres comportements possibles d'optimisation. Le chapitre III s'investit dans la problématique précédente en termes de statique comparative.

MESURES DUALES DE LA TECHNOLOGIE
ET DU DÉSÉQUILIBRE

CHAPITRE III.

INTRODUCTION

Dans ce chapitre, nous nous proposons de traduire, sous une forme mesurable, l'information sur la technologie, fournie par la fonction d'objectif. La distribution des facteurs, les possibilités de rendements d'échelle, les substitutions factorielles, les propriétés structurelles en termes de séparabilité, le progrès technique sont autant d'informations sur la technologie nécessaires pour mener à bien une analyse des systèmes productifs. Pour éviter une présentation trop fastidieuse, notre étude s'en tient à préciser un cadre conceptuel d'analyse dérivé du schéma dual adopté précédemment et qui s'appuie sur les deux principaux résultats du chapitre II.

Le lemme de Shephard constitue le premier résultat majeur. Il permet de dériver les différentes demandes de facteurs et s'avère d'une importance pratique fondamentale pour la démarche économétrique. Ce lemme est, par ailleurs, étroitement lié à la propriété de différentiabilité de la fonction de coût : cette dernière étant supposée deux fois différentiable par rapport aux prix des facteurs, l'analyse de la distribution des facteurs et de leur substitution est alors possible.

En vue de mener à bien cette analyse, nous donnons, dans la première section de ce chapitre, une caractérisation "technologique" de la différentiabilité.

D'une manière générale, la fixité de certains facteurs ou produits, fixité relative au comportement du producteur, limite les possibilités de description de la technologie à partir de l'approche duale. A ce niveau de l'analyse, il apparaît opportun de rappeler le second résultat majeur du chapitre précédent qui constitue le coeur de l'approche duale en théorie de la production. Celui-ci peut s'énoncer de la manière suivante : la fonction d'objectif, issue de l'adoption d'une hypothèse de comportement, contient toute l'information relative aux choix techniques possibles sous cette même hypothèse. La tentation est grande cependant de vouloir inférer une information quelque peu extérieure au sous-ensemble de l'ensemble de production sur lequel s'est faite l'optimisation. Autrement dit, nous nous intéresserons aux propriétés de la fonction de coût restreint par rapport aux quantités fixées sans établir initialement un cadre hypothétique rigoureux d'analyse. La deuxième section précise ainsi la notion de déséquilibre factoriel. A partir d'autres hypothèses de comportement, une méthode d'inférence de nouvelles situations d'équilibre est présentée.

La mise en évidence d'économies d'échelle demeure classiquement un des objectifs d'une analyse des structures de production. La troisième section présente la notion de rendements d'échelle sous forme d'une mesure duale, à savoir les économies d'échelle. Cette définition permet, par ailleurs, d'associer le qualificatif de court ou long terme à la mesure des économies d'échelle suivant le sous-ensemble de T sur lequel se fait l'optimisation. D'une manière générale, la définition des économies d'échelle fait référence également, par analogie aux mesures du déséquilibre, aux propriétés de la fonction de coût restreint par rapport aux facteurs et produits fixes.

SECTION 1. UN RETOUR SUR L'HYPOTHESE DE DIFFERENTIABILITE

L'approche duale en théorie de la production, développée dans le chapitre précédent, n'a pas nécessité d'hypothèses de différentiabilité sur la fonction de production ou sur les fonctions d'objectif qui peuvent lui être associées (fonction de coût, de profit, ...). Cependant, les approches primales récemment développées (Guesnerie, 1980 ; Malinvaud, 1982) introduisent dès le départ l'hypothèse de différentiabilité de la fonction de production tout en soulignant son caractère contraignant. La fonction de production différentiable est, en effet, un outil commode pour formaliser l'idée selon laquelle des substitutions marginales entre facteurs sont possibles (Malinvaud, 1982, p. 43). Cette formalisation rejoint le souci de répondre aux questions fondamentales posées dans le cadre de la théorie du producteur : quels sont les effets d'une variation du prix d'un facteur sur la demande de ce facteur ou d'un autre facteur, ... ? Le propos de cette section sera justement de préciser comment l'approche duale permet de dériver une mesure de la substitution entre facteurs, au travers notamment du concept d'élasticité et tout ceci, en utilisant les hypothèses, voire les propriétés de différentiabilité de la fonction de coût (ou, plus généralement, de la fonction d'objectif). Il y a tout lieu alors d'effectuer une intégration de l'hypothèse de différentiabilité dans le schéma dual ; c'est une nécessité qui peut être caractérisée par les questions suivantes :

. Qu'apporte l'hypothèse de différentiabilité de la fonction de coût dans l'établissement du schéma dual (notamment au travers de l'unicité de la demande de facteurs) ?

. La différentiabilité de la fonction de coût nécessite-t-elle la différentiabilité de la fonction de production ?

. Sous quelles conditions sur la fonction de production, sur la technologie, la fonction de coût sera différentiable par rapport aux prix des facteurs ?

. Comment assurer la différentiabilité de la fonction de coût par rapport aux quantités fixées (facteurs et produits) ?

Les tentatives de réponses à ces différentes questions peuvent être considérées comme un apport intéressant des travaux portant sur l'approche duale ; par ailleurs, elles s'inscrivent dans la "réintroduction du point de vue différentiel en économie", une réintroduction que Guesnerie (1980, p. 45) attribue à Debreu (1972) dans son article "Smooth Preferences".

Le développement d'une section consacrée à la différentiabilité se justifie aisément dans le cadre des mesures qui seront proposées par la suite pour caractériser la technologie : celles-ci, en effet, sont toutes conditionnées par la propriété de différentiabilité de la fonction de coût que ce soient par rapport aux prix des facteurs ou par rapport aux quantités fixées. Cette première section tente donc de donner un aperçu de la théorie du producteur selon un double point de vue dual et différentiel.

3.1.1. Différentiabilité et unicité de la demande de facteurs

Reprenons le programme [8] du chapitre précédent concernant la minimisation du coût :

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Min } p' \cdot x \\ x \\ x \in X(y) \end{array} \right. \quad [1]$$

Sous des hypothèses faibles (cf. paragraphe 2.3.1.), ce programme a une solution, ce qui assure l'existence de la fonction de coût $C(p, y)$ telle que :

$$C(p, y) = \text{Min}_x [p' \cdot x ; x \in X(y)]$$

Il convient de s'assurer, notamment en statique comparative, que le programme [1] ait non seulement une solution mais qu'elle soit unique.

Autrement dit, la correspondance $K(p, y)$ définie dans le paragraphe 2.3.1 et telle que :

$$K(p, y) = \left\{ x ; p' \cdot x = C(p, y) \right\}$$

est un singleton.

Cette unicité concourt à une stricte relation de dualité entre la fonction de coût et l'ensemble de production dans la mesure où la fonction de coût permet alors d'inférer exactement le plan de production (x, y) effectivement réalisé.

Une hypothèse supplémentaire sur la technologie assure l'unicité de la demande de facteurs, cette dernière propriété étant équivalente à la différentiabilité de la fonction de coût

par rapport aux prix. Nous nous proposons maintenant d'établir ce résultat.

Soit (T8) l'hypothèse suivante relative à la technologie.

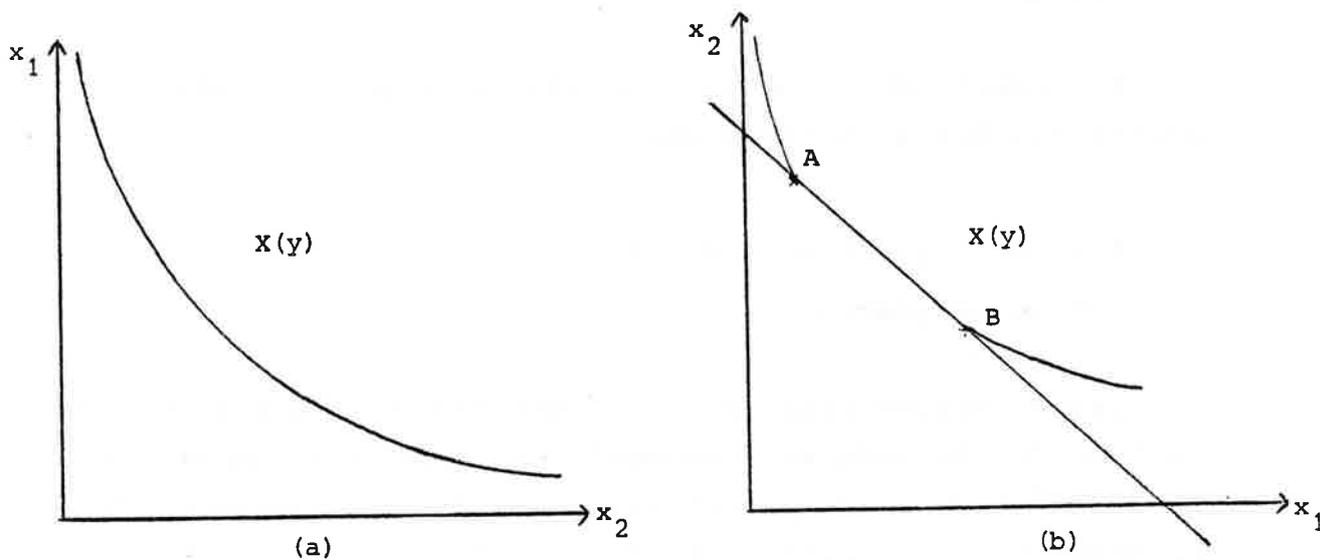
(T8) : $X(y)$ est strictement convexe (1).

Autrement dit, pour un ensemble fermé, convexe $X(y)$, tout demi-espace d'appui H supportant $X(y)$ rencontre $X(y)$ en un seul point.

Les demi-espaces d'appui H peuvent être caractérisés comme des surfaces de points "isocoût", c'est-à-dire :

$$H = \left\{ x ; p' \cdot x = c_0 ; p' \cdot x \geq c_0 \Rightarrow x \in X(y) ; H \cap X(y) \neq \emptyset \right\}$$

Nous illustrons la propriété de stricte convexité dans la figure 3.1.



(1) en realite. Mac Fadden propose l'hypothese de stricte convexité par dessous ; mais étant donnée la remarque du chapitre précédent concernant la convexité par dessous, nous elargissons cette hypothese à (T8). On peut démontrer aisément, par ailleurs, que la stricte convexité de $X(y)$ implique la stricte concavité de $C(p, y)$ par rapport à p .

Contrairement au cas (a), la propriété de stricte convexité n'est pas vérifiée dans le cas (b) : il n'y a pas unicité du point de tangence entre $X(y)$ et la fonction support $p_1x_1 + p_2x_2$; autrement dit, le programme suivant :

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Min } p_1x_1 + p_2x_2 \\ (x_1, x_2) \in X(y) \end{array} \right. \quad [2]$$

a une infinité de solutions correspondant au segment de droite [AB] limitant $X(y)$.

La stricte convexité assure l'unicité de la demande de facteur solution de [1] : la fonction de coût est une fonction support pour $X(y)$, l'unicité découle donc immédiatement de la définition de la stricte convexité de $X(y)$. L'application du lemme de Shephard montre alors que la fonction de coût possède une dérivée partielle par rapport à tous les prix des facteurs et ceci, pour toute valeur positive de ces prix.

Nous avons donc la relation :

$$\partial C / \partial p_n = x_n^* (p, y) \quad [3]$$

La correspondance $K(p, y)$ est semi-continue supérieurement et réduite à un singleton : $K(p, y)$ est donc continue en p_x . La fonction de coût possède donc des dérivées partielles continues, ce qui est une condition suffisante de différentiabilité par rapport aux prix.

Réciproquement, supposons la fonction de coût différentiable par rapport aux prix, alors la proposition (i) du lemme de Shephard (cf. paragraphe 2.3.3.) affirme l'unicité de la demande de facteurs.

En conséquence, l'unicité de la solution du programme [1] est équivalente à la différentiabilité de la fonction de coût par rapport aux prix. la correspondance $K(p, y)$ étant semi-continue supérieurement, le résultat précédent peut être considéré comme un corollaire du lemme de Shephard.

Résumons, à ce stade de l'analyse, les différentes implications mises en évidence :

(T8) $X(y)$ strictement convexe \Rightarrow unicité de la demande hicksienne de facteur \Leftrightarrow la fonction de coût est différentiable par rapport aux prix

Y a-t-il équivalence entre (T8) et l'unicité de la demande hicksienne ? Peut-on caractériser, de manière équivalente par une propriété sur la technologie, la différentiabilité de la fonction de coût par rapport aux prix ? Le paragraphe suivant synthétise quelques travaux et tente de faire le point sur la question.

3.1.2. Caractérisation "technologique" de la différentiabilité

En réalité, la propriété de différentiabilité de la fonction de coût par rapport aux prix peut être obtenue comme corollaire de la théorie des fonctions convexes (Mac Fadden, 1978, p. 15) : pour tout $y \in Y$ (ensemble des productions possibles), la fonction de coût possède des dérivées partielles premières et secondes pour presque tout vecteur de prix des facteurs strictement positif; d'autre part, quand la dérivée seconde existe, la matrice de terme général :

$$C_{ij} = \partial^2 C / \partial p_i \partial p_j$$

est symétrique. La fonction de coût étant concave par rapport aux prix des facteurs, la matrice précédente est également semi-définie négative. L'existence et les propriétés de la fonction de coût sont conditionnées seulement par l'hypothèse de régularité de l'ensemble de production T ; les propriétés précédentes sont donc conservées en cas de non-convexités, d'absence de libre-disposition pour certains biens et cela, pour presque tout vecteur de prix des facteurs strictement positif.

Diewert (1981) montre également que la stricte quasi-concavité de la fonction de production (autrement dit l'hypothèse (T8) sur la technologie) n'est pas une condition nécessaire, dans le cas d'une fonction de production Léontief, pour la différentiabilité de la fonction de coût. En conséquence, selon le niveau de généralité des hypothèses associées à la technologie, l'hypothèse (T8) apparaît ou non comme une condition nécessaire et suffisante pour assurer l'unicité de la demande hicksienne de facteurs et donc la différentiabilité de la fonction de coût par rapport aux prix. En réalité, cette équivalence peut se trouver vérifiée conditionnellement à une hypothèse supplémentaire sur la technologie ; ainsi Saijo (1983) montre que sous l'hypothèse de stricte monotonicité de la fonction de production, la différentiabilité est équivalente à la stricte quasi-concavité de la fonction de production.

Poursuivant ces recherches, Färe et Primont (1986) proposent une condition nécessaire et suffisante plus faible que la stricte quasi-concavité et portant sur le sous-ensemble efficace $E(y)$ de $X(y)$, (2) :

$$\forall x, x' \in E(y), x \neq x'$$

(2) on rappelle que $E(y) = [x ; x \in X(y) ; x' \leq x ; x' \neq x \Rightarrow x' \in X(y)]$

$\exists \hat{x}, \hat{x}' \in E(y), \hat{x} \neq \hat{x}'$, arbitrairement proches de x et x' ,
respectivement;

tels que $\alpha \hat{x} + (1 - \alpha) \hat{x}' \notin E(y), \forall \alpha \in]0, 1 [$

Autrement dit, comme le soulignent Färe et Primont (1986), la différentiabilité de la fonction de coût est étroitement liée à la stricte convexité de la "portion" efficace de $X(y)$. Ceci étant, il convient de remarquer cependant que l'affaiblissement de l'hypothèse (T8) relève davantage du raffinement mathématique que du souci d'une formalisation plus proche de la réalité économique. Nous concluons donc sur ce point en adjoignant l'hypothèse de stricte convexité de $X(y)$ à l'ensemble de production T , ce qui assure la différentiabilité de la fonction de coût par rapport aux prix.

3.1.3. Différentiabilité de la frontière de production et de la fonction de coût

La dérivation des élasticités-prix, la mesure de caractéristiques structurelles de la technologie amènent à travailler sur une fonction de coût deux fois continûment différentiable par rapport aux prix des facteurs et continûment différentiable par rapport aux quantités de biens fixes ; en vue d'obtenir ces deux propriétés, Guesnerie (1980) suppose la

différentiabilité de la frontière de production ; Mac Fadden (1978) suppose que la fonction distance $D(y, x)$, définie dans le chapitre précédent, est deux fois continûment différentiable. Ainsi, sans entrer dans le détail des démonstrations proposées par ces auteurs, la double différentiabilité de la fonction de coût par rapport aux prix ainsi que la différentiabilité par rapport aux quantités fixées nécessiteront une hypothèse de différentiabilité sur la technologie. Plus généralement, Jorgenson et Lau (1974) donnent un aperçu des difficultés dans la mise en évidence d'équivalences entre différentiabilité de la fonction de production et la fonction d'objectif : il en ressort que ces équivalences sont étroitement liées, comme précédemment, aux hypothèses de stricte (voire forte) convexité faites sur la technologie.

SECTION 2. MESURE DUALE DU DESEQUILIBRE FACTORIEL

A la différence du concept d'équilibre général qui se prête à la caractérisation d'un état hypothétique de l'économie, la notion de déséquilibre adoptée dans cette étude est circonscrite aux seuls biens économiques et demeure, somme toute, très relative. Elle s'appuie sur deux référentiels : l'environnement et le comportement économique du producteur.

Dans une première analyse, la situation de déséquilibre est associée à des biens inclus dans l'ensemble de production mais qui ne sont pas soumis au processus de décision du producteur durant la période d'observation ; de ce fait, l'environnement économique se spécifie conjointement par les prix des différents biens et par les biens en situation de déséquilibre ou biens fixes. Nous portons également notre attention, dans cette section, sur l'aspect mesurable du déséquilibre factoriel, au travers notamment du concept de prix dual d'un facteur fixe.

Nous rapportons enfin la notion de quasi-fixité dans la mesure où certains facteurs supposés fixes durant la période d'observation peuvent s'ajuster dans le moyen ou le long terme selon le comportement du producteur ; l'inférence des niveaux d'équilibre de long terme fournit alors une mesure primale du déséquilibre observé et permet de caractériser la technologie adoptée dans le cadre d'un relâchement des contraintes de fixité.

3.2.1. Notion de prix dual d'un facteur fixe

Sous l'hypothèse de double différentiabilité de la fonction de coût restreint CR (p_x, y, z) par rapport à z_h , $h = n+1, \dots, N$, posons en tout point (p_x, y, z) :

$$\bar{p}_h = - \left[\partial CR (p_x, y, z) / \partial z_h \right] \quad [4]$$

$$h = n+1, \dots, N$$

Le vecteur $\bar{p}_z = (\bar{p}_{n+1}, \dots, \bar{p}_N)$ est le vecteur des prix duaux des facteurs fixes. Nous lui associons deux interprétations possibles :

- Sous l'hypothèse [T4] de libre-disposition des biens, la valeur numérique \bar{p}_h est positive ou nulle ; celle-ci représente la diminution marginale du coût restreint consécutive à un accroissement marginal de la quantité de facteur fixé z_h .

- Par ailleurs, sur le sentier d'expansion global correspondant à la minimisation de l'ensemble des facteurs x et z , le vecteur des prix duaux s'identifie au vecteur-prix observé pour les facteurs z_h , $h = n+1, \dots, N$. En effet, la fonction de coût total (3), $C(y, p)$, définie dans le paragraphe 2.3.1, est reliée à la fonction de coût restreint CR (p_x, y, z) par l'égalité suivante :

(3) $C(y, p)$ est notée ici la fonction de coût total, la minimisation portant sur l'ensemble des facteurs.

$$C(y, p) = CR(p_x, y, z^*) + p_z \cdot z^* \quad [5]$$

$z^* = (z_{n+1}^*, \dots, z_N^*)$ désignant la solution pour z du programme de minimisation de l'ensemble des facteurs.

Par dérivation de l'expression [5] par rapport à z_h , il vient :

$$0 = \left[\partial CR(p_x, y, z^*) / \partial z_h \right] + p_h$$

$$h = n+1, \dots, N$$

d'où :

$$\bar{p}_h(p_x, y, z^*) = p_h \quad [6]$$

$$h = n+1, \dots, N$$

Si l'égalité entre \bar{p}_h et p_h , pour tout h , traduit une situation d'équilibre de long terme où l'ensemble des facteurs s'ajuste à leur niveau optimal, un écart entre \bar{p}_h et p_h caractérise le déséquilibre du facteur z_h .

Plus précisément, plaçons-nous sous l'hypothèse [T6] de convexité de $X(y)$ et raisonnons dans le cas d'un seul facteur quasi-fixe seulement.

Supposons que l'on observe un prix dual du facteur fixe z_h inférieur au prix observé, soit :

$$\bar{p}_h(p_x, y, z) < p_h$$

ou encore, d'après les expressions [4] et [6], il vient :

$$\left[\frac{\partial CR(p_x, y, z)}{\partial z_h} \right] > \left[\frac{\partial CR(p_x, y, z^*)}{\partial z_h} \right] \quad [7]$$

Par ailleurs, sous l'hypothèse [T6], $CR(p_x, y, z)$ est convexe en z_h (cf. paragraphe 2.5.2) ; $\left[\frac{\partial CR(p_x, y, z)}{\partial z_h} \right]$ est donc une fonction croissante de z_h d'où, d'après l'expression [7] :

$$z_h > z_h^*$$

Par conséquent, un prix dual du facteur fixe z_h inférieur au prix observé p_h traduit un excès de ce facteur relativement à une situation d'équilibre de long terme. De manière analogue, et sous les mêmes hypothèses :

$$\bar{p}_h(p_x, y, z) > p_h \quad \Leftrightarrow \quad z_h < z_h^*$$

et ceci, toujours dans le cas d'un seul facteur quasi-fixe.

L'analyse des prix duaux des différents facteurs fixes permet donc de caractériser le déséquilibre factoriel sans pour autant déterminer les niveaux optimaux correspondants : nous mettons ainsi en évidence une caractérisation duale du déséquilibre factoriel. La détermination des niveaux optimaux demeure néanmoins possible ; nous la présentons dans le paragraphe suivant.

3.2.2. Inférence de nouvelles situations d'équilibre

Reprenons l'expression [6] précédente :

$$\bar{p}_h(p_x, y, z^*) = p_h \quad h = n+1, \dots, N$$

Ceci constitue un système de $N-n-1$ équations à $N-n-1$ inconnues ; autrement dit, la résolution de ce système détermine les niveaux optimaux de long terme z_h^* , $h = n+1, \dots, N$.

L'existence de solutions z_h^* , $h = n+1, \dots, N$, est conditionnée seulement par la régularité de l'ensemble de production T , ce qui a été vu dans le chapitre précédent. Cependant la détermination des niveaux z_h^* par l'intermédiaire de la fonction de coût restreint $CR(p_x, y, z)$ nécessite, dans une première approche, un corps d'hypothèses plus important et concernant notamment la différentiabilité (Lau, 1976).

Le développement de l'analyse précédente permet par ailleurs de déduire l'ensemble des caractéristiques locales de la technologie adoptée dans une situation de long terme. En particulier, Lau (1976) détermine les formules de passage du court au long terme concernant les élasticités-prix.

Reprenons, pour cela, l'équation [5] précédente :

$$C(y, p) = CR(p_x, y, z^*) + p'_z \cdot z^*$$

L'application du lemme de Shephard nous donne :

$$\left[\frac{\partial c}{\partial p_h} \right] = z_h^* \quad [8]$$

$$h = n+1, \dots N$$

$$\left[\frac{\partial c}{\partial p_i} \right] = \left[\frac{\partial CR}{\partial p_i} \right] \quad [9]$$

$$i = 1, \dots n$$

D'où, en dérivant l'ensemble des équations [8] et [9] par rapport à p_x et p_z , il vient :

$$\left[\frac{\partial^2 c}{\partial p_x \partial p_z} \right] = \left[\frac{\partial z^*}{\partial p_x} \right] \quad [10]$$

$$\left[\frac{\partial^2 c}{\partial p_z^2} \right] = \left[\frac{\partial z^*}{\partial p_z} \right] \quad [11]$$

$$\left[\frac{\partial^2 c}{\partial p_x^2} \right] = \left[\left(\frac{\partial^2 CR}{\partial p_x^2} \right) + \left(\frac{\partial z^*}{\partial p_x} \right)' \left(\frac{\partial^2 CR}{\partial z \partial p_x} \right) \right] [12]$$

$$\left[\frac{\partial^2 c}{\partial p_z \partial p_x} \right] = \left[\left(\frac{\partial z}{\partial p_z} \right)' \left(\frac{\partial CR}{\partial z \partial p_x} \right) \right] \quad [13]$$

Ces égalités, établies initialement par Lau (1976), prises au point z^* du plan de production de long terme, s'interprètent comme les formules de passage des élasticités de court terme aux élasticités de long terme.

Nous proposerons ultérieurement (cf. section 3 du chapitre IV) une application économétrique de l'utilisation des formules précédentes. Cette procédure, peut être utilisée pour inférer les niveaux d'équilibre marshalliens correspondant à la maximisation

maximisation du profit du producteur, moyennant de nouvelles hypothèses de convexité sur la technologie (Guyomard, Vermersch, 1988). Enfin, nous proposons, dans la section 3 de ce chapitre, la détermination d'une mesure des économies d'échelle de long terme qui procède de la même démarche.

3.2.3. Equilibre de long terme et principe de Le Châtelier - Samuelson (4)

Nous nous plaçons à l'équilibre de long terme où tous les facteurs sont ajustés à leur niveau optimal :

$$x_i^* , i = 1, \dots, n$$

$$z_h^* , h = n+1, \dots, N$$

Considérons la quantité suivante α_i^m :

$$\alpha_i^m = \left(\partial x_i^* / \partial p_i \right)_m \quad m < N$$

(4) Principe de Le Chatelier pour un équilibre de nature physique et chimique : dans un système en équilibre stable, toute augmentation de pression effectuée à température constante, provoque la transformation qui, effectuée à température et pression constantes, aboutirait à une diminution de volume (d'après Samuelson, 1966, p. 77).

α_i^m mesure la variation du facteur i suite à une variation du prix de ce facteur et ceci, lorsque m facteurs sont fixés à leur niveau de long terme. Ainsi, α_i^0 représente la variation propre du facteur i par rapport à son prix lorsque tous les facteurs peuvent s'ajuster au nouvel équilibre de long terme induit par la variation du prix p_i .

Nous pouvons montrer alors que les quantités α_i^m vérifient :

$$\alpha_i^0 \leq \alpha_i^1 \leq \dots \leq \alpha_i^m \leq \dots \alpha_i^{n-1} \leq 0 \quad [14]$$

et, en notant :

$$E_{ii}^m = (\partial \ln x_i / \partial \ln p_i)_m = (p_i / x_i^*) \alpha_i^m$$

l'élasticité-prix propre du facteur i , les quantités E_{ii}^m vérifient également la relation [14].

A l'optimum de long terme, la présence de ces contraintes de fixité sur certains facteurs constitue donc une source de rigidité pour les élasticités.

Illustrons la relation [14] dans le cas de l'agriculture en raisonnant sur six facteurs : le carburant, les engrais, le capital, le travail salarié, le travail familial et la terre. Plaçons-nous à l'équilibre de long terme où tous les facteurs sont ajustés à leur niveau optimal. L'effet d'une taxation sur la demande d'engrais est d'autant plus important que le producteur peut ajuster les facteurs terre et travail familial au nouveau système de prix ; si la quantité de travail familial ne peut s'ajuster, l'effet-prix sera inférieur en valeur absolue ; si, de plus, le facteur terre est contraint à son niveau initial de long terme, l'effet-prix résultant sera encore plus faible que

précédemment et se reportera seulement sur les autres facteurs variables.

Samuelson (1965, p. 77) démontre les relations [14] et les considère comme une application, à des systèmes économiques en équilibre, du principe de Le Chatelier. Lau (1976) en fournit une nouvelle démonstration en utilisant les égalités entre matrices hessiennes (équations [10] à [13]).

SECTION 3. LES ECONOMIES D'ECHELLE, MESURE DUALE DES RENDEMENTS D'ECHELLE

La mise en évidence d'économies d'échelle ou de déséconomies d'échelle, au sein d'une activité de production, est fondamentale, tout autant pour le processus de décision du producteur que pour l'élaboration de politiques économiques : ceci est particulièrement le cas pour le secteur public dans le cadre, par exemple, d'une mise en place de la tarification au coût marginal (5). Le secteur agricole a également fait l'objet d'analyses économiques préalables à la mise en oeuvre de politiques structurelles concernant la possibilité d'économies d'échelle. Ces analyses n'ont pas manqué de susciter des controverses dont la multiplicité traduit, pour une part, la confusion des concepts, le peu de résultats appliqués et le manque de rigueur dans l'appréciation de ces résultats. Parallèlement, le lien explicite entre l'existence (ou la non-existence) d'économies d'échelle et l'impact des politiques agricoles a été très peu souligné (6).

Ces premières remarques conduisent dans le cadre de cette section à préciser de plusieurs points de vue les notions de rendements et d'économies d'échelle. Nous proposons en premier

(5) une entreprise qui exhibe des économies d'échelle ne couvre pas ses coûts de production en tarifant au coût marginal.

(6) il convient de noter à ce propos Boussard (1986) qui admet l'hypothèse des rendements d'échelle constants en agriculture, ce qui conduit l'auteur à conclure sur une inefficacité totale des politiques de structure.

lieu une formalisation rigoureuse du concept d'économies d'échelle dans une approche duale ; la généralisation au cas multiproduits est ensuite présentée. Enfin, une attention particulière est portée sur une mesure des économies d'échelle dans le cadre d'une technologie à facteurs fixes, ce qui aboutit, dans la filiation théorique de la section précédente, au calcul d'une mesure des économies d'échelle de long terme.

3.3.1. Rendements et économies d'échelle

Le concept de rendements d'échelle a été présenté dans le chapitre II (sous-paragraphe 2.2.1.3.) comme une caractéristique importante d'une technologie :

soit $(x, z, y) \in T$:

. T obéit à la loi des rendements d'échelle non-décroissants si et seulement si $\forall t \geq 1, (tx, tz, ty) \in T$.

. T obéit à la loi des rendements d'échelle non-croissants si et seulement si $\forall 0 \leq t < 1, (tx, tz, ty) \in T$.

. T obéit à la loi des rendements d'échelle constants si et seulement si $\forall t \geq 0 (tx, tz, ty) \in T$.

Comme cela avait été souligné précédemment, l'aspect global de la définition précédente ne se prête pas à la caractérisation de

tout ensemble de production (cf. figure 2.4, sous-paragraphe 2.2.1.3.) : une mesure locale du degré de rendements d'échelle s'avère donc plus appropriée : celle-ci se fait initialement le long de la frontière efficace de l'ensemble de production.

Considérons donc le cas mono-produit du sous-paragraphe 2.2.2.1. où nous avons mis en évidence l'existence d'une fonction de production que nous écrivons ici sous forme logarithmique pour la commodité de l'exposé :

$$\ln y = f [\ln x, \ln z] \quad (7) \quad [15]$$

Par différentiation totale, il vient :

$$d \ln y = \sum_{i=1}^n f'_i d \ln x_i + \sum_{h=n+1}^N f'_h d \ln z_h \quad [16]$$

avec :

$$\begin{cases} f'_i = (\partial f / \partial \ln x_i) \\ f'_h = (\partial f / \partial \ln z_h) \end{cases}$$

Supposons un accroissement équiproportionnel de l'ensemble des facteurs, soit :

$$d \ln x_i = d \ln x_{i'} = d \ln z_h = d \ln z_k$$

$$i, i' = 1, \dots, n$$

$$h, k = n+1, \dots, N$$

(7) cette notation est empruntée à Caves, Christensen et Swanson (1981).

Le degré des rendements d'échelle est alors défini par l'élasticité :

$$RCH(x, z) = \left[\frac{d \ln y}{d \ln x_i} \right] = \left[\frac{d \ln y}{d \ln z_h} \right] \quad [17]$$

ou encore :

$$RCH(x, z) = \sum_{i=1}^n f'_i + \sum_{h=n+1}^N f'_h \quad [18]$$

L'élasticité d'échelle, RCH, est donc le ratio d'un accroissement relatif du produit y consécutif à un accroissement équiproportionnel de l'ensemble des facteurs ; c'est une mesure locale qui nécessite une hypothèse de différentiabilité sur la technologie. L'information contenue dans la mesure RCH revêt tout d'abord un caractère "technologique". Ceci étant, si l'on restreint cette mesure sur l'ensemble des plans de production qui forme le sentier d'expansion (8), le degré de rendements d'échelle RCH apparaît alors plus pertinent dans le cadre d'une analyse microéconomique.

Le programme de minimisation du coût total des facteurs s'écrit de la manière suivante :

$$\left[\begin{array}{l} \text{Min} \\ x, z \end{array} \quad \sum_{i=1}^n p_i x_i + \sum_{h=n+1}^N p_h z_h \right. \quad [19] \\ \left. \ln y = f[\ln x, \ln z] \right.$$

(8) Le sentier d'expansion est l'ensemble des couples (x, z) qui minimisent le coût total des facteurs pour un niveau de production et un vecteur prix des facteurs fixés.

Les conditions nécessaires du premier ordre sont les suivantes :

$$\begin{cases} \lambda (\partial f / \partial x_i) = p_i & i = 1, \dots, n \\ \lambda (\partial f / \partial z_h) = p_h & h = n+1, \dots, N \end{cases} \quad [20]$$

Par ailleurs, le long du sentier d'expansion, la fonction de coût total vérifie :

$$\begin{cases} \partial CT / \partial p_i = x_i^* & i = 1, \dots, n \\ \partial CT / \partial p_h = z_h^* & h = n+1, \dots, N \\ \partial CT / \partial \ln y = \lambda \end{cases} \quad [20a]$$

Les x_i^* , $i = 1, \dots, n$ et les z_h^* , $h = n+1, \dots, N$ sont les solutions du programme [19] ; l'écriture logarithmique de l'expression [1] fait apparaître λ , non pas comme le coût marginal, mais comme ce dernier rapporté à y .

D'où en utilisant les expressions [20] et [20a], l'expression [18] devient :

$$\begin{aligned} RCH(x^*, z^*) &= \sum_{i=1}^n p_i x_i^* / \lambda + \sum_{h=n+1}^N p_h z_h^* / \lambda \\ &= 1/\lambda [CT] \\ &= \left[\partial \ln CT / \partial \ln y \right]^{-1} \end{aligned} \quad [21]$$

Autrement dit, la mesure RCH, effectuée le long du sentier d'expansion, correspond au rapport du coût moyen, $[CT / y]$, au coût marginal $[\partial CT / \partial y]$.

Le calcul précédent marque, de notre point de vue, la transition entre le concept de rendements d'échelle et celui d'économies d'échelle (9) ; en effet, RCH (x^* , z^*) s'interprète aisément en termes économiques : si l'on définit simplement la présence d'économies d'échelle comme la diminution du coût unitaire d'une production lorsque le volume de celle-ci augmente. Ce prix revient à considérer :

$$\frac{\partial}{\partial y} \left[CT/y \right] = [1/y^2] [y \cdot (\partial CT / \partial y) - CT]$$

si CT/y est une fonction décroissante de y alors :

$$\frac{\partial}{\partial y} \left[CT/y \right] < 0$$

ou encore :

$$(\partial CT / \partial y) < CT / y$$

soit :

$$RCH (x^*, z^*) > 1$$

Inversement, une situation de "déséconomies" d'échelle correspond à :

$$RCH (x^*, z^*) < 1$$

(9) il y a généralement confusion entre les deux notions : Beattie et Taylor (1985) établissent la distinction en nommant respectivement les deux concepts : "Returns to scale" et "Returns to size".

Notons par ailleurs que cette mesure est issue d'un calcul différentiel, nous ne pouvons donc nous intéresser qu'à des variations marginales de la quantité produite ; cette remarque se justifie dans la mesure où certains travaux s'en tiennent à un caractère global des économies d'échelle : or, à l'évidence, le long d'un sentier d'expansion, l'existence d'économies d'échelle peut précéder une situation de déséconomies d'échelle.

Remarquons enfin que les solutions x^* et z^* , solutions du programme [19] étant fonctions de y , p_x , et p_z , la mesure RCH s'écrit encore :

$$RCH (x^* ; z^*) = RCH (p_x, y, p_z)$$

En conséquence, de la même manière que lors d'une variation du niveau de production y , une évolution dans la structure des prix peut faire transiter le producteur d'une situation où $RCH > 1$ à une situation où $RCH < 1$ (et vice-versa).

Le degré RCH des économies d'échelle, mesuré sur le sentier d'expansion, est donc fonction de la structure des prix ; il apparaît ainsi plus clairement comme une mesure duale des rendements d'échelle.

La formalisation, adoptée ici, permet sans difficulté de généraliser au cas multiproduits : c'est ce que nous nous proposons de faire dans le paragraphe suivant.

3.3.2. Généralisation au cas multiproduit

La fonction de transformation, telle qu'elle a été définie au paragraphe 2.2.2.2., décrit de manière exhaustive la technologie multiproduit ; nous l'écrivons ici sous forme logarithmique :

$F [\ln y_1, \dots, \ln y_M, \ln x_1, \dots, \ln x_n, \ln z_{n+1}, \dots, \ln z_N] = 1$.
 Suivant, Caves, Christensen et Swanson (1981), par différentiation totale, il vient :

$$\sum_{m=1}^M F_{y_m} d \ln y_m + \sum_{i=1}^n F_{x_i} d \ln x_i + \sum_{h=n+1}^N F_{z_h} d \ln z_h = 0 \quad [22]$$

avec $F_{y_m} = \partial F / \partial \ln y_m$
 $F_{x_i} = \partial F / \partial \ln x_i$
 $F_{z_h} = \partial F / \partial \ln z_h$

Nous définissons une mesure locale agrégée des rendements d'échelle dans le cas multiproduits comme l'accroissement équiproportionnel de tous les produits résultant d'un accroissement équiproportionnel de tous les facteurs. Soit :

$$d \ln y_m = d \ln y_{m'} \quad m, m' = 1 \dots M$$

$$d \ln x_i = d \ln x_{i'} = d \ln z_h = d \ln z_k \quad i, i' = 1, \dots, n$$

$$h, k = n+1, \dots, N$$

d'où, en reprenant l'expression [22], il vient :

$$\begin{aligned} RCH &= (d \ln y_m / d \ln x_i) = (d \ln y_m / d \ln z_h) = \\ &= - \left[+ \sum_i F_{x_i} + \sum_h F_{z_h} \right] / \left(\sum_m F_{y_m} \right) \end{aligned} \quad [23]$$

Cette mesure primale correspond, sur le sentier d'expansion global, à la mesure locale agrégée des économies d'échelle proposée par Panzar et Willig (1977).

En effet, d'une part, en remplaçant f par F dans [20], les conditions nécessaires du premier ordre restent inchangées. D'autre part, nous avons :

$$\begin{aligned} d CT &= \sum_i p_i d x_i + \sum_h p_h d z_h \\ &= \sum_i \lambda (\partial F / \partial x_i) d x_i + \sum_h \lambda (\partial F / \partial z_h) d z_h \\ &= \lambda \left[\sum_i (\partial F / \partial x_i) d x_i + \sum_h (\partial F / \partial z_h) d z_h \right] \\ &= - \lambda \left[\sum_m (\partial F / \partial y_m) d y_m \right] \end{aligned}$$

Par ailleurs, la différentielle totale de CT , fonction de y , p_x et p_z , peut encore s'écrire à p_x et p_z fixés :

$$d CT = \sum_m (\partial CT / \partial y_m) d y_m$$

d'où, en identifiant, il vient :

$$(\partial F / \partial y_m) = - (1/\lambda) (\partial CT / \partial y_m) \quad [24]$$

Les expressions [20] et [24] reprises dans [23] nous donnent :

$$\begin{aligned}
 RCH &= - \left[\sum_i (p_i x_i) / \lambda + \sum_h (p_h z_h) / \lambda \right] / \sum_m - (1/\lambda) (\partial CT / \partial \ln y_m) \\
 &= CT / \left[\sum_m \partial CT / \partial \ln y_m \right] \\
 &= \left[\sum_m (\partial \ln CT / \partial \ln y_m) \right]^{-1} \quad [25]
 \end{aligned}$$

Cette mesure des économies d'échelle dans le cas multiproduits peut encore s'écrire :

$$RCH = CT(p_x, y, p_z) / \left[\sum_{m=1}^M y_m (\partial CT / \partial y_m) \right]$$

Ainsi, RCH correspond au ratio du coût de production, $CT(p_x, y, p_z)$, au revenu destiné à l'entreprise si celle-ci tarifie l'ensemble de ses produits au coût marginal $(\partial CT / \partial y_m)$; on retrouve ainsi le résultat classique selon lequel, dans le cas d'économies d'échelle ($RCH > 1$), une tarification au coût marginal ne permet pas de couvrir les coûts de production.

Il convient de remarquer cependant que la combinaison des différents produits peut varier le long d'un sentier d'expansion : la contrainte d'équiproportionnalité associée aux variations des produits infirme donc quelque peu la généralité du concept, ce qui a conduit des auteurs tels que Baumol, Panzar et Willig (1982) à définir une mesure d'économies d'échelle spécifique par produit. Une mesure approchée du coût moyen du produit y_m est donnée par l'expression suivante :

$$CM_m = \left[CT(p_x, y, p_z) - CT(p_x, y_{M-m}, p_z) \right] / y_m$$

avec :

$$CT(p_x, y_{M-m}, p_z) = CT(p_x, y_1, \dots, y_{m-1}, 0, y_{m+1}, \dots, y_M, p_z)$$

Cette mesure permet ainsi de définir une mesure des économies d'échelle spécifique du produit y_m :

$$ECH_m = CM_m / \left[\partial CT / \partial y_m \right]$$

Nous proposons, dans le paragraphe suivant, la prise en compte de la possible fixité de certains facteurs dans la mesure des économies d'échelle.

3.3.3. Economies d'échelle de court et long terme

Le premier paragraphe de cette section rendait compte d'une relation de dualité entre les notions de rendements et d'économies d'échelle. Notons que cette dernière mesure telle que définie précédemment, est un concept de long terme au sens où tous les facteurs s'ajustent au niveau d'équilibre associé à la variation du produit et à la minimisation du coût total ; il en résulte que nous pouvons définir une mesure des économies d'échelle de court terme, associée à la fonction de coût restreint $CR(p_x, y, z)$, telle que :

$$ECH^{CT} = \left[\sum_{m=1}^M (\partial \ln CR / \partial \ln y_m) \right]^{-1}$$

En présence de facteurs fixes, Caves, Christensen et Swanson (1981) s'en tiennent cependant à une mesure globale, analogue à l'expression [23], et faisant intervenir une variation de l'ensemble des facteurs ; le report des dérivées partielles de la fonction CR dans [23] aboutit à la mesure duale suivante :

$$ECH^{\circ} = \left[1 - \sum_{h=n+1}^N (\partial \ln CR / \partial \ln z_h) \right] / \left[\sum_{m=1}^M \partial \ln CR / \partial \ln y_m \right] \quad [26]$$

ECH° a été appliquée, entre autres, par Halvorsen et Smith (1986), Schankerman et Nadiri (1986) ; elle appelle, cependant, deux remarques.

Il est clair tout d'abord qu' ECH° n'est pas mesurée sur le sentier d'expansion global, relatif à l'ensemble des facteurs de production, puisque les facteurs fixes ne sont pas nécessairement à leur niveau optimal ; elle diffère donc généralement de l'expression [25] que nous interprétons ici comme une mesure de long terme des économies d'échelle :

$$ECH^{LT} = \left[\sum_{m=1}^M (\partial \ln CT / \partial \ln y_m) \right]^{-1}$$

Il est néanmoins possible de montrer que les deux mesures ECH^{LT} et ECH° coïncident dans le cas particulier où cette dernière grandeur est calculée au point z^* , solution du programme [19] ; en effet, en z^* :

$$ECH^0(p_x, y, z^*) = \left[1 - \sum_{h=n+1}^N \left[\frac{\partial CR(p_x, y, z^*)}{\partial z_h} \right] / \left[CR(p_x, y, z^*) / z_h^* \right] \right] \\ / \left[\sum_{m=1}^M \frac{\partial \ln CR(p_x, y, z^*)}{\partial \ln y_m} \right]$$

D'autre part, nous avons :

$$\left[\frac{\partial CT}{\partial y_m} \right] = \left[\frac{\partial CR(p_x, y, z^*)}{\partial y_m} \right] + \\ \sum_{h=n+1}^N \left[\frac{\partial CR(p_x, y, z^*)}{\partial z_h} \right] \left[\frac{\partial z_h}{\partial y_m} \right] + \\ \sum_{h=n+1}^N p_h \left(\frac{\partial z_h}{\partial y_m} \right)$$

or, à l'équilibre hicksien de long terme :

$$\left[\frac{\partial CR(p_x, y, z^*)}{\partial z_h} \right] = - p_h$$

ce qui implique :

$$\left(\frac{\partial CT}{\partial y_m} \right) = \left(\frac{\partial CR(p_x, y, z^*)}{\partial y_m} \right)$$

D'où, en remplaçant dans l'expression de ECH^0 , il vient :

$$\begin{aligned}
 ECH^0(p_x, y, z^*) &= \left[1 + \left(\sum_{h=n+1}^N p_h z_h^* \right) / CR(p_x, y, z^*) \right] / \\
 &\quad \left[\sum_{m=1}^M (\partial CT / \partial y_m) / (y_m / CR(p_x, y, z^*)) \right] \\
 &= \left[CT(p_x, y, p_z) / CR(p_x, y, z^*) \right] / \\
 &\quad \left[\sum_{m=1}^M (\partial CT / \partial y_m) / (y_m / CR(p_x, y, z^*)) \right] \\
 &= ECH^{LT}
 \end{aligned}$$

Nous venons par conséquent de mettre en évidence une méthode de calcul des économies d'échelle de long terme par la seule connaissance de la fonction de coût restreint et des prix des facteurs quasi-fixes, méthode analogue à la dérivation des élasticités-prix de long terme. Cette procédure peut être également utilisée pour calculer une mesure marshallienne des économies d'échelle dans le cadre de nouvelles propriétés de convexité sur la technologie.

Notons enfin que dans un environnement économique avec facteurs fixes, la mesure ECH^{CT} apparaît généralement la plus appropriée : celle-ci respecte les contraintes de fixité des facteurs ; d'autre part, dans l'hypothèse d'un assouplissement de ces dernières, le producteur n'augmentera pas systématiquement les quantités préalablement fixées pour augmenter la production, ce qui infirme quelque peu la mesure ECH^0 : une illustration de cette situation est fournie par le travail familial au sein d'une exploitation agricole.

3.3.4. Conclusion

Nous venons de caractériser le concept d'économies d'échelle comme une mesure duale des rendements d'échelle ; c'est une mesure duale au sens où une caractéristique de la technologie, approchée par le biais d'une hypothèse de comportement, revêt une nature économique qui n'est fonction finalement que de l'environnement auquel fait face le producteur.

L'élaboration de cette mesure requiert simultanément l'approche duale, la prise en compte de déséquilibres associés à certains biens et, enfin, l'outil différentiel : ce dernier explique, pour une part certainement, la nature peu opérationnelle du concept dans la mise en oeuvre par exemple de politiques structurelles. En effet, les mesures qui ont été définies ne nous renseignent pas quant aux économies d'échelles possibles dans le cas, par exemple, d'un doublement des capacités de production de l'exploitation agricole. La prise en compte de la fixité apparaît pertinente, tout au moins dans le secteur agricole où, à l'évidence, certains facteurs ne peuvent s'ajuster rapidement. Notons enfin que les développements récents dans l'analyse des structures industrielles ont permis de définir de nouveaux concepts étroitement reliés à ceux d'économies d'échelle (Baumol, Panzar, Willig, 1982) ; nous les présenterons ultérieurement lors d'applications économétriques relatives à une technologie multiproduits.

CONCLUSION

L'hypothèse de flexibilité de l'ensemble des facteurs de production nécessite d'être affaiblie, tout particulièrement dans le secteur agricole ; la prise en compte d'une possible fixité de certains facteurs conduit à définir la fonction de coût restreint munie de diverses propriétés par rapport aux quantités fixées. Par ailleurs, certaines propriétés de différentiabilité peuvent être obtenues moyennant des hypothèses de convexité et de différentiabilité sur la frontière de production. De manière générale, s'il nécessite un renforcement sensible du corps d'hypothèses sur la technologie, le double point de vue dual et différentiel fournit une mesure duale du déséquilibre factoriel associé aux facteurs fixes. La détermination de nouvelles situations d'équilibre correspondant à de nouvelles hypothèses de comportement est également possible : nous appliquerons cette procédure dans le chapitre suivant.

La mesure duale des rendements d'échelle fournit une information sur la technologie quelque peu extérieure au sous-ensemble sur lequel s'est faite l'optimisation ; les qualificatifs de court et long terme qui lui sont associés révèlent cette mesure comme une fonction de l'environnement économique et de la possible fixité de certains facteurs. Les chapitres suivants présentent une application économétrique concernant également cette mesure, ce qui permettra de nourrir quelque peu le débat sur l'existence d'économies d'échelle locales dans le secteur agricole ; ce constat renvoie également à la cohérence de l'hypothèse néo-classique de maximisation du profit, une question dont nous débattons dans le chapitre VII.

Ce chapitre III s'intercale entre l'approche duale théorique, de nature principalement ensembliste, et la démarche économétrique qui va suivre. Cette analyse, débutée ici, se poursuivra dans les chapitres ultérieurs : nous caractériserons ainsi, en particulier, l'homothéticité et les propriétés de séparabilité d'une technologie.

DEUXIEME PARTIE

**APPROCHE ECONOMETRIQUE
DES SYSTEMES CEREALIERS**

INTRODUCTION : DU MODELE THEORIQUE AU MODELE ECONOMETRIQUE

La transition entre le modèle théorique et le modèle économétrique s'établit principalement à deux niveaux. Il nous faut tout d'abord spécifier une forme fonctionnelle pour la fonction d'objectif à estimer. En second lieu, l'apport d'une spécification stochastique au modèle théorique établit un lien avec la réalité observée ; sur le terrain de cette spécification, il s'y joue l'objet même de la statistique mathématique, à savoir juger l'adéquation du modèle à la réalité. L'effort, développé plus particulièrement dans le chapitre VI, sera d'intégrer la spécification stochastique dans le modèle de comportement. Nous adopterons en effet une spécification primale des erreurs, associée à la frontière de production, qui permettra d'étendre les relations de dualité dans une dimension stochastique. Au préalable donc et en guise d'introduction à cette deuxième partie de l'étude, nous explicitons quelques problèmes de spécification des formes fonctionnelles flexibles.

Compatibilité théorique et flexibilité des formes fonctionnelles

La forme fonctionnelle Translog adoptée dans les applications économétriques ultérieures ne fait guère preuve aujourd'hui d'originalité. Par ailleurs, elle traduit imparfaitement le cadre élargi de réflexion sur l'utilisation des formes fonctionnelles que nous avons adopté. Dans ce contexte, il paraît souhaitable de replacer en introduction ce cadre de réflexion qui conduit à proposer de nouvelles perspectives d'investigations. Le souci actuel est d'obtenir une meilleure compatibilité entre la théorie économique et l'outil économétrique utilisé. Ainsi, la forme fonctionnelle translog utilisée et estimée dans les chapitres suivants ne vérifie pas en tout point la propriété de concavité par rapport aux prix. Il eut peut-être été souhaitable, dans un tel cas, d'adopter d'autres formes fonctionnelles et de comparer leur région de régularité ; nous avons opté ici pour la présentation d'un nouveau cadre d'analyse permettant l'imposition de propriétés de convexité. Le dilemme est alors le suivant : il nous faut adopter, d'une part, une forme fonctionnelle qui n'altère pas l'information sur la technologie portée par la fonction d'objectif ; d'autre part, la forme fonctionnelle choisie doit pouvoir être contrainte par les propriétés théoriques de la fonction de coût. Les exigences précédentes se concilient parfois difficilement : tel est le cas des propriétés de flexibilité et de convexité que doit posséder une forme fonctionnelle duale.

Le premier sous-paragraphe précise le critère de compatibilité théorique d'une forme fonctionnelle. La notion de flexibilité est rappelée dans le second sous-paragraphe qui présente, par ailleurs, de nouvelles formes fonctionnelles autorisant une relative compatibilité entre convexité globale et flexibilité. Nous concluons sur deux propositions qui peuvent s'insérer logiquement dans le prolongement des applications économétriques suivantes.

1. Compatibilité théorique des formes fonctionnelles

L'approche duale en théorie de la production débute classiquement par la spécification d'une forme fonctionnelle pour la fonction d'objectif (en l'occurrence, ici, la fonction de coût). Le choix de telle ou telle spécification n'est guère guidé, que ce soit par la théorie économique sous-jacente ou par la réalité économique observable ; ce constat conduit Lau (1986, p. 1520) à proposer un premier critère de choix fondé sur la compatibilité théorique que doit assurer la forme fonctionnelle. Plus précisément, cette dernière doit pouvoir être contrainte par les propriétés théoriques de la fonction de coût ; l'acceptation de ces propriétés dans le cadre de la théorie des tests, constitue alors un critère de bonne spécification de l'hypothèse de comportement qui a structuré l'approche duale.

Considérons, à titre d'illustration, la fonction de coût "théorique" définie dans le paragraphe 2.3.1. : celle-ci est notamment continue, linéaire homogène, non-décroissante et concave par rapport aux prix des facteurs. Certaines propriétés telles que l'homogénéité linéaire peuvent être imposées facilement ; l'exercice devient plus ardu pour ce qui concerne la concavité par rapport aux prix : sous l'hypothèse de double différentiabilité de la fonction de coût par rapport aux prix des facteurs, une condition nécessaire et suffisante pour que celle-ci soit concave par rapport aux prix est que la matrice de terme général $[C_{ij}]$ soit semi-définie négative, $C_{ij} = (\partial^2 C / \partial p_i \partial p_j)$; Lau (1978) propose ainsi une méthode d'imposition de contraintes de convexité ou quasi-convexité sur une fonction d'objectif. Ceci étant, la plupart des travaux récents sur le sujet ont porté seulement sur une vérification des propriétés de convexité de la fonction d'objectif estimée, constatant, par ailleurs, que celles-ci n'étaient pas vérifiées globalement : Wales (1977), Caves et Christensen (1980), Barnett, Lee et Wolfe (1985) ont comparé

différentes formes fonctionnelles par rapport aux régions des variables explicatives où ces formes vérifient les propriétés théoriques de la fonction de coût ; cet écueil, relatif à la compatibilité théorique, fournit de fait un critère de choix parmi les différentes formes fonctionnelles. Sur un autre plan, les difficultés ne s'estompent pas également dans la mise en oeuvre de méthodes d'imposition de contraintes de convexité : ces méthodes, en effet, se heurtent au critère de flexibilité des formes fonctionnelles que nous rappelons dans le sous-paragraphe suivant.

2. Notion de forme fonctionnelle flexible

En théorie de la production, c'est l'approche primale qui, historiquement, a conduit les premiers travaux empiriques concernant les structures de production. Cette approche consiste à spécifier une fonction de production qui, associée au programme d'optimisation du producteur, permet d'estimer l'offre de produits, les demandes de facteurs et la fonction d'objectif indirecte. Empiriquement, cette approche s'est heurtée en premier lieu à la spécification d'une forme fonctionnelle pour la fonction de production : les premières générations de ces fonctions supposaient des proportions fixes entre facteurs ou des élasticités de substitution constantes (fonctions Cobb-Douglas, C.E.S.), ce qui infirme notamment les possibilités réelles de substitution. Plus précisément, certaines hypothèses en théorie de la production sont équivalentes à des restrictions sur les élasticités partielles de substitution de Allen (cf. sous-paragraphe 4.1.3.2.) ; il apparaît nécessaire alors que la

forme fonctionnelle adoptée puisse atteindre des valeurs arbitraires pour les élasticités de substitution. Ce dernier souhait fait référence à une notion de "flexibilité" de la forme fonctionnelle ; il ne peut cependant être vérifié pour toute valeur possible des élasticités partielles de substitution de Allen dès lors que le nombre de facteurs excède deux (Uzawa, 1962).

Les travaux se sont portés alors sur la spécification de formes fonctionnelles qui possèdent, localement, un certain critère de flexibilité : nous aboutissons ainsi à la définition de formes fonctionnelles flexibles dont l'émergence s'est faite pratiquement conjointement aux premières applications de l'approche duale en théorie de la production (1). Sous cette même approche, les élasticités partielles de substitution de Allen sont des fonctions des dérivées partielles du premier et du second ordre de la fonction de coût ; aussi n'est-il pas étonnant de trouver dans les définitions originelles (Diewert 1971, 1973), un concept de flexibilité qui se réfère aux dérivées partielles de la fonction à spécifier. Nous rapportons ici, un critère de flexibilité locale :

définition 1 (Barnett, Lee et Wolfe, 1985) :

La fonction f_{θ}^* est une forme fonctionnelle flexible si, en tout point x^0 et pour tout f , il existe $\theta^0 = \theta(x^0)$ tel que :

$$f^*(x^0) = f(x^0)$$

$$(\partial f^* / \partial x)_{x=x^0} = (\partial f / \partial x)_{x=x^0}$$

(1) D'après Mac Fadden (1978, p. VIII), la première application empirique explicite de formes fonctionnelles flexibles duales est due à Diewert (1969).

$$(\partial^2 f^* / \partial x \partial x')_{x=x^0} = (\partial^2 f / \partial x \partial x')_{x=x^0}$$

La plupart des formes fonctionnelles flexibles adoptées dans les applications économétriques de la théorie de la dualité se définissent comme étant des approximations locales du second ordre de la vraie fonction : Barnett (1983a) montre l'équivalence entre le critère de flexibilité au sens de Diewert défini précédemment et la définition suivante d'une approximation locale du second ordre :

définition 2 (Barnett et al., 1985) :

La fonction f_{θ}^* constitue une approximation locale du second ordre d'une fonction f en un point x^0 si il existe $\theta^0 = \theta(x^0)$ tel que :

$$\left[(f_{\theta^0}^*(x) - f(x)) / (\|x - x^0\|^2) \right] \rightarrow 0 \text{ quand } x \rightarrow x^0$$

$\| \cdot \|$ désignant la norme euclidienne.

Ces mêmes auteurs notent également que la définition 1 inclut toutes les autres définitions communes de la flexibilité fonctionnelle locale.

La fonction Léontief généralisée (Diewert, 1971) et la fonction translog (Christensen, Jorgenson et Lau, 1971, 1973) ont été les premières formes fonctionnelles flexibles introduites dans

les applications empiriques (2). D'une manière générale, les possibilités de flexibilité sont équivalentes pour la plupart des formes fonctionnelles introduites dans la littérature ; par ailleurs, elles peuvent s'étendre dans une dimension globale, sur un ensemble de points inclus dans le domaine de définition de la fonction. C'est justement dans cette dimension globale, que les propriétés de flexibilité et de convexité se concilient difficilement ; en effet, les formes fonctionnelles flexibles estimées ne satisfaisant pas globalement à la propriété de convexité souhaitée, il devient nécessaire de disposer d'une procédure qui, par exemple, puisse imposer localement, voire globalement la propriété de concavité de la fonction de coût par rapport aux prix.

Nous nous proposons de préciser quelques méthodes d'imposition dans le cas d'une fonction de coût translog.

Lau (1978) impose une concavité locale en un seul point : ceci conduit à contraindre la matrice M_1 de terme général :

$$\left[m_{ij}^1 \right] = \left[d_{ij} + c_i (c_j - \delta_{ij}) \right]$$

à être semi-définie négative (3).

(2) La fonction Leontief généralisée s'écrit sous la forme suivante pour une fonction de coût monoproduit - multifacteurs :

$$C(y, p) = h(y) \cdot \sum_i \sum_j d_{ij} (p_i)^{1/2} (p_j)^{1/2}$$

$$p_i \geq 0 ; y \geq 0 ; d_{ij} \geq 0 ; d_{ij} = d_{ji}$$

h : fonction continue, monotone croissante, tend vers $+\infty$ quand y tend vers $+\infty$, $h(0) = 0$

(3) La vérification de la semi définie négativité s'effectue à l'aide de la décomposition de Cholesky (Lau, 1978).

δ_{ij} désigne le symbole de Kronecker :
$$\begin{cases} \delta_{ij} = 1 & \text{si } i = j \\ \delta_{ij} = 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

c_i et d_{ij} sont respectivement les paramètres associés aux variables $(\ln p_i)$ et $(\ln p_i)(\ln p_j)$ dans la fonction de coût translog (cf. paragraphe 4.1.1).

Cette méthode a été appliquée, entre autres, par Ball (1987) dans un modèle d'offre agricole américain.

Jorgenson et Fraumeni (1981) imposent une concavité globale en contraignant la matrice M_2 de terme général :

$$[m_{ij}^2] = [d_{ij}]$$

à être semi-définie négative ; cette dernière procédure a cependant l'inconvénient majeur de détruire la flexibilité de la fonction de coût translog (Diewert et Wales, 1987).

Récemment également, Spierer (1985) présente une méthode générale qui inclut les deux précédentes comme des cas limites (4). D'une manière générale, l'imposition d'une convexité globale détruit la flexibilité des formes fonctionnelles développées jusqu'ici. Diewert et Wales (1987) proposent deux nouvelles formes fonctionnelles qui autorisent une toute relative compatibilité entre flexibilité et convexité globale.

(4) La concavité globale imposée est relative à l'échantillon et se caractérise par l'introduction d'une constante Q dans le terme général de la matrice à contraindre. Une introduction qui mériterait d'être plus largement explicitée.

Ainsi, la fonction de coût Mc Fadden généralisée [1] et [2] autorise l'imposition d'une concavité globale sans détruire la flexibilité :

$$\begin{aligned}
 c^1(p, y, t) = & g^1(p) \cdot y + \sum_{i=1}^N b_{ii} p_i y + \sum_{i=1}^N b_i p_i + \sum_{i=1}^N b_{it} p_i \cdot t \cdot y \\
 & + b_t \left(\sum_{i=1}^N \alpha_i p_i \right) t + b_{yy} \left(\sum_{i=1}^N \beta_i p_i \right) y^2 + b_{tt} \left(\sum_{i=1}^N \lambda_i p_i \right) t^2 y
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

dans le cas d'une monoproduction y avec N facteurs variables, à la période t et la fonction g^1 définie par :

$$g^1(p) = (1/2) p_1^{-1} \sum_{i=2}^N \sum_{j=2}^N c_{ij} p_i p_j
 \tag{2}$$

avec $c_{ij} = c_{ji}$ $2 \leq i, j \leq N$

Les paramètres α_i , β_i et λ_i étant présélectionnés par l'économètre.

Le caractère asymétrique des expressions [1] et [2] peut, cependant, paraître gênant ; aussi Diewert et Wales définissent une version symétrique, l'expression [2] étant alors remplacée par :

$$g(p) = (1/2) (p' S p) / \theta' p
 \tag{3}$$

$S = S'$ est une matrice carrée symétrique, de taille (N, N) , semi-définie négative ; $\theta' = (\theta_1, \dots, \theta_N)$ est un vecteur de constantes non négatives et non tous nulles ; $p' = (p_1, \dots, p_N)$; $p_i > 0 \forall i$. Sous ces hypothèses, $g(p)$ est globalement concave par

rapport aux prix ; en remplaçant $g^1(p)$ par [3] dans l'expression [1], nous obtenons $C^S(p, y, t)$ la fonction de coût Mc Fadden généralisée symétrique. θ' peut être sélectionné par l'économètre ; cependant, N restrictions doivent être imposées pour restaurer l'identifiabilité du modèle ; celles-ci sont établies en choisissant un vecteur prix p^* et en imposant la matrice S telle que :

$$S.p^* = 0_N$$

En imposant également les contraintes suivantes sur les paramètres $\alpha_i, \beta_i, \lambda_i$ et θ_i :

$$\theta'.p^* > 0 \quad \alpha'.p^* \neq 0, \quad \beta'.p^* \neq 0, \quad \lambda'.p^* \neq 0$$

Diewert et Wales démontrent que $C^S(p, y, t)$ est une fonction de coût flexible en p^* .

De manière analogue, ces mêmes auteurs définissent une fonction de coût Barnett généralisée symétrique, issue de la forme fonctionnelle minflex Laurent (Barnett, 1983b) et possédant la propriété de concavité globale par rapport aux prix. Cette nouvelle forme fonctionnelle n'admet qu'une propriété de quasi-flexibilité relative à un facteur numéraire k telle que définie par Diewert et Wales (1987, p. 57).

3. Conclusion

Cette revue succincte sur différents travaux relatifs à la flexibilité des formes fonctionnelles conduit à plusieurs remarques et suggestions.

En premier lieu, la spécification d'une forme fonctionnelle duale ne s'affranchit pas du cadre différentiel adopté dans le chapitre III : avec celui-ci, les formes fonctionnelles flexibles au sens de Diewert sont des approximations différentielles du second ordre (5) ; en outre, la propriété de convexité de la fonction d'objectif est équivalente à une condition sur le hessien de cette même fonction.

La plupart des fonctions d'objectif estimées ne vérifiant pas les propriétés de convexité attendues, différentes méthodes ont été proposées pour imposer ces propriétés. Les restrictions conséquentes détruisent la flexibilité des formes fonctionnelles standard ; seule l'émergence de nouvelles formes (Diewert et Wales, 1987) autorisent une flexibilité restreinte. Il convient de noter cependant la relative lourdeur, sur le plan économétrique, des nouvelles formes fonctionnelles proposées (6).

Nous terminons enfin par deux suggestions qui s'insèrent logiquement dans le prolongement de l'étude. La première fait référence au degré de flexibilité requis pour les applications. Lau (1986, p. 1545) souligne à juste titre que, pour la plupart des applications, la flexibilité au second ordre est suffisante ; pour d'autres applications, le degré désiré peut être supérieur. La question est alors la suivante : peut-on apprécier un changement de convexité de la frontière de production à l'aide d'une forme fonctionnelle flexible au troisième ordre ? Ce souci rejoint le souhait d'une mesure plus fine des économies d'échelle, selon le niveau de production.

(5) Le terme "approximation différentielle" est dû à Lau (1974, p. 184).

(6) Diewert et Wales (1986) introduisent le concept de forme fonctionnelle semiflexible, eu égard notamment à des problèmes d'estimation ou d'insuffisance de degrés de liberté.

La deuxième suggestion est dérivée des écueils de nature économétrique, des chapitres suivants ; en effet, la fonction de coût estimée ne possède pas généralement les propriétés théoriques de convexité par rapport aux facteurs fixes telles que nous avons pu les apprécier dans le chapitre III. En conséquence, l'imposition de contraintes globales de convexité par rapport aux facteurs fixes, au prix certes d'une moindre flexibilité, permettrait d'inférer d'une manière plus rigoureuse les niveaux hicksiens de long terme. Ceci constitue un deuxième prolongement possible de notre étude.

MODELISATION DUALE
DE LA TECHNOLOGIE CERALIÈRE :
ANALYSE DE COURT TERME
ET DETERMINATION DES EQUILIBRES
DE LONG TERME

CHAPITRE IV.

INTRODUCTION

Ce premier chapitre de la deuxième partie de l'étude constitue une première application économétrique de l'approche duale en théorie de la production. Il tente d'inclure, par ailleurs, une spécificité marquée du secteur agricole, à savoir la rigidité de certains facteurs de production, en l'occurrence la terre et le travail familial.

Du fait d'une première application, notre premier point d'ancrage sera de développer les grandes lignes de la méthodologie d'étude économétrique des systèmes de production sur la base d'une approche duale et de données microéconomiques ; le modèle économétrique est en effet présenté dans sa plus grande généralité et permet la mesure des principales caractéristiques de la technologie. Par ailleurs, dans le contexte des travaux récents sur la modélisation du secteur agricole, l'apport de ce chapitre peut se caractériser principalement sur deux points :

- un retour sur l'approche primale qui permet de surmonter le problème de multicollinéarité dans l'estimation du prix dual.
- la présentation et l'application d'un cadre général d'inférence des situations d'équilibre de long terme.

Revenons maintenant sur la spécificité mentionnée précédemment. L'approche duale, au travers du lemme de Shephard conduit à

estimer des équations de demandes de facteurs. Or, une telle estimation, relative à un système complet de demandes hicksiennes s'appuie généralement sur l'hypothèse de minimisation du coût de l'ensemble des facteurs. Cette hypothèse de parfaite variabilité apparaît relativement discutable en agriculture dans la mesure où l'activité agricole se caractérise par une faible mobilité du travail familial et une quasi-fixité de la terre. La rigidité du travail familial, dans une période d'observation de court terme, ne fait aucun doute ; celle-ci peut se trouver renforcée aujourd'hui par l'existence d'un taux de chômage élevé dans les autres secteurs de l'économie et, demain peut-être, par la volonté affirmée du maintien d'une population active agricole relativement nombreuse. De même, la lenteur des mouvements de restructuration foncière, qui peut être liée par exemple au niveau élevé du prix de la terre, accroît la rigidité de ce dernier facteur. En conséquence, le modèle présenté dans ce chapitre, résulte d'une approche duale et reflète un équilibre de court terme : en effet, la terre et le travail familial sont ici considérés comme des facteurs quasi-fixes (1).

Nous aborderons successivement trois sections. La présentation détaillée du modèle économétrique associé à l'hypothèse de minimisation du coût des facteurs variables fera l'objet de la première section ; en particulier, une large part sera donnée aux interprétations possibles de la spécification stochastique ; précisons également que ce modèle fonde ensuite la formalisation utilisée dans les chapitres suivants. La deuxième section analyse les résultats d'estimation dans une optique de court terme ; autrement dit, nous caractérisons, de manière duale, la technologie céréalière. Une analyse duale du déséquilibre factoriel est proposée dans la troisième section ainsi que

(1) quasi-fixes dans le sens où ces facteurs peuvent s'ajuster dans le long terme.

l'inférence des différents niveaux d'équilibre de long terme associés au relâchement des contraintes de fixité de la terre et du travail familial. La détermination de la nouvelle situation d'équilibre permet alors de caractériser, toujours de manière duale, la technologie céréalière adoptée dans une situation de long terme. La conclusion, en recensant les différentes limites de ce premier modèle, délimite les investigations ultérieures.

SECTION 1. MODELE D'EQUILIBRE DE COURT TERME

Cette première section explicite l'écriture stochastique d'un système d'équations de parts de facteur, dérivé de la fonction de coût restreint duale. Différentes mesures duales de la technologie et du déséquilibre sont ensuite présentées analytiquement.

4.1.1. La fonction de coût restreint duale

Par hypothèse, le producteur de céréales minimise le coût des facteurs variables pour un niveau de production donné, les quantités disponibles de terre et de travail familial étant fixées. Cette hypothèse de comportement ne constitue, à l'évidence, qu'une première approche, nécessairement révisable dans la suite de l'étude.

L'application de la théorie de la dualité s'initialise alors classiquement par la spécification d'une forme fonctionnelle pour la fonction de coût restreint, obtenue après la minimisation précédente. Ses arguments sont les prix des facteurs variables, le niveau de production et les quantités de facteurs fixes. La spécification translog est retenue : en effet, celle-ci introduite par Christensen, Jorgenson et Lau (1973) a été la plus largement utilisée dans les travaux récents concernant la technologie de l'agriculture (Bonnieux, 1986a ; Higgins, 1986 ; Guyomard, 1988). La fonction Translog est par ailleurs flexible dans la mesure où

elle représente une approximation du second ordre de la vraie fonction de coût ; entre autres, ceci implique que les dérivées premières et secondes de ces deux fonctions sont égales au point d'approximation (Diewert, 1971). Le modèle prend alors la forme paramétrique suivante dans le cas d'une mono-production avec quatre facteurs variables et deux facteurs fixes :

$$\begin{aligned}
 \ln CR(p_x, y, z) = & a_0 + a_1 (\ln y) + \frac{1}{2} a_2 (\ln y)^2 + \\
 & \sum_{i=1}^4 b_i (\ln p_i) (\ln y) + \sum_{i=1}^4 c_i (\ln p_i) + \\
 & \frac{1}{2} \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^4 d_{ij} (\ln p_i) (\ln p_j) + \sum_{h=1}^2 f_h (\ln z_h) + \\
 & \frac{1}{2} \sum_{h=1}^2 \sum_{k=1}^2 g_{hk} (\ln z_h) (\ln z_k) + \\
 & \sum_{i=1}^4 \sum_{h=1}^2 k_{ih} (\ln p_i) (\ln z_h) + \\
 & \sum_{h=1}^2 m_h (\ln y) (\ln z_h) \qquad [1]
 \end{aligned}$$

avec y : niveau du produit céréalier

- p_i : prix des facteurs variables, $i = 1, 2, 3, 4$.
- p_1 : prix des carburants
- p_2 : prix des engrais
- p_3 : prix du capital
- p_4 : prix du travail salarié

z_h : quantité du facteur fixe h
 z_1 : quantité de travail familial
 z_2 : quantité de terre.

Le point d'approximation est habituellement le point moyen de l'échantillon : ainsi, les variables $\ln y$, $\ln p_i$, $\ln z_h$ dans l'équation [1] sont en fait les variables centrées $\ln y - \overline{\ln y}$, $\ln p_i - \overline{\ln p_i}$, $\ln z_h - \overline{\ln z_h}$, respectivement, cette convention étant retenue pour ne pas alourdir les notations.

Les équations de demandes de facteurs résultent d'une différentiation partielle de la fonction de coût par rapport au prix de ce facteur : c'est une application du lemme de Shephard, lui-même, sous l'hypothèse de différentiabilité de la fonction de coût, application du théorème de l'enveloppe, ce qui nous permet d'écrire :

$$\partial CR(p_x, y, z) / \partial p_i = \bar{x}_i(p_x, y, z) \quad [2]$$

$$i = 1, 2, 3, 4.$$

$\bar{x}_i(p_x, y, z)$ étant la demande du facteur i, conditionnelle à y et z ou encore demande hicksienne de court terme. L'équation [2], rendue stochastique, peut encore se réécrire sous forme de part de facteur, en utilisant [1] :

$$\begin{aligned}
 p_i \bar{x}_i / CR = M_i = c_i + b_i (\ln y) + \frac{1}{2} \sum_{j=1}^4 (d_{ij} + d_{ji}) (\ln p_j) \quad [2a] \\
 + \sum_{h=1}^2 k_{ih} (\ln z_h) + \varepsilon_i.
 \end{aligned}$$

$$i = 1, 2, 3, 4.$$

Les équations [2a] représentent le modèle des équations des parts de facteurs sur lequel va reposer l'estimation. Nous montrons, dans le paragraphe suivant, comment l'estimation simultanée de ces équations se justifie, auquel cas il nous faut alors préciser l'économétrie du modèle à régressions empilées.

4.1.2. Le modèle économétrique

4.1.2.1. Spécification stochastique

Les formes fonctionnelles habituellement introduites en économétrie de la production rendent compte seulement des relations systématiques entre les variables économiques, en dehors de tout effet aléatoire pouvant influencer sur la détermination de la mesure de ces variables ; en conséquence, la spécification stochastique est une part intrinsèque de la spécification du modèle de production ; par ailleurs, elle doit être subordonnée à la visualisation du vrai processus de production (Fuss, Mac Fadden et Mundlak, 1978). Ces mêmes auteurs considèrent que les relations entre les variables mesurées de la production contiennent des composantes stochastiques introduites à quatre niveaux :

(a) La technologie de l'unité de production : les variations dans la technologie peuvent s'expliquer par :

- des effets connus du producteur mais non de l'économètre : gestion, disponibilité et qualité de certains facteurs de production, ...

- des effets inconnus du producteur au moment où les décisions sont prises : panne de matériel, conditions climatiques...

Ainsi, les effets connus sont censés intervenir dans le processus d'optimisation du producteur à la différence des effets inconnus. Par ailleurs, les implications statistiques de cette distinction résident dans le fait que les niveaux observés des facteurs seront endogènes aux effets aléatoires connus du producteur et potentiellement exogènes à ceux qui ne sont pas connus.

(b) L'environnement de chaque firme : il s'agira, en particulier, de l'environnement de marché : prix relatifs incertains au moment où les décisions sont prises, ... Comme précédemment, il peut être important de distinguer entre :

- les effets aléatoires sur un marché en équilibre, connus de la firme et qui sont, par conséquent, pris en compte dans le processus de décision.

- les effets aléatoires inconnus.

(c) Le comportement économique : la vraie fonction d'objectif du producteur est différente de celle postulée par l'économètre : ceci rejoint le point de vue de Stigler (1976) selon lequel les inefficacités observées dans le comportement ne sont en fait qu'apparentes et reflètent l'ignorance de l'économètre quant au critère exact d'optimisation du producteur. Cet effet peut introduire des biais systématiques dans les estimations et justifie, dans certains cas, un retour sur l'approche primale (estimation directe de la fonction de production) et l'utilisation de méthodes associant, dans l'estimation, des variables instrumentales.

(d) Des erreurs d'observation : elles sont inévitables dans le processus de mesure des variables économiques ; elles

interviennent essentiellement à trois niveaux :

- erreurs dans l'enregistrement et le calcul des données.
- erreurs dues aux agrégations opérées sur les variables (exemple : un service du capital homogène) ne sont en fait que des approximations inexactes d'une agrégation idéale dictée par la structure fonctionnelle interne de la "vraie" technologie.
- erreurs entraînées par des approximations sur les variables : l'exemple classique étant celui de la mesure d'un coût d'usage du capital (cf. annexe).

Ce bref panorama des sources d'erreurs possibles mesure la problématique associée à la spécification stochastique d'un système de demandes de facteurs, structure de production qui nous intéresse en premier lieu. Une première approche, suivie dans ce chapitre, consiste à estimer simultanément les équations du modèle : cela permet de tenir compte de la corrélation des erreurs de chaque équation. En effet, il est probable que l'erreur associée à la demande d'engrais d'une exploitation agricole ne soit pas indépendante de l'erreur associée à la demande de carburants de cette même exploitation, ne serait-ce que par un écart au comportement de minimisation du coût qui impliquerait une utilisation sous-optimale de ces deux facteurs. Ceci nous amène à poser une structure aléatoire du second ordre relativement simple que nous précisons maintenant. Cette première approche sera ensuite remaniée dans les chapitres suivants mais toujours dans l'optique des considérations précédentes.

4.1.2.2. Un modèle simple de régressions empilées

La modélisation d'un système complet de demandes de facteurs nous conduit à estimer successivement différentes régressions multiples d'où le terme de modèle de régressions empilées.

Nous préférons le terme empilé au terme simultané qui est parfois utilisé, ce dernier pouvant prêter confusion avec le modèle à équations simultanées où l'interdépendance se traduit par la présence de plusieurs variables dépendantes dans chaque équation.

Le modèle issu des équations [2a] peut s'écrire sous une forme plus générale dans le cas de I facteurs de production (2) :

$$\left[\begin{array}{l} M_1 = X b_1 + \varepsilon_1 \\ (N,1) \quad (N,K) \quad (K,1) \quad (N,1) \\ \\ M_I = X b_I + \varepsilon_I \\ (N,1) \quad (N,K) \quad (K,1) \quad (N,1) \end{array} \right. \quad [3]$$

Il s'agit d'un système de I régressions empilées avec :

N = nombre d'observations

K = nombre de paramètres pour chaque équation.

Le système [3] représente une forme particulièrement simple du modèle général à régressions empilées tel qu'il est présenté dans Mazodier (1986) : en effet, l'ensemble des variables explicatives pour chaque régression est identique : $X_1 = X_2 = \dots X_I = X$ et prend les mêmes valeurs pour chaque régression (3) . La part de

(2) Les notations sont ici spécifiques du sous-paragraphe 4.1.2.2

(3) Un tel système est appelé modèle de régression multidimensionnelle.

facteur i ($i = 1 \dots I$) dans l'exploitation n ($n = 1 \dots N$) s'écrit donc :

$$M_{in} = \sum_{k=1}^K x_{nk} b_{ik} + \varepsilon_{in} \quad [4]$$

A ce modèle, nous adjoignons la structure aléatoire suivante :

- (a) les perturbations sont homoscedastiques et de moyenne nulle.
- (b) les perturbations relatives à différentes régressions sont sans corrélation sauf lorsqu'elles sont relatives à la même observation : dans ce cas, leur corrélation est constante et ne dépend donc pas des observations.

Ce corps d'hypothèses se formalise donc ainsi :

$$E(\varepsilon_i) = 0 \quad i = 1 \dots I$$

$$E(\varepsilon_{in} \cdot \varepsilon_{jn'}) = \delta_{nn'} \cdot s_{ij} \quad [5]$$

où $\delta_{nn'}$, désigne le symbole de Kronecker (4).

Nous retrouvons dans cette écriture la nature homoscedastique des perturbations pour une même régression :

$$E(\varepsilon_{in} \cdot \varepsilon_{in}) = s_{ii} \text{ pour tout } n = 1 \dots N.$$

(4) $\delta_{nn'} = \begin{cases} 1 & \text{pour } n = n' \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$

Notons S la matrice :

$$S = \begin{bmatrix} s_{11} & \dots & s_{1I} \\ \vdots & & \\ s_{I1} & & s_{II} \end{bmatrix} \quad [5a]$$

Compte-tenu des hypothèses [5], la matrice des variances covariances des perturbations s'écrit :

$$\Sigma = S \otimes I_n \quad [5b]$$

La notation \otimes désignant le produit de Kronecker et I_N la matrice identité d'ordre N. En régression linéaire, il est généralement supposé que la matrice des variances-covariances est non singulière auquel cas des procédures d'estimation telles que celle des moindres carrés généralisés sont applicables ; un retour sur la structure du modèle montre que cette hypothèse n'est pas vérifiée dans le cas présent.

Par construction, en effet, nous avons :

$$\sum_{i=1}^I M_i = 1 \quad [6]$$

En remplaçant M_i par l'expression [2a], il vient pour l'observation n :

$$\begin{aligned}
& \left(\sum_{i=1}^I c_i \right) + \left(\sum_{i=1}^I b_i \right) (\ln y) + \sum_{j=1}^I \sum_{i=1}^I \frac{1}{2} (d_{ij} + d_{ji}) (\ln p_j) \\
& + \sum_{h=1}^2 \left(\sum_{i=1}^I k_{ih} \right) (\ln z_h) + \sum_{i=1}^I \varepsilon_{in} = 1 \quad [6a]
\end{aligned}$$

Cette égalité doit être vérifiée pour tout $n = 1 \dots N$; il en résulte des contraintes sur les paramètres :

$$\begin{aligned}
\sum_{i=1}^I c_i &= 1 & \sum_{i=1}^I b_i &= 0 & [6b] \\
\forall j, \sum_{i=1}^I \frac{1}{2} (d_{ij} + d_{ji}) &= 0 & \forall h, \sum_{i=1}^I k_{ih} &= 0
\end{aligned}$$

Le modèle [2a] associé aux contraintes [6b] sera appelé modèle additif.

D'autre part, les perturbations sont linéairement dépendantes :

$$\sum_{i=1}^I \varepsilon_{in} = 0 \quad n = 1 \dots N \quad [6c]$$

La matrice S , d'ordre I , ne peut avoir son rang supérieur à $I-1$ du fait justement de la dépendance linéaire des perturbations (Parks, 1971) : la matrice S est donc singulière.

La singularité de la matrice des variances-covariances n'est qu'un problème apparent : pour un ensemble d'équations tel que (2a), l'une d'entre elles est redondante, autrement dit, tous les paramètres peuvent être déterminés par la connaissance des paramètres de $I-1$ équations seulement, au travers notamment des

équations [6b]. En conséquence, la procédure d'estimation adoptée consistera à éliminer une des équations et à estimer les I-1 restantes par des méthodes différentes selon les contraintes imposées ultérieurement au modèle : moindres carrés ordinaires, méthode de Zellner, estimation par le maximum de vraisemblance. Mc Guire, Farley, Lucas et Winston (1968), Powell (1969), Barten (1969) ont montré que les estimateurs obtenus, dans le cadre des méthodes précédentes, ne dépendent pas de l'équation omise. Les équations [2a] associées aux contraintes [6b] constituent le modèle additif des parts de facteurs. Les propriétés de la fonction de coût impliquent de nouvelles contraintes sur les paramètres du modèle : nous les précisons maintenant en associant les procédures d'estimation et les tests associés.

4.1.2.3. Tests d'hypothèses et procédures d'estimation

Nous envisageons successivement trois types de contrainte théorique portant sur le modèle additif : l'homogénéité linéaire de la fonction de coût, la symétrie de certains coefficients, le caractère homothétique de la technologie. En reprenant les équations [2a], nous posons au modèle additif associé aux contraintes [6b] :

$$d_{ij}^* = \frac{1}{2} (d_{ij} + d_{ji}) \quad [7]$$

ceci, pour rendre le modèle [2a] identifiable.

a) contraintes d'homogénéité linéaire

Nous avons vu, dans la première partie de l'étude, que la

fonction de coût est linéaire homogène par rapport aux prix des facteurs, autrement dit :

$$CR (\lambda p_x, y, z) = \lambda CR (p_x, y, z)$$

Nous vérifions aisément que cette propriété entraîne les contraintes suivantes sur les paramètres :

$$\sum_{j=1}^I d_{ij}^* = 0 \quad i = 1 \dots I \quad [8]$$

b) Contraintes de symétrie

Les équations des parts de facteurs [2a] sont dérivées de la fonction de coût [1] : il est donc nécessaire que les coefficients d_{ij}^* vérifient :

$$d_{ij}^* = d_{ji}^* \quad \forall i, j \quad [9]$$

Ce test de symétrie peut être considéré comme un test de spécification du modèle : refuser l'égalité des coefficients d_{ij}^* revient à remettre en cause la spécification même du modèle et la forme fonctionnelle. Par ailleurs, la confusion est généralement faite entre l'égalité [9] et la suivante :

$$d_{ij} = d_{ji} \quad [9a]$$

Cette dernière contrainte n'est pas testable, le modèle n'étant pas identifiable ; cependant dans la pratique et par défaut, accepter l'égalité [9] aura pour conséquence l'acceptation de [9a].

Ainsi précisé, le test de symétrie apparaît comme un test préalable à celui de l'homogénéité linéaire mais nous vérifions facilement que les contraintes de symétrie [9] imposées sur un modèle additif impliquent l'homogénéité linéaire de la fonction de coût.

c) Homothéticité de la fonction de production

L'invariance des parts de facteurs aux changements de niveau de production caractérise, entre autres, une technologie homothétique.

Antle et Aitah (1984) proposent l'écriture d'une fonction de coût variable translog homothétique (5) : celle-ci aboutit aux contraintes suivantes sur les paramètres :

$$\begin{aligned} b_i &= 0 & \forall i & & [10a] \\ m_h &= 0 & \forall h & \end{aligned}$$

Les paramètres précédents ne sont pas capturés par les équations des parts de facteurs ; en conséquence, le test d'homothéticité requiert l'estimation conjointe des parts de facteurs [2a] et de la fonction de coût [1], l'identifiabilité du modèle [1] nécessitant les contraintes :

$$\begin{aligned} d_{ij} &= d_{ji} & \forall i, j & & [10b] \\ g_{hk} &= g_{kh} & \forall h, k & \end{aligned}$$

(5) Notons que ces contraintes ne correspondent pas exactement au critère d'homothéticité par rapport aux facteurs de la technologie.

d) Procédures d'estimation

Nous ajoutons au corps d'hypothèses [5] sur les perturbations, une hypothèse de normalité : l'approche couramment utilisée consiste à supposer que le vecteur $\varepsilon = (\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_{I-1})$ suit une loi normale multidimensionnelle de moyenne nulle et associée à une matrice des variances-covariances Ω définie positive. La distribution normale pour les perturbations ε_i est en réalité une approximation : en effet, $M_i \in [0, 1]$. Woodland (1979) suppose une spécification stochastique différente associée à une distribution Dirichlet qui limite automatiquement les parts de facteurs au simplexe unité : les résultats obtenus sont généralement très proches de ceux associés à une distribution normale ce qui justifie la spécification initiale dans l'estimation des parts de facteurs.

Le modèle additif sans contrainte ou avec contrainte d'homogénéité linéaire correspond à un modèle de régression multidimensionnelle, le théorème de Zellner s'applique donc. L'estimateur des moindres carrés généralisés sur le système empilé coïncide avec les estimateurs des moindres carrés ordinaires pour chaque régression, la variance des estimateurs restant toujours dépendante de la matrice Ω .

La contrainte de symétrie [9], l'estimation conjointe des parts de facteurs et de la fonction de coût rendent ensuite nécessaire l'estimation par la méthode du maximum de vraisemblance qui est convergente et asymptotiquement efficace. Cela suppose un ajout d'une hypothèse de normalité sur la perturbation ε_{CR} de la fonction de coût.

Enfin, pour l'ensemble des tests présentés, nous utilisons la statistique du rapport des vraisemblances :

$$S = - 2 \text{ Log } [L (H_0) / L (H_a)] \quad [11]$$

$L(H_0)$ et $L(H_a)$ sont, respectivement, les vraisemblances du modèle sous les hypothèses nulle (H_0) et alternative (H_a).

Par ailleurs, la loi limite de S sous H_0 est $\chi^2(p)$, p étant le nombre de contraintes.

Le modèle économétrique présenté ici servira de fondement pour les modélisations ultérieures. La spécification stochastique adoptée ne fournit qu'une première représentation de la réalité précisée au début de ce paragraphe mais permet néanmoins d'estimer les principales caractéristiques de la technologie; celles-ci sont examinées dans le paragraphe suivant.

4.1.3. Economies d'échelle et substitutions entre facteurs

La modélisation que nous présentons dans ce premier chapitre a pour finalité essentielle de rendre compte d'une mesure des économies d'échelle et des substitutions possibles entre facteurs; ces mesures devraient permettre de tirer des enseignements pour la politique agricole. Nous examinons ici comment ces différentes mesures sont déduites du modèle précédent.

4.1.3.1. Economies d'échelle

La mesure des économies d'échelle la plus appropriée est définie par la relation entre le coût et le niveau du produit le

long du sentier d'expansion où les prix des facteurs sont fixes et le coût minimisé à chaque niveau de produit. Nous retenons comme mesure des économies d'échelle dans le court-terme :

$$ECH^{CT} = [\partial \ln CR / \partial \ln y]^{-1} \quad [12]$$

Nous remarquons que l'expression [12] représente le rapport du coût moyen au coût marginal au niveau de production y .

Cette expression, appliquée à la fonction de coût restreint translog sous les contraintes [10a] conduit à :

$$ECH^{CT} = [a_1 + a_2 (\ln y)]^{-1} \quad [12a]$$

4.1.3.2. Elasticités partielles de substitution de Allen et dérivation des élasticités-prix.

Le calcul des élasticités partielles de substitution de Allen (1938), A_{ij} , permet d'étudier la concavité de la fonction de coût par rapport aux prix, la substituabilité entre facteurs ainsi que la dérivation des différentes élasticités-prix. Uzawa (1962) a montré que A_{ij} peut se déduire de la fonction de coût comme :

$$A_{ij} = [CR \cdot CR_{ij} / CR_i \cdot CR_j] \quad \forall i, j \quad [13]$$

avec CR , la fonction de coût restreint définie précédemment,

$$CR_i = \partial CR / \partial p_i, \quad CR_{ij} = [\partial^2 CR / \partial p_i \partial p_j]$$

La concavité par rapport aux prix de la fonction de coût est vérifiée dès lors que la matrice des élasticités partielles de substitution de Allen est semi-définie négative. Par ailleurs, les élasticités-prix des différents facteurs sont déduits également des quantités A_{ij} . En effet, si l'on note E_{ij} l'élasticité prix du facteur i par rapport au prix p_j :

$$E_{ij} = (\partial \bar{x}_i / \partial p_j) \cdot (p_j / \bar{x}_i) \quad [14]$$

or, par application du lemme de Shephard :

$$(\partial CR / \partial p_i) = \bar{x}_i \text{ d'où :}$$

$$E_{ij} = (\partial^2 CR / \partial p_i \partial p_j) \cdot (p_j / \partial CR / \partial p_i)$$

$$M_j = p_j \bar{x}_j / CR = p_j \cdot (\partial CR / \partial p_j) / CR$$

d'où, en remplaçant, il vient :

$$E_{ij} = (\partial^2 CR / \partial p_i \partial p_j) \cdot (M_j \cdot CR) / (\partial CR / \partial p_i) (\partial CR / \partial p_j)$$

ou encore :

$$E_{ij} = A_{ij} M_j \quad [14a]$$

Les quantités M_j étant positives, les facteurs i et j seront substituables si $A_{ij} > 0$; ils seront complémentaires si $A_{ij} < 0$.

L'application à la fonction de coût translog donne les expressions suivantes pour les élasticités A_{ij} :

$$\left[\begin{array}{ll} A_{ij} = (d_{ij} + M_i \cdot M_j) / M_i \cdot M_j & i \neq j \\ A_{ii} = (d_{ii} + M_i^2 - M_i) / M_i^2 & \forall i \end{array} \right. \quad [15]$$

4.1.4. Conclusion

Le modèle qui vient d'être spécifié permet de caractériser, dans une première étape, la technologie utilisée dans le court terme. Il peut se prêter à d'autres tests d'hypothèses relatives, par exemple à la séparabilité, ce que nous approfondirons ultérieurement. Il est donc appliqué sur des données microéconomiques provenant d'une seule coupe (année 1981) et issues de comptabilités d'exploitations céréalières du RICA (réseau d'information comptable agricole). Les premiers résultats sont présentés dans la deuxième section ; l'annexe présente quelques informations relatives à la construction des variables nécessaires à la modélisation.

SECTION 2. RESULTATS D'UNE ANALYSE DE COURT TERME

La mise en oeuvre des tests d'hypothèses de spécification constitue la phase initiale d'estimation et fournit une première appréciation de la validité du modèle ; l'estimation finalement retenue permet ensuite de caractériser la technologie.

4.2.1. Résultats généraux

L'utilisation du test asymptotique du rapport des vraisemblances a conduit aux résultats suivants, consignés dans le tableau 4.1 :

Tableau 4.1. Tests d'hypothèses

Test	RMV	p	$\chi^2(p)$	$\chi^2(p)$	$\chi^2(p)$
			5 %	1 %	1 °/°°
H_0 / H_a	10,93	2		9,21	13,82
H_1 / H_a	11,58	3		11,34	16,27
H_1 / H_0	0,65	1		6,63	
Test d'homothéticité	7,14	4	9,49		

Précisons tout d'abord les notations utilisées dans le tableau précédent. L'hypothèse H_a représente le modèle [2a] associé à la contrainte d'additivité seule ; nous le réécrivons ici :

$$M_i = c_i + b_i [\ln y] + \sum_{j=1}^4 d_{ij}^* (\ln p_j) + \sum_{h=1}^2 k_{ih} (\ln z_h) + \varepsilon_i$$

L'hypothèse H_0 traduit le modèle [2a] associé aux contraintes d'additivité et d'homogénéité linéaire ; de même, l'hypothèse H_1 comprend l'hypothèse H_0 associée à la contrainte de symétrie des coefficients d_{ij}^* .

La valeur de RMV correspond à la statistique du rapport des vraisemblances associée aux différents tests ; le nombre p représente enfin le nombre de contraintes.

Nous avons testé successivement l'hypothèse d'homogénéité linéaire de la fonction de coût par rapport aux prix, l'hypothèse de symétrie des coefficients d_{ij}^* , l'hypothèse relative à l'homothéticité.

Nous remarquons tout d'abord le non-rejet des hypothèses d'homogénéité linéaire de la fonction de coût et de symétrie des coefficients d_{ij}^* au seuil $\alpha = 1 \text{ ‰}$; ce premier résultat constitue un critère de bonne spécification de la fonction de coût, la symétrie des coefficients d_{ij}^* étant nécessaire, par exemple pour déterminer la fonction de coût à partir des équations des parts de facteurs. Le test relatif à l'homothéticité de la technologie est accepté au seuil $\alpha = 5 \%$: il nous faut toutefois rester prudent sur la portée de ce dernier résultat dans la mesure où l'acceptation de ce test ne traduit pas exactement l'homothéticité de la technologie par rapport à tous les facteurs.

La concavité par rapport aux prix de la fonction de coût est vérifiée au point moyen de l'échantillon. Les parts de facteurs estimées sont positives en tout point de l'échantillon, ce qui implique la monotonie de la fonction de coût par rapport aux prix. L'ensemble des remarques précédentes rend compte d'une spécification relativement correcte de la fonction de coût.

L'analyse du tableau 4.2 des valeurs des paramètres estimés appelle essentiellement deux remarques :

- (a) la non-significativité de certains paramètres apparaît principalement pour ceux associés à des termes croisés associés à des facteurs fixes.
- (b) si z_1 et z_2 désignent respectivement les quantités de travail familial et de terre, au point moyen, la fonction de coût est convexe en z_1 et concave en z_2 : le signe positif du paramètre f_2 est dû vraisemblablement à la multicollinéarité entre y , le niveau du produit et la variable z_2 .

Tableau 4.2. Paramètres estimés

Variable explicative	Paramètre	Valeur	Ecart-type
	a_0	12,146	0,035
$(\ln y)$	a_1	0,379	0,121
$(\ln y)^2$	a_2	0,055	0,117
$(\ln p_i)$	c_1	0,109	0,004
	c_2	0,306	0,011
	c_3	0,139	0,013
$(\ln p_i) (\ln p_j)$	d_{11}	0,027	0,015
	d_{12}	- 0,026	0,007
	d_{13}	- 0,022	0,011
	d_{22}	0,107	0,016
	d_{23}	0,002	0,018
	d_{33}	0,101	0,033
$(\ln z_h)$	f_1	- 0,137	0,086
	f_2	0,730	0,144
$(\ln z_h) (\ln z_k)$	g_{11}	- 0,080	0,136
	g_{12}	0,011	0,204
	g_{22}	- 0,228	0,311
$(\ln p_i) (\ln z_h)$	k_{11}	0,004	0,100
	k_{12}	- 0,002	0,009
	k_{21}	0,035	0,029
	k_{22}	0,034	0,025
	k_{31}	- 0,095	0,033
	k_{32}	0,009	0,030

P_i , $i = 1, 2, 3$ respectivement les carburants, les engrais, le capital
 z_h , $h = 1, 2$ respectivement le travail familial et la terre.

Les caractéristiques du point moyen sont les suivantes :

Superficie : 70 ha.

Produit brut : 388 000 (Fr 81).

UTA total : 1,3.

Part du blé dans le produit brut : 46 %.

Part du maïs dans le produit brut : 22 %.

Revenu net d'exploitation/ha : 1391 (Fr 81)

Revenu net : 96 300 (Fr 81).

Le point moyen correspond, relativement à la superficie, à la moyenne des exploitations céréalières (OTEX 11) enregistrée dans le cadre du RICA, puisqu'en effet la superficie moyenne y est de 67 ha en 1981, celle-ci étant largement supérieure à la taille moyenne des exploitations en France qui atteint 24 ha en 1981.

4.2.2. Élasticités-prix de court terme et économies d'échelle

Les paramètres estimés, rassemblés dans le tableau 4.2 précédent, correspondent à la version finale du modèle et permettent de calculer différents paramètres d'intérêt ; tels les mesures des élasticités-prix et des économies d'échelle : celles-ci caractérisent respectivement les possibilités de substitution entre facteurs et les rendements d'échelle.

Le tableau 4.3 présente la valeur des élasticités partielles de substitution de Allen au point moyen.

Tableau 4.3. Elasticités partielles de substitution de Allen

	carburant	engrais	capital	travail salarié
carburant	- 5,878 (4,63)	1,404 (4,53)	0,245 (1,24)	- 0,466 (0,62)
engrais		- 0,512 (2,65)	0,386 (2,98)	- 0,301 (0,60)
capital			- 1,126 (6,68)	1,04 (3,91)
travail salarié				- 0,979 (0,56)

. calcul au point moyen ; entre parenthèses : t de Student (approximé).

Ces élasticités sont significatives pour les couples : (carburants, carburants), (carburants, engrais), (capital, capital), (capital, travail salarié), (capital, engrais) et (engrais, engrais) ; cette matrice est semi-définie négative ce qui assure, comme nous l'avons vu précédemment, la concavité par rapport aux prix de la fonction de coût.

Mises à part les relations de complémentarité non significatives entre le travail salarié d'une part et les carburants et engrais d'autre part, l'ensemble des autres relations factorielles ont un caractère de substituabilité : celui-ci est particulièrement marqué pour le couple (carburants, engrais) : les possibilités d'ajustement sur ces deux derniers facteurs sont plus importantes dans le court terme que pour des facteurs tels que le capital ou le travail salarié.

La substituabilité, à court terme, entre les carburants et le capital peut paraître troublante et renvoie au débat désormais classique sur la substituabilité-complémentarité entre capital et énergie ; à ce propos, Guyomard (1988) expose clairement les fondements théoriques associés à de telles relations factorielles. Nous pouvons cependant tenter ici une interprétation économique dans le cadre agricole : une augmentation du prix des carburants, suite par exemple aux chocs pétroliers successifs, a pu entraîner une acquisition de nouveaux équipements avec un progrès technique incorporé : l'exemple type est celui du tracteur à quatre roues motrices dont la puissance permet de tracter des outils plus larges, ce qui économise de fait le nombre de passages ; par ailleurs ces nouveaux tracteurs bénéficient des progrès relatifs aux économies de consommation de carburants. Nous avons ainsi une justification d'une substituabilité entre carburants et capital dans le court terme, autrement dit, à des niveaux de terre et de travail familial fixés.

Le tableau 4.4 présente la valeur des élasticités-prix de court terme au point moyen, déduite du tableau 4.3 par l'expression [14 a].

Tableau 4.4. Elasticités-prix de court terme

	carburant	engrais	capital	travail salarie
carburant	- 0,638	0,628	0,075	- 0,065
engrais	0,153	- 0,23	0,118	- 0,042
capital	0,026	0,173	- 0,344	0,145
travail salarie	- 0,051	- 0,135	0,321	- 0,136

(t de Student sont égaux à ceux pour les élasticités de Allen).

Nous notons qu'aucune élasticité n'est supérieure à un en valeur absolue. C'est la demande de carburant qui apparaît la plus sensible à son prix (-0,638), suivie de la demande de capital (-0,344), puis de la demande d'engrais (-0,23). Les élasticités relatives au travail salarié sont peu fiables : seule l'élasticité croisée (capital, travail salarié) est significative : les quantités observées de travail salarié sur l'échantillon sont caractérisées par une grande variabilité qui ne se révèle pas être en phase avec la variabilité des prix correspondants.

La mesure des économies d'échelle, définie par l'expression [12] constitue notre deuxième paramètre d'intérêt sur lequel nous avons porté notre attention.

Au point moyen de l'échantillon, nous trouvons comme mesure des économies d'échelle, $ECH^{CT} = 2,63$: ce calcul ne peut être extrapolé, en utilisant l'expression (12a) que dans un voisinage du point où l'on fait l'approximation translog ; d'autre part, c'est un calcul différentiel, autrement dit, il s'interprète seulement pour des variations marginales de la quantité de produit y . Il convient, par ailleurs, de prendre ce résultat, relativement élevé, avec prudence : les coefficients a_1 et a_2 sont en effet obtenus après estimation conjointe des équations des parts de facteurs et de la fonction de coût : dès lors, des problèmes de multicollinéarité peuvent apparaître. Toutefois, cette analyse, concordante avec des mesures menées sur une fonction de coût de long terme où tous les facteurs sont supposés variables (Boutitie et al., 1987), plaide en faveur de l'existence d'économies d'échelle significatives dans le secteur céréalier. Nous tenterons, ultérieurement, de confirmer ce premier résultat.

4.2.3. Conclusion

L'analyse des premiers résultats d'estimation témoigne d'une spécification relativement correcte de la fonction de coût restreint. Le calcul des élasticités partielles de substitution de Allen indique des relations de substituabilité significatives entre les carburants et les engrais, le capital et le travail salarié, le capital et les engrais. Aucune relation de complémentarité n'est significative ; l'ensemble des relations factorielles sont relatives à une situation de court terme où le travail familial et la terre sont fixes ; elles demandent à être vérifiées dans un cadre d'équilibre de long terme, ce que nous nous proposons de faire dans la section suivante. Nous avons remarqué enfin l'existence d'économies d'échelle significatives dans le secteur céréalier. Nous avons rencontré, par ailleurs, quelques écueils dans l'estimation économétrique : en particulier, la fonction de coût restreint estimée est croissante par rapport au facteur terre : ce résultat relève davantage d'une mauvaise estimation que d'une réalité économique. Dans la section suivante également, une méthode est proposée afin d'éviter ce problème.

SECTION 3. CARACTERISATION DUALE DU DESEQUILIBRE FACTORIEL ET INFERENCE DU NIVEAU DE LONG TERME

Dans la première partie de l'étude, chapitre III, nous avons interprété le prix dual d'un facteur quasi-fixe comme une mesure du déséquilibre factoriel, mesure de déséquilibre relative au prix de ce facteur. Rappelons l'expression du prix dual :

$$\bar{p}_h = - (\partial CR (p_x, y, z) / \partial z_h) \quad h = n+1 \dots N \quad [16]$$

Par ailleurs, les équations suivantes :

$$p_h = \bar{p}_h (p_x, y, z^*) \quad h = n+1 \dots N \quad [16a]$$

caractérisent l'équilibre de long terme où l'ensemble des facteurs (variables et quasi-fixes) sont à leur niveau optimal correspondant à la minimisation du coût total des facteurs ; les équations [16a] permettent alors de déterminer les niveaux z_h^* optimaux.

Il est donc possible ainsi de caractériser toute une famille d'équilibres situés entre l'équilibre hicksien de court terme où m facteurs sont fixes et l'équilibre hicksien de long terme où tous les facteurs sont supposés variables. Cette démarche est proposée dans le cadre de l'étude où nous avons deux facteurs quasi-fixes.

Le calcul du prix dual de la terre à l'aide des estimations fournies en section 2 fournit un prix dual négatif dû, en particulier, au mauvais signe du paramètre f_2 : numériquement, les

équations [16a] n'ont alors pas de solution finie. L'obtention d'un prix dual négatif revient également à conclure que la fonction de coût restreint est croissante par rapport au facteur fixe considéré, ce qui invalide l'hypothèse de libre-disposition de ce facteur (paragraphe 2.5.2). De façon évidente, ce résultat ne semble pas recevable au sein de la réalité économique agricole, pour des facteurs tels que le travail familial ou la terre. En conséquence, l'interprétation économique d'un prix dual négatif, telle que proposée par Huy, Elterich et Gempesaw (1987) demeure pour le moins hasardeuse.

Nous considérons dans notre étude que l'obtention d'un prix dual négatif provient d'écueils relatifs par exemple à la multicollinéarité dans l'estimation économétrique : nous proposons alors dans le paragraphe suivant une autre méthode de mesure du prix dual ; celle-ci nous permet par ailleurs de calculer les niveaux hicksiens de long terme des facteurs quasi-fixes et, dans le prolongement de cette résolution, de caractériser de manière duale la technologie agricole adoptée dans une situation de long terme.

4.3.1. Calcul primal du prix dual

Soit donc l'expression $(\partial CR / \partial z_h)$ à calculer

$$CR = \sum_{i=1}^m p_i \bar{x}_i (p_x, y, z) \quad \text{d'où l'on tire :}$$

$$(\partial CR / \partial z_h) = \sum_{i=1}^n p_i (\partial x_i / \partial z_h)$$

Raisonnons à x_j , $j \neq i$, z_k , $k \neq h$ et y fixés

$$\text{d'où } (\partial CR / \partial z_h)_{x_j, z_k, y} = p_i (\partial x_i / \partial z_h)_{x_j, z_k, y} \quad [17]$$

si $y = f(x_1, \dots, x_n, z_{n+1}, \dots, z_N)$ est la fonction de production duale de la fonction de coût, nous pouvons écrire :

$$(\partial x_i / \partial z_h) = - \left[\frac{\partial f / \partial z_h}{\partial f / \partial x_i} \right] \quad y, x_j \text{ et } z_k \text{ étant fixes.}$$

L'expression précédente correspond, en fait, au taux marginal de substitution technique. D'autre part, la résolution du programme de minimisation du coût des facteurs variables aboutit aux conditions nécessaires du premier ordre suivantes :

$$(\partial f / \partial x_i) = p_i / \lambda \quad [18]$$

$$\text{avec } \lambda = (\partial CR / \partial y)$$

D'où, en remplaçant dans l'expression [17] :

$$(\partial CR / \partial z_h) = - p_i \cdot \frac{[\partial f / \partial z_h]}{p_i / [\partial CR / \partial y]} = - \left(\frac{\partial f}{\partial z_h} \right) \left(\frac{\partial CR}{\partial y} \right)$$

Le terme $(\partial CR / \partial y)$ est estimé à partir de la fonction de coût restreint ; le terme $(\partial f / \partial z_h)$ est obtenu par une approche primale en estimant directement la fonction de production.

A l'optimum hicksien de long terme,

$$\left[\partial f / \partial z_h \right] = p_h / \lambda = p_h / [\partial CR / \partial y]$$

d'où l'on retrouve l'expression :

$$(\partial CR / \partial z_h) = - p_h$$

qui caractérise la situation de long terme.

4.3.2. *Elasticités de long terme et économies d'échelle*

En résolvant les équations [16a], nous obtenons les niveaux optimaux de long terme, z_h^* , $h = n+1 \dots N$, $z^* = (z_{n+1}^*, \dots, z_N^*)$.

Nous avons également la relation :

$$CT(p_x, y, z) = CR(p_x, y, z^*) + \sum_{h=n+1}^N p_h \cdot z_h^* \quad [19]$$

CT désignant la fonction de coût total. La différentiation des équations précédentes permet de dériver les formules de passage des élasticités de court terme aux élasticités de long terme (cf. paragraphe 3.2.2.) ; Brown et Christensen (1981) ont développé une procédure pour calculer les élasticités-prix de long terme, non seulement pour les facteurs variables mais également pour les facteurs quasi-fixes. Ces mêmes auteurs considèrent seulement un

facteur quasi-fixe ; la généralisation au cas de plusieurs facteurs quasi-fixes n'est pas immédiate : ainsi, les formules établies par Squires (1987) sont, en toute rigueur, inexactes. Dans le cas de deux facteurs, nous obtenons les expressions suivantes pour les élasticités-prix de long terme (Guyomard, Vermersch, 1988) :

$$E_{ij}^{LT} = E_{ij}^{CT} - (1/M_i) (A(i, j) / B(h, k))$$

$$E_{ih}^{LT} = (M_h / M_i) \cdot (C(i, h, k) / B(h, k))$$

$$E_{hi}^{LT} = - C(i, h, k) / B(h, k)$$

$$E_{hk}^{LT} = - M_k (g_{kh} + M_h \cdot M_k) / B(h, k)$$

$$E_{hh}^{LT} = M_h (g_{kk} + M_k^2 - M_k) / B(h, k)$$

$$M_h = - p_h \cdot z_h^* / CR(y, p_x, z^*)$$

$$M_k = - p_k \cdot z_k^* / CR(y, p_x, z^*)$$

$$A(i, j) = (M_i M_k + k_{ik}) [(g_{hh} + M_h^2 - M_h) (M_j \cdot M_k + k_{jk}) - (g_{hk} + M_k \cdot M_h) (M_j M_h + k_{jh})] + (M_i M_h + k_{ih}) [(g_{kk} + M_k^2 - M_k) (M_j \cdot M_h + k_{jh}) - (g_{hk} + M_k M_h) (M_j M_k + k_{jk})]$$

$$B(h, k) = (g_{kk} + M_k^2 - M_k) (g_{hh} + M_h^2 - M_h) - (g_{hk} + M_h \cdot M_k)^2$$

$$C(i, h, k) = (g_{kk} + M_k^2 - M_k) (M_i M_h + k_{ih}) - (g_{hk} + M_h M_k) (M_i M_k + k_{ik})$$

i et j se réfèrent à des facteurs variables

h et k se réfèrent à des facteurs quasi-fixes.

Par ailleurs, nous retenons comme mesure des économies d'échelle de long terme (cf. paragraphe 3.3.3.) :

$$ECH^{LT} = [1 - \sum_{h=n+1}^N (\partial \ln CR / \partial \ln z_h^*)] / [\partial \ln CR / \partial \ln y] \quad [20]$$

cette expression étant mesurée aux niveaux z_h^* , $h = n+1 \dots N$.

Les différentes mesures établies dans ce paragraphe sont calculées sur la base des estimations précédentes.

4.3.3. Caractérisation duale des déséquilibres factoriels et de la technologie adoptée dans une situation de long terme

L'étape analytique des deux paragraphes précédents a fourni différents paramètres d'intérêt, à savoir les prix duaux des différents facteurs quasi-fixes d'une part, les élasticités-prix et les économies d'échelle de long terme d'autre part, ce qui nous permet de caractériser, respectivement, les différents déséquilibres factoriels et la technologie agricole qui serait potentiellement adoptée dans une situation d'équilibre de long terme.

La première phase d'analyse a porté tout d'abord sur les situations de déséquilibre du travail familial et de la terre. Le prix dual du travail familial, calculé pour chaque exploitation, est inférieur au prix moyen observé du travail salarié (hors charges sociales) et ceci pour cinquante-quatre des cinquante-huit exploitations de l'échantillon. Relativement donc au prix moyen observé du travail salarié et de la quantité fixée de terre pour chaque exploitation, le calcul du prix dual confirme donc un excès

de main-d'oeuvre familiale sur la plupart des exploitations céréalières de l'échantillon ; autrement dit, l'allocation hicksienne de travail familial relative au prix moyen observé du travail salarié et à la quantité de surface agricole utilisée serait inférieure à la quantité de travail familial effectivement observée (cf. paragraphe 3.2.1). Il convient bien de noter que le déséquilibre est fonction, entre autres, du prix du facteur quasi-fixe et des quantités des autres facteurs quasi-fixes (ici, seulement, la terre). Ce premier résultat s'accorde bien, en première analyse, à une réalité communément admise d'excès de main-d'oeuvre dans le secteur agricole ; néanmoins, nous ne pouvons masquer le caractère quelque peu paradoxal qui s'affiche dans le cadre de notre étude : nous avons supposé en effet que la demande de travail salarié était optimale et nous constatons un excès de main-d'oeuvre familiale ; or, à l'évidence, des possibilités de substitution existent entre ces deux facteurs travail.

A l'inverse, pour environ deux tiers des exploitations de l'échantillon, le prix dual des services de la terre est supérieur au prix observé de ce même facteur ; autrement dit, l'allocation hicksienne de terre relative au prix observé des services de la terre et à la quantité utilisée de travail familial serait supérieure à la quantité de terre effectivement observée. Nous ne manquerons pas ultérieurement de renvoyer ce résultat aux débats actuels concernant une politique de gel des terres ; en effet, pour des niveaux de production et de travail familial fixés, ceux-ci associés à une structure des prix observée dans l'échantillon, la combinaison productive observée (6) révèle une sous-optimalité au sens du moindre coût : en conséquence, une politique de gel des terres peut conduire à amplifier l'inefficacité allocative de la combinaison productive.

(6) par le terme de combinaison productive, nous définissons un élément de l'ensemble de production T défini dans le paragraphe 2.2.1.

La deuxième étape de notre analyse concerne la caractérisation duale de la technologie adoptée dans une situation de long terme.

Le calcul des élasticités-prix de long terme a été mené conjointement avec une prise en compte de trois situations différentes :

(a) Nous supposons que les niveaux observés des facteurs quasi-fixes sont à leur niveau optimal : dans ce cas les estimateurs des élasticités-prix de long terme sont donnés dans le tableau 4.5.

Tableau 4.5. Elasticités-prix de long terme évaluées au point moyen, les niveaux de terre et de travail familial étant supposés optimaux

	carbu- rants	engrais	capital	travail salarie	travail familial	terre
carburants	- 0,706	0,307	-0,047	-0,160	0,119	0,492
engrais	0,075	-0,634	-0,015	-0,105	-0,039	0,718
capital	- 0,017	-0,022	-0,425	0,065	0,130	0,268
travail salarie	- 0,129	-0,337	0,144	-0,496	0,961	-0,143
travail familial	0,034	0,047	0,106	0,355	-1,090	0,064
terre	0,170	1,025	0,262	-0,063	0,763	-2,160

Ces premiers résultats demeurent approximatifs, eu égard à l'hypothèse d'optimalité adoptée pour les facteurs quasi-fixes ; nous porterons donc notre attention, en première analyse, sur les

élasticités-prix propres essentiellement. En comparaison avec le tableau 4.4. des élasticités prix de court terme, nous sommes situés sur le même élément de l'ensemble de production ; les élasticités-prix propres des tableaux 4.4 et 4.5 peuvent donc être comparées suivant le principe de Le Châtelier-Samuelson (cf. paragraphe 3.2.3) : celui-ci est vérifié pour les quatre élasticités-prix propres. Autrement dit, les élasticités-prix propres de long terme de quatre facteurs variables sont supérieures en valeur absolue à celles équivalentes dans le court terme.

Considérons une illustration d'un tel résultat dans la réalité agricole. L'élasticité prix propre de la demande d'engrais apparaît relativement élevée dans le long terme ($-0,634$) : conformément au principe de Le Châtelier-Samuelson, une taxation éventuelle des fertilisants azotés influera d'autant plus sur la demande que l'ensemble des facteurs s'ajuste à leur niveau optimal. Ce résultat permet d'éclairer les débats actuels de politique agricole dans la recherche d'une meilleure prise en compte de l'environnement. En effet, à court terme, dans le cas d'une incitation par les prix à une moindre utilisation d'engrais, des substitutions entre ce facteur et les carburants et le capital sont prévisibles (cf. tableau 4.4) ; cela se traduira par une augmentation des passages de machines avec un fractionnement des apports, en supposant une flexibilité de la disponibilité de travail. Dans le long terme, outre la substituabilité avec les carburants apparaît la substituabilité possible avec la terre, ce qui signifie, entre autres, une perspective d'extensification du système de production.

(b) Nous supposons maintenant que seule la fixité de la terre est relâchée dans le long terme, le travail familial restant à son niveau observé. Une telle situation peut s'apparenter, en quelque

sorte, à une situation de moyen terme dans la mesure où les possibilités d'achat ou de locations de terres agricoles sont plus fréquentes qu'un ajustement éventuel de la quantité de travail familial. Le tableau 4.6 présente les élasticités-prix correspondantes.

Tableau 4.6. Elasticités-prix de long terme évaluées au point moyen, le travail familial restant fixe

	carburants	engrais	capital	travail salaire	terre
carburants	-0,734	0,228	-0,192	-0,205	0,890
engrais	0,060	-0,630	-0,150	-0,180	0,895
capital	-0,070	-0,220	-0,606	0,012	0,870
travail salaire	-0,156	0,575	0,030	-0,283	0,966
terre	0,013	0,054	0,036	0,018	-0,119

Remarquons tout d'abord les relations de complémentarité entre le travail salarié d'une part et les carburants et les engrais d'autre part, celles-ci ayant déjà été observées dans l'analyse de court terme (tableau 4.4). Par contre, le capital et les carburants apparaissent maintenant complémentaires : ceci est à relier avec les substitutions possibles de ces deux derniers facteurs avec la terre. Une dernière relation de complémentarité est mise ici en évidence entre les engrais et le capital, la substitution étant alors également possible au sein des couples

(terre, engrais) et (terre, capital). De manière générale, des relations de complémentarité apparaissent dans le long terme, le facteur terre étant alors substituable avec l'ensemble des autres facteurs. Les relations de substituabilité subsistent entre les couples (carburants, engrais) et (capital, travail salarié).

(c) Nous supposons enfin que les deux facteurs quasi-fixes peuvent s'ajuster dans le long terme. Le tableau 4.7 présente les élasticités correspondantes.

Tableau 4.7. Elasticités-prix de long terme évaluées au point moyen, la terre et le travail familial étant à leur niveau optimal calculé

	carburants	engrais	capital	travail salarié	travail familial	terre
carburants	-0,734	0,256	-0,175	-0,247	0,013	0,856
engrais	0,060	-0,521	-0,082	-0,368	0,044	0,860
capital	-0,060	-0,119	-0,545	-0,160	0,040	0,859
travail salarié	-0,193	-1,180	-0,350	0,845	-0,244	1,100
travail familial	0,066	0,940	0,587	-1,610	0,360	-0,340
terre	0,011	0,045	0,031	0,018	-8,4.10 ⁻⁴	-0,105

Les relations de complémentarité précédentes apparaissent ici également et s'étendent au couple (travail familial, travail salarié) ; ce résultat troublant s'associe avec l'élasticité-prix propre positive du travail salarié (+ 0,845) et peut être mis à l'actif du caractère approximatif de la mesure du travail salarié dans le RICA (cf. annexe). Par ailleurs, le capital et le travail salarié apparaissent ici complémentaires. Le travail familial est substituable avec l'ensemble des autres facteurs, mis à part le travail salarié et la terre ; en conséquence, la comparaison des cas de figure (a), (b) et (c) n'aboutit pas systématiquement à un consensus sur les relations factorielles ; il en découle une nécessité de mener d'autres estimations sur des coupes différentes.

La mesure des économies d'échelle de long terme aboutit aux résultats suivants pour les cas (b) et (c) :

$$ECH^{LT} (z_1, z_2^*(z_1)) = 3,69$$

$$ECH^{LT} (z_1^*, z_2^*) = 4,02$$

avec z_1 : niveau observé de travail familial

z_1^* et z_2^* : niveaux hicksiens de long terme

$z_2^*(z_1)$: niveau optimal de terre contraint par la fixité du travail familial

Ceci confirme d'une part l'existence d'économies d'échelle dans le secteur céréalier ; d'autre part, ces résultats élevés justifient la tendance des céréaliculteurs à accroître leur production, en dehors même de toute incitation par un système de prix élevés et garantis.

4.3.4. Conclusion

L'estimation de la fonction de coût restreint associée à la donnée des prix des facteurs quasi-fixes permet donc de caractériser le déséquilibre factoriel ; l'excès latent de main-d'oeuvre familiale se concilie difficilement avec l'existence d'une main-d'oeuvre salariée sur l'exploitation agricole. Inversement, le facteur terre se trouve en déficit dans la plupart des exploitations céréalieres : un tel résultat ne peut manquer d'être mis en relation avec des politiques de gel des terres. L'analyse de la technologie agricole utilisée dans le long terme met d'ailleurs en évidence les possibilités de substitution du capital et des consommations intermédiaires avec la terre. Mise à part la substitution possible entre les carburants et les engrais, semble-t-il acquise, les autres relations factorielles demandent à être confirmées à l'aide d'autres estimations.

CONCLUSION

L'approche duale en théorie de la production, associée à l'estimation d'une fonction de coût restreint translog, présente donc, au vu de l'analyse des résultats précédents sur données microéconomiques, une pertinence certaine dans la caractérisation de la technologie céréalière.

L'étude de la fonction de coût restreint traduit une technologie homothétique, et fait apparaître l'existence d'économies d'échelle significatives dans le secteur céréalière.

Dans une situation de court terme, mises à part les relations de complémentarité entre le travail salarié d'une part et les carburants et les engrais d'autre part, l'ensemble des facteurs est substituable deux à deux. Ceci étant, dans le long terme, de nouvelles complémentarités apparaissent, conjointement à des possibilités de substitution avec la terre. Par ailleurs, en supposant le niveau observé des facteurs quasi-fixes optimal, le principe de Le Châtelier-Samuelson est vérifié pour les quatre facteurs variables.

En termes de classement des facteurs, les résultats précédents sont cohérents avec d'autres études menées sur données macroéconomiques françaises (Bonnieux, 1986a ; Guyomard, 1988). Weaver (1983) a estimé une fonction de coût multiproduits, sur séries temporelles, pour deux états céréalières des Etats-Unis : le Nord Dakota et le Sud Dakota ; les facteurs travail, engrais, service du capital, matériel et produits pétroliers sont trouvés tous

complémentaires deux à deux : ceci étant, les technologies céréalieres en cause sont peu comparables avec celle rencontrée dans notre étude. Binswanger (1974) et Ray (1982) ont travaillé sur des données macroéconomiques pour l'ensemble des U.S.A : Binswanger met à jour des complémentarités travail-engrais et matériel-engrais, alors que pour Ray, capital, engrais et travail sont substituables deux à deux. Brown et Christensen (1981) estiment une fonction de coût avec deux facteurs fixes : le travail familial et la terre ; l'écart important entre les niveaux réel et optimal du facteur travail familial tend également à confirmer le caractère de fixité de celui-ci ; une relation de substituabilité est mise à jour entre d'une part le travail familial et d'autre part le travail salarié et les consommations intermédiaires ; capital et travail familial apparaissent complémentaires. En définitive, la confrontation de ces différentes études demeure délicate : les données ne sont pas de même nature, les agrégats de facteurs choisis différents, les technologies étudiées peu semblables (Boutitie et al., 1987).

Le prix dual du travail familial est inférieur au prix du travail salarié hors charges sociales sur la presque totalité de l'échantillon ; cet écart conforte l'hypothèse d'un "excès" de main-d'oeuvre familiale. D'autre part, pour plus des deux tiers de l'échantillon, le prix dual des services de la terre est supérieur au prix calculé des services de la terre, ce qui traduit une situation inverse de celle du travail familial.

Le modèle développé ici constitue, à l'évidence, une première approche : la prudence dans les commentaires des résultats est délibérée et découle principalement des limites associées à ce modèle ; certaines d'entre elles ne peuvent être repoussées : il s'agit en particulier de la qualité des données et de la construction des variables nécessaires à la modélisation (cf. annexe). En particulier, la principale difficulté d'ordre pratique reste la construction des prix : leur variabilité s'est révélée

cependant suffisante pour permettre l'estimation statistique sur données microéconomiques. D'autres limites sont intrinsèques au modèle : nous en distinguons deux types qui délimiteront les investigations des chapitres suivants :

(a) Le premier type de limites concerne la rigidité et le caractère approximatif des hypothèses de comportement. L'observation révèle immanquablement des écarts au comportement d'optimisation. Par ailleurs, la prise en compte de la fixité du travail familial associée à la présence de travail salarié sur l'exploitation pose question : ceci constitue une première approche avant d'entrer dans un débat plus ouvert sur le mode d'allocation du travail dans les exploitations agricoles. Le chapitre suivant propose, à ce sujet, une nouvelle modélisation qui tente de lever le caractère paradoxal rencontré précédemment.

(b) Le deuxième type de limites est relatif à la construction interne du modèle, eu égard notamment à sa spécification stochastique : celle-ci, en effet, doit tendre à devenir une part intrinsèque de la spécification du modèle, dans l'objectif d'une meilleure visualisation du processus de production. Ce souci rejoint l'objet du paragraphe 4.1.2.1. et sera particulièrement pris en compte dans le chapitre VI.

La prise de conscience de telles limites ne doit pas nous empêcher d'appliquer la méthodologie, développée précédemment, sur d'autres systèmes de production tels que laitiers, bovins viande, ... Ceci permettrait de caractériser la technologie de ces différents systèmes et d'effectuer des comparaisons en termes de substituabilité, d'économies d'échelle et de déséquilibre factoriel.

CHAPITRE V.

MODELISATION TOBIT D'UNE DEMANDE DE FACTEUR SEMI-FIXE : ALLOCATION DU TRAVAIL DANS LES EXPLOITATIONS CEREALIERES

INTRODUCTION

Dans le cadre d'une analyse des systèmes de production, le travail considéré sous l'angle d'un facteur de production, mérite une attention particulière, motivée principalement par la mise en place de politiques agricoles qui influencent plus ou moins directement l'allocation de ce facteur. En particulier, des mesures visant à une allocation plus efficace des facteurs, à un soutien des revenus, nécessitent une caractérisation précise du travail dans les exploitations agricoles.

Ainsi, le chapitre précédent rendait compte, au travers d'un échantillon avec travail salarié, d'une situation d'excès de main-d'oeuvre familiale relatif, entre autres, au rapport de prix des facteurs ; ce constat s'insère dans un mouvement de longue période de l'agriculture française, caractérisé par l'accroissement du rapport terre-homme et par la substitution des consommations intermédiaires et du capital au travail (Bonnieux 1986a, p. I). Néanmoins, si l'on admet en première approximation (1), l'équivalence des facteurs travail salarié et travail familial l'excès estimé de main-d'oeuvre familiale présente un caractère paradoxal vis-à-vis du schéma théorique adopté précédemment où il était supposé que l'allocation du travail

(1) Il s'agit bien d'une première approximation, certaines analyses macro concluant à la complémentarité de ces deux facteurs.

salarié était subordonnée au comportement du producteur. Deux solutions peuvent être alors avancées pour éviter l'écueil précédent.

La première solution consiste à remettre en cause l'hypothèse de comportement ; la minimisation du coût de certains facteurs, la maximisation du profit ne révèlent que partiellement le comportement de l'exploitation familiale qui se trouve être simultanément (Nakajima, 1986) :

- une entreprise,
- un "offreur" de travail,
- une unité de consommation.

Les travaux de Sen (1966), Nakajima (1986) repris par Dawson (1984, 1988) appuient la thèse selon laquelle la maximisation d'une fonction d'utilité serait plus appropriée pour caractériser le processus de choix de l'agriculteur. Si, par ailleurs, la fonction d'utilité présente une désutilité marginale du travail familial, la coexistence de travail salarié et d'une main-d'oeuvre familiale potentielle importante sur l'exploitation est alors théoriquement envisageable. Les modèles associés incorporent une décomposition du travail en travail familial et travail salarié et contribuent significativement à une théorie microéconomique propre de l'exploitation agricole familiale : sur cet apport, l'ouvrage de synthèse de Nakajima (1986) est une référence. Lopez (1980) tente d'intégrer, dans un modèle théorique et économétrique, les décisions de production agricole et les décisions de consommation du ménage : les travaux appliqués qui en découlent, montrent l'interdépendance des comportements de maximisation de l'utilité du ménage et du profit de l'entreprise agricole.

La deuxième solution, développée ici, apparaît relativement plus modeste et se situe dans la filiation du cadre théorique élaboré dans les chapitres précédents. L'utilisation de travail salarié sur l'exploitation résulte d'un comportement optimal et

révèle une fixité du travail familial qui n'est plus effective sous l'hypothèse de minimisation du coût des facteurs. La quantité totale de travail présente un caractère de semi-fixité dans la mesure où le déséquilibre induit par le facteur travail familial apparaît pour certaines exploitations seulement. L'utilisation d'un modèle TOBIT rend compte alors d'un tel déséquilibre ; elle permet, par ailleurs, de préciser une offre latente de travail d'origine familiale, associée au déséquilibre de ce facteur. Parallèlement à ce premier aspect, la modélisation TOBIT proposée permet d'élargir le champ de l'estimation à l'ensemble des exploitations céréalieres de l'OTEX 11 du RICA ; en effet, les estimations du chapitre précédent ne portaient que sur un quart de l'échantillon, en l'occurrence des exploitations qui utilisaient du travail salarié.

Ce chapitre est organisé en trois sections. La première section présente quelques généralités sur le modèle TOBIT : introduit en 1958 par TOBIN, son utilisation, aujourd'hui fréquente, couvre de nombreuses extensions permettant de traiter une grande généralité de problèmes économiques.

Une justification théorique de la modélisation TOBIT de la demande de travail est proposée dans la section deux ; nous y associons une procédure d'estimation en plusieurs étapes. Une différenciation des facteurs travail familial et travail salarié est enfin proposée en considérant un coût d'opportunité différent pour ces deux facteurs.

La troisième section analyse les résultats d'estimation. Les élasticités-prix des différents facteurs sont ensuite commentées dans deux cas de figure différents, selon qu'il y ait ou non différenciation par les prix des facteurs travail familial et travail salarié. Les travaux de Mac Donald et Moffit (1980) proposent enfin un prolongement de l'analyse TOBIT que nous appliquons au cadre de notre étude.

SECTION 1. GENERALITES SUR LE MODELE TOBIT

L'observation, sur données microéconomiques relatives à la consommation des ménages ou des entreprises, de dépenses observées nulles pour certains biens ou facteurs de production est relativement courante. Ainsi Tobin (1958) a introduit le modèle TOBIT pour décrire de manière formelle la consommation de certains biens durables par les ménages. Dans le prolongement de ces travaux, le modèle TOBIT s'est également révélé pertinent pour formaliser une plus grande généralité de problèmes économiques.

D'autres études ont donc été menées sur la consommation de biens durables (Cragg 1971, Trognon 1978) ; le modèle Tobit a été également utilisé pour la modélisation de l'offre de travail (Heckman 1974, Wales et Woodland 1980). La description, enfin, de phénomènes tels que les non-réponses lors d'enquêtes, les biais d'auto-sélection peuvent faire également appel à des modèles TOBIT.

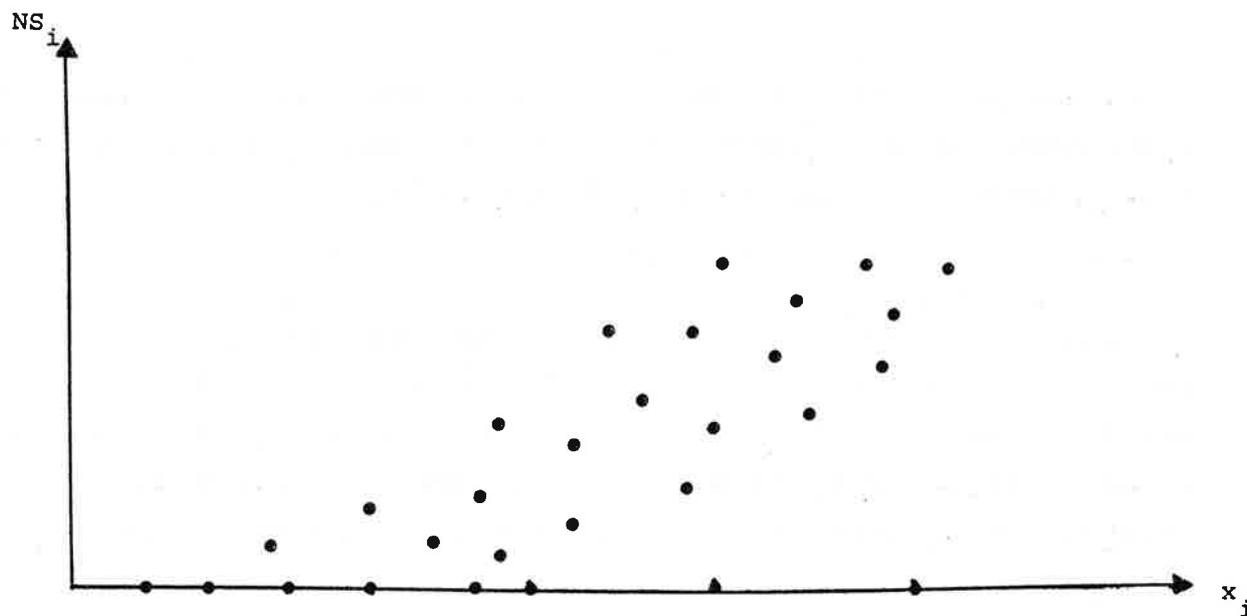
La situation étudiée ici se réfère au cas de demande de travail salarié nulle pour un certain nombre d'observations. Cette première section se propose donc de caractériser l'implantation d'un modèle TOBIT pour décrire le type de comportement précédent ; nous insistons plus particulièrement sur les aspects économétriques et concluons sur diverses généralisations envisageables.

5.1.1. Emploi de salariés et modèle TOBIT

Soit un échantillon de n exploitations agricoles ; l'utilisation de travail autre que familial n'est pas systématique : ainsi, dans le cadre de notre échantillon d'exploitations céréalières, le nombre d'entre elles qui allouent du travail salarié est inférieur à vingt cinq pour cent.

Si x_i représente une variable explicative possible de la quantité NS_i de travail salarié présente sur l'exploitation, nous obtenons le nuage de points suivant :

Figure 5.1.



Nous constatons une partition des observations, $i = 1 \dots n$ (2)

$$J = \{1, \dots, n\} = J_0 \cup J_1$$

J_0 : ensemble des indices tels que $NS_i = 0$

et

J_1 : ensemble des indices tels que $NS_i > 0$

Dans un tel contexte, un modèle de régression simple :

$$NS_i = a x_i + b + u_i \quad [1]$$

est inadapté : le nuage de points présente deux parties distinctes ; de plus, l'existence de nombreux points tels que $NS_i=0$ associée à une probabilité non nulle infirme l'hypothèse de continuité de la loi que suivent les perturbations u_i . En conséquence, le modèle [1] ne s'appliquerait seulement qu'aux seules observations NS_i strictement positives.

Cette première difficulté incite à spécifier plus précisément l'écriture d'un modèle adéquat à une théorie économique sous-jacente des comportements individuels.

Ainsi, l'observation d'une demande de travail salarié nulle pour certaines exploitations est à relier d'une part à la présence, au préalable d'une disponibilité de travail familial sur l'exploitation, d'autre part au caractère de fixité de ce dernier facteur. Nous verrons, dans la section suivante, comment cette

(2) Les indices i et n sont spécifiques de la section 1 du chapitre 5 et du paragraphe 5.3.2.2.

prise en compte aboutit à transformer le modèle [1] par l'introduction notamment d'une nouvelle variable y_i^* telle que :

$$y_i = \begin{cases} y_i^* & \text{si } y_i^* \geq l_i \\ l_i & \text{si } y_i^* < l_i \end{cases} \quad [2]$$

La variable dépendante y_i est contrainte à dépasser un certain seuil l_i qui est généralement connu ; de plus :

$$y_i^* = x_i b + u_i$$

b est un vecteur de paramètres inconnus de taille K , x_i contient les i èmes observations écrites en ligne de K variables exogènes.

Le modèle [2] appliqué au cas précédent du travail salarié s'écrit alors :

$$NS_i = \begin{cases} y_i^* & \text{si } y_i^* \geq 0 \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

La spécification stochastique du modèle consiste à supposer les perturbations u_i indépendantes et suivant toutes, à un même facteur multiplicatif près σ , une même loi connue de densité f et de fonction de répartition F (Gouriéroux, 1984) :

$$(u_i / \sigma) \sim f \quad [3]$$

Nous avons ainsi :

$$P [y_i = l_i] = P [y_i^* < l_i]$$

$$\begin{aligned}
&= P [x_i b + u_i < l_i] \\
&= P \left[u_i / \sigma < (l_i - x_i b) / \sigma \right]
\end{aligned}$$

d'où l'on tire :

$$P [y_i = l_i] = F \left[(l_i - x_i b) / \sigma \right] \quad [4]$$

D'autre part, sur $[l_i, + \infty [$, y_i admet pour densité :

$$1/\sigma f \left[(y_i - x_i b) / \sigma \right]$$

La loi, retenue pour les perturbations u_i / σ , est la loi normale centrée réduite (3) : par analogie alors au modèle probit associé également à $N(0, 1)$, le modèle est appelé TOBIT (Tobin's probit). la formalisation [2] fait donc intervenir une variable y_i^* qui n'est pas toujours observable : celle-ci est encore qualifiée de latente : son interprétation économique justifiera en grande partie l'utilisation d'un modèle TOBIT.

L'application de la méthode des moindres carrés menée soit sur l'ensemble des données, soit seulement sur les observations y_i telles que $i \in J_1$ conduit à des estimateurs biaisés de b (Gouriéroux, 1984, p. 195).

(3) Ce choix a l'avantage de donner des résultats simples (Gouriéroux 1984, p. 194) ; d'autres lois ont été proposées : logistique, loi lognormale, loi normale transformée au moyen de la fonction de Box-Cox : ces dernières restent cependant beaucoup moins utilisées.

5.1.2. L'estimateur du maximum de vraisemblance

L'existence de logiciels munis d'algorithmes numériques puissants permet de mettre en oeuvre la méthode d'estimation du maximum de vraisemblance. Cette méthode consiste à choisir pour estimateurs de b et σ , les quantités \hat{b} , $\hat{\sigma}$, solutions (quand elles existent) du programme de maximisation de la vraisemblance en b et σ .

Sous l'hypothèse d'indépendance des perturbations, la vraisemblance du modèle précédent, L , s'écrit en effectuant le produit des lois marginales des observations :

$$L = \prod_{i \in J_0} \Phi(-x_i b / \sigma) \cdot \prod_{i \in J_1} \frac{1}{\sigma} \left[\phi \left[\frac{(y_i - x_i b)}{\sigma} \right] \right] \quad [5]$$

Φ et ϕ désignent, respectivement, la fonction de répartition et la fonction densité de la loi normale centrée réduite. La maximisation, énoncée précédemment, s'opère généralement sur la log vraisemblance, la fonction $g : x \rightarrow g(x) = \text{Log } x$ étant monotone et strictement croissante.

Le programme d'optimisation s'écrit alors :

$$\begin{aligned} \text{Max}_{b, \sigma} \text{Log } L = & \sum_{i \in J_0} \text{Log } \Phi(-x_i b / \sigma) - (n_1/2) \text{Log } (2 \pi \sigma^2) \\ & - 1/2 \sigma^2 \sum_{i \in J_1} (y_i - x_i b)^2 \end{aligned} \quad [6]$$

avec n_1 : nombre d'éléments de J_1 .

Dans le modèle probit associé au modèle TOBIT, seul le paramètre b/σ est identifiable ; en posant donc : $c = b/\sigma$ et $h = 1/\sigma$, la log vraisemblance s'écrit encore :

$$\begin{aligned} \text{Log } L = & \sum_{i \in J_0} \text{Log } \Phi(-x_i c) + n_1 \log h \\ & - (n_1 / 2) \text{Log } 2 \pi - 1/2 \sum_{i \in J_1} (h y_i - x_i c)^2 \end{aligned} \quad [7]$$

En dérivant par rapport à c et h , nous en tirons les équations de vraisemblance :

$$\begin{aligned} \partial \text{Log } L / \partial c = & - \sum_{i \in J_0} \left[\phi(-x_i c) / \Phi(-x_i c) \right] \cdot x_i' \\ & + \sum_{i \in J_1} (h y_i - x_i c) x_i' = 0 \end{aligned} \quad [8]$$

$$\partial \text{Log } L / \partial h = n_1 / h - \sum_{i \in J_1} (h y_i - x_i c) y_i = 0$$

La log vraisemblance est une fonction concave en c et h (Gouriéroux, 1984, p. 199) ; si donc, il existe une solution \hat{c} , \hat{h} aux équations de vraisemblance [8], elle est unique et correspond aux estimateurs du maximum de vraisemblance de c et h . Les estimateurs du maximum de vraisemblance de b et σ^2 sont alors également uniques et sont obtenus par :

$$\hat{c} = \hat{b} / \hat{\sigma} \quad \text{et} \quad \hat{h} = 1 / \hat{\sigma} \quad [9]$$

Sous des conditions classiques (Gouriéroux 1984, p. 201), on peut montrer qu'asymptotiquement, il existe toujours une solution aux équations de vraisemblance et que l'estimateur obtenu vérifie :

$$\left[\begin{array}{l} \hat{\theta} \rightarrow \theta \\ \text{quand } n \rightarrow + \infty \end{array} \right. \quad \text{avec } \theta = (b / \sigma^2) \text{ ou } (c/h) \quad [10]$$

$$\hat{\theta} \rightsquigarrow N(\theta, E((\partial^2 \text{Log } L / \partial \theta \partial \theta)^{-1}))$$

Le modèle TOBIT s'est prêté, dans sa généralisation, à de nombreuses applications. Le paragraphe suivant précise le modèle TOBIT généralisé et l'utilisation qui en a été faite.

5.1.3. Généralisation et applications du modèle TOBIT

Dans l'exemple précédent, concernant la demande de travail salarié dans les exploitations agricoles, nous supposons implicitement la simultanéité de deux décisions :

- (1) l'agriculteur n'utilise ou n'utilise pas de travail salarié.
- (2) quelle quantité effective de travail salarié mettra-t-il en oeuvre ?

Le modèle TOBIT simple décrit simultanément les deux décisions. La prise en compte d'un aspect séquentiel de ces

décisions introduit un nouveau modèle, encore appelé modèle TOBIT généralisé.

(1) : dans une première phase, l'agriculteur décide s'il incorpore ou non du travail salarié dans la combinaison productive de l'exploitation :

Ce premier choix est formalisé par un modèle qualitatif dichotomique basé sur un critère y_2^* (4) :

$$\begin{cases} \text{si } y_{2i}^* \geq 0, \text{ l'agriculteur utilise du travail salarié} \\ \text{si } y_{2i}^* < 0, \text{ Il n'en utilise pas} \end{cases}$$

(2) : dans un deuxième temps, l'exploitant fixe ensuite la quantité de travail salarié, y_{1i}^* , qui correspond, en fait, à la variable observée, NS_i . Le modèle TOBIT généralisé s'écrit alors :

$$NS_i = \begin{cases} y_{1i}^* & \text{si } y_{2i}^* \geq 0 \\ 0 & \text{sinon} \end{cases} \quad [11]$$

Outre la distinction des deux décisions basées maintenant sur deux critères différents, la formalisation du modèle [11] permet de tenir compte d'une corrélation possible des deux décisions. La forme TOBIT simple est en réalité suffisante dans le cadre de notre étude : nous justifierons cette affirmation dans la section suivante.

(4) dans un modèle dichotomique simple, la variable dépendante prend deux modalités, 0 ou 1, selon le signe du critère y_2^* .

D'autres généralisations ont induit des approfondissements théoriques du modèle TOBIT ; citons, entre autres, le modèle TOBIT à deux seuils (Rosett et Nelson, 1975), le modèle à seuil inobservé et aléatoire (Nelson, 1977). Notons enfin que des variables dépendantes limitées peuvent être insérées dans des systèmes d'équations. Amemiya (1974), Nelson et Olsen (1978) considèrent l'estimation de modèles à équations simultanées où certaines variables endogènes sont limitées.

5.1.4. Conclusion

Conçu à l'origine pour formaliser la consommation de biens durables, le modèle TOBIT, dans sa généralisation et ses extensions théoriques, permet de traiter une grande diversité de problèmes économiques : consommation, offre et demande de facteurs, variations de prix, ... A la différence de nombreux autres modèles plus qualitatifs, le modèle précédent se fonde facilement sur une théorie économique sous-jacente. L'objet de la section suivante, par référence à la théorie microéconomique du producteur, consiste précisément à justifier une modélisation TOBIT de la demande de travail dans les exploitations céréalières. Le modèle présenté trouve ses fondements dans la formalisation adoptée au chapitre précédent et tente, en quelque sorte, de "lever" le paradoxe soulevé dans l'introduction de ce chapitre.

SECTION 2. MODELISATION TOBIT DE LA DEMANDE DE TRAVAIL DANS LES EXPLOITATIONS CERELIERES

Comme le souligne Deaton (1986), l'application du modèle TOBIT, dans l'analyse des systèmes de demande, soulève de nombreuses difficultés : l'existence, par exemple, d'une demande tronquée pour un certain facteur, induit des changements de structure pour l'ensemble des autres facteurs, selon que la demande tronquée est positive ou nulle. L'insertion d'une modélisation TOBIT pour un facteur dans l'estimation d'un système complet de demande n'est donc pas simple : ce constat contribue à justifier la procédure d'estimation en plusieurs étapes qui est proposée ici ; au préalable, nous justifions, sous un aspect théorique, l'utilisation d'un modèle TOBIT pour caractériser l'économie et la technologie des exploitations céréalières dans le cas où la contrainte de fixité du travail familial est non saturée. Les différentes phases d'estimation sont ensuite clairement explicitées. Nous proposons enfin parallèlement un affaiblissement du caractère homogène du travail alloué sur l'exploitation.

5.2.1. Justification théorique du modèle TOBIT

La modélisation réalisée au chapitre IV rend compte, simultanément, d'une demande de travail salarié positive et d'un "excès" de main-d'oeuvre familiale, c'est-à-dire d'un déséquilibre relatif, entre autres, au prix observé du travail salarié sur l'exploitation. Ce constat revêt un caractère paradoxal, dans la mesure où l'on considère, en première approximation, que le travail familial et le travail salarié se confondent en un seul et même facteur ; mises à part les fonctions de gestion de l'exploitation et de surveillance des cultures tenues par le chef d'exploitation, la réalité des exploitations céréalieres montre habituellement que les tâches effectuées sont de nature semblable : pour l'essentiel, il s'agit de conduite d'engins agricoles relatifs au labour, semis, traitements phytosanitaires, ... Cette dernière observation est par ailleurs corroborée par les relations de substituabilité mises en évidence entre le travail familial et le travail salarié, lors de la modélisation de la technologie du chapitre précédent. Il convient de remarquer enfin que la proportion d'ouvriers qualifiés, parmi les salariés agricoles, est en constante progression depuis 1975 (SCEES, 1987) : ce gain de qualification ne peut qu'affermir la relation de substituabilité précédente, sans pour autant annuler la division effective du travail entre salarié et chef d'exploitation.

Les hypothèses relatives à l'environnement économique, au comportement et à la fixité de certains facteurs sont ici inchangées ; en particulier, la demande effective de travail salarié résulte d'un comportement optimal : comme le travail familial et le travail salarié sont indifférenciés (considérés comme facteurs), l'allocation du travail global employé sur l'exploitation correspond à un comportement d'optimisation, contraint par la fixité du travail familial. Nous aboutissons, en conséquence, au programme de minimisation suivant :

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Min } \sum_i p_i x_i \\ \text{(a) } x \in X(y) \\ \text{(b) } x_T \leq x_T^0 \\ \text{(c) } x_N \geq x_N^0 \end{array} \right. \quad [12]$$

La minimisation s'effectue avec l'ensemble des facteurs de production ; x_T et x_T^0 désignent respectivement la quantité de terre utilisée et la quantité de terre disponible sur l'exploitation. x_N représente la quantité totale de travail allouée sur l'exploitation, x_N^0 représente la quantité de travail familial disponible sur l'exploitation.

Dans la mise en oeuvre du programme [12], la contrainte (a) sera saturée, dans la mesure où le producteur est supposé choisir un vecteur de facteurs, x , techniquement efficace ; ainsi : $x \in X(y) \Leftrightarrow f(x) \geq y$; à l'optimum : $y = f(x)$.

Considérons maintenant la contrainte (b) : dans l'hypothèse où le producteur subit un coût fixe, $p_T \cdot x_T^0$, celui-ci utilisera la quantité x_T^0 , la fonction de production étant croissante par rapport à chacun de ses arguments ; la contrainte (b) sera donc également saturée et donc :

$$x_T = x_T^0.$$

Ce résultat est justifié dans la réalité : l'agriculteur utilise effectivement toute la quantité de terre disponible ; en outre, les résultats de la modélisation du chapitre IV font état d'une situation "sous-optimale" du facteur terre ; autrement dit, si la contrainte (b) était relâchée, l'agriculteur accroîtrait sa surface cultivée. Cependant, une non-saturation de (b), dans le sens exprimé dans le programme [12], est théoriquement envisageable et peut faire l'objet d'un scénario possible :

considérons simplement, et à titre d'exemple, une politique de gel des terres : dans le cas où l'agriculteur choisit le quota de gel, il aura à allouer ce dernier en fonction des différents prix des facteurs et des produits, des primes accordées, la contrainte (b) pouvant alors ne pas être saturée à l'optimum.

Considérons maintenant la contrainte (c). Tout d'abord, la quantité x_N^0 est mise en oeuvre intégralement dans la combinaison productive ; c'est une limite inférieure de l'allocation de travail qui se justifie par la faible mobilité de la main-d'oeuvre familiale associée à l'absence d'opportunités de demande de travail dans les autres secteurs de l'économie. Deux cas de figure se présentent alors :

(1) La quantité x_N^0 est insuffisante pour assurer l'optimum du programme [12], auquel cas l'agriculteur fait appel à du travail salarié : la contrainte (c) n'est donc pas saturée.

(2) Le programme [12] sans la contrainte (c) aboutit à une demande de travail inférieure à x_N^0 ; le producteur, dans un comportement rationnel, disposant "gratuitement" en quelque sorte de cette quantité, la met en oeuvre intégralement dans le plan de production, auquel cas, la contrainte (c) est saturée.

En résumé, l'allocation de travail sur l'exploitation résulte d'un comportement d'optimisation ; une demande de travail salarié nulle correspond en fait au cas où le comportement optimal bute sur la contrainte de fixité du travail familial et que, si cela lui était possible, l'agriculteur ajusterait vers le bas la quantité optimale de travail. Nous mettons ainsi en évidence l'existence d'un excès de main-d'oeuvre familiale qui caractérise le déséquilibre associé au travail familial, au travers de la contrainte (c). Ce déséquilibre est fonction du coût d'opportunité

du travail familial. Devant, notamment, l'ambiguïté de la notion de prix du travail familial, la solution initialement adoptée consiste à prendre le prix du travail salarié observé sur l'exploitation (5).

Soit, enfin, x_{NS} , la demande de travail salarié. La résolution du programme dans le cadre du relâchement de la contrainte de fixité (c) aboutit à une demande optimale de travail, que l'on note \bar{x}_N et qui peut encore s'écrire :

$$\bar{x}_N = x_N^0 + x_N^1 \quad [13]$$

Dans le cas de figure (1), $x_N^1 = x_{NS}$: l'agriculteur utilise du travail salarié pour rendre optimale l'allocation globale de travail sur l'exploitation.

Dans le cas de figure (2), $\bar{x}_N < x_N^0$; autrement dit x_N^1 est une quantité négative et mesure l'offre nette latente de travail consécutive au programme (12) sous la contrainte (c). Nous aboutissons ainsi à l'écriture suivante :

$$x_{NS} = \begin{cases} x_N^1 & \text{si } x_N^1 \geq 0 \\ 0 & \text{sinon} \end{cases} \quad [14]$$

Nous reconnaissons l'écriture d'un modèle TOBIT simple qui vient d'être théoriquement introduit.

A la différence du facteur terre qui est ici un facteur fixe ou quasi-fixe (un ajustement est possible dans le long terme), la

(5) pour les exploitations ne disposant pas de travail salarié, nous prenons le prix moyen observé sur le sous-échantillon des exploitations avec travail salarié.

fixité du travail familial n'est effective que pour un certain nombre d'exploitations ; la notion de semi-fixité peut alors traduire cette situation.

L'expression [14] ne se prête pas directement à une estimation ; le paragraphe suivant propose une écriture plus explicite du modèle qui sera soumis ensuite à une procédure d'estimation en trois étapes.

5.2.2. Procédure d'estimation en trois étapes

La spécification d'une forme fonctionnelle pour la fonction de coût duale, associée à l'application du lemme de Shephard, permet d'estimer les demandes hicksiennes obtenues généralement sous forme de part de facteur (dans le cas d'une approximation translog).

Soit alors M_N^1 , la part observée du facteur travail sur l'exploitation ; le modèle [14] peut être alors formulé de la manière suivante :

$$M_N^1 = \begin{cases} M_N^1 = [P_{NS} \cdot (x_N^0 + x_N^1) / CR] & \text{si } x_N^1 \geq 0 \\ P_{NS} \cdot x_N^0 / CR & \text{sinon} \end{cases} \quad [15]$$

P_{NS} désigne le prix observé du travail salarié.

CR désigne le coût restreint qui incorpore le coût calculé du travail, dans les deux cas de figure.

La part de facteur hicksienne M_N^1 est la variable latente, non toujours observable.

La quantité $(P_{NS} \cdot x_N^0 / CR)$ représente la limite inférieure.

A la différence du modèle TOBIT usuel défini dans la section précédente ou dans l'expression [14], le seuil $P_{NS} \cdot x_N^0 / CR$ est variable selon les observations.

La première étape consiste donc à estimer le modèle [15], c'est-à-dire la part de facteur M_N^1 . Nous avons retenu, comme précédemment, la spécification translog : le modèle prend alors la forme paramétrique suivante dans le cas d'une mono-production avec quatre facteurs variables :

$$M_N^1 = c_N + b_N (\ln y) + \sum_{j=1}^3 d_{Nj} \cdot \left(\ln \frac{p_j}{p_4} \right) + \sum_{h=1}^2 k_{ih} (\ln z_h) + \varepsilon_N \quad [16]$$

avec y : niveau du produit

p_j : prix des facteurs variables, en l'occurrence les carburants, les engrais, le capital, le travail ;
 $j = 1, 2, 3, 4.$

z_h : quantités respectives des autres consommations intermédiaires et de terre ; $h = 1, 2.$

L'expression [16] insère la contrainte d'homogénéité linéaire de la fonction de coût portant sur les termes d_{Nj} .

La prise en compte des consommations intermédiaires autres que les carburants, lubrifiants et engrais mérite une explication particulière : dans le chapitre précédent, il n'est pas tenu compte de celles-ci pour la simple raison que leurs prix ne sont

pas disponibles ; nous supposons donc implicitement une hypothèse de séparabilité forte avec les autres facteurs. L'ajustement, opéré par le producteur, sur des consommations intermédiaires telles que les semences ou les produits phytosanitaires ne fait pourtant aucun doute ; la non-prise en compte est remplacée ici par une solution peut-être plus satisfaisante consistant à insérer, sous forme de quantités, les consommations intermédiaires : celles-ci interviennent comme des facteurs fixés à leur niveau optimal : on ne tient pas compte alors de la simultanéité des décisions, ce qui peut engendrer des biais dans l'estimation.

L'estimation du modèle [15] permet donc de mesurer "l'excès" de main-d'oeuvre familiale, \hat{x}_N^1 , dans le cas d'une absence de travail salarié sur l'exploitation ; dans ce cas, \hat{x}_N^1 est une quantité négative. Par ailleurs, dans le cas d'une non-saturation de la contrainte de fixité du travail familial, les autres facteurs s'ajusteront nécessairement à la nouvelle situation d'équilibre ; les parts de facteurs optimales correspondantes sont obtenues de la manière suivante : sur les deux cent quarante-quatre exploitations qui ne disposent pas de travail salarié, nous avons estimé un modèle, identique à celui du chapitre précédent, avec trois facteurs variables (carburants, engrais, capital) et trois facteurs fixes (terre, travail familial, autres consommations intermédiaires) ; les parts optimales des trois facteurs sont alors obtenues en remplaçant la quantité observée de travail familial par la quantité optimale $x_N^0 + \hat{x}_{NS}^1$: \hat{x}_{NS}^1 , dans ce cas, étant une quantité négative. Cette opération constitue la deuxième phase d'estimation.

La troisième étape consiste enfin à estimer conjointement l'ensemble des parts de facteurs optimales avec la fonction de coût afin d'obtenir des élasticités-prix correspondant à la nouvelle situation d'équilibre.

Le paragraphe suivant propose une différenciation par les prix du travail familial et du travail salarié ; cette distinction fera l'objet ensuite d'une modélisation alternative.

5.2.3. Différenciation des facteurs travail familial et travail salarié

La parfaite équivalence supposée entre travail familial et travail salarié se prête inévitablement à une discussion critique : la substituabilité n'est pas parfaite (6) ; il demeure une spécificité propre des tâches pour chaque facteur ; enfin, le coût d'opportunité est différent. Une première différenciation consiste précisément à associer un prix différent pour chaque facteur ; en effet, le prix du travail salarié, utilisé jusqu'ici, incorpore les charges sociales à la charge de l'employeur : il apparaît donc une surestimation lorsque ce prix est apparenté à un coût d'opportunité du travail familial. Nous proposons donc, comme prix du travail familial, le taux de salaire horaire diminué des charges sociales. Le modèle [15] s'écrit alors de la manière suivante :

(6) Nous avons cité, dans l'introduction, des travaux prenant en compte une décomposition du travail familial et du travail salarié : Sen (1966) ; Nakajima (1986) , Dawson (1988) ; il convient de remarquer cependant que dans l'écriture des modèles que ces auteurs proposent, il est supposé une parfaite substituabilité entre les deux facteurs.

$$M_N = \begin{cases} (p_{Nf} \cdot x_N^0 + p_{NS} \cdot x_N^1) / CR = M_N^1 & \text{si } x_N^1 \geq 0 \\ p_{Nf} \cdot x_N^0 / CR & \text{sinon} \end{cases} \quad [17]$$

$$\text{avec } \begin{cases} p_{Nf} = p_{NS} / (1 + CS) \\ CS = \text{taux de cotisations sociales à la charge de l'employeur} \end{cases}$$

Le fichier RICA permet alors le calcul d'un coût d'opportunité du travail familial ; l'estimation TOBIT du modèle [17] fournit, comme précédemment des résultats concernant une offre latente de travail, d'origine familiale, mais au prix p_{NS} , ce qui aboutit finalement à une surestimation de cette offre latente.

Dans la section suivante, le modèle (NFNS) fait référence à des prix différents pour chaque facteur travail, le modèle (NS) incluant seulement le prix du travail salarié.

5.2.4. Conclusion

Dans le cadre d'hypothèses associées au facteur travail et présentées au début du paragraphe 5.2.1, la modélisation TOBIT autorise la prise en compte de la semi-fixité du travail sur l'exploitation. La différenciation entre travail familial et travail salarié rend compte d'un coût d'opportunité différent pour chaque facteur.

La procédure d'estimation fournit alors principalement deux résultats :

(1) "L'excès" potentiel de main-d'oeuvre familiale pour les exploitations ne disposant pas de travail salarié. Dans le cas d'opportunités dans les autres secteurs de l'économie, cet excès de main-d'oeuvre peut se transformer en offre de travail.

(2) La structure de la technologie utilisée dans le cadre d'un ajustement optimal du facteur travail sur l'exploitation.

L'application d'un tel modèle demeure néanmoins délicate ; certaines variables explicatives sont inobservées pour certaines exploitations : c'est le cas du prix du travail salarié. La spécification stochastique demande enfin à être précisée dans les différentes phases d'estimation.

SECTION 3. CARACTERISATION EMPIRIQUE DU RELACHEMENT DE LA
 CONTRAINTE DE FIXITE DU TRAVAIL FAMILIAL

5.3.1. Ajustement optimal du travail et élasticités-prix

La phase d'estimation a porté tout d'abord sur le modèle (NS). La contrainte d'homothéticité de la fonction de production, testée sur l'ensemble des parts de facteurs, est rejetée au seuil $\alpha = 1 \%$. Par contre, la séparabilité forte linéaire des consommations intermédiaires, autres que les carburants et les engrais, est acceptée au seuil $\alpha = 5 \%$. Le tableau 5.1 résume ces premiers résultats concernant ces tests.

Tableau 5.1. Statistiques de tests pour le modèle NS

test	R. M. V.	p	$\chi^2(p)$	$\chi^2(p)$
			5 %	1%
homothéticité sur les parts de facteurs	71,92	3		16,27
séparabilité des CI	4,53	3	7,81	

CI : consommations intermédiaires autres que les carburants et les engrais

RMV : statistique du rapport des vraisemblances

p : nombre de contraintes

Le modèle (NFNS) a fait également l'objet d'une procédure d'estimation. A la différence des résultats précédents, l'homothéticité est acceptée au seuil $\alpha = 5 \%$; par contre la séparabilité des consommations intermédiaires est refusée au seuil $\alpha = 1 \%$.

Tableau 5.2. Statistiques des tests pour le modèle (NFNS)

	R. M. V.	p	$\chi^2(p)$ 5 %	$\chi^2(p)$ 1 %
homothéticité	3,45	3	7,81	
séparabilité des CI	24,29	3		16,27

La faible robustesse des résultats concernant l'homothéticité et la séparabilité soulève des questions ; à ce sujet, il convient de remarquer qu'empiriquement, dans le cas de tests asymptotiques, avec un grand nombre d'observations, nous sommes très souvent amenés à rejeter l'hypothèse nulle. Ainsi, dans le chapitre précédent, avec seulement cinquante huit observations, nous avons accepté l'ensemble des hypothèses testées ; dans le cas de figure présent où l'estimation se fait sur trois cent sept exploitations, l'homothéticité est rejetée nettement dans le modèle (NS) ; ce refus est confirmé dans le cadre d'une estimation d'une fonction de coût de long terme sur données RICA d'exploitations céréalières (Boutitie et al., 1987) ; de même sur séries macroéconomiques (Guyomard, 1988).

L'acceptation de la séparabilité forte linéaire des consommations intermédiaires autres que les carburants et les engrais est effective dans le modèle (NS) : ce résultat valide la spécification du chapitre précédent où il n'était pas tenu compte

de cet agrégat ; notons également que le refus de la séparabilité dans le modèle (NFNS) est d'une part moins nette que celui de l'homothéticité dans (NS) ; d'autre part, il peut être mis sur le compte du constat précédent concernant les tests asymptotiques.

Les modèles (NS) et (NFNS), dans leur version finale ont été estimés conjointement avec la fonction de coût. Ils se présentent sous la forme paramétrique suivante :

$$M_i = c_i + b_i (\ln y) + \sum_{j=1}^3 d_{ij} (\ln p_j / p_4) + \sum_{h=1}^2 k_{ih} (\ln z_h) + \varepsilon_i$$

$$\begin{aligned} \text{Log CR}(y, p_i, z_h) &= a_0 + a_1 (\ln y) + 1/2 a_2 (\ln y)^2 \\ &+ \sum_{i=1}^4 b_i (\ln p_i) (\ln y) + \sum_{i=1}^4 c_i (\ln p_i) \\ &+ 1/2 \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^4 d_{ij} (\ln p_i) (\ln p_j) \\ &+ \sum_{h=1}^2 m_h (\ln y) (\ln z_h) + \sum_{h=1}^2 f_h (\ln z_h) \\ &+ 1/2 \sum_{h=1}^2 \sum_{k=1}^2 g_{hk} (\ln z_h) (\ln z_k) \\ &+ \sum_{i=1}^4 \sum_{h=1}^2 k_{ih} (\ln p_i) (\ln z_h) + \varepsilon_c \end{aligned} \quad [18]$$

avec y : niveau du produit

z_h : $h = 1, 2$

z_1 : terre

z_2 : consommations intermédiaires autres que carburants et engrais

p_i : prix du facteur i

$i = 1$: carburants

$i = 2$: engrais

$i = 3$: capital

$i = 4$: travail

En plus des contraintes classiques d'additivité, d'homogénéité linéaire et de symétrie (cf. paragraphe 4.1.2.), le modèle (NS) correspond aux restrictions suivantes :

$$\begin{aligned} - k_{i2} &= 0 & \forall i \\ - g_{12} &= 0 \end{aligned}$$

De manière analogue, le modèle (NFNS) correspond aux contraintes :

$$\begin{aligned} - b_i &= 0 & \forall i \\ - m_h &= 0 & \forall h \end{aligned}$$

Les tableaux 5.3 et 5.4 présentent les valeurs des paramètres estimés pour les modèles (NS) et (NFNS). La méthode d'estimation (estimateurs du maximum de vraisemblance) est identique à celle présentée au chapitre précédent.

Tableau 5.3. Paramètres estimés - modèle (NS)

variable explicative	paramètre	valeur	écart-type
	a_0	12,2012	0,0180
$(\ln y)$	a_1	0,3670	0,0684
$(\ln y)^2$	a_2	- 0,0770	0,0957
$(\ln p_i)$	c_1	0,0921	0,0013
	c_2	0,3073	0,0026
	c_3	0,2440	0,0033
$(\ln p_i) (\ln p_j)$	d_{11}	0,0223	0,0047
	d_{12}	0,0152	0,0037
	d_{13}	- 0,0164	0,0020
	d_{22}	0,0783	0,0073
	d_{23}	- 0,0560	0,0036
	d_{33}	0,1365	0,0051
$(\ln z_h)$	f_1	0,3427	0,0617
	f_2	0,1384	0,0460
$(\ln z_h)^2$	g_{11}	- 0,1363	0,2103
	g_{22}	- 0,6898	0,1699
$(\ln p_i) (\ln y)$	b_1	0,0290	0,0039
	b_2	0,0450	0,0082
	b_3	0,0503	0,0099
$(\ln y) (\ln z_h)$	m_1	0,5754	0,1546
	m_2	- 0,0199	0,1630
$(\ln p_i) (\ln z_1)$	k_{11}	- 0,0146	0,0044
	k_{21}	- 0,0209	0,0092
	k_{31}	- 0,0226	0,0112

p_i , $i = 1, 2, 3$ respectivement les carburants, les engrais, le capital
 z_h , $h = 1, 2$ respectivement autres consommations intermédiaires, terre

Tableau 5.4. Paramètres estimés - modèle (NFNS)

variable explicative	paramètre	valeur	écart-type
	a_0	11,97	0,0187
$\ln y$	a_1	0,5657	0,0690
$(\ln y)^2$	a_2	0,0150	0,0490
$(\ln p_i)$	c_1	0,1237	0,0015
	c_2	0,4087	0,0036
	c_3	0,2855	0,0037
$(\ln p_i) (\ln p_j)$	d_{11}	0,0178	0,0050
	d_{12}	0,0105	0,0040
	d_{13}	- 0,0288	0,0022
	d_{22}	0,0807	0,0095
	d_{23}	- 0,0952	0,0047
	d_{33}	0,1502	0,0058
$(\ln z_h)$	f_1	0,3981	0,0639
	f_2	0,1054	0,0511
$(\ln z_h) (\ln z_k)$	g_{11}	- 0,3955	0,1177
	g_{12}	0,2145	0,0648
	g_{22}	- 0,2096	0,0677
$(\ln p_i) (\ln z_h)$	k_{11}	- 0,0219	0,0033
	k_{12}	0,0128	0,0029
	k_{21}	- 0,0601	0,0086
	k_{22}	- 0,0008	0,0076
	k_{31}	- 0,0290	0,0085
	k_{32}	0,0170	0,0075

p_i : $i, j = 1, 2, 3$ respectivement les carburants, les engrais,
le capital

$h, k = 1, 2$ respectivement les autres consommations intermédiaires
et la terre.

Les autres paramètres des modèles (NS) et (NFNS) sont déduits à partir des contraintes d'additivité, d'homogénéité linéaire et de symétrie. Au point moyen de l'échantillon, pour les deux modèles, la fonction de coût est concave par rapport aux prix des facteurs. Nous remarquons également que la plupart des coefficients sont significatifs au seuil de 5 %.

La mesure des économies d'échelle, au point moyen de l'échantillon, confirme les résultats du chapitre précédent :

$$\text{ECH (NS)} = 2,72$$

$$\text{ECH (NFNS)} = 1,77.$$

Notons également que ce résultat est issu d'un large échantillon (trois cent sept exploitations céréalières) ; il confirme, avec d'autres études sur données macroéconomiques (Guyomard, 1988), l'existence d'économies d'échelle locales en agriculture.

Les tableaux 5.5 et 5.6 présentent les élasticités-prix au point moyen pour les modèles (NS) et (NFNS).

Tableau 5.5. Elasticités-prix au point moyen - modèle (NS)

	carburant	engrais	capital	travail
carburant	- 0,666	0,473	0,066	0,127
engrais	0,142	- 0,438	0,062	0,234
capital	0,025	0,078	- 0,196	0,094
travail	0,033	0,202	0,064	- 0,299

Tableau 5.6. Elasticites-prix au point moyen - modèle (NFNS)

	carburant	engrais	capital	travail
carburant	- 0,732	0,494	0,052	0,186
engrais	0,149	- 0,394	0,053	0,192
capital	0,023	0,075	- 0,188	0,090
travail	0,126	0,430	0,142	- 0,698

Une analyse comparative rend souhaitable également une présentation des élasticités-prix obtenues au point moyen sur le sous-échantillon n'ayant pas de travail salarié (deux cent quarante-quatre exploitations céréalieres).

Tableau 5.7. Elasticités-prix au point moyen (sous-échantillon n'ayant pas de travail salarié)

	carburant	engrais	capital
carburant	- 0,683	0,532	0,142
engrais	0,149	- 0,283	0,132
capital	0,047	0,150	- 0,197

Sur l'ensemble des trois tableaux, nous remarquons une nouvelle fois (cf. chapitre IV) qu'aucune demande n'est élastique (aucune élasticité n'est supérieure à un en valeur absolue). La demande de carburant apparaît la plus sensible à son prix. A la différence des résultats du chapitre précédent, dans une analyse de court terme, aucune complémentarité n'est mise en évidence entre les facteurs : il convient d'ajouter que les relations de

complémentarité apparaissaient auparavant avec le travail salarié uniquement.

La substituabilité entre carburants et engrais est la plus marquée sur l'ensemble des trois tableaux.

La comparaison entre les tableaux 5.5 et 5.6 d'une part et le tableau 5.7 d'autre part appelle deux remarques :

- Les élasticités-prix propres sont généralement plus élevées pour les modèles (NS) et (NFNS) ; ces modèles correspondent en réalité à un assouplissement de la fixité du travail familial, le constat précédent se relie clairement à un phénomène du type principe de Le Châtelier bien qu'ici, en toute rigueur, ce principe ne puisse s'appliquer : en effet, les points d'approximation et les échantillons sont différents. L'effet le plus marquant d'un relâchement de la contrainte de fixité du travail familial concerne la demande d'engrais par rapport à son propre prix : les élasticités obtenues (-0,438, -0,394) se rapprochent d'une élasticité-prix propre de long terme estimée dans le cadre du chapitre précédent.

La comparaison des tableaux 5.5 et 5.6 retient enfin plus particulièrement notre attention. Nous remarquons la relative stabilité des valeurs obtenues pour les deux modèles (NS) et (NFNS) ; l'écart le plus notable concerne l'élasticité-prix propre du travail très supérieure dans le modèle (NFNS) : ce résultat peut s'expliquer par le fait que l'élasticité est calculée par rapport au prix du travail salarié, lui-même supérieur au coût d'opportunité du travail familial utilisé dans la modélisation. Enfin, le travail est substituable avec l'ensemble des autres facteurs, plus particulièrement avec les engrais.

La synthèse des différents résultats s'articule en trois points :

- l'acceptation de la séparabilité linéaire forte des consommations intermédiaires autres que les carburants et les engrais dans un modèle seulement.
- mise à part l'homothéticité, les résultats concernant l'existence d'économies d'échelle, les relations de substituabilité entre facteurs se trouvent ici confirmées ; le travail apparaît substituable avec les autres facteurs.
- la prise en compte d'une différenciation des coûts d'opportunité pour le travail familial et le travail salarié aboutit à une élasticité-prix propre plus marquée.

L'information, exploitée jusqu'ici dans notre analyse, n'est pas épuisée ; en particulier, Mc Donald et Moffit (1980) montrent que le modèle TOBIT peut être utilisé également pour déterminer l'ampleur des variations de la variable dépendante suite à une variation marginale des variables exogènes.

Le paragraphe suivant explicite la méthodologie adoptée et fournit une application dans le cas de notre étude.

5.3.2. Un prolongement de l'analyse TOBIT

La demande de travail salarié dans une exploitation agricole est soumise à un environnement économique représenté, en première approximation, par les prix des facteurs. Considérons l'ensemble des exploitations agricoles de l'échantillon et supposons une diminution marginale du prix du travail salarié (consécutive, par exemple, à une baisse des charges sociales). La baisse du prix du

travail salarié, p_{NS} , aura deux effets principaux associés respectivement aux deux sous-groupes d'exploitations déjà mentionnés J_0 et J_1 :

- J_0 : ensemble des exploitations tel que $NS_i = 0$.
- J_1 : ensemble des exploitations tel que $NS_i > 0$.

Ces deux effets sont les suivants :

- (1) certaines exploitations appartenant à J_0 vont passer d'une demande nulle à une demande strictement positive de travail salarié.
- (2) effet positif pour la demande de travail salarié des exploitations appartenant à J_1 . La méthodologie proposée par Mc Donald et Moffit (1980) permet de quantifier l'effet global et sa décomposition précédente à des fins utiles pour l'analyse de politiques agricoles.

5.3.2.1. Décomposition de l'effet TOBIT

Réécrivons tout d'abord le modèle (14) sous une forme paramétrique :

$$x_{NS_i} \begin{cases} = x_i b + u_i & \text{si } x_i b + u_i > 0 \\ = 0 & \text{si } x_i b + u_i \leq 0 \end{cases} \quad [19]$$

x_{NS_i} est la demande de travail salarié pour l'exploitation i . La spécification stochastique classiquement retenue, pour les perturbations u_i est la loi normale de moyenne nulle et de variance σ^2 (cf. première section de ce chapitre) ; la variable latente, $x_{NS_i}^* = x_i b + u_i$, x_i étant un vecteur de variables exogènes, suit donc également une loi normale de moyenne $x_i b$:

$$x_{NS_i}^* \sim N(x_i b, \sigma)$$

x_{NS_i} suit alors une loi normale tronquée dont l'espérance s'écrit (7) :

$$E(x_{NS}) = x_i b \cdot \Phi(z) + \sigma \phi(z) \quad [20]$$

avec $z = x_i b / \sigma$

Φ et ϕ étant, respectivement, la fonction de répartition et la densité de la loi normale centrée réduite.

Nous avons par ailleurs (8) :

$$E(x_{NS} / x_{NS} > 0) = x_i b + \sigma [\phi(z) / \Phi(z)] \quad [21]$$

(7) : d'après l'expression [20], on en déduit le résultat présenté à la deuxième section, à savoir que l'estimateur des moindres carrés ordinaires appliqué sur l'ensemble des observations, $\hat{b} = (x'x)^{-1} x' (x_{NS})$ est biaisé, $E(x_{NS})$ étant une fonction non linéaire de b .

(8) : pour ne pas alourdir inutilement l'exposé, le calcul de $E(x_{NS})$ et $E(x_{NS} / x_{NS} > 0)$ a été repris de Gouriéroux (1984, p. 213).

A partir des équations [20] et [21], nous relierons simplement $E(x_{NS})$ l'espérance de x_{NS} basée sur toutes les observations et $E(x_{NS} / x_{NS} > 0)$ l'espérance relative aux observations strictement positives de la demande de travail salarié :

$$E(x_{NS}) = \Phi(z) \cdot E(x_{NS} / x_{NS} > 0) \quad [22]$$

Considérons maintenant une variation marginale, d'une variable indépendante, soit x_k et étudions son effet sur $E(x_{NS})$.

$$\left[\frac{\partial E(x_{NS})}{\partial x_k} \right] = \Phi(z) \left[\frac{\partial E(x_{NS} / x_{NS} > 0)}{\partial x_k} \right] \quad [23]$$

(a)

$$+ E(x_{NS} / x_{NS} > 0) \cdot \left[\frac{\partial \Phi(z)}{\partial x_k} \right]$$

(b)

La variation totale de $E(x_{NS})$ se décompose donc en deux effets :

(a) variation des demandes strictement positives pondérée par la probabilité de dépasser cette borne.

(b) variation de la probabilité d'être au-dessus de la limite pondérée par l'espérance relative aux observations strictement positives de la demande.

Autrement dit, supposons que le taux de salaire horaire associé au travail salarié diminue ; la variation positive totale de la demande de travail se décompose en deux parts : variation positive pour la demande de travail déjà effective ; augmentation

de la demande due au fait que certaines exploitations vont passer d'une demande nulle à une demande strictement positive.

L'estimation du modèle TOBIT fournit un estimateur de b : chaque terme de l'équation [23] peut donc être évalué pour toute valeur de x_i ; comme dans le cas du calcul des élasticités, nous nous proposons une évaluation au point moyen de l'échantillon $E(x_{NS} / x_{NS} > 0)$ est estimée à partir de l'expression [21]. Par ailleurs, nous avons :

$$\partial \Phi(z) / \partial x_k = b_k \phi(z) / \sigma \quad [24]$$

b_k : paramètre associé à la variable exogène x_k

$$[\partial E(x_{NS} / x_{NS} > 0) / \partial x_k] = b_k + \sigma [\partial \phi(z) / \partial x_k] / \Phi(z)$$

$$- \sigma \left[\phi(z) / [\Phi(z)]^2 \right] [\partial \Phi(z) / \partial x_k]$$

$$\text{or } \partial \phi(z) / \partial x_k = - (b_k / \sigma) \cdot (z) \phi(z)$$

ϕ étant la densité de la loi normale centrée réduite.

d'où :

$$\begin{aligned} [\partial E(x_{NS} / x_{NS} > 0) / \partial x_k] &= b_k [1 - (z \cdot \phi(z) / \Phi(z)) - (\phi(z) / \Phi(z))^2] \\ &= b_k [B(z)] \end{aligned} \quad [25]$$

si l'on pose :

$$B(z) = \left[1 - [z \phi(z) / \Phi(z)] - [\phi(z) / \Phi(z)]^2 \right] \quad [26]$$

$B(z)$ mesure, en quelque sorte, un coefficient d'ajustement, qui, associé à b_k , fournit un coefficient de régression associé à x_k pour les observations strictement positives de la demande de travail salarié. Par ailleurs, en remplaçant les expressions [21], [24] et [25] dans l'équation [23], on obtient :

$$\begin{aligned}
 [\partial E(x_{NS}) / \partial x_k] &= \Phi(z) \cdot b_k [B(z)] + \\
 &\quad [x_i b + \sigma \phi(z) / \Phi(z)] \cdot b_k \phi(z) / \sigma \\
 &= \Phi(z) \cdot b_k [B(z)] + \\
 &\quad + \Phi(z) \cdot b_k \left[z \phi(z) / \Phi(z) + [\phi(z) / \Phi(z)]^2 \right] \\
 &= \Phi(z) \cdot b_k [B(z) + 1 - B(z)] \\
 &= \Phi(z) \cdot b_k
 \end{aligned}$$

Cette nouvelle écriture permet, en outre, de fournir une autre interprétation pour $B(z)$: cette expression mesure en effet la proportion de l'effet total $\partial E(x_{NS}) / \partial x_k$ due à l'effet sur la demande de travail salarié strictement positive.

5.3.2.2. Généralisation et application

Comme le soulignent Mc Donald et Moffit, la décomposition précédente est généralisable à divers cas : celui qui nous préoccupe, correspond à un seuil non nul et différent pour chaque observation.

En reprenant le modèle [15], nous effectuons le changement de variable suivant :

$$Y_i = M_{Ni} - (p_{NS} \cdot x_N^0 / CR)_i \quad [27]$$

Substituant [27] dans l'équation [15] il vient :

$$Y_i = \begin{cases} Y_i^1 & \text{si } x_{Ni}^1 \geq 0 \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

avec $Y_i^1 = M_{Ni}^1 - (p_{NS} \cdot x_N^0 / CR)_i$

M_{Ni}^1 étant, comme précédemment, la part de facteur travail optimale sur l'exploitation.

Le modèle transformé s'écrit encore :

$$Y_i = \begin{cases} Y_i^1 & \text{si } Y_i^1 \geq 0 \\ 0 & \text{sinon} \end{cases} \quad [28]$$

Y_i^1 peut se mettre sous la forme :

$$Y_i^1 = x_i b + u_i$$

Si l'on admet la normalité des perturbations u_i , $Y_i^1 \sim N(x_i b, \sigma)$. Comme nous l'avons déjà signalé au chapitre précédent, la spécification stochastique précédente est une approximation ; en effet $Y_i^1 \in [0, 1]$.

Le modèle (28) se prête alors, de manière similaire, au calcul de décomposition précédent, il suffit simplement de remplacer x_{NS} par Y_i , l'information intéressante étant alors obtenue par :

$$B(z) = [1 - z \phi(z) / \Phi(z) - [\phi(z) / \Phi(z)]^2]$$

avec $z = x_i b / \sigma$

En reprenant l'expression [4] (section deux), nous avons :

$$P(Y_i = 0) = F(-z)$$

$$\begin{aligned} \text{donc, } P(Y_i > 0) &= 1 - F(-z) \\ &= 1 - \Phi(-z) \\ &= \Phi(z) \end{aligned}$$

$\Phi(z)$ représente donc la probabilité que la demande de travail salarié soit strictement positive.

La phase d'estimation fournit des estimateurs de b et σ ; le calcul de $B(z)$ est donc possible pour toute valeur de $z = x_i \hat{b} / \hat{\sigma}$; Mc Donald et Moffit l'ont effectué au point moyen en approximant $F(\bar{z})$ par la fraction de l'échantillon qui présente une quantité strictement positive de travail salarié.

Le calcul mené sur notre échantillon étudié aboutit aux résultats suivants :

$$F(z) = 0,205$$

$$z = -0,823$$

$$\phi(z) = 0,284$$

$$B(z) = 0,221$$

Ainsi, 22 % de l'effet total d'une variation des variables indépendantes sur la demande de travail salarié est constitué d'une variation marginale de la demande déjà effective.

CONCLUSION

A l'issue des travaux de modélisation présentés dans le chapitre précédent, la référence à un modèle TOBIT rejoignait le souci d'une prise en compte de l'ensemble de l'échantillon des exploitations céréalières de l'OTEX 11 du RICA. La modélisation TOBIT, qui vient d'être présentée, rend d'une part effective cette prise en compte et formalise d'autre part rigoureusement la semi-fixité du facteur travail sur l'exploitation agricole. L'élimination du biais de sélectivité induit par la seule prise en compte des exploitations avec travail salarié, ainsi qu'une nouvelle mesure du déséquilibre associé au travail familial concrétisent le double apport d'une modélisation TOBIT.

L'estimation des modèles (NS) et (NFNS) tendent à valider les résultats antérieurs, en terme de substituabilité des facteurs, de rendements d'échelle locaux croissants.

La différenciation, par les prix, du travail familial et du travail salarié s'avère pertinente ; elle rend compte notamment d'une élasticité propre plus forte de la demande de travail. Dans le cadre enfin d'un assouplissement de la fixité du travail familial, l'effet le plus sensible porte pour l'élasticité-prix propre des engrais.

La décomposition de l'effet TOBIT, proposée par Mc Donald et Moffit, peut être pertinente en termes d'implications pour la politique agricole.

Les différents apports de ce chapitre ne doivent pourtant pas masquer les écueils qui ont été rencontrés : ceux-ci se situent, pour l'essentiel, dans la procédure d'estimation et dans l'inobservation de certaines variables explicatives. Ces difficultés ne peuvent empêcher cependant des extensions logiques du travail présenté ; ainsi, la semi-fixité qui caractérise certains facteurs peut s'étendre au produit : si l'on arrive, à titre d'illustration, à partitionner les observations entre celles qui maximisent leur profit et celles qui sont contraintes sur les débouchés (sur la base par exemple d'un critère tel qu'une mesure des économies d'échelle), une modélisation TOBIT permettrait alors d'inférer une mesure de déséquilibre par rapport à une situation marshallienne.

D'une manière plus générale, deux hypothèses fortes sou-tendent une modélisation duale de la technologie :

- la technologie est identique pour toutes les firmes,
- l'hypothèse spécifiée de comportement est la même pour toutes les firmes.

La modélisation TOBIT tente, en réalité, d'assouplir cette deuxième hypothèse : ainsi, dans le cas des exploitations céréalieres, certaines minimisent un coût différent (selon que l'allocation du travail est optimale ou non), d'autres tendent vraisemblablement davantage vers une maximisation du profit.

Enfin, la nécessité d'une formalisation pour la modélisation du secteur agricole traduit peut être également le peu d'adéquation des hypothèses de comportement adoptées classiquement pour l'exploitation agricole, auquel cas, la triple spécification de l'exploitation familiale, proposée par Nakajima (1986) (cf. introduction de ce chapitre) associée à la maximisation d'une

fonction d'utilité serait alors plus appropriée. Les investigations économétriques d'une théorie microéconomique propre de l'exploitation agricole familiale seraient alors plus que souhaitables.

CHAPITRE VI.

**MISE EN EVIDENCE DE L'INTERET
D'UNE SPECIALISATION CEREALIERE
A PARTIR D'UNE ANALYSE
MULTIPRODUITS-MULTIFACTEURS**

INTRODUCTION

Les analyses récentes de la croissance de la production agricole insistent sur deux phénomènes majeurs : l'intensification et la spécialisation des productions (Bonnieux, 1986a, p. 3). La spécialisation est particulièrement manifeste dans les systèmes céréaliers : les céréales y représentent, en effet, 80 % de la superficie totale des exploitations (Carles, Chitrit, 1985, p.7) ; ces auteurs montrent l'intérêt économique d'une telle spécialisation par l'examen des marges brutes des différentes productions.

D'une manière générale, cette recherche d'efficacité revêt un caractère technique et économique. L'agriculteur est ainsi amené à développer certaines productions au détriment d'autres, moins rentables, compte tenu de la dotation en facteurs, des conditions naturelles, de l'environnement économique et des rapports de prix ; autrement dit, notre attention se situe à la jonction entre la technologie et l'économie des systèmes céréaliers : nous nous proposons, à ce niveau, d'expliquer la spécialisation céréalière à l'aide d'un modèle de comportement. L'approche duale en théorie de la production, établissant le lien entre la technologie et le comportement économique, devrait donc se révéler tout à fait appropriée pour caractériser une portée explicative à la spécialisation céréalière. Pour ce faire, il faut adapter la modélisation pour tenir compte du caractère multiproduits de la technologie mise en oeuvre.

Les activités agricoles observées se caractérisent, en effet et pour l'essentiel, par une diversité de productions élaborées conjointement sur une même exploitation. Autrement dit, la technologie agricole demeure encore largement une technologie multiproduits. Ceci est dû à diverses raisons, d'ordre biologique ou agronomique qui rendent difficile la monoproduction. Ainsi, les contraintes biologiques sont intrinsèques à l'ensemble des possibilités de production. L'existence de productions naturellement jointes (grains de blé et pailles de blé) en fournit une illustration simple.

Les contraintes agronomiques, quant à elles, impliquent des rotations de cultures pour trois raisons principales. En vue d'assurer tout d'abord une exploitation complète de l'ensemble des couches végétales du sol, l'agriculteur fera se succéder sur la parcelle des plantes munies de différents systèmes racinaires. Ainsi, les céréales, avec leurs racines fasciculées, exploiteront les couches superficielles ; à l'inverse, le système racinaire plus puissant de la betterave permettra une exploitation des couches profondes du sol. Les plantes cultivées ont, par ailleurs, des exigences en éléments minéraux particulières : l'absence de rotation culturale induit un appauvrissement du sol en certains éléments fertilisants (azote, potasse, oligo-éléments ...) que le recours à des doses massives d'engrais n'empêchera que partiellement. Le maintien, enfin, d'une même culture sur un même sol favorise le développement des parasites végétaux ou animaux : la rotation des cultures permet de briser, efficacement, les cycles de reproduction de ces parasites. D'une manière générale, les progrès techniques concernant la fertilisation et la protection phytosanitaire ont permis de limiter l'effet des contraintes agronomiques précédentes. Dans une analyse dynamique, elles s'analyseraient comme des contraintes inter-temporelles sur l'ensemble des possibilités de production. Il convient de remarquer également que l'aspect multiproduits de la technologie peut résulter d'un comportement économique

du producteur ; ainsi, le souci de valoriser certains sous-produits végétaux (paille de blé, pulpe de betterave sucrière) avec une disponibilité de surfaces agricoles peu propices à des productions végétales intensives peut conduire l'agriculteur à produire des bovins d'embouche (1) conjointement à des productions céréalières.

L'apport de ce chapitre se situe également sur le plan de la spécification stochastique : celle-ci assure, en effet, un rôle de première importance dans l'estimation des systèmes complets de demandes de facteurs. De nombreux auteurs tels que Zellner, Kmenta et Drèze (1966), Fuss, Mc Fadden et Mundlak (1978), Woodland (1979) ont précisé une spécification des erreurs contribuant à une meilleure visualisation du processus de production ; cet apport théorique se retrouve également dans les travaux portant sur les modèles frontières (Førsund, Lovell et Schmidt, 1980) et aboutit quasi-généralement à adopter une procédure en deux étapes. En premier lieu, un modèle déterministe est dérivé de la théorie économique et spécifié suivant une forme fonctionnelle. Dans une seconde phase, le modèle se fonde dans une structure stochastique qui se résume, dans la plupart des cas, à rajouter un terme d'erreur aux différentes équations de comportement. A l'inverse, Mac Elroy (1987) propose une spécification stochastique initialisée dès la description formelle de la technologie et du comportement.

Cette intégration des termes d'erreurs au sein du schéma dual conduit à un gain de cohérence fonctionnelle du modèle et se prête à différents types d'interprétation économique ; l'option, retenue ici, rejoint le point de vue de Stigler (1976) selon lequel les inefficacités observées ne sont en fait

(1) embouche : prairie sur laquelle sont engraisés des animaux, en particulier des bovins (définition : Larousse Agricole, 1981).

qu'apparentes et reflètent davantage notre ignorance quant au processus exact d'optimisation et à l'ensemble des éléments que celui-ci met en jeu.

Ce chapitre est divisé en trois sections. La première porte sur la spécification stochastique comme le trait d'union entre la théorie économique et la réalité économique observée ; ceci nous conduit à adopter et à présenter le modèle GEM (General Error Model). La deuxième section s'attache à préciser le modèle économétrique à partir d'une présentation désormais classique en trois étapes : choix d'une forme fonctionnelle flexible, mise en oeuvre des tests de spécification puis présentation sous forme paramétrique des mesures duales de la technologie. La forme fonctionnelle Translog utilisée, n'est guère originale à ce niveau d'analyse ; il conviendra néanmoins de noter sa généralisation qui permet d'estimer la fonction de coût pour des valeurs nulles de certains produits. Cette section s'arrête aussi de manière notoire sur les hypothèses implicites ou explicites de séparabilité de la technologie. Jusqu'ici, en effet, il a été fait peu état de ces hypothèses et ceci pour des raisons tenant aux données. Leur niveau d'agrégation impose des hypothèses de séparabilité entre facteurs ou entre produits. La notion d'économies d'envergure (economies of scope), intrinsèque à une technologie multiproduits, donne lieu à des développements. Cette notion fournit un éclairage complémentaire sur l'intérêt d'une spécialisation céréalière.

D'une manière générale, l'ensemble des résultats est rassemblé et commenté dans la troisième section. Les estimations sont comparées avec celles obtenues précédemment dans le cadre monoproduit.

SECTION 1. INTEGRATION DE LA SPECIFICATION STOCHASTIQUE DANS LE MODELE DE COMPORTEMENT

La spécification stochastique s'interpose entre la théorie économique et la réalité ; elle n'en demeure pas moins soumise au bon gré de l'économètre qui peut placer cette spécification dans l'orbite de l'un des deux pôles précédents. Nous précisons, dans cette première section, le choix adopté et proposons une spécification stochastique qui n'infirme pas la cohérence fonctionnelle d'un modèle de comportement basé sur l'approche duale en théorie de la production.

6.1.1. Localisation de la spécification stochastique entre la théorie économique et la réalité économique observée

Dans la plupart des études économétriques fondées sur l'approche duale en théorie de la production, la spécification stochastique consiste simplement à ajouter aux équations de comportement, un terme d'erreur qui suit généralement une loi normale. Cette approche appelle essentiellement deux remarques ; en premier lieu, la référence à la théorie économique ou à la réalité observée est généralement peu explicite ; d'autre part, la nette dissociation entre la formalisation déterministe du modèle

et la spécification stochastique infirme sensiblement la cohérence fonctionnelle du modèle. La spécification stochastique classique ne révèle pas, à titre d'exemple, les relations fonctionnelles exactes entre les termes d'erreurs des parts de facteurs et celui de la fonction de coût. Nous sommes ainsi conviés à porter notre attention sur deux points : d'une part, le positionnement de la spécification stochastique entre ses deux références : la réalité et la théorie économique ; d'autre part, est-il possible d'assurer une spécification stochastique cohérente avec le modèle de comportement ?

Sur ce premier point, certains auteurs tels que Lau dans son commentaire sur l'article de Diewert (1974), n'ont pas manqué de souligner le caractère peu rigoureux d'une spécification stochastique classique, celle-ci n'étant pas soumise, par exemple, à la rationalité économique intrinsèque du modèle. Ce constat porte en germe le souci de développer une théorie économique explicite des perturbations stochastiques, plus ou moins en référence à la théorie économique du modèle. Une telle théorie s'est en fait initialement développée à partir des travaux sur les modèles frontières (2) ; Dans ces modèles, l'interprétation économique des erreurs se fait principalement en termes d'inefficacités techniques ou allocatives. La spécification stochastique, associée à l'estimation de fonctions frontières, se réfère ainsi directement à la théorie économique. Le point de vue adopté dans cette étude se différencie du précédent dans la mesure où la réalité économique observée constitue le référentiel de la spécification stochastique ; autrement dit, sur le terrain de cette spécification, le caractère approximatif de la théorie, et en particulier de l'hypothèse de comportement, infirme toute tentative de traduction des erreurs en termes d'inefficacités économiques. Cette approche s'apparente au point de vue de Stigler

(2) comme nous l'avons souligné précédemment. FÖrsund, Lovell et Schmidt (1980) proposent une revue de la littérature sur le sujet.

(1976) selon lequel les inefficacités observées ne sont qu'apparentes et reflètent davantage l'ignorance de l'économètre quant au processus exact d'optimisation.

Les travaux récents de Mac Elroy (1987) concilient l'approche précédente et le souci d'une cohérence fonctionnelle, au sein du modèle, de la spécification stochastique, ce qui constitue notre deuxième point d'attention. Le modèle proposé par Mac Elroy, traite effectivement la spécification stochastique comme une part intrinsèque de la spécification du modèle de production, la cohérence fonctionnelle étant alors particulièrement manifeste dans la correspondance entre les spécifications stochastiques primale et duale du programme d'optimisation.

Le paragraphe suivant précise une spécification GEM d'un modèle associé à la minimisation du coût des facteurs et met en évidence le gain de cohérence de ce modèle au regard d'une spécification stochastique classique.

6.1.2. Econométrie d'une spécification GEM (Mac Elroy, 1987)

L'écriture d'un modèle GEM fait ressortir clairement le caractère intrinsèque de la spécification stochastique dans la structure du modèle d'optimisation.

6.1.2.1. Ecriture du modèle

Nous proposons une écriture relative à la minimisation du coût des facteurs variables, en vue d'obtenir un vecteur de produits y , conditionnellement à la disponibilité d'un vecteur de facteurs quasi-fixes z ; ceci nous amène à considérer, une fonction de transformation GEM (3) qui s'écrit :

$$F(y, x - \varepsilon, z) = 0. \quad [1]$$

avec :

$$y = (y_1, \dots, y_m, \dots, y_M)$$

$$x = (x_1, \dots, x_n)$$

$$\varepsilon = (\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_n)$$

$$z = (z_{n+1}, \dots, z_N)$$

Le vecteur de paramètres ε est supposé connu de l'entreprise mais inconnu de l'économètre : il en est ainsi pour des paramètres tels que les capacités de gestion de l'agriculteur, la disponibilité et la qualité de certains facteurs de production ; de même, le comportement économique exact du producteur ou les erreurs possibles de mesures des facteurs. Si l'on se réfère au sous-paragraphe 4.1.2.1. concernant la spécification stochastique,

(3) Mac Elroy considère une fonction de production AGEM : additive general error model. dans la mesure où les termes ε interviennent par addition sur les quantités de facteurs.

le vecteur ε , tel que défini ci-dessus, peut englober la plupart des sources d'erreurs possibles, mis à part, par exemple, les aléas sur les prix, inconnus du producteur.

Nous supposons, par ailleurs, que le vecteur ε varie entre les entreprises suivant une distribution indépendante de y , z et p_x (vecteur prix des facteurs variables), de moyenne nulle et de matrice de variance-covariance définie positive.

Soit $CR(p_x, y, z)$ la fonction de coût restreint déterministe, associée à $\varepsilon = 0$; parallèlement, soit $CR_\varepsilon(p_x, y, z, \varepsilon)$ la fonction de coût restreint associée à $\varepsilon \neq 0$. Moyennant les hypothèses désormais classiques sur la technologie adoptées au paragraphe 2.2.1, la fonction $CR_\varepsilon(p_x, y, z, \varepsilon)$ est duale de la fonction de transformation [1].

Nous nous proposons de démontrer maintenant l'égalité suivante :

$$CR_\varepsilon(p_x, y, z, \varepsilon) = CR(p_x, y, z) + p'_x \cdot \varepsilon \quad [2]$$

$CR_\varepsilon(p_x, y, z, \varepsilon)$ et $CR(p_x, y, z)$ sont déduits respectivement des programmes suivants :

$$(a) \begin{cases} \text{Min} & p'_x \cdot x \\ & x \\ & F(y, x - \varepsilon, z) = 0 \end{cases} \quad \text{et (b)} \begin{cases} \text{Min} & p'_x \cdot x \\ & x \\ & F(y, x, z) = 0 \end{cases}$$

Effectuons, dans le programme (a), le changement de variable suivant :

$$X = x - \varepsilon$$

ce qui permet de réécrire le programme (a) :

$$\begin{cases} \text{Min}_{X} p'_x \cdot (X + \varepsilon) \\ F(y, X, z) = 0 \end{cases}$$

En réalité, le producteur minimise en $x = X + \varepsilon$; mais ne pouvant agir sur la valeur de ε , la minimisation s'effectue avec le vecteur X . Le programme (a) peut se réécrire encore :

$$\begin{cases} \text{Min}_{X} [p'_x \cdot X + p'_x \cdot \varepsilon] \\ F(y, X, z) = 0 \end{cases}$$

soit, à minimiser :

$$\begin{cases} \text{Min}_{X} p'_x \cdot X \\ F(y, X, z) = 0 \end{cases}$$

ce qui est équivalent au programme (b) associé à CR (p'_x, y, z) .

Nous avons donc :

$$\begin{aligned} CR_{\varepsilon}(p'_x, y, z, \varepsilon) &= \text{Min}_{X} \left[p'_x \cdot X ; F(y, X, z) = 0 \right] + p'_x \cdot \varepsilon \\ &= CR(p'_x, y, z) + p'_x \cdot \varepsilon \end{aligned}$$

Les équations [1] et [2] traduisent ainsi une relation de dualité qui s'étend maintenant à la structure stochastique du modèle. Cette spécification est définie dans l'approche primale, au travers de la fonction de transformation ; elle génère, par ailleurs, une spécification duale associée à la fonction de coût.

A l'instar de la fonction de coût déterministe $CR(p_x, y, z)$, il est facile de vérifier que $CR_\varepsilon(p_x, y, z, \varepsilon)$ est linéaire homogène et concave par rapport aux prix des facteurs.

De manière tout à fait classique, l'application du lemme de Shephard à l'équation [2] fournit les demandes de facteurs \bar{x}_i , $i = 1, \dots, n$, solutions du programme (a).

$$\begin{cases} \bar{x}_i = CR_i(p_x, y, z) + \varepsilon_i \\ i = 1, \dots, n \\ CR_i = (\partial CR / \partial p_i) \end{cases} \quad [3]$$

Les équations [3] constituent un système complet de demandes de facteurs ; dans un tel système, la fonction de coût est redondante dans la mesure où celle-ci est obtenue comme combinaison linéaire de l'ensemble des facteurs :

$$CR_\varepsilon(p_x, y, z, \varepsilon) = \sum_{i=1}^n p_i \bar{x}_i \quad [3']$$

Un modèle GEM peut s'écrire également sous forme d'un système d'équations de parts de facteurs : avec cette nouvelle écriture, nous vérifions aisément que la contrainte d'additivité relative aux parts de facteurs est intrinsèquement respectée. En effet, la part de facteur $M_{i\varepsilon}$, dans une spécification stochastique GEM s'écrit alors :

$$\begin{cases} M_{i\varepsilon} = [\partial \ln CR / \partial \ln p_i] + v_i \\ \quad i = 1, \dots, n \\ v_i = [CR_\varepsilon (p_x, y, z, \varepsilon)]^{-1} [p_i \varepsilon_i - (p'_x \cdot \varepsilon) \cdot (\partial \ln CR / \partial \ln p_i)] \end{cases} \quad [4]$$

L'homogénéité linéaire de la fonction de coût $CR(p_x, y, z)$ implique :

$$\sum_{i=1}^n v_i = 0$$

et par conséquent :

$$\sum_{i=1}^n M_{i\varepsilon} = 1.$$

Ce résultat illustre le caractère intrinsèque de la spécification stochastique et dispense ainsi de la spécification d'une distribution qui limiterait automatiquement les parts de facteurs au simplexe unité (cf. paragraphe 4.1.2.3. et Woodland (1979)).

Le système d'équations [4] met par ailleurs en évidence la relation fonctionnelle exacte entre les termes d'erreur v_i des parts de facteurs et le terme d'erreur $v_c = p'_x \cdot \varepsilon$ de la fonction de coût. Cette relation est généralement ignorée dans le cadre d'une spécification stochastique classique qui structure, très souvent, une estimation conjointe des équations des parts de facteurs et de la fonction de coût.

En pratique, le système d'équations [4] étant non linéaire par rapport aux termes d'erreurs ε_i , l'estimation d'un modèle GEM portera sur le système [3] des demandes de facteurs (4).

Nous venons de faire ressortir, au travers des différentes étapes de l'écriture d'un modèle GEM, les différents problèmes résolus par cette spécification. Le gain de cohérence fonctionnelle obtenu se traduit principalement dans la dualité de la structure stochastique, ce qui évacue d'emblée une possibilité de divergences, dans les applications empiriques, entre les approches primale et duale. Ce dernier argument est utilisé par Mac Elroy pour infirmer la validité de certains tests de cohérence interne de la théorie néo-classique de la production, proposés par Appelbaum (1978).

6.1.2.2. Interprétation économique, estimation et tests d'hypothèses

Au vu des interprétations précédentes, le vecteur ε a été défini principalement à partir de la réalité économique observée ce qui constitue cette dernière comme le référentiel de choix de la spécification stochastique. Autrement dit, à ce niveau de l'analyse, la spécification stochastique associée à un modèle GEM et la théorie économique sont relativement indépendantes ; en particulier, la spécification n'est pas modelée par la théorie

(4) La spécification stochastique d'un modèle GEM ne dispense pas, pour une prise en compte totale de l'information disponible, d'une estimation conjointe de $n - 1$ parts de facteurs et de la fonction de coût ; on notera, par ailleurs, dans la suite de l'exposé, $v = (v_1, \dots, v_{n-1}, v_c)$ le terme général du modèle GEM spécifié sous forme de $n-1$ équations de parts de facteurs et de la fonction de coût.

économique mais elle n'affecte pas pour autant la cohérence interne du modèle de comportement comme pouvait le faire une écriture stochastique classique. Il n'en demeure pas moins possible d'attribuer une interprétation des termes d'erreurs fondée sur la théorie économique ; ainsi Mac Elroy (1986) caractérise le modèle GEM comme un modèle frontière stochastique avec des erreurs techniques. Néanmoins, selon l'option adoptée au début de cette section, nous n'aborderons pas telle ou telle interprétation économique des termes d'erreurs ; la pertinence d'un modèle GEM se trouve en effet davantage dans sa cohérence fonctionnelle.

La phase d'estimation retient la représentation la plus commode du modèle, autrement dit, le système [3] d'équations de demandes de facteurs, linéaire par rapport aux termes d'erreurs ε_i ; nous lui associerons une forme fonctionnelle translog, ce qui conduit à estimer un système d'équations non linéaires par rapport aux paramètres. L'adoption de l'hypothèse de normalité multidimensionnelle pour le vecteur ε permet alors d'obtenir les estimateurs du maximum de vraisemblance.

Il est par ailleurs opportun de tester une spécification stochastique d'un modèle GEM contre une spécification classique des termes d'erreurs. Une première difficulté apparaît du fait que dans l'une ou l'autre des représentations du modèle (équations de demandes ou de parts), l'une des deux spécifications fournit des termes d'erreurs complexes, hétéroscédatiques et, par conséquent, non indépendantes et non équidistribuées ; une illustration de cette forme est fournie par l'équation du système [4] relative à v_i , le terme d'erreur de l'équation de la part de facteur $M_{i\varepsilon}$ dans le cadre d'une spécification d'un modèle GEM.

En notant :

$$\begin{cases} d_i = \varepsilon_i + e_i (p_x, y, z, v) \\ e_i = 1/p_i \left[[CR(p_x, y, z) + v_c] \cdot v_i + (\partial \ln CR / \partial \ln p_i) - v_c \right] \end{cases} \quad [5]$$

$$i = 1, \dots, n$$

avec v définie dans la note (5).

d_i représente le terme d'erreur de l'équation de demande de facteur i . La spécification [5] constitue la formalisation de l'hypothèse alternative à tester contre l'hypothèse nulle, correspondant donc à un modèle GEM, et selon laquelle $d_i = \varepsilon_i$.

Mac Elroy (1987, p. 749) y associe une statistique de test, analogue à une généralisation des tests d'hétéroscédasticité de Breusch-Pagan (1979). Il convient de remarquer la relative lourdeur, sur le plan du calcul, de ce test de spécification.

6.1.3. Conclusion

Nous adoptons l'option selon laquelle la spécification stochastique se fonde essentiellement sur une méconnaissance de la réalité observée. Le modèle GEM, qui se structure autour d'une spécification stochastique primale, permet de décrire cette

méconnaissance sans affecter pour autant la cohérence fonctionnelle du modèle déterministe sous-jacent. Son adoption par l'économètre permet d'étendre les relations de dualité dans une dimension stochastique.

D'un point de vue pratique, la différence avec une spécification stochastique classique est relativement marginale : l'ajout des termes d'erreurs se fait maintenant sur les équations de demandes de facteurs.

Dans la section suivante, nous spécifions une forme fonctionnelle translog associée au modèle [3].

SECTION 2. MODELE ECONOMETRIQUE GEM ASSOCIE A UNE TECHNOLOGIE MULTIPRODUITS

Un souci de rigueur dans la présentation paramétrique du modèle suggère un déroulement de celle-ci en trois étapes. En premier lieu, il s'agit d'adopter une forme fonctionnelle associée à la fonction d'objectif et de préciser ainsi les équations paramétriques à estimer. Deuxièmement, la construction et la mise en oeuvre de tests de spécification ou relatifs à la technologie, aboutiront au travers de la phase d'estimation, à retenir une forme paramétrique finale du modèle. En dernier lieu, il convient d'établir les mesures duales de la technologie et du déséquilibre, sous forme paramétrique, mesures qui seront calculées à partir des valeurs estimées des paramètres du modèle final.

6.2.1. Spécification d'une fonction de coût translog généralisée multiproduit

Pour de nombreuses exploitations agricoles, le caractère multiproduit ne porte que sur un sous-ensemble des productions agricoles possibles ; dès lors, une propriété souhaitable d'une fonction de coût multiproduit est qu'elle permette des valeurs observées nulles pour un ou plusieurs produits, de telle façon à inclure l'ensemble de l'échantillon disponible dans la phase d'estimation.

Dans la forme fonctionnelle translog, les niveaux de production interviennent sous forme logarithmique ce qui interdit toute représentation d'une fonction de coût à valeurs de certains produits nulles. Caves, Christensen et Tretheway (1980) proposent une forme généralisée de la translog, dans la mesure où ces auteurs utilisent la transformation de Box-Cox pour les niveaux de production, soit :

$$\begin{cases} Y_r = BC (y_r) = (y_r^\lambda - 1) / \lambda & (\lambda \neq 0) \\ Y_r = BC (y_r) = \ln y_r & (\lambda = 0) \end{cases}$$

Cette transformation permet non seulement des niveaux nuls pour certaines productions mais inclut également la transformation logarithmique comme limite pour $\lambda \rightarrow 0$. Nous l'avons adoptée dans l'écriture d'une forme flexible quadratique utilisant la métrique logarithmique pour le coût et les prix des facteurs et la métrique de Box-Cox (5) pour les quantités de facteurs fixes et de produits. Nous aboutissons donc à une spécification translog généralisée qui s'écrit dans le cas d'une technologie avec trois produits, trois facteurs variables et deux facteurs fixes :

(5) L'utilisation de la transformation de Box-Cox traduit une généralisation substantielle des formes flexibles quadratiques : ainsi Berndt et Khaled (1979) propose la forme fonctionnelle Box-Cox généralisée qui inclut, de fait, les formes Leontief généralisée, quadratique et translog comme cas limites ou particuliers selon certaines valeurs de λ .

$$\ln CR(p_x, y, z) = a_0 + \sum_{r=1}^3 a_r Y_r + \quad [6]$$

$$\frac{1}{2} \sum_{r=1}^3 \sum_{s=1}^3 a_{rs} Y_r Y_s + \sum_{i=1}^3 c_i (\ln p_i) +$$

$$\frac{1}{2} \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 d_{ij} (\ln p_i) (\ln p_j) + \sum_{h=1}^2 f_h Z_h +$$

$$\frac{1}{2} \sum_{h=1}^2 \sum_{k=1}^2 g_{hk} Z_h Z_k + \sum_{i=1}^3 \sum_{h=1}^2 k_{ih} (\ln p_i) Z_h +$$

$$\sum_{r=1}^3 \sum_{h=1}^2 b_{rh} Y_r \cdot Z_h + \sum_{r=1}^3 \sum_{i=1}^3 q_{ri} Y_r (\ln p_i)$$

CR (p_x, y, z) est la fonction de coût restreint.

Y_r , $r = 1, 2, 3$ et Z_m , $m = 1, 2$ sont les transformations de Box-Cox respectives des variables y_r et z_m .

y_r est le niveau de production du produit r ;

$r = 1$: céréales

$r = 2$: oléoprotéagineux

$r = 3$: autres productions (essentiellement animales)

z_m est la quantité du facteur fixe m ;

$m = 1$: travail familial

$m = 2$: terre

p_i est le prix du facteur variable i ;

$i = 1$: carburants

$i = 2$: engrais

$i = 3$: capital.

Le système d'équations de demandes de facteurs [3], déduit du lemme de Shephard s'écrit alors sous la forme paramétrique suivante :

$$\bar{x}_i = \left[1/p_i \right] \left[\exp \ln CR (p_x, y, z) \right]$$

$$\left[c_i + \frac{1}{2} \sum_{j=1}^3 (d_{ij} + d_{ji}) (\ln p_j) + \right.$$

$$\left. \sum_{h=1}^2 k_{ih} (z_h) + \sum_{r=1}^3 a_{ri} (Y_r) \right] + \varepsilon_i \quad [7]$$

$$= \left[1/p_i \right] \cdot CR (p_x, y, z) \cdot M_i + \varepsilon_i$$

$$i = 1, 2, 3$$

A l'instar de la contrainte d'additivité sur les équations des parts de facteurs, les équations de demandes sont reliées par l'égalité [3'] :

$$CR_{\varepsilon} (p_x, y, z, \varepsilon) = \sum_{i=1}^n p_i \bar{x}_i$$

d'où, en utilisant l'expression [7] :

$$CR_{\varepsilon} (p_x, y, z, \varepsilon) = \sum_{i=1}^n p_i \left[1/p_i \right] \cdot CR(p_x, y, z) \cdot M_i + \sum_{i=1}^n p_i \cdot \varepsilon_i$$

soit encore :

$$CR_{\varepsilon} (p_x, y, z) + p'_x \cdot \varepsilon = \left[\sum_{i=1}^n M_i \right] \cdot CR (p_x, y, z) + p'_x \cdot \varepsilon$$

Nous retrouvons ainsi la contrainte d'additivité associée aux parts de facteurs déterministes :

$$\sum_{i=1}^n M_i = 1.$$

En conséquence, le modèle [7] doit porter intrinsèquement les restrictions suivantes :

$$\sum_i c_i = 1 \qquad \forall h, \sum_i k_{ih} = 0$$

$$\forall j, \sum_i 1/2 (d_{ij} + d_{ji}) = 0 \qquad \forall r, \sum_i q_{ri} = 0$$

Il convient de remarquer également que la spécification stochastique GEM évite d'imposer une contrainte d'additivité sur les termes ε_i qui rendrait la matrice de variance-covariance associée singulière. Le modèle [7] est non identifiable : à titre d'exemple, les termes d_{ij} et d_{ji} sont associés à la même variable explicative $(\ln p_i)$ $(\ln p_j)$ dans la fonction de coût restreint. Le changement de variable consistant à poser :

$$d_{ij}^* = 1/2 (d_{ij} + d_{ji}).$$

se prête difficilement au test de pseudo-symétrie du paragraphe 4.1.2.3, la fonction de coût intervenant dans l'écriture des équations de demandes. En conséquence, nous avons restauré l'identifiabilité en imposant :

$$d_{ij} = d_{ji} \quad \forall i, j = 1, 2, 3$$

$$a_{rs} = a_{sr} \quad \forall r, s = 1, 2, 3$$

$$g_{hk} = g_{kh} \quad \forall h, k = 1, 2$$

Dans un tel cas de figure, les contraintes d'additivité et de symétrie impliquent l'homogénéité linéaire de la fonction de coût restreint.

Enfin, l'expression [7] constitue un modèle GEM additif, non linéaire par rapport aux paramètres mais linéaire par rapport aux termes d'erreurs : nous associons à ces derniers une hypothèse de normalité, les estimateurs étant obtenus alors par la méthode du maximum de vraisemblance.

Il est par ailleurs possible de tester différentes hypothèses de séparabilité relatives à la technologie utilisée dans le court terme : ceci constitue l'objet du paragraphe suivant.

6.2.2. Analyse approximative de la séparabilité de la technologie

La configuration des données microéconomiques dont nous disposons d'une part, le plan d'analyse de court terme adopté d'autre part constituent des conditions guère favorables pour une étude rigoureuse de la structure de la technologie en termes de séparabilité. En effet, la disponibilité actuelle des données implique souvent de supposer implicitement des hypothèses de séparabilité entre facteurs ; à cela, une analyse plus complète de la structure de la technologie sur l'ensemble des possibilités de production T lui-même implique l'inférence des niveaux hicksiens de long terme des facteurs quasi-fixes.

L'analyse qui est retenue ici, comporte également un caractère approximatif dans la mesure où la forme fonctionnelle translog adoptée ne constitue qu'une approximation locale de la fonction de coût restreint (Denny et Fuss, 1977) : en conséquence, l'acceptation des différents tests de séparabilité n'est effective qu'au point moyen où se fait l'approximation translog.

Le concept de séparabilité a été introduit en économie par Léontief (1947) et Sono (1961). Un groupe de variables est séparable des variables restantes dans une fonction de transformation si le taux marginal de substitution entre les variables du groupe est indépendant des valeurs des variables restantes.

Sans approfondir ici le sujet, notons que Bliss (1975) propose une définition plus générale, qui ne nécessite pas l'hypothèse de différentiabilité de la fonction de transformation ; cette définition est reprise au sein d'une approche duale dans l'ouvrage de Blackorby, Primont et Russel (1978).

Léontief (1947) a noté d'emblée l'équivalence entre séparabilité et structure fonctionnelle, ce qui nous permet ici d'introduire une autre définition de la séparabilité : un groupe de variables est séparable de son complément dans une fonction de transformation si cette dernière peut s'écrire :

$$F(X) = \bar{F} \left[X^a, F^b(X^b) \right] \quad [9]$$

Dans le cas de notre étude, $X = (X^a, X^b)$, X^b est un vecteur de variables correspondant au groupe séparable.

L'expression [9] met, par ailleurs, en évidence le lien entre la notion de séparabilité et les possibilités d'agrégation de différents biens : ainsi $F^b(X^b)$ peut être considéré comme un facteur ou un produit intermédiaire.

Notons également que les propriétés de séparabilité sur la technologie permettent, dans certains cas, une décentralisation du problème d'optimisation du producteur.

Enfin, et en guise de transition à la présentation des différents tests, les propriétés de séparabilité relatives à la technologie sont étroitement reliées à la théorie de la dualité : en effet, sous le corps d'hypothèses établi dans le chapitre II, la fonction de coût contient toute l'information relative au sous-ensemble de T sur lequel s'est faite l'optimisation : en particulier donc, les tests relatifs à la séparabilité ou à la structure fonctionnelle seront établis sur l'information statistique fournie par la fonction de coût.

Le tableau 6.1 présente les différents tests de séparabilité associés à l'écriture correspondante de la fonction de coût restreint et aux contraintes sur les paramètres. L'acceptation de

ces hypothèses réduit sensiblement le nombre de paramètres dans les équations à estimer.

Concernant l'hypothèse [5], Kohli (1983) définit quatre formes de productions non-jointes ; nous testons ici la non-jointure par rapport aux quantités de facteurs qui implique que la fonction de coût s'écrit comme une somme de fonctions de coût indépendantes pour chaque produit (Hall, 1973).

Tableau 6.1. Présentation des tests de séparabilité

hypothèse	Ecriture correspondante de la fonction de coût restreint	Contraintes associées sur les paramètres
1. Séparabilité approximative faible facteurs variables/produits	$CR [p_x, g_1(y, z), z]$	$\frac{c_i}{c_j} = \frac{q_{ri}}{q_{rj}}$ $\forall i, j, r$
2. Séparabilité approximative faible facteurs/produits	$CR [p_x, g_2(y), z]$	$\frac{c_i}{c_j} = \frac{q_{ri}}{q_{rj}}$ $\forall i, j, r$ $\frac{f_h}{f_k} = \frac{b_{rh}}{b_{rk}}$ $\forall h, k, r$
3. Séparabilité approximative faible facteurs variables/facteurs quasi-fixes	$CR [g_3(p_x, y), y, z]$	$\frac{c_i}{c_j} = \frac{k_{ih}}{k_{jh}}$ $\forall i, j, h$
4. Séparabilité approximative forte facteurs variables/facteurs quasi-fixes	$G_1(p_x, y) + \sum_h G_h(z_h)$	$b_{rh} = 0 \quad k_{ih} \neq 0$ $g_{hk} = 0 \quad \forall k \neq h$
5. "Non jointure" par rapport aux quantités de facteurs variables		$a_{rs} = 0$ $\forall r \neq s$

6.2.3. Mesures des économies d'envergure (7)

Les mesures concernant la substitution entre facteurs, les économies d'échelles et le déséquilibre factoriel ont été déjà abordées dans les chapitres précédents. Nous nous proposons, dans ce paragraphe, de présenter une autre caractéristique duale de la technologie, développée sous le terme d'économies d'envergure et définie initialement par Panzar et Willig (1981).

En effet, parallèlement à l'existence d'économies liées à la taille de l'entreprise, la possibilité d'économies peut également résulter de la simultanéité de production de plusieurs outputs au sein d'une même entreprise à la différence d'une production séparée de l'ensemble des produits.

La production simultanée de différents biens par la même entreprise peut donc être à l'origine d'économies dites d'envergure. Celles-ci peuvent aisément être définies dans le cadre d'un équilibre hicksien de court terme à l'aide des notations suivantes :

soit $S = \{ 1, \dots, r, \dots, M \}$ les indices associés aux différents produits ;

(7) Economies of scope en anglais.

$P = \{ T_1, \dots, T_k \}$ une partition de S telle que :

$$k > 1$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \bigcup_{i=1}^k T_i = S \\ T_i \cap T_j = \emptyset \quad \forall i \neq j \\ T_i \neq \emptyset \quad \forall i \end{array} \right.$$

Tout vecteur de produits $y = (y_1, \dots, y_M)$ peut alors se décomposer suivant la partition P .

$$y = \sum_{i=1}^k y_{T_i}$$

On caractérise alors l'existence d'économies d'envergure à court terme en y suivant la partition P si :

$$\sum_{i=1}^k CR(p_x, y_{T_i}, z) > CR(p_x, y, z)$$

Une mesure possible des économies d'envergure est alors fournie par l'expression suivante :

$$ECE_P = \left[\sum_{i=1}^k CR(p_x, y_{T_i}, z) - CR(p_x, y, z) \right] / CR(p_x, y, z)$$

La situation d'économies d'envergure suivant la partition P se traduit alors par :

$$ECE_P > 0$$

A l'inverse, une situation de déséconomies d'envergure suivant la partition P se traduit par :

$$ECE_P < 0$$

La mesure ECE_P , définie précédemment, est relative seulement aux facteurs supposés variables à court terme ; en particulier, la prise en compte de l'ensemble des facteurs, dans une situation de long terme par exemple, peut conduire à des résultats complètement opposés en termes d'économies ou de déséconomies d'envergure.

6.2.4. Conclusion

La transformation de Box-Cox adoptée sur une forme fonctionnelle flexible translog permet l'estimation sur un échantillon où l'on observe des valeurs nulles pour certaines productions. Le modèle GEM additif, spécifié suivant une forme translog, est non linéaire par rapport aux termes d'erreurs. La mise en oeuvre des différents tests relatifs à l'homogénéité linéaire de la fonction de coût par rapport aux prix, à la symétrie des coefficients d_{ij}^* ou encore aux propriétés de séparabilité de la technologie, permet d'aboutir à une version finale estimée du modèle d'où laquelle seront déduites les diverses mesures duales caractérisant la technologie multiproduits. L'adoption d'une spécification stochastique GEM et d'une forme fonctionnelle flexible impliquent, dans la situation présentée ici, que nous supposons implicitement une forme fonctionnelle exacte pour la fonction de coût : l'ajout d'un terme d'approximation reviendrait à compliquer sensiblement le modèle.

SECTION 3. CARACTERISATION D'UNE SPECIALISATION CEREALIERE AU SEIN D'UNE TECHNOLOGIE AGRICOLE MULTIPRODUITS

Le premier paragraphe de cette section rassemble les différents résultats concernant les tests de spécification et les commentaires sur les valeurs estimées des paramètres de la version finale du modèle. La caractérisation d'une technologie multiproduit céréalière est ensuite effectuée ; dans la mesure du possible, des comparaisons seront établies avec les résultats des chapitres précédents.

6.3.1. Premiers résultats d'estimation

L'estimation porte sur un échantillon RICA de l'OTEX 12 (autre agriculture générale, année 1984) comprenant cent-dix-huit exploitations agricoles ; celles-ci n'utilisent que du travail familial ; l'absence de travail salarié renforce ainsi le caractère de fixité du travail familial (cf. chapitre V).

Les tests d'homogénéité linéaire de la fonction de coût et la symétrie des coefficients $d_{ij}^* = \frac{1}{2} (d_{ij} + d_{ji})$ ont été menées sur un modèle stochastique classique et ont été acceptés au seuil $\alpha = 5 \%$. Par ailleurs, la concavité par rapport aux prix de la fonction de coût est vérifiée au point moyen de l'échantillon.

Le tableau 6.2. présente les valeurs estimées des paramètres, les hypothèses 4 et 5 ayant été acceptées au seuil $\alpha = 5 \%$.

Tableau 6.2. Paramètres estimés

Variable explicative	Paramètre	Valeur	Ecart-type
	a_0	11,355	0,060
Y_r	a_1	0,0635	0,0293
	a_2	0,0262	0,085
	a_3	0,0480	0,0119
	a_{11}	- 0,0031	0,0200
Y_{rr}	a_{22}	0,0018	0,0008
	a_{33}	0,0020	0,0017
	c_1	0,1373	0,0078
$(\ln p_i)$	c_2	0,4890	0,0193
	d_{11}	0,0324	0,0087
$(\ln p_i)(\ln p_j)$	d_{12}	0,0148	0,0082
	d_{22}	0,1095	0,0144
	f_1	0,1809	0,0567
$(\ln z_h)$	f_2	0,3020	0,0532
	g_{11}	- 0,4874	0,1217
$(\ln z_h)^2$	g_{22}	0,0702	0,0430
	q_{11}	0,0024	0,0028
$Y_r(\ln p_i)$	q_{21}	0	
	q_{31}	- 0,0023	0,0012
	q_{12}	- 0,0042	0,0085
	q_{22}	0,0017	0,0022
	q_{32}	- 0,0004	0,0024

Y_r , $r = 1, 2, 3$ respectivement les céréales, les oléoprotéagineux, les autres productions

p_i , $i = 1, 2$ respectivement les carburants, les engrais

z_h , $h = 1, 2$ respectivement le travail familial, la terre.

Au seuil $\alpha = 5 \%$, treize coefficients sur dix-huit sont significatifs ; il convient de remarquer, une nouvelle fois, le mauvais signe des paramètres f_1 et f_2 qui rend la fonction de coût restreint croissante par rapport aux facteurs fixes autour du point moyen.

L'effet d'une variation des différents produits sur les parts de facteurs peut être apprécié au travers du signe des coefficients q_{ri} . Considérons, à titre d'exemple, le paramètre q_{11} associé à la variable explicative $[\ln p_1] Y_1$, avec :

p_1 : prix du carburant

Y_1 : quantité produite de céréales.

La valeur estimée du paramètre q_{11} est positive : autrement dit, l'accroissement de la production céréalière aura pour conséquence une augmentation de la part des carburants dans le coût des facteurs variables. Le même raisonnement peut s'appliquer à l'ensemble des termes q_{ri} ; la prudence dans les commentaires est certes de rigueur du fait d'un manque de significativité des paramètres ; cependant, la non-nullité significative de certains d'entre eux révèle une technologie multiproduits non-homothétique par rapport aux facteurs.

6.3.2. Analyse des substitutions entre facteurs

Le calcul des élasticités de court terme est reporté dans le tableau 6.3.

Tableau 6.3. Élasticités-prix de court terme évaluées au point moyen

	carburants	engrais	capital
carburants	- 0,627	0,597	0,030
engrais	0,168	- 0,287	0,119
capital	0,011	0,156	- 0,167

Comme dans le cas monoproduit des chapitres précédents, la demande de carburant apparaît la plus sensible à son prix (-0,627). L'élasticité-prix propre des engrais (-0,287) témoigne d'une relative stabilité eu égard aux estimations des modèles précédents : ainsi nous trouvions la valeur -0,283 pour le sous-échantillon des exploitations de l'OTEX 11, de l'année 1984, n'ayant pas de travail salarié (cf. paragraphe 5.3.2.). L'ensemble des relations factorielles ont un caractère de substituabilité, avec des intensités tout à fait comparables aux résultats observés sur une technologie monoproduit céréalière. La substituabilité la plus marquée concerne une nouvelle fois le couple (carburants, engrais).

Dans le prolongement de cette première analyse, nous avons utilisé la procédure de Brown et Christensen (1981) en vue d'établir les élasticités-prix de long terme. Du fait des mauvais signes des paramètres associés aux facteurs quasi-fixes, il n'a pas été possible d'inférer directement les niveaux hicksiens de long terme de ces facteurs. Il eut certes été possible d'utiliser le retour à l'approche primale proposé dans le chapitre IV (paragraphe 4.3.1.) ; dans une première approche, cependant, nous avons supposé les niveaux observés des facteurs quasi-fixes optimaux tout en proposant une méthode plus rigoureuse de résolution des niveaux hicksiens de long terme (cf. introduction à la deuxième partie).

Le tableau 6.4 présente les élasticités-prix de long terme évaluées au point moyen de l'échantillon.

Tableau 6.4. Elasticités-prix de long terme en supposant les niveaux observés des facteurs quasi-fixes optimaux

	carburants	engrais	capital	travail familial	terre
carburants	- 0,728	0,238	- 0,244	0,528	0,199
engrais	0,067	- 0,646	- 0,155	0,528	0,199
capital	- 0,090	- 0,203	- 0,442	0,528	0,199
travail familial	0,090	0,324	0,248	- 1,147	0,485
terre	0,034	0,119	0,091	0,496	- 0,740

Les élasticités-prix de court et long terme étant évaluées au même point moyen, celles-ci peuvent être comparées suivant le principe de Le Châtelier-Samuelson ; ce dernier est vérifié pour les trois facteurs variables. Par ailleurs, les élasticités-prix propres sont remarquablement stables, comparées avec celles observées dans le tableau 4.5 relatif à une technologie monoproduit céréalière. Un autre point intéressant concerne l'ensemble des relations factorielles observées dans ce cadre : ces dernières sont analogues à celles rencontrées dans les chapitres précédents ; nous trouvons, en effet, une relation de complémentarité pour les couples (carburants, capital) et (capital, engrais) ; la terre et le travail familial apparaissent substituables avec l'ensemble des autres facteurs, de même la terre et le travail familial.

D'une manière générale, l'analyse des substitutions entre

facteurs sur une technologie agricole multiproduits confirme les relations factorielles observées dans les chapitres précédents et ceci pour les facteurs : carburants, engrais, capital, travail familial et terre. le paragraphe suivant analyse les effets d'une variation des niveaux ou de la combinaison des produits sur le coût des facteurs variables.

6.3.3. Economies d'échelle et d'envergure

Le tableau 6.5. résume les différentes mesures d'économies d'échelle et d'envergure effectuées au point moyen de l'échantillon.

La mesure ECH^{CT} correspond à une mesure des économies d'échelle de court terme, définie dans le chapitre III, et telle que :

$$ECH^{CT} = \left[\partial \ln CR / \partial \ln y \right]^{-1}$$

ECH^r , $r = 1, 2, 3$, mesurent les économies d'échelle spécifiques par produit ; aussi :

ECH^1 est relative aux céréales

ECH^2 est relative aux oléoprotéagineux

ECH^3 est relative aux autres productions (cultures fourragères
+ productions animales)

Nous avons enfin mesuré les économies d'envergure ECE_p au point moyen de l'échantillon, suivant quatre partitions différentes :

$$P_1 = [1, 2, 3]$$

$$P_2 = [(1,2), (3)]$$

$$P_3 = [(1), (2,3)]$$

$$P_4 = [(1,3), 2]$$

Tableau 6.5. Economies d'échelle, économies d'envergure au point moyen de l'échantillon

mesure	valeur	mesure	valeur
ECH^{CT}	2,38	ECE_{P_1}	- 0,78
ECH_1	4,62	ECE_{P_2}	- 0,41
ECH_2	0,51	ECE_{P_3}	- 0,77
ECH_3	2,99	ECE_{P_4}	- 0,04

Ainsi, P_1 correspond à la production séparée des trois outputs y_1, y_2, y_3 ; de même P_2 traduit la séparation entre les productions de (y_1, y_2) et de y_3 .

La première mesure, ECH^{CT} , traduit une mesure agrégée des économies d'échelle de court terme ; la valeur obtenue ($ECH^{CT} = 2,38$) est tout-à-fait comparable à celle trouvée dans le cadre d'une technologie monoproduit ($ECH^{LT} = 2,63$). Ce résultat confirme, par ailleurs, l'existence d'économies d'échelle significatives dans les secteurs grandes cultures.

Les mesures des économies d'échelle spécifiques par produit

méritent une attention particulière. D'une part, la technologie céréalière présente les économies d'échelle les plus importantes ($ECH_1 = 4,62$), ce qui justifie, en quelque sorte, la tendance à une spécialisation céréalière. D'autre part, nous observons une situation de déséconomies d'échelle relative au secteur des oléoprotéagineux ($ECH_2 = 0,51$) ; nous associons trois remarques au constat précédent.

(a1) Ce résultat rejoint les conclusions d'autres analyses sur les spécificités du secteur "grandes cultures" français. Ainsi Carles et Chitrit (1985, p. 7) notent une tendance moins accentuée des effets d'échelle dans le secteur oléo-protéagineux. De plus, au delà de la classe de surface 70 à 100 ha, les nouvelles combinaisons productives adoptées impliquent que "le prix de revient ne baisse plus".

(b1) Une situation de déséconomies d'échelle quant à la production d'oléoprotéagineux ne peut que renforcer la tendance, déjà justifiée précédemment, à la spécialisation céréalière.

(c1) Une observation minutieuse des diverses combinaisons productives adoptées au sein de l'échantillon des exploitations permettrait, à coup sûr, d'éclairer utilement ce résultat ; en particulier, l'adoption pour les grandes classes de surface, d'équipements spécifiques pour le semis ou la récolte d'oléoprotéagineux ne serait-il pas un facteur conséquent d'augmentation du prix de revient ?

Les différentes mesures des économies d'envergure effectuées au point moyen et correspondant aux partitions possibles du triplet (y_1, y_2, y_3) traduisent toutes l'absence d'économies d'envergure relatives au coût des facteurs variables. Ce résultat est confirmé par le test relatif à la "non jointure" par rapport aux facteurs variables (hypothèse 5 du tableau 6.1.) : cette hypothèse est acceptée sur la base d'un test du rapport des

vraisemblances.

Nous associons également trois remarques au résultat précédent :

(a2) Il semble, du moins à court terme, que la diversification des productions au sein d'une même entreprise agricole, ne soit pas justifiée économiquement ; en effet, la séparation des productions suivant les partitions P_1, P_2, P_3, P_4 aboutit à une diminution du coût, en comparaison au coût de production jointe du triplet (y_1, y_2, y_3) ; en particulier, la séparation complète des trois productions apparaît la plus efficace allocativement ($ECE_{p1} = -0,78$). Ce résultat concernant l'absence d'économies d'envergure n'est pas antinomique avec une technologie agricole contraint par son caractère multiproduit. Reprenons, en effet, les trois types de contraintes (naturelles, agronomiques, économiques) : les trois productions en présence ne sont pas naturellement jointes ; d'autre part, le résultat précédent est issu d'une analyse de court terme, sur une coupe, et s'affranchit donc des contraintes intertemporelles associées à l'ensemble des possibilités de production (exemple : la nécessité de rotations culturales) ; enfin, l'environnement économique incite ainsi à une spécialisation des productions.

(b2) Les économies d'envergure représentent une mesure duale de la technologie ; elles reflètent, ici, une incitation de caractère "technologique" à la spécialisation. Par ailleurs, de tels avantages de coûts liés à la spécialisation doivent être pris en compte dans les débats de politique agricole et plus particulièrement environnementaliste. Il est couramment admis aujourd'hui que la spécialisation et l'intensification des productions agricoles induisent des effets externes négatifs sur le milieu naturel : érosion des sols cultivés, pollution des nappes phréatiques, baisse de fertilité... Ces effets ont pratiquement tous en commun le fait qu'ils se reportent sur le

même facteur de production à savoir la terre. Face à cette problématique, l'approche menée ici fournit une ébauche d'une analyse microéconomique des effets externes précédents. En effet, une politique de protection du milieu pourrait consister à faire migrer les agriculteurs, sur le sentier d'expansion, d'une situation de déséconomies d'envergure à une situation d'économies d'envergure. Ce mouvement peut être obtenu par l'intermédiaire de variables de commande qui sont en fait les paramètres de la mesure ECE : les prix des facteurs, les niveaux de production, les niveaux de facteurs quasi-fixes. Nous avons enfin la possibilité d'établir un coût d'internalisation (perte de surplus du producteur) correspondant à l'écart (à p_x , y et z fixés) entre le coût des productions élaborées simultanément et le coût des productions élaborées isolément.

(c2) Il serait enfin intéressant, dans le prolongement de l'analyse précédente, d'inférer les économies d'envergure relatives à l'ensemble des facteurs de production, dans une analyse de long terme ; mais ici encore se posent les problèmes d'obtention des niveaux hicksiens de long terme et de l'allocation du travail familial.

6.3.4. Conclusion

L'estimation d'un modèle GEM sur un échantillon d'exploitations de l'OTEX 12 du RICA conduit à une spécification

relativement correcte d'une fonction de coût restreint multiproduits. Les mesures duales de la technologie confirment les résultats précédents observés sur une technologie monoproduit céréalière, que ce soient en termes de substitutions entre facteurs ou d'économies d'échelle ; elles fournissent, par ailleurs, au travers des économies d'échelle spécifiques par produit et des économies d'envergure, un gisement d'informations utile à des considérations environnementalistes. La présence d'économies d'échelle dans le secteur céréalier associée à l'absence d'économies d'envergure expliquent l'incitation à une spécialisation céréalière : ceci constitue le résultat spécifique d'une modélisation effectuée sur une technologie multiproduits.

CONCLUSION

L'approche duale, associée à un cadre multiproduits et à l'estimation d'une fonction de coût translog généralisée, permet de caractériser finement la technologie des exploitations du secteur "grandes cultures". En termes de classement des facteurs, les résultats obtenus sont cohérents avec les estimations des chapitres précédents, qu'elles portent sur le court ou le long terme. L'existence d'économies d'échelle significatives est ici confirmée, particulièrement pour la production céréalière. L'absence d'économies d'envergure demande à être confirmée sur d'autres estimations, il ne s'agit donc pour l'instant que d'une piste de recherche.

Il serait opportun, par ailleurs, de replacer ces mesures, dans deux contextes précis. D'une part, dans une optique de court terme mais avec une internalisation des effets externes induits par la spécialisation ; d'autre part, dans une analyse de long terme avec une prise en compte de l'ensemble des facteurs. De manière générale, la structure de la technologie multiproduits, reflétée sous un angle dual et adoptée dans le court terme, explique la tendance à la spécialisation céréalière : ceci constitue, le résultat appliqué spécifique de ce chapitre.

Par comparaison avec une spécification stochastique classique, le modèle GEM fournit un gain appréciable de significativité des paramètres. Il constitue, de plus, une formalisation du point de vue de Stigler (1976) selon lequel les inefficacités observées dans le comportement ne sont en fait qu'apparentes et reflètent

davantage l'ignorance de l'économètre quant au processus exact d'optimisation du producteur.

L'adoption d'un modèle GEM permet enfin d'étendre les relations de dualité dans une dimension stochastique.

L'analyse du déséquilibre factoriel associé à la terre et au travail familial n'a pas été menée, dans ce chapitre, de manière systématique, la fonction de coût restreint estimée ne satisfaisant pas les propriétés théoriques nécessaires par rapport aux facteurs quasi-fixes : ce constat devrait nous motiver à imposer des contraintes de convexité dans la phase d'estimation.

Un prolongement logique de ce travail consisterait à apprécier la déformation temporelle de la technologie au travers de l'évolution des mouvements de substitution entre facteurs ou du lien entre économies d'échelle et progrès technique.

CHAPITRE VII.

**EVALUATIONS DE DIFFERENTES
POLITIQUES ECONOMIQUES DANS LE
CADRE D'UNE APPROCHE DUALE**

INTRODUCTION

Les réaménagements en cours de la politique agricole commune se traduisent par l'utilisation effective de nouveaux instruments de politique économique. Des politiques plus restrictives concernant les prix, l'instauration d'un gel des terres, l'intégration de considérations environnementalistes sont aujourd'hui à l'ordre du jour et nécessitent une analyse de leurs effets potentiels.

Nous avons opté dans cette étude pour une approche microéconomique et économétrique qui est complémentaire de la démarche descriptive. Elle est centrée sur les orientations technico-économiques, éléments majeurs des débats actuels de politique agricole. Si l'effort a porté principalement jusqu'ici sur l'élaboration et l'ajustement de modèles économétriques, ceux-ci ont d'ores et déjà montré leurs capacités d'analyse des effets potentiels de diverses politiques agricoles. Le propos de ce chapitre consiste justement à recentrer cette analyse autour de trois thèmes principaux.

La première section tente d'apprécier comment les résultats économétriques des chapitres précédents permettent d'éclairer une politique de diminution des prix agricoles à la production. Il apparaîtra ainsi la nécessité d'élargir l'application du modèle sur un échantillon de données de panel.

Une analyse microéconomique précise de l'instauration d'un gel des terres nécessite de nouvelles considérations théoriques sur le modèle d'optimisation. La section deux précise, à cet effet, de

nouvelles perspectives d'investigation. La troisième section, quant à elle, propose quelques évaluations microéconomiques relatives à des politiques de préservation du milieu naturel.

L'approche revêt clairement un caractère partiel ; une prise en compte globale des différents problèmes agricoles pré-cités n'est pas recherchée ici. Tout au plus, proposons-nous quelques observations et prolongements, enracinés dans la problématique agricole actuelle, mais restant dans la logique de la modélisation microéconométrique précédente.

SECTION 1. ANALYSE DE L'EFFICACITE D'UNE POLITIQUE DE REGULATION DES MARCHES AGRICOLES PAR LES PRIX

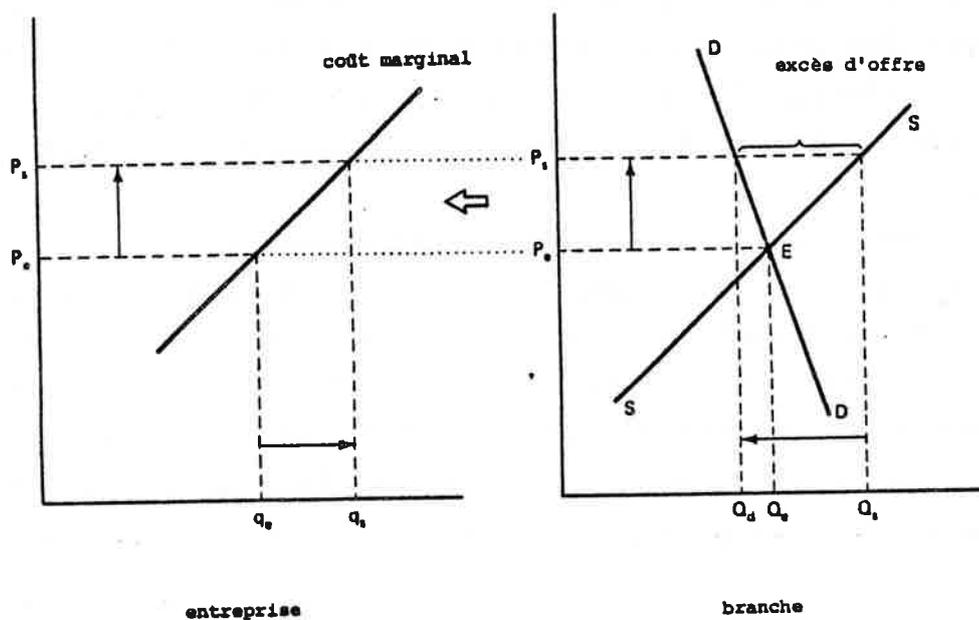
Le processus d'adaptation de la politique agricole commune aux réalités des marchés a franchi en 1984 une étape importante avec l'instauration notamment d'une politique restrictive des prix, plus accentuée que par le passé. La situation des marchés excédentaires ne s'est pas pour autant améliorée : c'est le cas des céréales dont le taux de croissance de la production communautaire dépasse toujours celui de la demande. Les faits rejoignent ainsi rapidement l'intuition suivant laquelle une politique des prix seule (concernant les céréales) ne permettrait pas de réajuster la production agricole à la demande, à moins d'une réduction drastique des prix, politiquement peu soutenable.

Nous nous proposons, dans cette section, d'éclairer cette inefficacité latente d'une diminution marginale des prix à la production au moyen de quelques considérations microéconomiques qui ressortent des chapitres précédents. Ces remarques ne remettent pas fondamentalement en cause une politique restrictive des prix qui peut trouver sa cohérence dans le long terme et dans la mesure où cette politique jouerait également sur la demande de céréales.

7.1.1. Maintien d'inefficités d'échelle dans le secteur céréalier

L'évaluation des politiques de prix agricoles se réfère classiquement à une situation de marché où la courbe d'offre est représentée par la courbe de coût marginal (Penson, Pope et Cook, 1986, p. 269) :

Figure 7.1. : Marché en équilibre et effet de soutien des prix



Autrement dit, si p_y désigne le prix du produit, la courbe d'offre est donnée par l'équation :

$$p_y = C_y (y) \quad [1]$$

avec $C_y = \left[\partial C / \partial y \right]$

L'expression [1] peut traduire également la condition nécessaire du premier ordre d'une situation d'équilibre microéconomique correspondant à la maximisation du profit du producteur :

$$\text{Max}_y p_y \cdot y - C(y) \quad [2]$$

L'adoption d'une telle hypothèse de comportement est néanmoins peu vraisemblable dans le secteur céréalier au vu des applications économétriques précédentes. En effet, nous y avons mis en évidence l'existence d'économies d'échelle significatives, au regard notamment des autres productions (cf. paragraphe 6.3.3.). Formellement, nous avons donc :

$$\text{ECH}(y) = \left[\partial \ln CR / \partial \ln y \right]^{-1} > 1 \quad [3]$$

Un plan de production, situé sur le sentier d'expansion, ne peut simultanément vérifier l'inégalité [3] et être solution du programme [2]. Une telle situation révèle ainsi un maintien d'inefficacités d'échelle, résultat qui nourrit quelque peu la controverse au sujet de l'existence d'économies d'échelle en agriculture ; aussi convient-il de la préciser.

Tout d'abord, les mesures établies sont déduites, pour la plupart d'entre elles, d'une fonction de coût restreint ; elles se réfèrent donc aux seuls facteurs variables pour un rapport homme-terre et un niveau de production fixés ; autrement dit, ces résultats tirés d'une analyse de court terme ne révèlent pas implicitement un gain d'efficacité économique dans l'accroissement des surfaces par exploitation.

En second lieu, la fonction de coût duale fournit une information exhaustive sur le sous-ensemble de l'ensemble de production sur lequel se fait l'optimisation et, par conséquent, relativement aux quantités des variables fixées (en l'occurrence, le travail familial, la terre et les différents produits). La variabilité de la fonction de coût par rapport à ces quantités fixées ne révèle pas, en toute rigueur, l'information complète sur la technologie ; la nécessité apparaît donc d'estimer la fonction de coût duale sur plusieurs coupes de l'ensemble de production correspondant à différents niveaux des quantités de facteurs fixes ou de produits. Nous avons adopté une telle démarche en scindant l'échantillon initial des exploitations céréalières en quatre classes suivant la superficie agricole utilisée (Dirou, 1988). La mesure des économies d'échelle apparaît relativement sensible à ce découpage puisque seul le premier quartile (exploitations de SAU⁽¹⁾ < 38,5 ha) exhibe des économies d'échelle significatives (ECH = 2,11). Ces nouveaux résultats nécessitent d'être confirmés sur d'autres estimations et confirment l'intérêt d'une mesure locale des rendements d'échelle.

Enfin, les mesures effectuées dans une situation de long terme révèlent également l'existence d'économies d'échelle significatives, selon que l'on considère le travail familial fixe ou variable (cf. paragraphe 4.3.3).

(1) SAU : superficie agricole utilisée.

L'ensemble de ces considérations conduit à retenir une relative variabilité de la mesure des rendements d'échelle le long de la frontière de production, ce qui revient à réfuter le caractère global des rendements d'échelle. De plus, la mise en évidence de l'existence de zones de l'ensemble de production à rendements croissants semble désormais acquise. Ceci nous amène à considérer trois cas de figure qui éclairent l'inefficacité latente d'une baisse des prix à la production en vue de contraindre l'offre produite.

Les trois cas de figure sont définis par les positions relatives du coût marginal C_y , du coût moyen $CM(y) = \frac{C(y)}{y}$ et du prix du produit p_y .

$$(a) C_y(y) < CM(y) < p_y$$

Pour toute valeur y située dans l'intervalle défini par les inégalités précédentes, le profit Π tel que :

$$\Pi = p_y \cdot y - C(y)$$

est une fonction croissante de y .

Par ailleurs, sur ce même intervalle, le coût marginal étant inférieur au coût moyen, nous avons présence d'économies d'échelle, autrement dit :

$$ECH(y) > 1.$$

Considérons maintenant une variation $dp_y < 0$ du prix du produit ; en l'absence d'opportunités de substitutions avec d'autres productions, la seule manière de restaurer le profit

initial consiste à augmenter l'offre produite, ce qui aboutit ainsi à une élasticité d'offre négative. Ceci étant, dans le cadre d'une technologie "grandes cultures", les oléoprotéagineux sont un substitut possible des céréales ; cependant, les potentialités importantes d'économies d'échelle du secteur céréalier au regard d'une situation observée de déséconomies d'échelle du secteur oléoprotéagineux (cf. paragraphe 6.3.3) incitent probablement l'agriculteur à "exploiter" les économies d'échelle potentielles du secteur céréalier.

$$(b) \text{ CM } (y) < C_y (y) < p_y.$$

Sur l'intervalle de y défini par les inégalités (b), le profit Π est une fonction croissante de y ; par contre, $\text{ECH } (y) < 1$.

Dans une telle situation, une variation $dp_y < 0$ du prix du produit peut conduire également le producteur à augmenter sa production céréalière en vue de restaurer son profit initial ; ce dernier peut également être retrouvé en comblant l'écart entre coût marginal et prix des oléoprotéagineux ; l'arbitrage entre l'augmentation des céréales ou des oléoprotéagineux peut être également éclairé par les considérations des chapitres précédents : l'excès potentiel de main d'oeuvre familiale, la situation de déséconomies d'envergure, les contraintes de rotations culturales sont autant de paramètres qui influenceront sur le processus de décision du producteur.

$$(c) C_y (y) = p_y$$

Nous retrouvons ici l'expression [1], condition nécessaire du premier ordre de la maximisation du profit. Une variation $dp_y < 0$

du prix du produit sous contrainte de l'égalité (c) entraîne alors une baisse de la quantité produite.

L'analyse des trois situations (a), (b) et (c) a été fondée sur les résultats des applications économétriques précédentes ; les inefficacités d'échelle constatées entraînent l'inefficacité d'une politique de contrainte de l'offre par les prix. A l'inverse, cette politique restrictive des prix peut s'avérer efficace pour résorber les inefficacités, qu'elles soient techniques, allocatives ou d'échelle (2).

Plus généralement, l'analyse de régulation des marchés par les prix se fonde classiquement sur une structure d'offre concurrentielle. La remise en cause, même partielle, de cette structure se prête à discussion ; aussi convient-il d'étayer l'analyse précédente au moyen de considérations théoriques, appuyées sur une convergence de notre analyse avec des études récentes concernant les perspectives d'évolution des systèmes céréaliers.

7.1.2. Diversité et emboîtement des hypothèses de comportement

En effet, les applications économétriques des chapitres précédents situent le producteur céréalier en un point du sentier

(2) Rappelons qu'une inefficacité technique correspond à un plan de production qui n'est pas techniquement efficace ; de même, une inefficacité allocative est associée à un plan de production n'appartenant pas au sentier d'expansion.

d'expansion (du moins pour certaines classes de surface), ce point étant distinct de l'optimum correspondant à la maximisation du profit. Nous avons considéré ensuite une variation négative du prix des céréales ; l'hypothèse classiquement admise (Carles 1988, p. 58) considère que les agriculteurs réagissent à une baisse du prix des céréales en recherchant toujours le revenu maximum possible et donc, en première instance, à restaurer le revenu initial. Il nous faut considérer alors l'ensemble des choix possibles pour atteindre cet objectif. Nous nous proposons de sérier cet ensemble suivant les hypothèses de comportement adoptées en première analyse.

a. hypothèse de maximisation du profit

Celle-ci situe le producteur à l'optimum du sentier d'expansion ; une baisse du prix des céréales convie le producteur à une diminution de production correspondante, voire à envisager certaines substitutions ; ces dernières sont soumises d'une part aux contraintes agronomiques (cf. chapitre VI), d'autre part à la fixité de certains facteurs tels que la main-d'oeuvre ou la terre. La reconversion peut également s'opérer vers des spéculations animales ; ainsi Carles (1988) analyse une reconversion partielle céréales - ovins viande qui peut être freinée par la nécessité de nouveaux investissements (bâtiments d'élevages, matériel de récolte fourragère), la maîtrise technique et le surcroît de travail occasionné. En définitive, comme le souligne Carles, "la diversification des productions à l'intérieur des systèmes de grandes cultures trouve rapidement ses limites, tant les alternatives sont peu nombreuses" ; ce constat conduit l'auteur à opter pour une élasticité d'offre des céréales qui soit fonction de l'importance des substitutions possibles entre les cultures.

b. hypothèse de minimisation du coût

Celle-ci a été adoptée dans l'ensemble des chapitres précédents. Les possibilités de substitution précédentes constituent également autant de choix possibles dans le cadre d'un ensemble qui ici s'élargit à une autre alternative : cette dernière consiste à un déplacement du producteur sur le sentier d'expansion vers l'optimum du profit. La modélisation du choix entre diversification des producteurs (3) et exploitation des économies d'échelle dépasse le cadre théorique adopté jusqu'à présent. D'un autre côté, les résultats économétriques du chapitre VI confirment l'existence d'économies d'échelle importantes dans le secteur céréalier ainsi que l'absence d'économies d'envergure ou de diversification ; ce constat motive, prioritairement, l'exploitation des effets d'échelle dans le secteur céréalier, ce qui aboutit en conséquence à une augmentation de la production, la diminution marginale des prix à la production constituant en quelque sorte un stimulus au gain d'efficacité d'échelle. Ce résultat est corroboré par Carles (1988, p. 58) : "Si le prix du blé (par exemple) baisse, il n'est pas sûr en effet que son offre baisse, l'objectif de maintien du revenu peut tout aussi bien pousser l'agriculteur à l'accroissement de la production de ce produit".

(3) en toute rigueur, le cadre de la fonction de coût ne permet pas de traiter des substitutions entre produits.

c. inefficacités allocatives et techniques

Si les résultats en termes d'économies d'échelle réfutent l'hypothèse de maximisation du profit, l'observation d'inefficacités techniques ou allocatives (4) peut également invalider le cadre de la fonction de coût. Dans un tel cas de figure, la restauration du revenu initial peut d'abord s'obtenir en comblant les inefficacités précédentes ; ceci étant, un producteur situé en dehors du sentier d'expansion, voire de la frontière efficace de l'ensemble des possibilités de production apparaît d'autant moins sensible à une baisse de prix des céréales, si ce n'est, en premier lieu, pour combler les inefficacités. Dans le prolongement de cette remarque, il convient de rappeler que les différentes hypothèses de comportement évoquées précédemment sont emboîtées : l'hypothèse de maximisation du profit suppose la minimisation du coût qui suppose elle-même le caractère techniquement efficace du plan de production adapté (cf. paragraphe 2.2.2). Autrement dit, et nous concluons sur ce point, le schéma d'offre concurrentielle est le plus restrictif en termes d'hypothèses de comportement ; un écart à l'hypothèse de maximisation du profit élargit le champ des possibles suite à une diminution marginale du prix.

Cet effet-prix doit par ailleurs être replacé dans le cadre de l'évolution temporelle de la technologie caractérisée par l'adoption de progrès techniques.

(4) La mise en évidence d'inefficacités techniques ou allocatives apparaît souvent l'un des objectifs des centres de gestion et d'économie rurale qui constituent, pour ce faire, différents groupes d'exploitations selon leurs résultats technico-économiques.

7.1.3. Nouvelles perspectives de recherche

En premier lieu, il convient d'appliquer la mesure des économies d'échelle sur un échantillon de données spatio-temporelles. En effet, les analyses sur coupes ne permettent pas de dissocier les économies d'échelle propres d'effets d'adoption du progrès technique. Nous sommes ainsi inévitablement confrontés au même écueil d'une démarche descriptive (cf. sous-paragraphe 1.3.1.2) au sens où la mesure économétrique des rendements d'échelle peut avoir en réalité une nature beaucoup plus composite par association avec des économies d'innovation, des économies de transports, des économies de gestion...

Cette remarque nous convie ainsi à "purifier" cette mesure en introduisant un caractère dynamique à la modélisation, des effets individuels mais aussi et peut-être en utilisant l'approche primale. Par ailleurs, le découpage de l'échantillon suivant différentes classes de surface a révélé simultanément le caractère local des économies d'échelle et les limites de la fonction de coût dans la mesure où celle-ci fournit une information peu fiable sur des domaines de l'ensemble de production extérieurs au sous-ensemble sur lequel s'est faite l'optimisation.

En second lieu, l'unicité de l'hypothèse de comportement pose question. Cette hypothèse oriente à la fois la description duale de la technologie et l'analyse de la réaction du producteur suite à une modification de l'environnement économique. Cette dernière n'influe-t-elle pas également sur le comportement du producteur ? Une supposition qui peut aussi expliciter le caractère asymétrique d'une élasticité d'offre. En conséquence, une analyse plus rigoureuse des effets potentiels des politiques agricoles

nécessite tout autant une modélisation pertinente de la technologie qu'une connaissance des comportements possibles suite à une modification de l'environnement économique.

SECTION 2. RESTRICTIONS QUANTITATIVES AU TRAVERS D'UN GEL DES TERRES

Dans le cadre de la réforme de la politique agricole commune (PAC), le gel des terres figure comme une nouvelle proposition pour endiguer les excédents agricoles. Conçue en Europe comme une nouveauté, cette mesure jouit déjà d'une longue expérience aux Etats-Unis. Les modalités d'application du régime d'aides destiné à encourager le retrait des terres arables (Journal Officiel, 19/11/88) ont fixé des primes par hectare gelé, variables selon les départements. A titre d'illustration, les départements céréaliers bénéficieront des primes les plus élevées (Eure-et-Loir, Oise, Aisne : entre mille huit cent et deux mille six cent francs par hectare). A l'inverse, la Creuse, le Cantal, la Corrèze disposeront de primes comprises entre mille et mille sept cent francs par hectare.

Les analyses microéconomiques précédentes apportent quelques éclairages sur l'instauration d'un gel des terres ainsi que de nouvelles perspectives d'investigations. Ce ne sont en réalité que quelques "sous-produits" d'une démarche économétrique qui nécessiterait ultérieurement d'être ajustée.

7.2.1. Evaluations microéconomiques du gel des terres

Nous prenons appui, ici, sur le constat de déséquilibre factoriel associé à la terre et sur l'adoption d'une modélisation TOBIT dans le cadre du chapitre V.

Nous notons dans le paragraphe 4.3.3. que pour environ deux tiers des exploitations de l'échantillon (5), le prix dual des services de la terre est supérieur au prix observé de ce même facteur. Autrement dit, dans l'optique d'une minimisation du coût total des facteurs, le producteur utiliserait davantage de terre. Dès lors, il est à craindre qu'un gel des terres amplifie cette inefficacité allocative. En particulier, l'exploitant agricole est amené à exploiter les économies d'échelle de court terme dans un mouvement d'intensification par rapport au facteur terre.

Sur un autre plan, la modélisation TOBIT de la demande de travail dans les exploitations céréalières (cf. chapitre V) a permis de quantifier les effets d'une modification de l'environnement économique sur la demande de travail salarié (cf. paragraphe 5.3.2). Cette même analyse peut se révéler tout à fait pertinente dans le cadre d'un gel des terres.

Reprenons, en effet, les équations [18] du paragraphe 5.3.1. La part de facteur M_4 relative, par exemple, à la demande de travail s'écrit :

$$M_4 = c_4 + b_4 [\ln y] + \sum_{j=1}^4 d_{4j} [\ln p_j] + \sum_{h=1}^2 k_{4h} [\ln z_h]$$

(5) il s'agissait en l'occurrence, de l'échantillon OTEX 11, 1981, sans travail salarié.

avec y : niveau de production

z_h : $h = 1, 2$

z_1 : terre

z_2 : consommations intermédiaires autres que carburants et engrais

p_i : prix du facteur i ; $i = 1, 2, 3, 4$, respectivement les carburants, les engrais, le capital, le travail.

L'instauration d'un gel des terres correspond en fait à une diminution de z_1 , le terme k_{41} mesurant l'effet d'une baisse de la quantité de terre sur la part correspondant au travail. L'estimation des modèles (NS) et (NFNS) fournit les valeurs suivantes pour k_{41} :

(NS) $\hat{K}_{41} = 0,058$

(NFNS) $\hat{K}_{41} = 0,111$

En conséquence, une diminution de la quantité de terre effectivement utilisée à des fins productives aura un effet négatif sur la part de travail, d'autant plus important que l'on considère une différenciation du "prix" du travail familial et du "prix" du travail salarié (6). Par ailleurs, il est vraisemblable que l'ajustement se fera prioritairement sur le facteur le plus flexible qui peut être selon les cas, le travail familial ou le travail salarié.

En outre, dans le cas d'une diminution du travail salarié agricole, la décomposition de l'effet TOBIT, proposée dans le paragraphe 5.3.2, permet de dissocier la variation globale.

(6) Le modèle (NFNS) comporte des prix différents pour le travail familial et le travail salarié. Le prix du travail familial est le taux de salaire horaire diminué des charges sociales.

Certaines exploitations agricoles utiliseront une quantité moindre de travail ; d'autres exploitations risquent de passer à une demande effective nulle de travail salarié.

Nous sommes ainsi amenés à affiner l'impact d'un gel des terres sur la demande de main-d'oeuvre salariée agricole et ceci sur d'autres coupes ou orientations technico-économiques. L'instauration d'un gel des terres peut donc constituer une incitation à un ajustement de l'allocation du travail sur l'exploitation.

7.2.2. Autres considérations et perspectives

En premier lieu, il convient de retenir les enseignements de l'expérience américaine concernant le gel des terres. En particulier, les propositions mises en oeuvre dans les années soixante-dix ont montré qu'un niveau de "gel" d'environ quinze pour cent aboutit à une baisse du produit agricole d'environ 3 % (Knutson et al., 1983). Il est constaté ainsi un effet de "glissement", c'est-à-dire une différence entre le volume gelé de terres et la réduction réelle de la production. Le caractère facultatif de cette proposition implique que tous les producteurs n'y participent pas ; par ailleurs, ceux qui s'engagent à retirer leurs terres de la production agricole gèlent en fait les terres les plus pauvres et intensifient davantage sur les terres restantes.

Plus peut-être que toute autre politique de régulation des excédents, l'approche gel des terres doit être conciliée avec les

autres impératifs de la politique agricole commune. C'est le cas notamment pour les politiques de préservation du milieu naturel ; nous analyserons brièvement dans la section suivante les interactions entre le gel des terres et les impacts possibles sur le milieu naturel.

Enfin, le programme d'optimisation du producteur peut être précisé en insérant une différenciation des utilisations du facteur terre ; ceci permettrait de déduire une demande microéconomique de terres gelées.

Ces quelques considérations montrent les limites actuelles des modèles économétriques précédents. Le modèle théorique néo-classique nécessite d'être affiné ; en outre, la différenciation régionale de l'échantillon serait tout à fait pertinente.

SECTION 3. AGRICULTURE ET ENVIRONNEMENT : EVALUATIONS MICRO-ECONOMIQUES ET PERSPECTIVES

Dans les mentalités européennes, l'agriculture était largement synonyme de protection du milieu naturel. Au cours des dernières décennies, les faits malmènent quelque peu cette vision "pastorale" des choses. Les nouvelles pratiques culturales, le recours massif aux intrants d'origine industrielle, la mise en culture de zones écologiquement fragiles se sont accompagnés d'effets préjudiciables sur l'environnement.

Une réflexion sur la préservation du milieu naturel montre à l'évidence l'obligation d'une intégration des préoccupations environnementales dans la politique agricole. Les analyses microéconomiques des chapitres précédents montrent cette nécessaire prise en compte. Elles fournissent aussi un éclairage utile sur les politiques d'internalisation des effets externes pouvant être mises en oeuvre. Il en ressort enfin la nécessité d'adopter un cadre théorique élargi qui permette d'intégrer les axes majeurs actuels de la politique agricole commune.

7.3.1. Relations entre les politiques de contrôle de l'offre et de préservation de l'environnement

Le souci de préservation de l'environnement, dans le cadre de la politique agricole commune (PAC), est apparu initialement comme un objectif annexe, se substituant en quelque sorte à certains objectifs initiaux de la PAC aujourd'hui atteints :

"On perçoit de plus en plus que le rôle de l'agriculture dans une économie moderne industrialisée est non seulement d'assurer les fonctions stratégiques, économiques et sociales, mais aussi de conserver l'environnement rural. Maintenant que la Communauté est autosuffisante pour un grand nombre de produits agricoles et se trouve donc obligée de gérer prudemment ses capacités de production, les considérations liées à l'environnement gagnent encore en importance" (Livre vert, COM (85) 333 final) (7).

Cependant, malgré sa vocation aujourd'hui réaffirmée de gardienne de l'environnement, l'agriculture est responsable d'une certaine dégradation des ressources naturelles. Plus précisément, les mouvements récents d'intensification et de spécialisation des systèmes de production (cf. chapitre I) ont largement contribué à la création d'effets externes négatifs. Une illustration du lien entre intensification de l'agriculture et qualité du milieu naturel est fournie par la dégradation des eaux potables en raison d'un excès de nitrates. Les systèmes céréaliers, utilisant une forte dose d'engrais à l'hectare, ont de ce fait une responsabilité essentielle.

(7) Le 13 juillet 1985, la Commission des Communautés Européennes a publié un Livre vert [COM (85) 333 final] dans lequel elle analyse les problèmes, suggère des thèmes de réflexion et présente différentes options dont l'une concerne notamment le lien entre agriculture et environnement.

Dans un tel cas de figure, une politique de préservation de l'environnement peut s'appuyer utilement sur des éléments d'analyse économique : l'agriculture, considérée comme une activité économique potentiellement préjudiciable, pourrait être soumise à des contraintes et contrôles publics raisonnables, dans le souci d'éviter une détérioration du milieu naturel. En considérant le milieu naturel comme un bien public, il s'agit de développer un cadre théorique dérivé de l'économie du bien-être collectif. Les politiques économiques qui en résultent sont inspirées des principaux résultats de la théorie des effets externes et s'apparentent à des mesures telles que l'imposition de taxes, l'attribution de subventions, la création de marchés de droits de pollution, ...

Ainsi, Mahé et Rainelli (1987) situent l'origine de l'effet externe négatif dans le processus d'intensification agricole, défini en première analyse comme l'accroissement du rapport entre, d'une part, le travail, le capital et les consommations intermédiaires et, d'autre part, la terre (8). Le niveau d'intensification est donc une caractéristique de la combinaison productive ; dans une lecture duale, ce niveau est fonction du comportement économique du producteur, de l'environnement économique (au travers du rapport des prix) et du progrès technique. Les mesures d'internalisation auront alors pour objectif d'ajuster le niveau d'intensification observé à un niveau socialement optimal qui prenne en compte la fonction de dommage de la collectivité. Autrement dit, il s'agit de "contrôler" l'évolution de la combinaison productive, évolution dictée initialement et principalement par le comportement du producteur, l'environnement économique et l'adoption de progrès technique.

(8) Le concept d'intensification peut être défini par rapport à n'importe quel facteur (Bonnieux, 1986b).

Les applications économétriques des chapitres précédents contribuent à éclairer la mise en oeuvre de telles mesures : nous reprendrons ce point dans le paragraphe suivant ; cependant, le développement même d'une analyse économique des effets externes d'origine agricole met en évidence des relations entre les mesures d'internalisation possibles et d'autres politiques agricoles : Mahé et Rainelli (1987) illustrent clairement cette situation par le lien entre le soutien des prix agricoles et une politique de correction des nuisances. En effet, dans une situation de quasi-fixité de la terre, l'on conçoit aisément que le niveau d'intensification adopté sans contrainte d'environnement, est une fonction croissante des prix agricoles à la production. En conséquence, une politique de soutien des prix va à l'encontre de mesures d'internalisation ; à l'inverse, peut-on alors envisager une cohérence entre politique de régulation de l'offre et mesures de préservation de l'environnement ? D'une manière analogue, en reprenant les différents facteurs explicatifs du niveau d'intensification, d'autres interférences avec des objectifs de politique agricole apparaissent : soutien du revenu des agriculteurs, occupation de l'espace, adoption d'innovations techniques,...

Ceci étant, la mise en évidence d'une relation entre régulation de l'offre agricole et sauvegarde du milieu naturel mérite de nouvelles investigations théoriques bien qu'au préalable cette relation soit déjà affirmée par une volonté politique : en effet, la récente communication de la Commission des Communautés Européennes (COM (88) 338), portant sur l'environnement et l'agriculture, insiste sur le point suivant :

"Les mesures à prendre désormais pour une meilleure maîtrise de la production doivent être telles que tout progrès futur dans le secteur agricole soit atteint en harmonie avec les exigences de l'environnement et que l'équilibre écologique soit rétabli dans les zones atteintes".

Deux remarques peuvent être associées à la directive précédente. Cette dernière situe tout d'abord l'adoption de progrès technique comme un élément moteur du processus d'intensification. Ce constat conduit à chercher à favoriser une innovation technique respectueuse du milieu naturel : en effet, après adoption dans la combinaison productive, les mesures d'internalisation ne peuvent se concentrer souvent que sur l'agriculteur (le seul agent payeur possible). D'autre part, il est clairement souhaité ici que l'objectif majeur de régulation de la production puisse intégrer les contraintes liées à l'environnement. A cet effet, plusieurs mesures sont envisagées et qui concernent les points suivants :

1. utilisation des terres
2. utilisation des pesticides
3. productions animale et végétale intensives
4. qualité des produits.

Le paragraphe suivant montre comment les analyses économique et économétrique des chapitres précédents permettent d'éclairer certaines de ces mesures.

7.3.2. Apport des analyses microéconomiques

Préliminaire : l'apport souhaitable de l'économie appliquée

Les plaidoyers pour le respect de l'environnement, aussi louables soient-ils, pèchent fréquemment par l'insuffisance d'une analyse économique. Cette observation est facile à illustrer, il suffit de se référer à la réprobation classique de l'intensification : "On savait les rendements décroissants, mais

on ignorait que cette décroissance allait s'accélérant. Autrement dit, l'intensification du mode de production agricole pourrait bien être une impasse, non seulement du point de vue strictement écologique, prenant en compte la pollution des eaux et des sols, mais aussi du point de vue qui avait justifié initialement cette intensification, celui de la rentabilité et de la diminution des coûts unitaires" (Roelants du Vivier 1987, p. 9).

Cette affirmation est critiquable à plusieurs niveaux : elle se base d'une part sur le postulat de concept global de rendements d'échelle décroissants : les approches théorique et économétrique des chapitres précédents ont justifié le caractère local des rendements d'échelle et la présence d'économies d'échelles, celles-ci, cependant, pouvant avoir un caractère plus composite (cf. paragraphe 7.1.2). D'autre part, le postulat est contredit en conclusion puisque l'une des causes de l'intensification réside dans la diminution des coûts unitaires, qui doit être attribuée, selon toute vraisemblance, à l'existence d'économies d'échelle locales. Il convient enfin de rappeler que le mouvement d'intensification se justifie dans un contexte de rendements décroissants pour atteindre notamment l'optimum du sentier d'expansion.

Le nécessaire souci de rigueur dans l'analyse économique ne constitue pas un détour ; il permet au contraire d'affiner l'intuition et d'étayer précisément la problématique des effets externes agricoles. Nous tentons maintenant d'illustrer ce point au travers de trois exemples.

7.3.2.1. Taxation des intrants polluants

Dans le modèle de Mahé et Rainelli (1987), le niveau d'intensification est formalisé en première analyse par le rapport

entre l'ensemble des facteurs de production hors foncier et la terre. Ce niveau est l'argument majeur de la fonction de dommage ; un des objectifs d'une politique de préservation de l'environnement consiste à faire diminuer, ou du moins limiter, le niveau d'intensification. A cet effet, le prix des engrais azotés constitue une variable de commande : l'évaluation d'une politique de taxation des engrais peut donc être appréciée au travers des élasticités-prix relatives aux engrais. Le premier type de résultat relève d'une analyse de court terme, le travail familial et la terre étant supposés fixes. Le tableau 7.1 reprend les différentes élasticités-prix relatives à une variation du prix de l'engrais et qui ont été calculées précédemment.

Tableau 7.1. Elasticites-prix de court terme relatives au prix de l'engrais

	engrais	carburants	capital	travail salarié
chapitre IV : un produit, avec tra- vail salarié	- 0,230	0,628	0,173	- 0,135
chapitre V : un produit, sans travail salarié	- 0,283	0,532	0,150	-
chapitre VI : trois produits, sans travail salarié	- 0,287	0,597	0,156	-

La stabilité des élasticités-prix propres obtenues est remarquable ; cependant, la demande d'engrais n'est pas très sensible à son prix : une augmentation de 10 % du prix de l'engrais aurait pour effet une baisse de la demande comprise entre 2 et 3 %. Cet effet s'inscrit dans un contexte de court

terme où la terre et le travail familial ne peuvent s'ajuster ; il s'accompagne de mouvements de substitution en faveur des carburants et du capital, des mouvements qui se traduisent par une augmentation des passages de machines avec un fractionnement des apports, en supposant une certaine disponibilité de la main-d'oeuvre (cf. paragraphe 4.3.3). En résumé, l'effet-prix d'une taxation des engrais s'avère peu efficace en termes de désintensification du fait d'une quasi-fixité d'autres facteurs. Il peut constituer cependant un stimulus pour exploiter des gains d'efficacité technique (techniques de fractionnement des apports).

Le modèle TOBIT du chapitre V relève d'une analyse de moyen terme puisque l'allocation de travail est supposée optimale. Le tableau 7.2 reprend les différentes élasticités calculées.

Tableau 7.2. Elasticités-prix relatives au prix de l'engrais - modèle TOBIT

	engrais	carburants	capital	travail
chapitre V. un produit (NS)	- 0,438	0,473	0,078	0,202
chapitre V. un produit (NFNS)	- 0,394	0,494	0,075	0,430

Par comparaison avec le tableau précédent, l'effet-prix propre est plus marqué, ce qui confirme la logique du principe de Le Châtelier-Samuelson (cf. paragraphe 3.2.3.). Les valeurs calculées (une taxe de 10 % sur les engrais entraînerait une baisse de la demande entre 4 et 4,4 %) sont tout à fait proches d'autres analyses (Bonnieux et Rainelli, 1988). Si la relation de substituabilité avec le capital n'est pas significative, celles avec les carburants et le travail demeurent sensibles ; elles

peuvent traduire un retour à une fertilisation organique plus importante (apports de fumier et lisier) qui nécessite techniquement un surcroît de carburants et de travail.

L'inférence des niveaux de long terme, pour ce qui concerne le travail familial et la terre, permet d'apprécier les mouvements de désintensification induits conjointement par une baisse de la consommation d'engrais et une augmentation corrélative des surfaces agricoles utilisées. Le tableau 7.3 rappelle les différentes élasticité-prix de long terme relatives au prix de l'engrais.

Tableau 7.3. Elasticité-prix de long terme relatives au prix de l'engrais

	engrais	carburants	capital	travail	terre
(1) chapitre IV. un produit ; travail fixé	- 0,630	0,228	- 0,220	-	0,054
(2) chapitre IV. un produit ; sans fixité	- 0,521	0,256	- 0,119	0,940	0,045
(3) chapitre IV. un produit ; sans fixité ; terre et travail supposés optimaux	- 0,634	0,307	- 0,022	0,047	1,023
chapitre VI. trois produits ; sans fixité ; terre et travail supposés optimaux	- 0,646	0,238	- 0,203	0,324	0,119

Les effets-prix propres sont ici supérieurs (en valeur absolue) aux précédents, ce qui confirme une nouvelle fois le

principe de Le Châtelier-Samuelson (9). En conséquence, une taxation des fertilisants azotés influencerait d'autant plus sur la demande que l'ensemble des facteurs s'ajusterait à leur niveau optimal. Dans le long terme également, le capital et les engrais apparaissent complémentaires, un phénomène corollaire au processus d'extensification : ce dernier est traduit par la relation de substituabilité entre les engrais et la terre. Ainsi, si l'on définit en première approximation le niveau d'intensification comme le rapport $i = (x_E / SAU)$, où x_E désigne la quantité d'engrais et SAU la terre.

Une variation dp_E du prix de l'engrais aura pour effet moyen, toutes choses égales par ailleurs :

$$\begin{aligned} (d \text{ Log } i / d \text{ Log } p_E) &= (d \text{ Log } x_E / d \text{ Log } p_E) \\ &\quad - (d \text{ Log } SAU / d \text{ Log } p_E) \end{aligned}$$

Comme application numérique, si l'on prend le modèle (3), une variation à la hausse de 10 % des intrants azotés aurait pour conséquence une diminution de 16,6 % du niveau d'intensification. Comme le montrent les élasticité-prix croisées (terre-engrais) pour les modèles (1) et (2), l'effet d'extensification sera moindre si l'on se trouve initialement à l'optimum hicksien de long terme.

En conclusion, une taxation des engrais dans le cadre d'une politique environnementaliste serait d'autant plus efficace que l'ensemble des facteurs s'ajusterait. Le cadre d'analyse des effets de long terme adopté dans les chapitres précédents met en

(9) rappelons (cf. paragraphe 4.3.3) que la comparaison des élasticité-prix de court et long terme selon le principe de Le Châtelier-Samuelson nécessite que l'on soit au même point d'approximation.

évidence deux effets "désintensifiants" :

- un effet direct sur la demande d'engrais
- un effet indirect de substitution avec la terre.

Cette analyse est prolongée dans le paragraphe suivant consacré au gel des terres. L'absence d'information relative aux prix des pesticides nous empêche de mener une démarche analogue à celle qui vient d'être effectuée pour les engrais.

7.3.2.2. Effets d'un gel des terres sur le niveau d'intensification

Un comportement rationnel conduit l'agriculteur à privilégier l'usage spécifiquement agricole sur les bonnes terres et à geler les terres plus ou moins marginales. De ce fait, si en première analyse, le gel des terres est souvent assimilé à un processus d'extensification, le comportement d'optimisation du producteur ne peut opérer que sur les terres effectivement utilisées à des fins productives. Cette restriction incite à exploiter les économies d'échelle de court terme, donc à intensifier. En conséquence, il convient peut-être de ne pas confondre gel des terres et extensification ; tout au plus peut-on s'attendre à un caractère moins diffus des pollutions causées par effet d'intensification.

D'une manière générale, le gel des terres peut comporter des avantages pour l'environnement s'il inclut réellement dans son application le souci de préservation du milieu naturel. Tel est le cas du retrait des terres soumises à l'érosion aux Etats-Unis. A l'inverse, une politique de gel des terres, non subordonnée à des préoccupations environnementales, peut s'avérer préjudiciable au milieu naturel ; la bipolarisation dans l'utilisation des terres qui en résulte peut conduire conjointement à une surintensification des terres cultivées et à une mise en jachère

négligée des terres marginales. En conséquence, la mise en oeuvre d'un gel des terres n'assure pas systématiquement une cohérence entre politique de régulation de l'offre et politique de préservation de l'environnement.

7.3.2.3. Conditions d'une nouvelle symbiose entre culture et élevage

Si l'incitation à une diversification des productions constitue un moyen de régulation de l'excédent céréalier, cette diversification est parfois également souhaitée dans le cadre de considérations environnementalistes. En effet, les productions animales étaient traditionnellement intégrées à l'agriculture générale ; le lien entre culture et élevage se caractérisait notamment par la disponibilité d'aliments du bétail produits sur l'exploitation et par l'utilisation des déjections animales pour la fertilisation organique. L'évolution économique en termes de rapports de prix, les dotations en facteurs pédoclimatiques et le progrès technique ont tôt fait de dissocier culture et élevage, deux activités naturellement jointes au niveau principalement du facteur terre. Cette dissociation s'est accompagnée d'un phénomène d'intensification qui a rompu les dépendances entre cultures et élevage, et qui s'est avéré préjudiciable, comme nous l'avons souligné, pour le facteur terre.

Si l'on peut admettre, en première analyse, qu'une réintégration de l'élevage dans le cadre de l'agriculture générale, pourrait avoir des effets désintensifiants, il apparaît aussi qu'une diversification des productions, marquée par la réintégration précédente, serait à la fois cohérente en termes de régulation de l'offre céréalière et de préservation de l'environnement.

L'approche duale en théorie de la production explicite clairement comment l'environnement économique infléchit la combinaison productive adoptée. Plus précisément, l'approche descriptive du chapitre I et les résultats économétriques des chapitres précédents nous ont rappelé que cet environnement économique ne favorise pas une diversification. De plus, les facteurs structurels et l'adoption de progrès technique contribuent fortement à une spécialisation des systèmes de production. Cette non-incitation à la diversification se caractérise en particulier par l'absence d'économies d'envergure. Les calculs menés dans le paragraphe 6.3.3 et repris dans le tableau 7.4 montrent que la diversification des productions au sein d'une même exploitation n'est pas justifiée économiquement, du moins à court terme.

Tableau 7.4. Mesure des économies d'envergure dans le cas de trois produits

mesure	valeur
ECE p_1	- 0,78
ECE p_2	- 0,41
ECE p_3	- 0,77
ECE p	- 0,04

p_i , $i = 1, 2, 3, 4$ désigne les quatre partitions suivantes

$p_1 = [1, 2, 3]$	1 : céréales
$p_2 = [(1, 2), (3)]$	2 : oléoprotéagineux
$p_3 = [(1), (2, 3)]$	3 : cultures fourragères +
$p_4 = [(1, 3), 2]$	productions animales

Ainsi P_1 correspond à la production séparée des trois produits.

Ces calculs, commentés dans la paragraphe 6.3.3, constituent une première approche et nécessitent d'être confirmés sur d'autres années et d'autres systèmes. Notre propos ici est de considérer seulement, à partir de la mesure des économies d'envergure, de nouvelles perspectives d'analyses dans le cadre d'une politique de préservation de l'environnement.

Pour ce faire, rappelons l'expression analytique du concept précédent dans le cas d'une fonction de coût restreint avec deux productions (1 : végétales, 2 : animales) :

$$ECE_{1,2} = \left[CR(p_x, y_1, 0, z) + CR(p_x, 0, y_2, z) - CR(p_x, y_1, y_2, z) \right] / CR(p_x, y_1, y_2, z)$$

(a) La première étape de l'analyse consisterait à effectuer des mesures $ECE_{1,2}$ sur des OTEX mixtes associant cultures végétales et élevage (OTEX 71, 72, 810, 819, 82, cf. tableau 1.3, paragraphe 1.1.1).

(b) dans le cas, analogue à celui observé dans le chapitre VI, d'une situation de déséconomies d'envergure, une politique de préservation de l'environnement se traduirait alors par une incitation à une intégration plus poussée de l'agriculture et de l'élevage avec, corrélativement, des effets désintensifiants. Pour ce faire, il nous faut analyser les variations de la fonction $ECE_{1,2}$ par rapport aux variables p_x , y_1 , y_2 et z , celles-ci pouvant constituer alors autant de variables de commande d'une politique tendant à rendre positif la mesure $ECE_{1,2}$. L'effet précédent peut être illustré par l'instauration d'une prime à l'incorporation de céréales autoproduites dans la ration animale.

Le divorce est, en réalité, plus prononcé entre les céréales et l'élevage du fait notamment d'un écart de prix grandissant

entre céréales et produits de substitutions aux céréales (P.S.C.) (10) ; ces derniers, importés à bas prix excluent les céréales de la ration animale et contribuent à renforcer la compétitivité de l'industrie de l'alimentation animale par rapport à la fabrication d'aliments à la ferme.

Il apparaît donc la nécessité d'une nouvelle hiérarchie des prix pour faire réémerger des économies d'envergure potentielles, autrement dit pour revaloriser certaines associations originelles entre cultures et élevages. Si cet objectif s'avère difficilement atteignable, il convient de noter cependant que cette nouvelle hiérarchie des prix est également souhaitée dans la poursuite des objectifs d'emploi, de reconquête du marché intérieur et de réduction des problèmes budgétaires de la PAC (Mahé et al., 1984).

(c) Le passage d'une situation de déséconomies à une situation d'économies d'envergure demeure ambitieux et, a priori, difficilement réalisable. Ce constat n'enlève pas cependant toute pertinence d'une mesure $ECE_{1,2}$; en effet, l'intégration d'activités culturelles et d'élevage pourrait être obtenue de manière réglementaire par institution d'un certain rapport de productions, y_1/y_2 , auquel l'exploitation agricole serait soumise. Il s'agirait, par exemple de disposer d'une surface minimale d'épandage pour les déjections animales provenant d'une activité porcine (11) ; de manière analogue, il pourrait être institué un certain rapport entre fertilisation azotée organique (fumier, lisier) et minérale (engrais azotés). Le rapport effectif entre productions animales et végétales se traduira par une situation de déséconomies d'envergure dont la mesure, $ECE_{1,2}$, peut traduire en

(10) Il s'agit notamment de tourteaux de soja, manioc, corn gluten feed, melasses, sons.

(11) c'est le cas aujourd'hui aux Pays-Bas ou en France quand il y a création d'unités d'élevages intensifs d'une certaine taille.

fait un coût d'internalisation ; ce dernier pouvant alors servir de base à un calcul de subventions à l'intégration effective des activités culturelles et d'élevage.

(d) Il convient enfin d'effectuer des mesures d'économies d'envergure en incluant la rémunération de la terre et du travail familial. En outre, la détermination des niveaux hicksiens pour les deux facteurs précédents permettrait de définir une mesure des économies d'envergure de long terme.

7.3.3. Conclusion

Les deux paragraphes précédents ont mis en évidence les cohérences possibles entre régulation de l'offre agricole et préservation de l'environnement. Par ailleurs, les analyses microéconomiques contribuent à éclairer utilement certaines politiques d'internalisation. Il convient de noter cependant le caractère partiel de ces analyses qui en limitent de fait la portée. En particulier, l'harmonisation de diverses politiques agricoles nécessite, dans sa mise en oeuvre, un cadre théorique élargi qui relève du choix public. Ce dernier doit prendre en compte, actuellement, diverses considérations :

- maintenir un grand nombre d'agriculteurs,
- maintenir un tissu social dans les régions rurales,
- conserver l'environnement naturel,
- servir les intérêts des consommateurs,
- réduire les disparités de revenu.

Le processus de décision de la collectivité, traduit par l'optimisation d'une fonction d'objectif, porterait alors davantage sur les facteurs structurels (terre, homme) qui ont été jusqu'ici considérés comme des facteurs quasi-fixes. En particulier, la détermination d'un rapport structurel terre-homme peut être un espace de conciliation des différents objectifs pré-cités, un rapport qui, déjà, est apparu stratégique dans l'analyse des facteurs de variation du revenu agricole (cf. paragraphe 1.3.2).

CONCLUSION

L'évolution des différentes politiques économiques dans le cadre d'une approche duale conduit à s'interroger sur l'efficacité souhaitée de leurs instruments. Pour certaines classes de surface en effet, une diminution des prix à la production peut constituer un stimulus pour exploiter des gains d'efficacité technique ou allocative. L'instauration d'un gel des terres peut contribuer, selon les exploitations agricoles, à amplifier une situation de déséquilibre factoriel relative au facteur terre et à rigidifier une certaine rente foncière. Enfin, la taxation des intrants polluants ne trouve une efficacité significative que dans une situation de long terme où l'ensemble des facteurs peut s'ajuster.

Cette évaluation a montré également les interactions vraisemblables et parfois négatives entre ces politiques économiques. Ainsi, l'instauration d'un gel des terres peut déboucher sur des effets préjudiciables sur l'environnement. De ce constat, il en ressort la nécessité d'adopter un cadre d'analyse plus élargi, en termes de théorie et de politiques économiques, qui puisse assurer une prise en compte de l'ensemble des objectifs majeurs de la politique agricole commune. Déjà, des convergences, sur les solutions à choisir, apparaissent ; la section trois a mentionné ainsi la nécessité d'une nouvelle hiérarchie des prix agricoles que ce soit comme incitation à la diversification des productions ou pour alléger les coûts budgétaires de la PAC.

L'analyse des politiques économiques a révélé également les fragilités intrinsèques d'une modélisation duale de la technologie. Le caractère crucial de l'hypothèse de comportement intervient ici doublement : dans la lecture duale de la technologie et dans l'analyse de la réaction du producteur suite à une modification de l'environnement économique. Cette remarque amène à réfléchir sur la spécification de cette hypothèse. L'utilisation de données de panel, l'introduction d'effets individuels devraient permettre une meilleure appréhension des comportements observés.

Il convient, au préalable, d'appliquer certaines caractéristiques de la formalisation, propres à l'étude, à d'autres aspects de la réalité agricole. Ainsi, la modélisation TOBIT pourrait s'appliquer, a priori, pour déterminer une demande microéconomique de gel des terres. De même, l'adoption de formes fonctionnelles "hyperflexibles", autrement dit flexibles au troisième ordre, permettrait-elle d'apprécier les changements de convexité sur la frontière de production ?

De manière générale, l'effet de feed-back sur la spécification générale du modèle, fourni par l'analyse des politiques économiques, constitue un apport intéressant. Dès lors, il s'agira de l'utiliser dans des modélisations ultérieures centrées davantage sur une problématique économique particulière (baisse des prix, gel des terres, imposition de quotas, ...).

CONCLUSION GENERALE

Ce travail constitue une étape dans un processus de recherche à plus long terme sur la production agricole. D'ores et déjà, il fournit un ensemble de résultats qu'il convient de rappeler. Certains sont suffisamment établis pour éclaircir les conséquences de diverses politiques agricoles. A ce stade de la recherche, il convient aussi d'en recenser les limites qui sont pour l'essentiel celles de l'approche duale et des méthodes économétriques utilisées.

Au-delà de la nécessaire étape d'observation, préalable à toute modélisation, le chapitre I a situé l'approche duale vis-à-vis de la démarche descriptive. Ces deux approches sont inverses et se correspondent au travers de l'hypothèse de comportement. Cette remarque permet de mieux comprendre la fragilité intrinsèque de l'application de la théorie de la dualité dans la mesure où la description duale de la technologie dépend d'une manière cruciale de l'hypothèse de comportement adoptée.

Le chapitre II a explicité le caractère admissible d'une application de la théorie de la dualité au secteur agricole. Ce caractère se perçoit au niveau des hypothèses qui président à l'établissement du schéma dual. Nous avons proposé un corps restreint d'hypothèses bien adapté à la réalité agricole. Un lien explicite a été mis en évidence entre l'hypothèse de libre-disposition et l'hypothèse de convexité. Cette dernière

n'est relative qu'au sous-ensemble de l'ensemble de production sur lequel est faite l'optimisation. Une plus grande généralité de l'hypothèse de convexité devrait être compensée par des restrictions de séparabilité sur la technologie.

Sous le corps d'hypothèses retenu, la fonction d'objectif contient toute l'information relative aux choix techniques possibles. Le chapitre III présente cette information sous une forme mesurable et discute l'hypothèse de différentiabilité de la fonction d'objectif. La synthèse de travaux récents montre comment celle-ci peut être obtenue sous forme de propriété déduite d'hypothèses ensemblistes sur la technologie. Le schéma dual, adapté au cas plus réaliste où certains facteurs sont fixes, fournit également une information sur le déséquilibre associé à ces facteurs. Cette fixité est analysée à l'aide du concept de prix dual. Le déséquilibre factoriel interfère sur les mesures caractéristiques de la technologie. Tel est le cas des rendements d'échelle que nous avons mis en correspondance duale avec la mesure des économies d'échelle. En outre, de manière analogue à la méthode d'inférence de Lau (1976) concernant la détermination des élasticités-prix de long terme sur la base des réactions de court terme, nous avons associé les qualificatifs de court et long terme aux économies d'échelle et proposé une détermination des économies d'échelle de long terme connaissant la mesure de court terme.

Les trois chapitres suivants présentent des applications économétriques relatives à la technologie céréalière. Plus précisément, le chapitre IV a utilisé les méthodes d'inférence pré-citées pour déterminer les élasticités-prix et les économies d'échelle de long terme. Par ailleurs, un retour sur l'approche primale dans le calcul du prix dual a permis de résoudre certaines difficultés d'ordre économétrique. La coexistence apparemment paradoxale d'un excès de main-d'oeuvre familiale et d'une présence de travail salarié a conduit à l'adoption d'une hypothèse de semi-fixité pour le travail sur les exploitations céréalières dans

la mesure où cette fixité n'est effective que pour certaines exploitations seulement. Une modélisation TOBIT est alors justifiée au niveau même du modèle déterministe et permet de mesurer une offre latente de main-d'oeuvre familiale. De manière générale, les travaux du chapitre V traduisent le souci d'introduire une plus grande souplesse dans l'hypothèse de comportement adoptée. Le chapitre VI concerne une technologie multiproduits et fournit, de ce fait, une meilleure adéquation du modèle à la réalité agricole observée. L'utilisation d'une spécification GEM permet d'étendre les relations de dualité dans une dimension stochastique.

Ces différents chapitres proposent également une description duale de la technologie et du déséquilibre. La plupart des relations factorielles ont un caractère de substituabilité généralement stable selon les estimations disponibles. Les relations de complémentarité apparaissent seulement pour les couples carburants, capital d'une part et capital, engrais d'autre part. L'existence d'économies d'échelle de court et de long terme est confirmée. Elles sont associées à des déséconomies d'envergure, ce qui explique les mouvements observés de spécialisation céréalière. Relativement enfin à l'environnement économique observé, le travail familial se trouve être en excès si l'on suppose que celui-ci est rémunéré au prix observé du travail salarié. La situation est inversée pour la terre considérée comme un facteur quasi-fixe, la plupart des exploitations sont à cet égard dans une situation sous-optimale.

Dans le prolongement de cette description, le chapitre VII utilise les résultats d'estimation précédents dans une optique d'analyse de diverses politiques agricoles. La présence d'économies d'échelle induirait une relative inefficacité d'une politique de régulation de l'offre céréalière par les prix, du moins, pour certaines classes de surface. L'instauration d'un gel des terres tendrait quant à elle à amplifier l'inefficacité

allocative de ce facteur. La prise en compte, enfin, d'un déséquilibre factoriel associé à l'analyse des substitutions possibles permet d'éclairer des politiques de taxation des intrants polluants, en dissociant notamment les effets de court et long terme.

Considérée comme outil d'analyse des effets de diverses politiques agricoles, la modélisation des systèmes de production agricoles, révèle ses principales faiblesses au travers de deux hypothèses fortes : identité des technologies et même comportement d'optimisation de tous les entrepreneurs.

Plus précisément, si l'approche duale nous évite des écueils économétriques en termes de simultanéité, la technologie du producteur est révélée au travers d'une hypothèse de comportement. C'est en quelque sorte une révélation théorique qui rend tributaire de la plus ou moins bonne adéquation de l'hypothèse précédente au processus exact d'optimisation du producteur. En outre, certains problèmes économétriques demeurent. La configuration actuelle des données du RICA ne se prête guère à une construction rigoureuse des prix qui représentent l'environnement économique du producteur. La multicollinéarité vraisemblable entre certaines variables a rendu nécessaire un retour à l'approche primale. Enfin, l'interprétation économique de la variabilité observée des prix nécessiterait une analyse approfondie ; en particulier, traduit-elle fidèlement les différences réelles d'environnement économique entre producteurs ? En d'autres termes, si l'approche duale présente une réelle pertinence dans son applicabilité économétrique eu égard à des problèmes de simultanéité, elle n'en demeure pas moins confrontée à d'autres écueils économétriques. Ce constat devrait favoriser de nouvelles recherches sur l'estimation directe de fonctions de production, une démarche non exclusive de l'approche duale.

Ceci étant, les limites et les résultats acquis peuvent guider de nouvelles investigations. Une modélisation de type dual concourt en effet à des interactions entre le modèle déterministe, la spécification stochastique et l'analyse des effets des politiques à partir du modèle. Ces effets de feed-back ont induit des approfondissements : assouplissement de l'hypothèse de comportement dans le cadre du modèle TOBIT, application d'une spécification stochastique GEM qui n'infirme pas la cohérence fonctionnelle du modèle dual. Dans cette même logique d'interactions, ces efforts demandent à être poursuivis, notamment dans le sens d'une meilleure spécification de l'hypothèse de comportement. La minimisation du coût des facteurs variables a été validée, du moins relativement à la maximisation du profit. De manière analogue, il serait souhaitable de la tester vis-à-vis d'hypothèses moins restrictives sur le plan de l'efficacité technique ou allocative mais peut-être plus stochastiques. Cet élargissement peut se référer à des techniques économétriques (tests d'exogénéité, estimation de fonctions frontières) et amène à expliciter le lien entre la théorie économique et la spécification stochastique. Plus généralement, une plus grande pertinence des effets des politiques agricoles ne serait-elle pas obtenue au prix d'une meilleure représentation des comportements des producteurs et de leur diversité ?

D'autres perspectives sont issues directement de l'étude. L'estimation du modèle sur des orientations technico-économiques autres que céréalières permettrait d'affiner la spécification et d'éclairer d'autres problématiques agricoles (effets de l'imposition des quotas laitiers, internalisation des effets externes concernant l'élevage hors-sol). La prise en compte d'un aspect dynamique, au travers par exemple d'une économétrie de données de panel, serait également pertinente pour rendre compte, par exemple, des modalités d'adoption du progrès technique ou pour apprécier les effets individuels. Par ailleurs, l'imposition de contraintes de convexité par rapport aux facteurs quasi-fixes

contribuerait à une détermination plus fine des équilibres de long terme. Il apparaît enfin souhaitable que l'effet de feed-back porte également sur la structure même des données du RICA. Une meilleure compréhension du fonctionnement microéconomique des exploitations agricoles, objectif majeur assigné au RICA, doit passer par une étape de modélisation. Celle-ci se heurte à des données élaborées surtout en vue d'une analyse comptable. L'intégration des deux démarches (descriptive et de modélisation) est pourtant nécessaire (cf. chapitre I). Nous espérons qu'elle se réalisera davantage sur le terrain et se concrétisera sous la forme d'une base de données mieux adaptées à la recherche économique.

ANNEXE

LA CONSTRUCTION DES VARIABLES NECESSAIRES

A LA MODELISATION

. Le niveau de production

L'hypothèse de comportement souvent adoptée consiste en la minimisation du coût des facteurs variables conditionnée par le niveau observé des facteurs fixes ou quasi-fixes et par l'obtention d'un niveau de production qui sera confondu à celui qui est effectivement enregistré. Le niveau de production est mesuré par la variable **PRODUIT BRUT**, spécifiée en plusieurs composantes :

- produit brut animal
- produit brut végétal.

Ils correspondent à : Ventes (gros et détail) + autoconsommations et prestations en nature + inventaire de clôture - inventaire d'ouverture.

- Produits divers : sont enregistrés dans la variable PRODUIT BRUT les produits divers qui ont nécessité l'utilisation de facteurs de production pris en compte dans la modélisation (terre, travail familial, consommations intermédiaires, capital).

Ainsi les indemnités d'assurance, les indemnités et subventions d'exploitations reçues, les remboursements forfaitaires de T.V.A. sont exclus.

Par contre sont inclus :

- les rabais, remises et ristournes obtenus : l'information disponible ne nous permet pas de les affecter aux différents facteurs de production auxquels ils sont associés

- les pensions d'animaux,
- les terres louées prêtes à semer,
- les recettes de l'agritourisme,
- les autres produits accessoires et ventes de déchets,
- les produits financiers,
- les travaux faits par l'entreprise,
- les travaux pour tiers.

Cette sélection ne peut éviter une part d'arbitraire, mais la marge d'erreur semble relativement limitée dans la mesure où les produits divers constituent une faible part du produit brut : 3,26% pour l'échantillon RICA 1985.

. Le facteur terre

La terre est considérée comme un facteur fixe ou quasi-fixe : la quasi-fixité rend compte d'un possible ajustement dans le long terme.

Les services de la terre sont mesurés par la variable SAU :
Surface Agricole Utilisée ; celle-ci comprend :

- les superficies consacrées aux productions végétales,
- les jachères,
- les parcours, landes et alpages productifs,
- les terres données en location prêtes à semer.

Elle ne comprend pas :

- le jardin familial,
- les surfaces agricoles non productives,
- les superficies boisées,
- les territoires non agricoles (terres stériles, rochers...).

Le facteur travail familial

Il est considéré également comme un facteur fixe ou quasi-fixe et intervient comme quantité dans la modélisation.

La quantité de travail familial utilisée sur l'exploitation est mesurée par la variable UTA non salariée : une U.T.A. (unité de travail annuel) est définie comme la prestation d'une personne qui a une activité professionnelle agricole pendant un certain nombre d'heures par an : 2200 heures ou plus, depuis 1979. Une personne compte ainsi au plus pour une U.T.A. Pour les actifs qui ont un temps inférieur à 2200, on obtient le nombre d'U.T.A. correspondant en divisant par 2200 leur durée annuelle de travail.

- La quantité mesurée se réfère au travail professionnel agricole, défini dans le cadre du RICA, de la manière suivante. Les travaux de l'exploitation agricole correspondent à tous les travaux d'organisation, de surveillance, d'exécution à caractère manuel ou intellectuel effectués pour assurer le fonctionnement proprement dit de l'exploitation ainsi que ceux directement liés à l'activité de l'exploitation.

Exemples : les travaux d'organisation et de gestion, les travaux forestiers, les travaux correspondant à des activités d'agritourisme pour autant qu'ils soient accessoires et imbriqués à l'activité de l'exploitation, les travaux pour tiers pour autant qu'ils soient occasionnels et effectués avec le matériel de l'exploitation.

Cette définition dépasse l'activité strictement agricole, ce qui justifie, par exemple, l'insertion dans le produit brut d'enregistrement tels que les travaux par tiers, les recettes de l'agritourisme. S'agissant de la dissociation travail professionnel, travail domestique, aucune allusion n'y est faite.

- L'information disponible concernant les travailleurs (familiaux ou salariés) est sommaire : elle ne permet pas de construire une variable synthétique combinant quantité et qualité du travail, cette dernière caractéristique pouvant être fonction, entre autres, de l'âge, du niveau d'éducation, du sexe du travailleur.

- L'estimation en U.T.A. ne représente qu'un indicateur imparfait du volume du travail familial. D'une part, il n'est pas tenu compte des heures prestées au-delà du seuil annuel de 2200 heures : or celles-ci peuvent être importantes pour les chefs d'exploitations, tout au moins dans le secteur de l'élevage, comme le montrent des enregistrements effectués dans une centaine d'exploitations laitières et porcines du Finistère (Brangeon et Jégouzo, 1987). D'autre part, le nombre d'U.T.A. par exploitation est calculé à partir d'informations peu fiables sur la durée annuelle de travail professionnel (Brangeon et Jégouzo, 1986).

. Les prix et coûts d'usage des facteurs de production

Les prix interviennent, dans une approche duale, comme variables explicatives de la fonction d'objectif optimisée (fonction de coût, de profit...). Les coûts des facteurs sont des variables endogènes, rapportés au coût total, ils fournissent les parts de facteurs sur lesquelles reposent la plupart des estimations.

Le capital, les consommations intermédiaires, le travail salarié sont considérés comme des facteurs variables ; le travail familial et la terre, supposés fixes dans le court terme, sont susceptibles de s'ajuster dans le long terme, en fonction notamment du prix de ces facteurs. La construction de prix et coûts d'usage, source de difficultés, a donné lieu à diverses hypothèses et conventions.

a) *Le prix du travail salarié*

Le coût du travail salarié correspond aux frais de personnel salarié permanent et occasionnel auxquels sont ajoutées les charges sociales. Disposant de la quantité annuelle de travail salarié (exprimée en U.T.A. (U.T.A.S.)), le prix du travail salarié est obtenu par le rapport (coût du travail salarié/ U.T.A.S.).

b) *Coût d'usage du capital*

La définition et le calcul du coût d'usage du capital ont fait l'objet d'études à l'occasion de travaux de modélisation macroéconomique (Malinvaud, 1971).

Dans un modèle ne prenant pas en compte la fiscalité sur les revenus du capital, la minimisation de la somme des coûts actualisés aboutit à la définition théorique suivante (Dormont et Sevestre, 1986)

$$C_t = P_{It} (r_t + \delta - g_t)$$

avec P_{It} : prix des biens d'équipement
 r_t : taux d'actualisation en t
 g_t : taux de croissance de P_{It}
 δ : taux de dépréciation physique

En suivant Dormont et Sevestre (1986), nous utilisons une approximation du coût d'usage.

$$c = [\text{frais financiers}] / [\text{dettes à long et moyen terme}]$$

Ce ratio semble éloigné, en première analyse, du coût d'usage du capital ; cependant nous travaillons sur coupe et il n'est pas possible d'observer par exemple un taux de dépréciation physique par exploitation, de même un taux de croissance du prix des biens d'équipement. L'univers est donc différent d'une modélisation macroéconomique où la dimension temporelle introduit une variabilité des composantes précédentes.

c représente donc le taux d'intérêt apparent observé pour chaque exploitation, ce qui ne constitue qu'une des composantes de la définition théorique du coût d'usage. L'utilisation de séries agrégées n'introduirait aucune variabilité supplémentaire dans l'estimation du modèle et n'a donc pas été retenue.

Le capital étant représenté dans un premier temps par un seul agrégat, le coût d'usage est défini par une fonction log-linéaire du taux d'intérêt observé des emprunts bâtiments, des emprunts matériels et du taux moyen observé des emprunts à court terme (21,8 % en 1981) pondéré par les parts respectives du bâtiment, du matériel + animaux reproducteurs et du capital circulant dans le capital au bilan début d'exercice.

D'autres essais ont été réalisés en insérant au titre d'un taux de dépréciation, le taux d'amortissement des immobilisations. Les résultats sont peu réalistes : nous obtenons des valeurs très élevées pour certaines exploitations (autour de 85 %). L'amortissement relève davantage d'un calcul comptable que d'une traduction du vieillissement du capital utilisé.

c) *Le prix des consommations intermédiaires*

Les consommations intermédiaires dans la définition du guide d'utilisation du RICA 1979, comprennent :

- les charges réelles d'approvisionnement (carburants et lubrifiants, combustibles, fournitures et emballages, engrais, amendements, semences et plants, produits de défense des végétaux, aliments du bétail et produits vétérinaires.
- la location du matériel et des animaux.
- L'entretien et la réparation du matériel et des bâtiments.
- Les travaux effectués par des tiers.
- Le petit matériel.
- Les dépenses en eau, gaz et électricité.
- Les honoraires de vétérinaires et autres.
- Les frais de transport.
- Les frais divers de gestion (1)

Les données du RICA fournissent, pour certain postes, les valeurs et les quantités, ce qui permet de dériver un prix par exploitation ; tel est le cas des carburants, des engrais, des amendements, des aliments du bétail. Les autres postes ne sont fournis qu'en valeur.

Un premier essai a consisté en la construction d'un agrégat des consommations intermédiaires pondéré par la part respective de chaque poste ; la faible significativité du prix obtenu dans les différentes estimations a conduit à se limiter à deux postes pour lesquels les prix étaient calculables : les carburants et les engrais ; il n'a été tenu compte ni des amendements, ni des aliments, car dans l'échantillon étudié trop peu d'entreprises y

(1) on remarquera la nature très hétérogène des différents postes des consommations intermédiaires, certains d'entre eux pouvant légitimement rejoindre l'une des autres classes de facteurs de production (entretien et réparation, capital).

ont recours. Par ailleurs , dans d'autres essais a été pris en compte l'ensemble des consommations intermédiaires pour lesquelles nous n'avons pas de prix : l'agrégat obtenu intervient comme quantité fixée à son niveau optimal relativement à la minimisation de l'ensemble des coûts variables : dans ce cas de figure, les élasticités propres obtenues sont de type "Le Chatelier" au sens où l'on fait varier le prix d'un facteur conditionnellement à la fixité de certains autres facteurs à leur niveau optimal. L'absence de données suffisantes pour déterminer le prix des consommations intermédiaires est un écueil dans le cadre de l'approche duale, ce qui incite parfois à un retour à l'approche primale.

BIBLIOGRAPHIE

- ALLEN R.-G.-D. (1938), "Mathematical analysis for economists". London, Mc. Graw Hill. Trad. "Analyse mathématique et théorie économique", PUF, Paris, 1950.
- AMEMIYA T. (1974), Multivariate Regression and Simultaneous Equations Models when the dependent variables are truncated normal. *Econometrica*, vol. 42, p. 999-1011.
- ANTLE J.-M., AITAH A.-S. (1983), Rice technology, farmer rationality and agricultural policy in Egypt. *American Journal of Agricultural Economics*, vol. 65, p. 667-674.
- APPELBAUM E. (1978), Testing Neoclassical Production Theory, *Journal of Econometrics*, vol. 7, p. 87-102.
- ARROW K.-J., BARANKIN, BLACKWELL (1953), Admissible Points of Convex Sets. Contribution to the theory of games, vol. II, Princeton University Press.
- ARROW K.-J., INTRILIGATOR M.-D. (1982), Handbook of mathematical economics (volume 2). North-Holland Publishing Company, p. 381-1070.
- BALL V.-E. (1987), Modelling Supply Response of Multiproduct farms. Working Paper, Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture, Washington, DC, 19 p.
- BARNETT W.-A. (1983a), Definitions of 'second order approximation' and of 'flexible functional form'. *Economic Letters*, vol. 12, p. 31-35.
- BARNETT W.-A. (1983b), New Indices of Money Supply and the Flexible Laurent Demand System. *Journal of Business and Economic Statistics*, 1, p. 7-23.
- BARNETT W.-A., LEE Y.-W., WOLFE M.-D. (1985), The three-dimensional global properties of the minflex laurent, generalized leontief and translog flexible functional forms. *Journal of Econometrics*, vol. 30, p. 3-31.

- BARTEN A.-P. (1969), Maximum likelihood estimation of a complete system of demand equations. *European Economic Review*, vol. 1, p. 7-73.
- BAUMOL W.-J., PANZAR J.-C., WILLIG R.-D. (1982), Contestable markets and the theory of industry structure. New-York : Harcourt Brace Jovanovitch.
- BEATTIE B.-R., TAYLOR C.-R. (1985), The economics of production. John Wiley et Sons, 258 p.
- BERNDT E.-R., KHALED M.-S. (1979), Parametric Productivity Measurement and choice among flexible functional forms. *Journal of Political Economy*, vol. 87, n° 6, p. 1220-1245.
- BLACKORBY C., PRIMONT D., RUSSEL R.-R. (1978), Duality, separability and functional structure : theory and economic applications. North-Holland, 381 p.
- BLAUG M. (1981), La pensée économique : origine et développement. Paris, *Economica*, 851 p.
- BLISS C.-J. (1975), Capital theory and the distribution of Income. New-York : North-Holland/American Elsevier.
- BONNIEUX F., RAINELLI P. (1984), Croissance et spécialisation de l'agriculture française de 1962 à 1981. Colloque A.E.A.-A.S.R.D.L.F., Modélisation régionale et spatiale, Poitiers, 12 décembre 1984, 15 p.
- BONNIEUX F. (1986a), Etude économétrique des disparités de l'agriculture française sur la base de données départementales. INRA, Economie et Sociologie Rurales - Rennes, 401 p.
- BONNIEUX F. (1986b), Approche économique de l'intensification. *Economie Rurale*, n° 171, p. 9-15.
- BONNIEUX F., FOUET J.-P., RAINELLI P. (1987), Aspects régionaux du développement économique de l'agriculture. INRA, ESR, Rennes, *Actes et Communications*, n° 1, p. 51-84.
- BONNIEUX F., RAINELLI P. (1988), Agricultural Policy and Environment in developed countries. *European Review of Agricultural Economics*, vol. 15-2/3, p. 263-281.
- BOUSSARD J.-M. (1986), Hétérogénéité technique et structurelle dans les exploitations agricoles. *Economie Rurale*, n° 176, p. 3-10.
- BOUTITIE E., BUREAU J.-C., LAUBIE A., MAGNIEN F., VERMERSCH D. (1987), Application de la théorie de la dualité aux systèmes céréaliers : étude économétrique sur la base de données individuelles. ENSAE, Juin, 46 p.

- BOX G.-E.-P., COX D.-R. (1964), An analysis of transformations. *Journal of the Royal Statistical Society, séries B*, p. 211-243.
- BRANGEON J.-L., JEGOUZO G. (1986), La mesure du travail dans le Réseau d'Information Comptable Agricole (RICA). INRA, *Economie et sociologie Rurales*, 27 p.
- BREUSCH T.-S., PAGAN A.-R. (1979), A simple test for heteroscedasticity and random coefficient variation. *Econometrica*, vol. 47, p. 1287-1294.
- BROWN R.-S., CHRISTENSEN L.-R. (1981), Estimating elasticities of substitution in a model of partial static equilibrium : an application to U.S. agriculture, 1947 to 1974. In Berndt et Field (ed.) chap. 10.
- BROWN R.-S., CHRISTENSEN L.-R. (1981), Modeling and measuring natural resource substitution, ed. E. Berndt and B. Field. Cambridge MA : MIT Press.
- CARLES R. (1982), Indicateurs de revenu et réseau d'information comptable agricole. Note provisoire du 23.11.82 pour le groupe "INRA revenus".
- CARLES R. (1985), Les revenus dans les entreprises céréalières in *Les collections de l'INSEE*, E93.
- CARLES R., CHITRIT J.-J. (1985), Le secteur grandes cultures : spécificités et essai de prospective. *Série Notes et Documents*, Grignon, 1985, n° 9.
- CARLES R. (1986), Les producteurs de céréales en France. INRA, ESR Grignon, série "Notes et Documents", n° 15, octobre 1986, 118 p.
- CARLES R. (1987), La diversité des conditions de production céréalière en France. *Bulletin Technique d'Information du Ministère de l'Agriculture*, 420, p. 259-279.
- CARLES R. (1988), Les producteurs de céréales en France : revenus et perspectives d'évolution de quelques systèmes céréaliers. *Bulletin Technique d'Information du Ministère de l'Agriculture*, 426-427, p. 47-68.
- CAVES D.-W., CHRISTENSEN L.-R. (1980), Global Properties of Flexible Functional Forms. *American Economic Review*, vol. 70, p. 422-432.
- CAVES D.-W., CHRISTENSEN L.-R., TRETHERWAY M.-W. (1980), Flexible cost functions for multiproduct firms. *Review of Economics and Statistics*, vol. 62, p. 477-481.

CAVES D.-W., CHRISTENSEN L.-R., SWANSON J.-A. (1981), Productivity growth, scale economies and capacity utilization in U.S. Railroads, 1955-1974. *American Economic Review*, vol. 71, p. 994-1002.

CHRISTENSEN L.-R., JORGENSON D.-W., LAU L.-J. (1971), Conjugate duality and the transcendental logarithmic functions. *Econometrica*, vol. 39, n° 4, p. 255-256.

CHRISTENSEN L.-R., JORGENSON D.-W., LAU L.-J. (1973), Transcendental logarithmic production frontiers. *The Review of Economics and Statistics*, vol. 55, p. 28-45.

CRAGG J. (1971), Some statistical models for limited dependent variables with application to the demand for durable goods. *Econometrica*, vol. 39, p. 829-844.

CRANNEY J., De MIRIBEL P. (1983), Rapport sur l'analyse du fonctionnement du réseau d'information comptable agricole. INSEE, INRA, Paris, 547 p.

DAWSON P.-J. (1984), Labour on the family farm : a theory and some policy implications. *Journal of Agricultural Economics*, vol. 35, n° 1, 1984.

DAWSON P.-J. (1988), Labour on the family farm : a theory under uncertainty. *Agricultural Economics*, vol 1, p. 365-380.

DEATON A. (1986), Demand Analysis. In Handbook of econometrics, vol. III, ed. Griliches Z. and Intriligator M.-D., Amsterdam : North-Holland.

DEBREU G. (1959), Theory of value. New-York, Wiley.

DEBREU G. (1972), Smooth Preferences. *Econometrica*, vol. 40, n° 4, p. 603-616.

DEBREU G. (1984), Théorie de la valeur. Paris, Dunod, 2è édition, 174 p.

DENNY M., FUSS M.-A., 1977, The use of approximation analysis to test for separability and the existence of consistent aggregates. *American Economic Review*, vol. 67, p. 404-418.

DIWERT W.-E. (1969), Canadian labor markets : a neo-classical econometric approach "Project for the Evaluation and Optimization of Economic Growth, Institute of International Studies Technical, Report n° 20, Berkeley, CA : University of California.

DIWERT W.-E. (1971), An application of the shephard duality theorem : a generalized Leontief production function. *Journal of Political Economy*, vol. 79, p. 481-507.

- DIEWERT W.-E. (1973), Functional forms for profit and transformation functions. *Journal of Economic Theory*, vol. 6, p. 284-316.
- DIEWERT W.-E. (1974), Applications of duality theory in Intriligator and Kendrick, eds. : *Frontiers of quantitative Economics*, North-Holland, vol. II, p. 106-206.
- DIEWERT W.-E. (1981), Generalized concavity and economics. In *Generalized concavity in optimization and economics* (S. Schaible et W. Ziemba, Eds.), *Academic Press*, New-York, 1981.
- DIEWERT W.-E. (1982); *Duality approaches to microeconomic theory in Arrow, Intriligator, (ed), chapitre 12.*
- DIEWERT W.-E., WALES T.-J. (1986), Semi-flexible Functional Forms, Discussion Paper n° 86-25, University of British Columbia, july 1986, 29 p.
- DIEWERT W.-E., WALES T.-J. (1987), Flexible Functional Forms and Global Curvature Conditions. *Econometrica*, vol. 55, n° 1, p. 43-68.
- DIROU C. (1988), Caractérisation de la technologie agricole céréalière par l'approche duale : étude économétrique sur la base de données individuelles. INRA, Economie Rurale, Rennes, 47 p.
- DORMONT B., SEVESTRE P. (1986), Modèles dynamiques de demande de travail : spécification et estimation sur données de panel. *Revue Economique*, n° 3, mai 1986.
- DORMONT B. (1987), Introduction à l'économétrie des données de panel. Direction de la Prévision, document de travail, n° 50, 175 p.
- FARE R., PRIMONT D. (1986), On differentiability of cost functions. *Journal of Economic Theory*, vol. 38, p. 233-237.
- FØRSUND F.-R., LOVELL C.-A., SCHMIDT P. (1980), A survey of frontier production functions and of their relationship to efficiency measurement. *Journal of Econometrics*, vol. 13, p. 5-25.
- FUSS M., Mc FADDEN D. (1978). *Production economics : a dual approach to theory and applications*. North Holland Publishing Company, 2 vol. 482 p. + 338 p..
- FUSS M.-A., Mc FADDEN D., MUNDLAK Y. (1978), A survey of functional forms in the economic analysis of production. In Fuss, Mac Fadden (ed.), p. 219-268.
- GOURIEROUX C. (1984), *Econométrie des variables qualitatives*. *Economica*, Paris, 356 p.

- GRUNFELD Y. (1963), *Measurement in Economics : Studies in mathematical economics and Econometrics in Memory of Yehuda Grunfeld*. Stanford University Press.
- GUESNERIE R. (1980), *Modèles de l'économie publique*. CNRS.
- GUYOMARD H., VERMERSCH D. (1987), *La fonction de coût restreint : caractérisation duale du déséquilibre factoriel*. Document de travail, 26 p. INRA, Rennes.
- GUYOMARD H. (1988), *Investissement et choix techniques du secteur agricole français. Etude économétrique*. Thèse, Université de Rennes I, 429 p.
- GUYOMARD H., VERMERSCH D. (1988), *Inferring theoretical possible equilibriums from a restricted cost function: application to the french cereal sector*. Document de travail, 26 p. INRA, Rennes.
- HALL R.-E. (1973), *The specification of technology with several kinds of outputs*. *Journal of Political Economy*, vol. 81, p. 878-892.
- HALVORSEN R., SMITH T.-R. (1986), *Substitution possibilities for unpriced natural resources : restricted cost functions for the canadian metal mining industry*. *Review of Economics and Statistics*, vol. 68, n°2, p. 181-200.
- HANOCH G. (1975), *The elasticity of scale and the shape of average costs*. *American Economic Review*, vol. 65, p. 492-497.
- HAZILLA M. KOPP R.-J. (1986), *Testing for functional structure*. *Journal of Econometrics*, vol. 33, n° 1-2, p. 119-141.
- HEADY E.-O., DILLON J.-L. (1961), *Agricultural Production Functions*. Iowa State University Press, 667 p.
- HECKMAN J. (1974), *Shadow prices, market wages and labor supply*. *Econometrica*, vol. 42, p. 679-694.
- HIGGINS J. (1986), *Input demand and output supply on Irish farms. A micro-economic approach*. *European Review of Agricultural Economics*, vol. 13, p. 477-493..
- HOTELLING H. (1932), *Edgeworth's taxation paradox and the nature of demand and supply functions*. *Journal of Political Economy*, vol. 40, n° 5, p. 577-616.
- HUY B., ELTERICH J.-G., GEMPESAW C.-M. (1987), *Policy impacts on the production structure of dairy farms in the 1980s - an interregional comparison*. Vth European Conference of Agricultural Economists in Hungary, september 1987, 12 p.

- JORGENSON D.-W., LAU L.-J. (1974), Duality and differentiability in Production. *Journal of Economic Theory*, vol. 9, p. 23-42.
- JORGENSON D.-W., FRAUMENI B.-M. (1981), Relative Prices and Technical Change. Ch. 2 : in *Modeling and Measuring Natural Resource Substitution*, E.-R. Berndt and B.-C. Field, eds, The MIT Press, Cambridge, p. 17-47.
- KNUTSON R.-D., PENN J.-B., BOEHM W.-T. (1983), *Agricultural and Food Policy*. Englewood Cliffs, N.J. : Prentice-Hall, Inc.
- KOHLI U. (1983), Non-joint technologies. *Review of Economic Studies*, p. 209-219.
- KULATILAKA N. (1985), Tests on the validity of static equilibrium models. *Journal of Econometrics*, vol. 28, p. 253-268.
- LAFFONT J.-J. (1985), *Cours de théorie microécononique*, vol. II, Economie de l'incertain et de l'information. Paris, *Economica*, 201 p.
- LAROUSSE AGRICOLE, Paris, Larousse, 1207 p.
- LAU L.-J., YOTOPOULOS P.-A. (1971), A test for relative efficiency and an application to Indian Agriculture. *American Economic Review*, vol. 61, n° 1, p. 94-109.
- LAU L.-J. (1974), Comments on Applications of Duality Theory. In *Frontiers of quantitative economics*, vol. II, ed. by M. D. Intriligator and D. A. Kendrick, Amsterdam, North-Holland.
- LAU L.-J. (1976), A characterization of the normalized restricted profit function". *Journal of Economic Theory*, vol. 12, n°1, p. 131-163.
- LAU L.-J. (1978), Testing and Imposing Monotonicity, Convexity and Quasi convexity Constraints. In *Production Economics : A dual approach to theory and applications*, vol. 1, ed. by M. Fuss and D. Mc Fadden, Amsterdam : North-Holland, p. 409-453.
- LAU L.-J. (1986), Functional forms in econometric model building. In *Handbook of Econometrics*, vol. 3, Ed. Griliches Z. and Intriligator M.-D. Amsterdam : North-Holland, p. 1515-1567.
- LEONTIEF W.-W. (1947), Introduction to a theory of the internal structure of functional relationships. *Econometrica*, vol. 15, p. 361-373.
- LOPEZ R.-E. (1980), Economic behavior of self-employed Farm Producers. Ph. D. thesis, University of British Columbia, 1980.

- LOVELL C.-A., SCHMIDT P. (1979), Estimating technical and allocative inefficiency relative to stochastic production and cost frontiers. *Journal of Econometrics*, vol. 9, n° 3, p. 343-366.
- Mc DONALD J., MOFFITT R.-A. (1980), The uses of Tobit Analysis. *Review of Economics and Statistics*, vol. 62, p. 318-321.
- Mc ELROY M.-B. (1986), General Error Models for stochastic Production Frontiers with Both Technical and Allocative Errors. Durham, N.C. Duke University, 1986.
- Mc ELROY M.-B. (1987), Additive General Error Models for Production, Cost and derived. Demand or share systems. *Journal of Political Economy*, vol. 95, n° 4, p. 737-757.
- Mc FADDEN D.-L. (1978), Cost, revenue and profit functions, in : M. FUSS and D.L. Mc Fadden, (eds.) *Production economics : A dual approach to theory and applications* (North-Holland, Amsterdam) p. 3-109.
- Mc GUIRE T.-W., FARLEY J.-W., LUCAS R.-E., WINSTON R.-L. (1968), Estimation and Inference for linear models in which subsets of the dependent variable are constrained. *Journal of the American Statistical Association*, vol. 63, p. 1201-1213.
- MAHE L., ALBECKER C., LEFEBVRE C. et al. (1983), Une représentation macroéconomique de l'agriculture française : MAALT (projections 1990 et variantes). *Economie Rurale*, n° 157, p. 67-81.
- MAHE L.-P., POUPA J.-C., TROCHET T. (1984), Un protectionnisme plus équilibré : le FEOGA et la réforme de la PAC. *Economie Rurale*, n° 164, p. 17-22.
- MAHE L.-P., RAINELLI P. (1987), Impact des pratiques et des politiques agricoles sur l'environnement. *Cahiers d'Economie et de Sociologie Rurales*, n° 4, p. 9-31.
- MALINVAUD E. (1978), *Méthodes statistiques de l'économétrie*. Dunod, Paris, 3è édition, 846 p.
- MALINVAUD E. (1971), Peut-on mesurer l'évolution du coût d'usage du capital productif ? *Economie et Statistique*, n° 22, avril, p. 5-20.
- MALINVAUD E. (1982), *Leçons de théorie microéconomique*. Paris, Dunod, 4è édition, 385 p.
- MAZODIER P. (1986), *Econométrie I, Notes de cours*. ENSAE.
- MILLERON J.-C. (1987), Editorial pour le n° 50 des documents de travail de la Direction de la Prévision. Direction de la Prévision, document de travail, 87-6

- MUNDLAK Y. (1963), Specification and Estimation of Agricultural Production Functions. *Journal of Farm Economics*, vol. 45, n° 2.
- NAKAJIMA C. (1986), Subjective Equilibrium Theory of the Farm Household. *Development in Agricultural Economics*, 3. Elsevier, Amsterdam, 302 p.
- NELSON F. (1977), Censored regression models with unobserved, stochastic, censoring thresholds. *Journal of Econometrics*, vol. 6, p. 309-327.
- NELSON F., OLSEN L. (1978), Specification and estimation of a simultaneous equation model with limited dependent variables. *International Economic Review*, vol. 19, p. 695-709.
- NERLOVE M. (1963), Returns to scale in Electricity Supply in Y. Grunfeld (1963).
- PANZAR J.-C., WILLIG R.-D. (1977), Economies of scale in multi-output production. *Quarterly Journal of Economics*, vol. 91, p. 481-493.
- PANZAR J.-C., WILLIG R.-D., (1981), Economies of scope. *American Economic Review*, may 1981, vol. 71 (2), p. 268-272.
- PARKS R.-W. (1971), Maximum Likelihood estimation of the linear expenditure system. *Journal of the American Statistical Association*, vol. 66, p. 900-903.
- PENSON J.-B., POPE R.-D., COOK M.-L. (1986), Introduction to Agricultural Economics. Englewood Cliffs, N.J. : Prentice-Hall, Inc.
- POWELL L.-A. (1969), Aitken estimators as a tool in allocating predetermined aggregates. *Journal of the American Statistical Association*, vol. 64, p. 913-922.
- ROELANTS DU VIVIER F. (1987), Agriculture Européenne et environnement : un avenir fertile. *Sang de la terre*, Paris, 302 p.
- ROSETT R., NELSON F. (1975), Estimation of the two limit probit regression model. *Econometrica*, vol. 43, p. 141-146.
- ROY R. (1942), De l'utilité : contribution à la théorie des choix. Paris, Hermann.
- RUTTAN V.-W. (1978), Structural retardation and the modernization of French agriculture : a skeptical view. *Journal of Economic History*, vol. 38, p. 714-728.
- SAIJO T. (1983), Differentiability of the cost function is equivalent to strict quasi concavity of the production function. *Economic Letters*, vol. 12, p. 135-139.

SAKAI Y. (1974), Substitution and expansion effects in production theory : the case of joint production. *Journal of Economic Theory*, vol. 9, p. 255-274.

SAMUELSON P.-A. (1947), *Foundations of Economic Analysis*. Cambridge, MA : Harvard University Press.

SAMUELSON P.-A. (1953-54), Prices of factors and goods in general equilibrium. *Review of Economic Studies*, vol. 21, p. 1-20.

SAMUELSON P.-A. (1965), *Les fondements de l'analyse économique*. Gauthier-Villars, Paris, 525 p.

SCEES-INSEE (1979), *Guide d'utilisation du RICA, 1979*.

SCEES (1987), *L'évolution de l'emploi salarié agricole, août*, 13 p.

SCEES (1988), *Résultats économiques des exploitations agricoles en 1986*.

SCHANKERMAN M., NADIRI M.-J. (1986), A test of static equilibrium models and rates of return to quasi-fixed factors, with an application to the bell system. *Journal of Econometrics*, n°33, p. 97-118.

SCHRAMM R. (1972), Neoclassical investment models and French private manufacturing investment. *American Economic Review*, vol. 62, n°4, p. 553-563.

SEN A.-K. (1966), Peasants and Dualism with or without surplus labor. *Journal of Political Economy*, vol. 74, p. 425-450.

SHEPHARD R.-W. (1953), *Cost and Production Functions*. Princeton, NJ.

SHEPHARD R.-W. (1970), *Theory of cost and production functions*. Princeton University Press, Princeton NJ.

SHUMWAY C.-R., POPE R.-D., NASH E.-K. (1984), Allocatable Fixed Inputs and Jointness in Agricultural Production : Implications for Economic Modeling, vol. 66, n° 1, fev. 84, p. 72-78.

SONO M. (1961), The effect of price changes on the demand and supply of separable goods. *International Economic Review*, vol. 2, p. 239-271.

SPIERER C. (1985), Interfuel substitution and concavity constraints. Paper presented at the 1985 World Congress of the Econometric Society, Cambridge, Mass, august 17-24.

- SQUIRES D. (1987), Long-run profit functions for multiproduct firms. *American Journal of Agricultural Economics*, vol. 69, p. 558-569.
- STIGLER G.-J. (1976), The Xistence of X-Efficiency. *American Economic Review*, vol. 66, p. 213-216.
- TOBIN J. (1958), Estimation of relationships for limited dependent variables. *Econometrica*, vol. 26, p. 24-36.
- TROGNON A. (1978), Modèles de diffusion d'une innovation : l'exemple de la télévision couleurs. *Annales de l'INSEE*, vol. 29, p. 3-62.
- TROGNON A. (1987), Les méthodes du pseudo-maximum de vraisemblance. *Annales d'Economie et de statistique*, n° 8, p. 117-134.
- UZAWA H. (1962), Production functions with constant elasticities of substitution. *Review of Economic Studies*, vol. 89, p. 291-299.
- UZAWA H. (1964), Duality principles in the theory of cost and production. *International Economic Review*, vol. 5, n° 2, p. 216-220.
- VARIAN H.-R. (1984), *Microeconomic analysis* (2e édition) W.-W. Norton et Company, New-York, 348 p.
- WALES T.-J. (1977), On the flexibility of flexible functional forms : an empirical approach. *Journal of Econometrics*, vol. 5, p. 183-193.
- WALES T., WOODLAND A. (1980), Sample selectivity and the estimation of labor supply functions. *International Economic Review*, vol. 21, p. 437-468.
- WOODLAND A.D. (1979), Stochastic specification and the estimation of share equations. *Journal of Econometrics*, vol. 10, p. 361-383.
- ZELLNER A., KMENTA J., DREZE J. (1966), Specification and Estimation of Cobb-Douglas Production Function Models. *Econometrica*, vol. 34, p. 784-795.

TABLE DES MATIERES

Introduction Générale.....	1
CHAPITRE I : Technologie et économie des systèmes céréaliers : une approche descriptive.....	11
Introduction.....	12
Section 1. Caractérisation des producteurs de céréales au travers du rica	15
1.1.1. <i>Présentation rapide du RICA.....</i>	15
1.1.2. <i>Limites des critères de sélection.....</i>	20
1.1.3. <i>Conclusion.....</i>	24
Section 2. Simplification et spécialisation des systèmes de production : le cas des systèmes céréaliers.....	25
1.2.1. <i>Les systèmes de grandes cultures.....</i>	26
1.2.2. <i>Concentration et spécialisation céréalières régionales</i>	29
1.2.3. <i>Conclusion.....</i>	32
Section 3. Economie des exploitations céréalières spécialisées.....	33
1.3.1. <i>Quelques caractéristiques économiques des exploitations céréalières.....</i>	33

1.3.1.1. Mouvements de substitution entre facteurs de production.....	34
1.3.1.2. Effets d'échelle et rendements d'échelle.....	36
1.3.2. Quelques éléments d'analyse des revenus céréaliers..	38
1.3.3. Eléments d'une correspondance entre approche descriptive et approche duale.....	41
Conclusion.....	44

PREMIÈRE PARTIE. APPROCHE DUALE EN THÉORIE DE LA PRODUCTION 46

Introduction : Théorie duale de la production appliquée au secteur agricole.....	47
---	----

CHAPITRE II : Admissibilité de l'approche duale en théorie
de la production..... 55

Introduction.....	56
-------------------	----

Section 1. Notions duales de marchandises ou biens et de prix.....	58
---	----

2.1.1. Marchandises, biens et services.....	58
---	----

2.1.2. Agent producteur, termes de l'échange et système de prix.....	60
---	----

Section 2. Ensemble et fonction de production.....	63
--	----

2.2.1. Définitions et hypothèses.....	63
---------------------------------------	----

2.2.1.1. Hypothèses de régularité.....	65
--	----

2.2.1.2. Hypothèse de monotonie ou de libre-disposition	66
---	----

2.2.1.3. Hypothèses de convexité et rendements d'échelle	66
--	----

2.2.2. Fonctions de production et de transformation.....	73
2.2.2.1. Le cas mono-produit.....	75
2.2.2.2. Généralisation au cas multiproduit.....	78
2.2.3. Conclusion.....	81
Section 3. La fonction de coût duale.....	82
2.3.1. Environnement, correspondance et comportement.....	82
2.3.2. Propriétés de la fonction de coût.....	87
2.3.3. Hypothèse de différentiabilité et lemme de Shephard.	90
2.3.4. Dualité entre comportement économique et technologie	92
2.3.5. Conclusion.....	97
Section 4. Quelques extensions de l'approche duale.....	98
2.4.1. Une caractérisation généralisée de la technologie et du comportement.....	99
2.4.2. Affaiblissement des hypothèses et cohérence du schéma dual.....	103
Section 5. La fonction de coût restreint.....	109
2.5.1. Définition.....	109
2.5.2. Monotonicité et convexité de la fonction de coût restreint.....	111
2.5.3. Conclusion.....	115
Conclusion.....	117
CHAPITRE III : Mesures duales de la technologie et du désé- quilibre.....	119
Introduction.....	120

Section 1. Un retour sur l'hypothèse de différentiabilité..	122
3.1.1. Différentiabilité et unicité de la demande de facteurs.....	124
3.1.2. Caractérisation "technologique" de la différen- tiabilité.....	127
3.1.3. Différentiabilité de la frontière de production et de la fonction de coût.....	129
 Section 2. Mesure duale du déséquilibre factoriel.....	131
3.2.1. Notion de prix dual d'un facteur fixe.....	132
3.2.2. Inférence de nouvelles situations d'équilibre.....	135
3.2.3. Equilibre de long terme et principe de Le Châtelier - Samuelson	137
 Section 3. Les économies d'échelle, mesure duale des rendements d'échelle.....	140
3.3.1. Rendements et économies d'échelle.....	141
3.3.2. Généralisation au cas multiproduit.....	147
3.3.3. Economies d'échelle de court et long terme.....	150
3.3.4. Conclusion.....	154
Conclusion.....	155

DEUXIÈME PARTIE : APPROCHE ÉCONOMÉTRIQUE DES SYSTÈMES

CÉRÉALIERS.....	157
 Introduction : du modèle théorique au modèle économétrique	158

CHAPITRE IV : Modélisation duale de la technologie céréalière : analyse de court terme et détermination des équilibres de long terme.....	170
Introduction.....	171
Section 1. Modèle d'équilibre de court terme.....	174
4.1.1. <i>La fonction de coût restreint duale</i>	174
4.1.2. <i>Le modèle économétrique</i>	177
4.1.2.1. <i>Spécification stochastique</i>	177
4.1.2.2. <i>Un modèle simple de régressions empilées</i>	180
4.1.2.3. <i>Tests d'hypothèses et procédures d'estimation</i>	184
4.1.3. <i>Economies d'échelle et substitutions entre facteurs</i>	188
4.1.3.1. <i>Economies d'échelle</i>	188
4.1.3.2. <i>Elasticités partielles de substitution de Allen et dérivation des élasticités-prix</i>	189
4.1.4. <i>Conclusion</i>	191
Section 2. Résultats d'une analyse de court terme.....	192
4.2.1. <i>Résultats généraux</i>	192
4.2.2. <i>Elasticités-prix de court terme et économies d'échelle</i>	196
4.2.3. <i>Conclusion</i>	200
Section 3. Caractérisation duale du déséquilibre factoriel et inférence du niveau de long terme.....	201
4.3.1. <i>Calcul primal du prix dual</i>	202
4.3.2. <i>Elasticités de long terme et économies d'échelle</i>	204
4.3.3. <i>Caractérisation duale des déséquilibres factoriels et de la technologie adoptée dans une situation de long terme</i>	207
4.3.4. <i>Conclusion</i>	214
Conclusion.....	215

CHAPITRE V. Modélisation TOBIT d'une demande de facteur semi-fixe : allocation du travail dans les exploitations céréalières.....	218
Introduction.....	219
Section 1. Généralités sur le modèle Tobit.....	222
5.1.1. <i>Emploi de salariés et modèle TOBIT</i>	223
5.1.2. <i>L'estimateur du maximum de vraisemblance</i>	227
5.1.3. <i>Généralisation et applications du modèle TOBIT</i>	229
5.1.4. <i>Conclusion</i>	231
Section 2. Modélisation Tobit de la demande de travail dans les exploitations céréalières.....	232
5.2.1. <i>Justification théorique du modèle TOBIT</i>	233
5.2.2. <i>Procédure d'estimation en trois étapes</i>	237
5.2.3. <i>Différenciation des facteurs travail familial et travail salarié</i>	240
5.2.4. <i>Conclusion</i>	241
Section 3. Caractérisation empirique du relâchement de la contrainte de fixité du travail familial.....	243
5.3.1. <i>Ajustement optimal du travail et élasticités-prix</i> ...	243
5.3.2. <i>Un prolongement de l'analyse TOBIT</i>	252
5.3.2.1. <i>Décomposition de l'effet TOBIT</i>	253
5.3.2.2. <i>Généralisation et application</i>	257
Conclusion.....	260

CHAPITRE VI. Mise en évidence de l'intérêt d'une spécialisation céréalière à partir d'une analyse multiproduits-multifacteurs.....	263
Introduction.....	264
Section 1. Intégration de la spécification stochastique dans le modèle de comportement.....	268
6.1.1. Localisation de la spécification stochastique entre la théorie économique et la réalité économique observée.....	268
6.1.2. Econométrie d'une spécification GEM (Mac Elroy, 1987)	270
6.1.2.1. Ecriture du modèle.....	271
6.1.2.2. Interprétation économique, estimation et tests d'hypothèses.....	276
6.1.3. Conclusion.....	278
Section 2. Modèle économétrique Gem associé à une technologie multiproduits.....	280
6.2.1. Spécification d'une fonction de coût translog généralisée multiproduit.....	280
6.2.2. Analyse approximative de la séparabilité de la technologie.....	286
6.2.3. Mesures des économies d'envergure.....	290
6.2.4. Conclusion.....	292
Section 3. Caractérisation d'une spécialisation céréalière au sein d'une technologie agricole multiproduits.....	293
6.3.1. Premiers résultats d'estimation.....	293
6.3.2. Analyse des substitutions entre facteurs.....	295
6.3.3. Economies d'échelle et d'envergure.....	298
6.3.4. Conclusion.....	302
Conclusion.....	304

CHAPITRE VII. Evaluations de différentes politiques économiques dans le cadre d'une approche duale.....	306
Introduction.....	307
Section 1. Analyse de l'efficacité d'une politique de régulation des marchés agricoles par les prix.....	309
7.1.1. <i>Maintien d'inefficacités d'échelle dans le secteur céréalier.....</i>	310
7.1.2. <i>Diversité et emboîtement des hypothèses de comportement.....</i>	315
a. hypothèse de maximisation du profit.....	316
b. hypothèse de minimisation du coût.....	317
c. inefficacités allocatives et techniques.....	318
7.1.3. <i>Nouvelles perspectives de recherche.....</i>	319
Section 2. Restrictions quantitatives au travers d'un gel des terres.....	321
7.2.1. <i>Evaluations microéconomiques du gel des terres.....</i>	322
7.2.2. <i>Autres considérations et perspectives.....</i>	324
Section 3. Agriculture et environnement : évaluations microéconomiques et perspectives.....	326
7.3.1. <i>Relations entre les politiques de contrôle de l'offre et de préservation de l'environnement.....</i>	327
7.3.2. <i>Apport des analyses microéconomiques.....</i>	330
7.3.2.1. Taxation des intrants polluants.....	331
7.3.2.2. Effets d'un gel des terres sur le niveau d'intensification.....	336
7.3.2.3. Conditions d'une nouvelle symbiose entre culture et élevage.....	337
7.3.3. <i>Conclusion.....</i>	341

Conclusion.....	343
CONCLUSION GENERALE.....	345
Annexe : La construction des variables nécessaires à la modélisation.....	351
Bibliographie.....	360
Table des matières.....	371

ATELIER DE REPROGRAPHIE
INRA INAPG Centre de Grignon
78850 THIVERVAL-GRIGNON