



HAL
open science

La combinaison de prévisions multiples en présence d'objectifs multiples

Jean-Pierre Ancot

► **To cite this version:**

Jean-Pierre Ancot. La combinaison de prévisions multiples en présence d'objectifs multiples. [Rapport de recherche] Institut de mathématiques économiques (IME). 1989, 32 p., ref. bib.: 1 p.1/4. hal-01537839

HAL Id: hal-01537839

<https://hal.science/hal-01537839>

Submitted on 13 Jun 2017

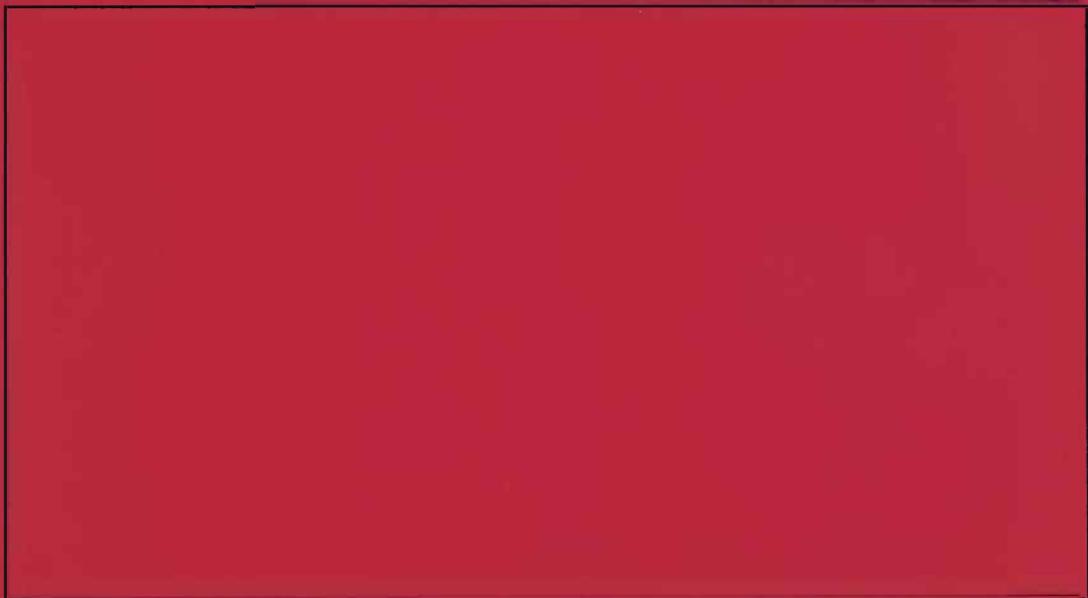
HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

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.

I.M.E.

EQUIPE DE RECHERCHE ASSOCIEE AU C.N.R.S.

DOCUMENT DE TRAVAIL



INSTITUT DE MATHEMATIQUES ECONOMIQUES

UNIVERSITE DE DIJON

FACULTE DE SCIENCE ECONOMIQUE ET DE GESTION

4, BOULEVARD GABRIEL — 21000 DIJON

n° 118

LA COMBINAISON DE PREVISIONS MULTIPLES
EN PRESENCE D'OBJECTIFS MULTIPLES

Jean-Pierre ANCOT

novembre 1989

Communication présentée au XXIème colloque annuel de l'I.M.E.
le 24 novembre 1989

1. INTRODUCTION

L'idée de combiner plusieurs prédicteurs pour générer des prévisions combinées plus fiables semble ne dater que de 1969, date de la publication de l'article de Bates et Granger (1969). Depuis lors on a constaté un foisonnement de publications tant théoriques qu'empiriques dans ce domaine et l'utilité pratique de la combinaison de prévisions individuelles y a été amplement démontrée.

Le point de départ commun à la plupart de ces méthodes est la définition de la prévision combinée, F_t , comme somme pondérée, $\sum_i w_i f_{it}$ des prévisions élémentaires, le problème étant celui de la détermination des valeurs optimales des poids w_i . Le critère d'optimisation adopté est presque toujours celui de la minimisation des erreurs de prévision, le plus souvent mesuré en termes de l'écart quadratique moyen. Si l'on suppose que

$$f_{it} = y_t + \varepsilon_{it} \quad (i = 1, \dots, n; t = 1, \dots, \tau)$$

ou y_t est la valeur réalisée, f_{it} le prédicteur individuel i et ε_{it} son erreur correspondante, et si, de plus, la distribution des erreurs est supposée de moyenne nulle et de variance-covariance Σ , ou démontre aisément que le vecteur des poids optimaux s'écrit

$$w_{opt} = (i' \Sigma^{-1} i')^{-1} \Sigma^{-1} i;$$

le problème se ramène alors à celui de la détermination des éléments de la matrice inconnue Σ .

Cette formulation permet de distinguer essentiellement deux types d'approche dont un grand nombre de variantes ont été développées dans la littérature: l'estimation directe des poids w_i et l'estimation de la matrice de variance-covariance Σ . Des exemples de variantes appartiennent au premier groupe sont: les moindres carrés contraints (la contrainte portant sur la normalisation des poids), les moyennes simples (optimales si les erreurs de prédiction ne sont pas corrélées et de variance égale), les moindres carrés ordinaires avec constante (pour les avantages et désavantages de cette méthode, voir notamment

Granger et Ramanathan (1984), Clemen (1986) et Trenkler et Liski (1986)), la dominance relative de chaque prédicteur individuel (approche bayésienne où la valeur des poids est déterminée par la probabilité que le prédicteur correspondant soit le meilleur prédicteur de l'observation suivante; Bunn (1975)). Des variantes s'adressant à l'estimation directe de la matrice de variance-covariance sont notamment la méthode de covariance (estimation directe de Σ à partir des erreurs; équivalente, en fait, aux moindres carrés contraints), la méthode diagonale (estimation d'une matrice Σ supposée diagonale) avec d'éventuels lissages et/ou pondérations (plus fortes d'observations plus récentes), divers types d'approches par moindres carrés pondérés (Diebold et Pauly (1987)), des méthodes non paramétriques (à partir d'évaluations de probabilités d'erreurs compensatoires et de supériorité d'un prédicteur par rapport à un autre; voir Kodde, Rijpkema et Schreuder (1988)), des méthodes basées sur d'autres simplifications de la structure de variance-covariance (par exemple, la méthode d'indice simple de Figlewski (1983), décomposant les erreurs en une composante systématique et une composante spécifique).

Il est remarquable de constater que malgré le volume considérable de recherches quantitatives consacrées au problème de la combinaison de prévisions, la quasi-totalité de ces travaux s'est concentrée sur la prise en compte d'un seul objectif: la minimisation de la variance résiduelle de prévision. De plus, la plus grande partie de cette recherche a été concernée surtout par les propriétés statistiques des prévisions combinées plutôt que par l'utilité et l'attrait potentiel de telles approches du point de vue de l'utilisateur.

Or, un grand nombre de décisions, tant au niveau de l'entreprise privée qu'à celui des décisions dans le secteur public, est basé sur la prévision de valeurs futures de variables stratégiques (prix de matières premières, taux de change, taux d'intérêt, etc.). Dans la plupart de ces situations, divers générateurs de prévisions sont, en effet, utilisés (modèles économétriques, analyses de séries chronologiques, avis d'experts, etc.), mais leur performance est généralement évaluée par rapport à un objectif unique. Bien souvent,

la prévision qui s'avère être la meilleure par rapport à l'objectif choisi est ensuite sélectionnée, les autres étant ignorées par la suite. La sélection d'une seule prévision à partir d'un seul objectif correspond au rejet d'information souvent précieuse implicite dans les prévisions alternatives. Ainsi qu'on l'a indiqué la littérature tant théorique qu'empirique illustre le bénéfice que l'on peut tirer de la combinaison de prédicteurs alternatifs.

Reste la limitation de l'objectif unique - en général la minimisation de la variance résiduelle des prévisions - qui aurait valeur universelle pour toutes situations. En pratique, cependant, bien souvent d'autres objectifs peuvent s'ajouter à ce critère de fiabilité statistique. Un décideur peut, par exemple, avoir une préférence pour une fiabilité à court terme plutôt qu'à long terme ou pour une surestimation des valeurs futures de la variable stratégique plutôt qu'une sous-estimation de celle-ci (minimisation du risque). Ces critères ou objectifs multiples ne seront bien souvent pas mutuellement compatibles et partiellement conflictuels. Il est assez étonnant de constater que cette nature multi-objective du problème n'a pas été envisagée dans la littérature spécialisée¹⁾.

Cet article présente un cadre de support à la prévision intégrant les deux dimensions du problème pratique: celle des prédicteurs multiples avec celle des critères ou objectifs multiples. La section 2 présente, de manière schématique le système d'aide à la prévision, dont un premier prototype est en voie de développement au sein de la Division Systèmes d'Information Economique de l'Institut Néerlandais de Recherches Economiques. A la section 3 on présentera, pour quelques séries chronologiques analysées ailleurs dans la littérature, les avantages potentiels d'une approche multicritère du problème de la prévision. Enfin les conclusions de l'exercice seront formulées à la section 4, la section 5 reprenant un échantillon de références bibliographiques.

1) Une exception est Reeves et Lawrence (1982); la méthode de programmation linéaire à objectifs multiples qui est préconisée par les auteurs est cependant limitative du fait qu'elle ne permet pas l'intégration d'information qualitative ni une interaction souple et flexible entre le système et l'utilisateur.

2. UN SYSTEME D'AIDE A LA PREVISION

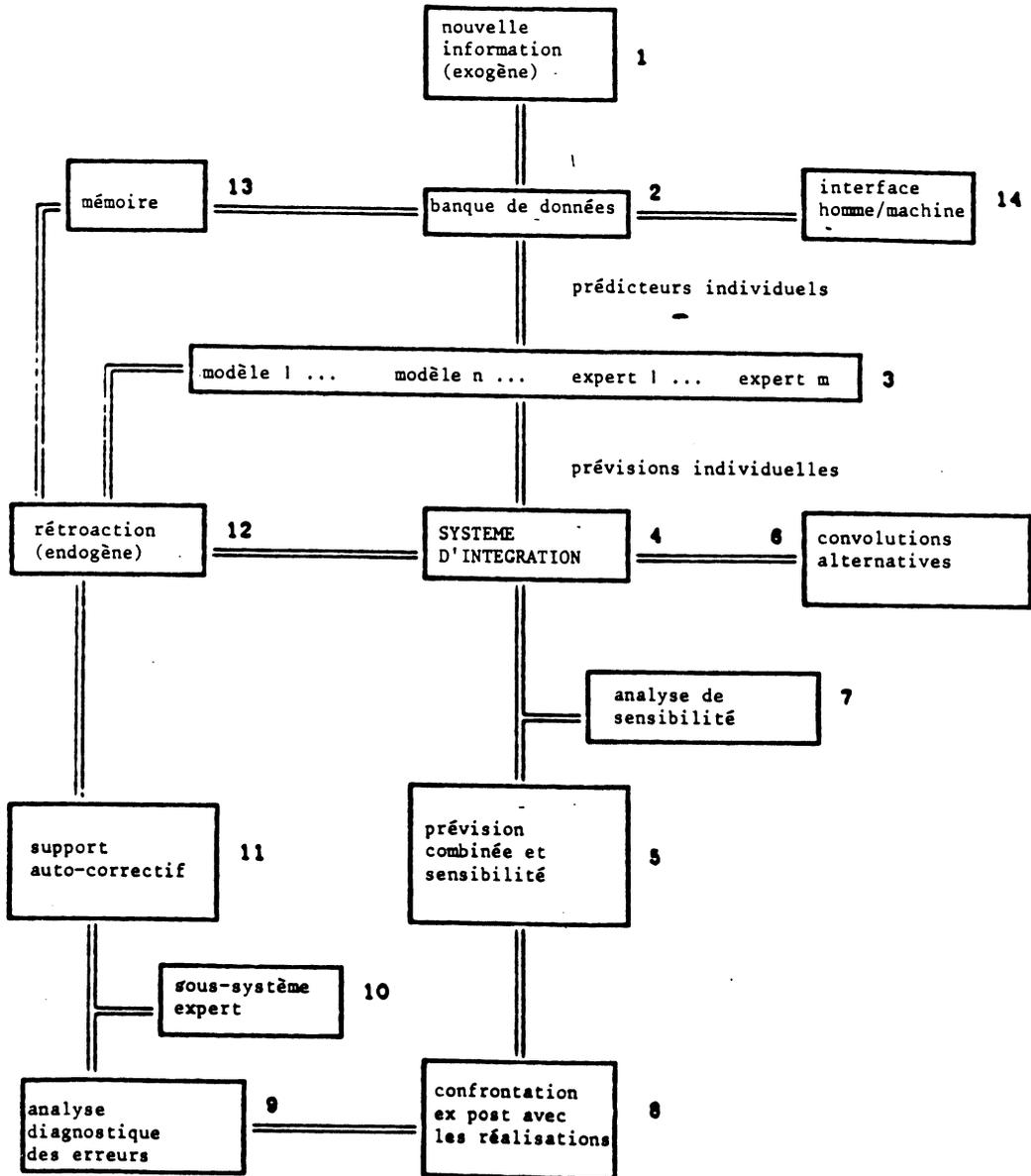
L'objectif final du projet mentionné à la fin de la section précédente est la conception et l'opérationnalisation d'un système d'aide à la prévision, c'est-à-dire d'un système intégré et automatisé pouvant servir de support au processus de génération de prévisions aussi fiables que possible de variables économiques, utilisant une variété de sources d'information et une variété de techniques de prévision.

Le diagramme 1 présente, en style schématique, l'architecture du système. Dans un système opérationnel l'impulsion viendra, en général d'une nouvelle information rendue disponible à un moment donné (bloc 1). Cette information est enregistrée dans la banque de données (bloc 2), où d'ailleurs une éventuelle prévision est remplacée par une réalisation. Ensuite cette nouvelle information est utilisée pour générer un ensemble de nouvelles prévisions au moyen d'une variété d'instruments (bloc 3). Suit le processus d'intégration de ces diverses prévisions (bloc 4 et 5). La prévision globale est ensuite soumise à une analyse de sensibilité par rapport aux modalités de combinaisons alternatives des prévisions individuelles (blocs 6 et 7).

Lors de l'établissement de prévisions le cycle de vérification, analyse diagnostique, corrections et rétroaction est parcouru de façon itérative (blocs 8 à 12): ceci implique que les nouvelles prévisions sont comparées aux prévisions précédentes et aux réalisations récentes. Les écarts sont analysés (par exemple, identification de points de rupture) et éventuellement corrigés (rôle du sous-système expert; bloc 10). Le diagramme montre que le mécanisme de rétroaction influence non seulement les prévisions, mais également le système d'intégration lui-même et les diverses sources à partir desquelles les prévisions sont générées (modèles, experts).

Lorsque des prévisions satisfaisantes sont obtenues, celles-ci sont enregistrées dans la banque de données (fonction "mémoire"; bloc 13) et sont ainsi rendues disponibles pour l'utilisateur final (bloc 14).

DIAGRAMME 1. L'ARCHITECTURE DU SYSTEME D'AIDE A LA PREVISION



L'architecture brièvement esquissée ci-dessus montre que le système a une structure modulaire découlant des diverses fonctions principales qu'il s'agit d'intégrer dans le système total et qui sont les suivantes:

- (i) banque de données: enregistrement de données historiques formant la base de l'information objective nécessaire à la génération de prévisions (estimation de modèles, valeurs futures des variables exogènes dans ces modèles, etc.); également enregistrement de prévisions et autres informations générées de façon "endogène" par le fonctionnement du système;
- (ii) boîte à outils économétrique: support de la préparation de prévisions alternatives au moyen de divers instruments, de l'analyse statistique de données dans le cadre de la mise en oeuvre d'autres fonctions du système;
- (iii) intégration: combinaison des prévisions alternatives pour générer une prévision globale au moyen d'un instrument de convolution et analyse de sensibilité;
- (iv) diagnostic: analyse des erreurs de prévision, mécanisme de correction des prévisions à partir de "connaissances" enregistrées dans un sous-système expert et bouclage au moyen d'un mécanisme de rétroaction vers la fonction d'intégration.

A ces quatre fonctions principales correspondent autant de modules principaux qu'il convient de distinguer non seulement en raison de la fonction spécifique qu'ils remplissent dans le système, mais également en raison de leurs caractéristiques techniques propres dans l'architecture totale du système (langage, interface homme-machine, contenu spécifique, relation avec le domaine d'application). Certains de ces modules principaux sont à leur tour composés d'un certain nombre de sous-modules, qui exercent, au sein du module principal, des fonctions particulières; ainsi, par exemple, distingue-t-on à l'intérieur du module qui exerce la fonction de diagnostic du système, un module d'analyse des erreurs de prévision, un sous-système expert inspirant, à partir de ces analyses, des corrections possibles des prévisions, un mécanisme de rétroaction permettant d'implémenter ces corrections par une bouclage vers la

module principal d'intégration et un sous-module exerçant la fonction "mémoire" et prenant en charge l'enregistrement dans la banque des données des connaissances acquises au moyen d'un bouclage vers le module principal correspondant.

Il est important de distinguer explicitement les éléments permanents des éléments incidents du système; cette distinction est analogue à la distinction entre l'enveloppe et la base de connaissance d'un système expert. Des éléments permanents du système d'aide à la prévision sont notamment la structure de la banque de données, le système d'intégration (mécanisme de combinaison, procédures d'analyse de sensibilité), la fonction de diagnostic (analyse diagnostique, structure du sous-système expert destiné à guider les corrections des prévisions provisoires), la fonction "mémoire", l'interface homme-machine, divers mécanismes de bouclage reliant les (sous-)modules, etc. Les éléments incidents ont surtout trait au contenu du système lors d'une application spécifique dans un environnement prévisionnel concret; ces éléments spécifiques sont, par exemple, les macro-données, les instruments de prévisions individuelles (le bloc 3 dans le diagramme 1), les critères se trouvant à la base du mécanisme combinatoire du système d'intégration.

L'objectif explicite du projet est le développement des éléments permanents du système d'aide à la prévision; cela implique cependant également le développement des mécanismes de couplages des éléments permanents aux éléments spécifiques et la détermination de procédures pour le "remplissage" de ces éléments spécifiques dans une situation concrète. Dans le cadre du projet ces problèmes sont traités par référence à des applications potentielles concrètes grâce à un accord de collaboration avec un certain nombre de partenaires des secteurs privé et public.

3. ILLUSTRATION

Afin d'illustrer l'approche proposée et de comparer ses performances par rapport à d'autres méthodes de combinaison de prédicteurs, quatre séries ont été empruntées à deux articles: Bessler et Brandt (1981) et Binroth et al. (1979).

Le premier de ces articles considère la combinaison des prévisions faites par un groupe d'experts²⁾ avec des approches par modélisation; les variables concernées sont les prix trimestriels du porc, du bétail et de la volaille aux Etats Unis et l'exercice concerne la période 1976.1 à 1979.2³⁾.

Pour chacune des séries deux types de modèles complètent les avis d'experts: un modèle économétrique dans lequel les variables explicatives sont, d'une part, le revenu disponible (variable demande) et, d'autre part, un ensemble de facteurs agricoles, décalés dans le temps, caractérisant la situation de l'offre et un modèle de type ARIMA. Les séries observées et les prévisions (ex ante, trimestrielles) obtenues par chacune des trois approches sont représentées respectivement aux figures 1, 2 et 3. Les auteurs étudient ensuite l'amélioration des prévisions par la combinaison de celles-ci au moyen de trois méthodes: moyenne simple, variance minimale et erreur quadratique moyenne minimale avec pondération supérieure des erreurs plus récentes.

- 2) Cette recherche a été effectuée au département d'économie agricole de l'université Purdue, où à l'époque un comité d'experts préparait à intervalles réguliers des prévisions à court terme des variables considérées; ces exercices de prévision connaissaient une large audience et crédibilité dans le monde agricole de l'état d'Indiana.
- 3) Pour la volaille la prévision d'expert en 1976.1 n'est pas disponible, de sorte que cette série est réduite à 13 observations.

Figure 1

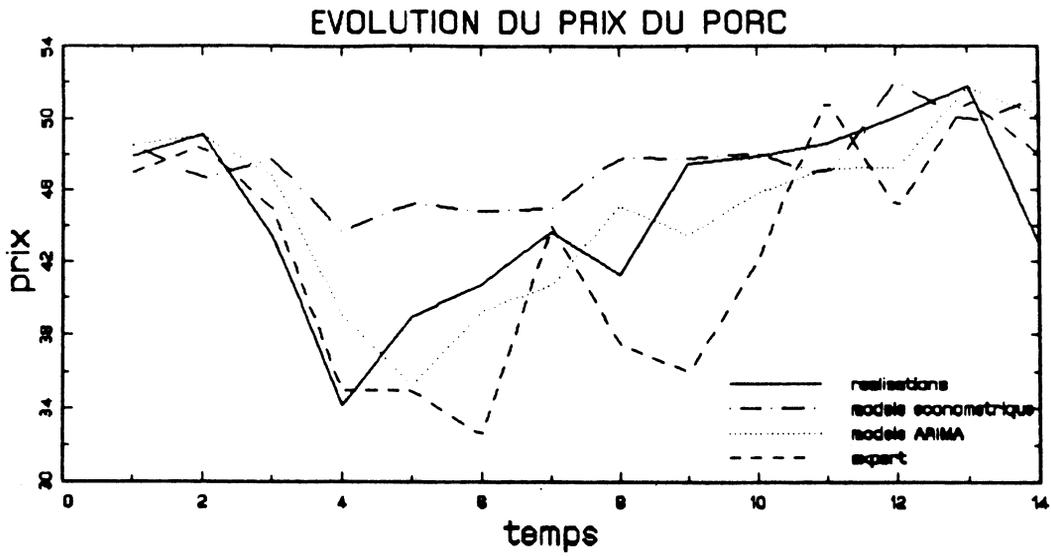


Figure 2

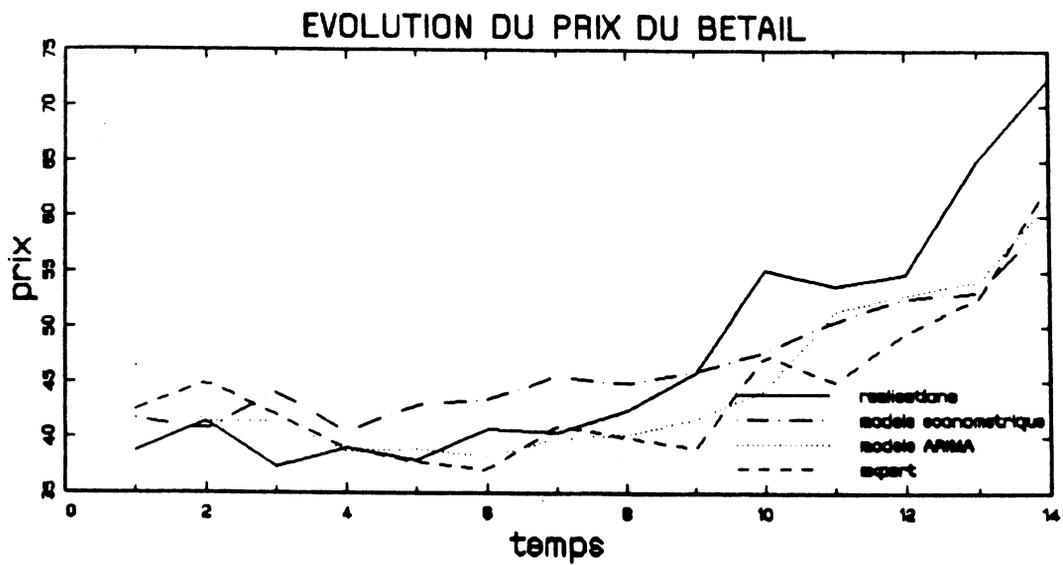
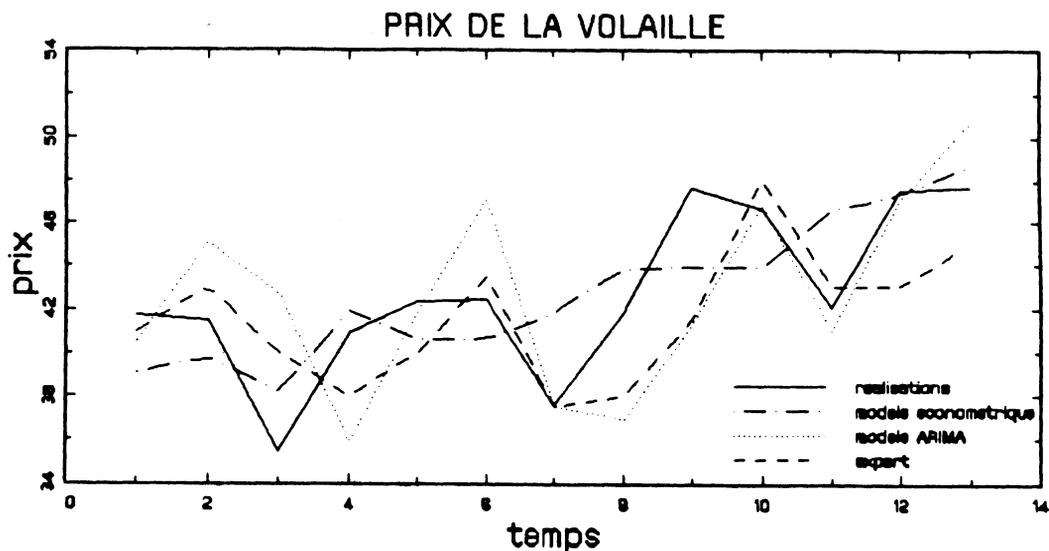


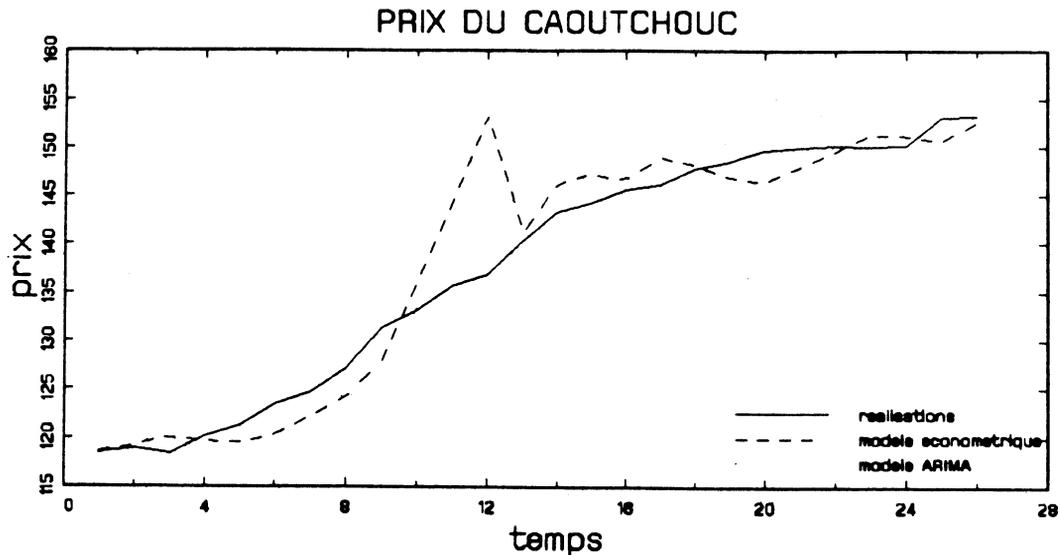
Figure 3



A partir du critère de l'erreur quadratique moyenne, les auteurs constatent que toutes les prévisions combinées dominant, du point de vue de leur performance, considérablement les prévisions individuelles et que l'erreur quadratique moyenne de la prévision combinée peut être inférieure à celle de la meilleure prévision individuelle.

Le second article mentionné concerne la prévision de l'indice mensuel du prix de gros de produits de caoutchouc aux Etats Unis; la période étudiée correspond à 26 observations mensuelles de juillet 1973 à août 1975. Dans leur article les auteurs comparent quatre méthodes de prévision - un modèle de régression multiple comprenant les valeurs décalées des prix du pétrole, du caoutchouc, des pneus et des tuyaux, un modèle ARIMA, un modèle de minimisation de l'erreur relative et un modèle de régression dynamique. Ils ne combinent pas ces différentes approches et leur analyse porte sur les mérites relatifs de chacune des méthodes individuelles. Pour des raisons évoquées ci-dessous, seules les deux premières méthodes seront retenues par la suite; les séries observées et les prévisions obtenues au moyen de ces deux méthodes sont représentées à la figure 4.

Figure 4



La sélection de ces séries particulières est essentiellement motivée par le souci de pouvoir comparer la performance de l'approche proposée à celle d'autres méthodes de combinaison de prédicteurs. Une telle comparaison est possible pour les séries envisagées par référence à Peer (1988), où l'auteur utilise ces séries pour étudier cinq des principales méthodes de combinaison énumérées dans l'introduction: la moyenne simple, l'estimation de la matrice de variance-covariance diagonalisée, la méthode de la dominance relative de Bunn, la méthode non paramétrique de Kodde et al., la méthode des moindres carrés ordinaires et la méthode des moindres carrés contraints⁴⁾.

La méthode d'analyse multicritère utilisée dans l'exercice qui suit est la méthode QUALIFLEX (Ancot et Paelinck (1982) et Ancot

4) L'auteur étudie notamment la stabilité des poids lorsque l'on ré-estime ceux-ci de période en période: il est intéressant de noter que, pour la plupart des méthodes ces poids présentent des fluctuations considérables sur la période considérée - somme toute, assez courte.

(1988))⁵⁾. Cette méthode a été particulièrement conçue et développée pour traiter des problèmes de type multicritère à information mixte, c'est-à-dire pour lesquels les alternatives peuvent être évaluées par rapport aux critères tantôt de manière quantitative ou cardinale, tantôt de manière qualitative ou ordinale. De plus, son implémentation a été faite à partir du point de vue d'une révélation seulement ordinale des préférences (il n'est pas demandé à l'utilisateur d'associer nécessairement des poids numériques à la caractérisation de l'importance relative de chacun des critères, mais seulement d'ordonner ces derniers par ordre d'importance; il est évident, que si davantage d'information est disponible, celle-ci sera utilisée).

Telle est probablement, en général, la situation dans le cas de l'application de l'approche multicritère au problème de la génération de prévisions combinées. Ainsi, par exemple, si la performance des "modèles" individuels par rapport à leur "fiabilité générale" est mesurable de manière quantitative (en termes notamment de l'erreur quadratique moyenne), on peut imaginer aisément que la performance de ces modèles par rapport à d'autres critères, tel que le risque d'erreurs exceptionnelles pouvant entraîner des conséquences financiers désastreuses, ne peut se faire, bien souvent, que de façon ordinale. De même, l'importance relative que l'utilisateur de l'approche désire associer à chaque critère particulier dans le cadre de l'analyse sera sans doute, en général, de l'ordre des préférences ordinales.

Pour l'application qui suit on a imaginé que la performance des "modèles" individuels est appréciée par rapport à trois critères, tous trois évaluables de manière quantitative; il s'agit du biais d'estimation (supposant que l'utilisateur imaginaire - un acheteur - ait une préférence pour une surestimation plutôt que pour une sous-estimation du prix futur) évalué par l'erreur moyenne de prévision; de la précision générale des prévisions évaluée par l'inverse de l'erreur quadratique moyenne mesurée sur la période totale et de la précision à court terme des prévisions évaluée par

5) La méthode QUALIFLEX est formellement présentée en annexe.

l'inverse de l'erreur quadratique moyenne à court terme⁶⁾ (supposant qu'une bonne prévision à court terme est plus importante qu'une bonne prévision à long terme),

A partir d'une analyse simple des séries sous-jacentes aux figures 1 à 4, on obtient ainsi les "matrices d'évaluation" pour chacune de celles-ci; ces matrices sont reproduites aux tableaux 1 à 4.

Tableau 1. Matrice d'évaluation des prédicteurs élémentaires (porc)

critère	méthode	modèle économétrique	modèle ARIMA	expert
biais		2,62	0,09	-2,19
EQM*		0,048	0,091	0,043
court terme		0,035	0,112	0,980

* Erreur quadratique moyenne

Tableau 2. Matrice d'évaluation des prédicteurs primaires (bétail)

critère	méthode	modèle économétrique	modèle ARIMA	expert
biais		-0,81	-2,43	-3,15
EQM		0,028	0,029	0,027
court terme		0,068	0,052	0,081

Tableau 3. Matrice d'évaluation des prédicteurs primaires (volaille)

critère	méthode	modèle économétrique	modèle ARIMA	expert
biais		0,08	-0,06	-1,06
EQM		0,147	0,069	0,107
court terme		0,216	0,044	0,125

 6) 4 trimestre pour les prix du porc, du bétail et de la volaille,
 6 mois pour le prix des produits de caoutchouc.

Tableau 4. Matrice d'évaluation des prédicteurs élémentaires (caoutchouc)

méthode	modèle	modèle
critère	économétrique	ARIMA
biais	0,68	0,14
EQM	0,058	0,085
court terme	0,364	0,174

La lecture de ces tableaux appelle quelques brefs commentaires. Pour le prix du porc il y a une concurrence évidente entre les prédicteurs suivant le critère privilégié: si on préfère un biais positif on choisira le modèle économétrique, si on préfère le critère statistique général on choisira le modèle ARIMA, si on préfère le court terme on suivra l'expert. Le cas du prix du bétail est nettement moins clair: les deux derniers critères ne différencient que faiblement les prédicteurs élémentaires; de plus, ceux-ci ont tous une tendance à sous-estimer les valeurs futures. Les prévisions du prix de la volaille sont dominées par le modèle économétrique qui "score" mieux que les deux autres prédicteurs élémentaires par rapport à chacun des trois critères. Enfin le prix des produits de caoutchouc est un cas mixte: si le modèle ARIMA est préférable du point de vue de la précision statistique générale, le modèle économétrique est préférable du point de vue de chacun des deux autres critères.

Etant donné ces situations de départ, l'exercice a été poursuivi de la manière suivante:

- 1) pour chaque série, les six ordonnancements possibles des trois critères ont été considérés;

ii) pour chacun de ces cas on s'est limité à un système de préférence "neutre"⁷⁾.

Ainsi qu'il est brièvement expliqué en annexe la méthode multicritère QUALIFLEX ne détermine pas seulement, pour un système de poids des critères, un ordonnancement optimal des alternatives comparées, mais également des "distances" relatives séparant ces alternatives dans cette relation d'ordre sur une échelle numérique (par exemple, de 100 pour la "meilleure" alternative à 0 pour la "pire" alternative). Ces distances relatives, à une normalisation près, définissent directement les poids à utiliser pour la génération des prévisions combinées. En pratique, dans le cadre de l'exercice présenté, les 100 systèmes de poids des critères, générés dans chaque cas (voir note 7), se traduisent ainsi par le biais de la méthode multicritère en 100 systèmes de poids pour combiner les prédicteurs élémentaires. Afin d'obtenir une pondération "moyenne" reflétant les préférences (ordinales) exprimées au niveau de critères, on a utilisé le système de poids moyen par rapport à l'ensemble des 100 systèmes de poids résultant des exercices multicritères.

A partir de la comparaison des prévisions combinées ainsi obtenues avec les réalisations, on a calculé, au moyen des mêmes mesures que celles utilisées pour l'établissement des tableaux 1 à 4, la performance de chaque cas par rapport à chacun des trois critères: ces résultats sont reproduits aux tableaux 5 à 8.

7) C'est-à-dire que pour chaque cas 100 systèmes de poids des critères ont été générés par tirage à partir d'une distribution conditionnelle uniforme respectant les priorités ordinales correspondantes des critères. Ainsi, par exemple, un poids associé au critère prépondérant est une valeur définie dans l'intervalle (0,33; 1,00). L'exercice pourrait aisément être rendu plus "pointu", soit par une restriction de l'intervalle admissible (tel que (0,75; 1,00) pour le critère principal), soit par l'utilisation d'une distribution asymétrique rendant le tirage d'un poids relativement élevé plus probable que celui d'un poids relativement faible dans l'intervalle admissible. De telles options ont été incorporées dans Micro-Qualiflex (Ancot, 1988) au moyen d'une distribution lognormale à quatre paramètres pouvant générer toutes sortes d'asymétries.

Tableau 5. Résultats globaux (porc)

type de préférence*	critère		
	biais	EQM	court terme
s > m > c	0,96	10,00	14,23
s > c > m	0,57	9,11	12,50
m > s > c	0,46	9,37	10,87
m > c > s	0,04	9,32	8,37
c > s > m	-0,56	10,54	5,42
c > m > s	-0,60	10,66	5,42

* s: surestimation; m: précision globale; c: précision à court terme
s > m > c: "la surestimation est plus importante que la précision globale, et cette dernière est plus importante que la précision à court terme".

Tableau 6. Résultats globaux (bétail)

type de préférence	critère		
	biais	EQM	court terme
s > m > c	-1,59	31,00	13,75
s > c > m	-1,64	31,77	13,17
m > s > c	-1,87	31,57	14,22
m > c > s	-1,99	31,55	13,82
c > s > m	-2,07	31,86	12,27
c > m > s	-2,14	31,89	12,36

Tableau 7. Résultats globaux (volaille)

type de préférence	critère		
	biais	EQM	court terme
s > m > c	-0,05	5,15	6,36
s > c > m	-0,05	5,12	6,30
m > s > c	-0,20	4,79	4,53
m > c > s	-0,26	4,81	4,14
c > s > m	-0,18	4,79	4,55
c > m > s	-0,25	4,82	4,18

Tableau 8. Résultats globaux (caoutchouc)

type de préférence	critère		
	biais	EQM	court terme
s > m > c	0,53	11,46	3,42
s > c > m	0,60	13,75	3,10
m > s > c	0,33	8,74	4,52
m > c > s	0,34	8,74	4,48
c > s > m	0,60	14,09	3,07
c > m > s	0,51	10,92	3,53

Les résultats pour le prix du porc (tableau 5) montrent, malgré l'application "douce" de l'approche multicritère, clairement l'impact sur la prévision combinée des priorités exprimées. Si ce impact est moins net du point de vue du critère EQM, on constate, par contre, que de ce point de vue le gain généré par la combinaison reste valable lorsque ce critère reçoit une faible priorité: en effet, la performance la plus faible de ce point de vue (10,66) demeure supérieure à la meilleure performance des composantes (variant de 10,93 pour le modèle ARIMA à 23,10 pour l'expert). Les mêmes commentaires peuvent être faits concernant les résultats pour le prix du bétail (tableau 6), bien qu'ici les contrastes soient moins prononcés. Ici aussi tous les cas composés dominant, du point de vue de la précision globale, tous les cas individuel (l'EQM le plus faible est 34,18 pour le modèle ARIMA). L'effet "multicritère" est moins prononcé que dans le cas du prix du porc du fait que, malgré que, comme dans l'autre cas, chaque modèle individuel excelle par rapport à un critère (tableaux 1 et 2), les dominances sont nettement moins fortes. Pour le prix de la volaille, l'effet "multicritère" s'estompe comparé aux deux cas précédents et ceci est probablement dû au fait que dans ce cas le modèle économétrique est universellement supérieur aux deux autres composantes; on retrouve toutefois le progrès très net du point de vue de l'ajustement global (pour les modèles individuels l'EQM varie de 6,81 (modèle économétrique) à 14,50 (modèle ARIMA)).

Les résultats obtenus pour les trois séries précédentes peuvent également être comparés, du point de vue de leur précision globale,

avec les résultats de Bessler et Brandt (1981); cette comparaison est présentée au tableau 9.

Tableau 9. Ecart quadratique moyen de quatre méthodes de prévision combinées

Méthode combinée	Porc	Bétail	Volaille
<u>Bessler et Brandt</u>			
moyenne simple	8,97	32,42	5,97
variance minimale	10,21	31,85	4,83
erreur quadratique moyenne			
minimale pondérée	11,01	30,54	4,74
<u>Multicritère</u>			
meilleure performance	9,11	31,00	4,14
moins bonne performance	10,66	31,89	5,15

Ce tableau montre que les ordres de grandeurs obtenus par l'approche multicritère sont parfaitement comparables à ceux qui correspondent à une méthode "spécialisée"; en d'autres termes, ces résultats montrent que la prise en compte de critères supplémentaires par rapport au critère habituel de l'ajustement statistique optimal n'ampute pas la qualité de la performance du prédicteur combiné par rapport à ce critère classique. Cette conclusion sera encore amplifiée par la suite dans le cadre de la confrontation avec les résultats obtenus par Peer (1988).

Dans le cas du prix des produits de caoutchouc (tableau 8), le modèle économétrique est supérieur au modèle ARIMA pour deux des trois critères, et n'est dominé par le modèle ARIMA que du point de vue de la précision globale des prévisions. Cette remarque explique le caractère "multicritère" moins net des résultats obtenus pour cette série. Lorsque le critère de la précision globale domine, il n'y a pas d'ambiguïté. Dans les autres cas, du fait de la contribution relativement élevée de la prévision générée par le modèle économétrique des améliorations quasi équivalentes sont obtenues tant par rapport au critère "biais" que par rapport au critère "court terme", et ceci quel que soit celui de ces deux critères qui soit préféré.

Enfin, ainsi qu'il a été indiqué plus haut, le choix des séries était justifié par la possibilité de comparaison des résultats obtenus avec ceux de Peer (1988). Les mesures de performances calculées par Peer sont basées sur la dernière partie de la période pour laquelle l'on dispose de données (sept derniers trimestres pour le prix du bétail et de la volaille; treize derniers mois pour le prix des produits de caoutchouc; les analyses pour le prix du porc ne sont pas strictement comparables et leur comparaison ne sera donc pas présentée par la suite). Le tableau 10 présente les résultats de cette comparaison.

Tableau 10. Comparaison de sept méthodes de prévisions combinées

Méthode combinées	Bétail		Volaille		Caoutchouc	
	biais	EQM	biais	EQM	biais	EQM
<u>Peer</u>						
moyenne simple	-6,24	54,80	-0,92	5,91	0,70	3,66
var-covar.diag.	-6,44	56,34	-0,68	6,13	0,85	7,08
perf. dominante	-6,56	57,58	-0,99	6,42	0,40	2,43
non paramétrique	-6,15	54,84	0,02	6,41	-0,07	2,39
MCO	-2,33	38,97	-0,67	7,81	-0,04	10,81
MCC	-6,98	64,13	2,59	24,66	0,88	10,85
moyenne	-5,78	54,44	-0,75	9,56	0,45	6,20
<u>Multicritère</u>						
s > m > c	-5,65	55,17	-0,64	5,55	0,93	5,81
s > c > m	-5,75	55,43	-0,64	5,53	0,88	5,65
m > s > c	-5,88	53,59	-0,65	5,35	0,87	2,37
m > c > s	-6,03	53,95	-0,69	5,42	0,86	2,75
c > s > m	-6,26	55,17	-0,64	5,59	0,26	5,85
c > m > s	-6,33	55,37	-0,69	5,76	0,47	5,40
moyenne	-5,97	54,78	-0,66	5,53	0,71	4,64

La lecture des résultats du tableau 10 appelle les commentaires suivants:

- (i) ainsi qu'il a été constaté par plusieurs auteurs, la performance de la méthode de moyenne simple est remarquable; dans le cas à

deux dimensions on peut vérifier que cette méthode est "optimale" du point de vue du critère unique d'optimisation de la précision globale dès que

$$\sigma_{w_1} > \frac{(1 - r^2)}{2 (r^2 - 2 \rho r + 1)}$$

où σ_{w_1} est l'écart-type du poids estimé, $r = \sigma_{w_1} / \sigma_{w_2}$ et ρ le coefficient de corrélation de la distribution (normale) des erreurs;

- (ii) les résultats des combinaisons multicritères sont, en moyenne, meilleurs que ceux des combinaisons monocritères (sauf, marginalement pour le cas du bétail); dans le cas de la volaille ils sont même uniformément meilleurs (du point de vue du critère EQM); et ceci malgré le caractère relativement "neutre" des matrices d'évaluation de ces séries (faible différenciation des modèles par les critères dans le cas du prix du bétail et du prix des produits de caoutchouc; dominance d'un modèle dans le cas du prix de la volaille): dans des situations plus "tranchés" (comme le cas du prix du porc) le gain de l'approche multicritère sera probablement, en général, supérieur;
- (iii) malgré une relative stabilité des résultats des exercices multicritères (résultant du caractère "neutre" des matrices d'évaluation correspondantes) l'impact de cette approche sur les résultats peut être clairement constatée, même sur des séries très courtes.

Trois exemples de prévisions combinées pour chacune des quatre séries étudiées sont représentés respectivement aux figures 5, 6, 7 et 8.

Figure 5

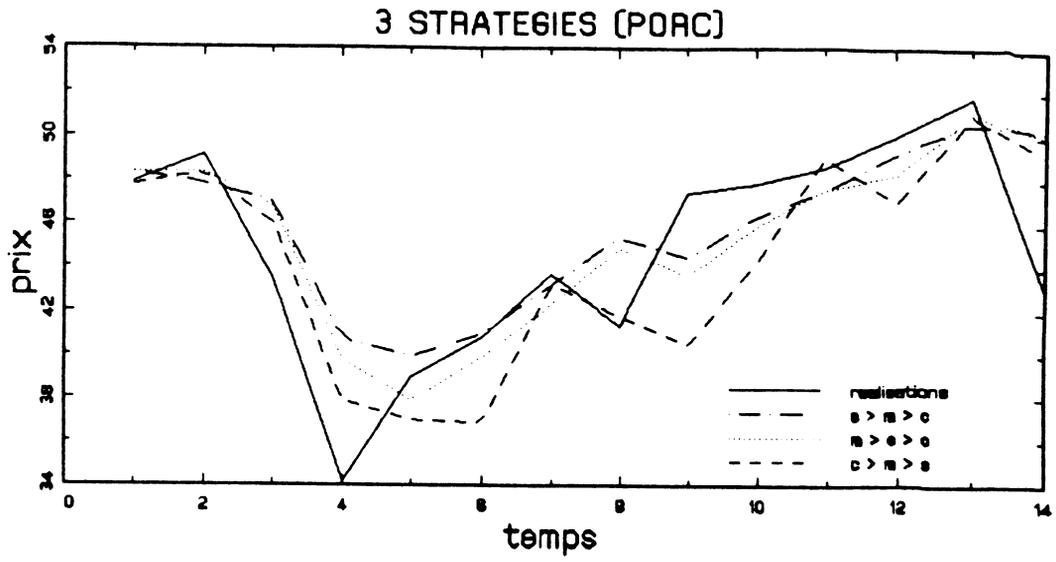


Figure 6

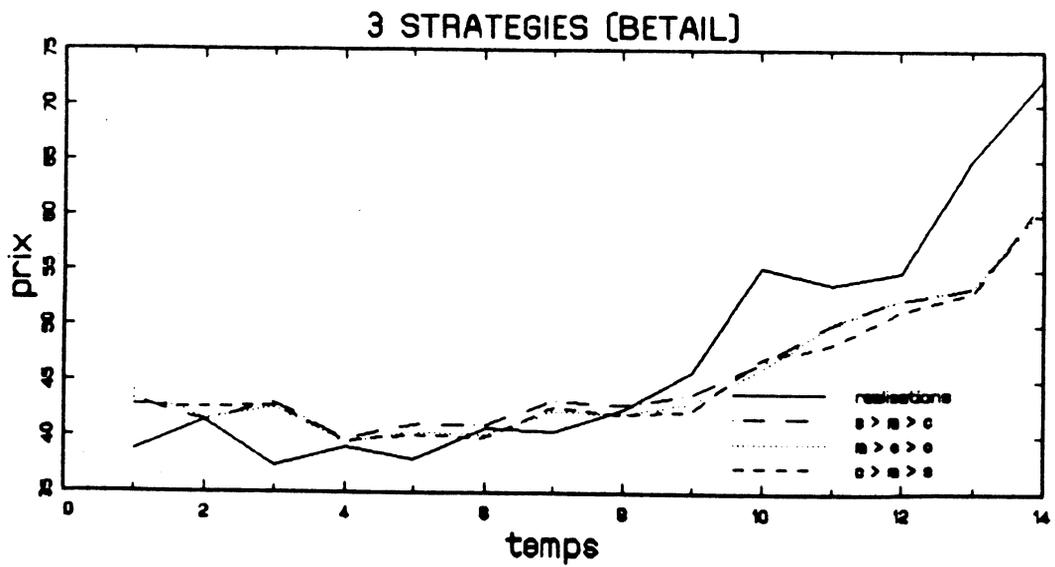


Figure 7

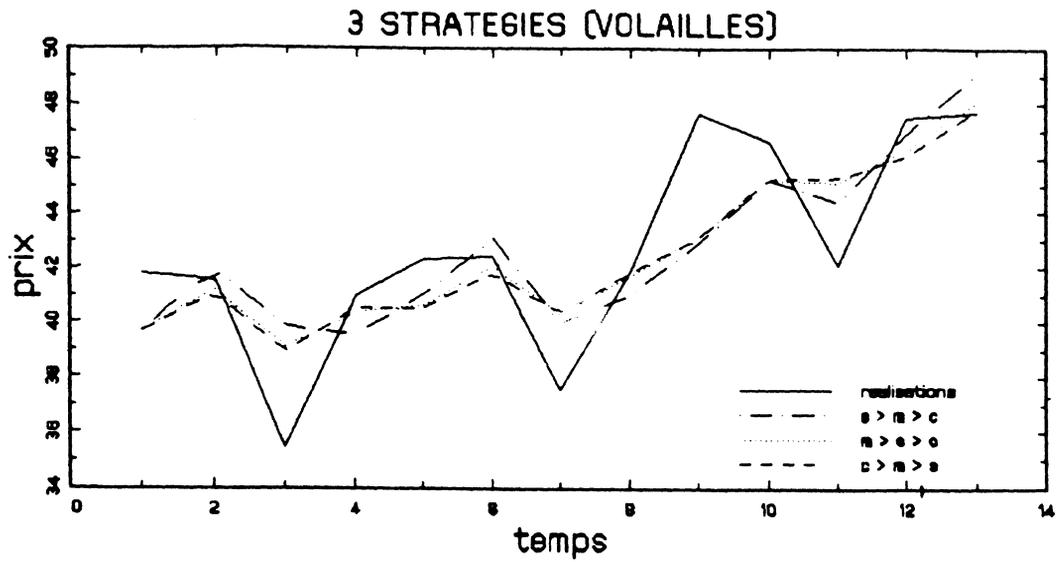
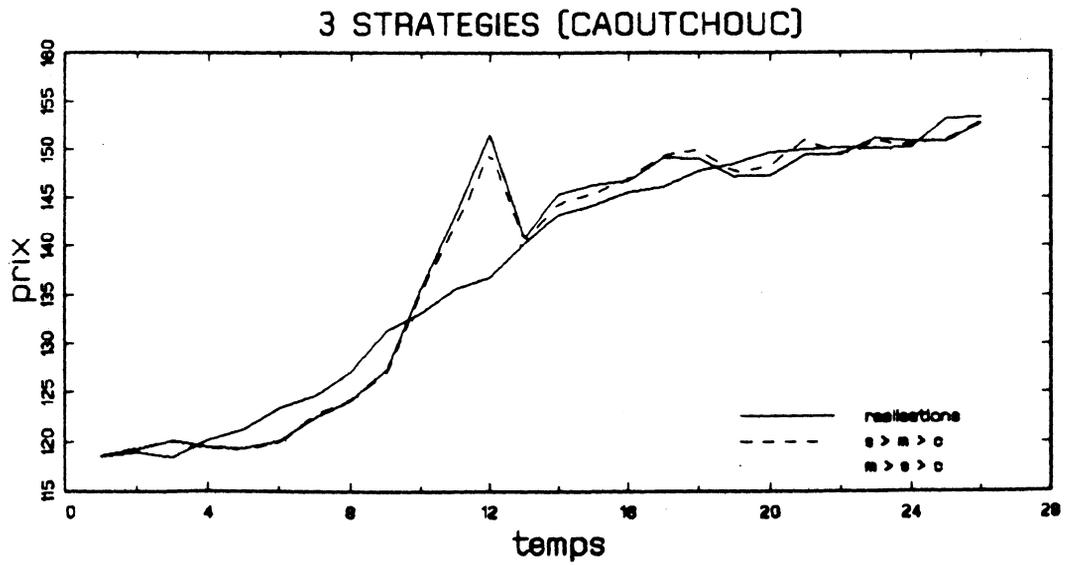


Figure 8



Dans les quatre figures sont représentées les prévisions combinées correspondant à trois cas (deux cas pour les produits de caoutchouc) de priorités ordinales des critères, à savoir

- (i) $s > m > c$: "biais de surestimation préféré à la précision globale, elle-même préférée à la précision de court terme";
- (ii) $m > s > c$: "précision globale préférée au biais de surestimation, lui-même préféré à la précision de court terme" et
- (iii) $c > m > s$: "précision de court terme préféré à la précision globale, elle-même préférée au biais de surestimation".

Les quatre figures ont trait, comme les résultats numériques qui les précèdent à des cas de préférences "douces", c'est-à-dire à des cas où les pondérations des critères ne prennent pas des valeurs extrêmes à l'intérieur des intervalles admissibles étant donnée la relation ordinale entre les critères.

Afin d'obtenir une impression de la sensibilité des prévisions combinées par rapport à des modifications de l'importance attribuée au critère principal, on a refait des calculs en donnant successivement à ce critère principal les poids suivants: 0,90; 0,80; 0,65; 0,50 et 0,35. Les résultats de ces exercices de sensibilité sont représentés, pour le prix du porc, aux figures 9, 10 et 11 où les courbes en pointillé (correspondant aux cinq systèmes de pondération précédents) délimitent le domaine de variabilité. La figure 9 correspond à la prépondérance du biais de surestimation, la figure 10 à celle de la précision globale et la figure 11 à celle de la précision à court terme.

Figure 9

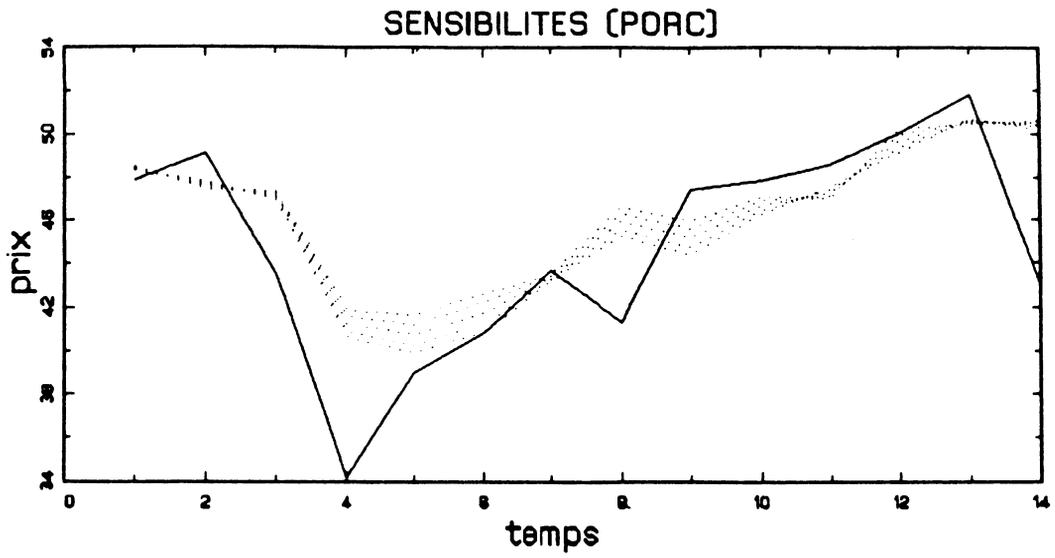


Figure 10

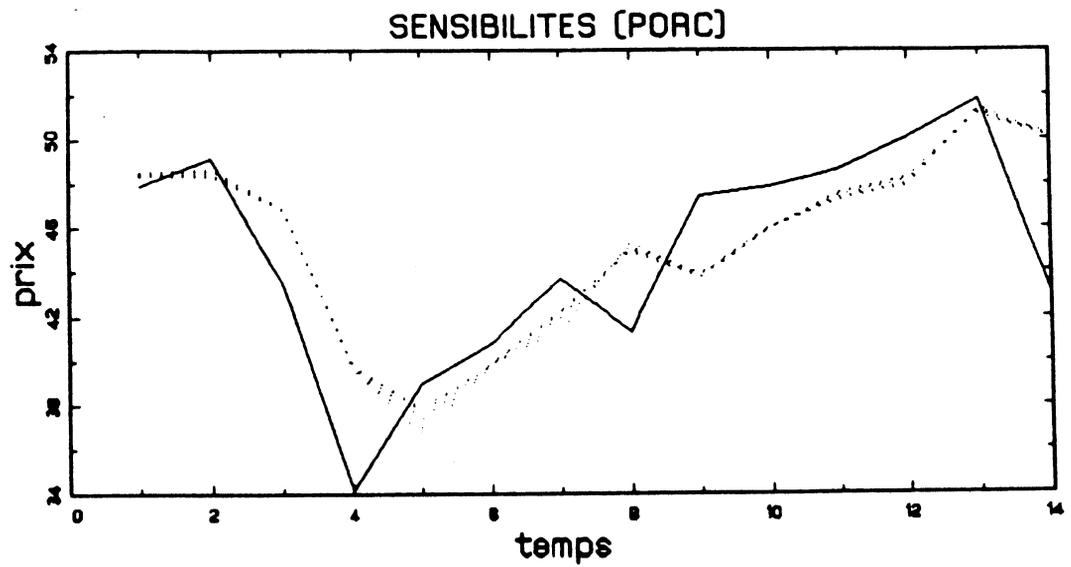
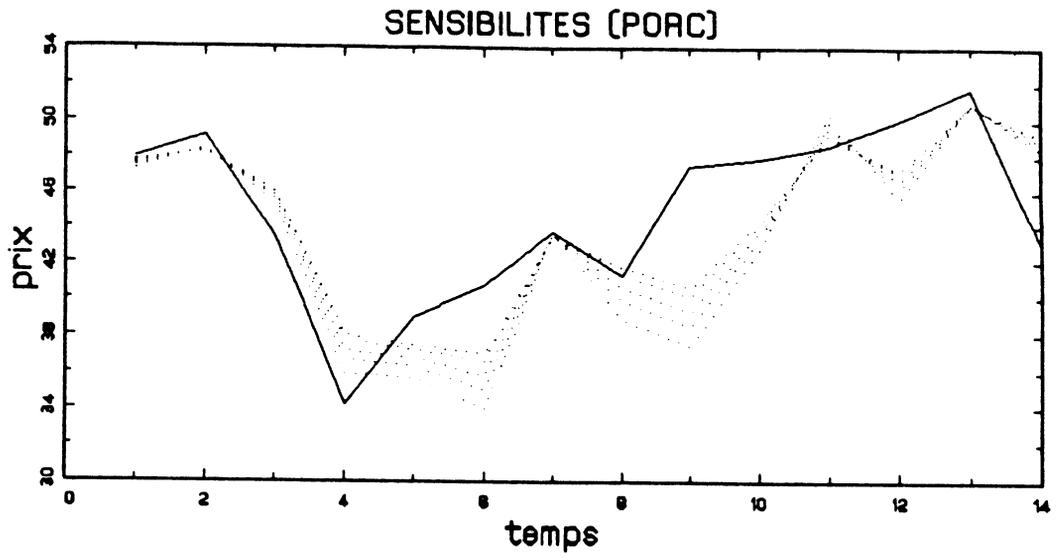


Figure 11



4. CONCLUSIONS

L'objectif du système d'aide à la prévision est de systématiser le processus de génération de prévisions de variables économiques stratégiques à partir de sources d'information diverses et en présence de critères multiples d'appréciation de la performance du prédicteur combiné. Cette extension du cadre habituel de la préparation de prévision présente notamment l'avantage d'explicitier un environnement de nature multicritère et de permettre, à partir de cette explicitation, de générer des informations permettant d'alimenter un système expert auto-correctif du processus en question. La méthode multicritère, QUALIFLEX, utilisée à la section précédente présente l'avantage d'une approche souple permettant d'intégrer des éléments d'information qualitatifs. Malgré que l'on ne puisse pas tirer des conclusions générales des exemples présentés, il semble bien que ces illustrations plaident clairement non seulement en faveur de l'adoption de méthodes de combinaison de prévisions individuelles mais également en faveur de l'exploitation de l'analyse multicritère; cette dernière sera particulièrement adaptée aux situations où le seul critère statistique de la précision globale de la prévision combinée n'appréhende que partiellement l'objectif recherché.

5. REFERENCES

- Ancot, J.-P., 'Micro-Qualiflex; an Interactive Software Package for the Determination and Analysis of the Optimal Solution to Decision Problems', Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1988.
- Ancot, J.-P. et J.H.P. Paelinck, 'Recent Experiences with the QUALIFLEX Multicriteria Method', in: J.H.P. Paelinck (éd.), Qualitative and Quantitative Mathematical Economics, Martinus Nijhoff Publishers, La Haye, 1982, pp. 217-266.
- Bates, J.M. et C.W.J. Granger, 'The Combination of Forecasts', Operational Research Quarterly, 1969, pp. 451-468.
- Bessler, D.A. et J.A. Brandt, 'Forecasting Livestock Prices with Individual and Composite Methods', Applied Economics, 1981, pp. 513-522.
- Binroth, W., I. Burshtein, R.K. Haboush et J.R. Hartz, 'A Comparison of Commodity Price Forecasting by Box-Jenkins and Regression-based Techniques', Technological Forecasting and Social Change, 1979, pp. 169-180.
- Bunn, D.W., 'A Bayesian Approach to the Linear Combination of Forecasts', Operational Research Quarterly, 1975, pp. 325-329.
- Clemen, R.T., 'Linear Constraints and the Efficiency of Combined Forecasts', Journal of Forecasting, 1986, pp. 31-38.
- Diebold, F.X. et P. Pauly, 'Structural Change and the Combination of Forecasts', Journal of Forecasting, 1987, pp. 21-40.
- Figlewski, S. et T. Urich, 'Optimal Aggregation of Money Supply Forecasts: Accuracy, Profitability and Market Efficiency', The Journal of Finance, 1983, pp. 695-710.
- Granger, C.W.J. et R. Ramanathan, 'Improved Methods of Combining Forecasts', Journal of Forecasting, 1984, pp. 197-204.
- Kodde, D.A., H. Schreuder et K.J. Rijpkema, 'Optimal Composite Forecasts on the Basis of Cross-sectional Data', Working Paper 88-05, European Institute for Advanced Studies in Management, 1988.
- Peer, M.R., 'Combinatie van voorspellingen: zin of onzin?'. Université Erasmus, Rotterdam, 1988.
- Reeves, G.R. et K.D. Lawrence, 'Combining Multiple Forecasts Given Multiple Objectives', Journal of Forecasting, 1982, pp. 271-279.

Trenkler, G. et E.P. Liski, 'Linear Constraints and the Efficiency of Combined Forecasts', Journal of Forecasting, 1986, pp. 197-202.

ANNEXE: SPECIFICATION FORMELLE DU PROBLEME ET DE L'ALGORITHME
QUALIFLEX

La méthode multicritère QUALIFLEX peut être formellement spécifiée comme un cas particulier du problème de l'affectation quadratique.

Prenant comme point de départ la matrice des évaluations X des J alternatives par rapport aux I critères:

$$X = [x_{ij}], \quad i = 1, \dots, I; j = 1, \dots, J$$

une suite de matrices S_i pour les I critères est constituée à partir des scores correspondant aux résultats des comparaisons deux à deux des alternatives par rapport au critère i; ces matrices de scores sont des matrices carrées antisymétriques d'ordre J dont tous les éléments diagonaux sont nuls et dont les éléments non-diagonaux sont égaux à la valeur résultant des comparaisons deux par deux (soit les scores normalisés -1, 0 ou 1 pour des données purement qualitatives, soit les différences normalisées pour des données quantitatives). La matrice des scores totaux, point de départ de l'algorithme QUALIFLEX, est alors la somme pondérée des matrices S_i , pour tout système de poids numériques reflétant l'ordre de priorité des I critères.

Si les lignes de la matrice S sont indexées au moyen des symboles a, b, c, ... , et si la notation

$$a_j, b_j, c_j, \dots, j = 1, \dots, J$$

représente des variables binaires égales à l'unité lorsque l'affirmation "la ligne a, b, c, ... est la ligne j dans la matrice" est vérifiée, et nulles dans les autres cas, la solution optimale du problème QUALIFLEX correspond à la maximisation de la fonction objective suivante:

$$\begin{aligned} & a_1 t_a + a_2 [s_{ab}(b_3 + \dots + b_J) + s_{ac}(c_3 + \dots + c_J) + \dots] \\ & + b_1 t_b + b_2 [s_{ba}(a_3 + \dots + a_J) + s_{bc}(c_3 + \dots + c_J) + \dots] \\ & + c_1 t_c + c_2 [s_{ca}(a_3 + \dots + a_J) + s_{cb}(b_3 + \dots + b_J) + \dots] \\ & + \dots \end{aligned}$$

où

t_a, t_b, t_c, \dots sont les totaux des lignes a, b, c, \dots .

Chaque ligne doit occuper une et une seule position dans la matrice; il faut donc que la fonction objective précédente soit maximisée sous les contraintes linéaires suivantes:

$$a_1 + a_2 + \dots + a_J = 1$$

$$b_1 + b_2 + \dots + b_J = 1$$

$$c_1 + c_2 + \dots + c_J = 1$$

...

$$a_1 + b_1 + c_1 + \dots = 1$$

$$a_2 + b_2 + c_2 + \dots = 1$$

...

$$a_J + b_J + c_J + \dots = 1$$

qui sont les conditions d'affectation bien connues.

Finalement, pour compléter la spécification on ajoute les conditions:

$$a_j, b_j, c_j, \dots \geq 0, \quad j = 1, \dots, J$$

$$a_j, b_j, c_j, \dots \in [0,1], \quad j = 1, \dots, J$$

Cette formulation est la même que celle du problème d'affectation quadratique. Toutefois, dans l'application QUALIFLEX, on obtient un cas particulier du problème d'affectation quadratique du fait de la structure particulière de la matrice S . En fait, on peut démontrer que la solution optimale du problème correspond à la suite d'indices-ligne d'une nouvelle matrice S_{opt} obtenue à partir de S par permutations deux à deux des lignes et des colonnes et telle que la somme des éléments se trouvant au-dessus de la diagonale principale soit maximale. Cette solution optimale, qui est donc également la solution de ce cas particulier du problème d'affectation quadratique, peut être obtenue par l'application de l'algorithme d'énumération relative de Korte-Oberhofer (B. Korte et W. Oberhofer, Zwei Algorithmen zur Lösung eines komplexen Reihenfolgeproblems, Unternehmungsforschung, vol. 12, 1968, pp. 217-31).

Une mesure de la "distance" entre l'alternative la plus favorable et toute autre alternative dans la solution optimale est la différence entre la valeur maximale de la fonction objective définie ci-dessus (la valeur de la fonction correspondant à la suite d'indices-ligne dans la matrice S_{opt}) et la valeur que l'on obtient pour cette fonction lorsque les rangs des deux alternatives sont permutés. Pour un système de poids unique on peut alors normaliser ces "distances" par rapport à la "distance" maximale, c'est-à-dire la "distance" entre la meilleure et la pire des alternatives. Si plusieurs systèmes de poids sont examinés, la "distance" maximale variera généralement d'un système à un autre: dans de telles situations il est indiqué de

normaliser les "distances" en termes de la "distance" maximale sur l'ensemble des systèmes de poids.

LISTE DES DOCUMENTS DEJA PUBLIES

- n° 1 **Michel PREVOT** : Théorème du point fixe. Une étude topologique générale (*juin 1974*).
- n° 2 **Daniel LEBLANC** : L'introduction des consommations intermédiaires dans le modèle de LEFEBER (*juin 1974*).
- n° 3 **Colette BOUMON** : Spatial equilibrium of the sector in quasi-perfect competition (*September 1974*).
- n° 4 **Claude PONSARD** : L'imprécision et son traitement en analyse économique (*septembre 1974*).
- n° 5 **Claude PONSARD** : Economie urbaine et espaces métriques (*septembre 1974*).
- n° 6 **Michel PREVOT** : Convexité (*mars 1975*).
- n° 7 **Claude PONSARD** : Contribution à une théorie des espaces économiques imprécis (*avril 1975*).
- n° 8 **Aimé VOGT** : Analyse factorielle en composantes principales d'un caractère de dimension n (*juin 1975*).
- n° 9 **Jacques THISSE et Jacky PERREUR** : Relation between the point of maximum profit and the point of minimum total transportation cost : a restatement *July 1975*).
- n° 10 **Bernard FUSTIER** : L'attraction des points de vente dans des espaces précis et imprécis (*juillet 1975*).
- n° 11 **Régis DELOCHE** : Théorie des sous-ensembles flous et classification en analyse économique spatiale (*juillet 1975*).
- n° 12 **Gérard LASSIBILLE et Catherine PARRON** : Analyse multicritère dans un contexte imprécis (*juillet 1975*).
- n° 13 **Claude PONSARD** : On the axiomatization of fuzzy subsets theory (*July 1975*).
- n° 14 **Michel PREVOT** : Probability calculation and fuzzy subsets theory (*August 1975*).
- n° 15 **Claude PONSARD** : Hiérarchie des places centrales et graphes flous (*avril 1976*).
- n° 16 **Jean-Paul AURAY et Gérard DURU** : Introduction à la théorie des espaces multiflous (*avril 1976*).

- n° 17 **Roland LANTNER, Bernard PETITJEAN et Marie-Claude PICHERY** :
Jeu de simulation du circuit économique (*août 1976*).
- n° 18 **Claude PONSARD** : Esquisse de simulation d'une économie
régionale : l'apport de la théorie des systèmes flous (*septembre 1976*).
- n° 19 **Marie-Claude PICHERY** : Les systèmes complets de fonctions de
demande (*avril 1977*).
- n° 20 **Gérard LASSIBILLE et Alain MINGAT** : L'estimation de modèles à
variation dépendante dichotomique. La sélection universitaire et la
réussite en première année d'économie (*avril 1977*).
- n° 21 **Claude PONSARD** : La région en analyse spatiale (*mai 1977*).
- n° 22 **Dan RALESCU** : Abstract models for systems identification (*June
1977*).
- n° 23 **Jean MARCHAL et Frédéric POULON** : Multiplicateur, graphes et
chaînes de Markov (*décembre 1977*).
- n° 24 **Pietro BALESTRA** : Determinant and inverse of a sum of matrices
with applications in economics and statistics (*avril 1978*).
- n° 25 **Bernard FUSTIER** : Etude empirique sur la notion de région
homogène (*avril 1978*).
- n° 26 **Claude PONSARD** : On the imprecision of consumer's spatial pre-
ferences (*April 1978*).
- n° 27 **Roland LANTNER** : L'apport de la théorie des graphes aux repré-
sentations de l'espace économique (*avril 1978*).
- n° 28 **Emmanuel JOLLES** : La théorie des sous-ensembles flous au ser-
vice de la décision : deux exemples d'application (*mai 1978*).
- n° 29 **Michel PREVOT** : Algorithme pour la résolution des systèmes
flous (*mai 1978*).
- n° 30 **Bernard FUSTIER** : Contribution à l'analyse spatiale de l'at-
traction imprécise (*juin 1978*).
- n° 31 **Phuoc TRANQUI** : Régionalisation de l'économie française par
une méthode de taxinomie numérique floue (*juin 1978*).
- n° 32 **Louis de MESNARD** : La dominance régionale et son imprécision,
traitement dans le type général de structure (*juin 1978*).
- n° 33 **Max PINHAS** : Investissement et taux d'intérêt. Un modèle
stochastique d'analyse conjoncturelle (*octobre 1978*).

- n° 34 **Bernard FUSTIER et Bernard ROUGET** : La nouvelle théorie du consommateur est-elle testable ? *janvier 1979*).
- n° 35 **Didier DUBOIS** : Notes sur l'intérêt des sous-ensembles flous en analyse de l'attraction de points de vente *février 1979*).
- n° 36 **Heinz SCHLEICHER** : Equity analysis of public investments : pure and mixed game-theoretic solutions (*April 1979*).
- n° 37 **Jean Jaskold GABSZEWICZ** : Théories de la concurrence imparfaite : illustrations récentes de thèmes anciens (*juin 1979*).
- n° 38 **Bernard FUSTIER** : Contribution à l'étude d'un caractère statistique flou (*janvier 1980*).
- n° 39 **Pietro BALESTRA** : Modèles de régression avec variables muettes explicatives (*janvier 1980*).
- n° 40 **Jean-Jacques LAFFONT** : Théorie des incitations, un exemple introductif (*février 1980*).
- n° 41 **Claude PONSARD** : L'équilibre spatial du consommateur dans un contexte imprécis (*février 1980*).
- n° 42 **Jean-Marie HURIOT** : Rente foncière et modèles de production (*avril 1980*).
- n° 43 **Claude PONSARD** : Fuzzy economic spaces (*April 1980*).
- n° 44 **Alain KIRMAN** : Imperfect communication in markets. A big world problem (*April 1980*).
- n° 45 **Michel PREVOT** : Variétés différentielles (*mai 1980*).
- n° 46 **Claude PONSARD** : Producer's spatial equilibrium with a fuzzy constraint (*May 1980*).
- n° 47 **Michel PREVOT** : Théorie des catastrophes (*mai 1980*).
- n° 48 **Bernadette MARECHAL** : Recherche de la forme d'un modèle à retards échelonnés. Application à la fonction d'investissement (*novembre 1980*).
- n° 49 **Bernard FUSTIER** : Une méthode d'analyse multicritère, SPARTE (*mars 1981*).
- n° 50 **Jan SERCK-HANSSEN** : On the optimal capital/labour ratios in towns when demands for outputs are stochastics (*May 1981*).
- n° 51 **Claude PONSARD** : Partial spatial equilibria with fuzzy constraints (*May 1981*).

- n° 52 **Xavier FREIXAS** : Révélation des préférences dans l'allocation de biens publics (*juillet 1981*).
- n° 53 **Bernard ROUGET** : Equilibre spatial de consommation : quelques résultats (*novembre 1981*).
- n° 54 **Louis PHILIPS** : Welfare and price discrimination : optimal departures from uniform pricing (*November 1981*).
- n° 55 **Bernard FUSTIER** : Une introduction à la théorie de la demande floue (*janvier 1982*).
- n° 56 **Louis de MESNARD** : Séries temporelles et flou (*janvier 1982*).
- n° 57 **Claude PONSARD et Phuoc TRANQUI** : La régionalisation de l'économie européenne (*février 1982*).
- n° 58 **Manuel José VILARES** : A macroeconomic model with structural change and disequilibrium. A study of the economic consequences of the portuguese revolution of 1974 (*March 1982*).
- n° 59 **Pierre HANJOUL et Jacques-François THISSE** : La localisation de la firme sur un réseau (*septembre 1982*).
- n° 60 **Bernard VERMOT-DESROCHES** : Modèles d'interaction spatiale et théorie de l'interdépendance globale (*novembre 1982*).
- n° 61 **Henry ZOLLER et Jean PAELINCK** : Logement et qualités. Une analyse statique à court terme (*novembre 1982*).
- n° 62 **Jean-Marie HURIOT** : Rentes différentielles et rente absolue : un réexamen (*avril 1983*).
- n° 63 **Claude PONSARD** : Spatial fuzzy consumer's behavior : multi-dimensional analysis (*June 1983*).
- n° 64 **Maryse GADREAU et Bernadette MARECHAL** : Fonction de production, productivité et progrès technique à l'hôpital, une étude statistique par catégories d'établissements (*novembre 1983*).
- n° 65 **Claude PONSARD** : A theory spatial general equilibrium in a fuzzy economy (*April 1984*).
- n° 66 **Bernard FUSTIER** : Imprécision et modèles gravitaires de comportement (*mai 1984*).
- n° 67 **Bernadette MATHIEU** : Fuzzy expected utility (*June 1984*).
- n° 68 **Jacques LESOURNE** : La science économique et l'auto-organisation (*juillet 1984*).
- n° 69 **Peter M. SCHULZE** : Quantitative analysis of labour market relations for the federal republic of Germany (*October 1984*).

- n° 70 Luc-Norman TELLIER, Xavier CECCALDI et François TESSIER : Simulation des phénomènes de polarisation et de répulsion à partir du problème de Weber (*novembre 1984*).
- n° 71 Alberto HOLLY : Test d'exogénéité (*novembre 1984*).
- n° 72 Bernadette MATHIEU-NICOT et Michel PREVOT : Note sur les classes de similitude (*janvier 1985*).
- n° 73 Elie SADIGH : La formation du capital et le financement de l'amortissement chez Walras et Keynes (*février 1985*).
- n° 74 Bernard FUSTIER et Bernard ROUGET : Approche de la notion de centralité urbaine : le cas de l'agglomération dijonnaise (*février 1985*).
- n° 75 Pierre SALMON : The logic of pressure groups and "federalism" (*mars 1985*).
- n° 76 André KELLER et Bernadette MARECHAL : Propriétés spectrales des filtres usuels en économie : désaisonnalisation par Census X11, et différences d'ordre d (*avril 1985*).
- n° 77 Jean-Marie HURIOT et Jacques-François THISSE : La distance en analyse spatiale : une approche axiomatique (*mai 1985*).
- n° 78 Alain MINGAT et Pierre SALMON : La tendance politique des grandes villes : conséquence ou cause de la répartition de la population dans les agglomérations ? (*juin 1985*).
- n° 79 Yorgo PAPAGEORGIOU : Spatial public goods - I. Theory (*October 1985*).
- n° 80 Yorgo PAPAGEORGIOU : Spatial public goods - II. Applications (*October 1985*).
- n° 81 Gérard CHARREAUX et J.P. PITOL-BELIN : La théorie contractuelle des organisations : une application au conseil d'administration (*novembre 1985*).
- n° 82 C.S. BERTUGLIA, G. LEONARDI et R. TADEI : Dynamic analysis of transport - location interrelationships : theory and models (*November 1985*).
- n° 83 Philippe VINCKE : La modélisation des préférences (*décembre 1985*).
- n° 84 Elie SADIGH : La dépense du profit et le disfonctionnement du système économique (*janvier 1986*).
- n° 85 Elie SADIGH : Réalisation de la rente et généralisation du surplus dans le système de Walras (*février 1986*).

- n° 86 **Jean-Claude GARLANDIER et Bernard ROUGET** : Influence économique et concurrence au sein d'une agglomération (*février 1986*).
- n° 87 **Bernard FUSTIER** : Classement en présence de critères multiples : SPARTE II (*avril 1986*).
- n° 88 **Jean-Marie HURIOT** : Land rent, production and land use (*July 1986*).
- n° 89 **DE MESNARD Louis** : L'accessibilité comme signal quantité dans les schémas de rationnement et de distribution décentralisés (*septembre 1986*).
- n° 90 **Pierre SALMON** : L'instrumentalisme en économie (*octobre 1986*).
- n° 91 **Pierre SALMON** : The theory of informal transactions in bureaucracies : some qualifications (*October 1986*).
- n° 92 **Urs SCHWEIZER** : Litigation and settlement II : Stability and other criteria (*October 1986*).
- n° 93 **Edmond MALINVAUD** : Capital productif, incertitudes et profitabilité (*novembre 1986*).
- n° 94 **Claude PONSARD** : Modèles mathématiques flous en économie (*novembre 1986*).
- n° 95 **Bernard FUSTIER** : Segsoft (*janvier 1987*).
- n° 96 **Antoine-Bertrand BILLOT** : Myopic planner, aggregation rule with fuzzy preorders, May's theorem with minimal step of implication (*March 1987*).
- n° 97 **Jean-Claude GARLANDIER et Bernard ROUGET** : Configuration spatiales et structure économique d'agglomération. Test d'un indicateur d'influence (*avril 1987*).
- n° 98 **Pierre SALMON** : Decentralization as an incentive scheme (*April 1987*).
- n° 99 **Agnès GAHITTE** : Axiomatics and construction on the central place system (*May 1987*).
- n° 100 **Pierre SALMON** : Modèles, théories et arguments en économie (*novembre 1987*).
- n° 101 **Pietro BALESTRA et Marie-Claude PICHERY** : Naturally constrained reduced form and structural parameters estimation (*february 1988*).
- n° 102 **Claude PONSARD** : Note on the ranking of fuzzy numbers : conditions for a total order relation (*February 1988*).

- n° 103 **Michel PREVOT** : Programmation linéaire multiobjectif, un résumé (*février 1988*).
- n° 104 **Agnès GAHITTE** : Le problème des voies de communication dans le système des places centrales (*avril 1988*).
- n° 105 **Bernard FUSTIER** : Centralité, une approche méthodologique (*mai 1988*).
- n° 106 **Claude PONSARD** : Espace et conflit : le choix des investissements dans des régions à risques (*mai 1988*).
- n° 107 **Marc ROUBENS** : Group decision theory with convex combination of fuzzy evaluations (*May 1988*).
- n° 108 **Jean-Marie HURIOT, T.E. SMITH and J.F. THISSE** : Minimum-cost distances in spatial analysis (*June 1988*).
- n° 109 **Ghislain ROY** : Transformations stochastiques de la matrice des productions (*juin 1988*).
- n° 110 **Antoine BILLOT** : Convexité floue et coeur périphérique d'une économie d'échange (*novembre 1988*).
- n° 111 **Denis BABUSIAUX** : Financement des investissements et calculs de rentabilité (*novembre 1988*).
- n° 112 **Peter NIJKAMP, Jacques POOT and Jan Rouwendal** : R & D policy in space and time. A nonlinear evolutionary growth model (*November 1988*).
- n° 113 **Lise ROCHAIX** : Incertitude, asymétries informationnelles et recherche sur le marché des services médicaux (*mars 1989*).
- n° 114 **Claude PONSARD** : Some dissenting views on the transitivity of individual preference (*April 1989*).
- n° 115 **Bernard FUSTIER** : Aide à la décision en présence de critères non mesurables. Deux approches (*mai 1989*).
- n° 116 **Ghislain ROY** : Invariants, dérivées et formes multilinéaires (*juin 1989*).
- n° 117 **Jean-Marie HURIOT** : La rente de Thünen retrouvée. Quelques réflexions en histoire de la pensée spatiale (*août 1989*).
- n° 118 **Jean-Pierre ANCOT** : La combinaison de prévisions multiples en présence d'objectifs multiples (*novembre 1989*).
- n° 119 **Françoise BOURDON** : Danaïde, un modèle d'analyse intertemporelle des demandes d'emploi -version 6- (*novembre 1989*).